



01173

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**TESIS**

**Rediseño de Máquina Enderezadora de Alambre**

**PRESENTADA POR:**

**Ing. Adrián Espinosa Bautista**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
(ÁREA MECÁNICA)**

**DIRIGIDA POR:**

**Dr. Vicente Borja Ramírez**

205472

Ciudad Universitaria, D.F. a 5 de septiembre del 2000.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

## **DEDICATORIA**

- A ti MONI por tu gran amor, apoyo y paciencia.
- A ti ERNESTO por el amor que te tengo.
- A Uds. APA y AMA por TODO lo que me han dado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos mis amigos del Centro de Diseño y Manufactura

En especial a:

- DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ
- M.I. LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ
- DR. MARCELO LÓPEZ PARRA
- DR. SAÚL DANIEL SANTILLÁN GUTIERREZ
- M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

Por su amistad y apoyo.

## **RECONOCIMIENTOS:**

A todos los compañeros del Centro de Diseño y Manufactura quienes de una u otra forma participaron en el proyecto de "Agujas para Sutura" y ayudaron con su talento, creatividad y esfuerzo físico para sacar adelante el proyecto, y hacer del CDM un mejor lugar para el diseño mecánico.

# Índice

Resumen.....	1
Introducción .....	3
Antecedentes	
1. Antecedentes .....	5
2. Máquina Comercial	
2.1 Introducción .....	11
2.2. Especificaciones de la máquina comercial .....	11
2.3. Sistema de alimentación .....	12
2.4. Sistema de enderezado .....	12
2.5. Sistema de corte .....	14
3. Definición del problema	
3.1. Definición del problema .....	16
3.2. Objetivos del proyecto .....	16
3.3. Alcances del proyecto .....	17
3.4 Metodología aplicada .....	17
4. Diagnóstico del equipo comercial	
4.1 Pruebas al sistema de alimentación.....	20
4.2. Pruebas al sistema de enderezado .....	20
4.3. Pruebas al sistema de corte .....	21
4.4. Resultados de las pruebas .....	21
4.4.1. Resultados de las pruebas al sistema de alimentación .....	22
4.4.2. Resultados de las pruebas al sistema de enderezado .....	22
4.4.3. Resultados de las pruebas realizadas al sistema de corte .....	23
4.5. Diagnóstico de la máquina comercial .....	24
5. Rediseño	
5.1. Primeras modificaciones a la máquina comercial .....	26
5.2. Pruebas con las modificaciones realizadas .....	27
5.3. Resultados de las pruebas .....	27
5.4. Rediseño al cabezal original .....	28
5.4.1. Modificaciones al dado .....	30
5.5. Modificaciones al sistema de alimentación .....	30
5.6. Configuración del rediseño .....	32
5.7. Pruebas al cabezal y alimentador .....	32
5.8. Resultados de las pruebas .....	33
5.9. Problemas detectados en el rediseño .....	35
5.10. Modificaciones a los dados del rediseño .....	35
5.10.1. Pruebas y resultados de la modificación a los dados del rediseño .....	36
5.11 Evaluación del rediseño .....	36
6. Segundo rediseño	

6.1. Segundo rediseño .....	38
6.2. Evolución del cabezal y dados .....	41
7. Conclusiones	
7.1. Conclusiones .....	47
Referencias .....	52
Apéndices	
Apéndice A Extracto del Reporte Final del Anteproyecto "Proceso para la Fabricación de Agujas para Sutura"	
Apéndice B Norma Mexicana para las Agujas para Sutura	
Apéndice C Planos	

## RESUMEN

El presente trabajo expone lo realizado durante la ejecución del proyecto denominado dentro del Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería, UNAM: "Agujas para Sutura". Asimismo, conociendo mejor el principio para enderezar alambre, y encontrándose algunos aspectos susceptibles de mejorarse en la solución dada durante el proyecto, se propone una mejor solución que la solución encontrada durante la realización del mismo

El objetivo del proyecto fue generar las máquinas necesarias para fabricar agujas para sutura. La aguja para sutura, tiene una geometría que facilita la introducción a los tejidos y poder tomar la aguja nuevamente de una manera cómoda.

El proceso para fabricar las agujas para sutura se define en una etapa previa a la realización del proyecto. Siendo el flujo de material el principal criterio estudiado para definir el proceso para fabricar las agujas para sutura. El proceso definido tiene como objetivo, fabricar las agujas de la manera más simple y rápida.

Debido a que el enderezado es un proceso industrial muy conocido, se decide comprar una máquina comercial para la primer etapa del proceso. Se tenía la confianza de no tener problemas para obtener alambre recto, sin embargo se tuvieron que realizar cambios en la máquina comercial para obtener alambre dentro de las especificaciones establecidas. Al avanzar con los diseños de las máquinas siguientes, se detecta que no se logra obtener alambre con la calidad necesaria de rectitud y longitud no constante. Se realizaron pruebas más detalladas, se tuvo que rediseñar la parte más importante de la máquina, su cabezal y cambiar el sistema de alimentación.

Al final de esta tesis se presenta una opción que mantiene la apariencia y forma de enderezar, pero que disminuye los tiempos de operación y calibración de la máquina de enderezado.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo reporta las mejoras realizadas a una máquina comercial enderezadora de alambre, que forma parte de todo un conjunto de equipos, algunos de diseño original y otros comerciales, destinados a la producción de agujas para sutura.

El Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería, UNAM, inicia este proyecto titulado "Agujas para Sutura", en el año de 1993 gracias a la oportunidad de mercado detectada por un laboratorio médico mexicano al tener que importar agujas para satisfacer las necesidades del mercado nacional en lugar de fabricarlas en el país.

Esta tesis se divide en seis capítulos:

En el primer capítulo, se presentan los antecedentes que dieron origen al problema que se reporta en esta tesis. Se habla del proceso de fabricación de agujas quirúrgicas y las especificaciones generales de una agujas para sutura.

En el segundo capítulo, se describe la máquina comercial, la cual es la base del proyecto desarrollado.

En el tercer capítulo se describen el problema, el objetivo y alcances de esta tesis.

En el cuarto capítulo se lleva a cabo un diagnóstico de la máquina comercial. Se realizan pruebas a cada uno de los sistemas, se desarrollan algunas correcciones y se presentan los resultados obtenidos.

En el quinto capítulo se habla sobre las modificaciones que se realizan a la máquina original, las condiciones en que se inician éstas, los problemas presentados, las pruebas y los resultados obtenidos.

En el sexto capítulo se presenta una nueva propuesta sobre el primer rediseño corrigiendo los problemas encontrados en su operación, teniendo presente en mayor medida, la seguridad del operario y la facilidad de operación.

Finalmente, se presentan las conclusiones con los resultados obtenidos haciendo una comparación del diseño con el cual se entregó la máquina y el segundo rediseño propuesto en esta tesis.



1.

# Antecedentes

En 1993, la industria farmacéutica presenta una fuerte dependencia de la tecnología extranjera para la fabricación de agujas para uso quirúrgico (también llamadas agujas para sutura). Esta falta de equipos para fabricar las agujas en el país representó una excelente oportunidad de mercado que visualiza un importante laboratorio farmacéutico mexicano.

Por esta situación el laboratorio interesado, inicia en conjunto con el Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería UNAM, un proyecto de desarrollo tecnológico con el fin de diseñar y fabricar las máquinas para manufacturar agujas quirúrgicas.

A continuación, se describirán las características de una aguja quirúrgica.

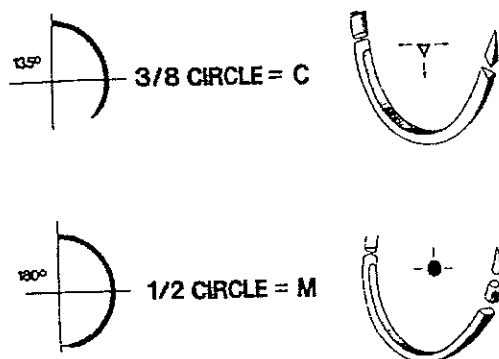


Figura 1

Aguja tipo TC19 sección triangular (superior)  
Aguja tipo MT37 sección semi ovalada (inferior)

Una aguja quirúrgica es el instrumento por medio del cual se cierran las heridas sufridas en la piel u órganos internos del cuerpo.

Las agujas para sutura varían en sus dimensiones, la geometría de su sección y la extensión de su arco (ver figura 1) de acuerdo al uso que se les da. Existen agujas para microcirugía, de 5 mm de

longitud, sección triangular, hasta agujas para cirugías externas de 37 mm de longitud sección semi ovalada.

El elemento que permite el cierre recibe el nombre de sutura (catgut) . Esta sutura puede ser absorbida por el cuerpo o retirada por el cirujano (dependiendo del tipo de sutura y de cirugía que se realice) y se coloca prensada en el extremo anterior de la aguja (ver figura 2).

Independientemente de su tamaño y geometría, las partes principales de una aguja quirúrgica se presentan en la figura 2, y son:

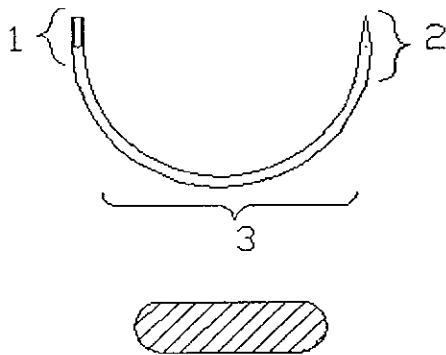


Figura 2  
Partes de la aguja

1) *Barreno para sujetar sutura*. Se inserta la sutura en este barreno y se prensa para evitar que la sutura se desprenda y se pueda realizar la cirugía

2) *Punta con filo para penetrar al tejido*. Esta punta puede variar para otras agujas y ser cónica o triangular para penetrar y cortar tejido duro.

3) *Cuerpo curvo de sección transversal ovalada*. El objetivo del cuerpo curvo, es permitir que la aguja penetre y salga del tejido describiendo una "u", facilitando la

sutura. La sección ovalada permite sujetar la aguja con firmeza evitando que gire y pierda control el cirujano (ver figura 3)

Dentro del CDM y dada la magnitud del problema, la solución al problema de fabricación de agujas se enfrentó en dos etapas: un anteproyecto (apéndice A) y un proyecto. En la primera etapa se conoce el problema, sus restricciones, sus especificaciones, posibles opciones conceptuales de solución de todo el proceso,

modelado de algunas pruebas, se analiza la factibilidad de cada opción. Asimismo, se analiza la geometría de cada aguja. Se revisan las tolerancias en las dimensiones de la misma, la dureza del material, la norma (apéndice B) que rige estas características para definir la aguja que se fabricaría, se estudian las diferentes opciones de procesos de fabricación de agujas, se discuten diferentes posibilidades que van desde diseñar una sola máquina, hasta tener una

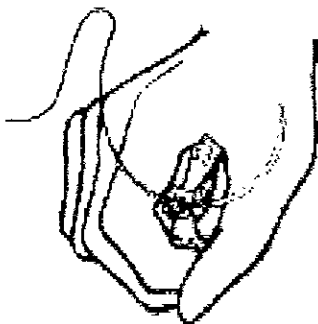


Figura 3  
Sujeción

máquina para cada operación.

Los parámetros usados para decidir el proceso final fueron costos, tiempo estimado de diseño, fabricación y puesta en marcha de las máquinas, disponibilidad en el mercado de los sistemas o equipos, capacidad de trabajo y personal disponible del CDM.

Una vez analizadas las diferentes opciones de secuencia de operaciones para fabricar las agujas, se opta por el proceso que se muestra en la figura 4.

El proceso que se observa en la figura 4 se detalla a continuación:

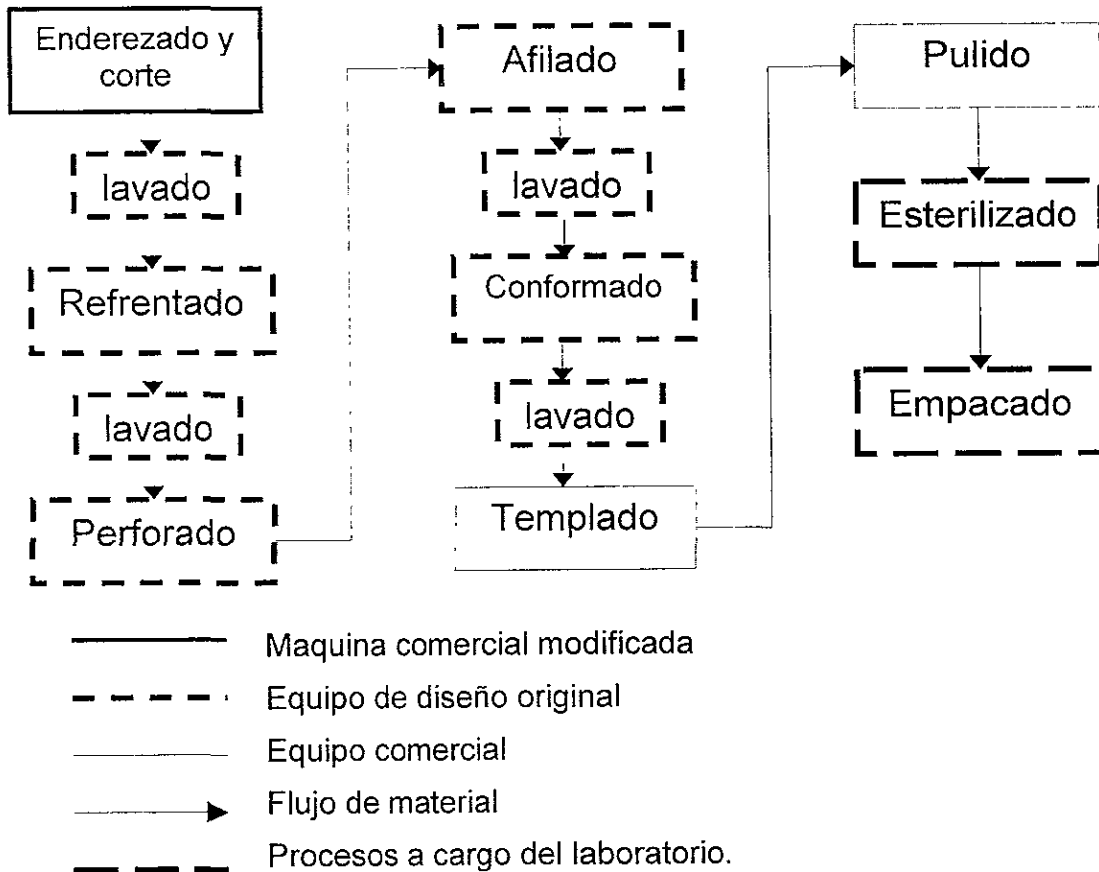


Figura 4  
Proceso definitivo de fabricación de agujas

- **ENDEREZADO Y CORTE:** Todos los fabricantes de alambre manejan rollos de alambre de diferentes pesos, en el caso del presente proyecto se manejan rollos de 20 Kg, por lo tanto es necesario enderezar el alambre para poder realizar los siguientes procesos. Una vez recto, el siguiente paso es cortarlo en segmentos.

- **REFRENTADO:** En esta parte del proceso se elimina la rebaba dejada por el corte y se produce en el extremo del alambre una cara plana y perpendicular al eje del alambre.
- **PERFORADO:** Una vez refrentado el alambre, el siguiente paso es hacer el barreno (ver figura 2), para insertar la sutura, y sujetarla por medio de prensado en el extremo refrentado.
- **AFILADO:** En el extremo opuesto al perforado se afila el alambre.
- **CONFORMADO:** En esta operación el alambre se curva y se cambia su sección transversal. Después de este paso se puede llamar aguja.
- **LAVADO:** Intercalados entre las etapas, se contemplan lavados –existen equipos comerciales para este proceso- para retirar los refrigerantes y/o lubricantes que es necesario aplicar a la aguja en cada etapa.
- **TEMPLADO:** En esta etapa las agujas se endurecen para lograr la resistencia necesaria para realizar la sutura.
- **PULIDO:** Es aquí donde se obtiene el brillo de la aguja, por medio de elementos abrasivos o procesos electrolíticos. En cualquiera de los dos casos existen equipos comerciales.
- **EMPAQUE:** Por cuenta de la empresa, se coloca la sutura y prensa en la zona del barreno. Una vez ensambladas las agujas, se empacan.
- **ESTERILIZADO:** Las agujas terminadas se esterilizan por medio de energía nuclear.

Es necesario hacer mención que un punto importante para la definición del proceso, fue el hecho de que la operación del proceso que realiza la curvatura (conformado) se realiza en la última máquina del conjunto, por la ventaja que representa el tener los alambres rectos para la sujeción, alimentación y maquinado en las operaciones anteriores.

Los equipos tenían el objetivo de fabricar los dos tipos de agujas que se muestran en la figura 1, sin embargo, el trabajo se concentra en la aguja MT37 (ver figura 1) por ser la que más demanda tiene.

