



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico



## SISTEMA INNOVADOR DE ENVOLVENTE PARA MICROMÁQUINA

Tesis que para obtener el título de diseñador industrial presenta

Alumno: Daniela Rovira Sánchez

Con la dirección de: por el CIDI, Dr. Julio César Margain Compeán  
por el CCADET, Dr. Leopoldo Ruiz Huerta

Y la asesoría de: Ing. Ulrich Scharer Sauberli  
D.I. Miguel de Paz Ramírez  
D.I. Marta Ruiz García

Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis 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.

Esta tesis se realizó en el grupo de Micromecánica y Mecatrónica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México con la dirección del Dr. Leopoldo Ruiz Huerta.

El trabajo fue apoyado por el proyecto PAPIIME PE 105909 y el proyecto CONACYT 50231.

# Gracias.

Al CCADET por su apoyo para la realización de este trabajo.

Al Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica por permitirme participar en sus proyectos.

Especialmente, al Dr. Leopoldo Ruiz.

Al Ing. Germán Herrera por su activa participación en esta tesis.

A todos los miembros del LMM por su apoyo para completar mi trabajo. A todos, por su amistad.

Al Dr. Julio César Margain por sus consejos y por creer en el proyecto.

A la D.I. Marta Ruiz, al D.I. Miguel de Paz y al Ing. Ulrich Scharer por su apoyo en el ejercicio del Diseño Industrial.

A mis padres y hermanas, por su amor siempre.





## capítulo 1

Antecedentes  
pag 11

Máquinas herramienta  
Control Numérico  
Materiales  
Micromecánica



## capítulo 2

Aspectos  
Generales  
pag 30

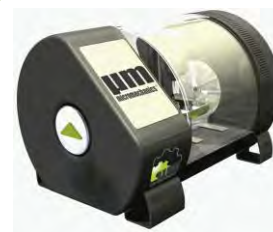
Objetivos  
Características  
Usuarios  
Análisis de factores  
Planteamiento



## capítulo 3

Desarrollo  
pag 39

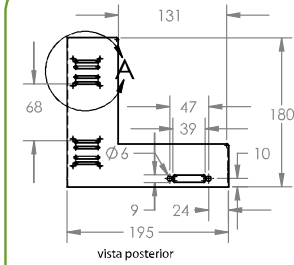
Documentación  
Descripción  
Análisis  
Propuestas de  
diseño  
Factores de diseño  
Trabajo a Futuro



## capítulo 4

Prospectiva  
pag 64

Objetivos  
Antecedentes  
Situación Actual  
Situación Futura  
Concepto / Diseño  
Memoria Descriptiva



## anexos

Conclusiones  
Planos  
Bibliografía

# micromechanics







INTRODUCCIÓN  
introducción  
INTRODUCCIÓN  
introducción  
INTRODUCCIÓN  
introducción

A lo largo de la historia, el hombre ha tenido necesidad de crear herramientas que le permitan realizar algunas actividades que por sí mismo no podría. La satisfacción de necesidades y ciertas comodidades lo han llevado a crear desde las máquinas simples hasta los complejos sistemas que se emplean hoy en día en la industria, controlados por computadoras, máquinas CNC, robots, etc.

Las máquinas han sido un elemento esencial para la historia de la industria en general. Y al paso de los años han sufrido múltiples transformaciones. Las máquinas y aparatos con los que convivimos ahora, son cada vez "más inteligentes". En esta era de la informática en la que nos encontramos los cambios son constantes y muy acelerados.

La competencia de mercados actualmente crea nuevas necesidades que han de satisfacerse con máquinas novedosas y nuevas soluciones. Actualmente los productos de consumo tienden a compactarse, por lo que es necesario crear máquinas que fabriquen las piezas.

Alrededor del mundo surge una propuesta para la fabricación de piezas milimétricas y menores, que pretende reducir costos y aprovechar sus características inherentes para obtener ventajas competitivas sobre las máquinas y procesos que existen actualmente. Esta propuesta es la micromecánica que surge a partir de los años 80's.

Se trata de retomar las funciones de las máquinas convencionales en máquinas herramientas de reducidos tamaños, proporcionales a las piezas que fabriquen.

En México, el Dr. Ernst Kussul fue quien introdujo la micromecánica al llegar a trabajar como investigador en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) en la UNAM. A partir de ahí se creó el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica en el que su línea principal de investigación es la micromecánica. Su propuesta es crear diversas micromáquinas para formar microfábricas. Actualmente ya se han construido algunos prototipos.

El presente documento describe el proyecto que se realizó en conjunto con el CCADET y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI). Para diseñar un prototipo de microcentro de maquinado de control numérico, se involucra el diseño industrial en la ingeniería.

**Un modelo de envolvente para un prototipo funcional de un microcentro de maquinado de control numérico, así como un ejercicio prospectivo del mismo; son el principio de un proyecto de ingeniería que da paso a nuevas áreas de oportunidad en el ámbito tecnológico para el diseño industrial en México.**

### **Experiencia personal**

Para cubrir mi servicio social buscaba ser parte de un proyecto de investigación, en específico me interesaban los aparatos médicos. En el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica (LMM) del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico en la UNAM, desarrollaban para el Instituto de Cardiología, un probador de válvulas cardiacas.

Investigadores en Polonia, habían desarrollado un tanque, el cual fue donado al Instituto de Cardiología. Como este resultaba insuficiente se propuso rediseñarlo y fabricarlo en México. Mi participación en este proyecto consistió en asistir al Instituto de Cardiología para realizar los bocetos del original y tomar medidas. Ya en el LMM, hice un modelo virtual del tanque con el programa Solid Works. Esto sirvió como base para el rediseño que posteriormente realizaría el Ing. Guillermo Saavedra.

Simultáneamente me propusieron un tema de tesis que surgió de la principal línea de investigación del Laboratorio, la micromecánica. Y aunque ya no pertenecía al área médica me pareció interesante. El laboratorio trabaja en el diseño de micromáquinas herramienta de control numérico, esto es, máquinas herramienta de dimensiones reducidas para la fabricación de piezas milimétricas y submilimétricas.

Por parte del CCADET Mi primera tarea con respecto a las micromáquinas fue diseñar una carcasa para el primer prototipo de la primera generación, un microcentro de maquinado de control numérico. Éste estaba terminado, probado y ha sido tema, desde distintos enfoques para algunas otras tesis.

El objetivo era mejorarlo estéticamente y cubrir los componentes mecánicos y electrónicos del microcentro y así comenzar a darle características de un producto comercial.

Aunque se trataba de un proyecto innovador y de alta tecnología, se tenían algunas limitantes en cuanto a la fabricación de la carcasa. Debía construirse en el taller del laboratorio, con los materiales disponibles ahí y de bajo costo; esto significaba por debajo del costo del prototipo del microcentro (\$100 usd).

Se decidió construir la carcasa del mismo material que la estructura de la micromáquina, aluminio, puesto que es ligero, fácil para trabajar y reciclable. Aunque anteriormente se hicieron modelos de trabajo con poliestireno.

El primer paso antes de diseñar la cubierta fue conocer la máquina, sus funciones, sus componentes, la teoría que la respalda, etc. Esto, gracias a las conversaciones con alumnos e investigadores del Laboratorio, principalmente a mi tutor, el Dr. Leopoldo Ruiz Huerta, quien me proporcionó muchas de las herramientas necesarias para recopilar información para mi documento. Así también tuve a mi alcance algunas publicaciones de los investigadores del Laboratorio y tesis de los alumnos.

Fue importante además, la convivencia con otros compañeros tesisistas, quienes me apoyaron con sus conocimientos y compartieron conmigo los experimentos aplicados en sus tesis.

La siguiente tarea fue desarmar la máquina para conocer todos sus componentes internos y entender mejor las funciones que realiza. Una vez desarmada, tomé medidas de cada una de las piezas e hice un modelo virtual de ellas, así como un ensamble de la máquina completa.

Con este modelo se propusieron cambios que pretendían mejorar el aspecto del microcentro de maquinado, así como facilitar la manufactura. Posteriormente sirvió para realizar el maquinado en CNC, así como el rediseño de motores y algunos otros componentes.

Lo siguiente fue diseñar la carcasa para el modelo rediseñado de la máquina. Se probaron diversas formas de manufactura y ensamble. Los componentes móviles dificultaban el diseño pues la carcasa debía permitir el movimiento, además que el usuario tuviera acceso al área de trabajo.

El problema más grande al que me enfrenté fue adaptar el diseño a un objeto diseñado y construido con anterioridad. Incorporar el diseño industrial en una etapa avanzada fue complicado porque se limitaban las posibilidades cambiar la estructura formal, además la micromáquina ya contaba con una envolvente parcial que resultó redundante cubrir con otra envolvente.

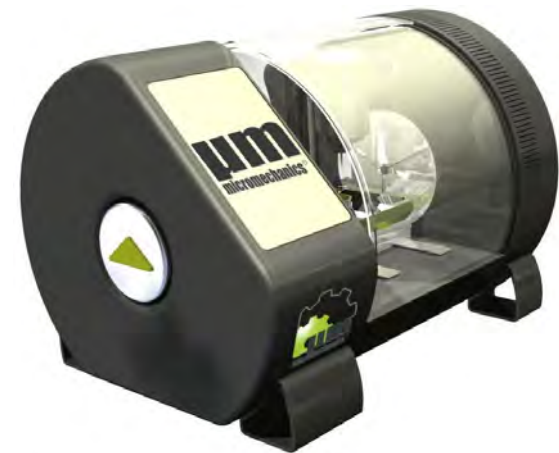
Los procesos de fabricación propuestos finalmente así como el material empleado, me llevaron a desarrollar un diseño de geometría simple enfocado principalmente en lo funcional. Resultaba innecesario proponer formas en la envolvente que no siguieran las formas propias del objeto. Se diseñó una envolvente sobria, fabricada con máquinas herramienta manuales.

**Los objetivos iniciales de la tesis se habían cumplido. Las necesidades más urgentes se solucionaron. Posteriormente se presentó la oportunidad de hacer un ejercicio prospectivo del microcentro con el Dr. Julio César Margain, profesor del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI). Es así como esta tesis se compone de dos proyectos con el mismo tema. El primero que cubre necesidades reales e inmediatas y el segundo que permite realizar un ejercicio de diseño y exploración del futuro.**

El Dr. Julio César Margain, como él mismo diría, "aportó valor". A través de sus charlas y material de apoyo me ayudó a descubrir las ventajas del proyecto, y con sus ideas, me mostró que existen cuantiosas posibilidades de innovar.

Para lograr un concepto fue fundamental la teoría elaborada por los investigadores del LMM, en la que se establece que las micromáquinas se producen por generaciones, lo que implica que cada generación debe ser de menores dimensiones a la anterior y estar fabricada por la misma.

Al leer la teoría del LMM podemos darnos cuenta de que desde un inicio contaban con ideas prospectivas acerca de las micromáquinas. No sólo se refieren a las generaciones subsecuentes. También se habla de diseñar micromáquinas de todo tipo así como robots manipuladores que en su conjunto formen microfábricas. Y finalmente se lleguen a fabricar piezas submilimétricas que a su vez permitan obtener objetos innovadores que requieren micropiezas para funcionar; como ejemplo se describe un filtro mecánico en el que las pequeñísimas piezas impiden el paso de pequeñas partículas y microorganismos.



# antecedentes

# 1

## capítulo

“Las máquinas-herramienta determinan cuánto produce una nación y qué tan bien vive su gente”

Chek Krark, de Tecnología de las Máquinas-Herramienta

antecedentes  
máquinas herramienta  
control numérico  
materiales  
micromecánica



# Máquinas Herramienta

## Definición y desarrollo histórico de las máquinas herramienta

Muchos de los objetos, herramientas o instrumentos no son más que prótesis para multiplicar nuestras capacidades y compensar nuestras carencias, cualesquiera que sean éstas. [17] Precisamente el surgimiento de estos artefactos fabricados deliberadamente por el hombre como extensiones de sí mismo, facilitaron la satisfacción de algunas de las necesidades humanas primordiales para subsistir en el entorno. [24]

El progreso para la humanidad se vuelve ilimitado al surgir una herramienta –utensilio para hacer utensilios-, que abre la posibilidad de producir una mayor variedad de objetos utilitarios de los que se podrían escoger o tomar simplemente de la naturaleza." [24]

La mayoría de las máquinas actuales se originaron en la era del hombre primitivo. Sin embargo, no se reconocen como máquinas los utensilios o instrumentos creados en aquella época puesto que no empleaban motores para moverse, sino la fuerza

muscular del hombre. Es por ellos que se consideran sólo como una ampliación de su fuerza muscular.

Las cinco máquinas simples; plano inclinado, cuña, tornillo, palanca y rueda; son la base de las máquinas actuales y fueron los primeros instrumentos empleados por el hombre primitivo. Aunque la rueda tiene una historia especial, se considera que la palanca fue el primer instrumento utilizado.

Se cree que en la edad de Piedra se utilizaba una "máquina herramienta", un taladro de arco para hacer orificios en los instrumentos de piedra.

Desde el siglo XVIII que comenzó el desarrollo de las máquinas como tal, ha sido controversial las definiciones que se le han dado a las máquinas para diferenciarlas de las herramientas.

La Real Academia Española define a la máquina-herramienta como: aquella que por procedimientos mecánicos hace funcionar una herramienta, sustituyendo el trabajo del operario. Otra definición la describe como: máquina destinada a trabajar materiales mediante herramientas movidas mecánicamente. [15]

El desarrollo y difusión de la máquina herramienta, fue esencialmente un logro del siglo XIX, aunque sus comienzos se remontan a muchos años atrás, es así que el hombre ha estado siempre unido a los objetos [26] y su progreso a través de los tiempos ha estado regido por el tipo de herramientas disponible. Aún desde que el hombre primitivo utilizaba instrumentos hechos de piedra para golpear, rasgar y cortar, las herramientas han gobernado nuestra forma de vivir. [12]

Después de la decadencia del Imperio Romano y su caída en el siglo V d.C., el mundo árabe se puso en movimiento en el año 622. Los musulmanes volvieron a los clásicos de la antigua cultura helénica, y basaron sus trabajos en la experiencia de los ingenieros de la Escuela de Alejandría y otros científicos clásicos.

Los árabes resucitaron instrumentos, herramientas y métodos de trabajo de la antigüedad en sus construcciones de piedra, levantando nuevas obras maestras.

Durante el último siglo de la Edad Media, la situación cambió radicalmente. La utilización de la fuerza hidráulica se extendió y

aparecieron nuevos métodos, instrumentos y herramientas de ingeniería pesada. En el Renacimiento se puede hablar de una revolución técnica que afectó a casi todos los modos de vida. En muchas partes de Europa representó un ascenso económico que estimuló las ideas artísticas, literarias y científicas.

Los cambios introducidos a lo largo de los siglos se debían a la aparición de nuevos materiales y a los que los nuevos oficios necesitaban instrumentos distintos de los ya existentes.

En la forma más primitiva, los tornos ya se usaban en el siglo XVIII, antes de la Revolución Industrial. Los más sencillos tornos para madera fueron heredados de la antigüedad más remota.

Ya la sociedad esclavista conoció tornos más perfeccionados. En los escritos de los mecánicos europeos de los siglos XVI y XVII hay descripciones de los tornos para metales que se usaban entonces.

Más tarde Leonardo da Vinci crea un modelo de torno en que el movimiento rotativo era continuo.

Se consiguen tipos de tornos bastante desarrollados, aunque la herramienta de corte seguía siendo una herramienta manual. El torno se hacía de madera. Sin embargo para producir piezas más exactas era preciso sustituir la herramienta manual por un mecanismo. A fines del siglo XVIII y a principios del XIX se creó un torno en que la herramienta se incorpora a la máquina.

Las máquinas textiles iniciaron la revolución industrial que se profundizó con la máquina de vapor, pero el auge llegó con el invento de las máquinas herramienta automáticas para trabajar metales. Las cuales crearon la base para la mecanización de la industria y la fabricación de máquinas.

A partir de 1870 apareció un nuevo tipo de máquina totalmente automatizada, que fabricaba piezas más pequeñas siguiendo un programa ajustable.

Para la gran industria del siglo XIX fue necesario apropiarse de las máquinas llegando a producir máquinas fabricadas por medio de máquinas. Esto se logra a partir de la creación de máquinas para metales capaces de ejecutar las formas geométricas necesarias para las distintas piezas de las máquinas.

A principios del siglo XX los talleres mecánicos disponían de un buen suministro de máquinas herramienta y máquinas de producción. Posteriormente surge el robot industrial, un producto derivado de la automatización de los años 50's.

El constante perfeccionamiento de los antiguos instrumentos manuales contribuyó al desarrollo del industrialismo del siglo XIX. Industrialización significa que los métodos de fabricación manual se han mecanizado, corren a cargo de máquinas. La máquina herramienta es un producto de este proceso. Hoy se conocen

como máquina herramienta principalmente a máquinas para trabajar el metal por arranque de viruta.

La producción en masa de máquinas herramienta alcanzó una gran difusión a partir de 1870. El aumento de la demanda de precisión en la producción de piezas intercambiables exigía máquinas cada vez más especializadas.

Las máquinas automatizadas emplean las herramientas básicas que utilizaban los artesanos en la antigüedad para la manufactura. Dejaron de ser herramientas del hombre para convertirse en herramientas de la máquina, es decir mecanizadas. [29]

Con la revolución industrial de mediados del siglo XVIII, se desarrollaron y se mejoraron continuamente las primeras máquinas-herramienta. Las cuales tuvieron un avance muy notorio después de la Primera y Segunda Guerra Mundial. Posterior a esto, procesos como el control numérico por medio de tarjetas perforadas (CN) y consecuentemente por computadora (CNC), el diseño asistido por computadora (CAD), la manufactura asistida por computadora (CAM), y los sistemas de manufactura flexible (FMS) han modificado de manera significativa los métodos de fabricación. [12]

En la tabla 1, se presenta de forma general el desarrollo histórico de las máquinas-herramienta, a través de la evolución del hombre.

Época	Avances
5 000 a.C. Edad de Piedra	Herramientas manuales de piedra, hueso y madera
3500 a.C. Edad de Bronce	Implementos de cobre y bronce
1 000 a.C. Edad de Hierro	Utensilios de hierro con mayor durabilidad en comparación con los de cobre y bronce
s. XIX Revolución Industrial	Aparecen las Máquinas-herramienta, algunas automatizadas
1914 –1 945 d.C. 1ª y 2ª Guerra Mundial	Grandes avances en las máquinas-herramienta, máquinas automatizadas
1946- d.C. Actualidad	Máquinas-herramienta CN y CNC

**Tabla 1.** Desarrollo de las maquinas-herramienta

### **Máquinas-Herramienta y Procesos de Manufactura** [14]

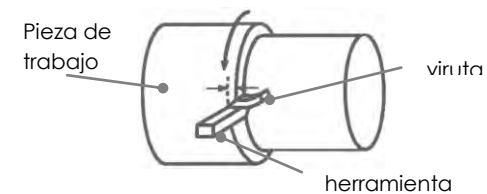
Los procedimientos para fabricar piezas industriales, metálicas o no, son aquellos con los que la pieza se obtiene por medio de máquinas herramienta que trabajan por corte o con arranque de virutas. Y las que trabajan por deformación en frío o caliente con máquinas de producción.

En el caso de arranque de virutas la pieza quedará totalmente acabada para su aplicación. En el segundo caso, es transformada en una pieza sin arranque de viruta, que precisará de otro proceso para quedar en condiciones de aplicación.

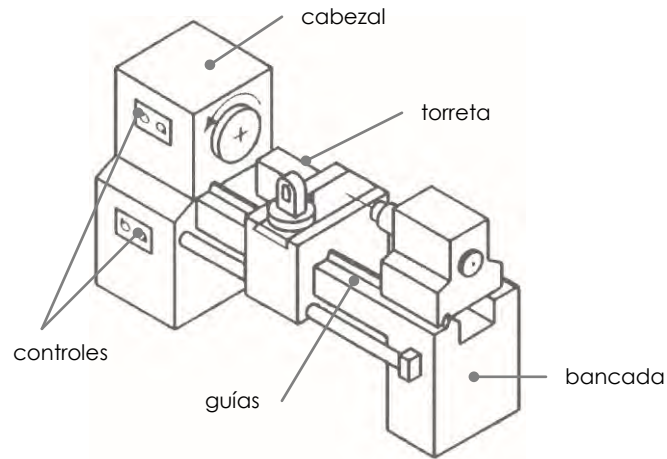
En unos y otros procedimientos siempre son las máquinas, generalmente las máquinas herramienta, el medio utilizado para conseguir la fabricación de las piezas. Abajo se ilustran algunas máquinas comerciales.

En esta tesis los procedimientos de trabajo de interés son los de arranque de virutas, algunos de los más comunes son los siguientes:

- Torneado. Proceso de maquinado en el cual una herramienta remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica.
- Rotación. La herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación como se ilustra en la figura 1. El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina herramienta llamada torno (fig.2), la cual suministra la potencia para tornear la parte a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados.

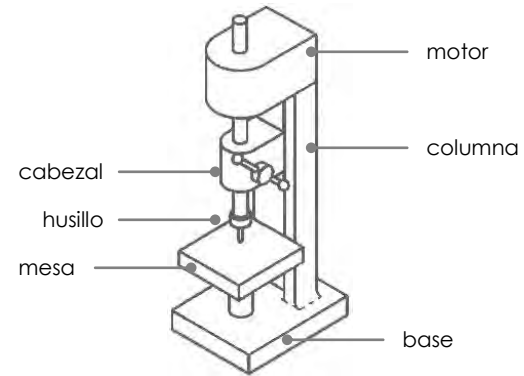


**Figura 1.** Diagrama del proceso de torneado



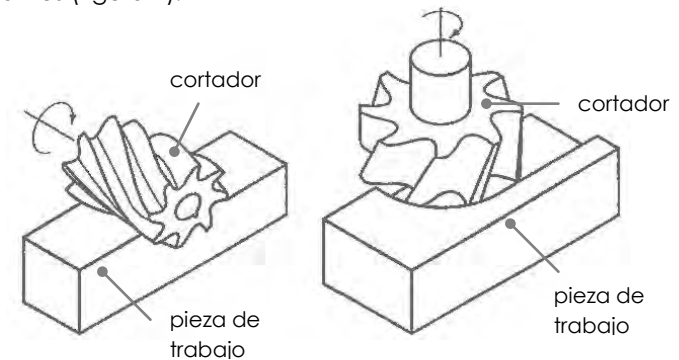
**Figura 2.** Diagrama de un torno

- Taladrado. Es una operación de maquinado que se usa para crear barrenos en una parte de trabajo. El taladrado se realiza por lo general con una herramienta cilíndrica rotatoria, llamada broca, que tiene dos bordes cortantes en su extremo. La broca avanza dentro de la parte de trabajo estacionaria para formar un agujero cuyo diámetro está determinado por el diámetro de la broca. El taladrado se realiza en un taladro (ver figura 3), aunque otras máquinas herramienta puedan ejecutar esta operación.



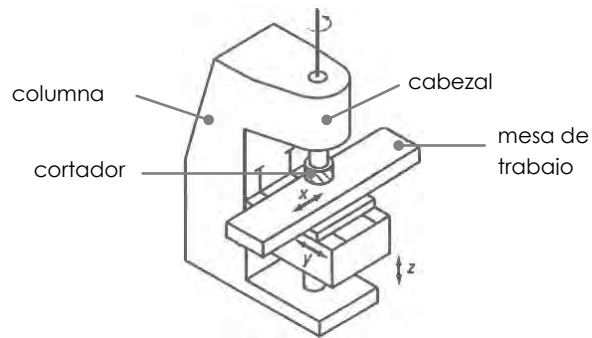
**Figura 3.** Diagrama de un taladro

- Fresado. El fresado es una operación de maquinado en el cual se hace pasar una parte de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (figura 4).



**Figura 4.** Diagrama del proceso de fresado  
El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta

y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama fresa o cortador para fresadora y los bordes cortantes se llaman dientes.



**Figura 5.** Fresadora horizontal y fresadora vertical

La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación es una fresadora como la que se ilustran en la figura 5.

La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas.



[10] La mayoría de las máquinas convencionales de perforado, tornos, máquinas fresadoras, cepillos, perfiladoras y taladros prensa usadas hoy en día tienen el mismo diseño básico que las versiones antiguas, desarrolladas durante los dos últimos siglos. Los centros de modernos de maquinado (ver figura 8), que son máquinas herramienta capaces de ejecutar más de un tipo de operaciones de corte, se introdujeron en la década de los cincuenta después de que se desarrolló el control numérico.

## Máquinas herramienta de control numérico

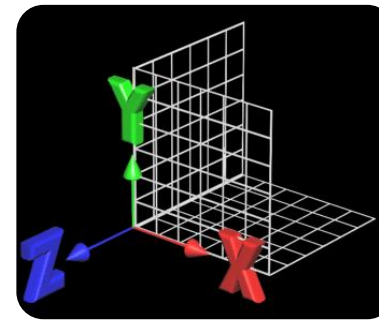
[12] El *control numérico* CN (en inglés *numerical control*, NC) es una forma de automatización en la cual un programa que contiene datos alfanuméricos codificados controla las acciones de una parte del equipo. Los datos representan posiciones relativas entre un cabezal de sujeción y una parte de trabajo. El cabezal de sujeción representa una herramienta y la parte de trabajo es el objeto que se procesa. El principio funcional del CN es controlar el movimiento del cabezal de sujeción en relación con la parte de trabajo y la secuencia en la cual se realizan los movimientos. La primera aplicación del control numérico fue en el maquinado en los años 50's por medio de tarjetas perforadas.

### Componentes de un sistema de control numérico

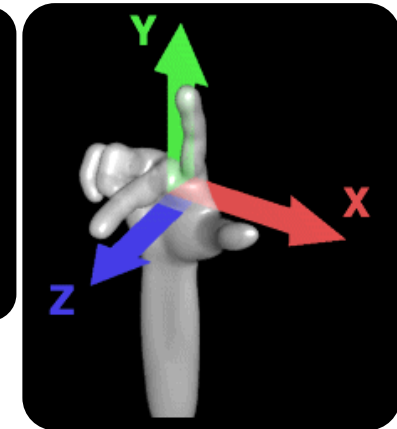
Un sistema de control numérico tiene tres componentes básicos: 1) un programa (comandos a seguir por el equipo de procesamiento), 2) una unidad de control de máquina (microcomputadora que almacena el programa y lo ejecuta mediante el equipo de procesamiento) y 3) el equipo de

procesamiento (realiza la secuencia de pasos para transformar la parte de trabajo inicial en una parte terminada).

Además, el control numérico usa un sistema de ejes de coordenadas para especificar las posiciones. Principalmente, este sistema consiste en los tres ejes lineales, (x,y,z) y en algunos casos se ejes rotacionales.



**Figura 6.** Representación de los ejes X, Y, Z en el espacio



**Figura 7.** Para recordar la dirección de los ejes, se puede utilizar como referencia la mano derecha, como se muestra en la figura.

[http://www.uni-duesseldorf.de/URZ/hardware/parallel/local/soffimage/Soft3D\\_html/3d\\_learn/bas/b\\_coor.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/URZ/hardware/parallel/local/soffimage/Soft3D_html/3d_learn/bas/b_coor.htm)

En la categoría de máquinas herramienta, el control numérico se usa ampliamente para operaciones de maquinado, tales como el torneado, el taladrado y el fresado. El uso del CN en estos procesos ha motivado el desarrollo de máquinas herramienta de corte para

realizar diversas operaciones de maquinado bajo un programa de control numérico.



**Figura 8.** Centro de maquinado de Control Numérico

## Materiales

[14] La elección del material para la elaboración de una pieza, generalmente está condicionada por las propiedades físicas y mecánicas requeridas para su uso o aplicación, o por las del producto del que ha de formar parte, considerándose también las

facilidades del material para una fabricación económica; asimismo, la exigencia de calidades de forma y dimensión.

[2] Son numerosos los factores o restricciones que es necesario tener en cuenta al seleccionar materiales, y casi todos ellos están relacionados entre sí. Estos factores se pueden agrupar como sigue.

1. Factores físicos. Tamaño, forma, y peso del material y espacio disponible para el componente.
2. Factores mecánicos. Tienen que ver con la capacidad del material para soportar los tipos de esfuerzos que se le imponen. Ejemplos de éstos son la resistencia y la tenacidad.
3. Procesos y manufactura. Tienen que ver con la capacidad de dar forma al material, ensamblarlo y darle acabados.
4. Factores de duración de los componentes. Tiempo durante el cual los materiales desempeñan las funciones a las que han sido destinados, en el ambiente al que están expuestos. Las propiedades pertenecientes a este grupo son la resistencia a la corrosión, a la oxidación y al desgaste.
5. Costos y disponibilidad.
6. Códigos, normas, leyes, etc.

