

01127  
14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

"DISEÑO Y ANIMACIÓN POR COMPUTADORA DE UNA ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL COMO PARTE DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA

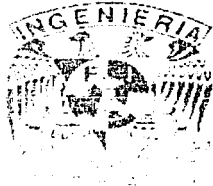
FLEXIBLE." a la Dirección de Tesis de la UNAM a fin de inscribir en formato el contenido de la tesis.  
NOMBRE: GUADALUPE HERRERA MEJÍA  
FECHA: 4 Julio 2003  
HERRERA

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO MECÁNICO

PRESENTAN:

GUADALUPE G. HERRERA MEJÍA  
ULISES A. URBINA DE GYVES

DIRECTOR DE TESIS: M.I. EDUARDO GARDUÑO



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

MÉXICO, D.F.

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# **TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



---

## AGRADECIMIENTOS

---

*Quiero agradecer y dedicar este Trabajo:*

A mi Papá por todo el apoyo económico que siempre me ha dado, por serarme de ejemplo intelectual, por motivarme a través de sus libros y por ser el mejor Papá del mundo.

A mi Mamá por ser mi guía intelectual y por ser en este mundo de locuras, por ser mi ejemplo a seguir como mujer y como madre y su amor.

A mi hermano por creer en mí, por motivarme a defenderme, por cuidar me y hacer un esfuerzo.

A Donna Elena por haberme escrito la tesis más hermosa y feliz del mundo, y por todo su amor. A Dios.

A Valeria Porras por ser mi mejor amiga y mi hermana del alma. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mi familia: Educelina Sánchez, abuelita Rosa Elena y Juan, tías Olga y Ana, tías Tere y Luis, cuñadas Bege y Sandra, mis hermanos mis tíos.

A mis amigos: Andy, Alejandra, la comunidad Angélica, la maestra Jazmy, Elice.

A mis amigos de la facultad: Velly, Tere, Ely, Flores, Jazmy, Fabia, Alasco, Mariana, Tere, Rosa, Alejandra, Brenda, Estrella, José Luis, Samuel, Diego, Chicho, Álvaro, Pac, Carlos, Fernando, Víctor, Adriel, Jhonny, Alejandra, Eric, y todos mis compañeros de clases y demás amigos. Sin ustedes la carrera no hubiera pasado tan rápido ni con tanta satisfacción.

*A la especial Agradecimiento:*

A mi Papá, Educelina Sánchez por sus consejos, enseñanzas y apoyo en la realización de mi Tesis.

A mi mamá Rosa y amigo Velly por apoyarme todo este tiempo.

A mis hermanos por su apoyo y buena disposición.

A las maestras que tuve a lo largo de la carrera, por todos los conocimientos compartidos.

A la Facultad de Ingeniería.

A la Hermandad Nacional Autónoma de México, gracias por permitirme formar parte de esta comunidad.

A Dios por permitir me acabar.

## DEDICATORIAS

A mis padres, Armando y Ma. Antonieta. Por que siempre me han dado todo el apoyo que he necesitado a lo largo de mi vida, por guiarme por un buen camino y por haberme dado una carrera para poder sobresalir en la vida, por estar siempre juntos a mi lado en las buenas y en las malas, por que los quiero mucho. Esto es para los dos con todo mi cariño.

A mis hermanas, Sandra, Penélope y Bárbara. Por todos los momentos felices que he pasado con cada una de ustedes y por el apoyo que me dan siempre. Esto es una gran satisfacción que la compartiré siempre con ustedes.

A mis abuelitos paternos, Ramón y Felicitas. Por que siempre se han preocupado por mi, por los buenos consejos que me dan y por que se siempre contaré con su ayuda.

A mis abuelitos maternos, Ernesto (q.e.p.d) y Delfina (q.e.p.d). Por que se que están cuidándome a mi y a mi familia en algún lugar.

A mis tíos, tías, primos, primas y sobrinos. Por el apoyo y cariño que me dan en cualquier momento.

A la familia Mena, por que nos dieron su apoyo a mi y a mi familia cuando más lo necesitamos.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO mi alma amateur por las facilidades que me brindo en la realización de esta tesis, así como a mi tutor de tesis M.I. Eduardo Garduño y a mi compañera de tesis Lupita.

A los primos Alanís, Héctor y Said. Por la gran amistad que tenemos.

Al Abuelo y a Pichi.

GRACIAS.

ULISES ARMANDO URBINA DE GYVES.



# ÍNDICE

<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE (SMF).</b>	
1.1. Introducción	4
1.2. Definición y clasificación	5
1.2.1. Definición general de los Sistemas de Manufactura Flexible	5
1.2.2. Clasificación de los Sistemas de Manufactura Flexible	6
1.3. Evolución de las células de manufactura flexible (FMC) a los sistemas de manufactura flexible (SMF)	7
1.3.1. Estación Célula Flexible	7
1.3.2. Línea Flexible	8
1.3.3. Taller Flexible	8
1.4. Componentes de un sistema de manufactura flexible	8
1.4.1. Materiales	8
1.4.2. Energía	9
1.4.3. Mantenimiento y transporte	10
1.4.4. Control	10
1.4.5. Gestión	10
1.4.6. Mano de obra	11
1.5. Justificación socio-económica	11
1.6. El SMF del laboratorio de manufactura avanzada	12
1.6.1. Estación de Amigon	13
1.6.2. Estación de maquinado de CNC	15
1.6.3. Estación de control de calidad	17
1.6.4. Estación central	18
<b>CAPITULO II</b>	
<b>GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUÍMICO (NIQUELADO QUÍMICO).</b>	
2.1. Introducción	20
2.2. Generalidades sobre la deposición química de metales	20
2.3. Caracterización de los procesos de niquelado químico	21
2.3.1. Agentes reductores	21
2.3.2. pH	21
2.4. Efecto de diversas técnicas en procesos de recubrimientos químicos	21
2.4.1. Componentes del baño	22
2.5. Parámetros importantes en operación	23
2.5.1. Superficie a recubrir	23
2.6. Baños y aplicaciones	25
2.6.1. Materiales Metálicos	25
2.6.2. Materiales No Metálicos	26

**CAPITULO III****DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL (NIQUEADO QUÍMICO).**

3.1	Introducción	27
3.2	Necesidad	27
3.3	Especificaciones	27
3.4	Diseño preliminar	29
3.4.1	Selección de datos	29
3.4.2	Materiales de diseño	33
3.4.3	Procesos	36

**CAPITULO IV****DISEÑO DE DETALLE.**

4.1	Introducción	37
4.1.1	Diferencia de tipo de modelado	37
4.1.2	Consideraciones	41
4.2	Diseño	42
4.2.1	Especificaciones a Considerar	42
4.2.2	Diseño	46
4.3	Estación Niqueado Químico	71
4.4	Implementación y Equipo	73
4.4.1	Selección de la pieza	73
4.4.2	Preparación de la pieza	73
4.4.3	Recubrimiento superficial	74
4.4.4	Inspección	75
4.4.5	Trabajo de la pieza	76
4.5	Estación de Recubrimiento Superficial	76
4.6	Medidas de la propuesta para el Sistema de Manufactura Flexible.	77

**CAPITULO V****ANIMACIÓN POR COMPUTADORA EN 3D.**

5.1	Introducción	78
5.1.1	Interfaz	78
5.1.2	Materiales	78
5.1.3	Animación	79
5.2	Implementación de la animación en la estación de la estación	84
5.3	Animación y Simulación por computadora	85
5.3.1	Diseño	85
5.3.2	Simulación	87
5.4	Equipo de un S.M.F.	88

**CAPITULO VI****DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

6.1	Resultados	95
6.2	Conclusiones	96

**APÉNDICES.****GLOSARIO.****BIBLIOGRAFÍA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

XXRI

XXIV



---

## OBJETIVOS.

---

- Diseñar una estación automatizada en la que se lleven a cabo procesos de Recubrimientos Químicos Superficiales.
- Partiendo de las estaciones del sistema de manufactura flexible que se conocen, mejorar en lo posible el rendimiento de esta, con la integración de dicha estación.
- Facilitar la aplicación de Recubrimientos Químicos Superficiales en piezas mecánicas para mayor duración de las mismas.
- Simular un GMP Automatizado, añadiendo dos nuevas estaciones (Recubrimiento Superficial y Almacén), mediante el empleo de técnicas de animación por computadora.
- Mostrar las ventajas que se obtienen al aplicar la animación como herramienta en el diseño.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





## CAPITULO I SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

### I.1 INTRODUCCIÓN.

La creación de los CIM a través un cambio de orientación de las políticas y sistemas de la producción industrial pasando de estar centrada en el producto en una economía de escasez, a considerar el proceso como base de una producción en una economía de abundancia.

El mercado se caracteriza por una disminución de la tasa de crecimiento, una diversificación del producto para adaptarse a necesidades específicas de los clientes, una mayor exigencia de calidad y una competencia de ámbito mundial. Los clientes son cada día más exigentes y basan sus decisiones de compra en elaborados estudios de rentabilidad sobre las distintas opciones que se les presentan.

Para conseguir la rentabilidad de las empresas en las actuales condiciones del mercado, las políticas de producción se orientan según los siguientes criterios:

- Flexibilidad del producto y de los procesos de producción.
- Calidad y fiabilidad del producto.
- Frecuencia y fiabilidad del proceso.
- Integración del producto, proceso y organización.
- Reducción del tiempo de respuesta para el lanzamiento de nuevos productos.
- Eliminación del stock no estrictamente necesario.
- Reducción de los tiempos de preparación y ajuste.
- Automatización de los procesos.
- Aumento de la productividad global.

La flexibilidad del producto se logra mediante técnicas de diseño modular en donde el producto terminado se obtiene a partir del ensamblaje, tipo mecánico, de una gran variedad de grupos.

Para flexibilizar el proceso, se reducen al mínimo los tiempos de preparación de máquinas; se automatizan áreas tales, transportes, mantenimiento de máquinas y se flexibiliza la línea de obra con una mayor formación y polyvalencia.

Se despierta la preocupación de calidad al punto de trabajo dentro de una política de trabajo bien hecho. Se fomenta el nivel de inspección al 100% en puntos críticos.

Fineo donde por la predictibilidad y contabilidad del proceso se utilizan sistemas de control interactivo y adaptativo.

Se eliminan barreras funcionales entre marketing, diseño del producto y fabricación, se crean grupos de trabajo conjuntos. Se diseña para flexibilidad, se diseña para simplificar el ajuste y proceso productivo.

Se implanta tecnología de CAD-CAM para reducir tiempos de diseño y de planificación de los procesos.

Se utilizan técnicas de análisis estructurado para detectar gastos que no añaden valor al producto, tiempos, esperas, tiempos muertos, stocks excesivos, etc.

No se produce ningún stock para evitar accidentes de producción. Fino que, al disminuir tiempos de respuesta rápidos, se fabrica bajo pedido. Se usan la técnica del just in time es decir, disponer de materiales y piezas correctas en cantidad, tipo, y en el momento y en el proceso.

Se realiza el estudio de los procesos de mecanizado, junto con la caracterización de métodos, herramientas y dispositivos de sujeción. La utilización de procedimientos rápidos y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



automatización de todas las operaciones, proporciona una drástica disminución de los tiempos de preparación y espera.

La disminución de la participación de la mano de obra, junto con la disminución de gastos y aumento de la utilización de los equipos, proporciona las tasas de productividad necesarias para mantener unos costos competitivos en un producto con unas prestaciones y calidad adecuadas y una amplia gama de variantes.

En consecuencia, las características operativas de las nuevas fábricas pasan a ser las siguientes:

- La complejidad de todo el sistema se aproxima a la unidad.
- La dispersión y variedad de la gama del producto no está penalizada por costos extra en la etapa de producción.
- Disminuyen hasta casi desaparecer los costos de mano de obra directa con lo que los costos totales son muy sensibles al volumen global.

## 1.2 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

### 1.2.1 DEFINICIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Aunque no existe un acuerdo unánime sobre la definición específica de los sistemas de manufactura flexible se mencionan algunos de las más difundidas en el área de ingeniería:

- Es un proceso bajo control automático capaz de producir una variedad de productos dentro de una gama determinada.
- Es una tecnología que ayuda a optimizar la fabricación con mejores tiempos de respuesta, menor costo unitario y calidad más alta, mediante mejores sistemas de control y gestión.
- Es un sistema formado por máquinas e instalaciones físicas saladas entre sí por un sistema común de transporte y control, de forma que existe la posibilidad, dentro de un margen determinado, de realizar diversas tareas correspondientes a piezas diferentes sin necesidad de interrumpir el proceso de fabricación por el reequipamiento del conjunto.
- La fabricación flexible es la herramienta de producción más potente hoy día a disposición de una empresa para mejorar su posición competitiva.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

### 1.2.2.1 SISTEMA DE CONFIGURACIÓN RADIAL.

En el sistema de configuración radial las diversas máquinas están instaladas en torno a un equipo de distribución y un robot (o elemento similar) que efectúa las tareas de carga y descarga de piezas, atiene al centro de almacenamiento, manipulación, etc. Cada estación dispone de un microcomputador y un robot, lo que permite controlar la secuencia de trabajo, es adecuado para la producción de piezas muy similares, que requieren variaciones pequeñas en la secuencia de trabajo. Ver figura 1.1.

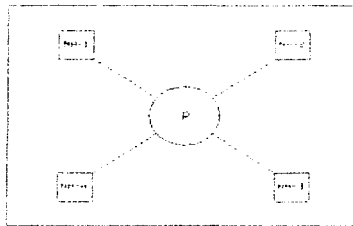


FIGURA 1.1 Configuración tipo radial

### 1.2.2.2 SISTEMAS DE CONFIGURACIÓN EN LÍNEA.

En el sistema de tipo línea las máquinas-herramienta están dispuestas a lo largo de una línea de transporte, por la cual son enviadas las piezas a las estaciones de carga y descarga o a los almacenes intermedios, encargados de cubrir las necesidades de cada máquina-herramienta. Esta clase de sistema ocupa menos espacio y permite el transporte de piezas pesadas mediante el uso de vehículos guiados (automáticamente o no) de características adecuadas. Ver figura 1.2.

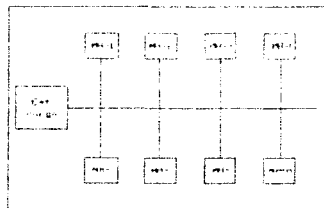


FIGURA 1.2 Configuración tipo línea.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.2.2.3 SISTEMAS DE CONFIGURACIÓN EN BUCLE.

En el sistema de configuración en bucle, con una disposición de transporte de uno o varios bucles, se atiende a las estaciones de carga y descarga, los almacenes, las máquinas-herramientas, los almacenes intermedios, etc. Se pueden construir sistemas flexibles de grandes dimensiones, en los que puedan realizarse muchas secuencias de operaciones debido al fácil acceso de cada máquina. Ver figura 1.3.

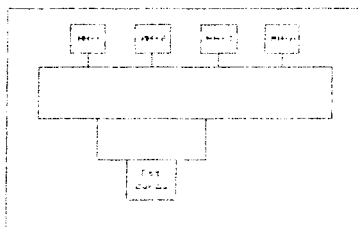


FIGURA 1.3 Configuración tipo bucle

## 1.3 EVOLUCIÓN DE LAS CÉLULAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE (FMC) A LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE (SMF).

La tecnología de manufactura ha evolucionado hacia un concepto de modularidad a partir de las células flexibles, de forma que permite a todas las empresas, incluso a las más pequeñas, incorporar esta tecnología mediante la instalación de una sola célula. Esto les permite formarse tanto en las nuevas técnicas de mecanización y automatización (en maquinamiento y el transporte), en las técnicas de control informatizado de todo el proceso y en otras de los puntos de expansión o renovación de los talleres y de la experiencia adquirida, integrar más células, concentrarlas entre sí y formando líneas flexibles hasta llegar a la evolución del sistema a la totalidad del taller.

Así pues, en un sistema de manufactura flexible pueden considerarse tres niveles de evolución:

- La célula flexible.
- La línea o grupo flexible (SMF).
- El taller flexible (CIM).

La diferencia no está tanto en el número de máquinas que las componen, sino en un nivel cada vez mayor de integración de las funciones de producción.