Las especificaciones de la aguja por fabricar (MT37), definidas de común acuerdo entre el laboratorio médico y el CDM se presentan en la tabla 1:

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIONES
Diámetro del alambre	0.07 mm (0.027 pulgada)
Longitud de la aguja	37 mm
Diámetro del barreno	0.05 mm
Profundidad del barreno	2 mm
Material*	Acero inoxidable martensítico AISI 420B. Acero inoxidable austenítico AISI 304 Acero al alto carbono DIN C105W1
Dureza*	50 RC para AISI 420B y DIN C105W1 80 RB para el material AISI 304
Longitud del filo	2 mm
Radio de curvatura	23 mm

\* DE ACUERDO A LA NORMA MEXICANA NOM-Z-12/1

En la tabla 2 se muestran las entradas y salidas de las máquinas propuestas por el CDM de acuerdo al método de la caja negra planteado por Krick ,1967.

MÁQUINA	FUNCIONES	ENTRADA	SALIDA
Máquina enderezadora y cortadora	Enderezar y cortar rollo de alambre.	Alambre en rollo	Alambre recto y cortado en tramos.
Máquina de refrentado	Refrentar caras del alambre.	Salida de material de la máquina anterior.	Alambre recto y refrentado.
Máquina de perforado	Barrenar alambre.	Salida de material de la máquina anterior.	Alambre recto y perforado por el extremo refrentado.
Máquina de afilado	Afilar alambre.	Salida de material de la máquina anterior.	Alambre recto, perforado y afilado por el extremo opuesto al perforado.
Máquina de conformado	Curvar y cambiar sección transversal del alambre.	Salida de material de la máquina anterior.	Aguja curva con sección ovalada.

La primer máquina corresponde al equipo que se rediseña en esta tesis.

# 2.

# Máquina

# Comercial

## 2.1. INTRODUCCIÓN

Como puede observarse en el proceso de fabricación de agujas (figura 4 y tabla 2), la máquina que realiza la primera operación es la enderezadora de alambre motivo del presente trabajo.

Al inicio del proyecto se obtuvo información comercial de máquinas enderezadoras de alambre disponibles en el país. No se conocían con exactitud las tolerancias que se deberían manejar para el enderezado, y se asumía que debido a que era una máquina con principios de operación, probados no habría problemas. Por lo tanto se compró una máquina enderezadora.

El producto principal hacia el cual está orientada la máquina que se adquirió es alambrón de ¼" de diámetro y varilla para construcción. Sin embargo el fabricante realizó algunas adaptaciones para manejar el alambre de las agujas. La máquina comercial manejaba tolerancias de milímetros o incluso centímetros, satisfactorias para alambrón.

A continuación se describen las especificaciones de la máquina y sus tres sistemas principales que la componen: sistema de alimentación, sistema de enderezado y sistema de corte.

## 2.2. ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA COMERCIAL

La entrada de la máquina recibía alambre en rollo, prácticamente todos los fabricantes lo entregan de esa forma, con diámetro de 0.027 pulg. La máquina se solicitó para procesar alambre de acero inoxidable tipo 420 en diámetros 0.017 pulg, 0.026", 0.022", 0.032", 0.034" y 0.039" (ver apéndice A). Aquí cabe hacer mención que el material seleccionado fue el acero 420 por la conveniencia de tener un material que presentara menos problemas en su maquinado y conformado a pesar de tener que templar y pulir posteriormente. En el caso del acero 304 con mayor dureza, aunque no había necesidad de templar, si representaba mayores problemas para su maquinado y conformado.

La máquina se compró con motor de 5 HP con protección térmica, tablero de control con neutro, avance y retroceso y sin el dispositivo de corte. Después de



iniciado el proyecto se colocó el sistema de corte, sin embargo, una vez tomada la responsabilidad de la máquina fue necesario hacer algunos cambios al mismo. Las especificaciones del producto a la salida eran: tramos de alambre recto, sin saber aún el grado de error, con una longitud de 37 mm.

A continuación se describen los tres sistemas de la máquina comercial y las pruebas realizadas a los mismos.

### 2.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

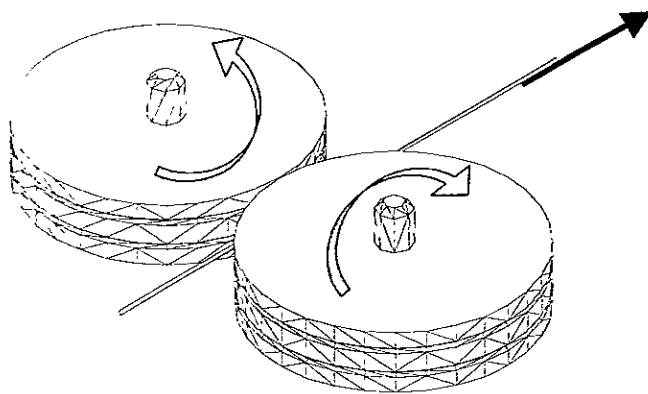


Figura 5  
Rodillos de alimentación

El sistema de alimentación de la máquina comercial consta de dos pares de rodillos ranurados que giran en sentidos opuestos (ver figura 5) los cuales por fricción, empujan al alambre. Se tiene un par antes de entrar a la zona de enderezado (ver

figura 7) y otro par de rodillos jala al alambre de la salida del enderezado.

### 2.4. SISTEMA DE ENDEREZADO

De acuerdo a la investigación realizada durante el anteproyecto (ver sección de Antecedentes), se encontró que el principio de enderezado de alambre es dominado en la industria. Este consiste en hacer que el alambre describa una senoide en un plano y repetir el proceso en otros planos (a 45° del original). Entre más planos haya con el alambre describiendo la senoide, mejor es la calidad del enderezado. Este principio es usado por fabricantes de productos similares como agujas hipodérmicas, clavos, agujas de costura de ropa, alfileres, etcétera.

En la industria, este principio se aplica con dos sistemas diferentes. El primer sistema consiste en jalar el alambre forzándolo a pasar por rodillos describiendo la

senoide, colocados alternadamente en dos o cuatro planos (ver figura 6) dependiendo de la calidad requerida del alambre. En la fotografía (Figura 6) se aprecian dos equipos que funcionan bajo el sistema arriba descrito para distintas medidas de alambre.



Figura 6  
Ejemplos de sistemas de enderezado estáticos

En los equipos mostrados en la figura 6, los elementos de enderezado no giran por medio de un motor, los rodillos están "locos" y giran al pasar el alambre, se puede considerar un sistema estático, donde el número de planos es fijo y no se mueven. Este sistema es de los más usados en la industria, una razón es lo simple de su funcionamiento, a pesar de su tamaño que puede ser cuatro veces mayor que el sistema que se describirá a continuación.

El otro sistema es rotatorio, se tienen elementos mecánicos (dados) colocados alternados para que el alambre describa la senoide. Estos elementos se montan en un cabezal que gira sobre su eje y alrededor del eje del alambre, reduciendo la longitud del dispositivo. Esto nos da una cantidad infinita de planos que producen un mejor enderezado.

En el caso de la máquina comercial, el cabezal estaba formado por seis piezas soldadas y maquinados los extremos en torno (ver figura 7). El efecto del calor de la soldadura, produjo deformaciones que aunque el cabezal había sido maquinado en torno buscando balancear al cabezal, se producían vibraciones en la máquina.

Por otro lado la longitud del cabezal era innecesariamente larga. En pruebas posteriores se observó que el principio se podía aplicar en una pieza más corta

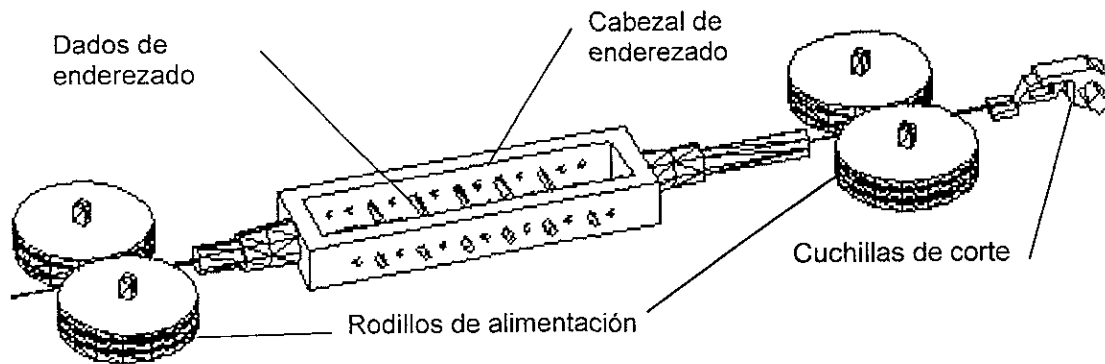


Figura 7  
Esquema del sistema original

Para entender mejor el principio de enderezado descrito anteriormente se puede hacer una analogía con una hoja de papel que se quiere aplanar. Una forma de hacerlo es hacer pasar la hoja de papel contra la orilla de una mesa y repetir la operación por el otro lado de la hoja. En este caso sólo se puede manejar un plano pues la geometría de la hoja así lo permite, en el caso del alambre –siendo de sección cilíndrica- se tiene un número infinito de planos para lograr su enderezado. Los dados son prisioneros de 3 pulg de largo y diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulg. Con este dado la calibración se realizaba haciendo girar al prisionero en sentido horario para aumentar la amplitud o girándolo antihorario para disminuirla.

## 2.5. SISTEMA DE CORTE

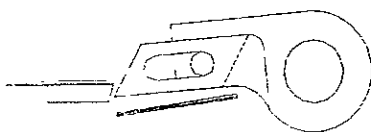


Figura 8  
Cuchilla

La máquina de enderezado no contaba con sistema de corte, por lo que se procedió a diseñar, fabricar y probar uno.

El mecanismo que se adoptó para realizar el corte consiste en una cuchilla giratoria (ver figura 8).

La longitud del alambre cortado era producto de la combinación de la velocidad de alimentación del alambre y de la velocidad de giro de la cuchilla, pues ésta realizaba un corte en cada vuelta.

# 3.

# Definición del problema

### 3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

En el momento de comprar la máquina enderezadora de alambre se tenía la confianza de obtener alambre con la rectitud adecuada. Sin embargo, al comenzar a producir los lotes de alambre, se encuentra que la rectitud y la longitud no son los adecuados. Este hecho se acentúa cuando las siguientes máquinas del proceso están en condiciones de hacer pruebas.

Por lo tanto, el problema es rediseñar el sistema de enderezado de la máquina comercial para obtener alambre recto y modificar el sistema de alimentación de alambre para obtener tramos de longitud uniforme. Las máquinas perforadora y afiladora (ver figura 4) marcaron la pauta para definir las especificaciones de rectitud y longitud del alambre. Las especificaciones definidas fueron:

- ✓ RECTITUD: Debido a problemas de medición en la rectitud del alambre, se estimó el error permisible en máximo 0.1 mm de error en una longitud de 37 mm ( $(0.1/37) \times 100\% = 0.27\%$ ).
- ✓ LONGITUD desde 37 mm  $\pm$  0.1 mm de error hasta 19 mm  $\pm$  0.1 mm de error.
- ✓ REBABA de no más de 0.2 mm
- ✓ PRODUCCIÓN total: 40,000 alambres rectos al día.

### 3.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es el siguiente:

Obtener alambre recto y de longitud uniforme, dentro de las especificaciones descritas arriba.

Otro objetivo es presentar un segundo rediseño que facilita la calibración del cabezal que corrige el problema de enderezado (primer rediseño).

### 3.3. ALCANCES DEL PROYECTO

El alcance del proyecto fue:

1) Prototipo de máquina enderezadora para producir el alambre.

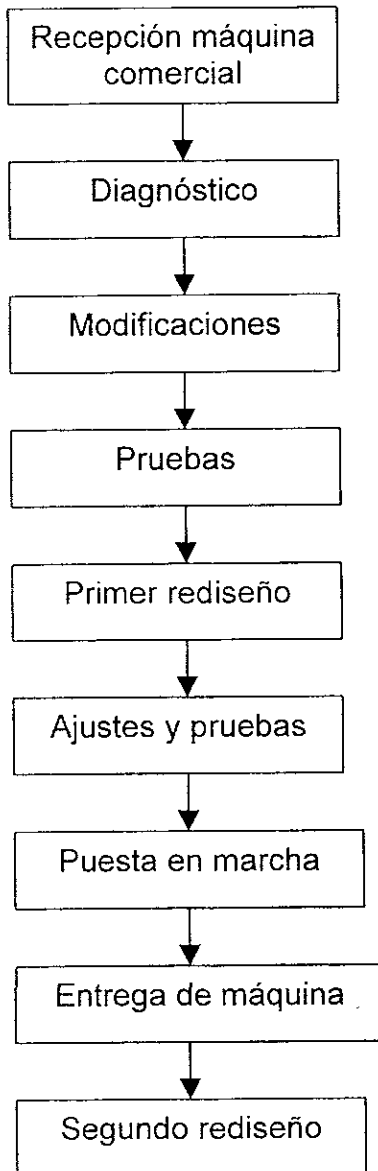


Diagrama 1  
Metodología aplicada

2) Planos de una opción para mejorar el primer rediseño.

### 3.4. METODOLOGÍA APLICADA:

El método aplicado para resolver el problema de enderezado de alambre fue la siguiente:

Una vez recibida la máquina se inicia el proceso para conocer la máquina. Se realiza un diagnóstico para conocer las condiciones reales de la máquina.

Al no tener resultados dentro de las especificaciones (sección 3.1.), se realizan modificaciones a la máquina con el fin de mejorar el producto.

Con las modificaciones realizadas se obtienen alambres para probar en las siguientes máquinas del proceso (antecedentes), no obteniéndose alambre de la calidad necesaria. Por lo tanto se deciden realizar cambios más importantes. Se rediseña el cabezal y se cambia el alimentador de alambre.

Se realizan los ajustes necesarios a los sistemas de enderezado, alimentación y corte hasta obtener alambre dentro de las especificaciones planteadas.

Se entrega la máquina para su puesta en marcha en la Cd. de Piedras Negras.

Aun obteniendo alambre en las condiciones necesarias, se detectan algunos problemas para la calibración de los dados, por lo que se propone un segundo rediseño como parte de esta tesis.

4.

Diagnóstico

del equipo

comercial.



Como se mencionó en el capítulo anterior, se realizaron pruebas a los sistemas que conforman la máquina comercial con el fin de encontrar los parámetros de funcionamiento más adecuados, manteniendo la configuración original de la máquina.

#### **4.1. PRUEBAS AL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

Como ya se mencionó (sección 2.4), la velocidad de los rodillos de alimentación junto con la velocidad del giro del sistema de corte, servían en conjunto para obtener la longitud de los segmentos de alambre. Aunque había controles de velocidad (variadores de frecuencia) para los motores que accionaban el cabezal y la cuchilla, existían variaciones de voltaje que afectaban la velocidad de los elementos. Debido a lo anterior se realizaron pruebas al sistema de alimentación y al sistema de corte.

Como se mencionó en el párrafo anterior se observó que la variación del voltaje era el problema principal, sin embargo, se detectaron variaciones muy fuertes en la velocidad del alambre. Por lo tanto se procedió a revisar con más cuidado la geometría de los rodillos. Después de un uso constante durante tres meses aproximadamente, se percibió que se disminuía la uniformidad en la velocidad del alambre, por lo que se revisó con más detalle los rodillos y se detectó un desgaste en las ranuras donde hacía contacto el alambre.

Los rodillos no solo influyeron en la variación de la velocidad del alambre, también afectaron la rectitud del mismo. Al hacer una revisión más minuciosa se vio que la posición en la dirección vertical de los mismos es incorrecta.

#### **4.2. PRUEBAS AL SISTEMA DE ENDEREZADO**

En las pruebas iniciales de la máquina comercial para enderezado de alambre no se conocía con exactitud el grado de rectitud requerido ni cómo medirlo.

El objetivo que se buscaba era obtener alambre en las mejores condiciones de rectitud, así que se varió la amplitud de la senoide que el alambre describía al mover los dados del cabezal (ver figura 7).

En las primeras pruebas de enderezado. El alambre producido, bajo una inspección cualitativa, parecía satisfacer los requerimientos.

Cabe señalar que durante estas pruebas se recibió asesoría del fabricante de la máquina enderezadora quien en forma empírica ajustó la máquina para obtener alambre recto. Asimismo cuando la dureza del material del alambre cambiaba, también se hacía necesario reajustar la máquina, proceso que el técnico realizaba basado en simple inspección visual sin seguir una metodología establecida.

Algo aprendido durante el proyecto fue el hecho de que a mayor dureza del material del alambre se necesita una menor amplitud en la senoide.

#### **4.3. PRUEBAS AL SISTEMA DE CORTE**

Se revisó la rebaba dejada por el corte encontrándose que presentaba que era mayor a 0.5 mm, lo cual implicaba que en la máquina rectificadora se necesita un excesivo número de pasadas que consumen mucho tiempo, para poder eliminarla y dejar los extremos del alambre refrentados para permitir el perforado. Debido a la situación anterior se hicieron las siguientes pruebas:

1. Se cambió el filo de la cuchilla con el fin de reducir la rebaba al máximo.
2. Se revisa la posición de la cuchilla acercándola lo más posible a la cuchilla inferior para reducir la rebaba.
3. Como se mencionó en la sección 2.5. la velocidad de corte influía en la longitud de los segmentos de alambre. En la pantalla del variador de frecuencia (ver sección 4.1.) se podían ver las variaciones de la velocidad en 1 ó 2 revoluciones por minuto.
4. Evaluando la rectitud del alambre después de ser cortado, se notaba un error de 2 ó 3 milímetros en el extremo del corte, por lo tanto, se revisó la alineación de la cuchilla con respecto a la línea de movimiento del alambre.