[16] Deben tomarse una diversidad de decisiones importantes al seleccionar los materiales a incorporar en un diseño, incluyendo si los materiales pueden ser transformados de manera consistente en un producto, con las tolerancias dimensionales correctas y si pueden mantener la forma correcta durante su uso. También, si las



propiedades requeridas se pueden conseguir y mantener durante el uso; si el material es compatible con otras partes de un ensamble y puede fácilmente unirse a ellas; por otro lado, considerar que pueda reciclarse fácilmente y observar si el material o su fabricación puede causar problemas ecológicos. Finalmente, si puede convertirse de manera económica en un componente útil.

Los materiales se clasifican en cinco grupos: metales, cerámicos, polímeros, semiconductores y materiales compuestos. Los materiales de cada uno de estos grupos poseen estructuras y propiedades distintas.

**Metales.** Los metales y sus aleaciones, incluyendo acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre y níquel, generalmente tienen como característica una buena conductividad eléctrica y térmica, una resistencia relativamente alta, una alta rigidez, ductilidad o conformabilidad y resistencia al impacto. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga. Aunque en ocasiones se utilizan metales puros, las aleaciones proporcionan mejoría en alguna propiedad particularmente deseable o permiten una mejor combinación de propiedades.

**Cerámicos.** El ladrillo, el vidrio, la porcelana, los refractarios y los abrasivos tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y a menudo son utilizados como aislantes. Los cerámicos son fuertes y duros, aunque también muy frágiles o quebradizos. Las nuevas

técnicas de procesamiento han conseguido que los cerámicos sean lo suficientemente resistentes a la fractura para que puedan ser utilizados en aplicaciones de carga y como herramientas de corte.

**Polímeros.** Producidos mediante un proceso conocido como polimerización, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Los polímeros incluyen el hule, los plásticos y muchos tipos de adhesivos. Los polímeros tienen baja conductividad eléctrica y térmica, reducida resistencia y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas. Los polímeros termoplásticos, en los cuales las largas cadenas moleculares no están conectadas de manera rígida, tienen buena ductilidad y conformabilidad, los polímeros termoestables son más resistentes aunque frágiles porque las cadenas moleculares están fuertemente enlazadas.

**Semiconductores.** Aunque el silicio, el germanio y una variedad de compuestos como el GaAs (Arseniuro de Galio) son muy frágiles, resultan esenciales para aplicaciones electrónicas, de computadoras y de comunicaciones.

**Materiales compuestos.** Se forman a partir de dos o más materiales, produciendo propiedades que no se encuentran en ninguno de los materiales de manera individual; por ejemplo, el concreto, la madera contrachapada y la fibra de vidrio.

## Micromecánica

[18] La presente necesidad de obtener piezas cada vez más pequeñas se debe principalmente a la exigencia de la compactación de espacio y el requerimiento de portabilidad.

Los elementos mecánicos y electrónicos de que se componen los productos precisan ser fabricados con una progresiva disminución de las dimensiones. Los métodos de manufactura existentes y los que están en desarrollo continúan siendo investigados. Así es como surge el término micromaquinado y se emplea generalmente para definir los procesos de remoción de material para la fabricación de piezas de entre 1 y 500  $\mu$ .

Actualmente la tendencia a la miniaturización de los productos es progresiva y exige el desarrollo de tecnologías que permitan fabricarlos. Muchos de estos productos están compuestos por microdispositivos, es decir, componentes micromecánicos y microelectrónicos milimétricos o inferiores que requieren procesos de producción especializados.

Los 90's fueron testigo de nuevas tendencias creadas a partir de la gran demanda de componentes del orden de las micras, principalmente en la industria óptica en las que los componentes deben producirse con alta precisión y dimensiones decrecientes. Otras aplicaciones de la micromecánica son en piezas de relojería. Las siguientes son algunas de tecnologías empleadas en la fabricación de estos microdispositivos:

### MEM's

Los componentes microelectrónicos, como circuitos integrados se fabrican hoy en día tan exitosamente que las técnicas empleadas para su construcción son la base de tecnologías desarrolladas para generar componentes micromecánicos más complejos, los cuales son conocidos como Sistemas Micro Electro Mecánicos (MEM's). En las figura 9 y 10 se muestran ejemplos de piezas producidas mediante esta tecnología.

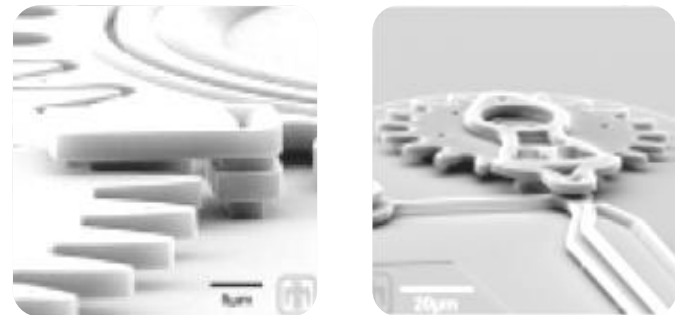
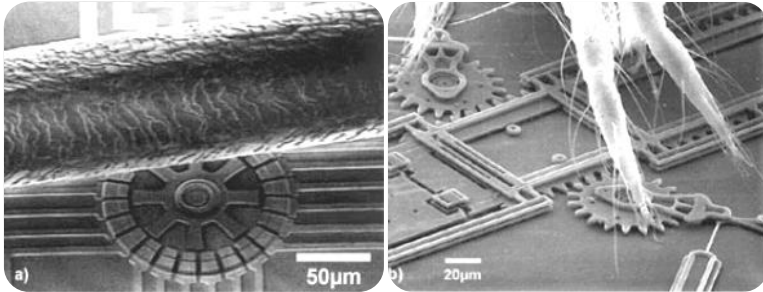


Figura 9. Microengranes fabricados con la tecnología MEM's.

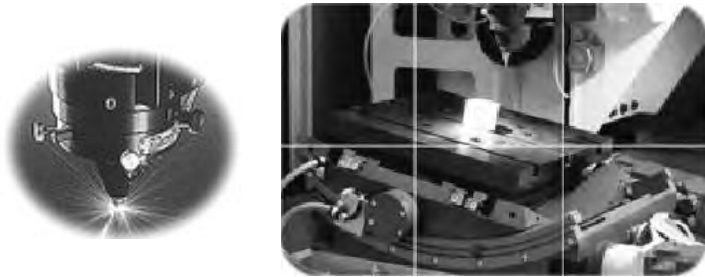


**Figura 10.** a) Motor de silicio comparado con un cabello humano. b) Las patas del ácaro de araña sobre los engranes de un micro motor.

## Tecnologías alternativas

### 1. Métodos sin contacto

También conocidos como métodos sin uso de fuerza o energéticos, procesos tales como MicroEDM, Micro Laser Fabrication, Focused Ion Beam Machining, etc.



**Figura 11.** Maquinado láser

Éstos requieren de equipos tecnológicamente muy especializados para su producción. La figura 11 ilustra el maquinado láser.

### 2. Métodos con contacto

También conocidos como con uso de fuerza que son procesos convencionales de manufactura por arranque de material, en la figura 12 se aprecian ejemplos de piezas maquinadas. Éstos requieren de máquinas herramientas adaptadas para la producción de microdispositivos (herramientas especiales, soportes para absorber vibraciones, elementos mecánicos de especial diseño, etc.).



**Figura 12.** Ejemplos de piezas fabricadas con mecánica convencional

### a) Máquinas de alta precisión

Esta es una buena opción para el desarrollo de investigaciones en laboratorio, pero no para desarrollar productos comerciales debido a que su costo es elevado, ejemplos de éstas máquinas se muestran en la figura 13.



**Figura 13.** Centros de maquinado (de dimensiones convencionales) marca Kern de alta precisión.

### b) Disminución del tamaño de las máquinas herramienta y manipuladores involucrados en el proceso de producción de microdispositivos.

Esta es una tecnología, a la que se refiere este proyecto, se encuentra en desarrollo todavía, sin embargo, en la actualidad se cuenta ya con resultados concretos. Con esta opción es posible lograr bajos costos en la producción de dispositivos comerciales. Esto es, debido a que al decrecer en dimensiones las máquinas se requieren menos recursos para su manufactura, ocupan menos espacio y energía consumida. La figura 14 muestra un ejemplo de la

disminución de tamaño de un torno, con dimensiones de 32x25x30.2mm y con un peso de 100 g.



**Figura 14.** Microtorno desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Mecánica (MEL por sus siglas en Inglés) en Japón.

[http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/kyoku/bisho/ashida/study\\_e.html](http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/kyoku/bisho/ashida/study_e.html)

Estas máquinas disminuidas en tamaño serán denominadas de ahora en adelante **micromáquinas herramienta**. Después de algunos años de investigación, desarrollo de prototipos y finalmente algunos productos; se ha comprobado que con estas micromáquinas las diferencias con respecto a las máquinas convencionales y los MEM's, son importantes.

En la figura 15 se resumen los métodos empleados para la manufactura de piezas para micromecánica.



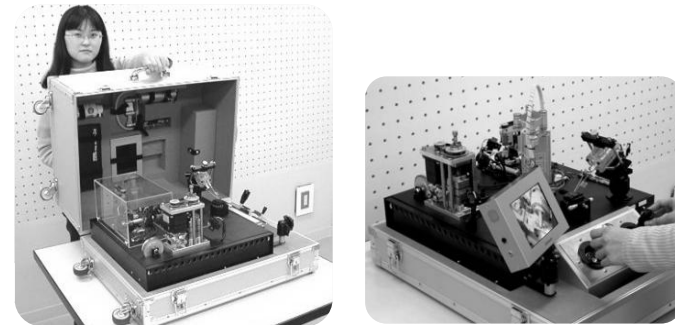
**Figura 15.** Diagrama de tecnologías empleadas en la fabricación de micro dispositivos.

### Micromáquinas Herramienta (MMH) en el mundo

Japón, Suiza y Ucrania fueron los primeros países en desarrollar una línea de investigación en micromecánica, seguidos de Alemania, Estados Unidos y México.

En general se pretende producir máquinas herramienta de dimensiones proporcionales a las piezas que requieran

manufactura (figuras 16 a 23), así como elementos robóticos que permitan manipular, ensamblar, transportar y dar mantenimiento a los microdispositivos. Y finalmente agruparlos en una sola unidad de proceso llamada microfábrica. En la figura 16 se presentan imágenes de una microfábrica japonesa.



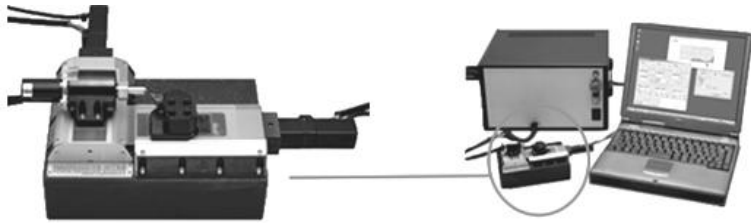
**Figura 16.** Microfábrica portátil diseñada por MEL. Mide 50x70 cm y cuenta con micromanipuladores, un microtorno, una fresadora, una prensa, un brazo para transporte de piezas pequeñas y una micromano de dos dedos. <http://www.mel.go.jp/soshiki/tokatsu/annu1999/index0.htm>

A continuación se muestran imágenes de algunos desarrollos realizados en diferentes países, la mayoría de éstos fueron creados como elementos para integrar microfábricas. En la figura 17 se observa un ejemplo de la marca Olympus.

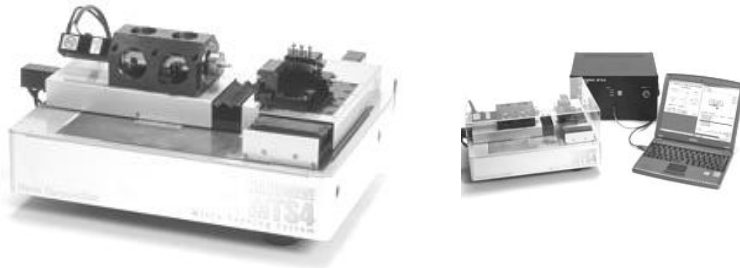
**Figura 17.** El proyecto de Microfábrica desarrollado por la empresa Olympus propone un nuevo sistema de ensamble para productos micro ópticos (1999).



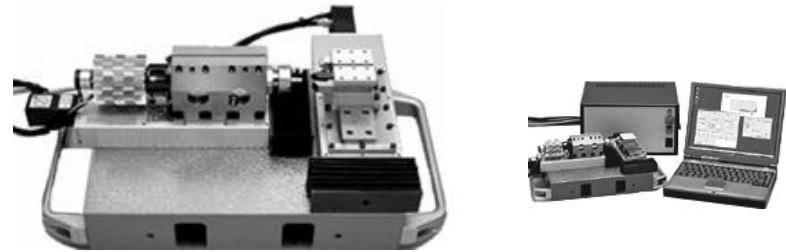
La empresa japonesa Nanowave Nano Corporation cuenta ya con desarrollos de micromáquinas herramienta de control numérico en el mercado, algunos de ellos se muestran en las figuras 18 a 21.



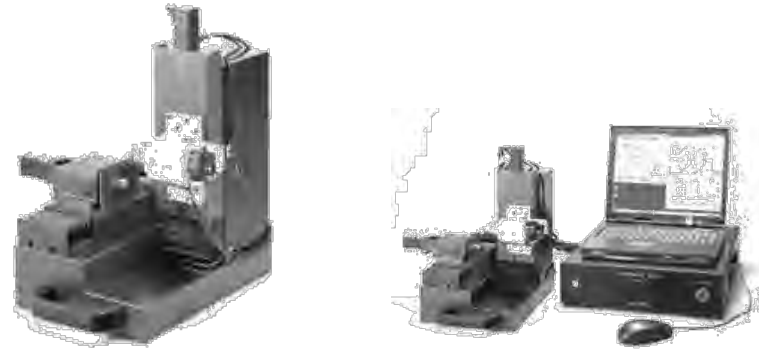
**Figura 18.** El MTS2 es un microtorno de control numérico de precisión con dimensiones en la base de 150x100 mm.



**Figura 19.** El MTS3 es un microtorno de control numérico de precisión con dimensiones en la base de 200x300 mm.



**Figura 20.** El MTS4 es un microtorno de control numérico de precisión con dimensiones en la base de 200x300 mm.

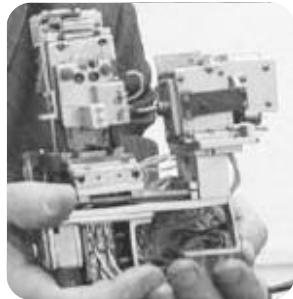


**Figura 21.** El MTS5 es una microfresadora de control numérico de precisión con dimensiones en la base de 320x260 mm. Diseñada para futuras microfábricas.

Las dos imágenes siguientes son ejemplos de prototipos de centros de maquinado.



**Figura 22.** Centro de maquinado vertical con dimensiones de 350 x 240x320 mm. Concebido en el Instituto Tecnológico de Georgia.



**Figura 23.** Microcentro de maquinado desarrollado en Ucrania por el **Dr. Ernst Kussul**, con dimensiones de 100x100x130mm.

### **MMH en México**

La línea de investigación en microequipo de bajo costo, basada en la disminución de dimensiones de máquinas herramienta para la fabricación de piezas submilimétricas fue introducida por el Dr. Ernst Kussul (actualmente investigador de la UNAM) en los 90's a México y adoptada por el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica (LMM) del CCADET, en donde se encuentran investigadores especialistas en micromecánica. Actualmente se han obtenido ya importantes resultados.

El objetivo de la investigación del LMM es crear micromáquinas herramienta y dispositivos para micro ensamblaje de bajo costo que además puedan producirse por medio de una secuencia de generaciones; citando la tesis del Dr. Ruiz Huerta: *la finalidad es investigar y generar tecnología de punta para la fabricación de piezas con dimensiones inferiores al milímetro, para desarrollar tecnologías de producción totalmente automatizadas enfocadas al desarrollo de equipo e instrumentación de bajo costo.*

*La primera generación fue manufacturada con equipo convencional. Cada generación incluye microequipo de una misma escala suficiente para la manufactura del mismo tipo de equipo pero de menor escala. Cada generación es manufacturada por la generación precedente. Cada nueva generación tiene menores dimensiones que la generación que la produce. [3]*

De acuerdo a la tesis de maestría del Dr. Ruiz Huerta:

En el caso de la micromecánica el costo de procesos individuales cambia notablemente en función de:

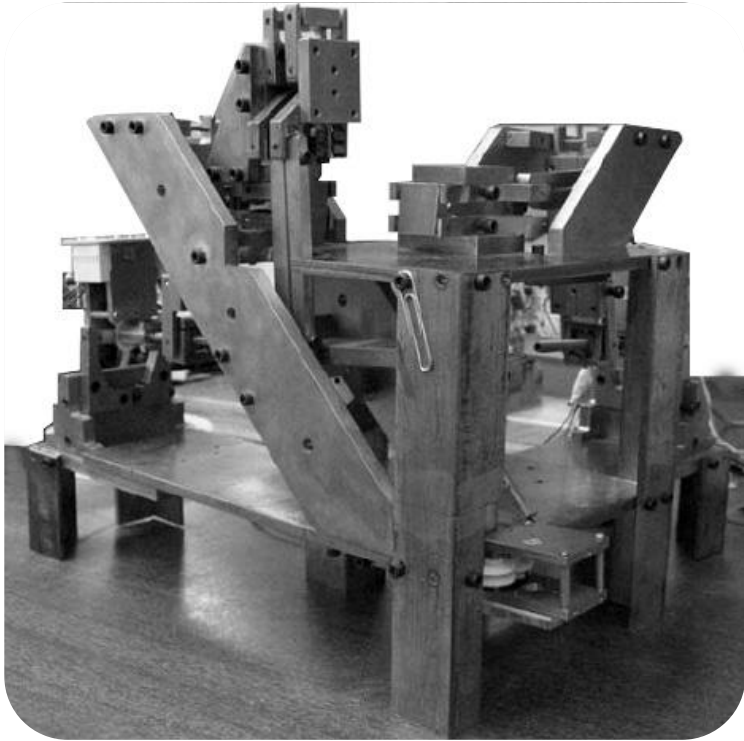
1. **Miniaturización.** Al decrecer las dimensiones del equipo, y su masa, es posible incrementar la eficiencia de uso de suelo para producción.
2. **Mano de obra.** Esta disminuye en función del grado de automatización obtenido y del nivel de mantenimiento de cada dispositivo en un ciclo de producción.
3. **Bajos costos de equipo.** Estos se obtienen de la miniaturización del equipo, una baja cantidad de materiales, así como equipo simple para su producción.
4. **Manejo de producciones en paralelo.** Se plantea el uso de células de producción en pequeñas fábricas o microfábricas, que tengan como característica la producción simultánea de microdispositivos que requieran grandes volúmenes. [24]

Actualmente el LMM ha desarrollado cuatro prototipos de microcentro de maquinado. En las figuras 24 y 25 se muestran dos de los prototipos de primera generación que operan cada uno bajo un diferente principio.



**Figura 24.** Primer prototipo de microcentro de maquinado de primera generación desarrollado en México.





**Figura 25.** Segundo prototipo de microcentro de maquinado de primera generación desarrollado en México.

# aspectos generales

# 2

capítulo

objetivos  
características  
USUARIOS  
análisis de factores  
planteamiento

## Planteamiento del Problema

El primer prototipo de primera generación (ver figura 22, capítulo 1) construido, diseñado y probado en México ha despertado un gran interés en investigadores de otros países y empresarios, por lo que se plantea la posibilidad de comercializarlo.

Hasta este momento se ha concluido una etapa del diseño de ingeniería y con la finalidad de comenzar el desarrollo de un producto industrial se propone este trabajo de tesis.

### **¿Por qué Diseño Industrial?**

El microcentro de maquinado ha sido diseñado bajo los principios de la ingeniería. Principalmente, se ocuparon de ello la ingeniería mecánica, electrónica y de sistemas.

El problema que se presenta después de la primera etapa del diseño de ingeniería, es convertir este prototipo de microcentro de maquinado en un producto.

Para lo cual interviene favorablemente el diseño industrial, como especialista en la concepción de productos. Desempeñando la labor de integrador o de nexo entre el ingeniero y el usuario.

El diseñador industrial es el responsable de vincular los requerimientos tecnológicos para crear un objeto y al mismo tiempo de identificar y cubrir las necesidades del usuario.

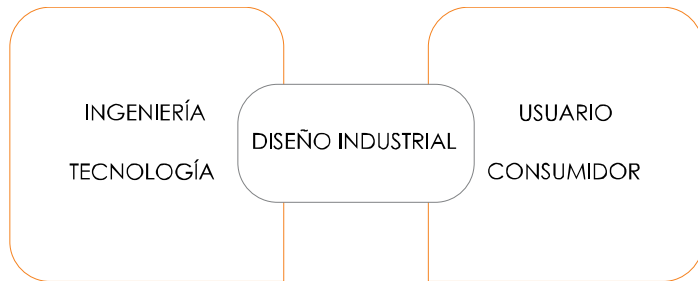


Fig. 26 Diagrama de relaciones ingeniería/diseño/usuario

Con el fin de lograr todos los requerimientos, el diseñador industrial hace uso de los elementos de estudio propios de su disciplina. Estos son: *función, producción, ergonomía y estética*.

Factores que el diseño industrial conjunta en un proyecto y que son esenciales para la definición de un producto.

El diseño industrial provee a los aparatos, envoltentes que protegen sus componentes mecánicos, electrónicos, etc. Las envoltentes a su vez, definen la forma del objeto y generan interfaces para comunicarse con el usuario mediante signos estéticos, signos visuales, auditivos, o táctiles; que recrean sensaciones en el usuario. Aportando además, los elementos necesarios que intervienen para la inserción del producto en un mercado específico.

Las envoltentes de las máquinas surgen a partir de la necesidad de proteger a los operarios de los grandes mecanismos que las

componen. Las primeras máquinas herramientas que se fabricaban no contaban con medidas de seguridad adecuadas para evitar accidentes. Es decir, no poseían envoltentes que protegieran al usuario, ni al equipo.



Fig. 27 Hombre en una máquina de la línea de ensamblaje. Charles Chaplin en "Tiempos Modernos", 1936. En donde se ilustra las malas condiciones en las que trabajaban los obreros, así como el peligro que representaban las máquinas.

Desde hace algunas décadas, el diseño industrial ha ido ganando participación para que, en conjunto con la ingeniería se hagan cargo de resolver éstas necesidades urgentes y han evolucionado hasta obtener sistemas de envoltentes complejas.



Fig. 28 y 29 Ejemplos de diseño de envoltente para máquinas herramienta actuales. De la empresa AgieCharmilles

## diseñador industrial

Investiga y entiende el problema: comprensión general de la micromecánica, introducción a un microcentro de maquinado

Incorpora envolventes: estética, ergonomía, función

Resuelve necesidades inmediatas y detecta nuevas

Genera relaciones usuario / máquina / ingeniería

Fig. 30 Diagrama de aportaciones del diseñador al producto

El diseño industrial no sólo se encarga de proporcionar a los objetos elementos estéticos externos para ser atractivos a los consumidores. Tampoco se encarga únicamente de proporcionar las dimensiones adecuadas de acuerdo al usuario. Actualmente, aporta elementos

de valor a través del estudio del usuario y sus percepciones. De esta forma establece un sistema de comunicación entre el objeto y el usuario e incluso el diseñador, en el que es posible la interacción de éstos. Es decir, se crean interfaces que facilitan la utilización del producto y promueven su apropiamiento.

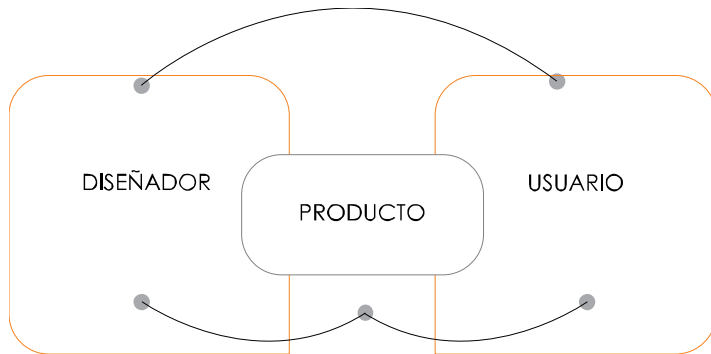


Fig. 31 Diagrama de relaciones diseñador/producto/usuario

## Objetivos

El objetivo de este documento es describir e ilustrar el diseño, construcción e implementación de la envolvente que protege los componentes del microcentro de maquinado de primera generación (figura 2+

2) desarrollado en el LMM, buscando proyectar una imagen integrada, estudiando su ergonomía y manteniendo su funcionalidad.

Así mismo, plantear una propuesta visual y conceptual del microcentro de maquinado en un futuro, en el que será posible producirlo mediante procesos industriales e introducirlo a un sector de mercado como un producto integral.

## Características

Los requerimientos citados en un inicio por el Dr. Leopoldo Ruiz (encargado del proyecto de micromecánica en el CCADET), para este proyecto fueron los siguientes:

1. Mantener el diseño actual del microcentro.
2. Mejorar la seguridad operativa del equipo, que se refiere a proporcionar elementos de protección para proteger componentes internos de la máquina; estos son, mecanismos y dispositivos electrónicos.
3. Las partes que formarán la envolvente se deben adecuar a las capacidades de manufactura del taller del CCADET y del LMM.

4. Modificar la estética del microcentro sin afectar el funcionamiento del mismo.
5. En medida de lo posible mantener, o en su caso disminuir las dimensiones del equipo.
6. Reorganizar componentes estructurales.

### **Usuarios y mercados probables**

Los usuarios del microcentro de maquinado son: los investigadores que lo han diseñado, y lo someten a fases de prueba; el usuario final, es decir la persona que lo va a comprar y usar, y finalmente la persona que le dará mantenimiento y reparará en caso necesario.

Y dentro de los mercados a los que va dirigido el producto se encuentran tres principalmente:

- Industria Metalmecánica
- Investigación y docencia
- Talleres en casa

### **Análisis de Factores**

### **1. Función**

- Dimensiones: Siempre pensar en disminuir las dimensiones pues uno de los objetivos de la micromecánica es disminuir en tamaño el equipo.
- Seguridad: Proponer elementos que brinden seguridad al usuario (evitar accidentes durante el maquinado y/o quemaduras debido al contacto con los motores), la máquina (evitar daños debidos al uso en los componentes de la micromáquina) así como a las piezas que se estén manufacturando (evitar que el usuario interrumpa accidentalmente la manufactura).
- Mantenimiento: Para dar mantenimiento y/o reparar componentes del microcentro de maquinado se debe diseñar pensando en permitir el acceso al usuario o en caso de ser necesario, exista la posibilidad de desensamblar y ensamblar nuevamente la envolvente, cada vez que sea necesario.
- Proteger componentes internos: Debido a la atención que requieren los componentes mecánicos y electrónicos por sus dimensiones, deben quedar aislados del exterior (polvo, grasa, sustancias, accidentes debidos al uso, etc.)
- Operaciones que realiza el microcentro: Las principales operaciones que realiza el microcentro son: taladrar, fresar y torneear; para lo cual requiere movimientos en los cuatro ejes (X, Y, Z y rotacional). Esto debe ser tomado en cuenta para que el diseño de la envolvente no interfiera con el funcionamiento.



- Aplicaciones del microcentro: Únicamente funciona para la fabricación de piezas metálicas, ya que los sensores se accionan por conducción eléctrica. Las aplicaciones pueden ir desde componentes mecánicos hasta piezas de joyería.
- Portabilidad: Una característica implícita de la micromecánica por el tamaño del equipo es la facultad de llevarlo de un lugar a otro, sin necesidad de un espacio destinado a la manufactura. Esto ofrece flexibilidad en la composición y elección del lugar de trabajo.
- Enfriamiento: De acuerdo a un experimento que se realizó en el LMM en el que se registró la temperatura de los motores con la micromáquina en funcionamiento, la más alta registrada fueron 80 °C. Una superficie que se encuentra a más de 50 °C en contacto con la piel puede causar daños irreversibles en ésta (ver Apéndice II).
- Conexiones: La máquina utiliza dos puertos paralelos para la transmisión de datos y corriente eléctrica.
- Iluminación: Para favorecer la visibilidad en la inspección de la manufactura, es necesario que la envolvente permita la entrada de luz exterior, para eso se requiere un material transparente para el área de trabajo.
- Herramental que utiliza: El herramental (llaves, cortadores) empleado en la máquina actualmente ha sido diseñado y manufacturado en el LMM.