### 1.3.1 ESTACIÓN O CÉLULA FLEXIBLE.

La célula flexible está formada por una o más máquinas, en ocasiones sólo una, dotadas de control numérico con dispositivos de cambio de herramientas y piezas, con almacenes temporales e intermedios, para garantizar su autonomía durante varias horas, y un microordenador que coordina los elementos de mecanizado, mantenimiento y transporte entre las máquinas. Son capaces de mecanizar totalmente o casi totalmente una pieza o un grupo de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

piezas, incluyendo fases de control de calidad. Todas las máquinas trabajan con piezas de la misma referencia. Es una estación de trabajo automatizada.

### 1.3.2 LÍNEAS FLEXIBLES.

En las *Líneas Flexibles* varias máquinas de control numérico o cédulas flexibles se relacionan entre sí mediante un sistema de transporte de piezas e identificación de las mismas. En general disponen en línea de almacenes de piezas y herramientas automatizadas. Permiten la entrada al aula de gran diversidad de piezas y el software de gestión de línea las asigna a la máquina más adecuada. El microordenador que coordina la línea realiza también funciones de planificación y programación de la producción. A grandes rasgos, estamos hablando de un Sistema de Manufactura Flexible.

### 1.3.3 TALLER FLEXIBLE.

El *taller flexible* tiene todas las funciones de fabricación incorporadas e integradas dentro de la filosofía de fabricación flexible. Los sistemas de recepción, inspección, almacenaje, transporte, mecanización, identificación, montaje, inspección y distribución, automatizados o distribuidos según proceda, están totalmente automatizados y coordinados por una computadora central a través de los microordenadores satélite de cada función o taller. Así como las cédulas y las líneas flexibles están dimensionadas, en general, para tratar una familia más o menos amplia de piezas, un taller flexible puede producir todo tipo de piezas que se precise. La sofisticación del sistema, especialmente en lo referente al software necesario, la programación de la computadora, en racionalización y estandarización de producto y métodos de fabricación, en sistemas de control y de gestión, hace que el taller flexible esté solo al alcance de empresas líderes en revolución tecnológica.

## 1.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Un sistema de manufactura flexible lo podemos desglosar en los siguientes subsistemas:

- Materiales.
- Producción.
- Mantenimiento y transporte.
- Control.
- Gestión.
- Mano de obra.

La figura 1.4 muestra las características de cómo está conformado cada módulo de un sistema de manufactura flexible.

### 1.4.1 MATERIALES.

En materiales se incluyen las piezas a fabricar, las herramientas y los dispositivos de sujeción en máquina. Todos ellos precisan de un estudio profundo de simplificación y estandarización antes de la instalación de un sistema flexible.

El diseño de piezas debe considerarse para facilitar su mecanización, elimina variantes innecesarias, reduce excesos de material a mecanizar y simplificar los montajes.

TESIS CON  
ETIQUETA DE ORIGEN



SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

El número de herramientas a utilizar debe reducirse estandarizando taladros, radios de corte, tipos de herramientas a utilizar, etc. Se utilizarán sistemas de herramientas normalizadas, de acoplamiento rápido para reducir los tiempos de cambio de herramienta.

Es preciso revisar y estandarizar los procesos de fabricación adaptando los ciclos y condiciones de mecanizado a las nuevas máquinas.

El diseño de dispositivos es fundamentalmente distinto, dado que la precisión de posicionamiento de la herramienta se consigue por el posicionado de la misma y la función del dispositivo queda reducida a la fijación y posicionado de la pieza. Además, la propia flexibilidad del sistema aconseja adaptar fijaciones de tipo universal.

Los trabajos de estandarización y modificación de estos materiales se enfocan en general mediante los métodos de la Tecnología de Grupos, que permiten también su agrupación en familias adecuadas a los característicos de los equipos disponibles.

1.4.2 PRODUCCIÓN.

En producción se sustituirán las máquinas-herramientas de mecanizado, los puestos de montaje, de medición e inspección.

Las máquinas son todas de control numérico y la tendencia es hacia una mayor robustez en el diseño, dadas que están sometidas a condiciones de trabajo más duras y a un elevado porcentaje de utilización. La precisión requerida, función aritmética de las condiciones de máquina, cinemática, una gran precisión en el ajuste, con eliminación de juegos, rigidez y plumbitud en los elementos de guía, y una gran estabilidad térmica, tanto a nivel de toda la máquina como a nivel de los elementos más cargados térmicamente como el mandril, los tornos, etc., mediante un buen sistema de refrigeración de la herramienta o un proceso de autocorrección de las desviaciones producidas por las diferencias térmicas entre herramienta y bastidor de la máquina.

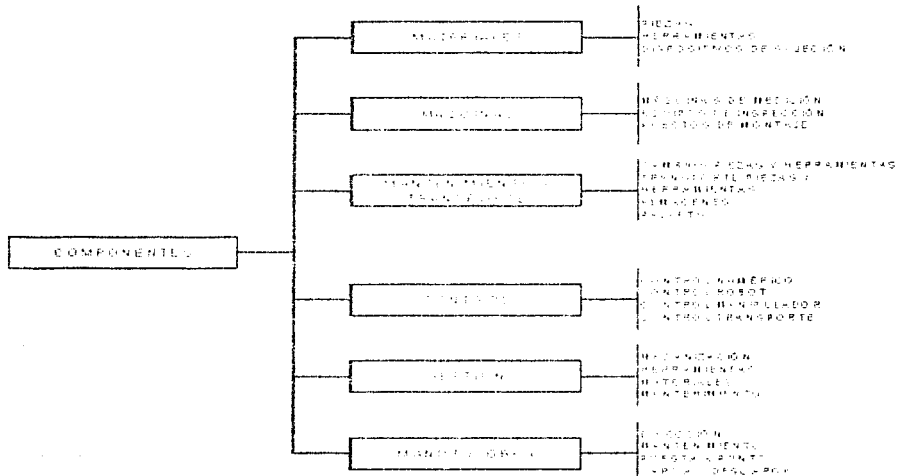


FIGURA 1.4 Componentes de un sistema de fabricación flexible

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Otra tendencia general es englobar el máximo de funciones elementales de mecanizado en una sola máquina para evitar cambios y transporte de piezas entre máquinas, diseñando centros de mecanizado y torneado y máquinas especiales cada vez más universales.

La incorporación en la misma máquina de palpadores para la medición de cotas, esfuerzos, temperatura, etc., permite efectuar procesos de corrección y optimización del mecanizado, así como asegurar la bondad al 100% de los puntos controlados.

La utilización en los puestos de inspección de máquinas de medición de coordenadas y procesos de inspección visual, permite automatizar también la verificación final de las piezas y modificar las condiciones de mecanizado en función de los resultados detectados.

### 1.4.3 MANTENIMIENTO Y TRANSPORTE.

En mantenimiento y transporte se engloban los controladores automáticos de piezas y herramientas, los almacenes de las mismas, y el transporte de piezas entre máquinas o entre las zonas de carga y descarga y el almacén central. Se incluyen también los sistemas de eliminación de virutas.

Según la complejidad del sistema, estos elementos pueden ser controlados desde el mismo control numérico de la máquina herramienta o bien disponer de su propio control coordinado con el de la máquina a través del microprocesador central.

Para permitir la entrada de piezas al azar se dispone de un procedimiento de identificación de piezas al azar y herramientas que permite al sistema acceder al programa adecuado de mecanización.

### 1.4.4 CONTROL.

El subsistema de control tiene a su cargo todas las funciones de mantenimiento, gobierno y coordinación de las variables del sistema. Su estructura, dependiendo de la complejidad del sistema, puede contar de varios niveles, desde los sensores y actuadores a nivel máquina hasta el computador central de la empresa, pasando por todos los niveles intermedios necesarios.

Actúa sobre el sistema a través de los controles numéricos, manipuladores, robots y automatizables que éste incorpora.

### 1.4.5 GESTIÓN.

El subsistema de gestión incluye todo el software necesario para garantizar el funcionamiento del sistema: programas de mecanizado para cada pieza, programas de movimientos de los manipuladores y elementos de transporte:

- Gestión de herramientas, cálculo de vida y procedimiento de reparación.
- Gestión de mercancías, cálculo de stock en línea, órdenes de trabajo y control de flujo de materiales.
- Gestión de recursos, carga de máquinas, planificación del trabajo y distribución.
- Estudios de simulación de planes de fabricación con detección de cotas, saturación de máquinas y almacenes temporales, utilización de recursos, etc.
- Generación de estadísticas e informes y transmisión de datos a las computadoras generales de gestión empresarial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.4.6 MANO DE OBRA.

Si bien la fabricación flexible es un sistema altamente automatizado, esto no significa que no precise, en su estado de desarrollo actual, de recursos humanos para su operación.

Las máquinas operan automáticamente a través de CNC o DNC y no precisan, por tanto, de mano de obra, excepto en algunos casos y operaciones especiales imposibles de automatizar de una forma rentable.

Pero se precisa del hombre para diseñar, instalar, mantener y, según los casos, aumentar el sistema.

Las funciones a desarrollar por el hombre son, en general:

- La dirección del equipo, es decir, planificación de la producción, resolución de las desviaciones y anomalías respecto al funcionamiento previsto y mando del equipo humano de soporte del sistema.
- Mantenimiento de la instalación en todos sus elementos, mecánicos, eléctricos, hidráulicos e informáticos.
- Preparación de herramientas, su afilado y reposición.
- Preparación de utillajes para la puesta a punto y mantenimiento, tanto de los utillajes de mecanizado como de transporte.
- Carga y descarga de piezas para la línea con su montaje en los utillajes de fijación de precisión.

Además de estas funciones directamente relacionadas con la operación del sistema, este requiere de un equipo de preparación del proceso, especialmente programadores de control numérico y del resto de programas informáticos para la monitorización y control del sistema.

Según la importancia de la instalación y su nivel de automatización, un solo hombre efectuará varias de estas funciones o será necesario disponer de varios hombres para cada función.

### 1.5 JUSTIFICACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.

La tecnología flexible representa una de las ventanillas más importantes del cambio tecnológico contemporáneo. En general abarca un subconjunto de los niveles más elevados de automatización del capitalismo, o sea la producción maquinizada. Es el resultado de la automatización microelectrónica como un momento del desarrollo de la mecanización. Su nacimiento no sólo es un fenómeno técnico sino también expresa la acción de fenómenos sociales específicos.

Las formas específicas del desarrollo de la tecnología flexible hacen la adaptación de tecnología para la solución de tareas concretas socialmente condicionadas.

Los ventajas económicas derivados de la utilización de la tecnología flexible fueron las siguientes:

- Incremento de la productividad y reducción de costos directos.
- Mejor aprovechamiento de la capacidad productiva instalada y reducción de los costos fijos.
- Ahorro de capital constante.
- Incremento de la calidad de la producción.
- Adaptación más rápida y flexible a las condiciones del mercado.
- Incremento del control empresarial sobre el proceso de trabajo.

TESIS CON  
FOLIA DE ORIGEN





Los SMF tienen la necesidad de personal más calificado, por lo que obliga al obrero común a ser un buen técnico, implicando a éste a una mejor calidad de vida. Este tipo de sistemas ya no necesitan mano de obra, sino cerebros que trabajen. Por lo que fomenta la evolución de la sociedad.

El tiempo que ahorra en estructuras podrá ser invertido en nuevas creaciones, productos, trabajo más eficiente y procesos.

## 1.6 EL SMF DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA AVANZADA.

El sistema de manufactura flexible está compuesto de estaciones fijas localizadas alrededor de la pista transportadora, bajo el control de la estación central, como se muestra esquemáticamente en la figura 1.5.

La estación central contiene la computadora central (la cual opcionalmente comprende dos PCs) y el controlador central. Esta no contiene ningún robot o cualquier otro mecanismo de relación. Las estaciones contienen mecanismos que ejecutan una actividad de producción tal como inspección o traslado de material.

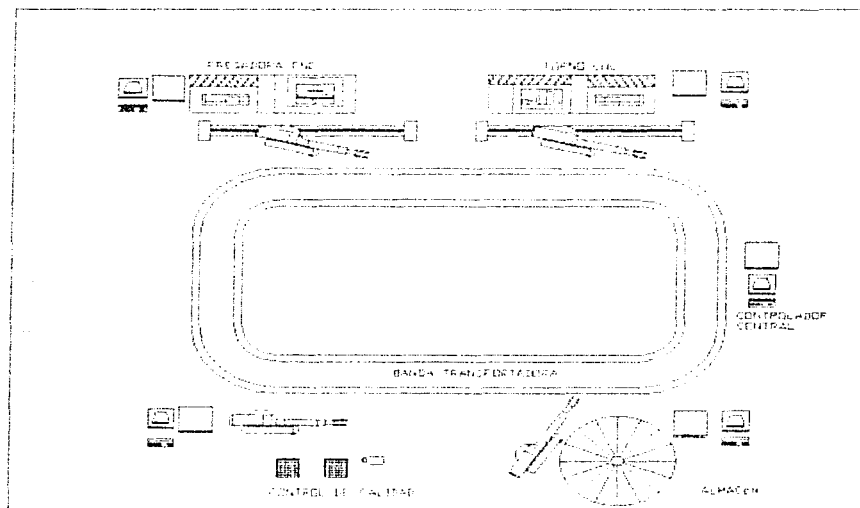


FIGURA 1.5 Configuración del sistema

Los siguientes elementos están generalmente presentes en una estación.

- Un controlador ACL el cual coordina la operación de la estación y controla el robot y cualquier mecanismo periférico.



## SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

- Una PC (computadora personal) para interfase usuario para la estación y controladores.
- Mecanismo que ejecuta una operación en el ciclo de producción, tal como una máquina CNC.
- Un robot SCORBOT-ER VII O SCORBOT-ER VII plus, el cual ejecuta las tareas de manejo de material, tales como la de colocar una pieza dentro de una máquina CNC.
- Un mecanismo periférico el cual ayuda al robot en las tareas de manejo, tal como una base deslizante en la cual el robot es montado.

Justo como en sistemas industriales, existen diferentes configuraciones del sistema al tener diferentes estaciones, sin embargo las siguientes estaciones son encontradas frecuentemente:

Estación ADRS (Sistema de y recuperación automatizado)	Contiene un almacén automático (almacenamiento el cual provee la materia prima hacia la celda) y almacena piezas en diversas estaciones y procesos.
Estación de máquina CNC	Estación donde el proceso y subproceso de mecanizado de material se lleva a cabo.
Estación de despacho	Remover el producto final de la línea transportándolo por empaque en un contenedor.
Control de calidad (QC)	Inspección de la calidad de las piezas usando una máquina de visión u otras máquinas de QC.

Diversas funciones pueden ser combinadas en una estación, como el control de calidad y ensamblaje.

Cada estación contiene una computadora y un controlador, y todas las estaciones excepto la estación central, contienen un robot con estaciones específicas de manufactura y mecanismos periféricos. Por ejemplo, la estación de máquina CNC contiene un controlador, una máquina CNC, Robot SCORBOT-ER VII, y una base de deslizamiento lineal.

### 1.6.1 ESTACIÓN DE ALMACÉN.

La estación ADRS (Sistema de almacenamiento automatizado y recuperación automatizada) es el almacén de materia prima para la celda. La estación contiene un carrusel con un movimiento rotacional, mostrado en la figura 1.6, el cual sirve como un almacén para piezas en los diversos estados de fabricación.

El almacén está formado de tres niveles, en donde el nivel bajo es denominado como nivel A, el intermedio nivel B, y el superior es el nivel C.

Cada nivel cuenta con 16 celdas, las cuales sirven para colocar charolas (trayettes), sobre las cuales se pondrán las materias primas y de producto procesado que se manufactura en el sistema.

En el nivel C hay tres celdas que contienen alimentadores (feeders) destinados para materia prima de torneado, en las posiciones 2, 8 y 14.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

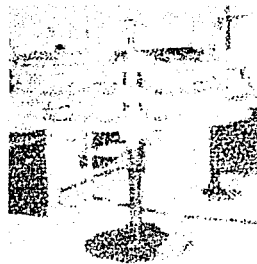


FIGURA 1.6 El carrusel AERE

El carrusel puede contener piezas sobre la charola, charolas vacías y alimentadores de materia prima.

#### 1.6.1.1 CHAROLAS.

Las charolas son bandejas de plástico que tienen una matriz de orificios para colocar espigas de diferentes geometrías, las cuales sirven para sujetar diversos tipos de piezas de trabajo y facilitar el manejo de material por parte del robot, para el reconocimiento de las piezas cada charola está provista de un código binario y un código de barras, como se muestra en la figura 1.7.