#### **4.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS**

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas a los sistemas arriba descritas.

#### 4.4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS AL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

1. Al revisar la geometría de los rodillos se encontró que estos estaban descentrados por lo que la tracción no era continua.
2. Las ranuras de los rodillos se redondearon por el desgaste, reduciendo la tracción al alambre. Para resolver esto, se ajustaron los rodillos de tal forma que quedaron en contacto uno contra el otro.
3. En el caso de la posición de los rodillos se detectó una variación entre el plano de las ranuras de los rodillos de alimentación y la línea de salida del alambre ya enderezado (ver figura 11). Se corrigió la posición de los rodillos para dejar el plano de la ranura a la misma altura de la salida del alambre.
4. Otro resultado que se encontró fue que la velocidad de giro de los rodillos de entrada era mayor a la velocidad de giro de los rodillos de salida lo que produjo variaciones en la rectitud del alambre.

#### 4.4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS AL SISTEMA DE ENDEREZADO

La mejor rectitud que se lograba obtener tenía un error de 3 mm en una longitud de 37 mm. Este error se puede definir de la siguiente forma: en caso de tener una aguja idealmente recta el error es de 0 mm / 37 mm de longitud (0mm / 37mm=0%), la diferencia entre esta rectitud ideal y la posición real de la aguja es el error en la rectitud (ver figura 9). Cuando el alambre se colocaba en la posición de perforado, la broca no tocaba el extremo del alambre. Para la máquina de afilado,

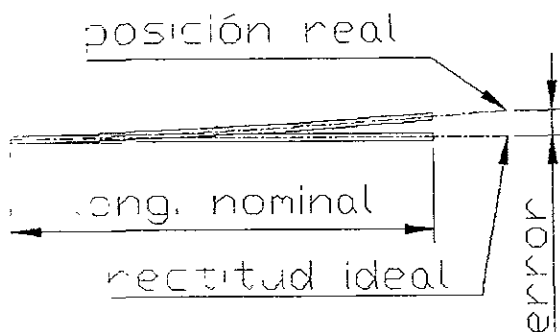


Figura 9  
Error en la rectitud

dado que el alambre se alimentaba al cabezal de afilado por gravedad y caía en una ranura recta del mismo cabezal, el alambre no fluía o entraba en la ranura no llegando a girar para generar la punta, por lo que se provoca un problema serio para la máquina de perforado y de afilado.

#### 4.4.3. Resultados de las pruebas realizadas al sistema de corte

Las variaciones por los problemas de los rodillos de alimentación y la velocidad de giro de la cuchilla producían alambres con errores en la longitud de  $\pm 2$  mm lo cual genera muchos problemas en las máquinas de refrentado y perforado.

Para retirar la diferencia de 2 mm de material en el caso de los alambres que quedan arriba de lo especificado, son necesarias 80 pasadas de la máquina para lograr llegar a la longitud de 37 mm. Considerando que la máquina de refrentado de alambres, tiene la característica de desbastar 0.025 mm en cada pasada. El desbaste tan fuerte representa una pérdida de tiempo y dinero, pues la piedra que refrenta los alambres se desgasta excesivamente, disminuyendo mucho su duración. Además del problema anterior era necesario rectificar constantemente la piedra debido a que perdía la rectitud de la cara de desbaste.

El problema que se presenta con la variación en la longitud en la máquina de perforado es el siguiente: Las brocas se calibraban para una posición específica, si la aguja quedaba corta, el barreno no era lo suficientemente profundo, si la aguja quedaba más larga el barreno quedaba de mayor profundidad que lo especificado (ver figura 10).

La cuchilla estaba desalineada con respecto al alambre ya enderezado (ver figura

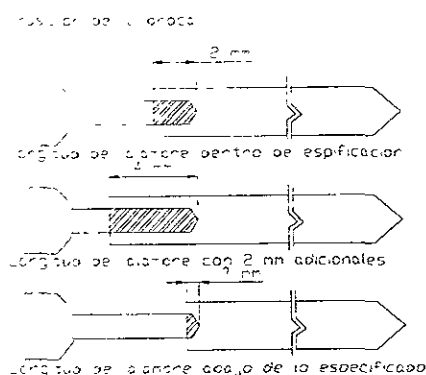


Figura 10  
Efecto de la longitud en la profundidad del barreno.

12) y flexiona al alambre antes de cortar.

La rebaba residual después del corte es demasiado grande (mayor a los 0.5 mm de longitud). Esto varía según el filo que tenga la cuchilla. Sin embargo, por el tipo de corte que se realiza, siempre quedaba una rebaba residual.

#### 4.5. Diagnóstico de la máquina comercial

Finalmente, después de realizar las pruebas indicadas se llegó al siguiente diagnóstico:

- ✓ Por variaciones en la velocidad de alimentación y giro de la cuchilla, la variación en la longitud de los alambres es de  $\pm 2$  mm.
- ✓ La rebaba dejada por el corte llega hasta 0.5 mm dependiendo del filo de la cuchilla.
- ✓ La rectitud máxima obtenida es de 3 mm en una longitud de 37 mm (ver sección 4.4.2.) equivalente a 8.108%
- ✓ Se detectaron en el alambre rayas helicoidales debidas a la fricción de los dados con el alambre.

Por lo tanto, se concluye que en las condiciones en que trabajaba la máquina, no se cumplen las especificaciones de rectitud y longitud (sección 3.1). Fue necesario realizar modificaciones al cabezal de enderezado y cambiar el sistema de alimentación por uno que garantizara una longitud constante y con error mínimo. Estas modificaciones se presentan en el siguiente capítulo.

5

REDISEÑO


## 5.1. PRIMERAS MODIFICACIONES A LA MÁQUINA COMERCIAL

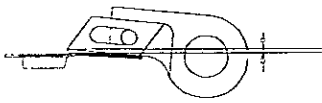
Sin que los resultados hubieran sido satisfactorios para tener alambre recto, de longitud constante y sin marcas, se procedió a realizar cambios en algunas de las piezas de la máquina y en rediseñar otras.

Como ya se mencionó en la sección 4.5 cuatro son los problemas más importantes que se tuvieron:

- Falta de rectitud; el alambre presentaba un error de  $\pm 3$  mm en una longitud de 37 mm (8.108%),
- Excesiva variación en la longitud del producto  $37 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ .
- Rebaba excesiva al cortar.
- Marcas de ranuras helicoidales en la superficie del alambre.

Para corregir estos errores se toman las medidas descritas en la tabla 5.

TABLA 5	
RECTITUD	
PROBLEMA	ACCIÓN
1. Diferencia de velocidades entre los rodillos de entrada y salida lo cual afectaba la rectitud del alambre.	Se desconectaron los rodillos de entrada.
2. No es posible posicionar en forma precisa los prisioneros que hacen la función de dados.	Se modifican los dados de la punta (ver figura 8) para girar $90^\circ$ .
3. Se percibe que la velocidad del cabezal es baja.	Se aumenta la velocidad cambiando la relación de las poleas.
4. Los rodillos de salida se encuentran desalineados con la línea de movimiento del alambre ya recto. (Ver figura 11).	Se alinearon los rodillos.
<div style="text-align: center;">  <p>Figura 11 Desalineamiento en rodillo de salida</p> </div>	
La cuchilla dobla al alambre antes de cortarlo (ver figura 12).	Se corrige la posición de la cuchilla.

<b>TABLA 5</b>		
<b>RECTITUD</b>		
<b>PROBLEMA</b>	<b>ACCIÓN</b>	
 <p>Figura 12 Alambre doblándose</p>		
<b>MARCAS HELICOIDALES EN ALAMBRE</b>		
1	La zona donde toca el alambre al dado (ver figura 7) tiene orillas filosas.	Se lima la zona que toca al alambre y se agrega aceite.
<b>REBABA POR EL CORTE</b>		
1	La cantidad de la rebaba resulta excesiva para retirar en el refrentado.	Se mejoró el filo de la cuchilla.
<b>LONGITUD</b>		
1	La variación del alambre es de $\pm 2$ mm.	Se ajustan los rodillos de alimentación.

## 5.2. PRUEBAS CON LAS MODIFICACIONES REALIZADAS

A continuación se describen las pruebas realizadas a la máquina con las modificaciones.

La máquina enderezadora se puso a funcionar por períodos cortos (2 - 3 min) hasta obtener una muestra de aproximadamente 180 piezas de alambre.

## 5.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Aunque hay avances, en cuanto a rectitud, se disminuyó el error a aproximadamente  $\pm 1$  mm en 37 mm de longitud (1%), y la rebaba se redujo a casi la mitad (0.25 mm), en cuanto a la longitud no hubo variaciones importantes.

Al no obtenerse resultados que satisficieran los requerimientos de rectitud y longitud se decidió rediseñar el cabezal con los dados (ver última oración sección 4.2) y cambiar el sistema de alimentación de la máquina buscando resolver de manera definitiva el problema de enderezado.



#### 5.4. REDISEÑO AL CABEZAL ORIGINAL

Para lograr la rectitud del alambre, se modificó el cabezal original, disminuyendo su longitud y reduciendo su peso, sin embargo no funcionó debido a problemas con la soldadura y balanceo.

Una vez agotadas las opciones con el cabezal original y no logrando obtener alambre recto dentro de las especificaciones establecidas, se tomó la decisión de rediseñar el cabezal buscando eliminar los problemas detectados.

Debido a que ésta es la primera máquina del proceso y teniendo las siguientes máquinas en proceso de ensamble y pruebas, era necesario trabajar rápido en un diseño, que conservara las chumaceras del cabezal original y rápidamente se instalara en la máquina. Las consideraciones para realizar el rediseño del cabezal surgen de los resultados de las pruebas al cabezal original:

<b>TABLA 6</b>		
<b>CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL CABEZAL</b>		
	<b>CAMBIO</b>	<b>BENEFICIO BUSCADO</b>
1	Se redujo el tamaño, longitud y ancho el cabezal	Disminuir problemas de vibración.
2	Se cambió el cabezal, a uno de una sola pieza.	Evitar errores en el ensamble. Mejorar el balanceo de la pieza y por lo tanto disminuir la vibración.
3	La geometría del cabezal cambia de sección rectangular a circular.	Facilitar la fabricación y reducir los problemas de vibración gracias a que se podía tener una pieza mejor balanceada.
4	Los orificios para los dados debían ser lisos.	Posicionamiento de los dados con mayor precisión.
5	El material cambia a acero 4140.	Evitar posibles problemas de corrosión.
6	La sujeción de los dados se hizo por medio de prisioneros que se apoyaban sobre el dado.	Evitar que el dado se moviera con las fuerzas centrifugas que se generaban.
7	Los dados cambiaron de geometría (ver figura 14), cuerpo liso cilíndrico con una parte del cuerpo plano en lugar del prisionero roscado.	En conjunto con los orificios lisos se complementó el beneficio de lograr cualquier posición del dado. Con la cara plana se buscaba lograr la orientación correcta del dado.
8	Se aplican criterios de diseño para manufactura.	Reducción del tiempo de manufactura del cabezal y los dados.

Con las consideraciones anteriores y los beneficios planteados, el diseño propuesto y fabricado (cabezal y dados) se muestra en la figura 14.

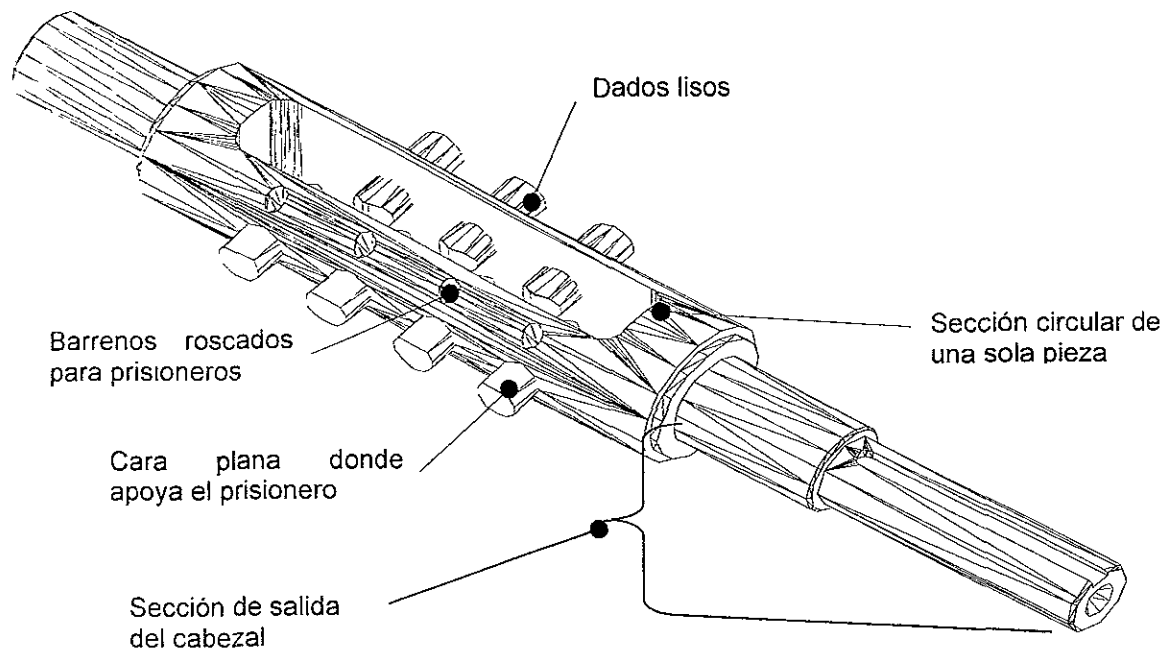


Figura 13  
Principales características del primer cabezal rediseñado

El rediseño del cabezal se fabricó y cumplió con todos los requisitos mencionados. Cabe hacer mención que al momento de anticipar el maquinado del barreno en la sección de salida del cabezal (ver figura 13), era necesario perforar con una broca 16 cm de longitud mínima.

El taller mecánico contratado para la fabricación de las piezas no tenía la certeza de encontrar en el mercado la broca o si era factible que se pudiera fabricar la broca con la longitud necesaria, esto debido a que la medida comercial de brocas no es mayor a 8 centímetros. Por lo tanto, durante el tiempo de búsqueda de la broca necesaria, se opta por generar un diseño alternativo con la misma geometría y características de funcionamiento, pero con la sección de salida del cabezal (ver figura 13), roscada en el extremo en que se une al cuerpo del cabezal, de esta forma el barreno podría iniciarse por un extremo y terminarse por el otro extremo, así los barrenos se podían encontrar a la mitad de esta pieza.

Finalmente el taller mecánico nos avisó que consiguió la broca necesaria y el diseño alternativo no se llevó a cabo.

#### 5.4.1. MODIFICACIONES AL DADO



Figura 14  
Dado rediseñado para el  
primer cabezal

Para los dados el cambio principal consistió en tener el cuerpo liso (ver figura 14) para lograr calibrar los dados y colocarlos en cualquier posición, sin depender de la rosca. Se dejó el extremo lo más libre de filos para disminuir las rayas en el alambre y se lubrica aplicando aceite en una esponja ubicada antes del cabezal. En el cuerpo cilíndrico se deja una cara plana para asegurar la posición correcta del

dado cuando apriete el prisionero de sujeción.

#### 5.5. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Debido a los problemas presentados en los rodillos de alimentación se decidió cambiar dicho sistema por uno comercial que alimenta alambres de longitud constante (ver figura 15). El principio de funcionamiento de este alimentador se basa en tres pistones neumáticos.

1. El primer pistón (1 de la figura 15) sujeta al alambre.
2. El segundo pistón (2 en la figura 15) jala al alambre mientras el primero lo sujeta.
3. Una vez que llega a la posición final, el tercer pistón (3 en la figura 15) oprime al alambre al mismo tiempo que el primer pistón lo suelta y el segundo regresa a la posición inicial.