## 2. Producción

[10] Las cantidades anuales de producción pueden clasificarse en tres categorías: 1) baja producción comprendida en un rango que va de 1 a 100 unidades por año, 2) producción media en el intervalo de 100 a 10, 000 unidades por año y 3) alta producción de 10, 000 a varios millones de unidades anuales.

a) Herramental y procesos: Este es un objeto de baja producción, los procesos y el herramental se seleccionaron de acuerdo al diseño y material. Se trata de un microcentro de bajo costo, y deberá manufacturarse en su totalidad en los talleres del CCADET y del LMM. En conjunto se cuenta con un equipo de técnicos en manufactura, y la siguiente maquinaria:

- tornos manuales
- torno de control numérico
- fresadoras manuales
- fresadora de control numérico
- cizallas para placa y lámina
- taladros
- sierra cinta
- dobladoras de lámina
- plantas para soldar

## 3. Materiales

[14] La elección del material para la elaboración de una pieza, generalmente está condicionada por las propiedades físicas y mecánicas requeridas para su uso o aplicación, o por las del conjunto del que ha de formar parte, considerándose también las

facilidades del material para una fabricación económica; asimismo, la exigencia de calidades de forma y dimensión.

#### 4. Ergonomía

- Portabilidad: Contar con la posibilidad de llevar el microcentro de un lugar a otro.
- Seguridad al usuario: (imágenes protecciones máquinas convencionales) La envolvente debe dar seguridad al usuario y protección a los componentes mecánicos y electrónicos del microcentro. Deberá tener cubiertas que impidan el acceso, así como advertencias y/o instrucciones de uso.
- Mantenimiento: Contar con un área de acceso al microcentro para su mantenimiento o reparación de algún componente.
- Peso: cuánto puede cargar una persona sin lastimarse
- Iluminación: De ser posible, incluir iluminación propia en el microcentro, la envolvente debe permitir que la luz llegue.
- Alimentación del microcentro: Permitir colocar el material con el que se va a trabajar.
- Recolección de piezas terminadas: permitir obtener las piezas terminadas
- Operar: Permitir el funcionamiento del microcentro.
- Limpieza: Permitir eliminar polvo o residuos del maquinado.

#### 5. Estética

- Hablar de estética en una máquina herramienta es difícil pues este es un factor que está relacionado directamente con la

función del objeto, en este caso, la envolvente sigue la forma del objeto de origen y se adapta a las necesidades y funciones del microcentro.

- Parte de las razones de la carcasa es la estética, es decir se requiere una carcasa para además de mejorar las funciones de la máquina así como su relación con el usuario, brinde cierta imagen al consumidor... un objeto bien proyectado no contiene styling, la estética surge como consecuencia. "Todo el material de camping, cuando está proyectado sin preocupaciones artísticas, es casi perfecto". Bruno Munari (Diseñador y artista italiano, 1907-1998)
- La estética de la envolvente estará en función de las limitantes de los procesos productivos y materiales disponibles
- Se utilizarán formas de geometría simple y colores claros con algunos detalles en algún color contrastante.
- Deberá tener carácter de herramienta pues este microcentro de maquinado será generalmente situado dentro de un taller o laboratorio; sin llegar a ser tosco pensando en la posibilidad de estar dentro de una casa.

desarrollo

3

capítulo

documentación  
descripción  
análisis  
propuestas  
envolvente  
factores de diseño  
trabajo a futuro

En este capítulo se describen 3 etapas. La primera se refiere al proceso que se siguió para documentar el microcentro, se incluye un análisis de funcionamiento y descripción. En la segunda etapa se explica el proceso de diseño, alcances, construcción e implementación de la envolvente. Finalmente, se describe un posible futuro del microcentro de maquinado como concepto de diseño industrial.

### Documentación

La documentación se refiere al proceso mediante el cual se crearon modelos en computadora del microcentro. Para esto primero se hicieron bocetos rápidos a mano de cada una de las piezas con el fin de registrar la geometría y dimensiones. El propósito del modelo en computadora era, además de tener un registro preciso del microcentro de maquinado; hacer un rediseño del microcentro con ayuda del programa Solid Works y posteriormente manufacturar un nuevo prototipo en CNC. Pues el primer prototipo había sido construido con herramientas manuales.

Germán Herrera Granados de la carrera de Mecatrónica de la UNAM, tomó el modelo original de Solid Works como base para efectuar el rediseño y la manufactura en CNC del prototipo como parte de su tesis profesional.

Las modificaciones realizadas tuvieron dos propósitos:

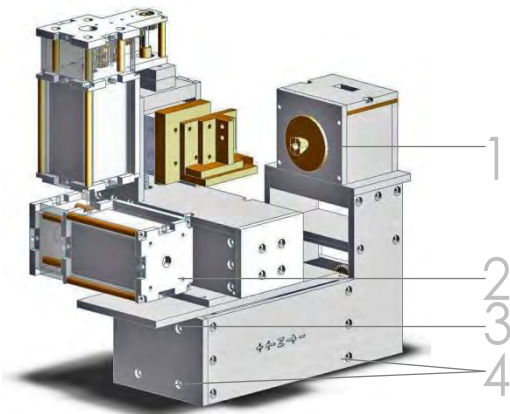
1. Preparar la máquina para la instalación de la envolvente

2. Ordenar visualmente los elementos, limpiar los componentes geoméricamente (estética) e implementar mejoras en los mecanismos.

Estas transformaciones se encuentran ilustradas en las figuras 32 y 33 en las que se indican las diferencias entre el primer prototipo y el que se realiza actualmente.



**Figura 32.** Imagen del microcentro de maquinado de primera generación actual.



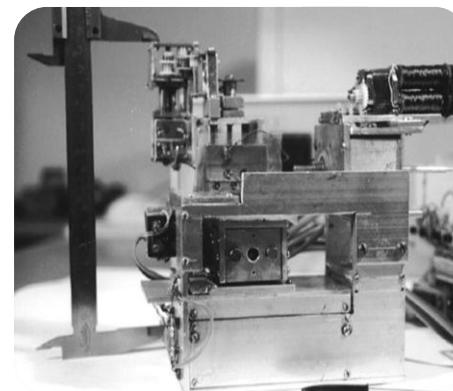
**Figura 33.** Dibujo de Solid Works del microcentro de maquinado de primera generación

1. Se disminuyen las dimensiones de la caja del eje rotativo para alinearlos a las caras de la columna que lo soporta.
2. Se corta la placa lateral izquierda que anteriormente servía como apoyo a una viga que ha quedado en desuso.
3. Al cortar la placa lateral se reubica el sensor (push button).
4. Los barrenos fueron alineados y se hicieron con caja para esconder la cabeza de los tornillos.

El diseño de la envolvente se ha tenido que hacer con base en el prototipo existente, es decir el primer prototipo, pero teniendo en cuenta siempre que será ensamblada en el prototipo rediseñado;

para lo cual se toman en consideración los cambios y nuevas dimensiones.

**Descripción y análisis del prototipo.** Costos, materiales, funciones, componentes, ejes y movimientos relacionados, requerimientos.



**Figura 34.** Primer prototipo de microcentro de maquinado desarrollado en el LMM.

El prototipo de microcentro de maquinado desarrollado en el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica con un costo en materiales de aproximadamente **\$100 usd.** se fabricó con herramientas manuales en su mayoría. Los materiales empleados para las partes estructurales fueron placa de aluminio y placa de latón de de 1/8" y 1/4". Las uniones se realizaron con tornillos de 2 mm. Las dimensiones generales del microcentro son de 130 x 160 x 85 mm.

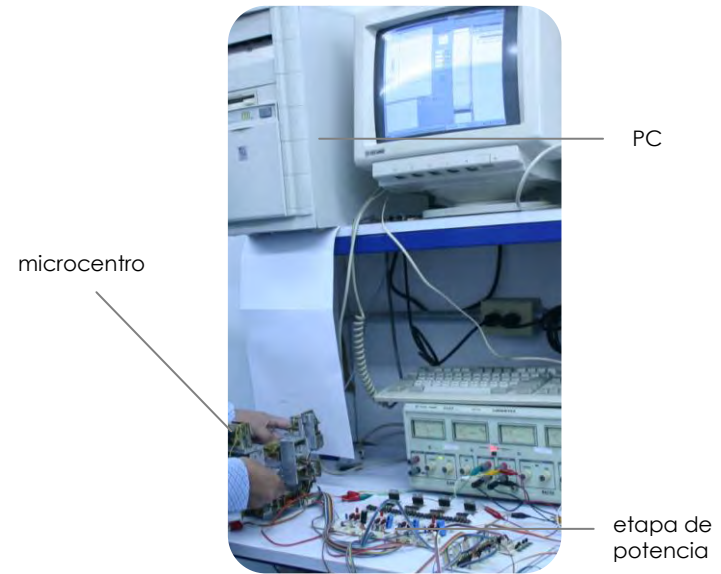
Las funciones de este prototipo de **microcentro de maquinado** son las de fresar, taladrar y torneear piezas de 50  $\mu\text{m}$  hasta 2mm. Lo cual se logra a través de tres ejes ortogonales (X, Y, Z) y uno rotacional que se mueven cada uno con ayuda de un motor, un reductor de velocidad, un tornillo de avance y guías con carros. El movimiento rotacional (cuarto eje), es conseguido con la ayuda de otro motor. Las velocidades de avance para los ejes ortogonales son de 33 mm/minuto y velocidades angulares para el eje rotacional de 196 rpm.

Los desplazamientos de los ejes respectivamente son: 20 mm en el eje X y Z, en el eje Y con la misma configuración es de 35 mm.

Estas funciones son controladas por una computadora personal conectada a la micromáquina mediante dos puertos paralelos (Figura 35). La alimentación de la máquina es con 12 volts de corriente directa.

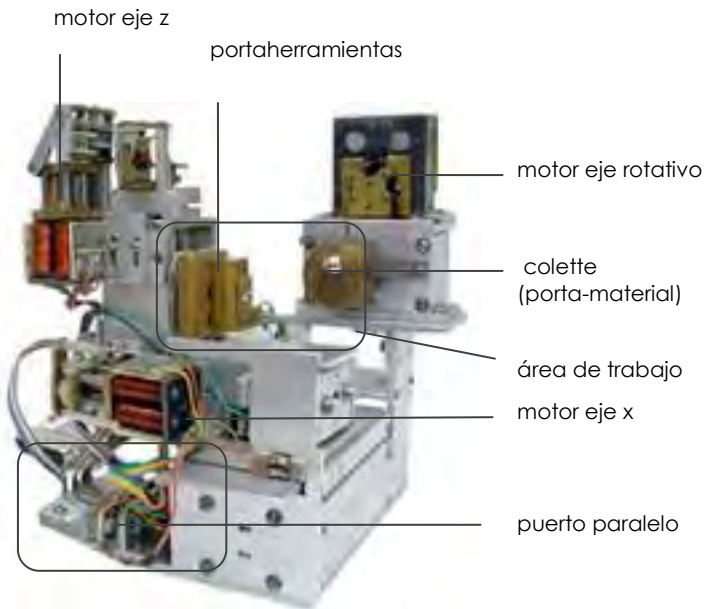


**Figura 35.** Imagen de puertos paralelos.

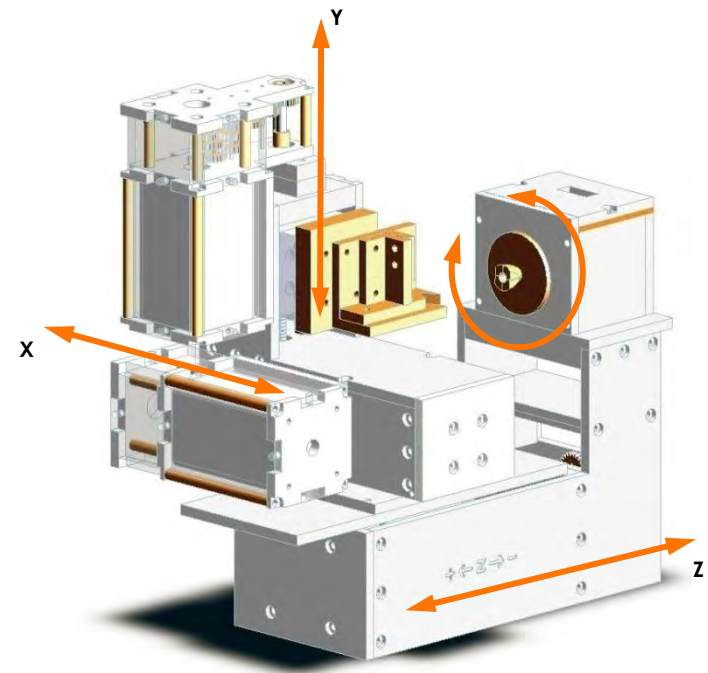


**Figura 36.** Primer prototipo de microcentro de maquinado en prueba.

En seguida se muestran diagramas que muestran de manera general el funcionamiento del microcentro, así como sus componentes.



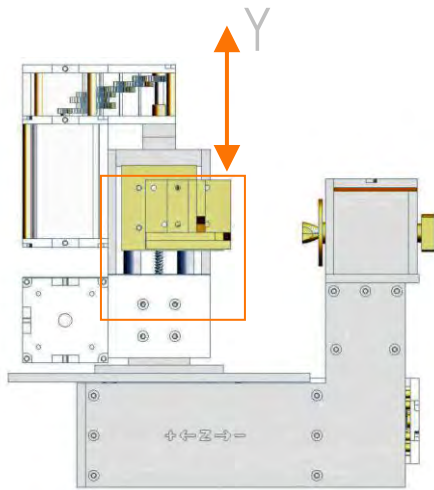
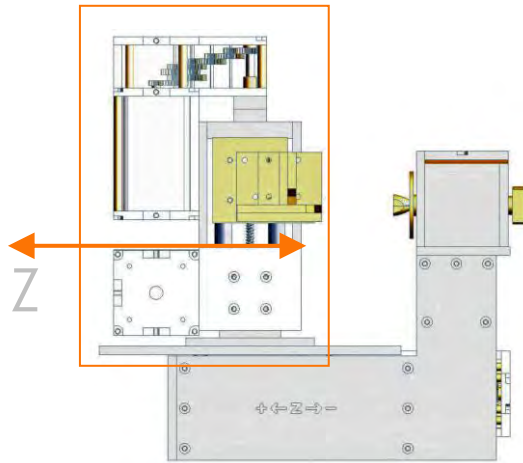
**Figura 37.** Algunos de los componentes del microcentro de maquinado.



**Figura 38.** Cada uno de estos módulos o ejes está formado por un carro que se mueve sobre dos guías, y un tornillo sin fin o eje que provoca el desplazamiento con su movimiento rotativo. Las flechas indican el sentido del desplazamiento de cada eje.

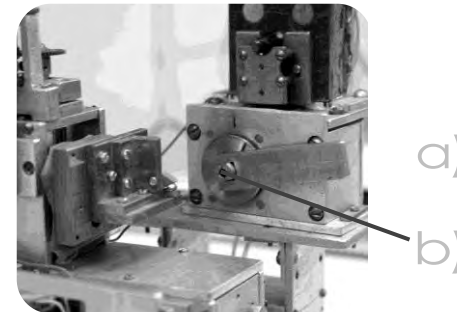
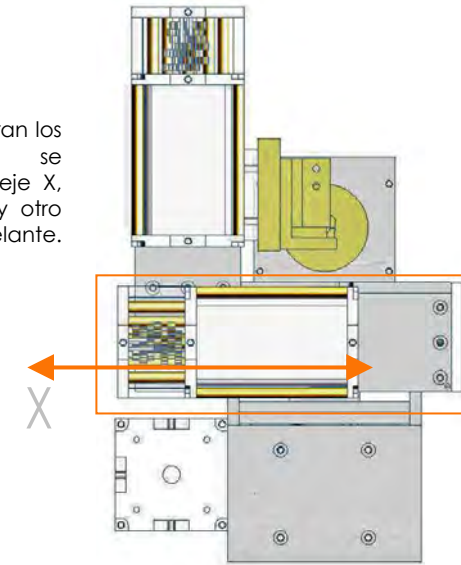


**Figura 39.** Aquí se muestran los componentes que se desplazan junto con el eje Z, en su límite hacia uno y otro lado, de izquierda a derecha.

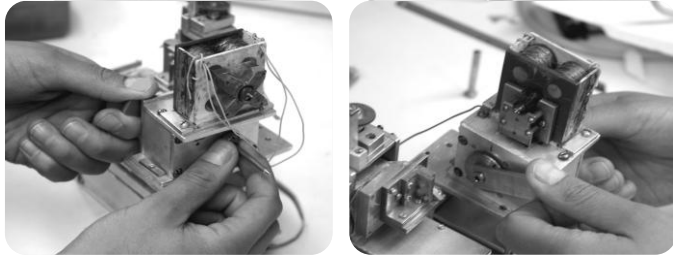


**Figura 40.** Aquí se muestran los componentes que se desplazan junto con el eje Y, en su límite hacia arriba y abajo. Vista frontal.

**Figura 41.** Aquí se muestran los componentes que se desplazan junto con el eje X, en su límite hacia uno y otro lado, de atrás hacia adelante. Vista lateral izquierda.



**Figura 42.** Área de trabajo del microcentro del maquinado.  
a) Llave  
b) Colette de cuatro dientes que abren y cierran girándolo, para ejercer mayor presión se emplea una llave.



**Figura 43 y 44.** Posiciones de las manos para girar el

Con el fin de plantear los requerimientos de la carcasa se ha hecho una lista enumerando las acciones que debe realizar el usuario, consideradas para el uso en general del microcentro:

1. Tener el dibujo en archivo de software CAM (manufactura asistida por computadora) previo al maquinado.
2. Conectar la máquina a la computadora por medio de los puerto paralelos
3. Encender la computadora
4. Cargar el software de la máquina
5. Cargar el programa del dibujo en el software de la máquina
6. Colocar la herramienta que se va a utilizar de acuerdo al programa
7. Colocar el material
8. Correr el programa de la pieza
9. Recoger la pieza maquinada
10. Limpiar la máquina
11. Cerrar programa

12. Apagar computadora
13. Desconectar máquina

Como en cualquier otra máquina herramienta de control numérico, este microcentro de maquinado no requiere al usuario durante el maquinado sino para supervisar. El usuario únicamente interviene en el proceso previo de preparar el programa y el material; y el posterior para retirar la pieza y las herramientas.

#### **Descripción y análisis del prototipo Análisis desde el punto de vista del D.I.**

Las placas de aluminio que forman la estructura de la máquina tienen doble función, una es la de soportar a todos los componentes tanto mecánicos como electrónicos en un lugar específico de acuerdo a la función de cada uno. Y la segunda es cubrir estos componentes con el fin de aislarlos y protegerlos del ambiente.

Sin embargo existen componentes que están desprotegidos y tendrán que cubrirse para seguridad de los mismos, y así garantizar el buen funcionamiento del microcentro de maquinado.

## La Envolvente

Las carcasas o envolventes de los productos se utilizan para aislar los componentes internos del objeto, ya sea para protegerlos del ambiente o para evitar maltratos si estos son muy delicados, también se utilizan para proteger al usuario de mecanismos y/o piezas filosas que puedan lastimarlo. Por otro lado son la interface del objeto con el usuario, lo que le da forma, carácter e imagen comercial al producto; además es la parte que está en contacto directo con el usuario, la parte con la que el objeto se comunica con el usuario.

Las envolventes contienen los componentes internos de un producto electrónico por ejemplo. Éstos, para su funcionamiento requieren componentes mecánicos y electrónicos que deben aislarse del usuario. Pero también, las carcasas proporcionan una imagen que el producto ofrece a un comprador, por lo que de ella dependen las **cualidades estéticas**. Además proveen las **características y requerimientos ergonómicos** pues son el contacto directo con el usuario.

La principal función de esta envolvente es la de proteger los componentes internos del microcentro de maquinado, sin embargo cumple también con otras funciones como las de proveer a los motores ventilación necesaria para su correcta operación, guardar los cables que conectan los componentes electrónicos y ser una interfaz entre el microcentro y el usuario. Así como aportar elementos estéticos. Además, se diseñó para aislar en lo posible los residuos del maquinado que se acumulan en el área de trabajo.

### Propuestas de diseño

El primer concepto se basó en la forma de los centros de maquinado convencionales, en los que, su mecanismo se encuentra dentro de una cubierta, excepto por el área de trabajo al que tiene total acceso el usuario para cambiar herramientas, estar en contacto con la pieza maquinada, limpiar, etc.



Figura 45. Ejemplos de centros de maquinado convencionales

Este primer concepto mostrado en la figura 46 y 47, pretendía formar un solo bloque extrayendo del él una esquina la cual estaría cubierta por algún material transparente que permitiera la visibilidad en el área de trabajo.

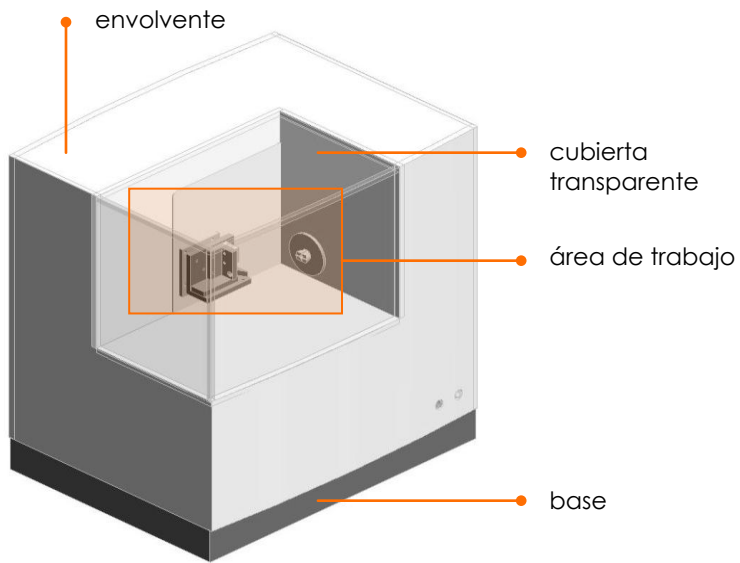


Figura 46.

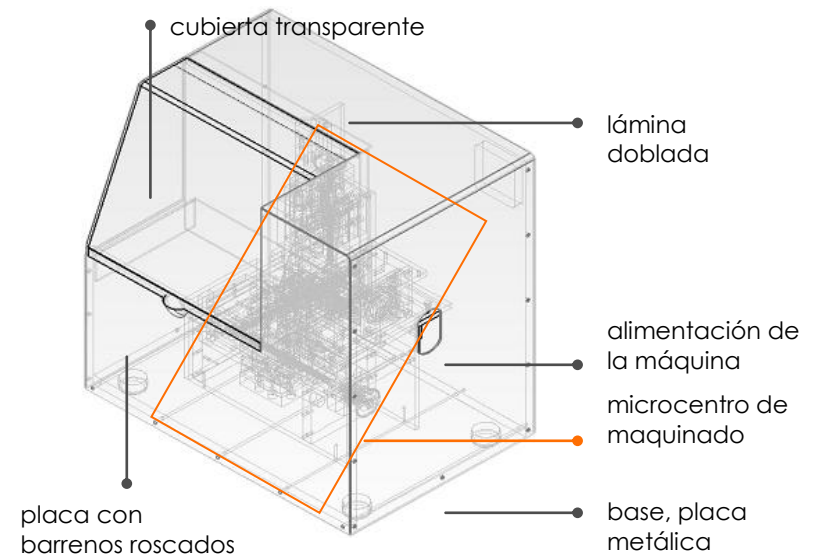
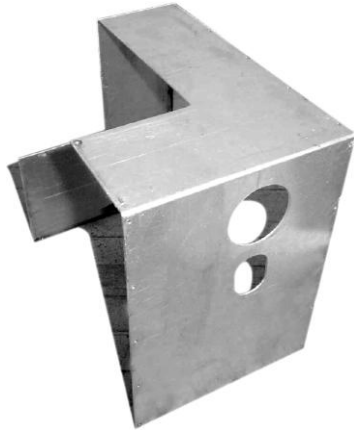


Figura 47.

La figura 48 muestra la pieza de lámina doblada de la propuesta 2 (ver fig. 47).



**Figura 48.** Imagen de la envolvente principal manufacturada en lámina de aluminio doblada y maquinada.

#### **¿Por qué se eliminó la propuesta?**

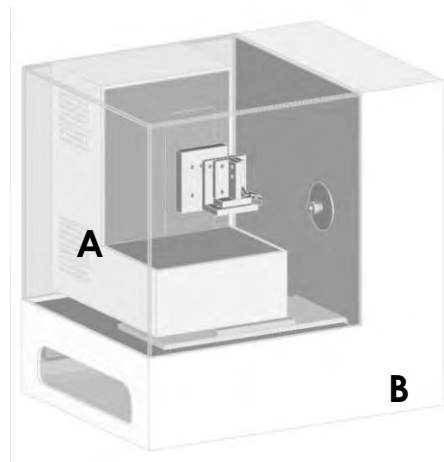
1. La forma de la envolvente no se apegaba a las formas del microcentro por lo que propiciaba la aparición de espacios “muertos” aumentando considerablemente las dimensiones de la máquina.
2. Para cubrir de la vista cualquier componente interno se requerían tapas móviles, que resultaban muy complejas en su manufactura y ensamble por las dimensiones requeridas.
3. Se propusieron tapas de placa de  $\frac{1}{4}$ " con barrenos roscados en los cantos para evitar colocar tuercas, sin embargo resultaron pesadas y material innecesario.

#### **Propuesta Final**

En la figura 49 se muestra cómo se modificó el primer concepto que consistía en hacer del microcentro un bloque y así cubrirlo con una única carcasa.

En este nuevo concepto (fig. 49) se propuso obtener 2 piezas separadas. Para lo cual, en teoría se dividió al microcentro de maquinado en dos partes funcionales, una que es fija casi en su totalidad y otra móvil; que para fines prácticos se nombrarán A y B respectivamente (figura 49).

De esta manera se eliminan las tapas difíciles de fabricar y ensamblar, y la geometría de la envolvente mantiene la forma de los componentes A y B del microcentro. Con esto, se suprimen algunos espacios muertos que se tenían con el primer concepto. En consecuencia se mejora la apariencia pues visualmente se percibe más ligero y dinámico (ver figura 49).