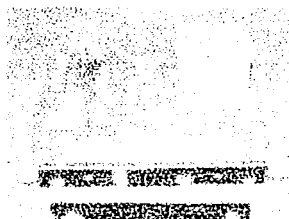


FIGURA 1.7 Una charola y un lector de código de barras

#### 1.6.1.2 ROBOTS MANIPULADORES.

Todos los robots utilizados en este sistema, son brazos articulados verticalmente de cinco grados de libertad, provistos de servomotores de CC (corriente directa), con órgano terminal tipo pinza (equipent de la mano Esler) modelo SCORBOT-EP VII (figura 1.8). La función del brazo mecánico es la carga y descarga de materia prima, además ayuda en los procesos con la distribución de piezas.

El controlador para los dos tipos de robot mencionados anteriormente, es básicamente una computadora con un microprocesador, controlado con interfaces para la operación de los motores del robot y unidades de entrada/salida (DO). El controlador controla el movimiento del brazo mecánico y opera a este a la velocidad y exactitud requerida.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

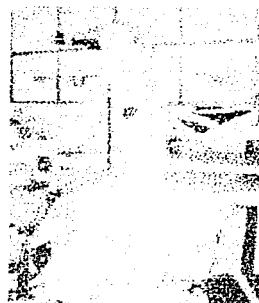


FIGURA 1.8 CONTROL EN VÍDEO

El controlador es un mecanismo de automatización realizable, con una capacidad multitareas el cual permite la operación simultánea e independiente de varios programas. Esta capacidad multitareas permite al controlador trabajar simultáneamente con el controlador de la estación y robot. El lenguaje de programación del controlador es el ACL (Advanced Control Language).

### 1.6.1.3 BANDA TRANSPORTADORA.

Para transportar una pieza de una estación a otra, la charola que transporta la pieza es colocada por el robot sobre un pilette (maniforma) el cual contiene un código binario para la identificación del producto a procesar, y éste, a su vez está sobre la banda transportadora. La banda transportadora mueve los pilettes de estación a estación (ver figura 1.9).

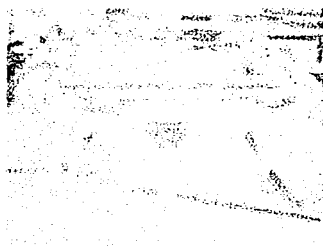


FIGURA 1.9 Banda transportadora

## 1.6.2 ESTACIONES DE MAQUINADO CNC.

### 1.6.2.1 ESTACIÓN DE TORNEADO.

La estación dos esta compuesta por un torno de CNC (figura 1.10), en esta estación se llevan a cabo operaciones de mecanizado interior y exterior, sobre superficies de revolución.



El torno con el cual se va a manejar durante el proyecto es un EMCO FC TURN 120. Este modelo de torno está enfocado para el entrenamiento industrial y para enseñanza a un nivel avanzado.

Una de las características con la que cuenta la FC Turn 120 es de que la unidad de control puede ser intercambiada y poder utilizar uno de otra marca diferente como pueden ser Se Fanuc Series O, Sinumerik 810 y 820 y EMCOTRONIC TM 02.

Otras de las características de las que se puede mencionar acerca de esta máquina son:

#### 1.6.2.1.1 MÁQUINA .

- Torreta con elevación para almacenar ocho herramientas.
- Centro de lubricación.
- Cama de la máquina soportada en tres puntos.
- Cama de inclinación de hierro fundido.
- Chuck neumático.
- Contrapunto neumático.
- Dispositivo refrigerante.
- Dispositivos de seguridad.
- Mecanismo automático en la puerta.
- Limpieza.
- El área de trabajo tiene las opciones de trabajar con la puerta abierta o cerrada, pero en la programación con el proceso se programa a puerta cerrada, esto es necesario tanto para seguridad del operario, del sistema y del producto.

#### 1.6.2.1.2 CONTROLADOR DE LA MÁQUINA CNC.

- PC 486/54 integrada.
- Monitor VGA de 14".
- Software seleccionado para el control (GE FANUC SERIES O, SINUMERIK 810, SINUMERIK 820 y EMCOTRONIC TM 02).
- Módulos de teclado.
- Instrucciones de operación.
- Interfase DNC.
- Interfase robótica.

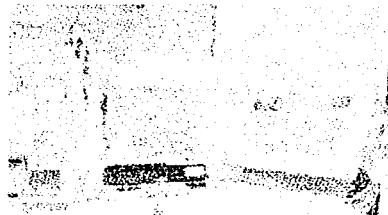


FIGURA 1.10 Estacion de torneado



### 1.6.2.2 ESTACIÓN DE FRESADO.

La estación número tres está compuesta por un centro de maquinado vertical (VMC) tipo EMCO FC Mill 100 (figura 1.11). La cual está destinada para el entrenamiento en la industria o para la enseñanza a un nivel superior.

El control del FC Mill 100 se encuentra integrado con una PC (486), en el cual varios controles industriales pueden ser controlados por la ayuda del software.

Características del FC Mill 100:

#### 1.6.2.2.1 MÁQUINA.

- Torre para almacenar 10 herramientas.
- Dispositivo refrigerante.
- Dispositivo de seguridad.
- Mecanismo automático en la puerta.
- Lámpara.
- El área de trabajo tiene las opciones de trabajar con la puerta abierta o cerrada, pero en la programación el proceso se programa a puerta cerrada, esto es necesario tanto para seguridad del operario, del sistema y del producto.

#### 1.6.2.2.2 CONTROLADOR DE LA MÁQUINA CNC.

- Controlado EMCOTECHNIC TM 00.
- Mando de proyección de 3 ejes con microprocesador.
- Memoria de programas para 20 KB.
- Memoria para almacenar 99 herramientas.
- Módulos de teclado.
- Interfaz DNC.
- Pantalla de 10" en blanco y negro.
- Variación del avance de 0 - 120 %.
- Variación de la velocidad de giro del husillo 50 - 120 %.



FIGURA 1.11 Estación de fresado

### 1.6.3 ESTACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad e inspección utiliza un software denominado ROBOTVISION plus para poder verificar las piezas maquinadas y así poder llevar un control de un buen maquinado. La exactitud de una pieza procesada puede ser determinada usando mecanismos de medida láser y máquina de visión. Los mecanismos en la estación incluyen un sistema ROBOTVISION plus, cámara de video, monitor, y sensores especiales para el manejo de la pieza. Ver figura 1.12.

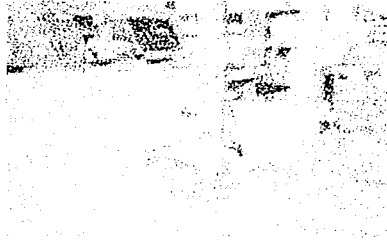


FIGURA 1.12. Estación de control de calidad

## 1.6.4 ESTACIÓN CENTRAL.

### 1.6.4.1 CONTROLADOR CENTRAL.

El controlador central multipropósito es un control centralizado de la producción en línea activa incluyendo la comunicación con las estaciones y el seguimiento del flujo de piezas durante la producción sobre la red de trabajo directa FQ232.

El controlador central está conectado, con solamente, una entrada y una salida hacia cada una de los controladores de estación (104).

Una interfase FQ232 conecta al controlador central hacia la computadora central, permite al usuario interactuar con el sistema de controlador desde la computadora central.

### 1.6.4.2 COMPUTADORA CENTRAL.

La computadora central almacena la base de datos del sistema, la cual contiene información sobre la configuración física y la composición de la celda, materia prima, piezas, procesos de manufactura y ordenes.

Los comandos del usuario y órdenes de producción son enviados desde la computadora central, el software tiene un módulo que permite el seguimiento gráfico del flujo de piezas en la celda. Interactivamente, el software permite al usuario construir la base de datos.

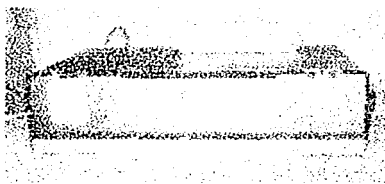
### 1.6.4.3 CONTROLADORES DE ESTACIÓN.

El funcionamiento multipropósito de los controladores de estación, permite el control autónomo tanto de la estación entera como del robot ver figura 1.5. Cuando la celda es iniciada, el controlador de estación automáticamente genera los programas de producción, genera un orden de producción es enviado la computadora central, esta genera los programas de inicio requeridos, a los controladores de estación.

Los programas del controlador de estación, controlan al robot y mecanismos de fuerza en la estación, y usan la comunicación I/O para operar y supervisar los mecanismos de la estación.

Ellos forman una red de controladores en el sistema y están conectados por la interfase FQ232.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FI MPE. El controlador de estación.

#### I.G.4.4 INTERRUPTOR MULTIPUERTOS.

El interruptor multipuertos se utiliza para que no haya conflictos de comunicación en el sistema, cada estación cuenta con un interruptor multipuertos formando una red de multiplexores, que son conectados por la interfase RS232.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





## CAPITULO II

# GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUÍMICO (NIQUELADO QUÍMICO).

### 2.1 INTRODUCCIÓN.

La necesidad de mejorar las propiedades en los materiales para alargar la vida útil, ha dado lugar para el desarrollo de nuevos materiales, tales como materiales de ingeniería avanzados y de alta tecnología.

Esto también ha contribuido para perfeccionar las tecnologías de procesos.

Los recubrimientos superficiales, han dado grandes beneficios en los que se refiere a materiales metálicos.

Entre estos recubrimientos, los apíticos tienen una atractiva alternativa de aplicación. Específicamente los de níquelado, por su alta resistencia al desgaste y a la corrosión. Es por esto que se tomará como base el recubrimiento de níquelado químico, para el desarrollo de esta tesis.

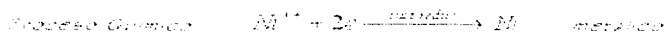
Debido a los inconvenientes señalados anteriormente por este proceso, se ha procurado un mejoramiento importante, de tal manera que se han encontrado las condiciones óptimas para mejorar aún más las propiedades conseguidas por este medio, incorporando partículas duras en el proceso, desarrollándose así los procesos de níquelado químico compuesto.

### 2.2 GENERALIDADES SOBRE LA DEPOSICIÓN QUÍMICA DE METALES.

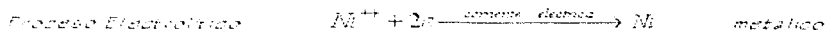
La electrodeposición de los metales se lleva a cabo por una reducción de iones metálicos en la superficie de un sustrato sumergidos en una solución acuosa, dependiendo de la naturaleza de éste, en agua y de la conductividad eléctrica de cada solución.

Para el caso de los recubrimientos químicos, se emplea un agente reductor que provoca la reducción de un sal que se encuentra en una solución acuosa, generalmente catiónica y de esta manera se deposita el recubrimiento sobre una superficie catalítica.

La analoga del método con el proceso químico es la siguiente:



En tanto que para el método con proceso electroquímico es la siguiente:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUÍMICO (NIQUELADO QUÍMICO)

## 2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE NIQUELADO QUÍMICO.

Los métodos usados en la deposición de níquelado químico de soluciones acuosas pueden clasificarse en los siguientes términos:

- por el tipo de agente reductor.
- por el pH del baño.

## 2.3.1 AGENTES REDUCTORES.

De acuerdo a la clasificación, el agente reductor es de suma importancia, pues este ejerce una notable influencia en las propiedades del recubrimiento, como son la estabilidad y la resistencia de la deposición.

Los agentes reductores de uso más frecuente son:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| • Hipofosfito de sodio | $\text{NaH}_2\text{PO}_2$               |
| • borohidruro de sodio | $\text{NaBH}_4$                         |
| • dietilamina de boro  | $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NBRH}_2$ |
| • Hidrazina            | $(\text{H}_2\text{N-NH}_2)$             |

## 2.3.2 pH.

En la industria se utilizan dos tipos de recubrimientos químicos:

1.- Alcalinos Para los baños alcalinos el rango pH = 7.5 - 10. Este tipo de baño presenta una menor difusión y aplicación debido a que las temperaturas a las que se lleva a cabo produce grandes cantidades de amoníaco, provocando inestabilidad en el baño.

2.- Ácidos Para los baños ácidos el rango de pH = 4.5 - 6, este tipo de baño ofrece un número considerable de ventajas en comparación con el alcalino. Estas incluyen altas velocidades de deposición, aumento de estabilidad y alta simplicidad en el control del baño.

## 2.4 EFECTO DE DIVERSOS FACTORES EN PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS QUÍMICOS.

Una forma de poder analizar los diferentes factores en los procesos de recubrimientos químicos se encuentra en la expresión siguiente (eq. 2.1), esta es una función de la velocidad de deposición, que es función del tiempo.

$$d = f(T, \text{pH}, \text{Cm}^{2+}, \text{Cred}, \text{Cred}_0, \text{C.A.}, \text{E}_0, \eta, \dots) \quad \text{ec. 2.1}$$

donde

- d = Deposición Química.  
 T = Temperatura de deposición.  
 pH = pH de la solución.  
 $\text{Cm}^{2+}$  = Concentración de Níquel.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUÍMICO (NIQUELADO QUÍMICO)**

Cred =	Concentración de agente reductor.
Cored =	Concentración de agente reductor consumido.
A/A =	Área superficial/volumen (tanque en el tanque).
C =	Tipo y concentración de agentes complejantes.
A =	Tipo y concentración de aceleradores.
E =	Tipo y concentración de estabilizadores.
n, pH, H =	Otros factores, como salinidad, alcance y contaminación del baño.

De todos éstos parámetros en general, los más importantes son la temperatura, el pH y la concentración de estabilizadores, los cuales tienen más efecto en la velocidad de deposición.

### 2.4.1 COMPONENTES DEL BAÑO.

Existe un gran número de formulaciones para la deposición química, pero normalmente un baño típico requiere los siguientes componentes:

- Agua.
- Una sal que proporcione el recubrimiento.
- Un agente reductor.
- Aceleradores.
- Estabilizadores.
- Agentes complejantes para controlar la cantidad de recubrimiento "libre", disponible para la reacción.
- Temperatura adecuada.
- Un regulador de pH.
- Una superficie catalítica para reducir.

A continuación se mencionan los componentes más importantes para un baño de níquelado químico.

- Una sal que suministre níquel.- los más usados son Sulfato de Níquel y Cloruro de Níquel.
- Agente Reductor.- los más usados son el Hipofosfito de Sodio y Borohidruro de Sodio.
- Aceleradores.- los más comunes son los ácidos Propiónico y Láctico.
- Estabilizadores.- los más utilizados son el Plomo y el Talurio.
- Reguladores de pH.- los más utilizados son el Acetato de Sodio y Citrato de Sodio.
- Agentes Complejantes.- los más comunes son Acetato de Sodio y Cloruro de Sodio.

TESIS CON  
FALLA DE URGEN



## 2.5 PARÁMETROS IMPORTANTES DE OPERACIÓN.

Se tiene que para el caso de que se utilize hipofosfito de sodio como agente reductor para la solución, la deposición será en dirección de  $\text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Ni}$  en el baño. Por lo tanto de todos los parámetros que se mencionaron en la ecuación del mismo anterior (2.1), se mencionarán aquellos que solo tienen una relación directa con la velocidad de deposición en la reacción  $\text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Ni}$  en el baño. Los cuales son:

**TEMPERATURA.** El parámetro más importante que afecta la velocidad de deposición es la temperatura. Esto se debe a que la velocidad de recubrimiento es una función exponencial de la temperatura, ya de los 55 °C a los 75 °C, superior a este intervalo de temperatura la solución alcanza su punto de ebullición y por lo tanto la estabilidad del baño disminuye. Pero cuando la temperatura es por debajo de los 55 °C no se produce el depósito.

Se puede decir que para todos los casos que la velocidad de deposición se va incrementando con el aumento de la temperatura, sin que importe que tipo de reactivo este interactuando con la deposición.

**pH.** Otro caso importantísimo de operación que tiene que ver con la velocidad de recubrimiento es el pH de la solución.

Los valores del baño a los que se encuentran en un intervalo de 1.5 - 1.8 son los ideales para que la velocidad de recubrimiento alcance un grado de aceptabilidad, una estabilidad del baño y utilización óptima del hipofosfito.

**AGENTE REDUCTOR.** Dentro de los agentes reductores que se mencionaron en este capítulo el hipofosfito de sodio es el más sobresaliente y ventajoso para propósitos de niquelado químico.

Mucha de su importancia que tiene el hipofosfito es la cantidad que tienen los baños, ya que con un alto contenido de sodio hipofosfito se tiene un buen recubrimiento, pero tiene algunos inconvenientes.