## 4. Se repite el ciclo

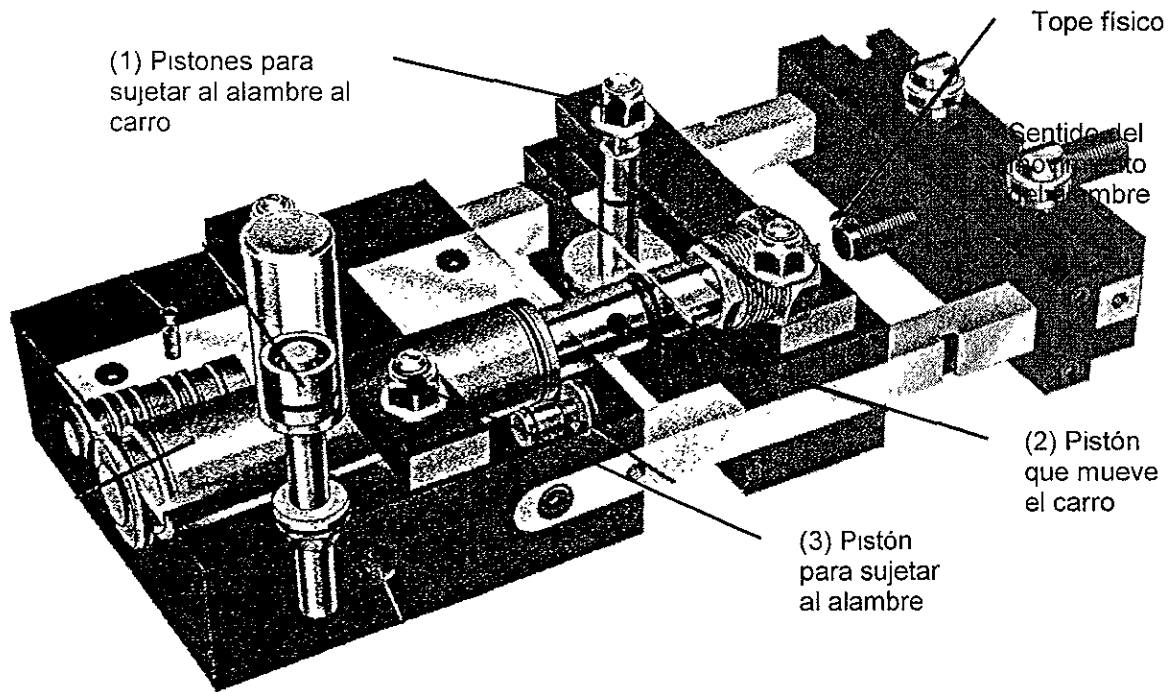


Figura 15  
Vista de los pistones del alimentador comercial

En este alimentador se tienen topes mecánicos que aseguran que la longitud de alambre alimentado es siempre constante. Por otro lado, el alimentador se activa al recibir una señal neumática que genera un interruptor. Esta característica se aprovechó para colocar un interruptor neumático activado por una leva colocada en el eje de la cuchilla y accionar al interruptor cuando la cuchilla inicia su recorrido. De esta forma se sincroniza la cuchilla con el alimentador. El modelo de alimentador seleccionado fue el A2 (ver tabla 7) que da un rango de longitud de 0 a 2 pulgadas (en la tabla 7 se muestran las especificaciones de este alimentador).

Modelo accionado por aire	Alimentación Ancho (pulg)	Carrera longitud (pulg)	Rango de espesor manejable (pulg)	Velocidad en ciclos por minuto (Recom.)	Fuerza de jalado (lbs)	Fuerza de la mordaza de alimentación (lbs)	Fuerza de la mordaza de jalado (lbs)
A2	1-1/2	0-2	.002-.004	260	20	65	105
A4	1-1/2	0-4	.002-.004	200	20	65	105

Tabla 7  
Especificaciones del alimentador Marca Rapid Air A4, usado en la máquina comercial

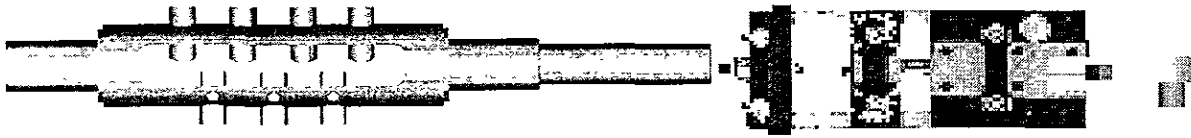


Figura 16  
Vista de planta de la configuración del primer rediseño

## 5.6. CONFIGURACIÓN DEL REDISEÑO

Una vez que se han descrito las pruebas y resultados del primer rediseño, se muestra el cambio de configuración, de la original (ver figura 7) a una nueva configuración (ver figura 16). Se cambió todo el sistema de alimentación, con esto se eliminaron dos pares de engranes cónicos rectos, tres ejes y seis chumaceras para transmitir movimiento a los rodillos de entrada y salida.

El cabezal está montado sobre dos chumaceras (las mismas de la máquina original, no mostradas en figura 16) gracias a un par de poleas (no mostradas), colocadas en la sección de salida del cabezal.

La cuchilla de corte se acciona por un motor independiente al del cabezal. Ambos motores son controlados por variadores de frecuencia. El sistema de alimentación está sincronizado con el sistema de corte a través de un interruptor neumático. El resto de los elementos, ejes, chumaceras, engranes cónicos rectos, cadenas, catarinas fueron eliminados, con esto se redujo notablemente el ruido. No se sacaron de la máquina, solo se desactivaron debido a que había piezas que estaban colocadas a presión y no era posible retirarlas.

## 5.7. PRUEBAS AL CABEZAL Y ALIMENTADOR

Una vez fabricado el cabezal y sus dados, se colocaron e iniciaron las pruebas de enderezado. En el ensamble del cabezal a la máquina no presentó problemas, el cabezal sustituyó al original sin problema. Se calibró la máquina con los dados en una posición inicial, sin saber cuál debía ser la posición correcta para tener la senoide adecuada para enderezar. Un aspecto importante aprendido con el

proyecto fue el hecho de que la senoide descrita por el alambre debía ser simétrica. Se iniciaron pruebas con diferentes posiciones de los dados. Poco a poco se ajustó la posición de los dados y se obtuvieron resultados más satisfactorios. En un principio la posición de los dados se cambiaba en décimas de milímetro, hasta llegar a cambios en centésimas. Cabe hacer mención que en cada ajuste era necesario mover todos los dados, cinco en total. Los dados que se encuentran en los extremos tienen la función de guiar por lo tanto no era necesario moverlos.

El alimentador que sustituye a los rodillos de alimentación se importa de los Estados Unidos de América. Una vez recibido se colocó en la máquina y se ajustó para que el alambre no perdiera rectitud por una mala alineación del alimentador con la línea de movimiento del alambre recto. Para lograr que el alimentador permitiera una buena sujeción para que la cuchilla lo cortara sin problemas, fue necesario diseñar algunas piezas para sujetar al alambre en el punto del corte. El alimentador solo aprisiona al alambre en una pequeña parte, dejando libre al alambre donde se realiza el corte (ver figura 16).

## 5.8. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Luego de hacer los cambios descritos en las secciones 3.2 y 3.3, se obtuvieron los siguientes resultados:

En el caso del alimentador, se obtienen resultados dentro de lo especificado, el error en la longitud se disminuye a  $\pm 0.1$  mm.

En cuanto a la rectitud del alambre, en la primera posición en que se prueban los dados, el alambre que se produce está recto, pero con ondulaciones. Este alambre se produce cuando la amplitud de la senoide es demasiado grande.

Según se disminuye el rango de la amplitud de la senoide formada por los dados, se mejoró mucho el enderezado. No fue posible medir la rectitud del alambre debido a circunstancias de tiempo y flexibilidad del material. Sin embargo se realiza la prueba de colocar la aguja sobre un plano inclinado ( $20^\circ$  con respecto a

la horizontal) de superficie lisa, y se deja girar, por simple inspección visual se determina el grado de rectitud logrado.

Simultáneamente, las siguientes máquinas del proceso también se encontraban en condiciones de realizar pruebas con el material producido por la enderezadora. Una vez enderezado el alambre pasa a la máquina de refrentado dejando al alambre listo para la máquina de perforado.

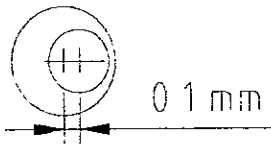


Figura 17  
Error de perforado

En el caso de esta máquina se detectaron errores superiores a 0.1 mm (ver figura 17), lo cual es demasiado pues deja una pared delgada susceptible de romperse al momento de colocar y prensar la sutura. Aún cuando la razón de este error podía deberse al enderezado, había la posibilidad de que la máquina de perforado tuviera imprecisiones que sumados al error en la rectitud dieran la diferencia de 0.1 mm en el descentramiento. Para medir este valor se tomaron algunas muestras al azar de alambre recto, con una penetración mínima de la broca, proyectándolo sobre la pantalla del equipo usado para pruebas de dureza Brinell

Sin embargo la prueba definitiva para corroborar la calidad del alambre enderezado fue colocar los alambres en la máquina de afilado, pues su principio de funcionamiento se basa en hacer girar al alambre sobre su propio eje, forzándolo a pasar tangente a dos piedras abrasivas para afilar la punta. Al colocar los alambres en la máquina afiladora, se percibía un movimiento de “cabeceo” en el alambre. Lo que provocaba que el alambre presentara un filo erróneo, es decir en lugar de ser un cono simétrico se forma una punta como la que se muestra en la figura 18.



Figura 18  
Punta errónea del alambre

Debido a que no se había logrado alambre recto dentro de las especificaciones se continuó con los ajustes a la posición de los dados. Finalmente luego de hacer ajustes a los dados, se logra obtener alambre con un error estimado debajo de 0.1 en una longitud de 37 mm ( $.01/37 = 0.27$ ) y una punta cónica.

## 5.9. PROBLEMAS DETECTADOS EN EL REDISEÑO

Una vez lista la nueva configuración se comienza a operar la máquina en jornadas de dos a tres horas para proveer de material a las siguientes máquinas. Se detectaron algunos problemas en el primer rediseño:

1. Es necesario calibrar los dados uno por uno, como consecuencia de esto se continúa con una preparación lenta de la máquina..
2. Debido al poco espacio en la zona de los dados, resulta muy incómodo medir la posición de los mismos. Se encuentra que la senoide descrita por el alambre debe ser simétrica y que los dados se deben mover en centésimas de milímetro. Debido a lo anterior cada calibración y prueba resulta en una inversión de tiempo de dos horas.
3. Los dados continúan rayando al alambre, las rayas son menos profundas pero suficientes para hacer necesario un cambio en los dados.



Figura 19  
Dado con rodillo

## 5.10. MODIFICACIONES A LOS DADOS DEL REDISEÑO

El enderezado y la longitud quedaron resueltos sin embargo, persiste el problema de las rayas en los alambres. Es necesario realizar otro cambio a los dados de enderezado. Analizando el problema y el poco espacio disponible en los dados ( $\phi 0.5$  " X L1.5") se busca una mejor opción para evitar las marcas en los alambres.

La solución es colocar pequeños rodillos en la punta (ver figura 19). Como se puede apreciar en la figura, los rodillos quedan apoyados en el dado por un lado.



### 5.10.1. PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA MODIFICACIÓN A LOS DADOS DEL REDISEÑO

Cuando se colocan los dados con los rodillos en el cabezal, el alambre sujeta al rodillo contra los dados. Cuando se termina el alambre o se rompe, el alambre y el cabezal se encuentra en movimiento (la velocidad de giro del cabezal es de 600 R.P.M.) los rodillos quedan sueltos volviéndose un peligro para el operador. En el caso de perderse alguno o algunos de los rodillos, es necesario invertir tiempo para localizarlos y volver a colocarlos en el cabezal.

### 5.11. EVALUACIÓN DEL REDISEÑO

Después de los cambios realizados al equipo de enderezado original se obtiene alambre dentro de las especificaciones de rectitud, 0.1 mm en una longitud de 37 mm y de longitud  $\pm 0.1$  mm, sin marcas visibles en el cuerpo del alambre. Lograr estos resultados no resultó fácil ni rápido, los tiempos de espera de fabricación de piezas, de pruebas, de ajustes, de compra de equipo comercial, etcétera, prolongaron la duración del proyecto global y la solución de la máquina en particular.

El sistema de enderezado realiza su función adecuadamente. Sin embargo, como todo diseño es perfectible. En este caso se detectan situaciones que permiten mejorar el diseño en cuanto a seguridad y facilidad de calibración. Dentro de las opciones de solución para corregir estos problemas se presenta una solución en el siguiente capítulo.

6.

SEGUNDO

REDISEÑO

## 6.1. SEGUNDO REDISEÑO

El proyecto ha servido para aprender sobre el enderezado de alambre. Se resolvió el problema de enderezado y la longitud de los alambres, sin embargo es posible mejorar la seguridad y facilidad de calibración.

Durante la realización del primer rediseño el objetivo principal fue resolver los problemas de rectitud y longitud del alambre. La seguridad y facilidad de calibración se mejora en el diseño que se propone. Esto no forzosamente implica que no se considerara la seguridad como un criterio importante, o que la sencillez para calibrar no se tomara en cuenta. Dadas las condiciones de tiempo en las que se elaboró el primer rediseño se considera que cumplió con lo establecido. Como todo diseño original, no fue sino hasta el momento de hacer las pruebas que se vio la necesidad de mejorar la seguridad y calibrado.

TABLA 7		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		
	CRITERIO	DEFINICIÓN
1	Diseño para ensamble / manufactura (DFMA)	Este criterio busca asegurar el correcto balance entre hacer los componentes fáciles de producir así como de ensamblar.
2	Seguridad	La definición de este criterio aunque obvia, se orienta hacia la seguridad del operario.
3	Homogeneidad	La seguridad de obtener producto de características iguales, define la homogeneidad.
4	Calidad	Cumplir la función de obtener alambre en condiciones de rectitud y longitud dentro de las especificaciones establecidas.
5	Facilidad de operación	Realizar la menor cantidad de operaciones para calibrar o recalibrar el cabezal.
6	Mantenimiento	Equipo que no requiera de mantenimiento especializado ni frecuente.

El diseño conceptual que se presenta es una opción de muchas que puede haber y representa una aportación adicional a la solución dada durante la solución del problema de enderezado.

Aquí es importante mencionar el hecho de que las características que más influyen en el proceso de enderezado son: la dureza del alambre y su diámetro. Teniendo estos datos es posible inferir la amplitud necesaria de la senoide para lograr el enderezado: entre más dureza tenga el material, menor debe ser la amplitud.

Para el diseño del segundo cabezal son importantes los siguientes criterios, presentados en la tabla 7.

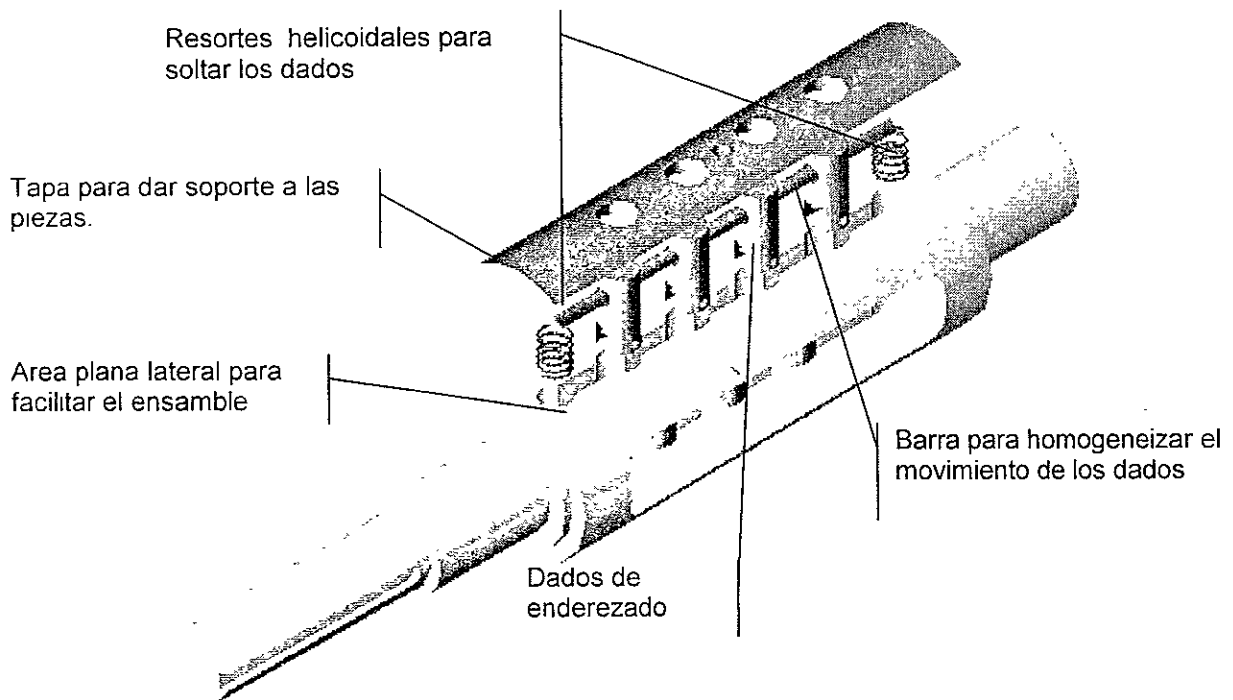


Figura 20  
Cabezal del segundo rediseño

La segunda propuesta de diseño se genera a partir del primer rediseño, conservando la geometría cilíndrica, basada en dos operaciones: torneado y fresado, se presenta un dibujo tridimensional del cabezal (ver figura 20) explicando las razones de cada parte.

Haciendo un análisis del segundo rediseño se puede observar que sin cambiar el principio descrito en la sección 2.4 el cabezal propuesto tiene los siguientes cambios:

1. Los dados son más cortos (28 mm, el anterior medía 35 mm), en la versión anterior los dados se necesitaban de mayor longitud para poder manipularlos. En esta propuesta la posición de los dados se da por un prisionero, no es necesario tocar los dados.
2. Los mismos dados tienen un barreno por donde pasa una barra que permite mover todos los dados en un solo movimiento.
3. En la figura 20 se aprecian dos resortes en los extremos de la barra para mover los dados hacia fuera, es decir cuando se afloja el tornillo que ayuda a posicionar los dados.