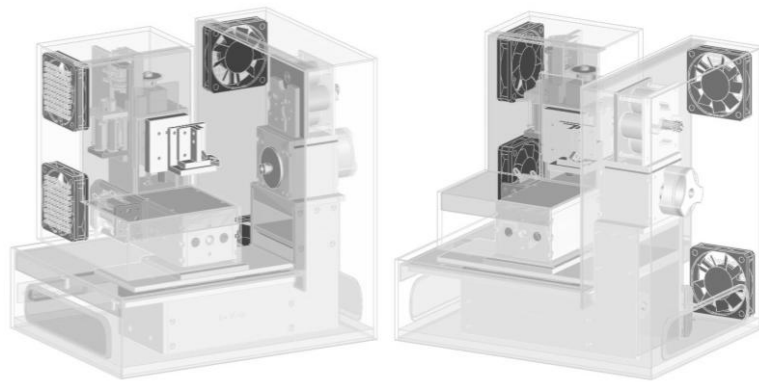
**Figura 49.** La envolvente y sus componentes internos

## Factores de diseño

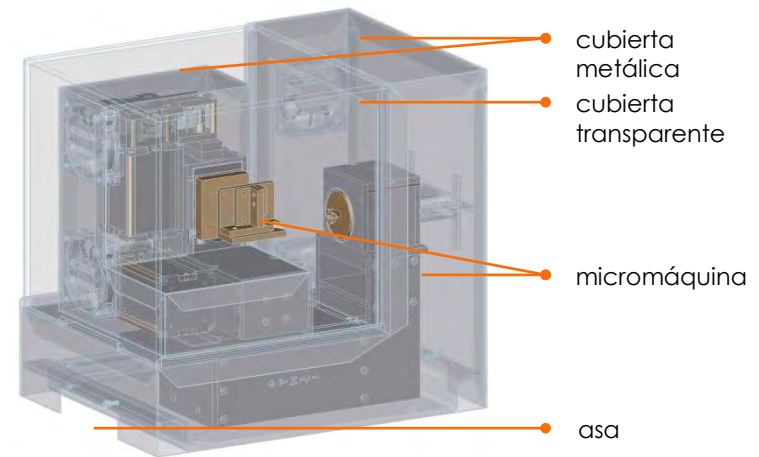
### Función

Las principales funciones de la envolvente son:

- a) Cubre** el prototipo de micromáquina (ver fig. 50)
- b) Protege** los componentes mecánicos y electrónicos

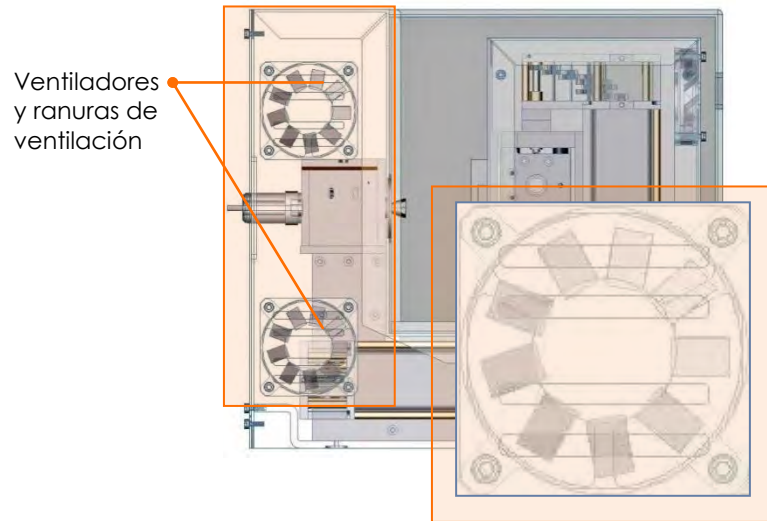


**Figura 50.** Imagen de la propuesta final de envolvente

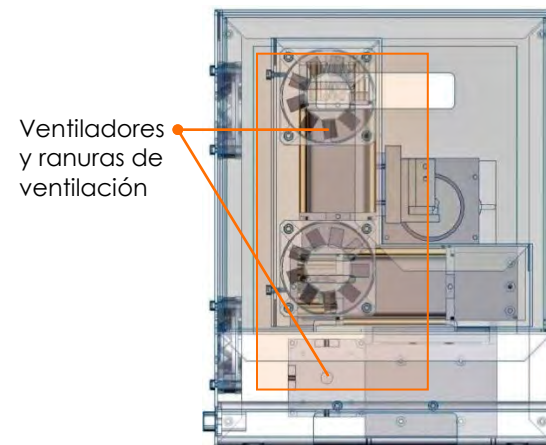


**Figura 51.** En esta imagen se muestran las cubiertas que envuelven al microcentro de maquinado

c) **Provee ventilación** (figs. 52 y 53) para evitar que el aire caliente se acumule dentro de la carcasa y la temperatura de los motores exceda a la temperatura de operación de 80°C, (ver sección *Ventilación* página 47).



**Figura 52.** Ventiladores del componente A



**Figura 53.** Ventiladores del componente B

d) **Alimentación de material**, permite proveer a la micromáquina el material que se requiere transformar (figs. 54 y 55

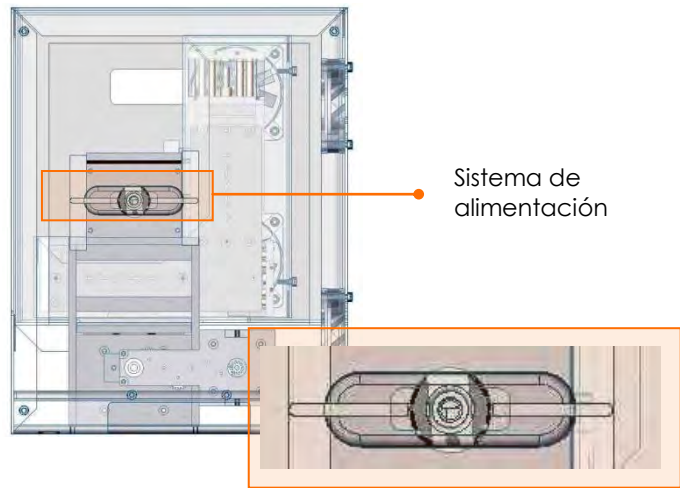


Figura 54. Vista lateral derecha y detalle del sistema de alimentación



Figura 55. Vista frontal

e) **Portabilidad**, permite trasladar de un lugar a otro la micromáquina.

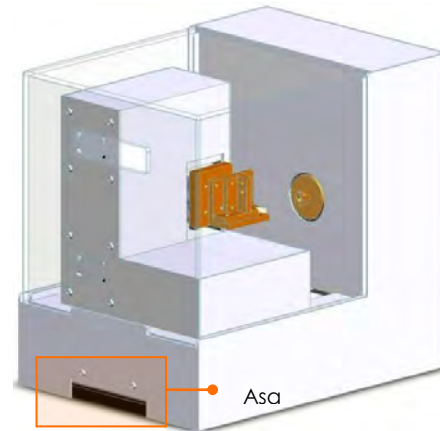


Figura 56. Perspectiva de la envolvente

f) **Permite conexión con la PC**, salida para la conexión del puerto paralelo.

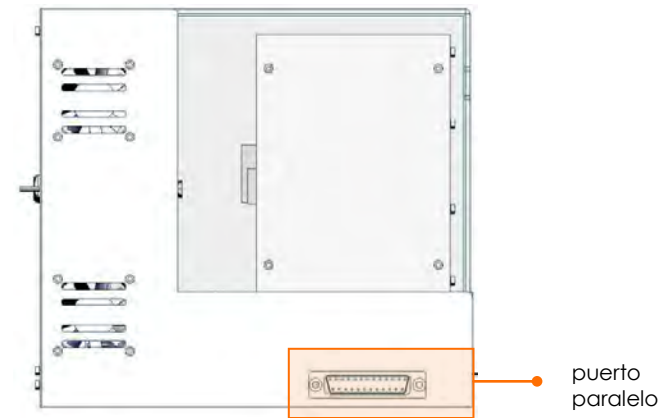


Figura 57. Vista posterior de la envolvente



## Producción

La envolvente fue manufacturada en el taller del CCADET con los siguientes materiales:

- lámina de aluminio calibre 22
- placa de aluminio de 1/8"
- barra de 9 mm.
- acrílico transparente de 3mm

Para ello se emplearon las siguientes herramientas y procesos:

- cizalla – cortar lámina
- taladro – barrenar
- planta para soldar aluminio - soldar
- fresadora – dar forma a la barra de aluminio
- dobladora – doblar lámina

Además de lo siguiente para su ensamble:

- tornillos de 2mm
- pegamento para acrílico

El movimiento de los componentes así como la geometría irregular del microcentro de maquinado fueron factores decisivos para el diseño de las piezas y para determinar la forma en que se ensamblaría el conjunto. Las primeras propuestas contenían ensambles complejos de muchas piezas. Sin embargo, mediante algunas pruebas que se realizaron finalmente se simplificó hasta

obtener lo que es ahora. Estas pruebas sirvieron para definir la geometría de las piezas, para determinar la forma de ensamblaje y el proceso de manufactura que se adoptaría.

## Ergonomía

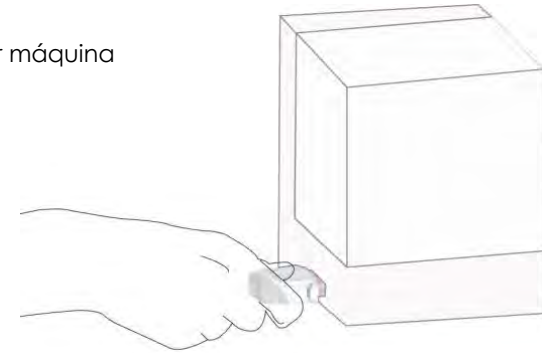
- Si el programa para maquinar una pieza en una máquina de control numérico es adecuado, el maquinado de la pieza se hará correctamente, y después de haberlo cargado en el software de la máquina el usuario no tendrá más que oprimir el botón de inicio y la máquina se encargará de realizar la pieza solicitada (revisar capítulo Antecedentes, CNC). Tendrá que estar alerta por si existe algún error durante el maquinado que requiera alguna operación extra y/o decidir si es necesario pausar el trabajo.
- Una diferencia de las máquinas-herramienta de tamaño convencional y las micromáquinas es, que éstas últimas tienen la posibilidad de ser portátiles debido a su peso y tamaño, por ello se han incluido asas en el diseño de la envolvente.
- Limar las esquinas con filos, se cubrirán los mecanismos y las herramientas de corte que pudieran lastimar, así como las conexiones electrónicas.
- Determinar la forma de apertura y cierre, movilidad, conexión, mantenimiento, alimentación de material, colocación de herramienta, limpieza.
- El contacto del usuario con las máquinas herramienta disminuye en la medida en que éstas se van automatizando, es decir cuando las funciones son controladas por una computadora. Sin embargo, mientras no se llegue a un punto de automatización

total se deberán analizar las relaciones hombre-máquina y plantear soluciones ergonómicas que garanticen que el microcentro sea utilizado correctamente.

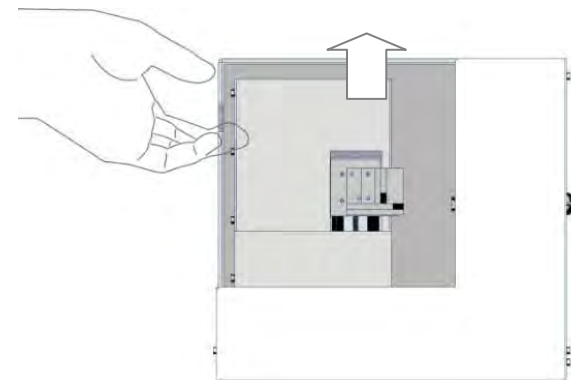
- En el microcentro de maquinado del LMM algunas de las funciones están automatizadas, el resto deben ser efectuadas por el operador manualmente. Estas acciones son las que se describen en este apartado.
- Además se referirán las medidas ergonómicas básicas, incluidas en el diseño de la envolvente, para prevenir lesiones provocadas al usuario por la misma máquina.
- Evitar que el usuario esté en contacto con zonas de altas temperaturas
- Permitir la visibilidad del maquinado
- Permitir que el usuario tenga acceso al área de trabajo mientras la máquina opera
- Facilitar la limpieza
- Facilitar el cambio de herramientas
- Proporcionar herramientas adecuadas para la alimentación del microcentro
- Proporcionar asas para transportar la máquina

#### Acciones que realiza el usuario

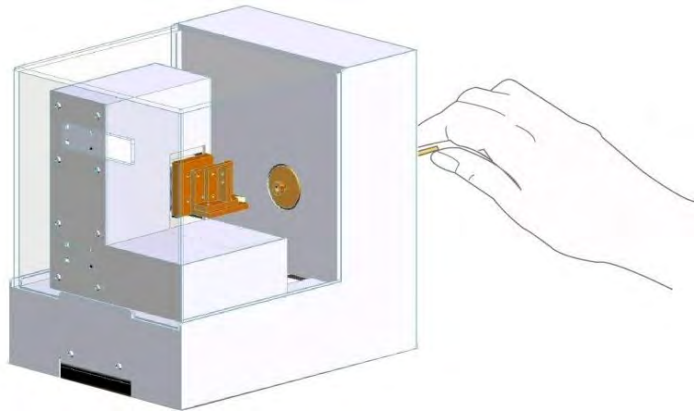
1. conectar máquina



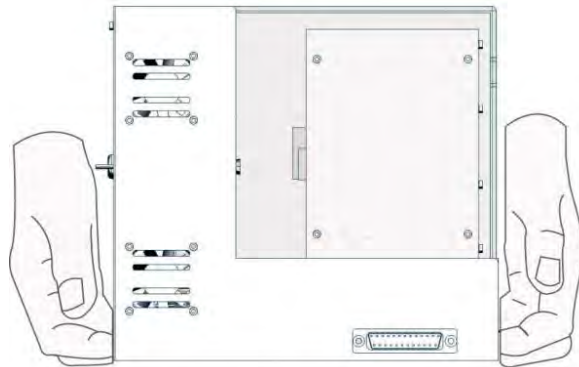
2. Abrir



### 3. Alimentar máquina



### 5. cargar



### Estética

La estética de la envolvente va en función de la forma de la máquina y de los procesos de manufactura que se emplearon.

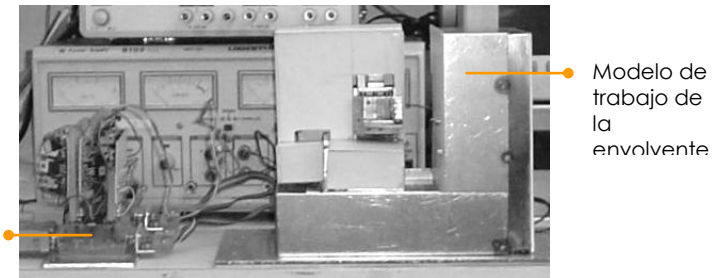
Estética:

*“Modo coherente en que las partes forman un todo”*

*“El objeto posee una estética propia derivada del uso del material natural y de las proporciones lógicas según su función”*

*“La estética es de la lógica proyectual del mínimo coste y de la máxima funcionalidad.”* Bruno Munari

### Ventilación



**Figura 63.** Imagen del modelo de trabajo de la envolvente

Se hizo un modelo de trabajo del diseño de la carcasa adaptándolo a las condiciones del prototipo de microcentro actual (Fig. 63). Este modelo sirvió para probar si la forma de la carcasa no interfería con

el funcionamiento de la máquina. Además se colocaron los cuatro ventiladores con el fin de hacer mediciones de la temperatura que alcanzan los motores actuales con y sin ventiladores; esto con el fin de demostrar la necesidad de colocar ventiladores.

Para hacer estas pruebas se conectaron los ventiladores a una fuente de poder, la misma a la que se conectó el microcentro de maquinado. Así, con los ventiladores funcionando se pusieron a trabajar los ejes que sin ningún problema realizaron sus movimientos.

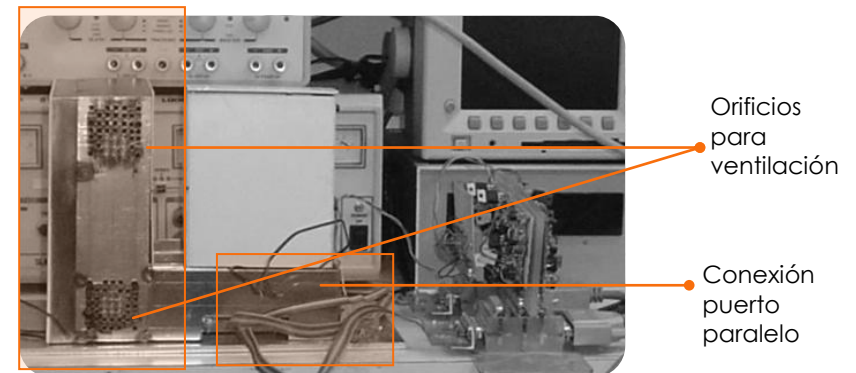
Las temperaturas se tomaron con un termopar. La temperatura más alta registrada en el motor antes de conectar los ventiladores fue de 80°C. La temperatura máxima registrada con los ventiladores conectados pero sin movimiento en los ejes fue de 32.9°C. Al poner en funcionamiento los ejes con los ventiladores sacando el aire caliente se tomó la temperatura cada 2 min., la más alta registrada fue de 55°C. Con los ejes en funcionamiento y los ventiladores introduciendo aire fresco la temperatura más alta fue de 68.6°C.

Se debe tomar en cuenta que estas temperaturas se tomaron directamente sobre la bobina del motor, que quedará protegida por la carcasa y un vacío que servirá de aislante.

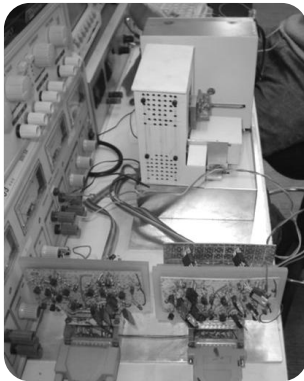
Los ventiladores son necesarios para evitar sobrecalentamiento de los motores y en consecuencia de la carcasa.

Se colocaron cuatro ventiladores de 40 x 40 x 10 mm cada uno. Se dispusieron dos ventiladores en cada módulo de la carcasa.

La siguiente es una imagen de la parte posterior del modelo en la que se muestran los barrenos que se hicieron para extraer el aire caliente. También se puede ver la ranura por donde se hace la conexión del puerto paralelo a la fuente de poder.



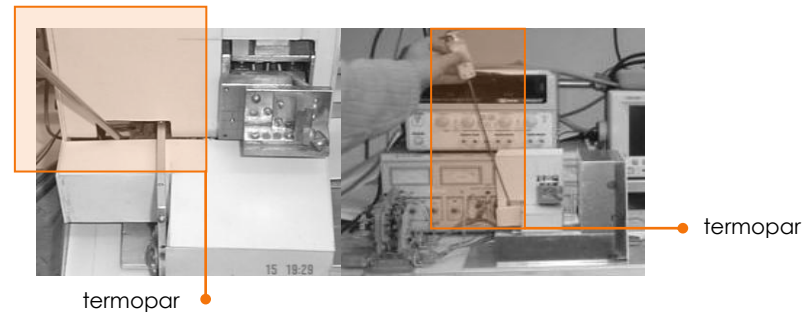
**Figura 64.** Vista posterior del modelo de trabajo



**Figura 65.** Esta imagen es una toma de la vista lateral izquierda de la carcasa, en la que se muestran los orificios de ventilación de los ejes X y Y.



**Figura 66.** Imagen del ventilador que se colocó. Ventilador de plástico marca Steren de 12 volts de corriente directa, 60 mA, 700 mW de potencia, de 7000 a 10000 RPM, 25 dBA de ruido y dimensiones de 40 x 40 x 10 mm. Fuente: <http://www.steren.com.mx/catalogo/buscador.asp>



**Figura 67.** Dos imágenes del momento del registro de temperaturas con el termopar.

### Selección de materiales

La elección del material para esta tesis se hará de acuerdo a los siguientes factores que se aplicaron en una matriz de decisión, las tablas 3 y 4 reflejan el procedimiento y los resultados obtenidos.

1. al herramental disponible en el CCADET
2. al costo, no debe ser mayor al del microcentro
3. funcionalidad (mantenimiento, ensamble, resistencia, tiempo de vida, acabados, etc.)
4. ergonomía (peso, visibilidad, tacto)

No.	Factores										Valor %	5. estética	
1	Manufactura en el CCADET										20	<b>total</b> (acabados)	
2	Costo										20	7.06	
Lá	3	Rigidez										12	3.93
	4	Resistencia a la temperatura operación										12	3.68
	5	Durabilidad										10	7.58
	6	Ensamble										8	3.48
	7	Acabados										8	7.88
	8	Mantenimiento										6	3.58
	9	Peso										4	7.08
<b>Fibra de vidrio</b>	6	10	9	10	9	8	7.5	8	9	8.46			
<b>Hierro</b>	0	9	10	10	9	10	7	9	6	7.24			
<b>Polipropileno</b>	0	10	7	6	8	10	10	9	9	6.86			

**Tabla 3.** Factores y valores empleados en la matriz (tabla 4)

**Tabla 4.** Matriz de decisiones para la elección de materiales

### Trabajo a futuro

Según el Dr. Leopoldo Ruiz Huerta, la configuración de las micromáquinas herramienta desarrolladas en el LMM se basa en las de tamaño convencional. Las primeras deben ser muy parecidas a éstas últimas pues si cambiara esta configuración cambiaría el comportamiento de la máquina. Este comportamiento en unas y otras está determinado por las mismas leyes físicas. Se puede jugar con formas y aplicar nuevas tecnologías; por ejemplo con los materiales, las guías etc. Pero la estructura debe ser la misma porque así se ha comprobado la estabilidad y buen funcionamiento. Citando un ejemplo que él mismo sugiere; la bicicleta es un objeto que durante muchos años desde su invención ha cambiado relativamente poco, es decir han cambiado sus dimensiones, los materiales, los colores, las formas de sus componentes individuales, la tecnología con la que se fabrican y diseñan; sin embargo, la configuración original de éstas sigue siendo la misma, esto es porque simplemente así funcionan correctamente.

1. Concepto: Lograr integrar la envolvente a la estructura del microcentro, crear un objeto de alta tecnología mediante ergonomía, formas, materiales y funciones automatizadas. Implementar procesos de manufactura de alta producción.

### **Función**

- Integrar la envolvente actual a la estructura del microcentro de maquinado.
- Disminuir número de piezas, procesos, diseñar para facilitar el ensamble.
- Cambiar configuración de la máquina para crear una mejor estructura y forma.
- Optimizar espacio, evitar en lo posible áreas vacías.
- Desarrollar un sistema automatizado de enfriamiento. Para lo cual se requiere realizar los cálculos necesarios para determinar la configuración.
- Implementar un sistema de indicadores visuales y auditivos inteligentes, con el fin de prevenir accidentes cuando se detecten errores de funcionamiento del microcentro o del operador.
- Incluir un botón de emergencia y uno más para encendido y apagado manual.
- Implementar alarmas para prevenir accidentes y/o que indiquen errores de funcionamiento u operación del usuario
- Capacidad de expansión (actualización de componentes, ej. motores)
- Automatización de funciones
- Conexión
- Cabezal de herramientas múltiple, intercambiable
- Recolección de piezas terminadas (manipulador, brazo mecánico)

- Implementar un sistema de limpieza que elimine la viruta del maquinado (aspiradora)

### **Producción**

- Utilizar procesos industriales de alta producción (inyección, troquelado, etc.) en piezas plásticas y/o metálicas
- Reducir costo, tiempo de montaje, evitar acabados, reducir dos o más problemas en los menos posibles

### **Ergonomía**

- Indicadores visuales
- Alarmas
- Visualización del maquinado
- Implementar cámara para obtener mejor visibilidad de piezas muy pequeñas
- Automatización
- Controles

### **Estética**

- Futuro
- Minimalista
- Formas geometría simple
- Colores claros, translúcidos
- Limpieza
- Incorporar elementos estéticos
- Debe parecer un objeto de alta tecnología.





## ANTES

100% perteneciente a...

- Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica
- Micromecánica
- Ingeniería
- Ciencia
- Investigación

Necesidades

- Visión de producto
- Introducción a un mercado
- Estética
- Ergonomía
- Utilizabilidad

## DESPUÉS

¿Qué se hizo?

- Se hizo una propuesta de rediseño de las partes estructurales del microcentro, ordenando las piezas formalmente
- Se obtiene un objeto estéticamente más limpio
- Se bocetaron las piezas
- Se tomaron medidas de cada una
- Se modelaron en 3D, con lo que se obtuvieron mejoras en el proceso de diseño continuo
- Se propuso fabricar el microcentro en CNC, con lo que se mejora la calidad de manufactura y se obtiene mayor flexibilidad en los procesos productivos
- Se incorporó una envolvente
- Se agregaron elementos estéticos, ergonómicos y de utilizabilidad
- Se mejoró la protección de los componentes mecánicos y electrónicos
- Se agregaron elementos de protección al usuario
- Se agregaron ventiladores

¿Qué falta?

- Introducción en el mercado
- La envolvente se debe quitar parcialmente para acceder a los componentes internos, los cuales deben ser ajustados cada cierto tiempo
- Se debe incluir un chuck automático adecuado al proceso CNC que ocupa al microcentro



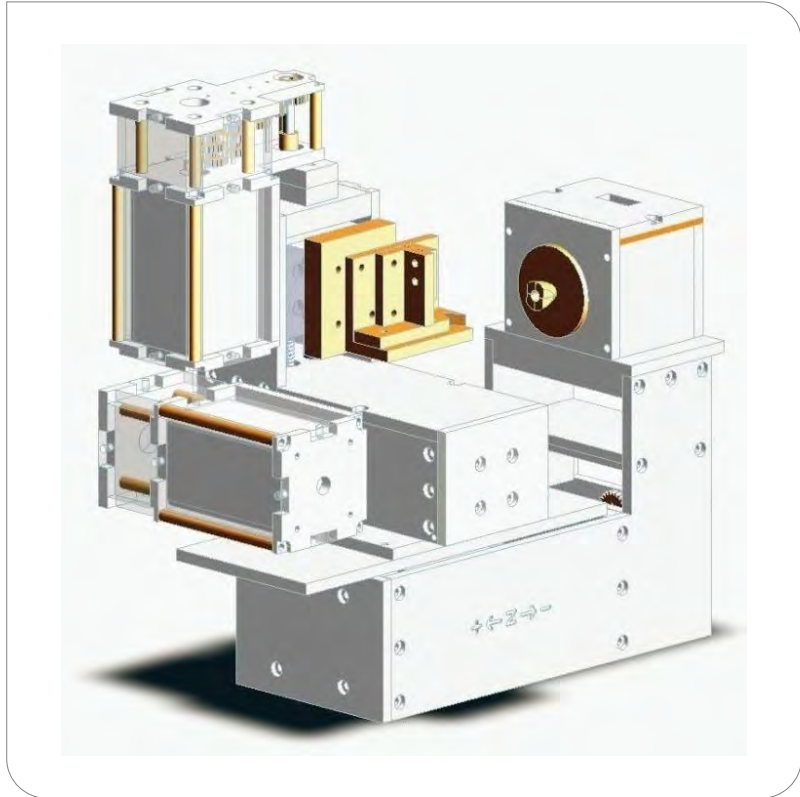
# PRIMERA ETAPA



ANTES



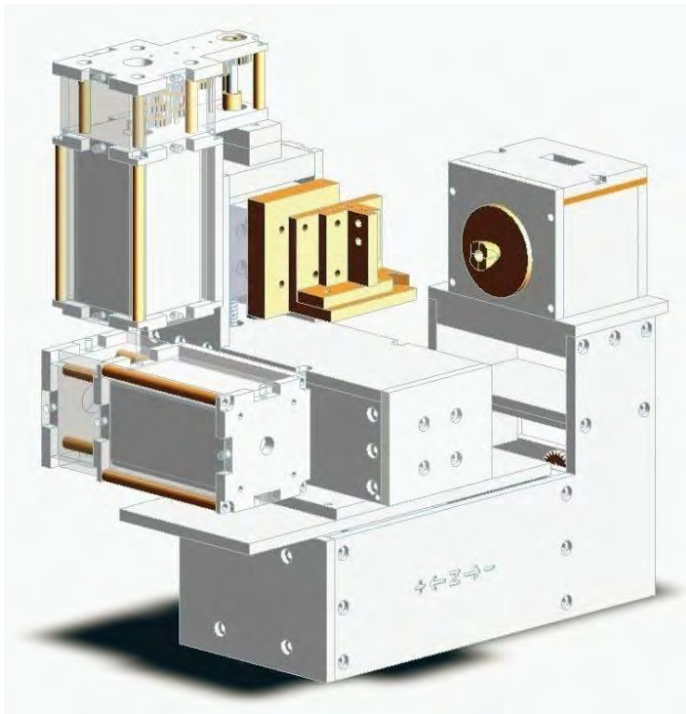
DESPUÉS



## SEGUNDA ETAPA



ANTES



DESPUÉS



# prospectiva

# 4

"Prospectiva es la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él".  
Definición de prospectiva de Gaston Berger

objetivos  
antecedentes  
situación actual  
situación futura  
concepto/diseño  
memoria descriptiva

## OBJETIVO

Como se mencionó anteriormente en la introducción, la segunda parte de este trabajo es un ejercicio prospectivo dirigido por el Dr. Julio César Margain, profesor del CIDI y experto en prospectiva.

Se propone la realización de un ejercicio de prospectiva con el fin de satisfacer aspiraciones de vocación de diseñador industrial y así explorar conceptos formales y estéticos, así como de innovación tecnológica y valor agregado. Esto es, a través de la implementación de recursos creativos, investigación, análisis de avances científicos y tecnológicos, así como nuevas tendencias en el diseño; generar conceptos de productos innovadores con una carga estética intencional para satisfacer necesidades de usuarios.

Uno de los objetivos del LMM para construir un microcentro de maquinado es satisfacer la necesidad de las industrias de fabricar piezas cada vez más pequeñas que formen productos compactos y portátiles.