Se tiene que la estabilidad disminuye como función directa de la concentración de hipofosfito. Los iones de níquel se reducen en el momento que hay una gran concentración de hipofosfito y esto nos lleva a que haya una selectividad propia del proceso. Para tener una solución óptima es recomendable que la concentración de hipofosfito sea de 0.22 - 0.24 molar y la relación molar níquel-hipofosfito de 0.8 - 0.9.

**AGITACIÓN.** Otro factor a tomar en consideración es la agitación ya que este nos va a incrementar la velocidad de deposición del recubrimiento.

La capa de difusión dependiente a la superficie catalítica, será a menor pH en el baño catalítico, por lo tanto, con la agitación se crea en esa interfase el pH y así la velocidad de deposición.

### 2.5.1 SUPERFICIE A RECUBRIR.

Cualquier superficie a recubrir debe estar completamente limpia y libre de polvo, grasa, aceites y pinturas.

Además no debe existir alguna partícula visible de óxido.

En general, el tratamiento previo a la realización de niquelado químico, es muy semejante al del recubrimiento electrolítico. Dependiendo de la superficie a recubrir, algunas ocasiones es necesario activarla con el fin de que sea un catalizador eficiente de la reducción de iones de níquel.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUIMICO (NIQUELADO QUIMICO)

## 2.5.1.2 DECAPADO.

Por lo general la preparación de una pieza incluye un desengrase y un decapado. La limpieza que se llevará a cabo en este proyecto de ensayo es la de un decapado y la de un enjuague con agua, no se procederá a un desengrase, por que esto se incluyó en el decapado. En la figura 2.1 se muestra una pieza antes del proceso de niquelado sin rasgos de sujeción y después del recubrimiento.



FIGURA 2.1 Pieza A antes del recubrimiento y B después del recubrimiento

El procedimiento de decapado tiene como fin eliminar los óxidos metálicos que se encuentran sobre la superficie del material. Los más comunes son óxido ferroso ( $FeO$ ), conocido como calamina, óxido ferroso-férrico ( $Fe_2O_3$ ), de color negro conocido por magnetita y óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ) conocido por hematita, de color rojo.

La realización del proceso de decapado se puede efectuar de dos diferentes maneras: el químico y el mecánico.

El DECAPADO QUIMICO se clasifica en:

Disolución ácida: El decapado por disolución ácida se subdivide en medio ácido, húmedo y electrolítico.

Medio ácido: Se utilizan ácidos inorgánicos como son el clorhídrico y el sulfúrico, pero en ocasiones son empleados el fluorhídrico y el fosfórico. Esto se selecciona normalmente en función del costo y de la duración del baño.

Medio húmedo: Este tipo de decapado consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un alambre para calentarlo. El calor eleva la temperatura de una disolución de agua y acelera la disolución de la misma.

Decapado electrolítico: En este tipo de decapado el material actúa como ánodo o cátodo dentro de un baño electrolítico. En ánodo cuando se emplean baños de ácido sulfúrico en un 25 - 30 % y densidades de corriente de  $1 - 5 \text{ A/dm}^2$  y en cátodo cuando se emplea densidades de corriente más elevadas a  $10 - 30 - 30 \text{ A/dm}^2$ .

Disolución oxidante: Este método se puede conseguir por medio de tres tipos de disoluciones: oxidante, reductor y electrolítico.

Oxidante: La sal que fundamentalmente se utiliza es nitrato sódico y se le añade ácido o carbonato sódico.

Reductor: En este caso el baño nitrado es con soda y carbonato, al que se añade ácido de sodio (1 - 2 %).

Electrolítico: Similar a los baños anteriores, es sucesivamente, ánodo y cátodo, en dos baños consecutivos. En el primero se oxida la escoria y en el otro baño se produce el hidrógeno mediante el cual la despresión y la reduce. Es aplicado en fundiciones que presentan óxido superficial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUIMICO (NIQUELADO QUIMICO)

**Atmósfera reductora.** Este método mejor conocido como método Bendzimir y consiste en pasar material por un horno de túnel dotado de dos zonas. La primera es oxidante y con una elevada temperatura y la segunda zona emplea una atmósfera reductora que elimina la capa superficial oxidada. Se emplea para material continuo.

**El DECAPADO MECÁNICO.** Se realiza por medio de procesos mecánicos, los cuales sujetan unas ruedas de materiales abrasivos. Pero para casos menos desastrosos, se emplean discos de fieltro impregnados de abrasivos como corindón, carburo de silicio, piedra pómez, polvos de distintos metales o aleaciones, compuestos de boro o vanadio, etc. O, se utilizan discos de tela como la lana, fieltro o flecofolan.

**Abruido.** Es un método de trabajo en frío en el que la película de óxido superficial se elimina por la energía que llevan partículas dirigidas hacia la superficie del metal a alta velocidad. Las partículas pueden ser de arena silicea, alúmina, dióxido de titanio, óxido de aluminio, piedra pómez, etc.

**Granallador.** Es un trabajo en frío, por el que las fuerzas de compresión son inducidas en la capa de superficie expuesta de los objetos metálicos, por medio del choque de una corriente de perlas, dirigida a la superficie del metal, a alta velocidad y bajo condiciones de control. Los granalleros que se utilizan son generalmente de acero o fundición.

## 2.6 USOS Y APLICACIONES.

Es de gran importancia el conocer el uso y aplicación de los recubrimientos, puesto que de no ser así, no resulta ningún uso o un gran provecho al aplicar este tipo de recubrimiento, por lo tanto, se mencionan en el siguiente párrafo aquellos materiales que son susceptibles para el niquelado químico.

### 2.6.1 MATERIALES METÁLICOS.

Se cuenta con una vasta experiencia al momento de recubrir la mayoría de los metales comerciales figura 2.2. Pero esto no es en todos los metales, para algunos casos se debe hacer a cabo un tratamiento especial previo al recubrimiento. De tal forma que se pueden clasificar los materiales en los siguientes grupos:

- Depósito por inmersión directa. Podemos mencionar al hierro, cobalto, níquel, rutenio, paladio y osmio, (de forma el depósito) por simple contacto con la solución).
- Los que requieren de método de activación, con la finalidad de aumentar sus cualidades catalíticas, tales como: acero inoxidable, aleaciones de aluminio, de hierro y de titanio.
- Algunos otros se depositan encima de una pequeña capa de níquel electroplumado. Se incluyen aquí materiales como cobre, plata, oro, vanadio, molibdeno, tungsteno, cromo, selenio y bromo.
- Por último, aquellos que requieren de un proceso de activación que incluyan una capa de cobre sobre la cual, posteriormente, se pueda realizar el niquelado químico. Se tienen metales como: cadmio, zinc, estaño y antimonio o superficies que los contengan como piezas soldadas, galvanizadas o recubiertas con zinc-cadmio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE RECUBRIMIENTO QUIMICO ( INQUELADO QUIMICO)

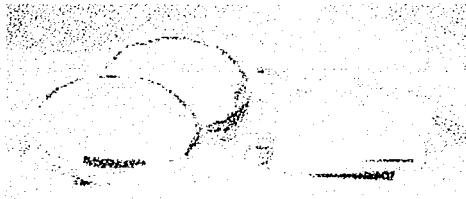


FIGURA 2.2. Metales comerciales con recubrimiento.

## 2.6.2 MATERIALES NO MÉTALICOS.

Un campo interesante de los depósitos es el empleo como recubrimiento conductor sobre sustratos no conductores.

Es posible, mediante un mismo tratamiento o acuerdo de activación, lograr depósitos en materiales como cerámicas, aluminas, carburos, óxidos insolubles y plásticos. Inicialmente se recubren materiales que soportan temperaturas elevadas en baños tradicionales ( 60 - 90 °C ), ahora se han desarrollado formulaciones para trabajar a temperaturas más bajas ( aprox. 20 °C ), especialmente las que emplean compuestos de nitró como reductores. Como ejemplo mencionaremos los siguientes:

En el terreno de polímeros, se han recubierto plásticos de tipo formaldehído-formolico, acrílicos, de temperatura elevada, resinas epoxicas, plásticos ABS, polimida, polipropileno, politetrafluoretileno, polietileno, etc.

En cerámicos, diversos tipos de vidrios, óxidos tales como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, cuarzo, etc.

Así mismo se han logrado depósitos en materiales semiconductores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO III DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL (NIQUELADO QUÍMICO).

### 3.1 INTRODUCCIÓN.

A partir de la información de los temas a tratar, nos enfocaremos en este capítulo, a lo que es el diseño de la estación de recubrimiento superficial para el sistema de manufactura flexible.

Para esto, se usará el método de diseño total propuesto por Stuart Pugh. La selección de este método para aplicarlo en el proyecto se debe a que ofrece un proceso fácil de comprender y además de que brinda una gran variedad de aspectos de diseño en general. Las prioridades dentro de las restricciones, las últimas dos se sustituyeron por el Modelado y la Automatización.

El método comprende de las siguientes fases de diseño:

- Necesidad.
- Especificaciones.
- Diseño conceptual.
- Diseño de detalles.
- Manufactura (Modelado).
- Ventas (Automación).

### 3.2 NECESIDAD.

La industria siempre, debido a que las piezas metal mecánicas durante su vida útil están sujetas a diversos mecanismos de deterioro, tales como corrosión y desgaste, esto tiene como consecuencia que las piezas tengan que ser desechadas rápidamente y los costos aumentan. Los recubrimientos superficiales no son nada nuevos, pero, lo que puede resultar innovador es poder integrarlos a un sistema de manufactura flexible.

El niquelado químico es un recubrimiento que brinda muy buenas características a las piezas, es por eso que ha sido escogido, para poder tomarlo como base para la automatización.

### 3.3 ESPECIFICACIONES.

A continuación se muestran en el cuadro 3.1, las especificaciones requeridas. Estas especificaciones están basadas en el proceso del niquelado Químico, tratando de recrear las mejores condiciones. También están enfocadas al modo de trabajar del SMF del laboratorio.

Se utilizarán elementos puntuales para la especificación de diseño, debido a que este proyecto no está enfocada a un producto comercial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO
CONDICIONES DE OPERACIÓN	Es un proceso que dura de 45 a 75 minutos. El proceso estará automatizado. Temperatura de trabajo (estación) de 65 a 90 °C. La solución necesita ser agitada. Es necesario un decapado de 0-5 mm. y un enjuague de aproximadamente 1 mm.
CONDICIONES AMBIENTALES	Rango de temperatura de operación de 0 a 45 °C. Rango de altitud a operar de 0 a 5000 m. Humedad relativa de 0 a 85 %. Fuerza gravitatoria entre 9.71 a 9.81 m/s <sup>2</sup> . Vibración: Si. Contaminar: Si.
VIDA EN SERVICIO	7 años en uso continuo.
MANTENIMIENTO	Limpieza a los tanques cada mes. Realizar mantenimiento a los robots en un periodo de dos meses.
COSTO	El mas bajo posible.
TRANSPORTE	La estación de niquelado se podrá transportar por vía terrestre (camiones de carga ó en ferrocarril) ó vía marítima (barcos)
MANUFACTURA	Se aprovechará las instalaciones de la facultad de Ingeniería.
TAMAÑO	Puede variar de acuerdo a las piezas a fabricar, pero para este prototipo, se va a sujetar a las especificaciones del Sistema de Manufactura Flexible, de los laboratorios de Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
PESO	Depende de las mismas especificaciones para el tamaño.
APARENCIA	Como el SIME instalado en laboratorio cuenta con colores específicos, se deberá imitar con estos mismos para no contrastar mucho. Presentar una imagen moderna.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



MATERIALES	De menor costo y mayor durabilidad. Resistentes a impactos, a uso continuo de trabajo. Resistente a la corrosión del medio en donde se encuentra.
ERGONOMIA	No se requiere, por que no interactúa con el usuario.
VIDA EN ALMACÉN	No se requiere, por que es un proceso de sobrepedido.
SEGURIDAD	Contar con equipo de extracción de gases. Deberá contener calcomanías de advertencias (riesgo de quemaduras, inhalación de gases tóxicos, etc.) Tener por lo menos paneles de emergencia a simple vista.
INSTALACIÓN	La instalación deberá ser cuidadosa. Se hará por personal especializado.
DOCUMENTACIÓN	Se proporcionará un manual de usuario.

TABLA 3.1. Especificaciones que debe cumplir la estación de Niquelado Químico

## 3.4 DISEÑO CONCEPTUAL.

### 3.4.1 BOCETOS DE IDEAS.

Teniendo establecidas las especificaciones, se comenzó por generar ideas para la estación del DME, esto se hizo presentando una idea escrita y posteriormente se mostraron una serie de bocetos en los cuales se pueda ver con más claridad las ideas a mostrar en esta parte del diseño.

Siguiendo con el método de Stuart Pugh nos basamos en la comparación:

- El primer diseño fue hecho al pensar en una persona que usa su brazo para remojar un objeto en un líquido contenido en un recipiente.
- En el segundo caso es una semejanza del mecanismo que se utiliza en las freidoras de papas.
- El tercer diseño es una semejanza con el anterior, solo que el sistema de rotación es diferente.

Las ideas propuestas para realizar el proyecto son las siguientes:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL (NIQUELADO QUIMICO)

- **DISEÑO 1.-** El robot sostiene la pieza y la sumerge en la solución, el mismo robot es el que le va a dar el tiempo y el movimiento a la pieza, de modo que la solución cubra todas las piezas.

Posteriormente tendrá que sacar la pieza y colocarla sobre una mesa para tomarla por otros puntos de donde ya haya sido cubierta la pieza y volver a meterla para recubrirlo en su totalidad y así terminar el ciclo. Figura 3.1.

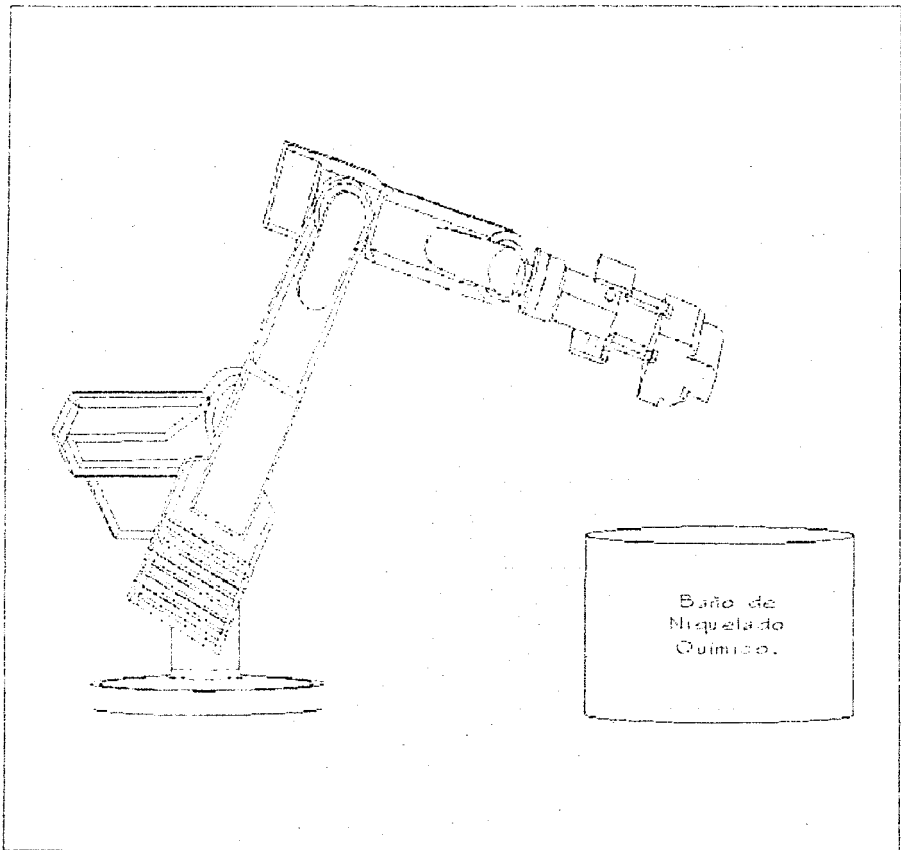


FIGURA 3.1 Diseño 1 Niquelado Químico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL (NIQUELADO QUIMICO)

- **DISEÑO 2.-** El robot coloca las piezas dentro de un conjunto de canastillas que se encuentran integradas en un sistema giratorio, cada canastilla tendrá designada un número de referencia, lo cual se designará posteriormente como celda. El conjunto de canastillas van a estar girando dentro de la solución, para poder dar a las piezas un acabado uniforme. Esto es, al momento de ser retirado de canastillas el sistema giratorio, en base a la programación de la producción que se le da al Sistema de Manufactura Flexible, el conjunto va a permanecer arriba y al recibir una señal en la cual indique que se han ocupado todas las canastillas programadas en el proceso de producción, el sistema bajará hasta el límite en el que se cubran las canastillas con la solución. Posteriormente girará el sistema hasta avanzar un cierto tiempo, luego tendrá que retirarse de la solución y colocarse en una posición inicial. Figura 3.2.