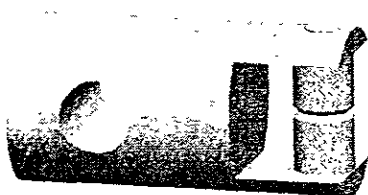


Figura 21  
Dado con rodillos  
entre barrenos

4. Los dados tienen barrenos en la punta para colocar los rodillos y evitar que salgan (ver figura 21), se conserva el giro de los rodillos para no marcar al alambre.

5. Se colocan tapas que impiden queden sueltos los dados, la barra y los resortes. La tapa tiene un prisionero para posicionar los dados, empujándolos.

6. En este diseño se tiene un aumento en la cantidad de piezas.

7. La cantidad de maquinados también aumenta, no así el grado de dificultad del maquinado. Siendo básicamente cilindros y planos
8. El ensamble resulta sencillo, dado que para armar no se necesita de herramienta especial, excepto una llave allen de 1/8"

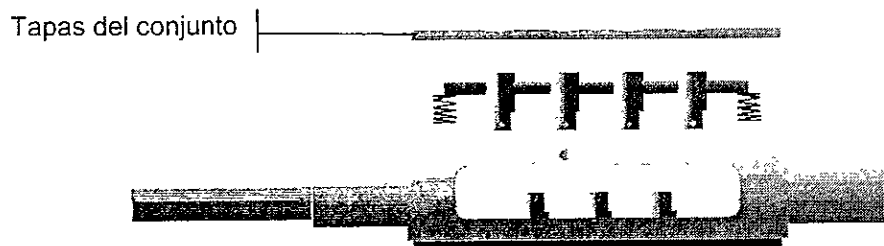


Figura 21  
Vista de planta del conjunto

Esta propuesta representa un aumento en los costos de fabricación por un incremento en las piezas y los maquinados. Sin embargo, la seguridad se incrementa al tener los rodillos confinados en el dado. El posicionamiento de los dados se simplifica al lograr mover cuatro dados, en un lado del cabezal, con un tornillo. Los tres dados del otro lado del cabezal se posicionan de la misma forma.

## 6.2. EVOLUCIÓN DEL CABEZAL Y DADOS

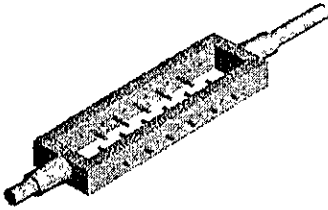
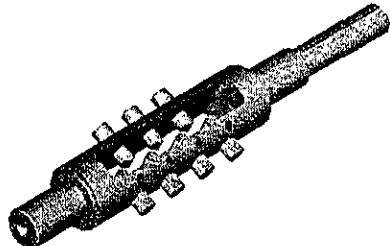
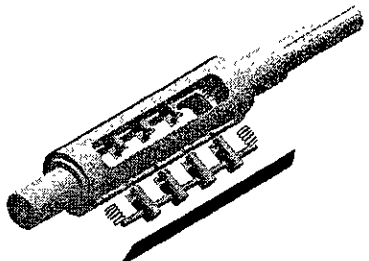
En las tablas 8 y 9 se presenta la evolución que han tenido tanto el cabezal de enderezado como los dados. Ambas piezas fundamentales para la operación de enderezado.

En la tabla 8 se ve que el cabezal se transforma de un solo elemento formado de pequeñas partes soldadas y balanceadas en torno, a un cabezal (primer rediseño) de una sola pieza y dimensiones mucho más reducidas, geometrías circulares que reducen la posibilidad de vibraciones indeseables. El segundo rediseño de cabezal aunque tiene más piezas y esto representa un mayor costo de maquinado, permite realizar la operación de calibrado en 2 dados en lugar de 5, en otras palabras se tiene un ahorro de tiempo del 60%.

Para la tabla 9 se pasa del prisionero de 3" de largo, el cual no permite cambios en su posición en rangos menores al paso de la rosca, por lo tanto un dado con el cuerpo liso, nos ayuda a mover al dado en rangos tan pequeños como los instrumentos de medición nos lo permitan. Quedo corregido el problema de la rosca, sin embargo, el alambre sale rayado del cabezal por la fricción que tiene contra el dado (esfuerzos de contacto). La colocación de un rodillo elimina el problema. El rodillo que se coloca queda sujeto por el alambre contra el dado, lo que lo vuelve peligroso en caso de que se acabe el alambre y el cabezal estuviera girando. En el dado del segundo rediseño, los rodillos quedan confinados dentro del cabezal, lo que da completa seguridad al operario. Otro cambio es el tener la barra que une a todos los dados de una lado del cabezal simultáneamente.

A pesar de tener un aumento en las piezas, en el segundo rediseño, y en el costo, se compensa al incrementar la rapidez para calibrar y la seguridad del operario.

Tabla 8. EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DEL CABEZAL

Cabezal	Características	Ventajas	Desventajas
<p data-bbox="22 166 226 197">Cabezal original</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sección cuadrada</li> <li>2. Seis piezas<sup>1</sup> fresadas, soldadas y balanceadas</li> <li>3. Barrenos roscados</li> <li>4. Longitud = 1 m</li> <li>5. Material: Acero AISI 1018</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parte del equipo comercial</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Por el calor de la soldadura, se provocan deformaciones.</li> <li>2. Las deformaciones producidas por el calor y el mal balanceo producen vibración indeseable en la máquina</li> <li>3. No permite correcta calibración dados los barrenos roscados</li> <li>4. Longitud innecesariamente larga.</li> </ol>
<p data-bbox="22 482 226 512">Primer rediseño</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una sola pieza<sup>1</sup></li> <li>2. Fabricado en torno</li> <li>3. Barrenos lisos</li> <li>4. Cada dado se fija con un prisionero</li> <li>5. Longitud del cabezal = 37 cm</li> <li>6. Material: Acero AISI 4140</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menor vibración que la presentada con el cabezal comercial por tener mejor balance</li> <li>2. Permite mejor calibración continua, no hay rosca en los dados.</li> <li>3. Se logra enderezado con menor longitud del cabezal.</li> <li>4. Debido al cromo del material no se presenta corrosión en el cabezal.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para calibrar hay que mover cada dado por separado.</li> <li>2. Por lo anterior es tardado calibrar todos los dados.</li> </ol>
<p data-bbox="22 854 255 885">Segundo rediseño</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nueve piezas<sup>1</sup>: Un cuerpo, dos tapas, dos barras y cuatro resortes</li> <li>2. Fabricación en torno y fresa</li> <li>3. Barrenos lisos</li> <li>4. Cada grupo (uno de cada lado del cabezal) de dados se fija con un prisionero</li> <li>5. Longitud del cabezal = 37 cm</li> <li>6. Material Acero AISI 4140</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menor vibración que la presentada con el cabezal comercial por tener mejor balance</li> <li>2. Permite calibración de toda la fila de dados de cada lado con un solo movimiento, es decir dos operaciones en total.</li> <li>3. Todos los prisioneros de cada lado se fijan con un solo prisionero.</li> <li>4. Longitud del cabezal = 37 cm</li> <li>5. Ensamble diseñado para realizarse sin errores.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La manufactura resulta más complicada pues son tres partes las que componen el cabezal.</li> <li>2. Seis piezas más que el diseño anterior.</li> <li>3. El costo se incrementa debido al número de piezas.</li> </ol>

<sup>1</sup> Sin considerar los dados



Tabla 9. EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DE LOS DADOS.

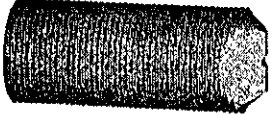
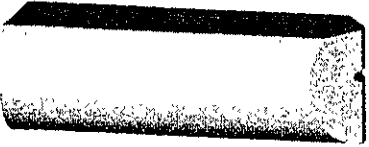

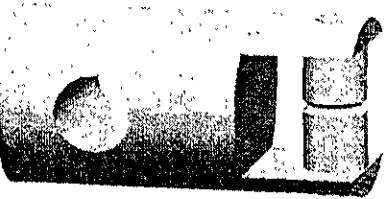
Dados	Características	Ventajas	Desventajas
<p>Dado roscado modificado de la máquina comercial.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prisionero comercial de 4" de longitud, 0.5" de diámetro.</li> <li>2. La modificación consistió en esmerilar la punta para reducir área de contacto entre dado y alambre.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pieza comercial fácil de conseguir y barata.</li> <li>2. Es una pieza fácil de adaptar a la forma que presenta por medio de esmerilado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debido a que tiene rosca, no permite posiciones en el cabezal menores a la mitad del paso que tiene el prisionero (0.35 mm).</li> <li>2. Provoca rayas en el alambre por la fricción.</li> </ol>
<p>Primer dado liso del primer rediseño.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuerpo liso.</li> <li>2. Material AISI 4140.</li> <li>3. Sección plana en el cuerpo del dado.</li> <li>4. Longitud de 40 mm.</li> <li>5. Ø 14 mm.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debido a lo liso del cuerpo permite posicionar al dado en prácticamente cualquier ubicación.</li> <li>2. No sufre de corrosión, gracias al material.</li> <li>3. La sección plana permite que al fijar el dado quede correctamente orientada la ranura al alambre.</li> <li>4. Por su geometría cilíndrica, es fácil de fabricar.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A pesar del pulido en la punta del dado continúa rayando al alambre.</li> <li>2. Una vez colocado el dado en el cabezal, resulta incómodo medir la posición del dado con un calibrador Vernier</li> <li>3. Se debe repetir la operación de calibrado para cada dado.</li> </ol>
<p>Segundo dado liso del primer rediseño.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuerpo liso.</li> <li>2. Material AISI 4140</li> <li>3. Dado con rodillo giratorio en la punta.</li> <li>4. Sección plana a lo largo del cuerpo del dado.</li> <li>5. Longitud de 40 mm.</li> <li>6. Sección con Ø 14 mm.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debido a lo liso del cuerpo permite posicionar al dado en prácticamente cualquier ubicación.</li> <li>2. No sufre de efectos de corrosión.</li> <li>3. El rodillo prácticamente elimina las pequeñas marcas del alambre.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Su fabricación implica usar fresa y torno, y mayor tiempo y costo de maquinado.</li> <li>2. El rodillo queda libre cuando no se tiene alambre que lo sujete, pudiéndose perder.</li> <li>3. Una vez colocado el dado en el cabezal, resulta incómodo medir la posición del dado con un calibrador Vernier</li> <li>4. Se debe repetir la operación de calibrado para cada dado.</li> </ol>

Tabla 9. EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DE LOS DADOS (Continuación)

<p>Dado del segundo rediseño</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuerpo liso</li> <li>2. Material AISI 4140.</li> <li>3. El dado esta confinado en la punta.</li> <li>4. El dado tiene un barreno para la barra de movimiento.</li> <li>5. Longitud de 28 mm</li> <li>6 Ø 14 mm.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debido a lo liso del cuerpo permite posicionar al dado en prácticamente cualquier ubicación.</li> <li>2. No sufre efectos de corrosión.</li> <li>3. El rodillo prácticamente elimina las pequeñas marcas del alambre.</li> <li>4. El rodillo no se sale de su lugar.</li> <li>5. La barra que une todos los dados permite calibrar una hilera de dados al mismo tiempo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Por ser una pieza pequeña dificulta el maquinado.</li> <li>2. Para colocar el rodillo en el dado se requiere de un rodillo de dos piezas que permitan colocarlo en los barrenos para girar.</li> </ol>
---	--	--	--

7.

# Conclusiones

## 7. CONCLUSIONES

La conclusión más importante del trabajo realizado durante el proyecto que se reporta es haber solucionado de manera exitosa el problema de enderezado y corte de alambre. Se cumplen los alcances propuestos (secciones 3.3 y 3.4).

El cabezal del primer rediseño resuelve los problemas presentados por el cabezal original (ver tabla 8).

Las condiciones en que se trabaja el proyecto no facilitan mucho el proceso creativo, no solo en esta máquina sino en todas las máquinas del proceso para fabricar agujas para sutura. Sin embargo la capacidad de respuesta del equipo de trabajo del CDM resuelve el problema de manera exitosa. Prueba de ello es que actualmente las máquinas están funcionando en la Cd. de Piedras Negras.

Para el cabezal del segundo rediseño se busca mejorar la operación del cabezal y aumentar la seguridad del operario.

No se cambian los principios básicos del segundo cabezal (una pieza, cuerpo cilíndrico, dados lisos), que resuelve el problema (ver figura 22). Se permite mover los dados de un lado del cabezal simultáneamente gracias a un prisionero, para

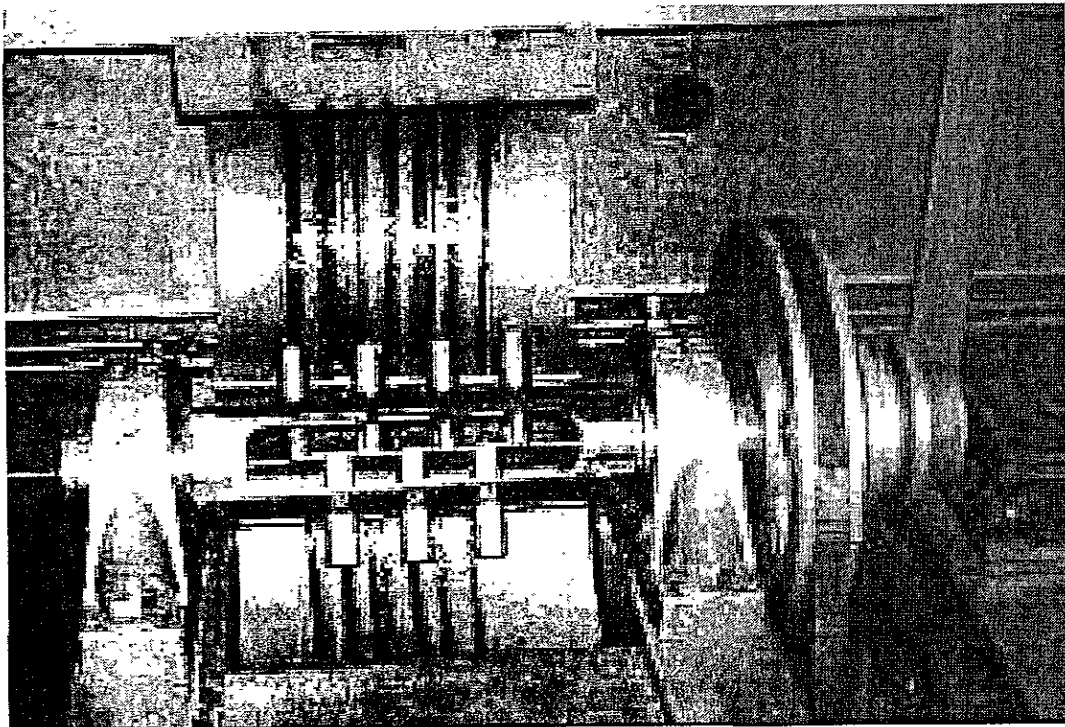


Figura 22  
Fotografía del primer cabezal rediseñado.

después repetir la operación con los dados del otro lado. En la figura 20 se aprecia que los dados están ensamblados a una barra que homogeneizará el movimiento de los mismos. Por lo tanto se reducen los tiempos de calibración al mover los dados con un solo movimiento y al alojar los rodillos en el dado (ver figura 21) aumentan la seguridad al tener el rodillo confinado dentro del dado.

Se incrementa el número de piezas, mas no la complejidad de las geometrías, y el ahorro de tiempo de calibración se estima en un 60%.

A partir del párrafo anterior se puede afirmar que se cumplen los objetivos y alcances planteados en el capítulo 3.

Por otra parte, el aprendizaje y la experiencia obtenida durante la realización de este proyecto, resultaron en un beneficio en lo personal tanto como para el Centro. El proyecto "Agujas para Sutura" es uno de los proyectos más importantes realizados por el Centro de Diseño y Manufactura, no solo por el presupuesto, sino por la complejidad del proyecto. El desarrollo de una línea de producción que incluye cuatro máquinas de diseño original y la modificación a una máquina comercial cuyos resultados fueron satisfactorios en lo general. En el caso del proyecto que dio pie a esta tesis, se tuvieron cuatro factores que influyeron para la selección de la máquina y su posterior modificación.

- A. Al inicio del proyecto se realizó una búsqueda de maquinaria para enderezar alambre, las fuentes de información disponibles nos llevaron al fabricante en la Ciudad de México, al cual se le compró la máquina.
- B. Otro factor para haber tenido que realizar cambios en la máquina comercial, fue la falta de experiencia para determinar la relación de tolerancias necesarias para las máquinas y el producto global. Esto hizo que se comprara la máquina sin conocer las especificaciones del producto que se necesitaba.
- C. El tiempo transcurrido entre la llegada de la máquina comercial y el ensamble de las máquinas originales no permitió que los alambres obtenidos de la máquina de enderezado pudieran ser probados en la instalación de la línea de producción.

- D. La diferencia de tiempos en el desarrollo de las máquinas fue otro factor importante. Aun cuando el proyecto duró tres años el hecho de ser la primera máquina del proceso implicaba la necesidad de proveer de material al resto de las máquinas y esto debía reducir el tiempo para resolver el problema.
- E. Un factor más fue la falta de conocimiento por parte de la empresa proveedora en el manejo de material de las dimensiones del alambre usado en el proyecto. La empresa tiene mucha experiencia cuando el propósito es enderezar alambres o varillas, donde además, las tolerancias son mucho mayores, en el orden de centímetros.