Este apartado tiene como objeto presentar el concepto de diseño generado en el ejercicio prospectivo de la envolvente del microcentro de maquinado, una propuesta de la evolución del microcentro de maquinado en un futuro en el

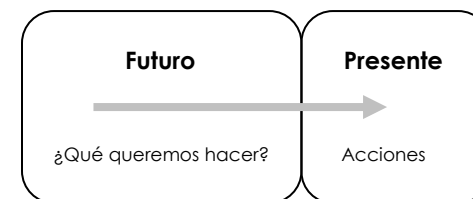
que ésta máquina herramienta deja de ser un prototipo y se fabrica industrialmente.



iPod nano - Apple

## PROSPECTIVA

Según Miklos y Tello de su libro *Planeación Prospectiva, la metodología prospectiva consiste en atraer y concentrar la atención sobre el futuro, imaginándolo a partir de éste y no del presente.*



Según la Real Academia Española;

*prospectivo, va. La prospectiva se refiere a estudios que se realizan para explorar, en una determinada materia.*

*Desde el punto de vista etimológico, la palabra prospectiva tiene origen en el latín del vocablo prospectus que significa lo relativo a la visión, al conocimiento, a la comprensión, a la mira. El significado más preciso es del verbo prospicere significa mirar a lo lejos o desde lejos, mirar más allá, obtener una visión de conjunto a lo largo y a lo ancho.*

*La definición más usual de prospectiva tecnológica es la que se debe al Profesor Ben Martín: “**Tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos y sociales**”. Se debe aclarar que esta tentativa sistemática supone una metodología y voluntad, está proyectada a largo plazo (por tanto, en término de años y no de meses), está condicionada a los cambios económicos y sociales por lo cual la prospectiva tiene un carácter multidisciplinario.*

Características de la prospectiva

- No adivina el futuro, pretende construirlo.

- La prospectiva se interesa especialmente en la evolución, el cambio y la dinámica... básicamente se relaciona con generar visiones alternativas de futuros deseados, hacer explícitos escenarios factibles y establecer los valores y reglas de decisión para seleccionar y alcanzar futuros más deseables.
- es una herramienta fundamental previa la toma de decisiones estratégicas
- Es una estrategia en sí misma, con visión global, compartida entre los miembros de una organización
- Estimula la imaginación,
- la prospectiva es hacer que las cosas pasen como queremos que pasen, sabiendo que no hay un solo futuro posible sino
- La prospectiva es útil para identificar las tendencias y prepararnos para recibir las

La prospectiva, además de permitir e impulsar el diseño del futuro, aporta elementos importantes al proceso de planeación y la toma de decisiones, puesto que identifica peligros y oportunidades de determinadas situaciones futuras, hace explícitos escenarios o visiones alternativas de futuros deseados, ofrece políticas y acciones alternativas para poder elegir, proporciona impulsos para la acción, establece valores y reglas de decisión para alcanzar el mejor futuro posible. Justamente la planeación prospectiva

reconoce el valor de la voluntad de cada participante, fruto de la motivación y el anhelo para forjar el porvenir deseado reconociendo las propias limitaciones de cualquier sistema y las posibilidades del azar.

## EVOLUCIÓN

***La Evolución es el desarrollo por medio del cual las cosas y los organismos pasan gradualmente de un estado a otro.*** [26]

*Una analogía de la evolución biológica sucede con los Objetos de Diseño Industrial (ODI), en donde éstos evolucionan para adaptarse a un mercado...* [23]

*La teoría de la evolución establece que los organismos actuales, descienden, con modificaciones, de formas de vidas preexistentes. La evolución surge como consecuencia de tres procesos naturales: la variación genética entre los miembros de una población; la herencia de estas variaciones mediante crías de padres que portan la variación; y la selección natural, la supervivencia y reproducción incrementada de organismos con variaciones favorables.*

*Definir el alcance de esta labor y cuál es el futuro del diseño industrial es algo que sólo la Historia podrá hacer, pues innovar es siempre una aventura hacia lo desconocido; por esto mismo es necesario revisar los hechos pasados que nos*

*muestran los aciertos y errores que implica el riesgo de innovar, para así dar un paso más hacia adelante...* [26]

Una de las primeras tentativas (en el siglo XIX) por construir una taxonomía de los objetos fue el trabajo desarrollado por Lane-Fox, cuyo seudónimo era Henry Pitt-Rivers. El autor, siguiendo la idea de Herbert Spencer respecto al modo como la historia de la vida se caracteriza por un desarrollo de lo simple a lo complejo, de lo homogéneo a lo heterogéneo, ordenó los diseños en secuencias que empezaban por el instrumento o utensilio más simple y progresaban gradualmente hasta el más complejo. Pitt-Rivers no fechaba con precisión sus artefactos ni se preocupaba por ubicarlos en un contexto cultural específico; lo que buscaba eran las formas que llenaban los huecos de las secuencias existentes o que podían utilizarse para iniciar nuevas secuencias. Creía que el cambio tecnológico no se conseguía mediante una serie de grandes saltos, sino que se basaba en un predecesor inmediato anterior, de manera que todo diseño podía disponerse en una secuencia y seguirse retrospectivamente en el tiempo, llevándonos así a los primeros artefactos. [17]

*Se puede comprender el origen y la diversificación, la relación entre los objetos a partir de su similitud, por medio del análisis de los caracteres compartidos, la representación*



*de los nuevos caracteres y los ciclos en que aparecen algunos caracteres. [17]*

Así, en esta tesis se propone prospectar la evolución del microcentro de maquinado presentado en los capítulos anteriores.

## TENDENCIAS

Las tendencias determinan el rumbo que marcará el futuro del objeto, es lo que principalmente afecta al diseño.

1. Esta nueva micromáquina será la primera generación fabricada parcialmente por la generación anterior y de fabricación en serie (incorporación de diseño industrial). Producirá piezas para la generación siguiente.

2. Esta nueva micromáquina deberá realizar funciones específicas enfocadas a producciones para productos industrializados.

3. En esta nueva micromáquina las interfaces internas (medio de comunicación con otras máquinas) y externas (medio de comunicación con el usuario) deberán evolucionar hacia procesos automatizados, sistemas inteligentes y digitales.

## Sistemas del microcentro de maquinado

- Interfaz exterior (carcasa y sus componentes)
- Interfaz interior (medio de intercambio de datos entre el microcentro, la computadora y máquinas análogas). Conexiones USB, inalámbricas, etc.
- Componentes internos
  - Eléctricos (cables, circuitos, sensores)
  - Mecánicos (motores, ejes, guías)
- Área de trabajo (espacio en el que se encuentran los componentes que participan directamente en el proceso de maquinado: herramental y pieza de trabajo)
- Limpieza y mantenimiento
- Visibilidad del proceso de maquinado para la supervisión del mismo, por ejemplo micro cámaras de video.
- Sistema de señales de aviso para las diversas funciones y/o etapas del proceso de maquinado (ej. Para indicar que ha terminado el maquinado de una pieza).

## Elementos de diseño para la prospectiva

- **Formas.** Determinar las formas que deberán definir a la máquina como tal.
- **Envolvente.** Definir elementos que deberá incluir la envolvente como medio de relación con usuario (interfaz).
- **Alimentación de la máquina.** Determinar la forma en la que el usuario suministrará el material a la máquina.

- **Recuperación de piezas terminadas.** Debido a las dimensiones milimétricas y submilimétricas de las piezas que se obtendrán, será necesario implementar un sistema para extraerlas.
- **Limpieza.** Los procesos de maquinado dejan virutas que se desprenden del material de donde se obtiene la pieza. La virutas se acumulan en la superficie de trabajo y debe ser removida constantemente para evitar problemas en los mecanismos.
- **Mantenimiento a largo plazo.** Además de la limpieza general de la máquina, debe darse mantenimiento a las partes mecánicas y eléctricas. Es preciso que esto lo realice un técnico experto, sin embargo debe contemplarse que éste tenga acceso al interior de la máquina.
- **Visibilidad.** Debido a las dimensiones del material y las piezas con que se trabajará será necesario implementar sistemas que permitan tener una clara visibilidad del proceso para supervisarlos.
- **Enfriamiento/ventilación.** Se requiere un sistema para ventilar o enfriar los mecanismos internos de la máquina.
- **Conexiones.** Se requieren conexiones para transmitir datos de la computadora al microcentro y viceversa así como conexiones a la corriente eléctrica.
- **Materiales.** Los materiales de la carcasa deberán ser resistentes a golpes y a altas temperaturas, además de proporcionar una apariencia adecuada para un objeto de alta tecnología.

- **Manufactura.** La manufactura del microcentro de maquinado deberá ser en serie con procesos industrializados.
- **Automatización.** Las funciones y procesos del microcentro deberán ser automatizados.
- **Incluir luz.** Como parte del sistema de visibilidad deberá contar un sistema de iluminación.
- **Indicadores.** El microcentro debe tener indicadores que informen al usuario de los estados del proceso de maquinado, así como de los errores que puedan presentarse.

## Perfil de Producto

**Estética,** se tomaron características de los siguientes elementos:

- Productos de Alta Tecnología
- Máquinas-herramienta
- Robots
- Marca Braun (como referencia estética actual)
- Marca Apple (como referencia estética actual)
- Concepto evolución
- Concepto disminución de dimensiones
- Concepto de generaciones sucesivas

### **Ergonomía:**

- Crear interfaz con el usuario. Diseñar un sistema en la carcasa que permita una comunicación adecuada entre la máquina y el usuario.
- Máquina transportable. Debido al tamaño de la máquina es factible que el usuario pueda moverla de un lugar a otro.
- Sistema de limpieza. Diseñar un sistema de limpieza para la máquina, ya sea automatizado o por medio del usuario.
- Diseñar un sistema para facilitar la visibilidad de micro piezas.
- Incluir un sistema de señales visuales y/o auditivas que mantengan al usuario informado del estado de los procesos internos.
- Crear un sistema para recolectar las piezas terminadas
- Alimentación. Será necesario crear un sistema para proveer a la máquina del material que será procesado.
- Cambio de herramientas. Determinar la forma en que se cambiarán las herramientas.
- Supervisar. Determinar que acciones realizará el usuario para obtener piezas terminadas.

### **Funciones del microcentro de maquinado**

- Maquinar piezas milimétricas y submilimétricas.

- Presentar el proceso de maquinado en el monitor de la PC por medio de un software especializado. Precisar de una cámara de video.
- Permitir el intercambio de datos mediante conexiones inalámbricas entre la máquina y la PC.
- Recoger piezas terminadas. Diseñar un sistema que permita concentrar las piezas terminadas en un depósito.
- Proteger. La carcasa debe proteger los componentes internos, mecánicos y eléctricos.
- Limpiar. Deberá tener un sistema para recoger los residuos del maquinado.
- Informar sobre el estado del maquinado.
- Ser portátil.

### **Producción**

- Será la primera generación producida industrialmente.
- Plásticos metalizados (inyección)

Piezas de metal inyectado

### **Concepto**

Este concepto retoma las funciones y disposición de los elementos del diseño del LMM, en el que una fresa y torno se fusionaron con el fin de obtener un centro de maquinado. Es por eso que el microcentro adquiere características formales tanto de la fresa como del torno.

### torno.

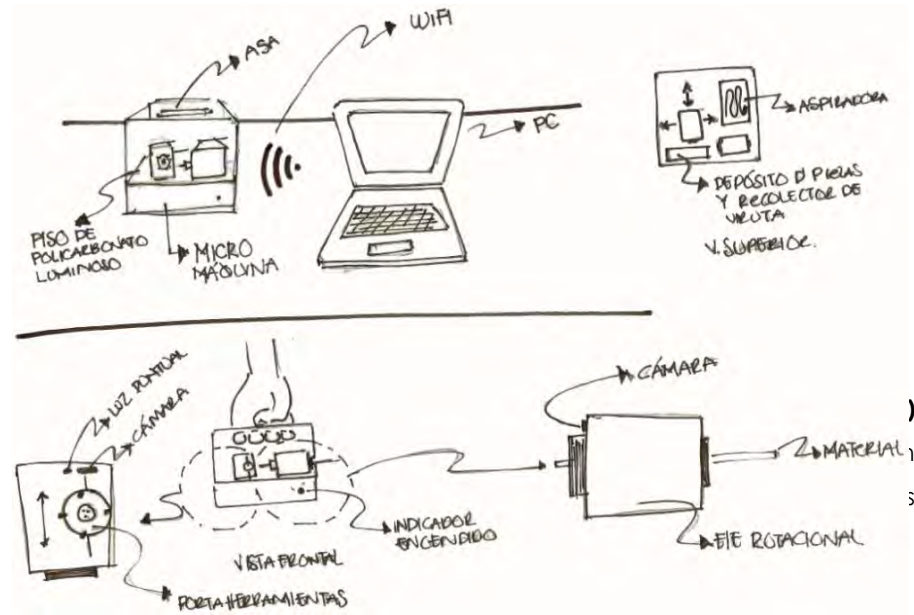
(Del lat. tornus, giro, vuelta).  
m. Máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de su eje por la acción de palancas, cigüeñas o ruedas, y que ordinariamente actúa sobre la resistencia por medio de una cuerda que se va arrollando al cilindro.

### fresa.

(De fresar).  
f. Herramienta de movimiento circular continuo, constituida por una serie de buriles o cuchillas convenientemente espaciados entre sí y que trabajan uno después de otro en la máquina de labrar metales o fresarlos.

El concepto surgió a partir de estas ideas:

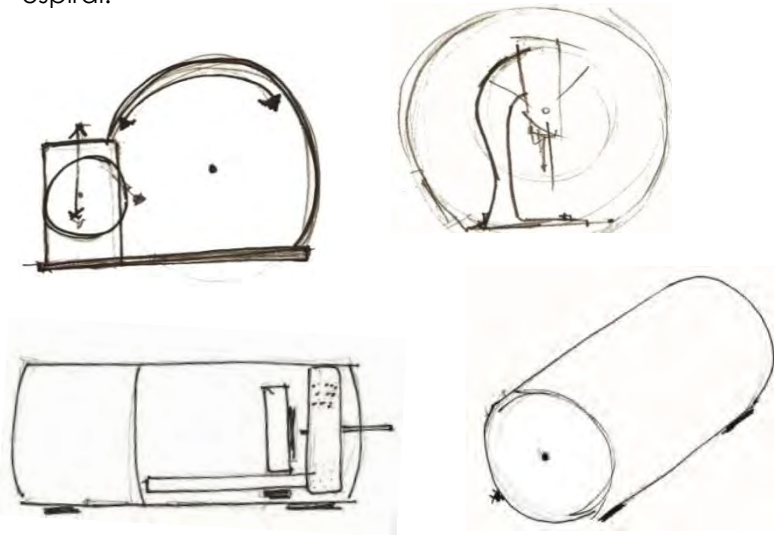
- **Movimiento circular continuo** proveniente del torno
- **Espirales** derivado del concepto del torno
- **Infinito** proveniente del movimiento continuo circular



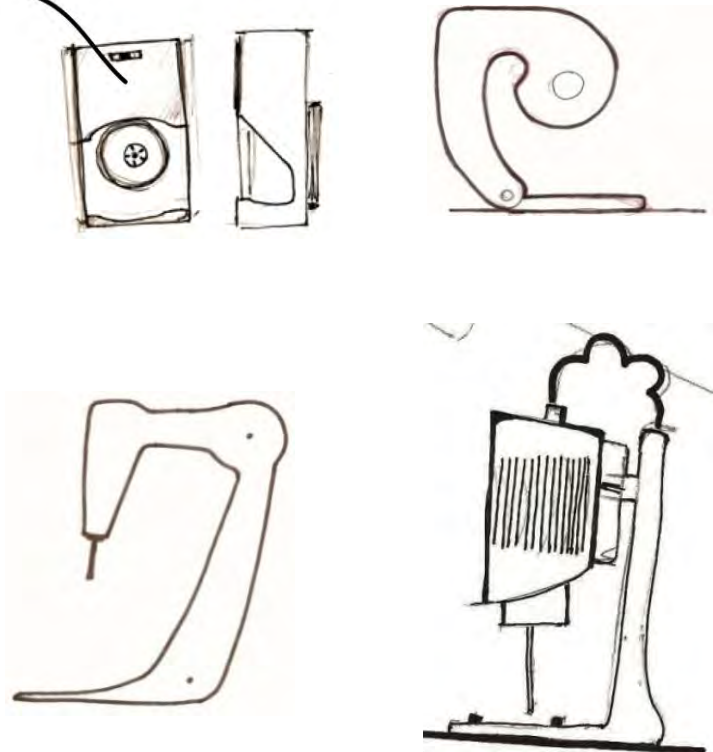
# BOCETOS



Conceptos utilizados para la propuesta final: movimientos cíclicos, movimiento circular, infinito a través de una forma espiral.



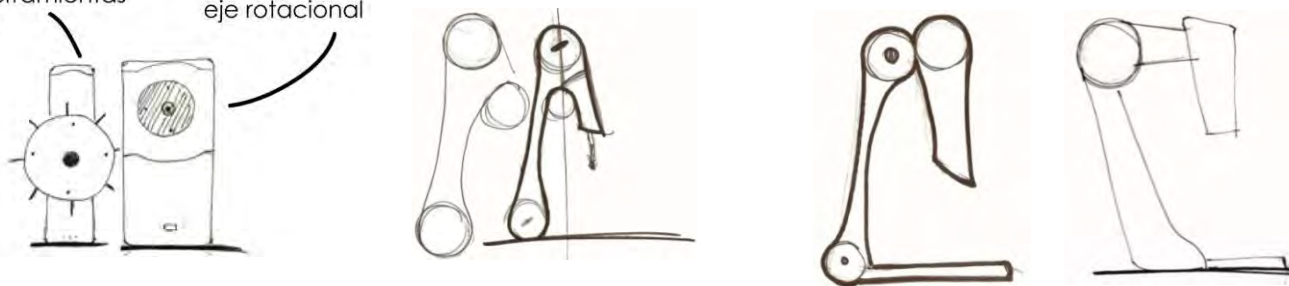
eje rotacional



Bocetos de propuestas para el portaherramientas.

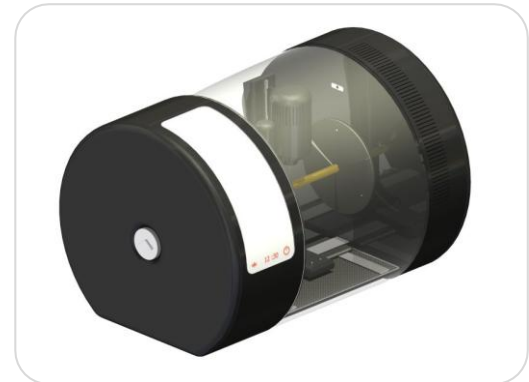
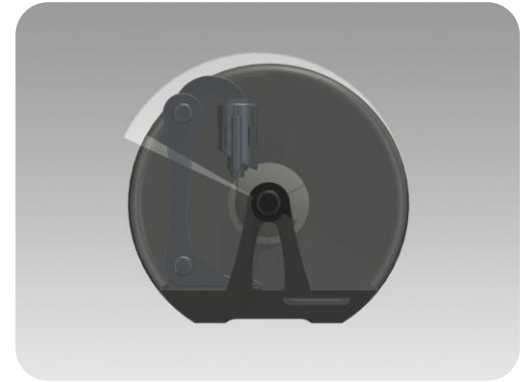
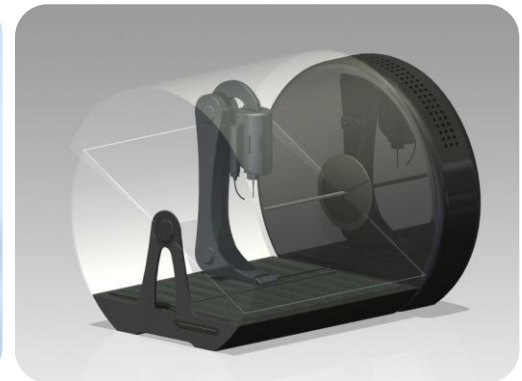
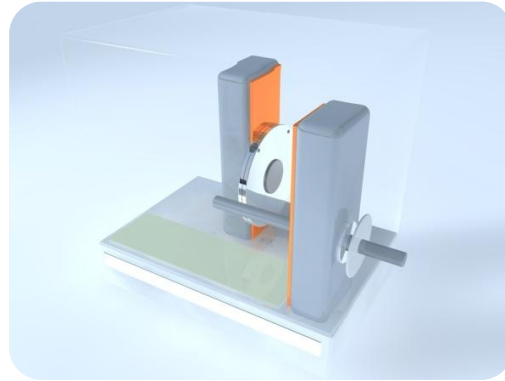
porta herramientas múltiple

eje rotacional





bocetos



primeras  
propuestas



concepto  
prospectivo

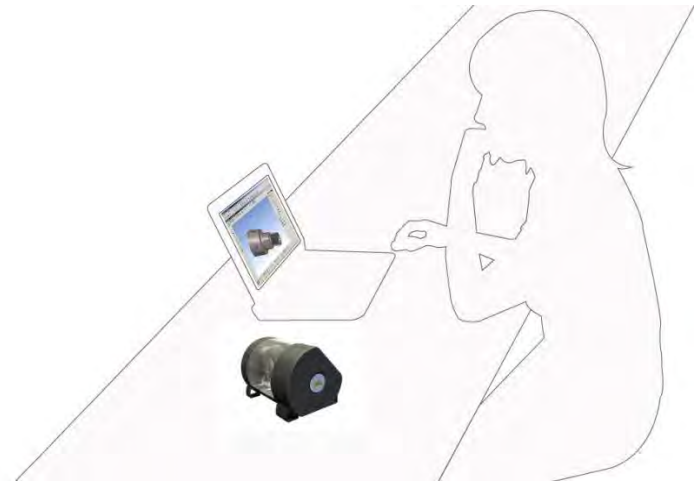


# Relación hombre-objeto

## Acciones que debe realizar el usuario

1. Cargar el programa de maquinado en la PC utilizando el software especializado - con esto se inicia la máquina
2. Colocar el material que se va a maquinar - la máquina succionará la pieza.
3. Colocar herramental - se coloca manualmente
4. Simulación del proceso de maquinado - esto se realiza para revisar los movimientos que debe hacer la herramienta en el maquinado de una pieza con el fin de evitar que la herramienta choque con alguna parte de la máquina
5. Comenzar maquinado - desde la PC mediante el software se da la orden a la máquina para que comience la manufactura de la pieza
6. Supervisión del proceso - se debe revisar el proceso del maquinado frecuentemente para detectar fallas en caso de haberlas
7. Recuperar piezas terminadas - las piezas son colocadas en el depósito por el brazo robótico
8. Limpiar charola - la charola se retira para limpiar las virutas que se acumularon después del maquinado-
9. Limpiar máquina con aire comprimido o brocha - para quitar los restos de viruta que hayan caído a la máquina se debe utilizar aire comprimido y una brocha.

10. Apagar la máquina - al cerrar el programa desde la PC se apagará la máquina.



Un software especializado ha sido creado para hacer funcionar al microcentro. El usuario opera la micromáquina a través de una computadora personal que a su vez se comunica con ella por medio de una conexión inalámbrica.



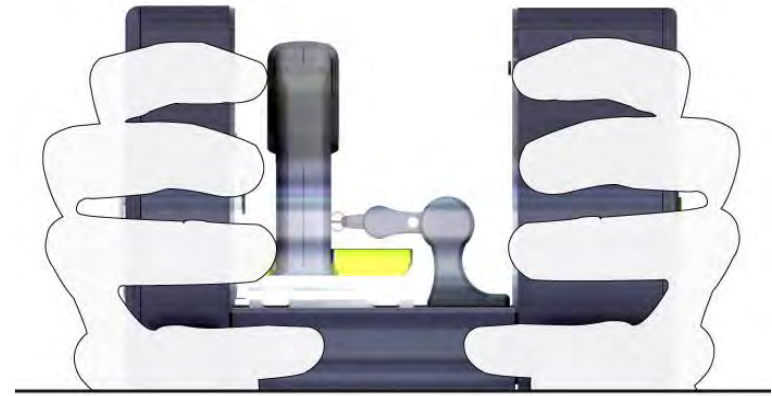


El material se coloca en la máquina manualmente por medio de un alimentador neumático que succionará la pieza. Se recomienda colocar una barra del largo que se requiera para el maquinado, con el fin de evitar parar la producción para colocar una nueva pieza.

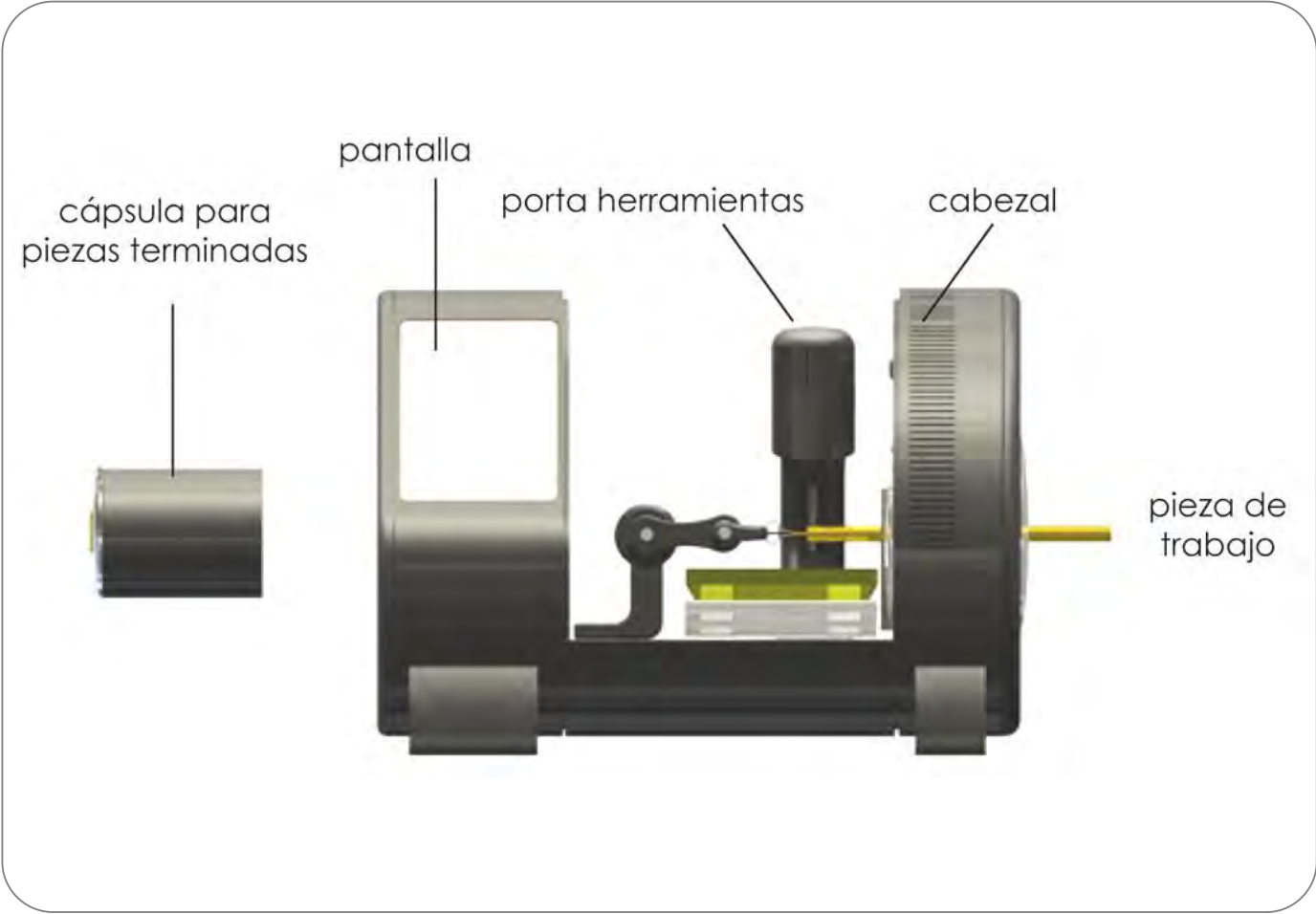


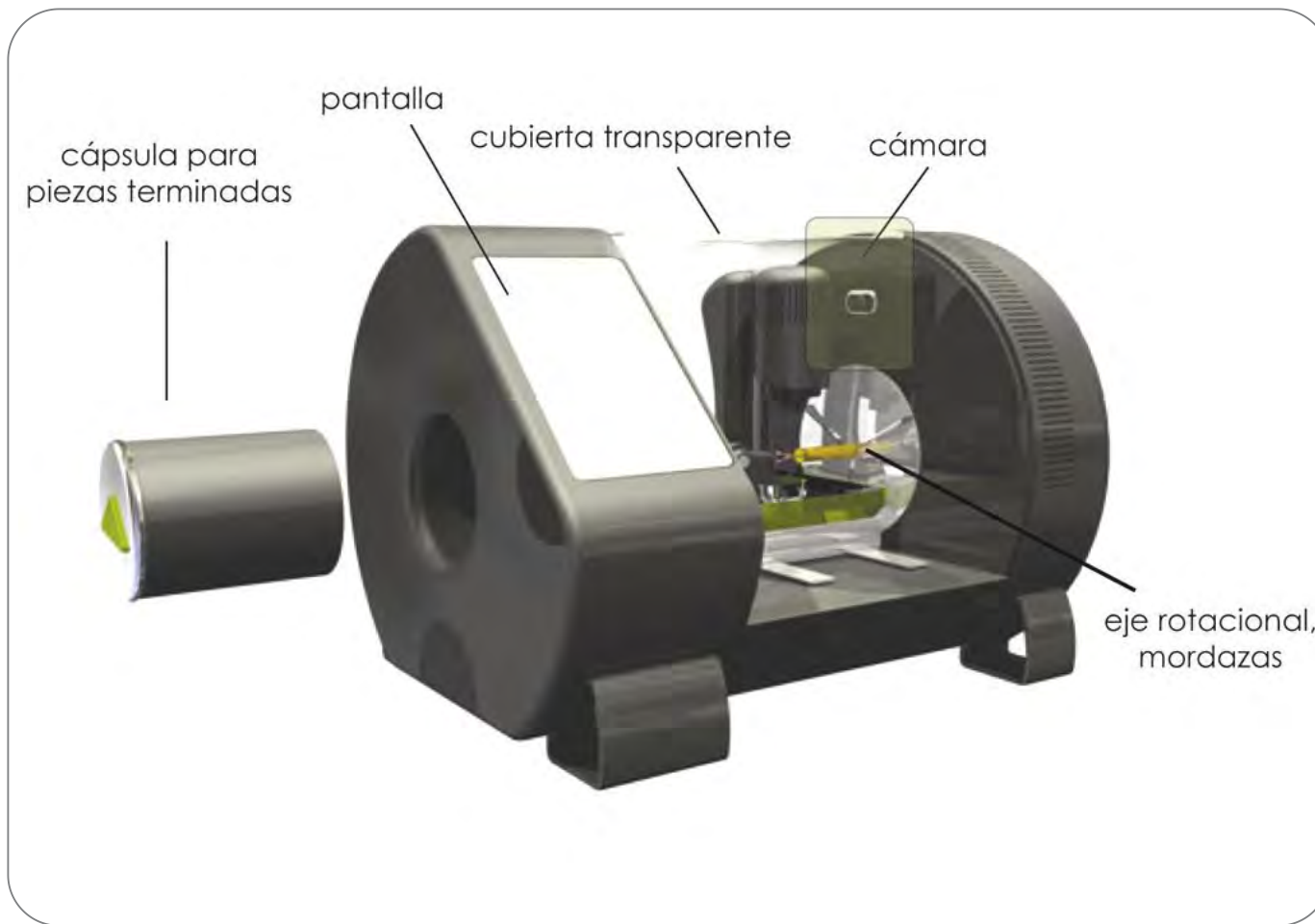
Las dimensiones del microcentro de maquinado y su envolvente, que protege y aísla los componentes internos manteniéndolos fijos en un sitio, permiten que éste pueda ser manipulado y transportado.