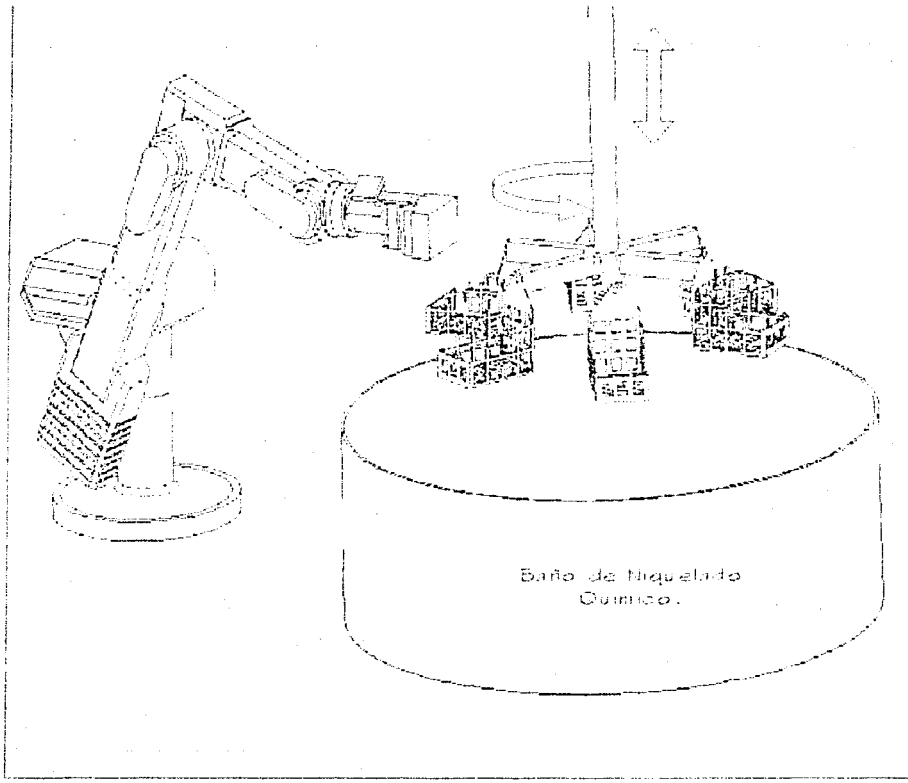


FIGURA 3.2. Diseño 2 niquelado Químico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **DISEÑO 3** - El robot coloca las piezas dentro de unas canchales que tendrán un número de referencia, los cuales se encuentran colgados sobre una guía. La guía va a tener la función de bajar hasta donde se encuentra la tina con la solución y comenzará a girar para que el recubrimiento sea uniforme. Este diseño es algo semejante al anterior con la diferencia de que este usa una guía para realizar el movimiento, obteniendo así para obtener la deposición del recubrimiento sobre la pieza. Figura 3.3

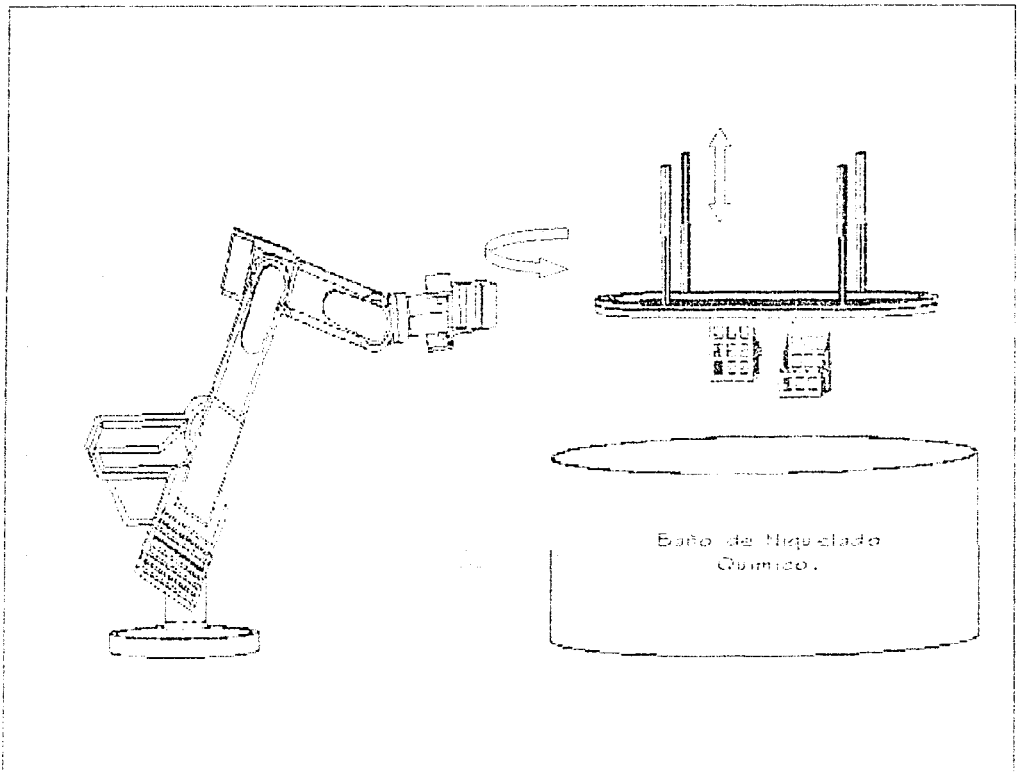


FIGURA 3.3 Diseño 3 Niquelado Quimico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.4.2 MATRIZ DE DECISIÓN.

Continuando con el procedimiento de diseño conceptual daremos como actividad la evaluación de las ideas de diseño.

Para realizar esta evaluación se realizó una matriz de decisión donde se muestran los criterios necesarios que deberá cubrir el diseño. Se decidió que para el factor de peso se tomara los valores del 1 al 5 los cuales tienen el siguiente valor de calificación:

- 5 = EXCELENTE
- 4 = BUENO
- 3 = REGULAR
- 2 = MALO
- 1 = NULO

Este mismo criterio se va a utilizar en todas las matrices de decisión necesarias para la realización de esta tesis.

#### FACTOR DE PESO

A continuación se explica el por qué de la ponderación en el factor de peso.

El mayor factor de peso es el costo, por que se desea que a futuro se fabrique la estación de Recubrimiento Superficial, en las instalaciones del Laboratorio de Manufactura Avanzada de la F.I.

Los siguientes criterios fueron la Compatibilidad con diferentes SME, la Facilidad de fabricación debido a que se cuenta con el instrumental necesario en el Laboratorio de la F.I., para hacer a mano la fabricación, y es importante que no se complique la fabricación, Flexibilidad y Productividad, ya que para que sea una estación de trabajo eficiente, es necesario que cubra estas dos características.

Posteriormente se eligieron la Extrapolación, porque se espera sea capaz de ser puesta en marcha a nivel industrial, Facilidad de Operación y Mantenimiento, porque va a ser operada por personas que cuentan con conocimientos especializados como profesores o alumnos. Respetando al peso de las piezas, solo maneja piezas pequeñas, por lo que no es muy importante y por último Seguridad, no va a trabajar directamente con el usuario, pero si es de tenerse en cuenta este criterio.

Por último tenemos Espacio al cual solo se usara el necesario. Estética la cual no cuenta con importancia relevante.

En la tabla 3.2 se puede apreciar con más detalle la calificación de cada criterio en cada diseño, y su explicación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3
<b>COSTO</b>	No es necesario un mecanismo aparte del robot	Utiliza un mecanismo sencillo	Requiere un mecanismo complejo
<b>EXTRAPOLACIÓN</b>	Se necesita un robot con más capacidad de carga y alcance	Es más sencillo fabricar el mecanismo y hacerlos más potentes	
<b>FACILIDAD DE OPERACIÓN</b>	No es necesario fabricar un mecanismo	Es un mecanismo más fácil de fabricar	El mecanismo que se usa es más complejo
<b>FLÉXIBILIDAD</b>	No se controla el robot	Se tiene que controlar el robot, el mecanismo y hay un mayor número de piezas	
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	Se manufacturan una pieza a la vez	El número de piezas depende del SMF y no del mecanismo	Una para transportadora pierde velocidad con mayor número de piezas

TABLA 3.2 Tabla de criterios para la elección del diseño

Una vez que se hizo la calificación a cada propuesta de diseño y para cada uno de los criterios se realiza una operación matemática la cual es multiplicar cada una de las calificaciones dadas por la ponderación correspondiente a cada calificación. Luego se hará una suma para la obtención del producto para cada diseño propuesto, obteniendo una calificación total, dicha calificación nos indicará una puntuación final y así se podrá obtener el mejor resultado para tomar la mejor decisión.

$$\text{Resultado} = \sum (\text{Factor de peso} \cdot \text{Calificación})$$

La matriz de decisión para la estación de Recubrimiento Superficial se muestra en la tabla 3.3.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## MATRIZ DE DECISIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

CONCEPTO CRITERIO	FACTOR DE PESO	CALIFICACIÓN			FACTOR DE PESO X CALIFICACIÓN		
		DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3
COMPATIBILIDAD CON EL ENTORNO	1	1	2	3	1	2	3
TIEMPO	1	1	2	3	1	2	3
ESPACIO	1	1	2	3	1	2	3
ELECTRICA	1	1	2	3	1	2	3
ENTRADA Y SALIDA (OPERACIONES)	1	1	2	3	1	2	3
FACILIDAD DE FABRICACION	1	1	2	3	1	2	3
FACILIDAD DE OPERACION	1	1	2	3	1	2	3
FLEXIBILIDAD	1	1	2	3	1	2	3
MANTENIMIENTO	1	1	2	3	1	2	3
PROYECTIVIDAD	1	1	2	3	1	2	3
FACILIDAD DE USO DEL EQUIPO	1	1	2	3	1	2	3
FACILIDAD DE USO DE LA PIETA	1	1	2	3	1	2	3
SEGURIDAD	1	1	2	3	1	2	3
					11	12	13

TABLA 3.3 Matriz de decisión para la estación de Recubrimiento superficial

Como se puede observar en la tabla 3.3, el diseño con más puntuación es el número 2. El factor más importante en el caso, por que uno de los objetivos a futuro es que la estación de Recubrimiento Superficial se pueda conservar en la Facultad de Ingeniería, no se muestra una cotización detallada para el criterio se basa en los componentes necesarios para el diseño y el diseñador a utilizar en cada proyecto. Los criterios que le dan prioridad de importancia, fueron la facilidad de fabricación, la flexibilidad, productividad y compatibilidad con OMP.





Estos factores tienen que ver con el objetivo a futuro, ya mencionado y con el objetivo de esta tesis, el diseño de una estación de Recubrimiento Superficial para integrarla a un Sistema de Manufactura Flexible.

### 3.4.2 PROCESO.

Se puede observar en la figura 3.2, que es necesario una tina para el recubrimiento. Pero como se mencionó en el capítulo anterior el proceso incluye un baño y un decapado, para preparar la pieza a recubrir. Por lo que serán necesarios otras dos tinas.

En un principio se pensó en usar mecanismos similares al robot para las obras de las tinas, y que el robot fuera el que cambiara de lugar las canastillas con las piezas, para que recibieran todo el tratamiento. Si se utiliza esta opción hay dos desventajas: aumenta el costo y la programación del Sistema de Manufactura Flexible se complica mucho, al tratar de coordinar los tiempos de cada baño.

Pero si tomamos en cuenta el tiempo, tenemos los siguientes resultados:

- Para el Recubrimiento se necesitan por lo menos que las piezas estén sumergidas entre 15 min y 1 hora.
- En cambio para el Decapado se necesita de 3 a 5 min.
- Y para el Enjuague basta con 1 min.
- Durante el proceso de Recubrimiento, se podría sacar de la solución las piezas, sin que esto afecte el tratamiento, pero esto no debe sobrepasar el minuto.

Esto implica que el robot estará mucho tiempo inactivo, mientras espera las piezas del Recubrimiento, por lo tanto, el robot será el que prepare las piezas para el Recubrimiento de Niquelado, o sea que el realizar las operaciones de Decapado y Baño. De este modo no será necesario otro mecanismo similar al robot.

Esta estación va a ser diseñada para un SMF, por lo que necesita también ser flexible. Es por esto que una vez iniciado el proceso de Recubrimiento, va a ser posible interrumpirlo durante 1 min., ya sea para sacar o entrar de canastillas con piezas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO IV DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO.

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe el Diseño de Detalle. Según Pugh, en esta parte es donde cada área pone en práctica sus conocimientos. El diseño de detalle será desarrollado con técnicas de diseño mecánico. Por lo tanto, la combinación de describen los tipos de modelado más utilizados, los cuales son un herramienta muy importante y poderosa, ya que sirve como base para aplicarse con otras técnicas, tales como la manufactura asistida por computadora (CAM) y la ingeniería asistida por computadora (CAE).

Una vez refinado el tipo de modelado, se da una breve descripción del software que utiliza este tipo de modelado, para después proceder a su aplicación.

#### 4.1.1 DIFERENTES TIPOS DE MODELADO

Un modelo es una representación matemática de una forma geométrica que se encuentra almacenada en la memoria de una computadora en un sistema CAD/CAM. Los modelos en 2D se conocen por el sistema como esquemas, planos, como creados por un determinado número de puntos que pueden definirse mediante coordenadas cartesianas  $x, y, z$ . Se pueden mantener en memoria de la PC un modelo de 3D mediante la representación de puntos de una tercera dimensión  $x, y, z$ .

##### 4.1.1.1 MODELADO GEOMÉTRICO POR COMPUTADORA.

El modelado en 3D puede ser esencialmente vertido en la creación de dibujos isométricos como el requerido en planos de plantas, instalaciones de productos y equipos, por lo que resulta importante para asegurar la adecuada cantidad entre componentes de un diseño. También puede ser importante en los sistemas de CAD/CAM que realizan con es un procedimiento de simulación por ensayo.

##### 4.1.1.2 MODELADO DE ALAMBRE.

Uno de los sistemas más sencillos es el llamado modelo de alambres, en el cual se requiere de coordenadas en el espacio de todos los vértices del cuerpo, junto con la información de qué pares de vértices se encuentran unidos mediante líneas. Mediante muchas transformaciones geométricas la proyección se puede obtener cualquier vista del objeto. Este modelo se describe por completo en términos de puntos y líneas. Constituye el más simple tipo de modelado y tiene grandes limitaciones, la mayoría de las cuales derivan de la falta de datos relativos a determinadas líneas y a la incapacidad de distinguir entre el interior y el exterior de un objeto sólido. Necesita menos requisitos de memoria que las demás técnicas.



#### 4.1.1.3 MODELADO DE SUPERFICIES.

Un modelo de superficie se define en términos de puntos, líneas y caras. Es considerado como un modelo de nivel más alto, lo que lo hace más versátil.

Las ventajas de modelado de superficies en relación con el modelado en alambre son:

- Capacidad para reconocer y visualizar perfiles curvados complejos.
- Capacidad para reconocer caras, proporcionando facilidades de sombreado de superficies.
- Capacidad para reconocer características superficiales, tales como ondulados.
- Capacidad para visualizar simulaciones de cortes de herramientas en 3D en operaciones de máquinas multi-ejes y formas complejas.
- Facilidad mejorada en el manejo de robots.

El modelado de superficies se utiliza en diseño y fabricación de superficies curvas complejas, como pueden ser las carrocerías de automóviles.

#### 4.1.1.4 MODELADO HÍBRIDO.

Modelado híbrido es un sistema de modelado en 3D, el cual combina la operación y la estructura de la base de datos de más de uno de los sistemas de modelado más comunes. Son empleados en los sistemas de cómputo más potentes, en dicho sistema se combinan las ventajas de más de un sistema.

#### 4.1.1.5 MODELADO PARAMÉTRICO.

Modelado paramétrico es aquel que captura el intento de diseño a través de las relaciones entre los elementos geométricos con ecuaciones y relaciones lógicas. Los parámetros están asociados con elementos geométricos, como valores numéricos, ecuaciones y relaciones geométricas (por ejemplo, paralela o perpendicular).