A pesar del tiempo y el dinero invertido en el rediseño, no se logra reducir la rebaba, no hubo tiempo ni recursos para realizar una modificación mayor a este sistema.

La rebaba es consecuencia del proceso de corte elegido basado en cuchilla. Sin embargo, el tamaño de la rebaba 0.3 mm disminuye el tiempo necesario para el refrentado, en comparación con la rebaba de 0.5 mm producida por la máquina original.

Considerando los factores arriba mencionados se generan las siguientes conclusiones adicionales:

1. Al inicio del proyecto se debió haber invertido más tiempo para encontrar un fabricante de enderezadoras de alambre que ofreciera una mejor solución aún siendo más cara. Finalmente se terminó pagando más dinero al realizar los cambios a la máquina original.
2. Otra actividad que se debió hacer es definir las especificaciones del producto global y el producto a la entrada y salida de la máquina enderezadora como se hizo con el resto de las máquinas diseñadas.

Con lo aprendido durante la realización del proyecto se puede garantizar que en caso de ser necesario volver a necesitar diseñar o comprar una máquina para enderezar alambre, se podrá hacer de manera más eficiente, rápida y con menos presiones que lo vivido en el proyecto de "Agujas para Sutura".

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

En la figura 23 se puede ver una foto de la planta del laboratorio médico ubicado



Figura 23

Vista de la planta del laboratorio médico patrocinador del proyecto "Agujas para Sutura" en la Cd. de Piedras Negras, se distinguen al fondo las máquinas diseñadas por el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería.

# Referencias



## Referencias

1. **Centro de Diseño y Manufactura, F.I., UNAM.** 1993-1994. Reporte final del anteproyecto "Proceso para la fabricación de agujas para sutura".
2. **Catálogo de Normas de la Dirección General de Normas.**  
[http://www.secofi.gob.mx/normas/Catalogo de normas/catalogo de normas.html](http://www.secofi.gob.mx/normas/Catalogo_de_normas/catalogo_de_normas.html)
3. **Krick, Edward V.,** *Introducción a la ingeniería y al Diseño en la Ingeniería*, Ed. LIMUSA, 1967

# Apéndices

## **Apendice A**

**Extracto del Reporte Final del Anteproyecto “Proceso para la Fabricación de Agujas para Sutura”.**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
MECÁNICA E INDUSTRIAL  
CENTRO DE DISEÑO Y  
MANUFACTURA

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ANTEPROYECTO

PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE AGUJAS PARA SUTURA

**REPORTE FINAL**

*Bebi original*  
A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Bebi original', written over a circular stamp or seal.

SERRAL, S.A. DE C.V.

PRESENTE

AGOSTO, 1993

detallan en el Anexo A. Sin embargo, cabe destacar que Sulzle emplea aceros martensíticos y endurecibles por precipitación.

- Personal de Serral comentó que el proceso para fabricar agujas para sutura de la India emplea electropulido, y la apariencia del producto es mejor que el pulido con máquinas vibradoras que maneja Sulzle.
- Debido a las geometrías que se manejan, es conveniente doblar después de afilar y perforar la aguja. El conformado se puede realizar antes o después del afilado, pero para facilitar el centrado, es preferible perforar antes. Existe la posibilidad de conformar y doblar al mismo tiempo.
- No se sabe con certeza si el templado afecta en forma considerable la geometría de las agujas, en el caso de que lo haga, es necesario endurecer antes de afilar, lo que implicaría doblar posteriormente. En el caso de que no afecte la geometría, conviene realizar el tratamiento luego del doblado y como última operación el pulido.
- Las velocidades que se manejan en varias de las operaciones pueden originar altas temperaturas y desgaste prematuro de herramientas. Por otro lado, las agujas pueden conservar residuos de rebaba. Debido a lo anterior, es conveniente lavar las agujas luego de cada operación en la que se emplee líquido para lubricar o para enfriar, o en la que se produzca rebaba. También es importante lavar previamente a cualquier tratamiento térmico para evitar contaminación.

#### 4.2 PROCESO PROPUESTO

Para definir el proceso, lo más importante es definir el material del que se elaborarán las agujas. Debido a la importancia de lo anterior, se presenta información relevante de los materiales posibles de uso y sus características en el Anexo A.

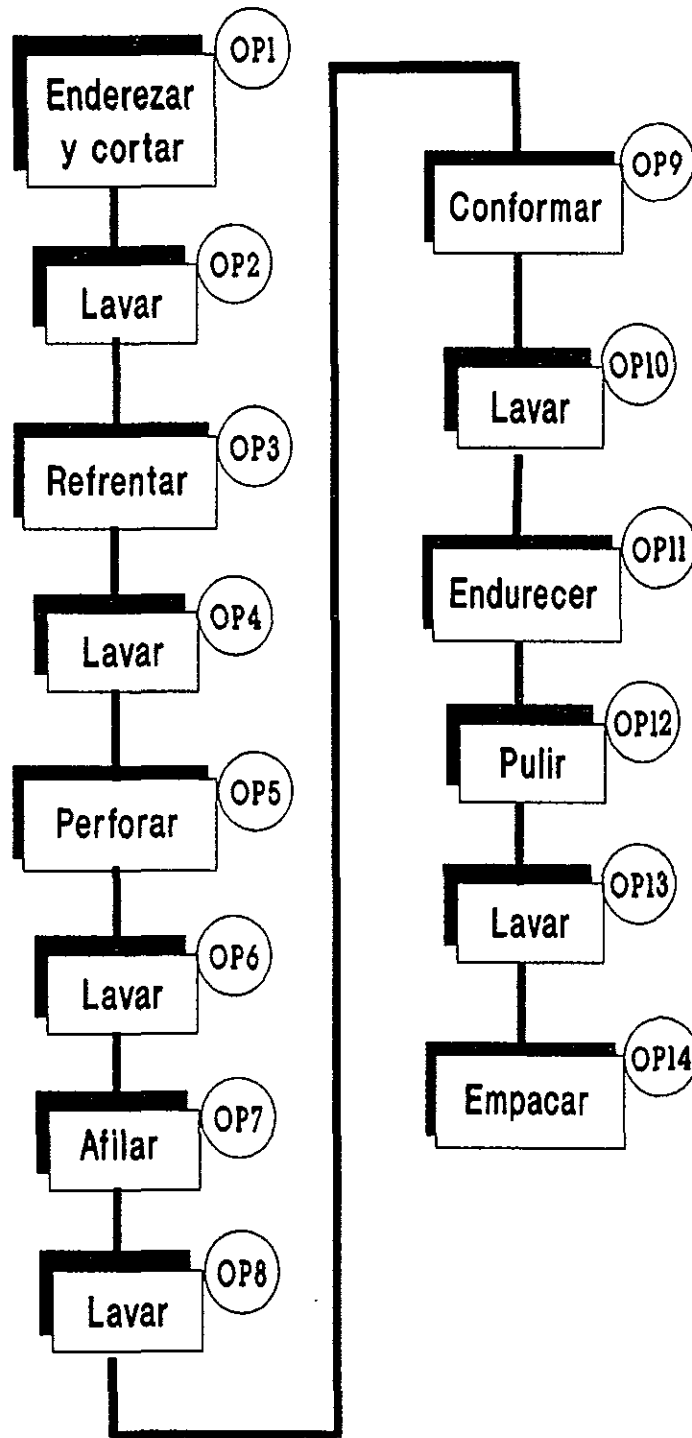
Considerando lo expuesto en el apartado anterior, el proceso más conveniente es el que presenta la figura 2.

La figura muestra las operaciones básicas que a continuación se explican brevemente:

**OP1 Enderezar y Cortar.** El proceso se alimenta con alambre, acero inoxidable del calibre correspondiente a la aguja que se desea producir, en forma de carrete o rodillo. La primera operación consiste en enderezar el alambre y cortarlo en tramos de la longitud de la aguja a producir.

**OP2 Lavar.** Puesto que en la operación anterior se usa aceite para facilitar la operación, es necesario lavar. En todas las operaciones de lavado se empleará en primer lugar jabón, luego solventes, ultrasonido y finalmente se secará.

## PROCESO PARA FABRICAR AGUJAS PARA SUTURA



Ilustr. 2 Proceso para fabricar agujas

**OP3 Refrentar.** El objeto de esta operación es preparar el alambre para ser perforado, dejando uno de sus extremos plano y perpendicular a su eje longitudinal.

**OP4 Lavar.** Puesto que en la operación anterior es necesario usar líquido refrigerante y se produce rebaba, se requiere la limpieza.

**OP5 Perforar.** En esta operación se hace el agujero en la cara refrentada por medio de broca.

**OP6 Lavar.** Se presentan las mismas condiciones que en el caso de la OP4.

**OP7 Afilar.** En esta operación se afila completamente el extremo del alambre que no se refrentó.

**OP8 Lavar.** Se presentan las mismas condiciones que en el caso de la OP4.

**OP9 Conformar.** En esta operación se deformará la aguja para obtener la sección transversal y la curvatura deseadas.

**OP10 Lavar.** Durante el conformado se empleará lubricante y, por otro lado, la siguiente operación es un tratamiento térmico.

**OP11 Endurecer.** Puesto que no se empleará acero inoxidable austenítico, es necesario endurecer realizando un tratamiento térmico.

**OP12 Pulir.** Luego de endurecer se hace un electropulido para dar a las agujas una grata apariencia.

**OP13 Lavar.** El electropulido usa solventes que es necesario limpiar.

**OP14 Empacar.** La última operación del proceso consiste en embalar el producto terminado.

Es importante destacar que el proceso anterior debe ser ratificado con pruebas. Sobre todo, se debe probar que el endurecer no afecte la geometría, en el caso de que lo haga, será necesario realizar el tratamiento térmico antes del afilado.

Existen otras operaciones que no se presentan en el diagrama:

**OP15 Transportar.** Esta operación, como su nombre lo indica, consiste en llevar el alambre o agujas de una operación a otra.

**OP16 Almacenar.** Debido a la velocidad de producción de cada operación, no es posible tener un proceso continuo, es decir, que inmediatamente luego de una operación se pase a la siguiente, por lo anterior, se tendrá material esperando a ser procesado.

**OP17 Controlar.** Esta operación, en realidad no es una sola, se

refiere a los controles de calidad y de producción que todo proceso debe incluir. Cada operación debe contar cuando menos con un control de calidad para asegurar que se cumpla con las especificaciones establecidas.

**OP18 Orientar.** Varias operaciones requieren que las agujas estén correctamente orientadas. Para perforar la cara refrentada es necesario que todas las agujas se presenten en el mismo sentido ante la broca. La orientación se puede realizar en cada operación, o contar con un sistema adicional que entregue al resto de las operaciones las agujas correctamente orientadas.

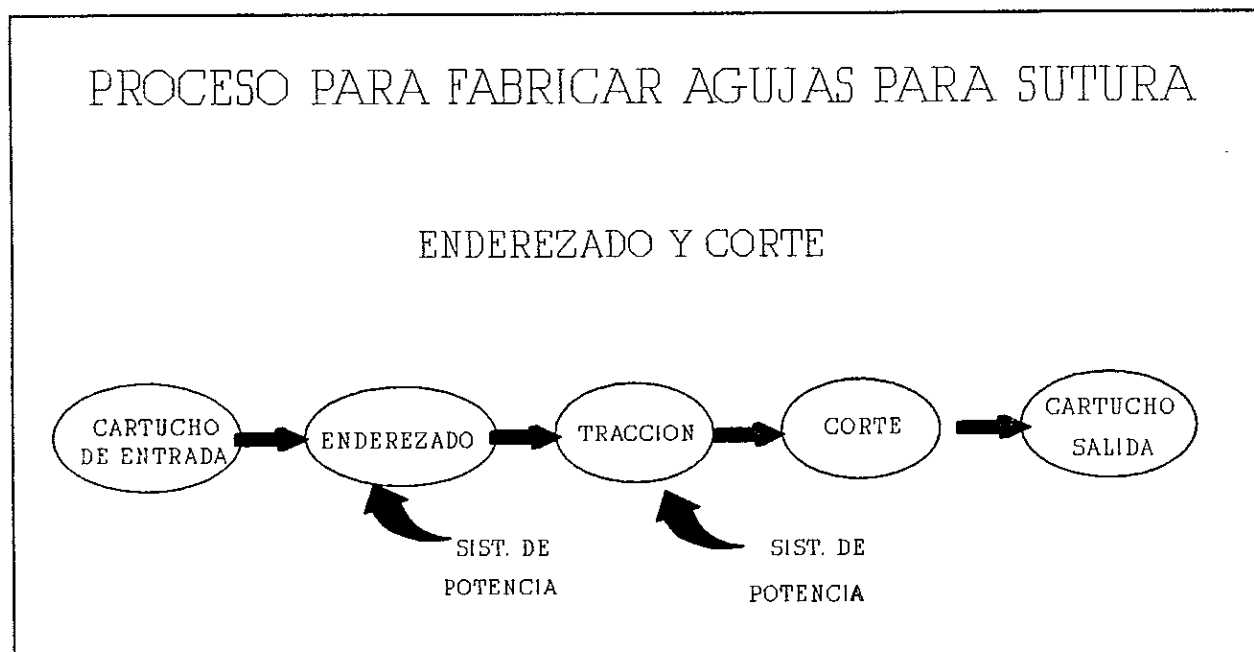


Consiste en cargadores o cartuchos que reciben el alambre a la salida de las máquinas. El material, el alambre o agujas, se puede almacenar dentro de estos cartuchos e incluso lavar dentro de ellos. Estos mismos cartuchos se conectan en la alimentación de las máquinas. Como requerimiento de cada máquina se establece que deben entregar las agujas orientadas y que los cartuchos se puedan acoplar a ellas tanto en la alimentación como en la salida. De esta forma el material se podrá transportar con facilidad y siempre permanecerá orientado.

Para definir la geometría, forma de acoplarse y capacidad, es necesario hacer pruebas, aunque se cuenta ya con varias alternativas.

### 5.2.2 SISTEMA DE ENDEREZADO Y CORTE

Este sistema realizará la operación OP1. Una representación en diagrama de bloques del sistema se presenta en la figura 3. En este caso, el cartucho de entrada es el rollo o el carrete de alambre inoxidable.



**Ilustr. 3** Sistema de enderezado y corte

Este sistema está compuesto por un equipo comercial modificado que toma el alambre, y lo endereza haciéndolo pasar por un cabezal que tiene varios dados que giran en varios planos radiales al eje del alambre. La máquina es fabricada por la empresa Huramsa, se incluyen catálogos en el Anexo C. Se estima que la máquina pueda enderezar al rededor de 1,000 m/hr.

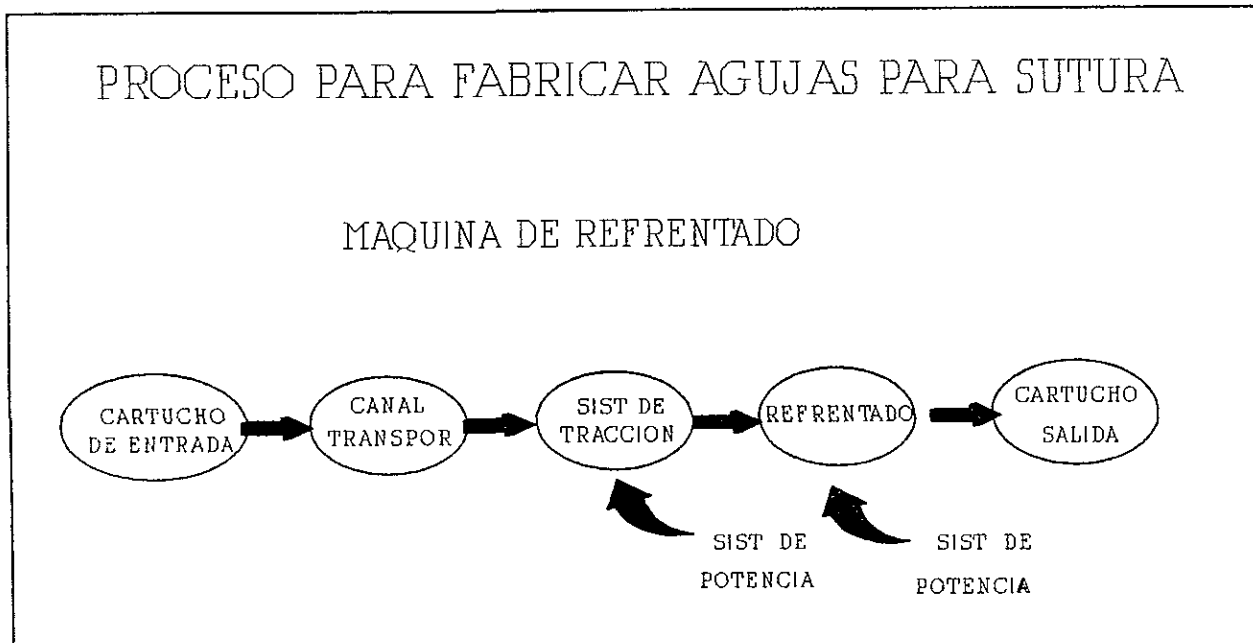
Debido a que el dispositivo de corte con el que cuenta la máquina no es adecuado para cortar tramos de 12 a 37 mm, será necesario

diseñar uno continuo y adaptárselo al equipo. Se ha hablado con el proveedor y está dispuesto a asesorar el diseño.