## Transportable



# Partes

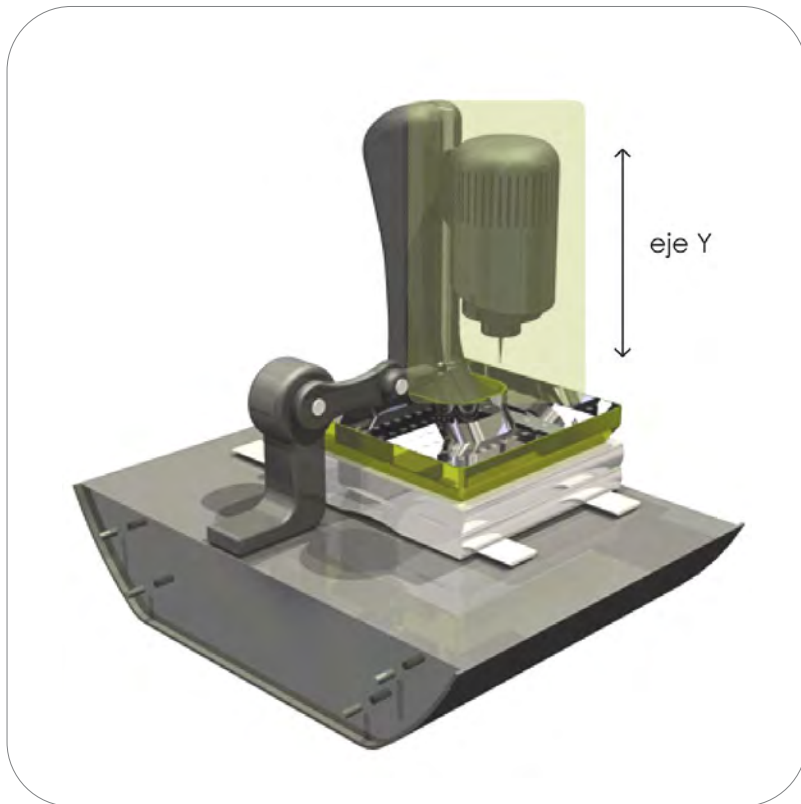




# Funciones



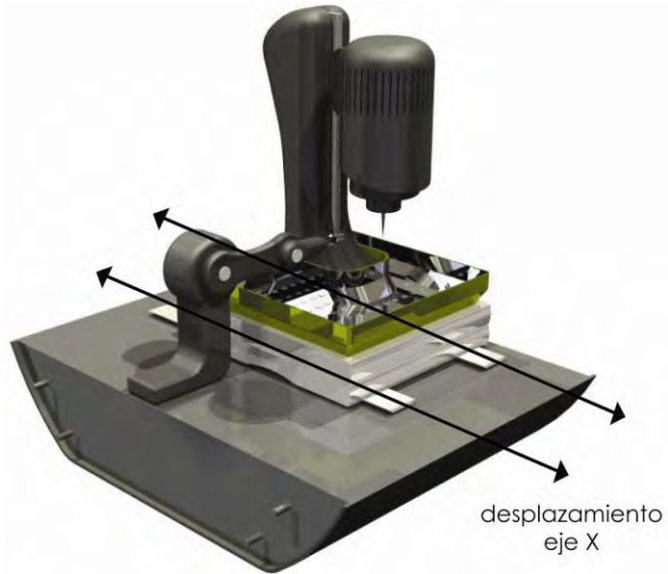
## Desplazamientos portamaterial



La cabeza se desplaza con movimientos verticales. A través de las guías del **eje y**.



El portaherramientas se desplaza con movimientos horizontales a través de las guías del **eje X**.

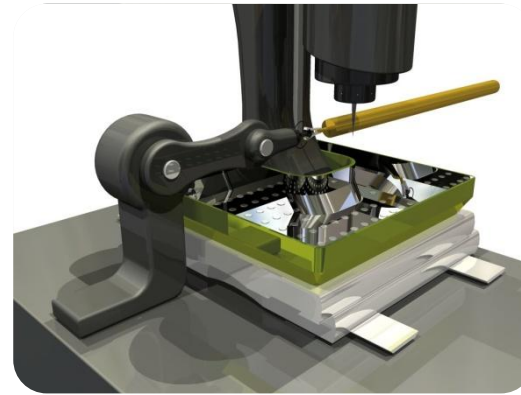


El portaherramientas se desplaza con movimientos adelante/atrás a través de las guías del **eje x**.

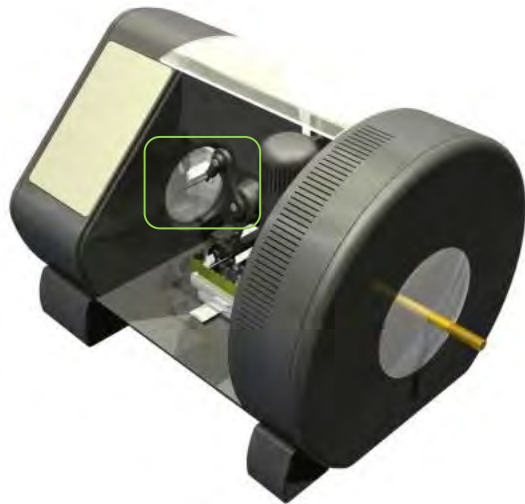


La herramienta gira dentro del portaherramientas, lo que permite que se realice el corte de material.

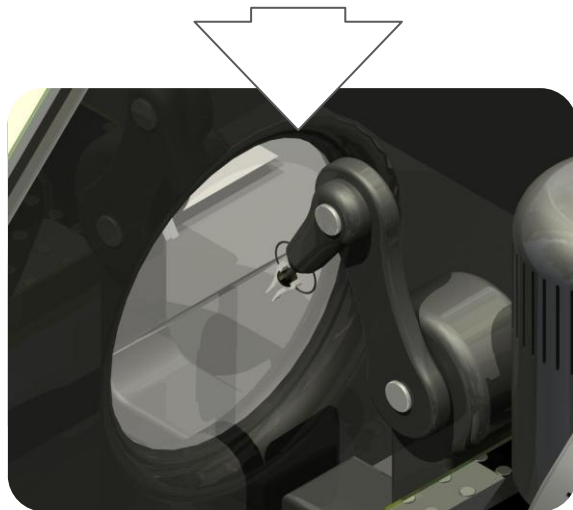
## Brazo manipulador



El brazo manipulador sostiene la pieza maquinada antes de ser cortada por completo de la pieza de trabajo.



El brazo manipulador transporta la pieza terminada hasta la cápsula.

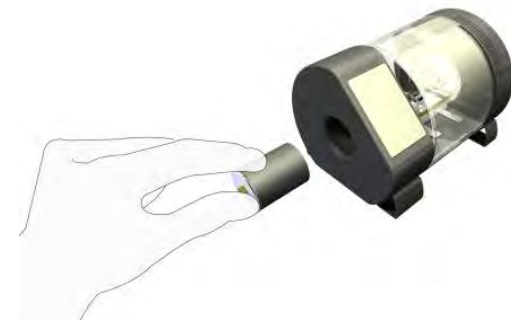


1



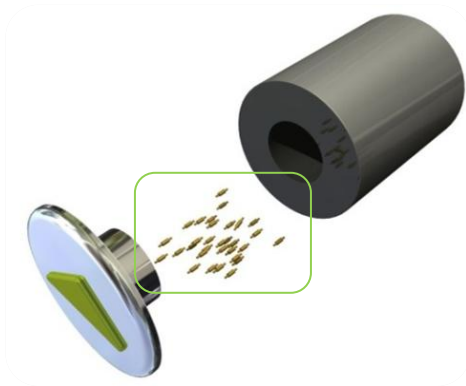
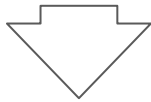
Se presiona la cápsula y por medio de un resorte salta al exterior.

2



Se extrae la cápsula de la máquina.

3



piezas terminadas

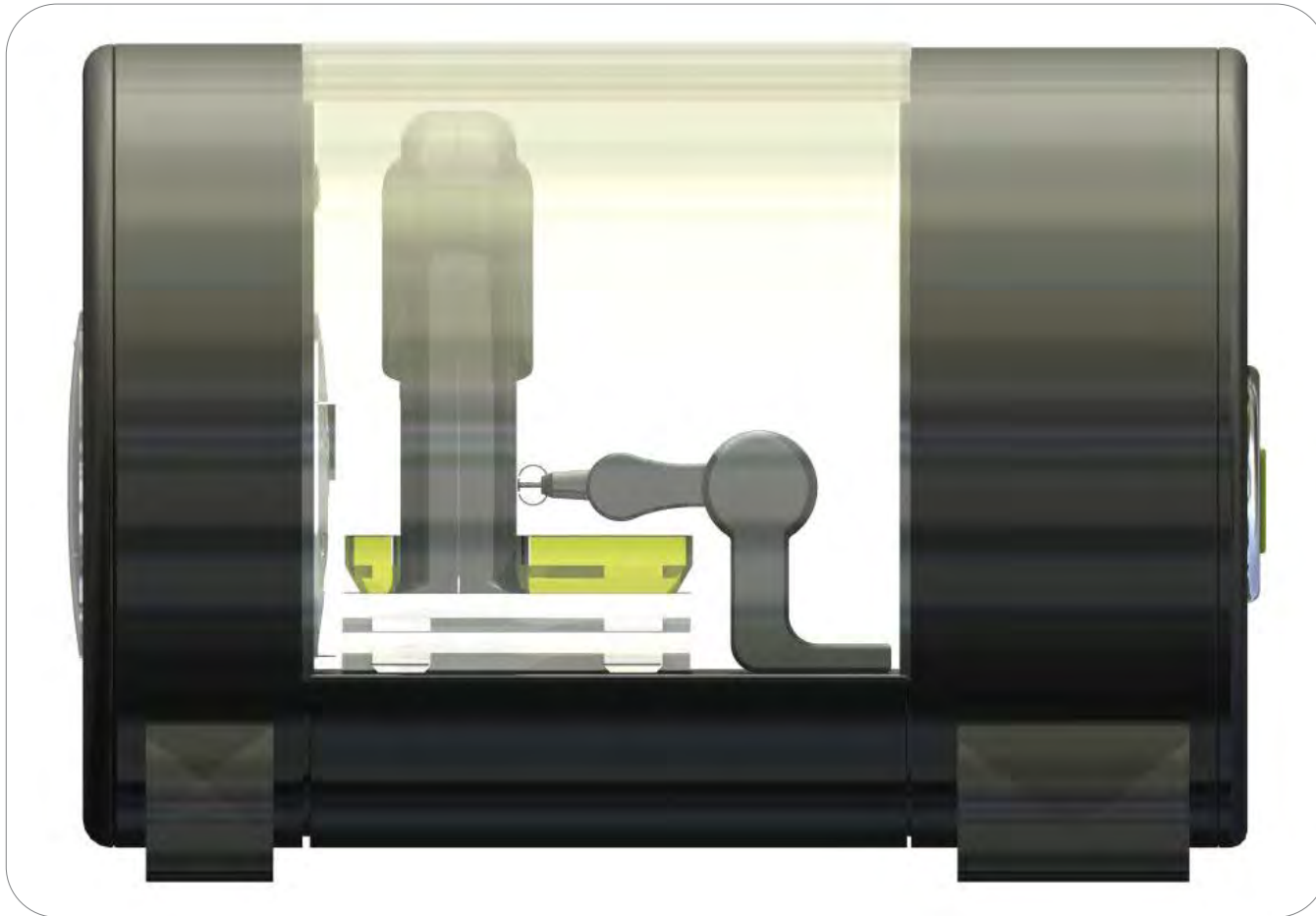


# Vistas

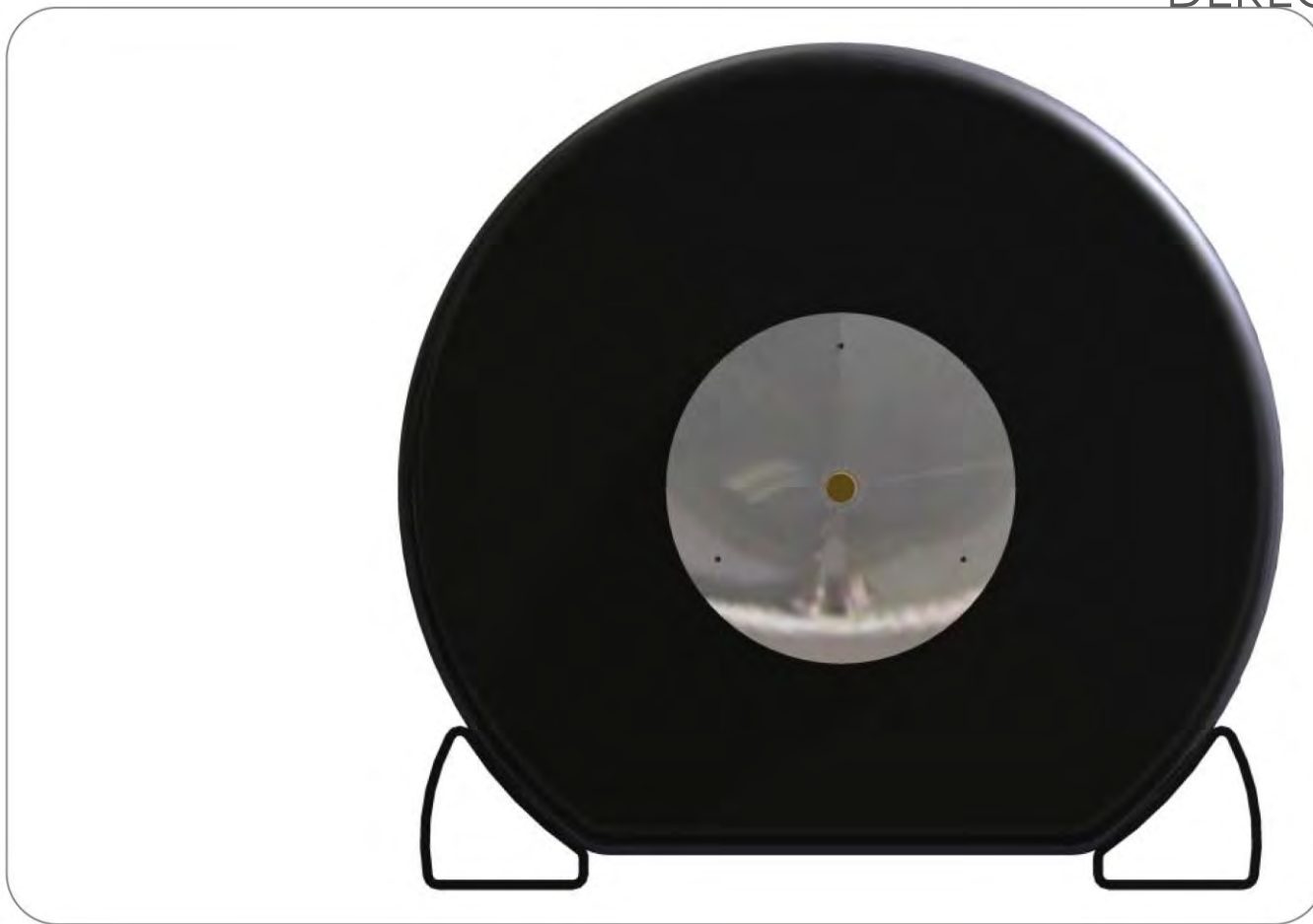
VISTA FRONTAL



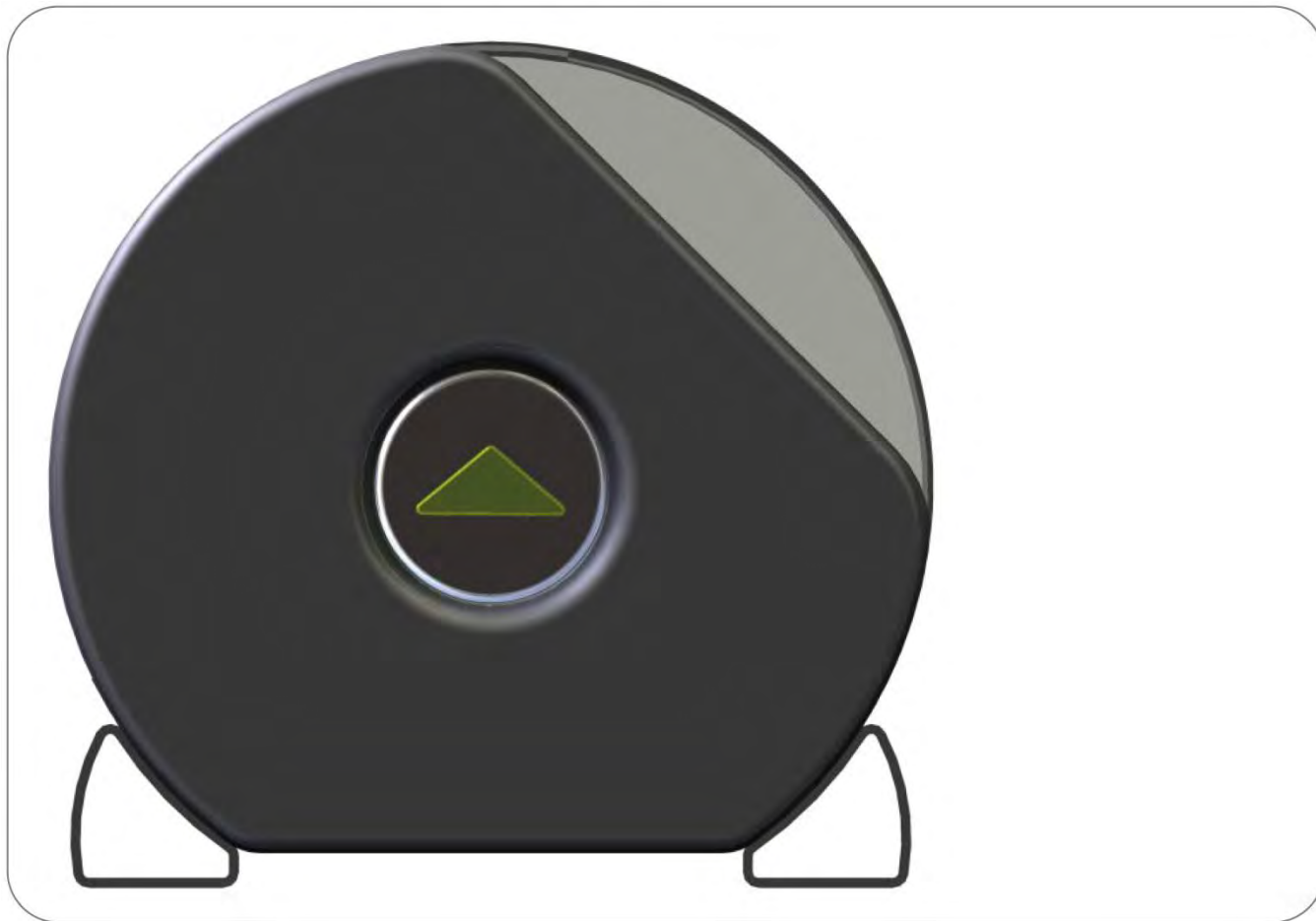
VISTA POSTERIOR



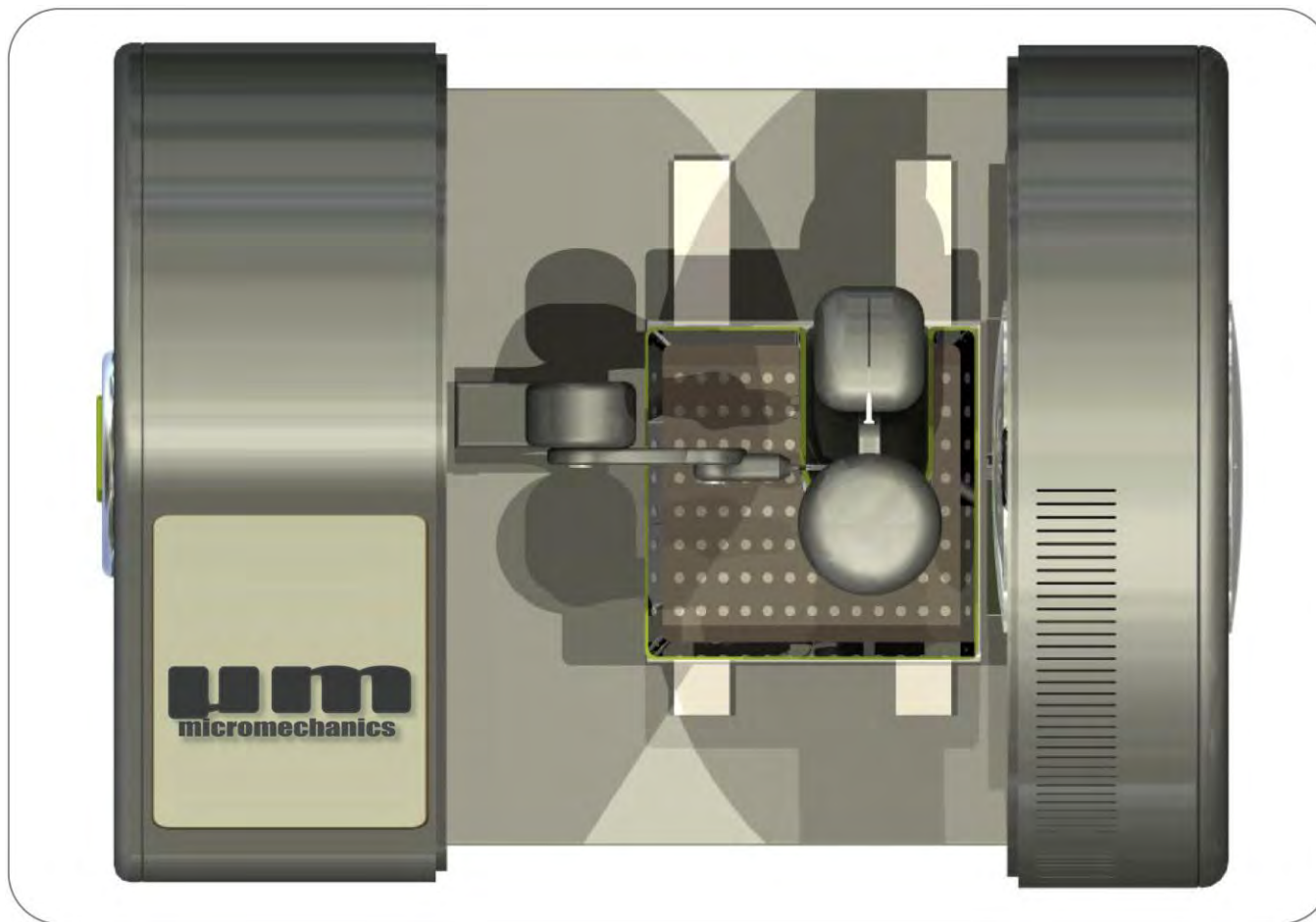
VISTA LATERAL  
DERECHA



VISTA LATERAL  
IZQUIERDA



VISTA SUPERIOR



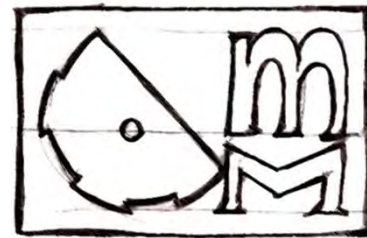
# imagen de producto



El logotipo es un derivado del logotipo diseñado anteriormente para el Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica.



Se muestran a continuación algunos bocetos de las primeras propuestas del logotipo.



Las siguientes son dos propuestas anteriores al logotipo final.

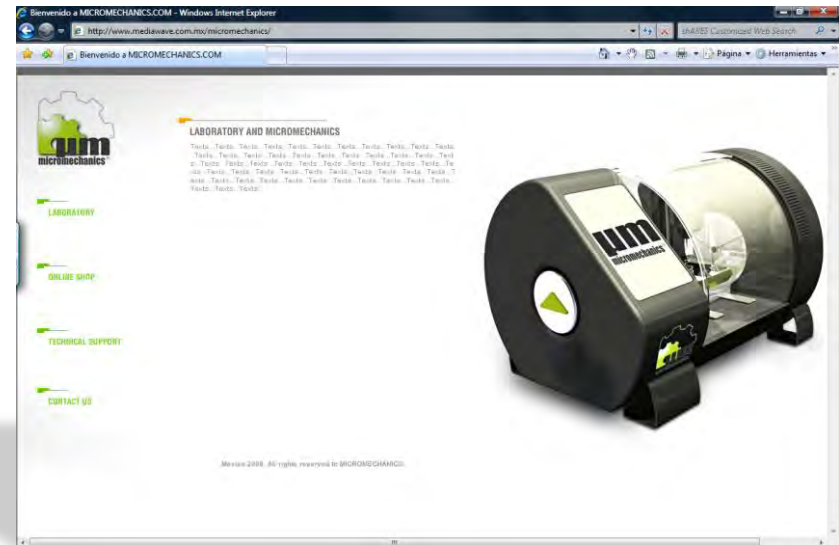




Aplicación del logo en el microcentro de maquinado.

# Sitio Web

Se pretende difundir información sobre los productos y servicios por medio de un sitio en internet; así como contar con una tienda virtual.