Cuando se cambia un parámetro, los elementos geométricos relacionados con él se ven afectados. Una de las ventajas de este modelado es que facilita la exploración de variaciones en el diseño.

#### 4.1.1.6 MODELADO DE SÓLIDOS.

Como último tipo de modelado y el que más nos interesa, a continuación se explica el modelado de sólidos.

Un modelo sólido se define en términos de la forma volumétrica que ocupa. El modelo de sólidos consiste en la única forma que proporciona una total y no ambigua descripción de forma en 3D. Las ventajas que se obtienen son:

- Completa definición de formas volumétricas, incluyendo la capacidad de distinguir entre exterior e interior de un objeto, pudiendo detectar interferencias entre componentes.
- Capacidad para proporcionar borrado automático de líneas ocultas.
- Capacidad para proporcionar vistas de secciones en 3D a través de sus componentes.
- Ventajas analíticas que incluyen visualización de las propiedades de las masas y la construcción eficiente de elementos finitos.
- Capacidad para proporcionar opciones de color y control de sombreado. Es también posible manipular fuentes de luz y producir efectos de sombra.
- Simulación mejorada de mecanismos dinámicos, procedimientos de cortes de herramientas y manipulación de robots.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Los modeladores de sólidos se clasifican:

- Tipo de representación constructiva (C-Rep)
- Tipo de representación de contornos (B-Rep)

La diferencia entre estos dos tipos se encuentra en el método en el que se almacenan los modelos.

#### 4.1.1.6.1 MODELADO DE REPRESENTACIÓN CONSTRUCTIVA (C-REP).

Los modelos sólidos C-Rep se construyen a partir de bloques básicos denominados primitivas de modelado de sólidos que se definen en términos de su forma sólida, tamaño, posición y orientación. La siguiente figura (4.1), muestra ejemplos de primitivas de modelado de sólidos.

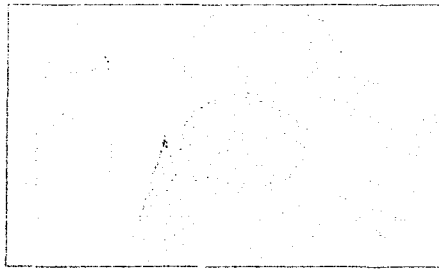


FIGURA 4.1 Modelado de sólidos

#### OPERADORES BOLEANOS

Constituyen las herramientas esenciales para construir el modelo C-Rep definiendo entre la relación entre primitivas. Los operadores booleanos se basan en la teoría del álgebra de conjuntos (Fig. 4.2 a), y tienen especial importancia con objetos sólidos que se pueden combinar. Los tres operadores booleanos son unión, diferencia e intersección. La figura 4.2 b) define estos términos y da un ejemplo de modelado de sólidos.

La **UNIÓN** ( $\cup$ ) define el espacio interior y los contornos exteriores del sólido formado por la combinación de los dos sólidos que se penetran.

La **DIFERENCIA** ( $-$ ) define el contorno del perfil resultante de una de las primitivas penetradas y los contornos externos de la región mezclada.

La **INTERSECCIÓN** ( $\cap$ ), define el espacio interior de los contornos de la región mezclada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

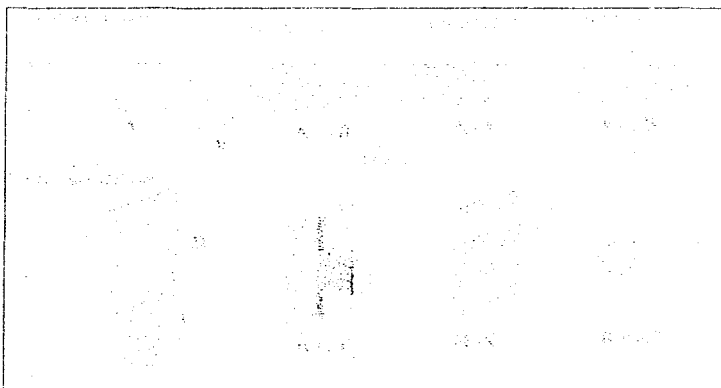


FIGURA 4.2 Operadores booleanos.

#### CONSTRUCCIÓN DE MODELOS (C-FePi)

Se pueden crear primitivas de sólidos haciendo áreas 2D en el espacio de 3D, generando un volumen sólido, el barrido puede ser como para el caso de generación de superficies, lineal o rotacional, como se muestra en la siguiente figura 4.3.

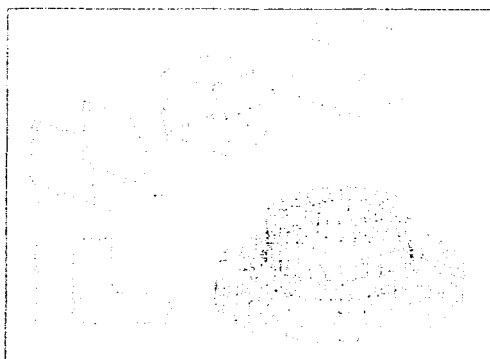


FIGURA 4.3 Construcción de modelos

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4.1.1.6.2 MODELADO DE REPRESENTACIÓN DE CONTORNOS (B-REP).

Para crear modelos utilizando B-Rep se pueden emplear exactamente las mismas técnicas que se emplean para C-Rep; es decir, se pueden formar primitivas de sólidos con bordes lineales y rotacionales y construir formas compuestas utilizando operadores booleanos. Los modeladores B-Rep reconocen el cuerpo en términos de los contornos y las caras que constituyen sus superficies, definiendo de esta forma sus límites volumétricos en 3D.

La principal ventaja del modelado B-Rep es que los perfiles de los contornos se pueden modificar con más facilidad. Sin embargo, el sistema B-Rep necesita más recursos de memoria.

#### REPRESENTACIÓN DE OPERACIONES B-REP.

- Propiedades de los volúmenes y masas.
- Análisis de fuerzas.
- Simulación de operaciones de máquina. Ver figura 4.4.
- Detección de interferencias o colisiones. Ver figura 4.5.

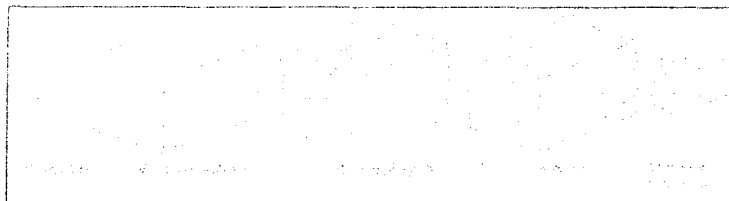


FIGURA 4.4 Simulaciones de operaciones de máquina

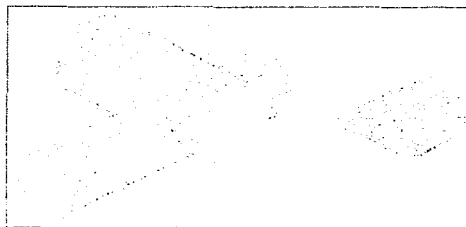


FIGURA 4.5 Detección de interferencias o colisiones

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.1.2 SOLIDWORKS.

SolidWorks®2000 es un software de diseño mecánico compatible con Microsoft® Windows®. Esta herramienta ayuda a los diseñadores mecánicos a esbozar de manera rápida sus ideas, a experimentar rasgos y dimensiones, produciendo modelos y dibujos a detalle.

Un modelo hecho en SolidWorks consiste en partes, ensambles, y dibujos.

Se empieza con un boceto, creando un perfil sencillo, y entonces se agregan más rasgos al modelo. (También se puede comenzar con una superficie importada o geometría sólida).



## DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

Se puede redefinir el diseño, añadiendo, cambiando o mandando a llamar de nuevo los perfiles. Hay asociación entre las partes, ensambles, y dibujos, asegurando que un cambio hecho a una lista afecta automáticamente a todas las demás.

En la aplicación de SolidWorks, cada parte, ensamble, y dibujo está guardado en un archivo, y cada documento se despliega en una ventana separada.

Se pueden visualizar varias ventanas de partes, ensambles, y dibujos al mismo tiempo. También, se puede tener vistas múltiples de un solo documento al mismo tiempo.

El tipo de modelado que utiliza este software es el de REPRESENTACION DE CONTORNOS (B-REP). En la figura 4.6 se muestra el ambiente en que trabaja este software.

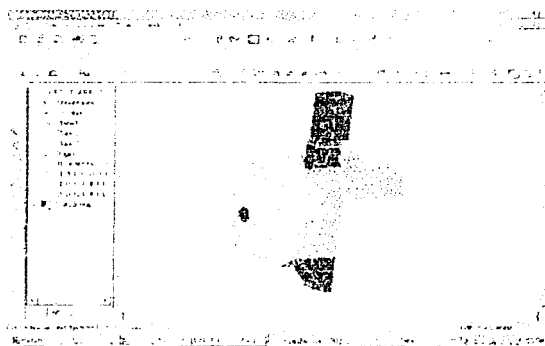


FIGURA 4.6 Ejemplo de un ensamble en Solid Work.

## 4.2 DISEÑO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Después de tomar en cuenta las especificaciones mencionadas en el capítulo anterior, así como las condiciones necesarias para el Niquelado (vistas en el capítulo II), lo siguiente fue modelar el Sistema de Manufactura Flexible del Laboratorio de Manufactura Avanzada de la UNAM en SolidWorks. Todo esto se hizo para poder partir de las dimensiones reales de un SMF comercial. También para utilizar algunos de los elementos de este sistema, como base para facilitar el desarrollo del presente proyecto de tesis.

El modelado del SMF, fue muy tardado y difícil, debido a la gran cantidad de partes de las que consta éste. Por lo tanto se prefirió que este trabajo sea parte de un proyecto más ambicioso donde posteriormente se diseñen diferentes estaciones que integren el sistema de manufactura flexible.

En esta tesis no se presentará la fabricación, si no solamente el diseño, por lo que es necesario tener una representación gráfica de los componentes ya existentes, para proporcionarnos una visión real del diseño de la estación.

### 4.2.1 ESPECIFICACIONES A CONSIDERAR.

A continuación se muestra el modelado y especificaciones del SMF y de los componentes, que fueron necesarios para el diseño de la estación de Recubrimiento Superficial.

En la Figura 4.7, se puede observar la configuración actual del Sistema de Manufactura del Laboratorio de Manufactura Avanzada de la Facultad de Ingeniería.

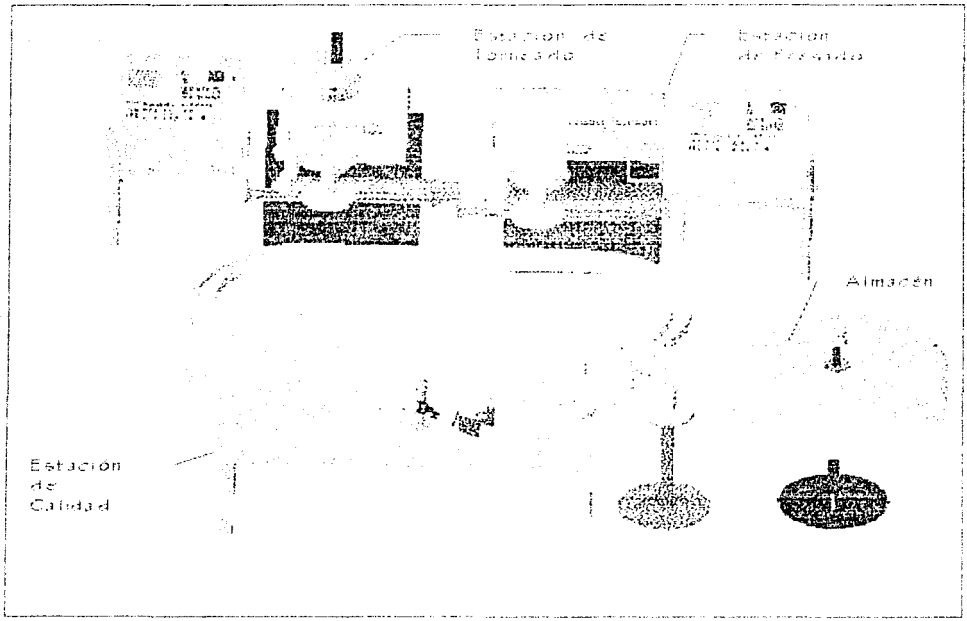


FIGURA 4.7 Sistema de Manufactura Flexible

### 4.2.1.1 ESTACIÓN DE TORNEADO.

Es una de las estaciones fundamentales en cualquier sistema de manufactura flexible y sobre todo en el proceso de maquinado que se diversifica. Los datos de esta estación nos van a proporcionar las características necesarias en cuanto a espacio y forma de los componentes que nos van a dar el diseño de la estación de maquinado, de acuerdo al área de trabajo, ya que así se sabrá el tamaño de las piezas que se puedan fabricar y manipular, posteriormente en el sistema. La estación está compuesta por un torno LCCP de la marca EMCO, y cuenta con las siguientes características (Figura 4.8):

- Controlador electrónico TMOE.
- Mundo de trayectorias de 2 ejes con microprocesador.
- Interpolación lineal y circular ( $2 \times 10^6$  D).
- Tamaño máximo de la pieza de trabajo en el chuck:  $\phi 75$  mm.
- Viaje longitudinal en el eje Z: 170 mm.
- Viaje circular en el eje X: 55 mm.
- Viaje longitudinal entre el chuck y la herramienta de corte: 121 mm.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



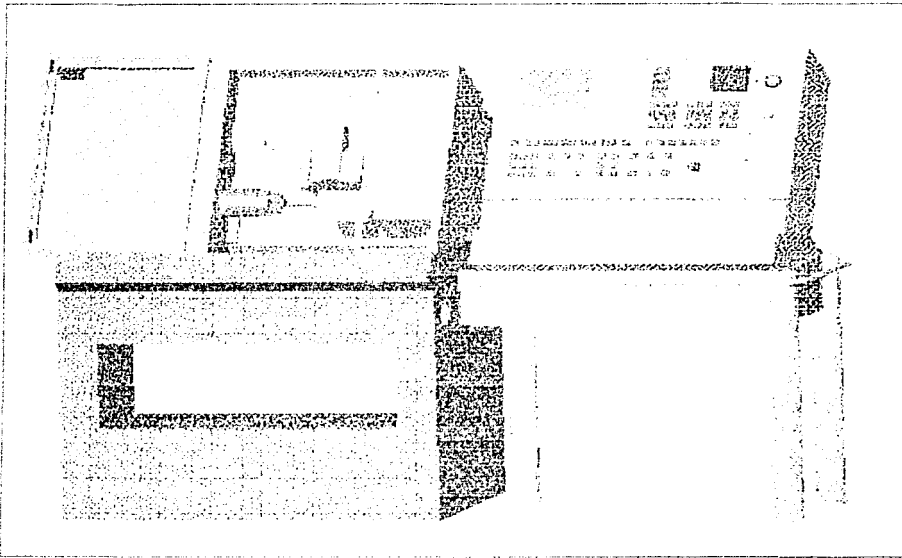


FIGURA 4.9 Estación de Fresado

#### 4.2.1.2 ESTACIÓN DE FRESADO.

Esta estación tiene un rol importante en la estación de torneado (Figura 4.9), por que también nos van a limitar el tamaño y forma de los componentes, necesarios para el diseño de la estación de Recubrimiento. La estación está compuesta por un centro de maquinado vertical (CMC), con las siguientes características:

- Controlador: Siemens TM 02
- Mando de trípode con 3 ejes con microprocesador
- Interpolación lineal (orden de 12 bits)
- Distancia longitudinal en el eje Z: 185 mm.
- Distancia radial en el eje Y: 100 mm.
- Distancia vertical en el eje X: 200 mm.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