El material cortado se almacena en un cartucho a la salida.

### 5.2.3 MÁQUINA DE REFRENTADO

Este equipo realizará la operación OP3, y su diagrama de bloques se presenta en la figura 4. Se incluyen dibujos de configuración en el Anexo D.



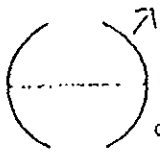
Ilustr. 4 Diagrama de bloque de máquina de refrentado.

El proceso de refrentado recibe a las agujas por medio de un cartucho. Se coloca el cartucho en la máquina, se hacen deslizar por medio de una canaleta y las agujas caen por gravedad hasta llegar a la piedra que las refrenta. La canaleta es perpendicular a la piedra de refrentar.

Como se mencionó, el refrentado se realiza por medio de una piedra abrasiva de 25 cm de diámetro y de 15 cm de espesor. Esta piedra gira a 3600 rpm y es movida por un motor de 5 HP a 3600 rpm.

Las agujas, cuando pasan por la piedra, se encuentran perpendiculares a la cara de ella. Giran sobre su eje longitudinal en sentido contrario a la rotación de la piedra. Esto se realiza por medio de un rodillo. El movimiento del rodillo se logra por medio de un motor de 1/2 HP.

Las agujas después de ser refrentadas siguen desliziéndose a través de la canaleta y son recibidas en otro cartucho, donde quedan orientadas.



**MURAMSA**

calidad eficiente

FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE MAQUINARIA - MAQUILA DE PINTURA EN POLVO - ARTICULOS ESPECIALES

**MURAMSA, S. A. DE C.V.**

México, D.F., a 29 de Julio de 1993

U.N.A.M.

FACULTA DE INGENIERIA

CENTRO DE DISEÑO Y MANUFACTURA :

ART'N M. EN I. VICENTE CORJA RAMIREZ.

Estimados Señores :

De acuerdo a las reuniones que hemos realizado, concernientes a la fabricación de una enderezadora, para procesar alambre de acero inoxidable de tipo 304 ( y similares ), en diámetros de .017", .026", .022", .032", .034", y .039".

Hemos determinado que esta máquina no llevaría ni Cortador, ni Escantillon, ni Recolector, partes que seran diseñadas con tolerancia con asistencia nuestra e inclusive nosotros coordinariamos ( si asi se requiere ) reuniones con Festo, para la utilizacion de sensores ( comerciales ) en el sistema de corte.

Por otra parte, se incorporan al diseño básico un cabezal ( esta parte es la que realiza el enderezado ), que permite el manejo de diámetros como los requeridos, se entubara el paso del alambre y se modificara el portarrollo.

Por consiguiente la cotizacion será :

	(Precio original )	Precio con modificacion
- Modelo ECAA 2000	( N\$ 31,220.00 )	N\$ 26,840.00
* - Modelo FCAA 2000 - 1	( N\$ 35,910.00 )	N\$ 31,530.00
Regulador de Velocidad		N\$ 1,650.00
( Opcional ).		

\* Este modelo tiene los componentes adicionales siguientes :

- Motor trifasico 220/440 V. de 5 H.P.
- Proteccion térmica del motor.
- Tablero de control con Neutro, Avance y RETROCESO.
- Contador de cortes.

**CONDICIONES :**

Precio : Mas 10% de I.V.A  
Forma de pago : 50% de anticipo adjunto al pedido y saldo al terminar la maquina.  
Forma de entrega : L.A.B. nuestra planta .  
Tiempo de entrega : 20 días aproximadamente.  
Garantia : Un año de garantia contra cualquier defecto de fabricacion con excepcion de partes electricas ( que tienen su propia garantia ).

-----oOo-----

NORMA Técnica número 341 para la Identidad y Especificaciones de Las Agujas para Sutura.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

NORMA TÉCNICA NUMERO 341 PARA LA IDENTIDAD Y ESPECIFICACIONES DE LAS AGUJAS PARA SUTURA.

Con fundamento en lo establecido por los Artículos 14, 194 fracción II, 195 y 196 de la Ley General de Salud, 27 y 1147 fracción VII del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, y 10 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud, se emite la siguiente norma técnica.

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

- Artículo 1o. Esta norma técnica es de orden público e interés social y tiene por objeto el control sanitario del proceso e importación de las Agujas para Sutura, así como determinar las especificaciones mínimas de funcionamiento y seguridad que debe tener este producto.
- Artículo 2o. Esta norma técnica es de observancia obligatoria en todas las industrias, laboratorios y establecimientos dedicados al proceso e importación de este producto en el territorio nacional.
- Artículo 3o. Para los efectos de esta norma técnica se entiende por Agujas para Sutura, los dispositivos médicos metálicos que se utilizan para suturar.
- Artículo 4o. Cuando en la presente norma técnica se haga referencia a las siguientes siglas, se entenderá hecha a:

A	Austenítico	
AISI	American Iron and Steel Institute	AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE
DIN	Deutsches Institut Fur Normung	
ISO	International Organization for Standardization	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN
M	Martensítico	
NOM	Norma Oficial Mexicana	ESTADO UNIDOS MEXICANOS

CAPITULO II

DISPOSICIONES ESPECIFICAS

- Artículo 5o. Este producto deberá cumplir con las siguientes especificaciones:
  - 1. La resistencia a la flexión debe ser hasta ángulos entre 45 y 85 grados

## Apéndice B

### Norma Mexicana para las Agujas para Sutura

Mañes 15 de Octubre de 1991

DIARIO OFICIAL

31

II. Los materiales con los que están elaboradas las agujas para sutura pueden ser los siguientes:

	DIN	ISO	AISI
a) Acero inoxidable Martensítico tipo: M-10	x30Cr13	5	420B
b) Acero inoxidable austenítico tipo: A-1	x5CrNi189 1810	11	304
c) Acero al alto carbono tipo:	C105W1	-	-

La composición química en porcentaje de estos materiales debe ser la expuesta en la Tabla siguiente:

Tipo de acero	Carbono C	Cromo Cr	Níquel Ni	Fósforo P Máximo	Azufre S Máximo	Silicio Si	Manganeso Mn	Hierro Fe
M-10 x30Cr13 DIN	0.24-0.37	11.95-14.15	1.03 máx.	0.050	0.035	1.05 máx.	1.03	Balance
A-1 x5CrNi189 DIN (1810)	0.08 máx.	16.8-19.2	7.85-11.15	0.050	0.035	1.05 máx.	2.04 máx.	Balance
Al alto Carbono C105W1 DIN	1.0-1.10	-----	-----	0.020	0.020	0.10 0.25	0.10 0.25	Balance

III. La dureza de las agujas de sutura debe ser:

- De 84-87 Rockwell "15N" ( $50 \pm 3$  Rc) para materiales tipo DIN x30Cr14 y C105W1.
- De 80  $\pm 4$  Rockwell-B (Rb) (152-176 Knoop) para el material tipo DIN x5CrNi189 (1810)

IV. El magnetismo debe ser positivo.

V. Los acabados de las agujas para sutura deben ser los siguientes:

- Los bordes y superficies de las agujas deben ser uniformes, lisos y limpios.
- El acabado final debe ser en espejo con la superficie pulida de alta reflexión y resistente a la corrosión.

Las agujas fabricadas con el material tipo DIN C105W1 deben contar con un recubrimiento de níquel de 5 a 10 micras de espesor que permanece adherido al romperse la aguja

## Apéndice B

### Norma Mexicana para las Agujas para Sutura

32

DIARIO OFICIAL

Martes 15 de Octubre de 1991

Artículo 6o	Para aceptar el producto se debe seguir, la NOM-Z-12/1 1987, usar el Nivel de Inspección II, Muestreo Sencillo.																
Artículo 7o	Los métodos para probar, supervisar y evaluar las especificaciones anteriores son los siguientes:																
	<table><thead><tr><th>Concepto</th><th>Método</th></tr></thead><tbody><tr><td>I. Resistencia a la flexión -15° - 25°</td><td>NOM-B-113-1981 Método de prueba para Doblado de Acero.</td></tr><tr><td>II. Análisis Químico del material</td><td>NOM-B-078-1978 Método de Análisis Fotométricos para Determinar la Composición Química de Aceros.  NOM-B-001-1970 Métodos de Análisis Químicos para Determinar la Composición de Aceros</td></tr><tr><td>III. Dureza Rockwell</td><td>NOM-B-119-78 Determinación de la Dureza Rockwell y Rockwell Superficial de Materiales Metálicos</td></tr><tr><td>IV. Magnetismo</td><td>NOM-B-130-1974 Método de Inspección con Partículas Magnéticas Via Humeda</td></tr><tr><td>V. Inspección del acabado</td><td>NOM-Z-12-1980 con un Nivel General de Inspección II Subnivel Normal.</td></tr><tr><td>VI. Resistencia a la corrosión</td><td>NOM-BE-046-1976 Determinación de la Resistencia a la Corrosión de las Agujas</td></tr><tr><td>VII. Adherencia del Níquel</td><td>Romper la aguja y observar si se desprenden partículas de níquel. No debe haber desprendimiento de partículas de níquel al romper las agujas</td></tr></tbody></table>	Concepto	Método	I. Resistencia a la flexión -15° - 25°	NOM-B-113-1981 Método de prueba para Doblado de Acero.	II. Análisis Químico del material	NOM-B-078-1978 Método de Análisis Fotométricos para Determinar la Composición Química de Aceros.  NOM-B-001-1970 Métodos de Análisis Químicos para Determinar la Composición de Aceros	III. Dureza Rockwell	NOM-B-119-78 Determinación de la Dureza Rockwell y Rockwell Superficial de Materiales Metálicos	IV. Magnetismo	NOM-B-130-1974 Método de Inspección con Partículas Magnéticas Via Humeda	V. Inspección del acabado	NOM-Z-12-1980 con un Nivel General de Inspección II Subnivel Normal.	VI. Resistencia a la corrosión	NOM-BE-046-1976 Determinación de la Resistencia a la Corrosión de las Agujas	VII. Adherencia del Níquel	Romper la aguja y observar si se desprenden partículas de níquel. No debe haber desprendimiento de partículas de níquel al romper las agujas
Concepto	Método																
I. Resistencia a la flexión -15° - 25°	NOM-B-113-1981 Método de prueba para Doblado de Acero.																
II. Análisis Químico del material	NOM-B-078-1978 Método de Análisis Fotométricos para Determinar la Composición Química de Aceros.  NOM-B-001-1970 Métodos de Análisis Químicos para Determinar la Composición de Aceros																
III. Dureza Rockwell	NOM-B-119-78 Determinación de la Dureza Rockwell y Rockwell Superficial de Materiales Metálicos																
IV. Magnetismo	NOM-B-130-1974 Método de Inspección con Partículas Magnéticas Via Humeda																
V. Inspección del acabado	NOM-Z-12-1980 con un Nivel General de Inspección II Subnivel Normal.																
VI. Resistencia a la corrosión	NOM-BE-046-1976 Determinación de la Resistencia a la Corrosión de las Agujas																
VII. Adherencia del Níquel	Romper la aguja y observar si se desprenden partículas de níquel. No debe haber desprendimiento de partículas de níquel al romper las agujas																

#### CAPITULO III

##### ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Artículo 8o	Las agujas de sutura deben estar empacadas en forma tal que conserven las condiciones para su uso y de acuerdo con la NOM-EE-50-1979.
Artículo 9o	La etiqueta o marbete debe cumplir con lo establecido en el Artículo 210 de la Ley General de Salud.
Artículo 10o	Las unidades de medida que se empleen deben ser las señaladas en la NOM-Z-1-1979, Sistema de Unidades de Medida, Sistema (SI) de Unidades, Diario Oficial de la Federación, 13 de Agosto de 1979.

##### TRANSITORIOS

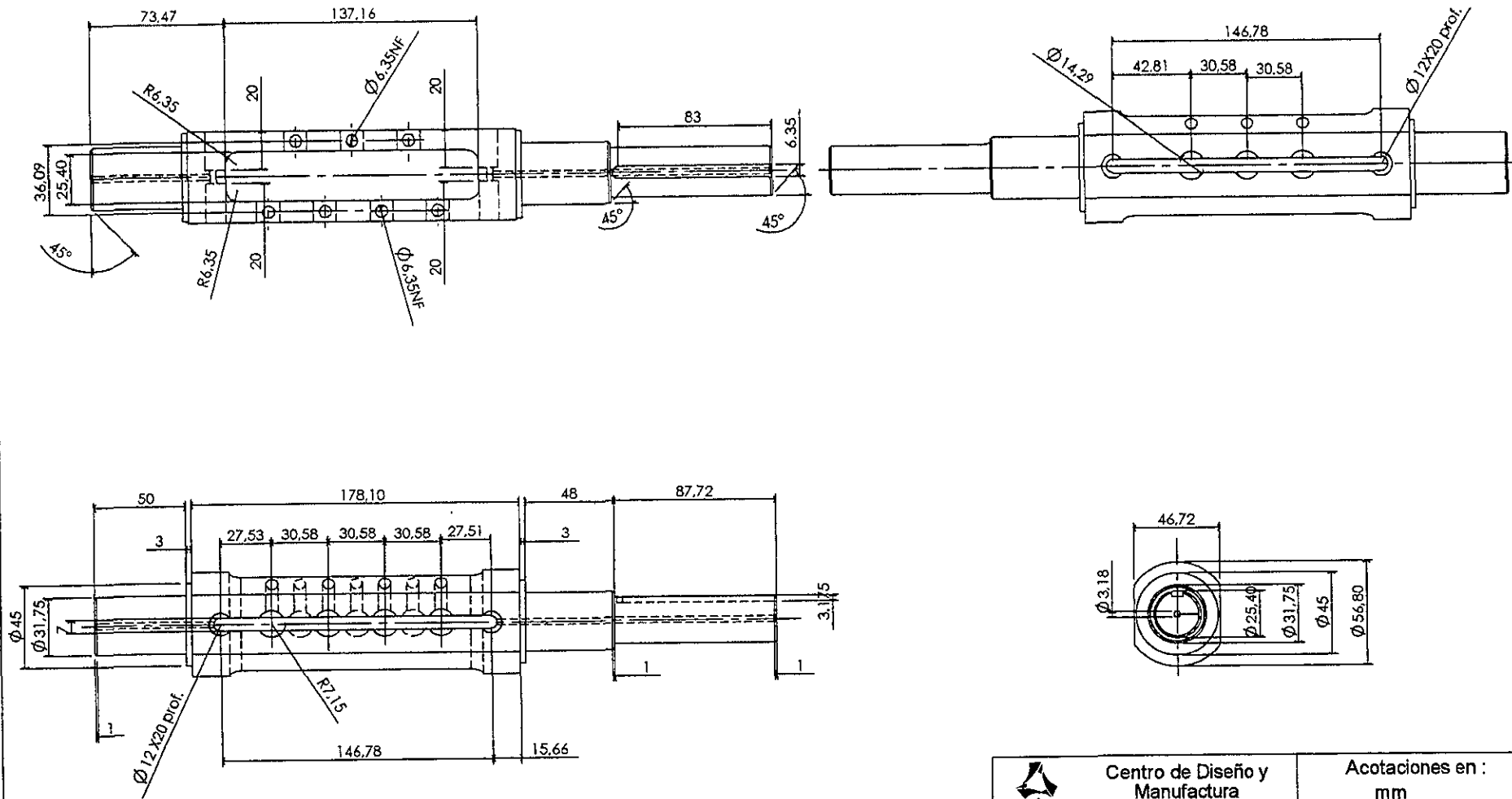
Primero	Esta Norma Técnica entrará en vigor a los 15 días siguientes a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.
Segundo	Esta Norma Técnica deja sin efecto la Norma Técnica No. 18 sobre la Identidad y Especificidad de la Agujas de Sutura, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de Julio de 1986.


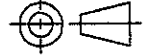

México, Distrito Federal, a los ocho días del mes de octubre de mil novecientos noventa y uno.- El Director General de Control de Insumos para la Salud, Julián Villarreal Castelazo.- Rúbrica.