<http://www.mediawave.com.mx/micromechanics/>

# empaquete

El empaque sugiere las típicas cajas de madera en que se embalan las máquinas de tamaño convencional. Como creando una nueva relación de tamaño en entre las máquinas convencionales y las de micromecánica.





## MICROMECHANICS

# Plan de Negocios 2009

### Objetivo General

Tener un plan de negocios con el fin de definir una estrategia organizacional para lanzar al mercado una nueva marca con productos de alta tecnología.

### Objetivos Particulares

- Lanzar al mercado los productos de Micromechanics y dar a conocer la marca como una empresa de desarrollo de productos donde la línea de investigación es la micromecánica.
- Desarrollar estrategias de venta y publicidad de productos y servicios por internet.

### Planteamiento

#### Logotipo:



#### Nombre de la empresa:

- **Micromechanics**

#### Giro:

- **Desarrollo de productos e investigación**

#### Principal actividad:

- **Investigación, diseño y desarrollo de productos de micromecánica.**

#### Sitio Web:

- <http://www.mediawave.com.mx/micromechanics/>

Micromechanics es una empresa innovadora que trabaja para desarrollar productos, y soluciones para sus clientes a través de investigación científica y tecnológica en la línea de la micromecánica.

## **Planeación**

- **Misión**

Generar innovación tecnológica y desarrollo científico en la línea de micromecánica, a través de investigación e implementación de nuevas tecnologías, y la integración de diseño industrial en los productos.

- **Visión**

Impulsar el desarrollo científico y tecnológico en México así como el sector industrial con propuestas innovadoras y productos de alta calidad. Teniendo en mente siempre promover acciones de mejora para el país y la sociedad.

- **Filosofía Corporativa**

- Innovación + Investigación + Diseño
- Trabajo en equipo, multidisciplinario
- Calidad
- Alta tecnología
- Calidad humana

## ANTES

### ¿Qué se hizo?

- Se hizo una propuesta de rediseño de las partes estructurales del microcentro, ordenando las piezas formalmente
- Se obtiene un objeto estéticamente más limpio
- Se bocetaron las piezas
- Se tomaron medidas de cada una
- Se modelaron en 3D, con lo que se obtuvieron mejoras en el proceso de diseño continuo
- Se propuso fabricar el microcentro en CNC, con lo que se mejora la calidad de manufactura y se obtiene mayor flexibilidad en los procesos productivos
- Se incorporó una envolvente
- Se agregaron elementos estéticos, ergonómicos y de utilizabilidad
- Se mejoró la protección de los componentes mecánicos y electrónicos
- Se agregaron elementos de protección al usuario
- Se agregaron ventiladores

### ¿Qué falta?

- Introducción en el mercado
- La envolvente se debe quitar parcialmente para acceder a los componentes internos, los cuales deben ser ajustados cada cierto tiempo
- Se debe incluir un chuck automático adecuado al proceso CNC que ocupa al microcentro

## DESPUÉS

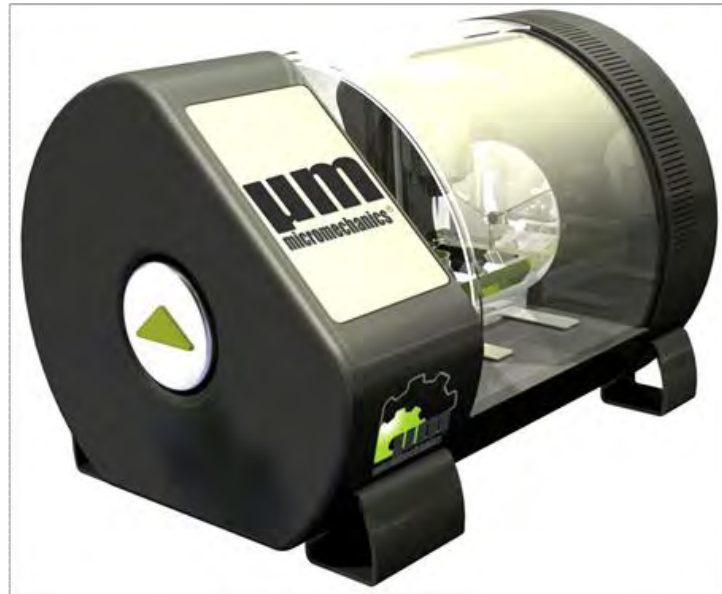
### ¿Qué se hizo?

- Un concepto para la creación de un producto incluyendo elementos estéticos intencionados
- Imagen de producto: marca, logotipo, sitio web
- Se propone cambiar de ser un centro de maquinado a una máquina herramienta especializada (microtorno)
- Se plantea que la máquina debe ser totalmente automatizada
- Se propone el microtorno como un dispositivo inteligente de alta tecnología codependiente de una computadora

PRESENTE



FUTURO





conclusiones  
CONCLUSIONES  
conclusiones  
conclusiones  
conclusiones

Finalmente, los objetivos trazados para el proyecto que se ha realizado se han cumplido, a continuación una breve explicación.

Se solicitó, por parte del LMM una cubierta protectora para el prototipo de microcentro de maquinado, descrito anteriormente. Fue diseñada y fabricada.

Al iniciar el proyecto, se presentaron dificultades para generar propuestas a partir de los recursos asignados pues no permitirían el desarrollo de un sistema de envolvente de alta tecnología como sugiere el concepto mismo de la micromecánica y sus aplicaciones innovadoras. Esto dificultó la toma de decisiones.

Se hicieron muchas y diversas propuestas que pretendían no dejar fuera ninguno de los factores comprendidos en el análisis del microcentro de maquinado, así como los factores (función, producción, estética y ergonomía) que domina el diseño industrial.

También se fabricaron diversos modelos de trabajo para experimentar con diferentes técnicas de producción. Y finalmente se decidió que el mejor proceso para las necesidades era hacer mediante dobladoras de lámina manuales.

Para trabajos futuros se propone fabricar la carcasa mediante procesos automatizados y revisar el análisis funcional del microcentro con el fin de diseñar cubiertas para determinadas

áreas de la máquina que vistan parcialmente el microcentro y no en su totalidad como lo hace la envolvente actual.

Además, se sugiere trabajar el diseño del producto en conjunto con el diseño de ingeniería, conforme el progreso del proyecto.

La prospectiva que se planteó en este documento se refiere al diseño de una micromáquina herramienta a la que se ha incorporado tecnología de vanguardia y se plantea como un dispositivo periférico de una computadora. Esto debido a su tamaño y la dependencia que existe con ésta última. Se concibe ya como un producto y no como prototipo.

Se concluye que, las micromáquinas, a pesar de funcionar similar a una máquina herramienta de control numérico convencional, deben ser diferentes no sólo en el tamaño sino en sus características funcionales; sobre todo las que tienen que ver directamente con el usuario (usabilidad). Diseñar para el usuario, tomando en cuenta no sólo sus características antropométricas sino su condición humana, es decir su experiencia y sensaciones.

En un producto como este que pertenece a un mercado tan nuevo existen enormes posibilidades de creación y de expresión. Pues no existe una carga cultural y/o formal que pueda influir o limitar el diseño, mientras se cuente con la tecnología necesaria para desarrollarlo.

Las pequeñas dimensiones y el esperado decremento de las mismas constituyen una enorme ventaja, establece la posibilidad de innovar en los procesos productivos así como en los materiales aplicables. Deberán proponerse soluciones a través proyectos de investigación para obtener los productos deseados.

Mi experiencia en el CCADET en conjunto con el CIDI, me hace creer en la urgente necesidad de impulsar el desarrollo científico y tecnológico; así como conjuntar ideas a través de nuevos proyectos y equipos multidisciplinarios que enriquezcan las propuestas.

El mundo actual del diseño necesita proyectos interdisciplinarios para crear los objetos que empleamos en las actividades de la vida cotidiana. Objetos que requieren mayor complejidad para competir contra otros, más investigación en todas las áreas que el diseño ocupa para proponer mejores soluciones de acuerdo a las necesidades.

*Una de las opiniones más arraigadas en la sociedad es la afirmación de que la actividad científica y la artística representan polos opuestos en el desarrollo creativo, irreconciliable entre sí y contradictorio en su esencia. En la práctica, sin embargo, ambas disciplinas tienen más aspectos en común que de oposición pues su dinámica se desarrolla a partir de la creación libre aunque las reglas del juego sean diferentes para cada una de ellas. Victor Weiskopf dice: "bien vale la pena dedicar una vida a Beethoven y a la mecánica cuántica. Noé Sánchez Ventura, del libro Arte y Diseño, UNAM, México, 2002.*

Para el caso de los productos de diseño industrial, que generen valor agregado a los objetos, se abran más y nuevos mercados en México y la posibilidad de crear e innovar productos tecnológicos cada vez más complejos. Siempre tomando como objeto principal, al usuario y como elemento esencial al medio ambiente.



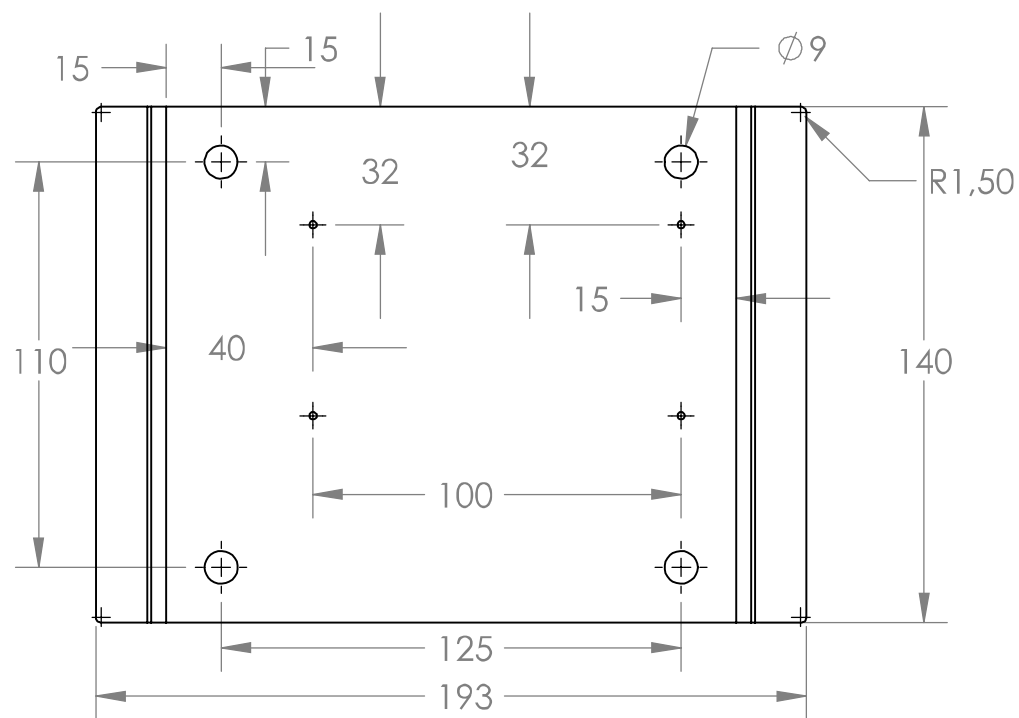
# Bibliografía

1. ABBOT, A History of Mechanical Inventions, Dover Publications, Inc. 1998, Reino Unido, p. 450
2. ASKELAND, Donald, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Thomson Editores, España, 2000, p. 790
3. CROSS, Nigel, et. al., Diseñando el Futuro, Editorial Gustavo Gili 1980, España, 1980, p. 166
4. DAVEY, Andrew, Detail Exceptional Japanese Product Design, Laurence king Publishing, 2033, p. 175
5. DOMINGUEZ, Enrique, Tesis Máquina de Múltiples Estaciones de Trabajo, CIDI UNAM, 2000
6. FEIRER, John, Metal, Tecnología y Proceso, Editorial Paraninfo, España, 2000, p. 578
7. HELANDER, Martin, A Guide to the Ergonomics Manufacturing, Taylor and Francis Publications, 1995, p. 210
8. Historia de los Inventos, Editorial Salvat, 1986, España, p.
9. Institute for Applied Organizational Research Karlsruhe (IFAÖ), Practical CNC-Training for planning and Shop, Part 1 Fundamentals, Hanser Publications, Alemania, 1985, p. 184
10. KALPAKJIAN, Serope, SCHMID, Steven R., Manufactura, ingeniería y tecnología, Cuarta Edición, Traducción SÁNCHEZ, García Gabriel, Editorial Prentice Hall, México, 2002, p. 1152
11. KRANZBERG, Melvin, et. al., Historia de la Tecnología, Editorial Gustavo Pili, España, 1981, p. 880
12. KRAR, CHECK, Tecnología de las Máquinas-Herramienta, Editorial Alfaomega, México, 2002, p. 869
13. KUSSUL Ernst, et al, Micromechanical engineering: a basis for the low-cost manufacturing of mechanical microdevices using microequipment, 1996
14. LARBURU, Nicolás, Máquinas y Herramientas Prontuario Descripción y Clasificación, Editorial Paraninfo, España, 1994, p. 163
15. MACULAY, David, El Mundo de las Máquinas, Rider's Digest, Hong Kong, 1992, p. 383
16. MANGONON, Pat, Ciencia de Materiales Selección y Diseño, Prentice Hall, México, 2001, p. 818
17. MARTÍN, Juez, Contribuciones para una Antropología del Diseño, Editorial Gedisa, España, 2002, p. 222
18. MCGEOUGH, Joseph, Micromachining of Engineing Materials, Editorial, Marcel Dekker, USA, 2002, p. 397
19. MUNARI, Bruno, Cómo nacen los objetos, Gustavo Gili, Barcelona, 2004, p. 383
20. National Geographic ROBOT EVOLUTION vol. 192 No. 1 July 1997, Washington, DC National Geographic Society
21. NEW MICROSCOPIC ROBOT'S TINY STEP IS A HUGE LEAP  
Brian Handwerk for National Geographic News, October 26, 2005  
[http://news.nationalgeographic.com/news/2005/10/1026\\_051026\\_finy\\_robot.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2005/10/1026_051026_finy_robot.html)

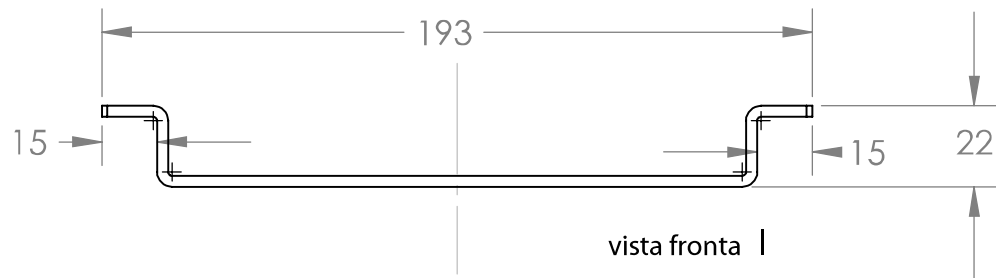
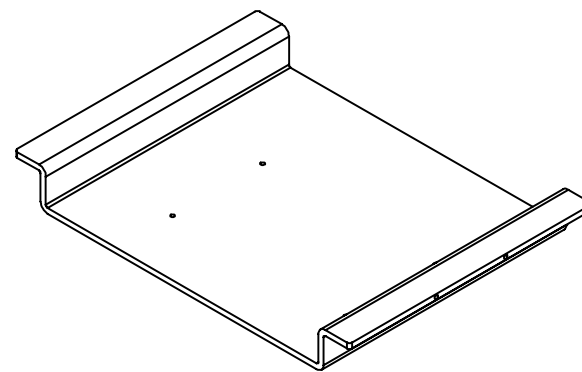
22. OBERG Erik, et al. Machinery's Handbook, 27ª ed, Industrial Press, New York, 2004, p. 2693
23. REYES, Rodríguez David, Evolución y prospectiva de la aspiradora, Colección CIDI Cultura del Diseño, UNAM, México, 2004
24. RUIZ Huerta Leopoldo, Desarrollo de Microequipo para células de manufactura, Tesis de Doctorado, México, UNAM, 2005
25. RUIZ Huerta Leopoldo, Diseño y construcción de un microcentro de bajo costo, Tesis de Maestría, México, UNAM, 2000
26. SALINAS, Flores Oscar, Historia del Diseño Industrial, Editorial Trillas, México, 1992, p. 311
27. T.S., Clark, et. al., The Ergonomics of Workspaces and Machines, a Design Manual, Francis Publications, 1984, USA, p. 95
28. Miklos y Tello, "Planeación prospectiva, una estrategia para el diseño del futuro", Centro de Estudios Prospectivos Fundación Javier Barros Sierra y Limusa Noriega Editores, México, 1998.
29. DANIELEVSKY, V. Historia de la Técnica (siglos XVIII y XIX), Editorial Cartago 2ª. Edición, 1983, México, p. 367,
30. STRANDIT, Sigvard, Historia de la Máquina, Editorial Raíces Santander, España, 1984, 256 p.

## Fuentes de información electrónica

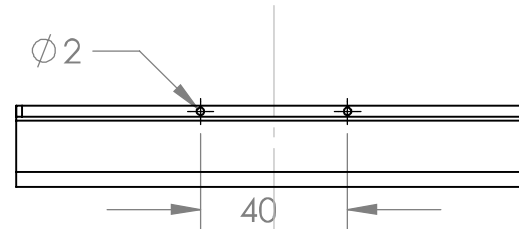
31. <http://www.nanowave.co.jp/>
32. <http://www.aist.go.jp/MEL/>
33. <http://www.olympus.co.jp/en/news/1999b/nr991201mifae.cfm?ote=1&nr=1>
34. <http://www.mtu.edu/>



vista superior



vista fronta I



vista lateral

CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

PROYECTO 1

ENVOLVENTE

NOMBRE

base eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL placa de aluminio

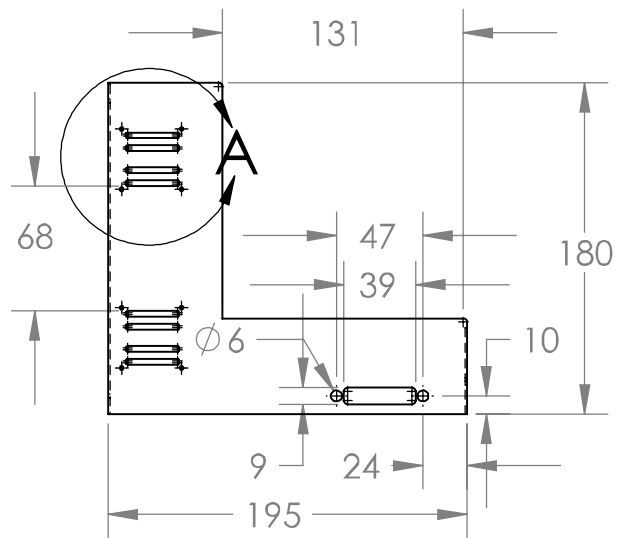
DIBUJO NO. 01

CANTIDAD 1

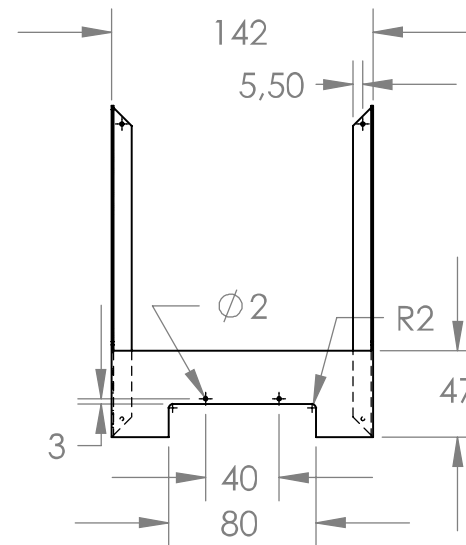
ESCALA 1:2

HOJA 1/14

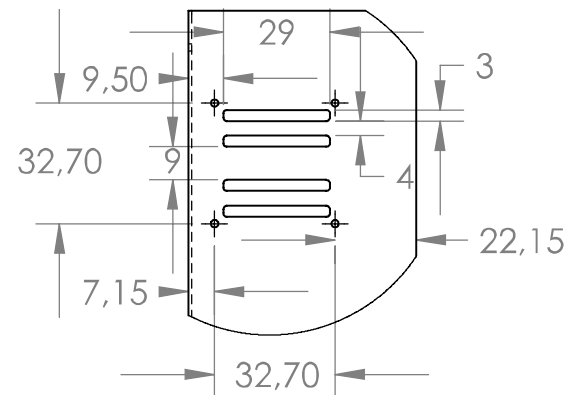
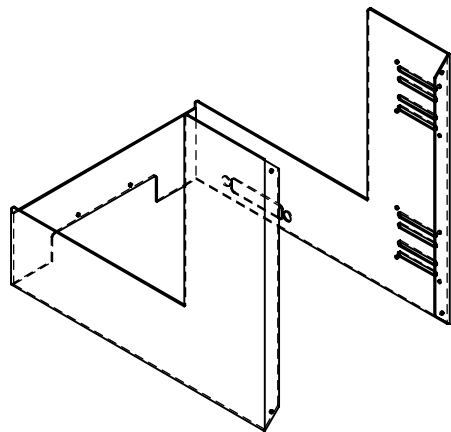
A4



vista posterior



vista lateral izquierda



DETALLE A

CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

estructura principal eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 12 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

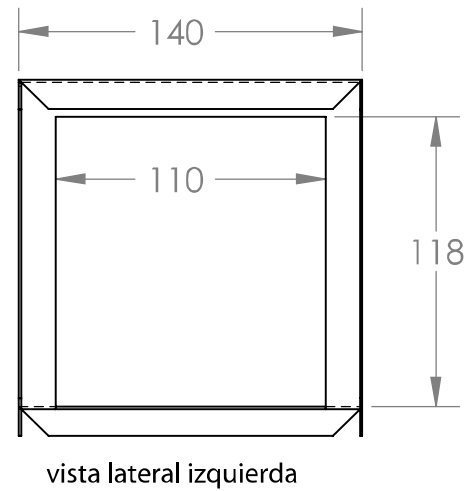
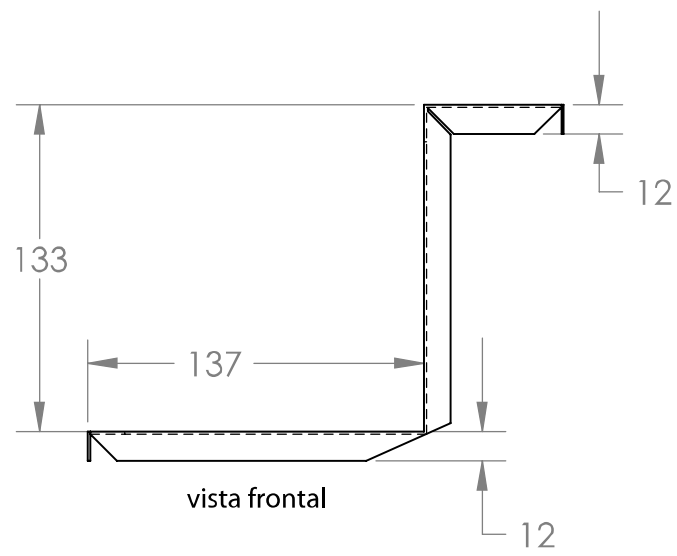
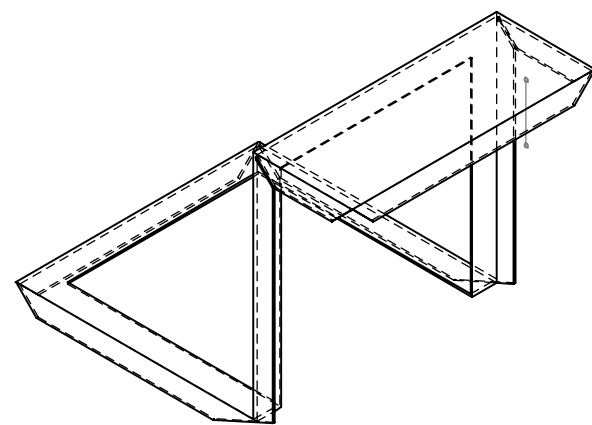
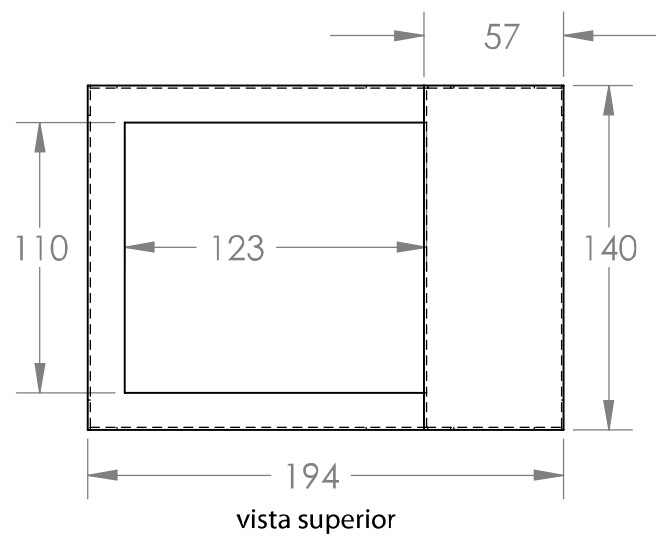
DIBUJO NO. 04 CANTIDAD 1

ESCALA 1:4 HOJA 4/14

PROYECTO 2

ENVOLVENTE

A4



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE  
soporte de tapas eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

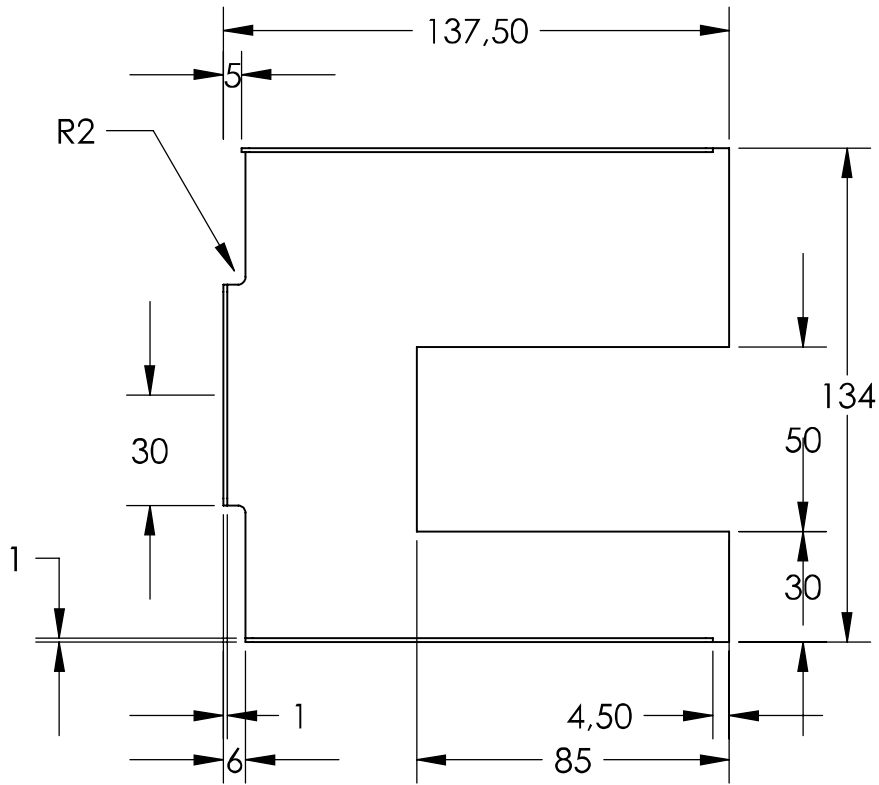
MATERIAL lámina aluminio cal. 22

DIBUJO NO. 05 CANTIDAD 1

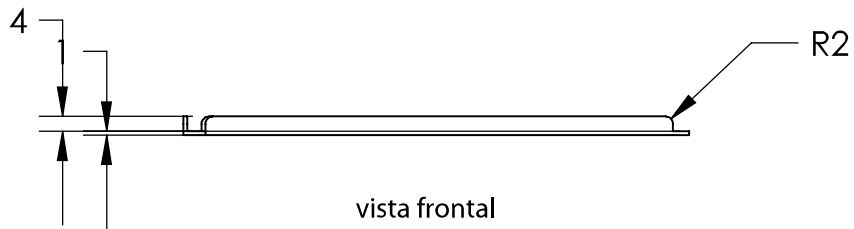
ESCALA 1:4 HOJA 5/14

PROYECTO 3  
ENVOLVENTE

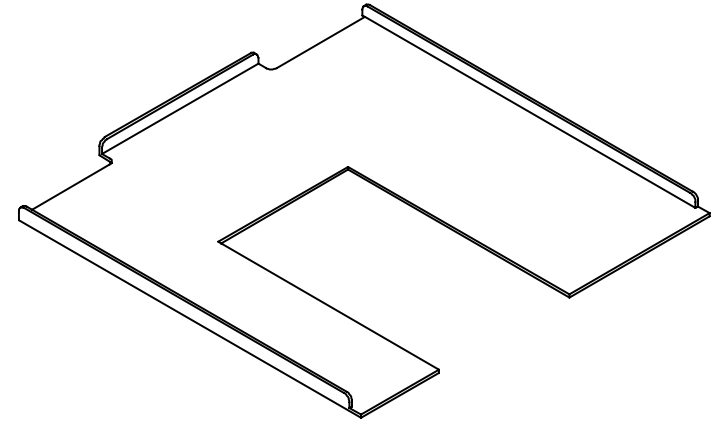
A4



vista superior



vista frontal



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

tapa horizontal eje y

DIBUJÓ

Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009

COTAS mm

MATERIAL

lámina aluminio cal. 22

DIBUJO NO.