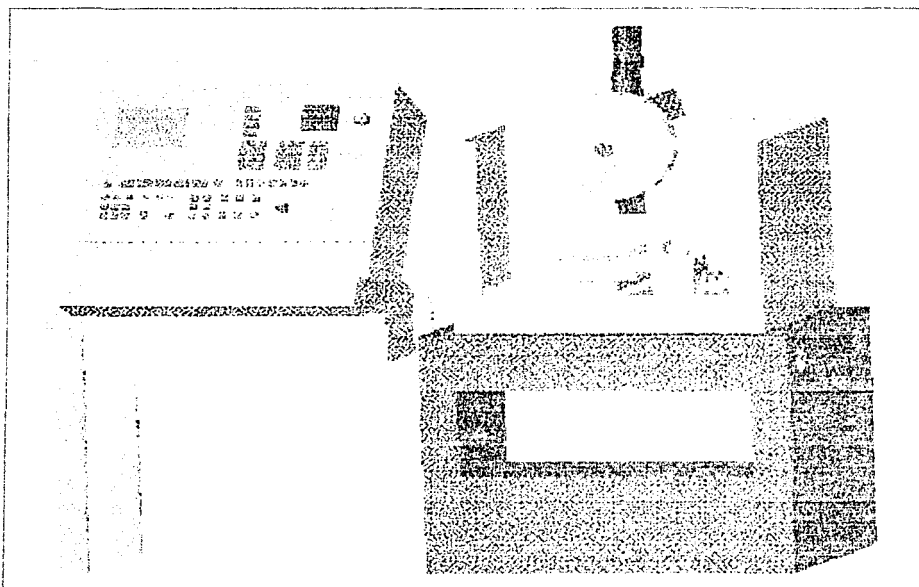


FIGURA 4.2. Estación de brazo robótico

#### 4.2.1.3 ROBOT

A continuación se describen las características del manipulador Fujitsu 4100 que va a ser utilizado en el proceso de niquelado químico. Se seleccionó este manipulador porque es el mismo que se utiliza en el SMF. Por lo que sus características son:

- Control: EF 414
- Estructura: metálica. Robot articulado vertical, cinco ejes de movimiento, transmisión de trabajo articulada en cada eje.
- Rango de operación:
- Eje 1: base de rotación:  $\pm 250^\circ$  manual;  $310^\circ$  programando
- Eje 2: rotación del hombro:  $+130^\circ$   $-135^\circ$
- Eje 3: rotación del codo:  $\pm 130^\circ$
- Eje 4: inclinación de la muñeca:  $\pm 150^\circ$
- Eje 5: giro de la muñeca, limitada (mecánicamente);  $\pm 150^\circ$  (electrónicamente)
- Radio de operación: 851 mm (33.5 in) con pinzas; 631 mm (24.8 in) sin pinzas.
- Efectores externos: Pinza eléctrica.
- Actuadores: Servo motor DC eléctrico.
- Transmisión: Manejo armónico.
- Carga máxima de trabajo: 2000g (4.4 lb), incluyendo pinzas.
- Repetibilidad: 0.2 mm (0.0079 in)
- Velocidad máxima: 1000 mm/sec (39.37 in/s)
- Peso: Aprox. 65 kg (143 lb)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

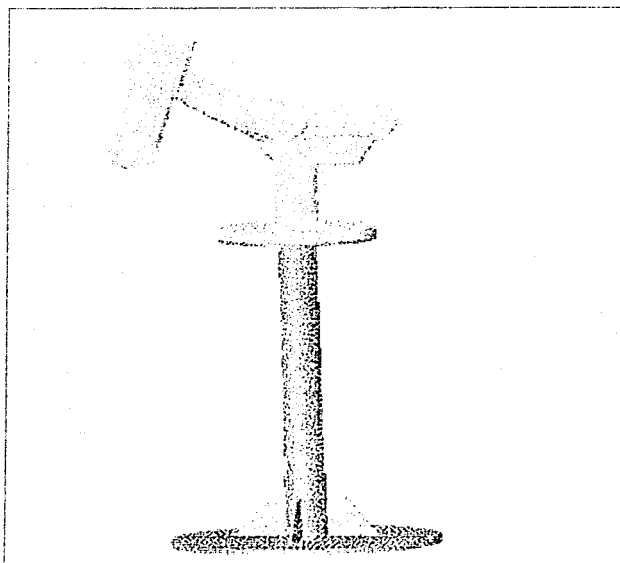


FIGURA 4.10. Robot

## 4.2.2 DESARROLLO.

En el capítulo anterior se mostraron las ideas y desarrollan. Una vez escogido el concepto a manejar, se tomaron en cuenta: espacio, componentes, materiales, cargas, planos y por último costos. Para el desarrollo de este diseño se utilizara el software de Solid Works, el cual es una herramienta muy poderosa en la generación de partes, de componentes, mejor aprovechamiento del espacio, curvas y planos.

El orden en que están enlistados los componentes, es el mismo con que fueron diseñados. Se siguió esta disposición debido a que se partió de la pieza más fundamental. El diseño del presente trabajo se divide en 5 partes, tomando en cuenta, primero la importancia de los elementos y después el material con que van a ser fabricados.

### 4.2.2.1 COMPONENTES PRIMARIOS.

Son los componentes que están más en contacto con las piezas de trabajo, por lo que son la base para el diseño de todo lo demás. Estos componentes se van a fabricar con el mismo material por que son los que están más en contacto con la solución. Los cuales son: tinas para la limpieza y para el niquelado, canastillas y base estructural. Aunque de ellos van a ser retomados en el siguiente capítulo, para el diseño de la automatización y control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4.2.2.1.1 MATERIAL.

A continuación se describe el primer y más importante material seleccionado, por que es el que va a estar en contacto con la solución. Por lo general se utilizan en este tipo de procesos: cerámicos, plásticos o acero inoxidable.

- Cerámicos. Son un tipo especial de vidrio o cerámicas pulidas (porcelana). Su ventaja es que no hay riesgo de que exista algún tipo de deposición de Niquel en las paredes. Su desventaja es que en algunos casos puede sufrir algún tipo de ruptura térmica.
- De los diferentes plásticos resistentes a la temperatura, solo algunos pueden ser utilizados. Algunos de ellos son el polietileno, el polipropileno, los fluorocarbonos, y las resinas fenol-formaldehído. Una desventaja de los plásticos es su baja conductividad térmica cuando se realiza un calentamiento indirecto.
- En la mayoría de las plantas de operación continua, el equipo es invariablemente de acero inoxidable.
- También es posible revestir los materiales en contacto con la solución con resina más fibra de vidrio, obteniendo un material compuesto con mayor duración.

Después de evaluar las deposiciones de cada material, el material seleccionado es el Acero inoxidable. Opcionalmente se puede recubrir con resina y fibra de vidrio, pero para este caso no sería necesario.

De consultar características de algunos aceros inoxidables existentes en México, y después de algunas comprobaciones, se llegó al material que se describe a continuación.

El acero inoxidable tipo 316 se encuentra en el grupo de los aceros inoxidables que son esencialmente austeníticos, esto quiere decir que estos aceros son altamente resistentes a la corrosión. Otro rasgo importante que tiene el acero austenítico es su buen comportamiento ante temperaturas variadas. Sus características son:

- Resistente a la corrosión.
- Resistente a altas temperaturas.
- Resistente al resquebraje.
- Resistente a los golpes.
- Resistente a los ácidos orgánicos.

Solo por mencionar otras características con las que cuenta este tipo de acero es que resiste la presencia de agua de mar y además soporta cualquier cambio atmosférico.

Algunas de las desventajas que presenta el acero inoxidable 316, es que no cuenta con una resistencia al contacto con ácido nítrico en ebullición.

En la siguiente tabla A.1, se muestra la composición presentada por el acero inoxidable 316.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
%	%	%	%	%	%	%	%
0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	16.00	2.00	10.00
max.	max.	max.	max.	max.	a	a	a
					13.00	3.00	14.00

TABLA A.1 Composición del acero inoxidable 316

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Algunas de las aplicaciones del acero inoxidable 316 son:

- En contenedores.
- Tuberías.
- Equipo en general para la industria química y farmacéutica.
- Utensilios para fotografía.
- Maquinaria para el procesamiento de pulpa y papel.

Para la manufactura del acero inoxidable se puede consultar el **Apéndice A** para lo referente a la soldadura.

#### 4.2.2.1.2 DISEÑO DE ESPACIO Y FORMA DE LOS COMPONENTES.

Se inicia a partir de la determinación del tamaño y forma de las piezas. La secuencia en que fueron diseñadas fue muy importante, por que todos los componentes están relacionados. Algunas piezas como la canastilla y la base ajintada, probablemente necesitaran un estudio posterior de esfuerzos. Otro de los puntos clave es que cada uno de los componentes necesita un estudio minucioso para su diseño.

##### 4.2.2.1.2.1 CANASTILLA.

Es el primer componente que se diseña, a causa de que es el que está más en contacto con la pieza a trabajar. Por consiguiente, dependerá totalmente de las especificaciones del GMP.

Una especificación a considerarse para la realización de la canastilla es la carga máxima que puede soportar el brazo mecánico el cual es de 2 Tq, se considera que el gripper pesa aproximadamente 500 gms, por lo cual la pieza y la canasta juntas pueden pesar solamente 1.5 Tq, la canastilla no puede soportar los 550 gms, tenemos entonces que la pieza a trabajar puede ser de geometrías geométricas no debe pesar más de  $m_{max} = 1.50$  Tq. Otro dato que tenemos es la apertura máxima del gripper, que es de 2". Si consideramos como máxima longitud de un lado de un cubo, tenemos que  $L = 2" = 50$  mm, por lo tanto  $Vol = 25$  cm<sup>3</sup>. El material más pesado que se utilizará es el acero al carbono cuya densidad es  $\rho = 7.87$  gr/cm<sup>3</sup>.

A continuación se calcularán las dimensiones máximas de la pieza, para poder calcular las dimensiones de la canastilla.

$$\text{Volumen máximo} = V_{max} = \frac{m_{max}}{\rho} = \frac{1150 \cdot 10^3 \text{ gr}}{7.87 \text{ gr/cm}^3} = 146 \text{ cm}^3 \dots \dots \dots \text{Ec (1)}$$

$$\text{Altura} = h = \frac{V_{max}}{L \cdot L} = \frac{146 \cdot 1000 \text{ cm}^3}{25 \text{ cm}^2} = 584 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Ec (2)}$$

Entonces se determinó que el tamaño máximo aproximado de las piezas a recubrir es de  $50 \times 50$  (50 mm). Así que nuestra canastilla tendrá unas dimensiones de  $100 \times 100 \times 100$  mm, con tolerancias una tolerancia de 5 cm en cada lado. Esto se hizo para poder trabajar piezas más grandes (en caso de que el GMP lo permitiera).

Al vez obtenidas las dimensiones se escogió la forma y el material a utilizar para su construcción. El material será alambre inoxidable para el armazón y el interior de las caras será de tela de alambre inoxidable. Este tipo de material facilitará la construcción de la canastilla y aliviana material y peso. Además de que proporcionará un fondo homogéneo a las piezas. Se consultaron las tablas del **Apéndice B** y se seleccionaron las siguientes medidas:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

- Alambre de 1/8" ( $\phi=3.2$  mm), tipo el amazon
- Tela de alambre calibre No. 18 ( $A=1.24$  mm) con 5 mallas por pulgada, para el interior de las ceras.

Estos datos fueron elegidos, para evitar que las piezas se atoren en caso de que sean muy pocas mallas por pulgada, y además no exceda el peso tolerado por el mecanismo, en caso de ser muchas mallas por pulgada.

Se hizo un abafán en cada lado de la canastilla donde va a ir el mango. Esto es para que en caso de que sean muchas canastillas, no se estorben entre ellas, una vez que estén acomodadas en la base giratoria. También ayuda a que el esfuerzo se concentre en el mango y evitar el equilibrio en la canastilla que pueda provocar vibraciones.

La canastilla finalmente quedó, como se muestra en la figura 4.11.

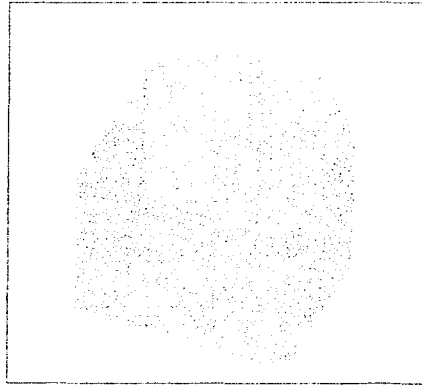


FIGURA 4.11 Canastilla

#### 4.2.2.1.2.2 BASE GIRATORIA

El concepto original eran unos brazos en forma de estrella. Pero pensando en la rigidez que se necesita para este componente la forma se cambió a un polígono, de modo que en cada punta haya colocada una canastilla.

Se necesita que las canastillas no tengan momentos laterales, por que la base tiene movimiento giratorio. Además de que se desea que las canastillas sean encajadas con seguridad a la base, de modo que este trabajo lo pueda realizar un robot. Así que después de considerarlo surgió el siguiente mecanismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

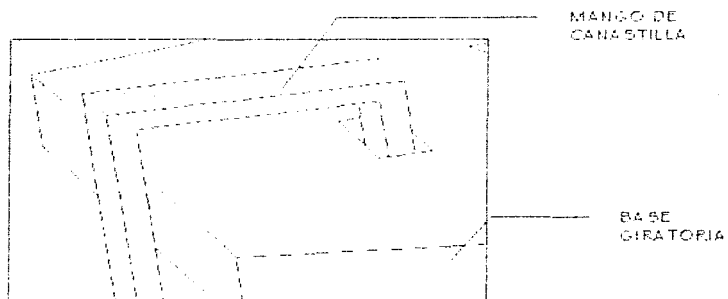


FIGURA 4.12. Estructura canastilla y base giratoria

Una vez decidido el método de sujeción, se procedió a calcular el número de piezas óptimo para el funcionamiento del proceso. Una vez calculado el número de piezas, se definió la forma del polígono.

Como primer punto a considerar en el cálculo del número de piezas, se tiene que para adquirir un buen recubrimiento de niquelado en la pieza, se necesita de un tiempo aproximado de una hora o 45 minutos como tiempo total según el baño, pero para los cálculos tomaremos como tiempo total 45 minutos.

Lo siguiente es calcular el tiempo de entrada y salida de la pieza. La entrada consiste en recibir las piezas, el decapado, el enjuague y puesta en espera. La salida es quitar o poner canastillas de la base, enjuague y dejar la pieza lista para ser llevada a la siguiente estación. Para esto se tomaron en cuenta tiempos ya establecidos (enjuague, decapado y secado) y tiempos aproximados en que se tarda principalmente el robot en la realización de la tarea. Todos los tiempos y movimientos para estos procesos se encuentran en la tabla 4.2. A la suma de estos tiempos, sin considerar el baño de niquelado, le llamaremos tiempo del proceso ( $t_p$ ).







DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

Al relacionar estos datos y se obtiene el número de canastillas necesarias, para abastecer al sistema se realizaron los siguientes planteamientos, resultando las siguientes ecuaciones:

$t_T = n(c_p) \dots \dots \dots Ec(3)$

despejando n:

$c = \frac{t_T}{t_p} = \frac{2700 \text{seg}}{750 \text{seg}} = 3.6$

donde c es el número de canastillas. Por lo tanto serán 3 canastillas, las que estén en la base giratoria. Cabe la posibilidad de poner 5 piezas en caso de que se tome como tiempo total de recubrimiento 60 min. Pero para evitar complicaciones con los controladores, y a que la banda transportadora del SMF sólo permite colocar 2 Buffers y cada Buffer tiene capacidad para 2 piezas, la estación será diseñada para recibir 3 piezas y dejar en espera 1. Es posible diseñar en un futuro sin mucha dificultad una base giratoria hasta de 6 piezas, solo hay que considerar que el SMF lo permita.

Por lo tanto la forma de la base va a ser triangular. El espesor de la base ( $t_p = 12.5 \text{mm}$ ) se define de manera que fuera rígida, pero a la vez que el peso no afecte al mecanismo. Se busca un triángulo isósceles cuyo radio del círculo inscrito sea de entre 60 y 70 mm. El mango de las canastillas estará orientado a lo largo 25mm y se recomienda para mayor estabilidad, aproximadamente una distancia similar de donde termina el mango al centro de rotación.

Se definió un radio inscrito aproximadamente de 65 mm, y el más cercano es un radio inscrito de 64.95 mm cuyos lados miden 175 mm, las puntas del triángulo serán cortadas en triángulos de 50 mm, esto es para que no estorben y ahorden peso y espacio al mecanismo. Por lo tanto realmente los lados serán de 125 mm. (Figura 4.13).