## Apéndice C PLANOS

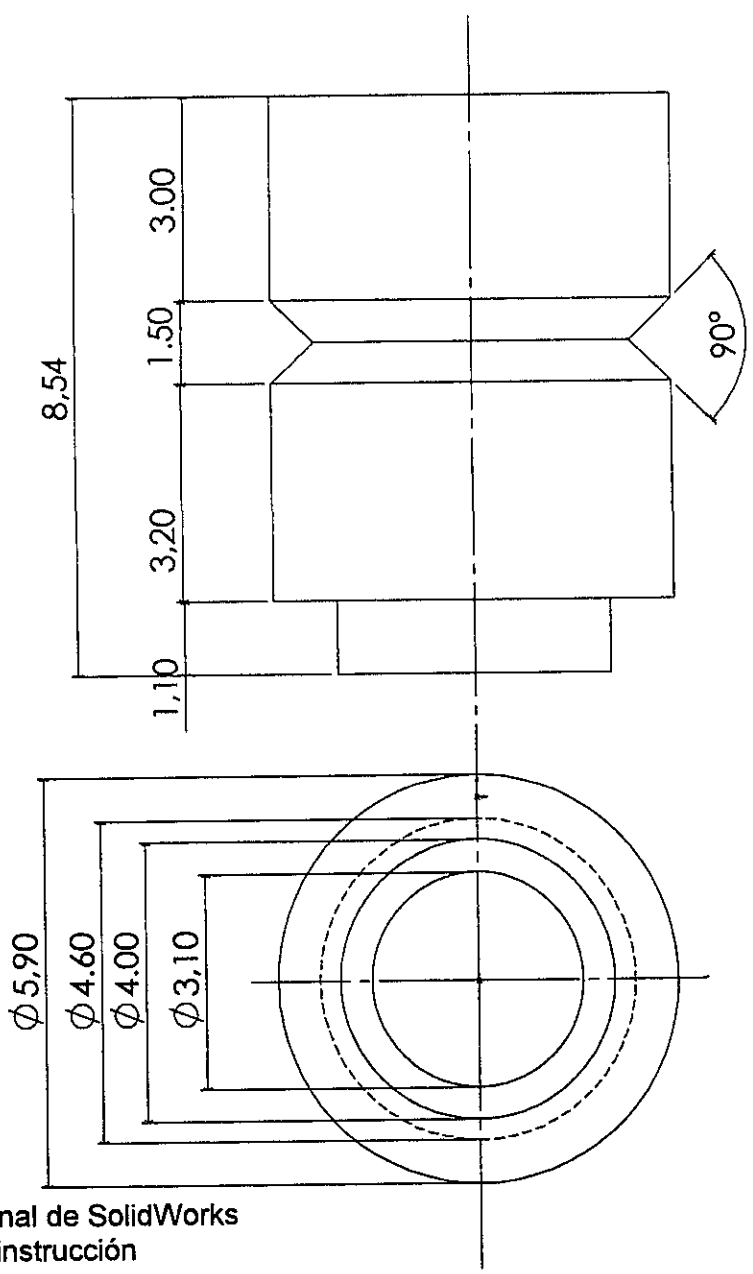
Número de pieza	Nombre de la pieza
SE01	Cuerpo del cabezal
SE02	Rodillo
SE03	Eje rodillo
SE04	Tapa derecha
SE05	Tapa izquierda
SE06	Barra izquierda
SE07	Barra derecha
SE08	Dado
SIN NÚMERO	Vista del conjunto




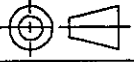



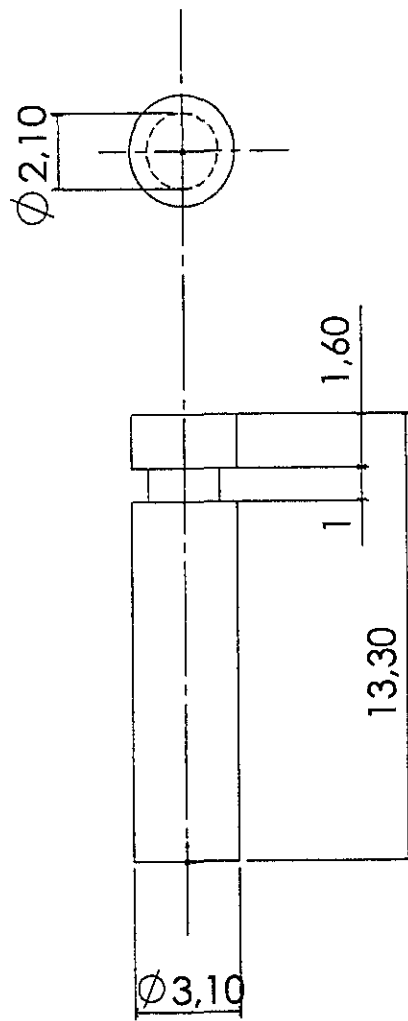
		Centro de Diseño y Manufactura	Acotaciones en : mm
Tolerancias no especificadas :		Escala : 1 : 3	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Cuerpo del cabezal	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE01	A4 

Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción


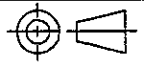



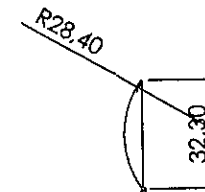
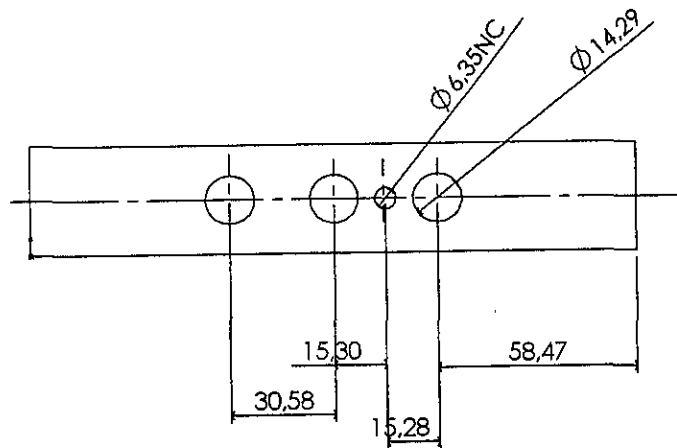
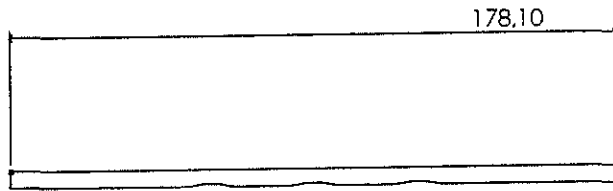
Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción


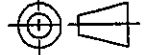

 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 10 : 1	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Rodillo	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE02	
			A4



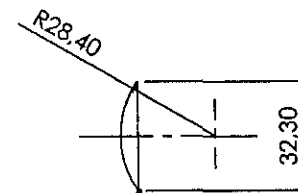
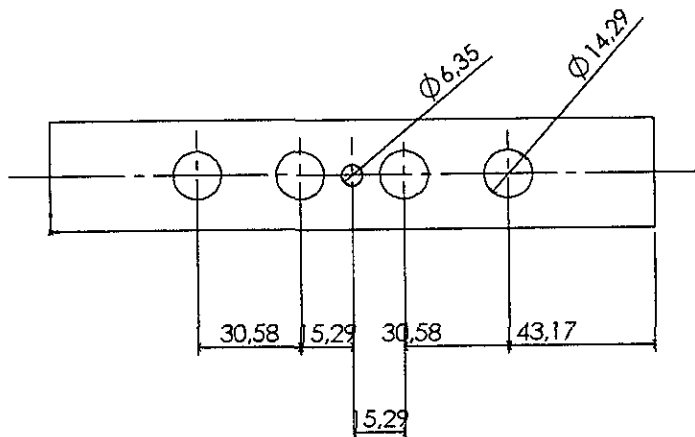
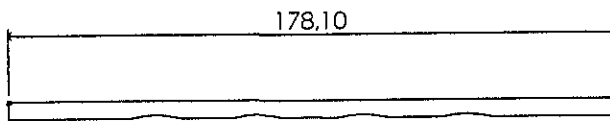
Licencia educacional de SolidWorks  
 Sólo para uso de instrucción


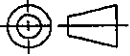

 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 5 : 1	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Eje rodillo	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE03	A4 



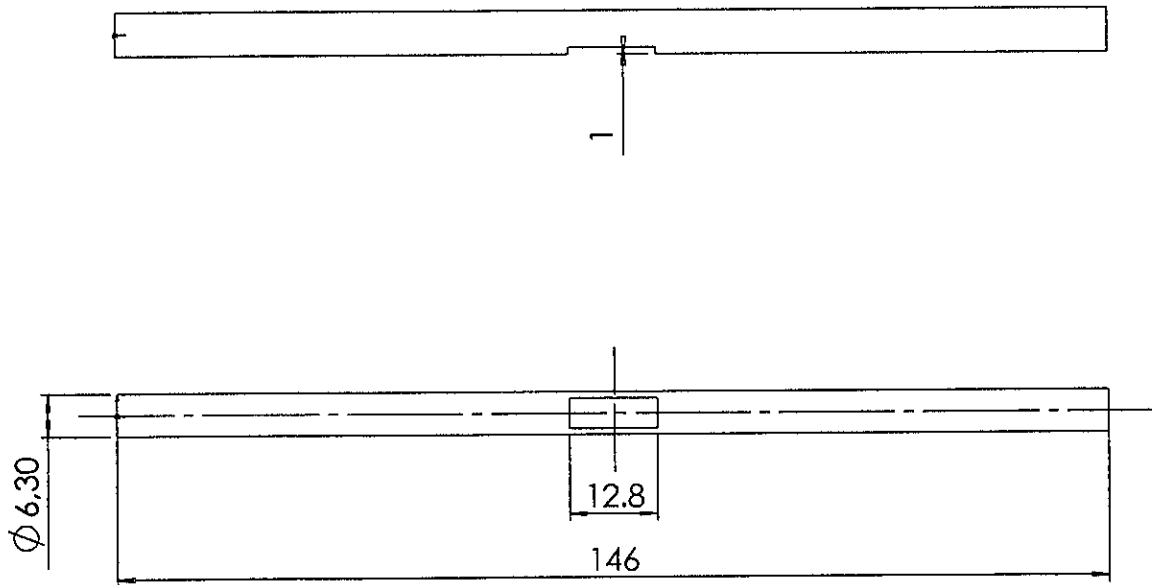
 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 1 : 2	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Tapa derecha	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE04	A4 


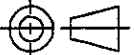

Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción



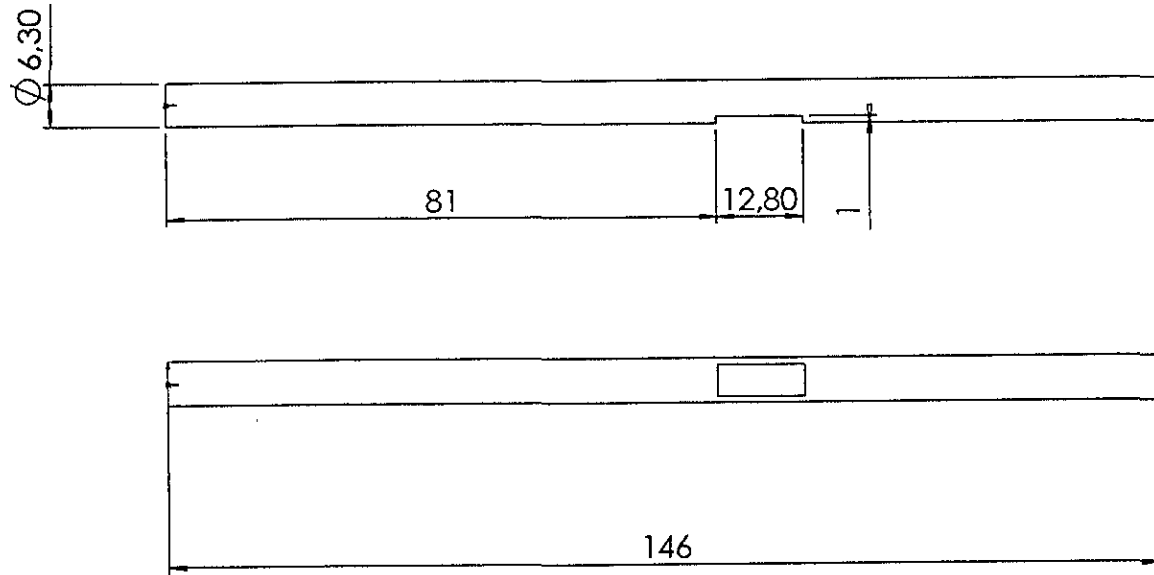
 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 1 : 2	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Tapa izquierda	
Material: Acero: 4140		Número de pieza : SE05	A4 


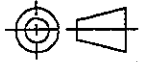

Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción



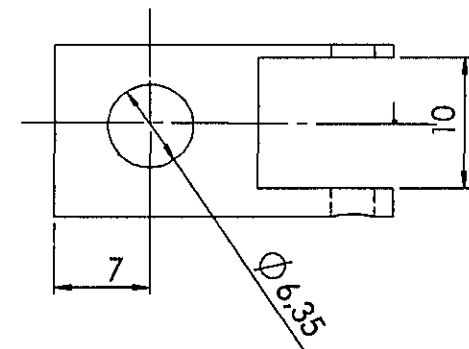
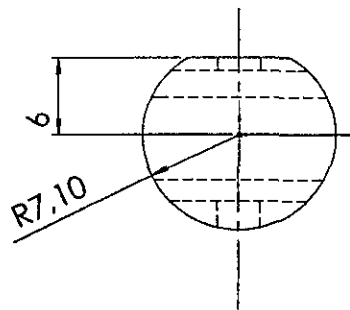
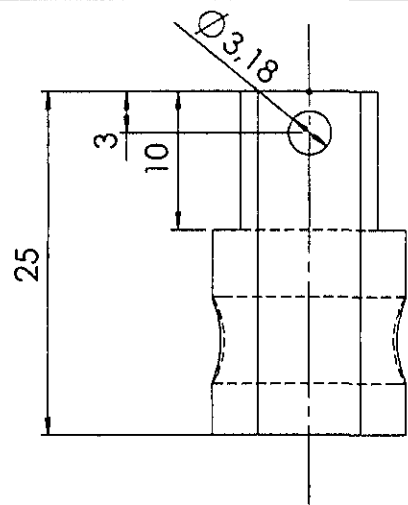
 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 1:1	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó: AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Barra izq	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE06	A4

Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción


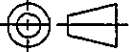



		Centro de Diseño y Manufactura	Acotaciones en : mm
Tolerancias no especificadas :		Escala : 1:1	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó : AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Barra der.	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE07	

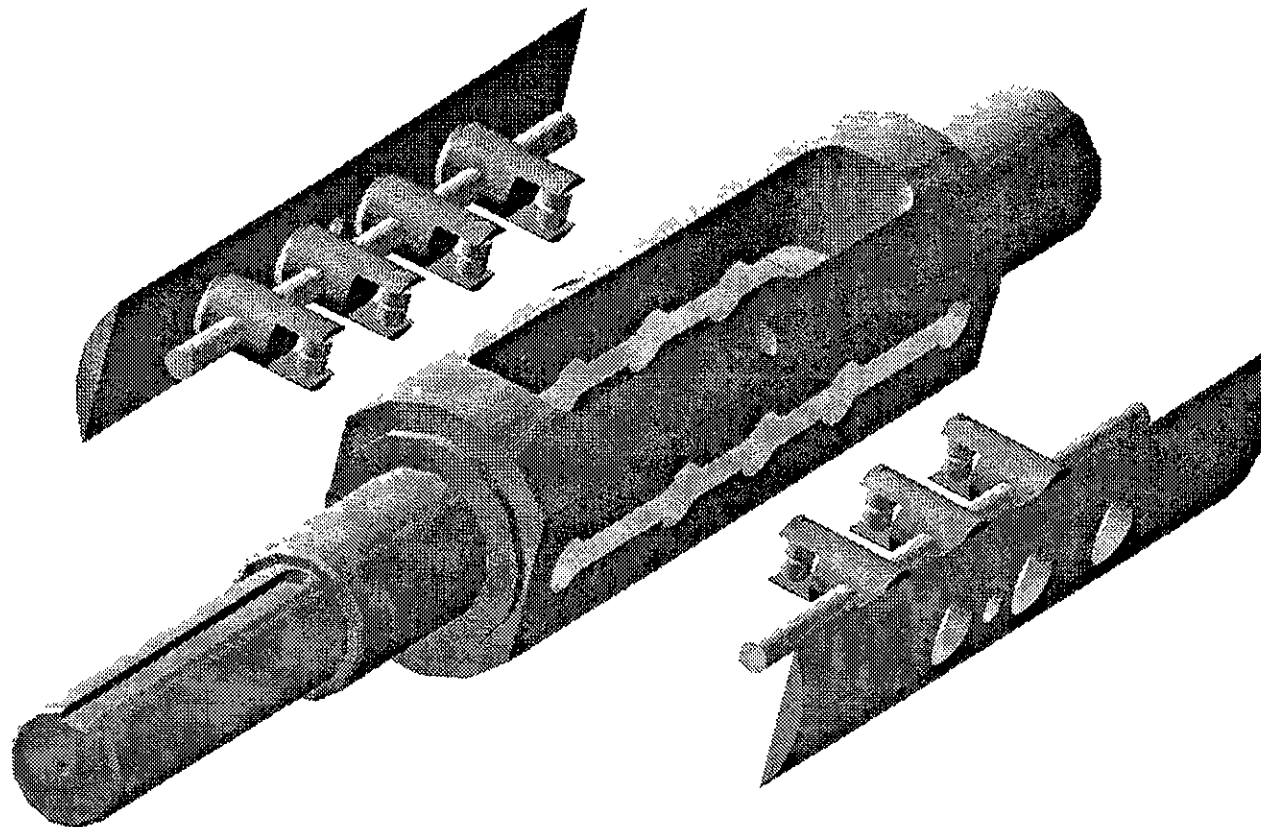
Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción



Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción

 Centro de Diseño y Manufactura		Acotaciones en : mm	
Tolerancias no especificadas :		Escala : 2 : 1	
Dibujó: AEB	Fecha : Ago 2000	Proyecto : Tesis maestría Clave de proyecto : AGSU9608	
Revisó: AEB	Fecha : Ago 2000	Nombre de la pieza : Dado	
Material: Acero 4140		Número de pieza : SE08	A4 





Licencia educacional de SolidWorks  
Sólo para uso de instrucción