06

CANTIDAD

1

ESCALA

1:4

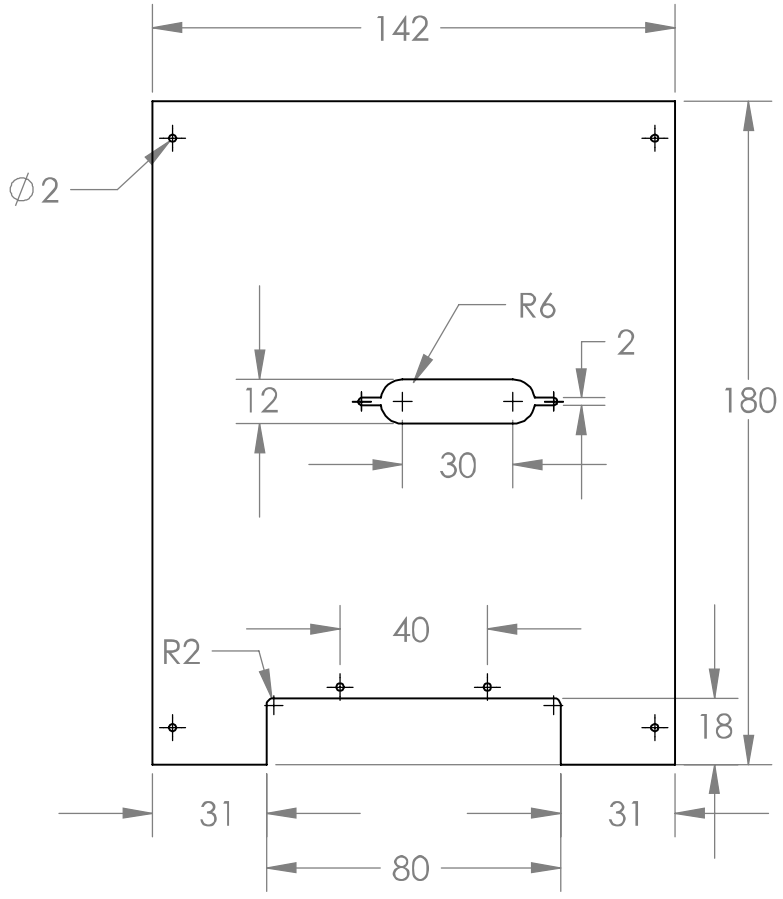
HOJA

6/14

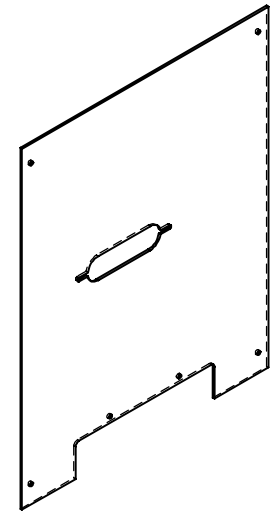
PROYECTO 4

ENVOLVENTE

A4



vista frontal



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE tapa lateral eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

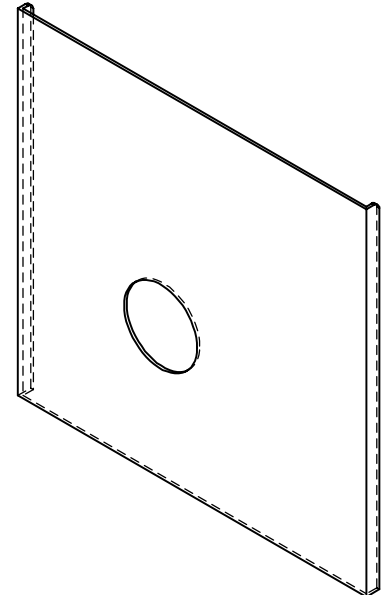
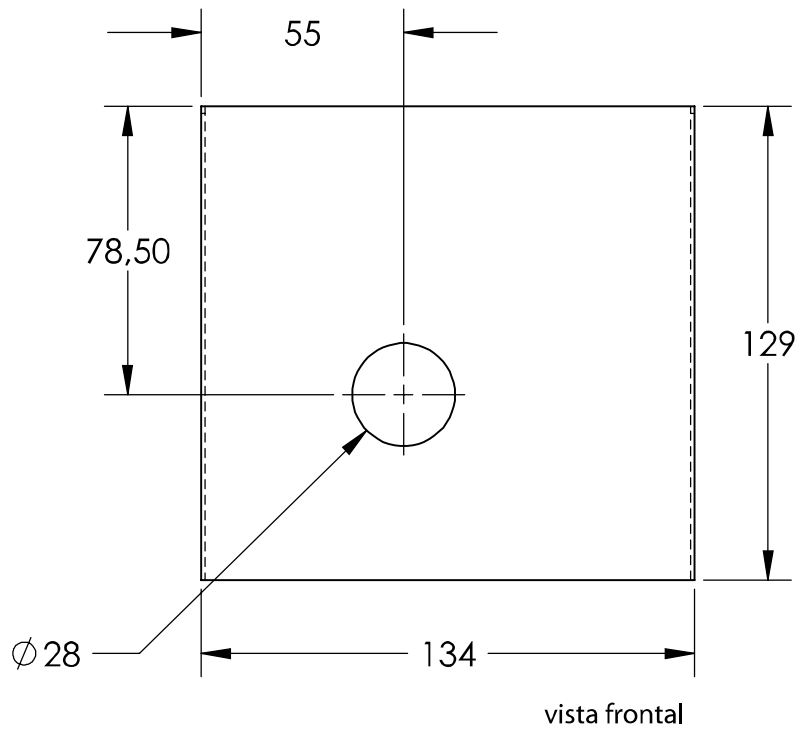
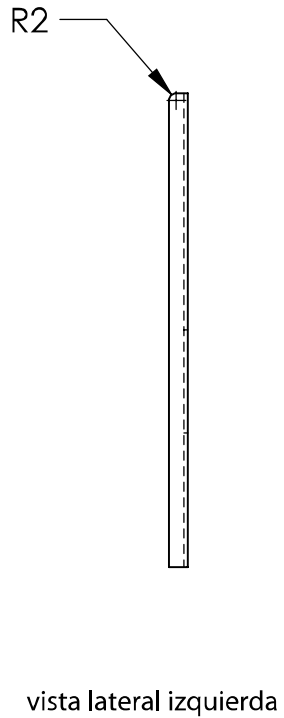
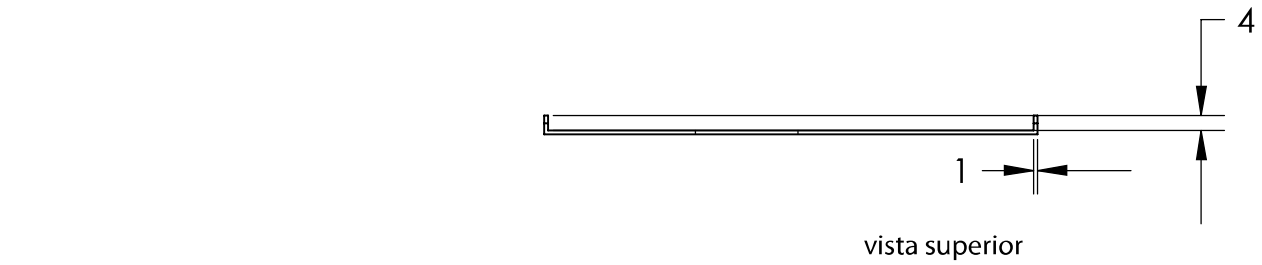
MATERIAL lámina aluminio cal. 22

DIBUJO NO. 07 CANTIDAD 1

ESCALA 1:4 HOJA 7/14

PROYECTO 5  
ENVOLVENTE

A4



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE tapa vertical eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

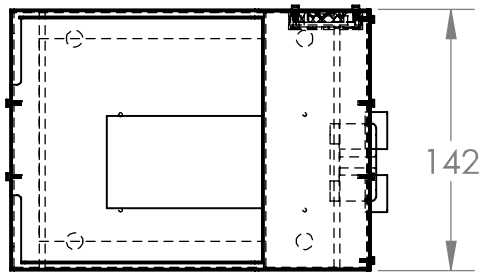
DIBUJO NO. 08 CANTIDAD 1

ESCALA 1:4 HOJA 8/14

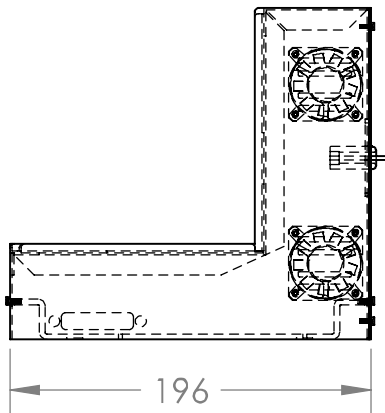
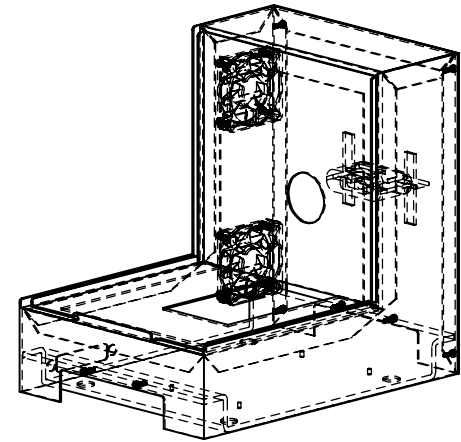
PROYECTO 6  
ENVOLVENTE

A4

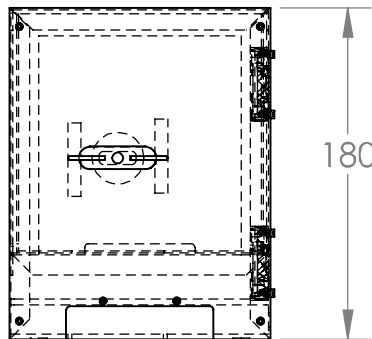




vista superior



vista frontal



vital lateral derecha

CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

ensamble eje y

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

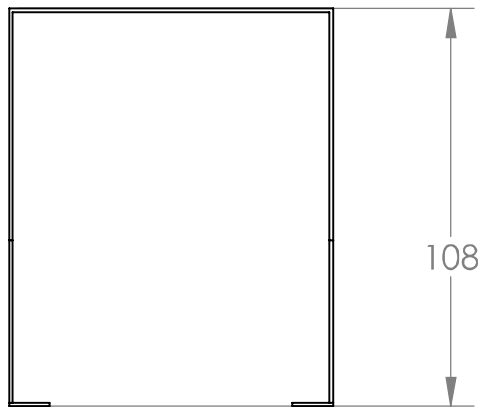
DIBUJO NO. 9 CANTIDAD 1

ESCALA 1:4 HOJA 9/14

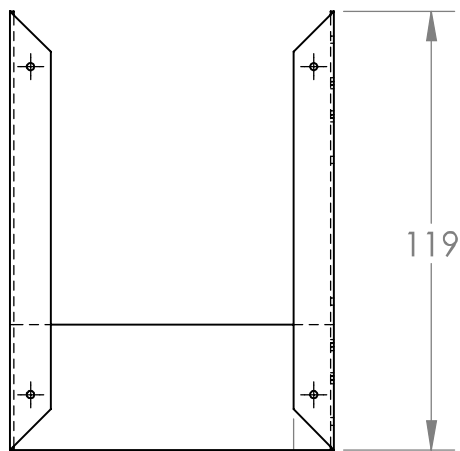
PROYECTO 7

ENVOLVENTE

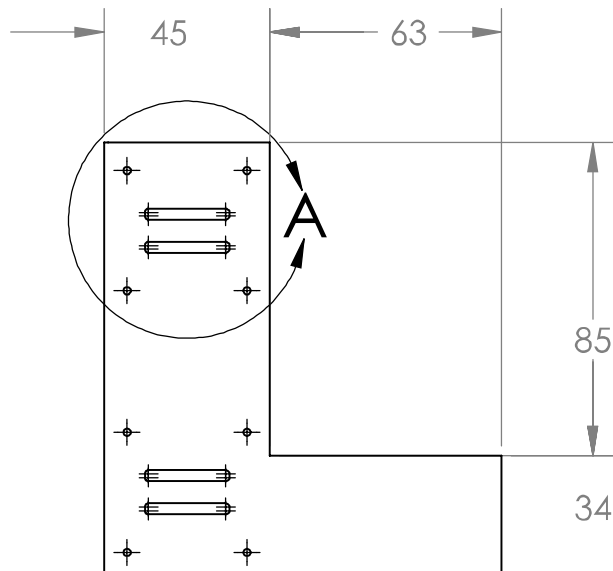
A4



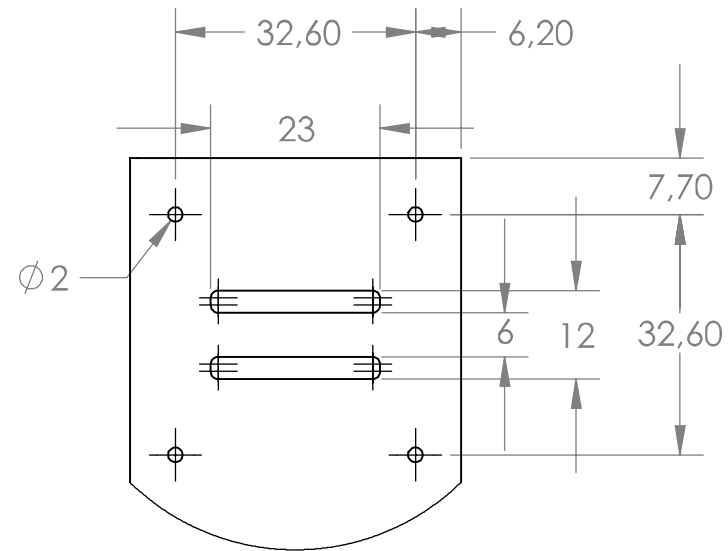
vista superior



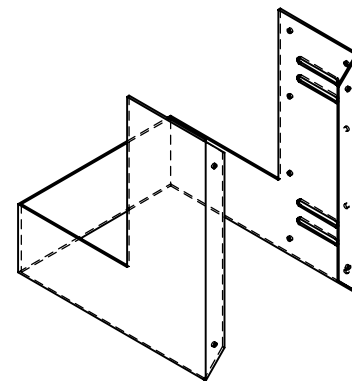
vista posterior



vista lateral izquierda



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

estructura principal del eje x

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 12 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

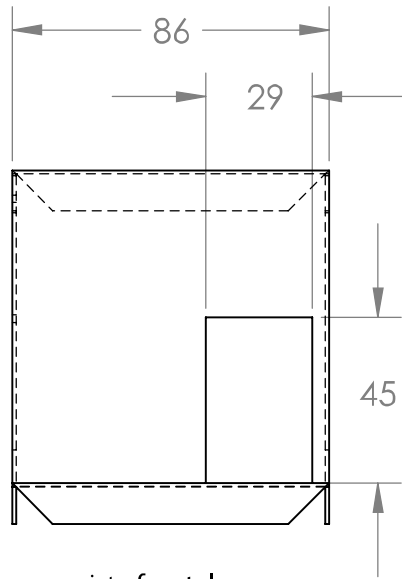
DIBUJO NO. 10 CANTIDAD 1

ESCALA 1:2 HOJA 10/14

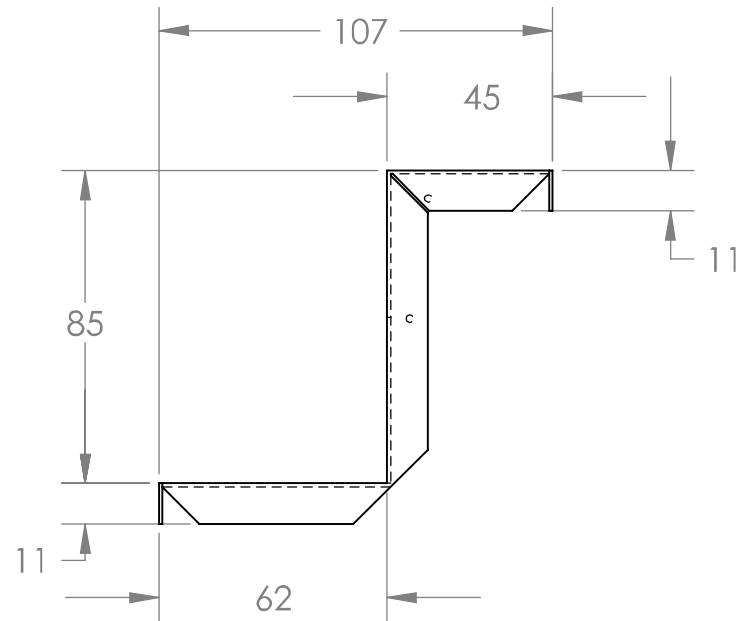
PROYECTO 8

ENVOLVENTE

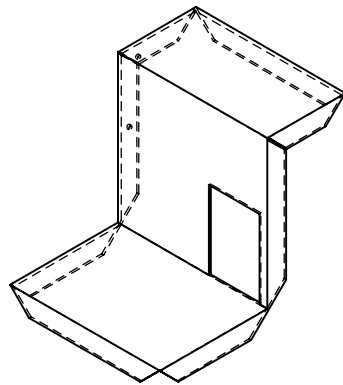
A4



vista frontal



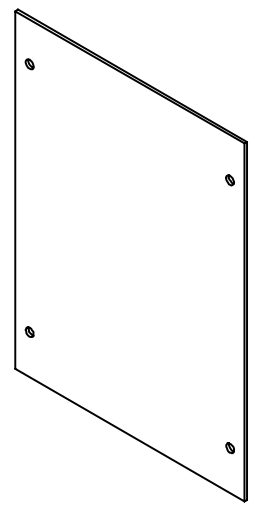
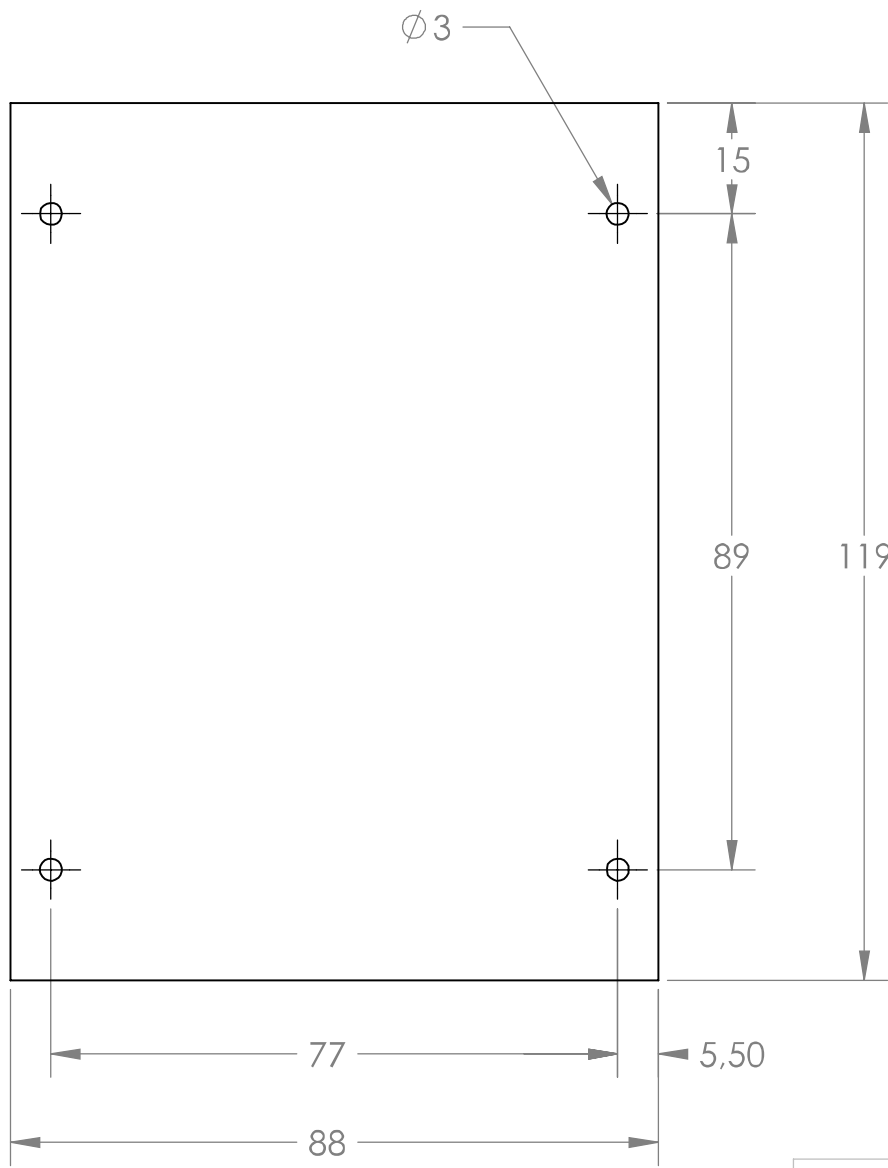
vista lateral derecha



<p>CCADET UNAM</p>	<p>Laboratorio de Micromecánica y Mecatrónica</p>	<p>NOMBRE tapa superior eje x</p>	
		<p>DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez</p>	
<p>PROYECTO 9</p>		<p>ENVOLVENTE</p>	
<p>FECHA 12 de junio de 2009</p>		<p>COTAS mm</p>	
<p>MATERIAL lámina de aluminio cal. 22</p>		<p>DIBUJO NO. 11</p>	
<p>ESCALA 1:2</p>		<p>CANTIDAD 1</p>	
		<p>HOJA 11/14</p>	
			<p>A4</p>

1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D



vista frontal

CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE  
tapa posterior eje x

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

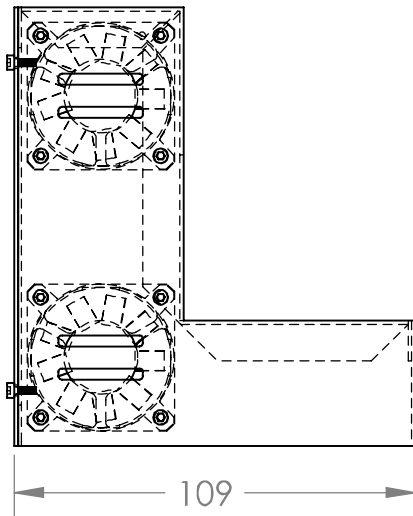
DIBUJO NO. 12 CANTIDAD 1

ESCALA 1:1 HOJA 12/14

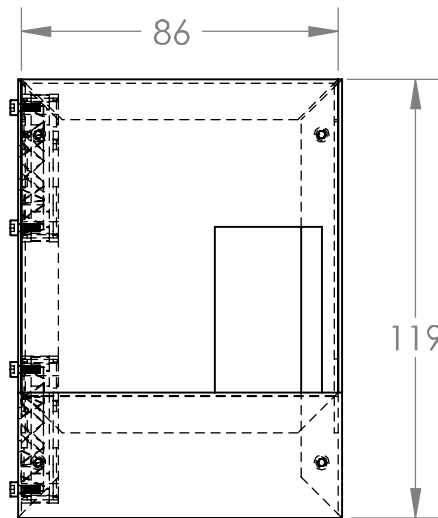
PROYECTO 10  
ENVOLVENTE

A4

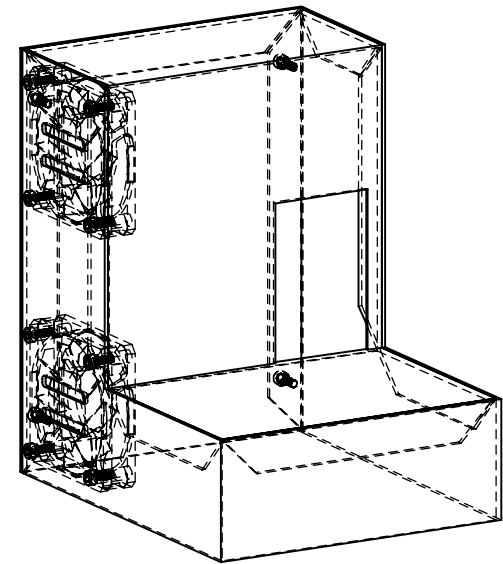
1 2



vista lateral izquierda



vista frontal



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

ensamble eje x

DIBUJÓ Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009 COTAS mm

MATERIAL lámina aluminio cal. 22

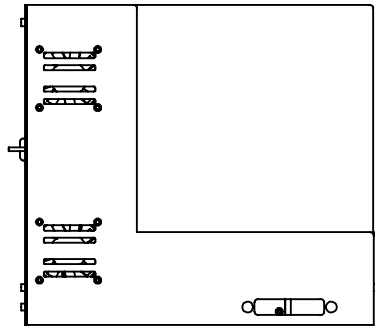
DIBUJO NO. 13 CANTIDAD 1

ESCALA 1:2 HOJA 13/14

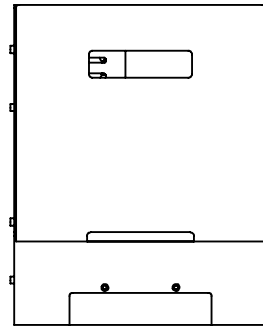
PROYECTO 11

ENVOLVENTE

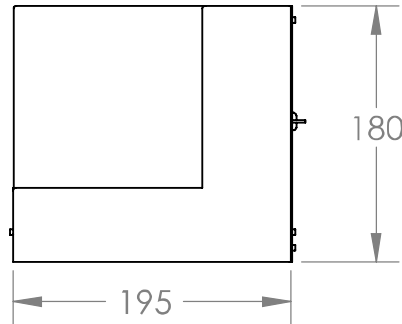
A4



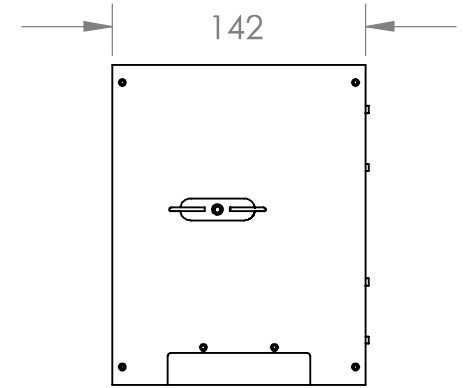
vista posterior



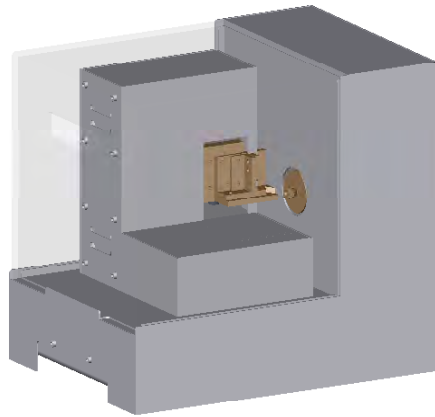
vista lateral izquierda



vista frontal



vista lateral derecha



CCADET  
UNAM

Laboratorio de  
Micromecánica  
y Mecatrónica

NOMBRE

ensamble envolvente

DIBUJÓ

Daniela Rovira Sánchez

FECHA 15 de junio de 2009

COTAS mm

MATERIAL

aluminio

DIBUJO NO.

14

CANTIDAD

1

ESCALA

1:4

HOJA

14/14

PROYECTO

ENVOLVENTE

A4