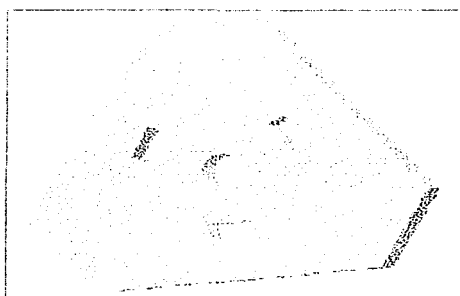
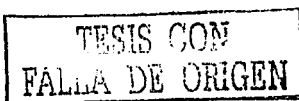


FIGURA 4.13 Base Giratoria

4.2.2.1.2.3 TINA PARA EL NIQUELADO.

Una vez modelada la Base giratoria y la canastilla, tenemos que el radio inscrito del triángulo es de  $r_p = 64.95 \text{mm}$ . El radio hipotético de nuestra tina ( $r_{tp}$ ), de calculará se la siguiente forma:





$$r_{\text{ext}} = r_{\text{int}} + l \quad \text{donde } l = \text{longitud de la canastilla. Es (4)}$$

Sustituyendo:

$$\text{donde } l = \text{longitud de la canastilla.}$$

$$64.95\text{mm} + 100\text{mm} = 164.95\text{mm}$$

Por lo tanto nuestra tina necesita un radio mayor que el radio hipotético. Tratando de usar medidas estándar se escogió la medida de  $r_{\text{ext}} = 250\text{mm}$ . Probablemente sería mejor un radio de  $200\text{mm}$ , pero se debe tomar en cuenta que la solución necesita ser agitada y calentada, por lo que se le da más holgura al radio, para tener el espacio necesario para los dispositivos de control, ver figura 4.14.

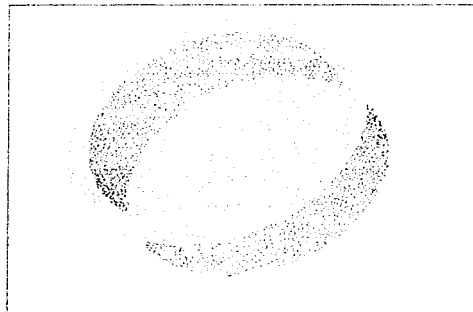


FIGURA 4.14 Tina para el níquelado

Se desea que las canastillas estén totalmente sumergidas, siendo  $l = 100\text{mm}$ , y que la sustancia sobrepase las canastillas, tanto arriba como abajo, solo  $50\text{mm}$ . Además es necesario dejar por lo menos  $50\text{mm}$  de la solución al final de la tina. Es por eso que la profundidad se recomienda de  $250\text{mm}$ . Esta medida es la más aconsejable para evitar desperdicios de material. Sin embargo, la profundidad y el diámetro son susceptibles de cambio, debido a que probablemente los instrumentos de control ocupen más espacio. Estos cambios en un momento dado no afectan el diseño del proceso.

La tina con la que se recomienda hacer las tinas es de calibre 14 (12.0 mm de espesor). Apéndice C.

#### 4.2.2.1.2.4 MANGO DE LA CANASTILLA

Para determinar la altura del mango de sujeción, se calculó la variación del nivel ( $\Delta h$ ) de la solución en la tina. Seguramente la base giratoria va a sufrir salpicaduras, pero es preferible que no esté sumergida durante el proceso. Así, que la altura del mango dependerá de  $\Delta h$ .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



DATOS:

$$\rho_w = \text{densidad del agua} = 1 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_M = \text{densidad del material} = \text{densidad del acero} = 7.87 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$l = \text{longitud de la aneta de la canastilla} = 1\text{m}$$

$$r_1 = \text{radio de la tira} = 0.25\text{m}$$

Según Arquímedes:

$$E_{\text{empuje}} = P_{\text{flot}} = W = \rho_w V' \xi = M \xi \dots \dots \dots \text{Ec}(5)$$

$$\frac{\rho_w}{\rho_M} = \frac{V'}{V_M} \dots \dots \dots \text{Ec}(6)$$

$$M \xi = M' \xi' \dots \dots \dots \text{Ec}(7)$$

entonces:

$$\rho_M V_M = \rho_M V'_M \dots \dots \dots \text{Ec}(8)$$

donde:

$$V'_M = \pi r_1^2 \Delta h \dots \dots \dots \text{Ec}(9)$$

$$V_M = 3l^3 \dots \dots \dots \text{Ec}(10)$$

sustituyendo ecuación 9 y ecuación 10 en 8:

$$\rho_M l^3 = \rho_w \pi r_1^2 \Delta h$$

despejando  $\Delta h$ :

$$\Delta h = \frac{3 \rho_M l^3}{\rho_w \pi r_1^2}$$

$$\Delta h = \frac{(7.87 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})(0.1\text{m})^3}{(1 \times 10^3 \text{Kg})(0.25\text{m})^2} = 0.12\text{m}$$

TESIS CON  
FIRMAS DE ORIGEN



Una vez calculado  $\Delta h$ , lo siguiente es proporcionar los datos necesarios para el cálculo de la altura del mango.

Para mayor sujeción de la canastilla se necesita que el mango sea fijo por lo menos a la mitad de una de las caras de la canastilla, por lo tanto, también se toma esta medida para la altura de la canastilla, la cual es  $1/2 \cdot 100\text{mm} = 50\text{mm}$ .

Tratando de evitar que las piezas se salgan de la canastilla durante el proceso, se tratará que la pieza no ocupe más allá del 50% de la capacidad volumétrica de la canastilla. Es por esto que el 20% restante no es necesario que sea cubierto por la sustancia, por lo tanto  $x=0.2l=20\text{mm}$ . Este dato se toma como negativo, por que es una distancia no cubierta por la sustancia, y no necesaria para la altura del mango.

El siguiente dato que se obtuvo es la distancia entre la base y el nivel final de la sustancia. Esto es solo un dato de seguridad para evitar que la base sea sumergida o tocada por la sustancia, por lo que con un 10mm es suficiente para evitar el contacto.

Entonces, la altura del mango ( $h_m$ ) está dada por:

Donde:

$e$  = espesor de la base = 12.5mm

$$h_m = \frac{l}{2} + x + \Delta h + d + e = 50\text{mm} - 20\text{mm} + 120\text{mm} + 10\text{mm} + 12.5\text{mm} = 172.5\text{mm} \dots \text{Ec}(11)$$

La figura 4.15, muestra esquemáticamente la ecuación 9

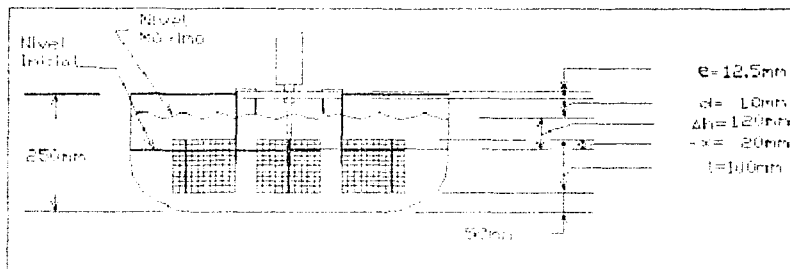


FIGURA 4.15. Cálculo del Mango

Entonces tenemos que el mango va a tener una longitud de 172.5 mm, para poder sujeción las canastillas a la altura deseada. El mango será hecho de solera de 1/8" de acero inoxidable. En el **Apéndice D** se puede observar la cotización de la canastilla, pero hecha solo de alambre lo cual eleva el costo, por no usar tela de alambre.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FIGURA 4.16. Canastilla con mango de sujeción.

#### 4.2.2.1.2.5 TINAS PARA LA LIMPIEZA DE LA PIEZA.

Las tinas para la limpieza de las piezas (ver figura 4.16), serán iguales a la tina para el niquelado, lo que va a variar son las medidas. Estas cambian por que en el proceso sólo se introduce una canastilla y no todo el mecanismo. En el **Apéndice E** se puede consultar la cotización de estas tinas y de la tina para el Niquelado. Se van a utilizar dos tinas, una para el decapado y otra para el enjuague. Las medidas se basaron en las longitudes de las canastillas y en medidas estándares. (Figura 4.17)

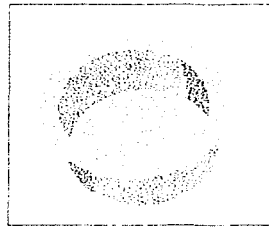


FIGURA 4.17. Tina para el baño y decapado

#### 4.2.2.1.3 MASAS, VOLUMEN Y ÁREAS.

Con la ayuda de Solid Works y sabiendo que la densidad del acero 316 que se va a utilizar es de  $\rho = 8012 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , a continuación se dan a conocer la masa y los momentos de inercia, para tener en cuenta para cálculos posteriores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4.2.2.1.3.1 CANASTILLA

Material: Acero inoxidable 316.  
Densidad = 0.00802720 gramos/milímetro cúbico  
Masa = 300.72155993 gramos  
Volumen = 37.471.5417.4975 milímetros cúbicos  
Área = 82386.46772877 milímetros cuadrados

#### 4.2.2.1.3.2 BASE DIPLOMATA.

Material: Acero inoxidable 316.  
Densidad = 0.00802720 gramos/milímetro cúbico  
Masa = 1792.39017736 gramos  
Volumen = 223.490.04705201 milímetros cúbicos  
Área = 82386.46772877 milímetros cuadrados

#### 4.2.2.1.3.3 TINA PARA EL NIQUELADO

Material: Acero inoxidable 316.  
Densidad = 0.00802720 gramos/milímetro cúbico  
Masa = 13654.256951401 gramos  
Volumen = 1700998.07846582 milímetros cúbicos  
Área = 1150586.00902609 milímetros cuadrados

#### 4.2.2.1.3.4 TINA PARA LA LIMPIEZA DE LAS PIETAS

Material: Acero inoxidable 316.  
Densidad = 0.00802720 gramos/milímetro cúbico  
Masa = 5913.88350258 gramos  
Volumen = 86899.97769170 milímetros cúbicos  
Área = 463487.15975846 milímetros cuadrados

### 4.2.2.2 MECANISMO.

En esta etapa del proyecto se diseñaron las piezas que le van a dar el movimiento a nuestro proceso. Por lo tanto se hicieron otros estudios para su diseño. El estudio no fue tan profundo como en la parte anterior, debido a que sólo se buscó el mecanismo más económico, sencillo de manufacturar y montar.

#### 4.2.2.2.1 MATERIALES.

Uno de los materiales más utilizados en nuestros días para mecanismos, es el acero. El siguiente paso es seleccionar el grupo de acero que más conviene para la construcción del mecanismo. Hay dos criterios muy importantes que vamos a seguir, bajo costo y resistencia a la corrosión. Los 2 grupos de aceros, se pueden ver descritos en el **Apéndice F**. El grupo de acero seleccionado, es el grupo II o aceros de baja aleación, por su resistencia a la corrosión, y ser más económicos que el resto de los aceros resistentes a la corrosión.

Del grupo II se seleccionó el acero 4140. El 4140 es uno de los aceros más populares por el espectro amplio de propiedades útiles, en piezas que se someten a esfuerzo, con relación a su bajo costo. Al fabricarlo, se logra muy buena dureza con una gran penetración de



## DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

la misma, teniendo además un comportamiento muy homogéneo. Tiene también una buena resistencia al desgaste.

Se emplea en cigueras, engranes, ejes, mesas rotatorias, válvulas y ruedas dentadas. También es utilizado en piezas forjadas, como herramientas, llaves de mano y desatornilladores, esparragos, arboles de levas, flechas de mecanismos hidráulicos, etc.

Comercialmente se puede encontrar en barra redonda, cuadrada, hexagonal y solera laminada o forjada, en caliente, esteras o maquinarias, también en barra hueca, placa laminada caliente y Discos.

La composición química asignada al acero 1140 se muestra en la tabla 4.3.

%	%	%	%	%	%	%
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.033	0.15	0.075	0.035	0.040	0.30	0.15
a	a	a	0.035 máx.	0.040 máx.	a	a
0.43	0.35	1.00			1.10	0.25

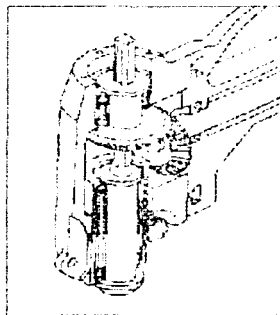
TABLA 4.3. Composición química del acero SAE 1140

Algunas piezas del mecanismo de ascenso y descenso serán fabricadas por este acero. El resto de las piezas no serán diseñadas, sino que se buscará la mejor opción en el mercado.

#### 4.2.2.2.2 DISEÑO DE ESPACIO Y FORMA DE LOS COMPONENTES.

##### 4.2.2.2.2.1 MECANISMO DE MOVIMIENTO

Para el proceso se necesita un mecanismo que suba y baje las piezas, y que una vez abajo las baje quieto a una velocidad constante. Se pensó en diseñar todo el mecanismo, pero el mismo SME nos dio la respuesta. Observamos que el movimiento del portaherramientas de las fresadoras, tiene los movimientos que se necesitan para el proceso. Se optó por copiar el mecanismo de una fresadora convencional. Figura 4.10.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 4.10. Mecanismo de fresadora convencional



Partiendo de una Fresadora de los Talleres de Ingeniería Mecánica y haciéndole algunas correcciones a las dimensiones, se llegó a la conclusión de que era necesaria una cremallera, un piñón y un eje estriado. Se tomaron como base los diámetros y espesores del Mecanismo de la fresadora. Las medidas que se tomaron fueron los de la longitud del eje y de la de la cremallera (la cremallera y el piñón se buscarán en el mercado).

Un dato importante por calcular es la altura que van a subir las canastillas. La distancia sujeta de la base de la canastilla a la tina es  $h_1 = 50\text{mm}$ . La canastilla necesita recorrer 200 mm para rebasar la tina. Por lo tanto la altura que subirá la canastilla es de 250mm, esto se puede observar en la figura 4.19.

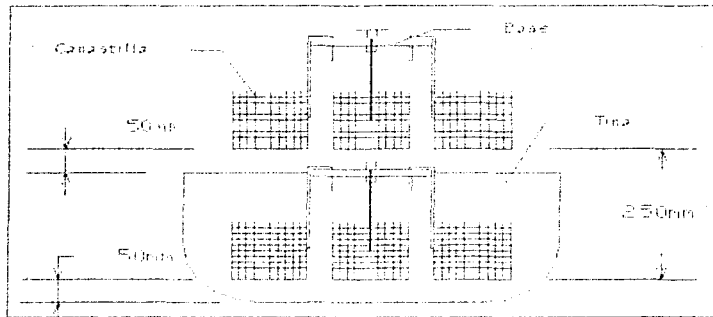


FIGURA 4.19. Cálculo de la distancia que va a recorrer el mecanismo

Tenemos entonces que se necesita una cremallera que sea capaz de un movimiento rectilíneo de por lo menos 250mm, los detalles se mostrarán en el plano de la cremallera para el proveedor. El piñón dependerá totalmente de la cremallera, por lo que se pedirá únicamente que tenga un diámetro interior que sea coincidente con el diámetro del eje del motor que se vaya a utilizar.

El eje estriado, tendrá una longitud que será el doble de la longitud de la cremallera, como es necesario, para que el eje suba y baje con la cremallera, y por lo tanto la parte superior está siempre en contacto con la transmisión de giro, la cual no debe subir ni bajar, ni se mueva. A continuación se observa el mecanismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



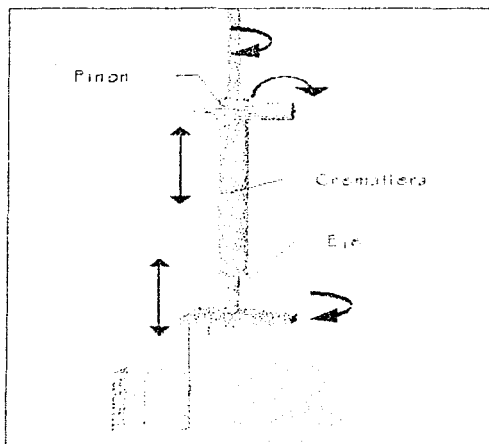


FIGURA 4.20. Mecanismo de ascenso y giro

Como se puede observar en la figura 4.20, el mecanismo piñon-cremallera serán los encargados de subir y bajar el mecanismo, y el eje estrizado, de darle la rotación necesaria.

#### 4.2.2.2.2 UNIÓN ENTRE LA BASE DIFATORIA Y EL MECANISMO.

Una vez detallados la base giratoria y el mecanismo, se buscó el tipo de unión que uniría estos dos elementos. Esto es muy importante por que de ello dependerán una buena transmisión, funcionalidad y resistencia del sistema. Para seleccionar la unión se hizo uso de un carta morfológica y una matriz de decisión, las cuales se muestran en la tabla 4.4 y 4.6 respectivamente.

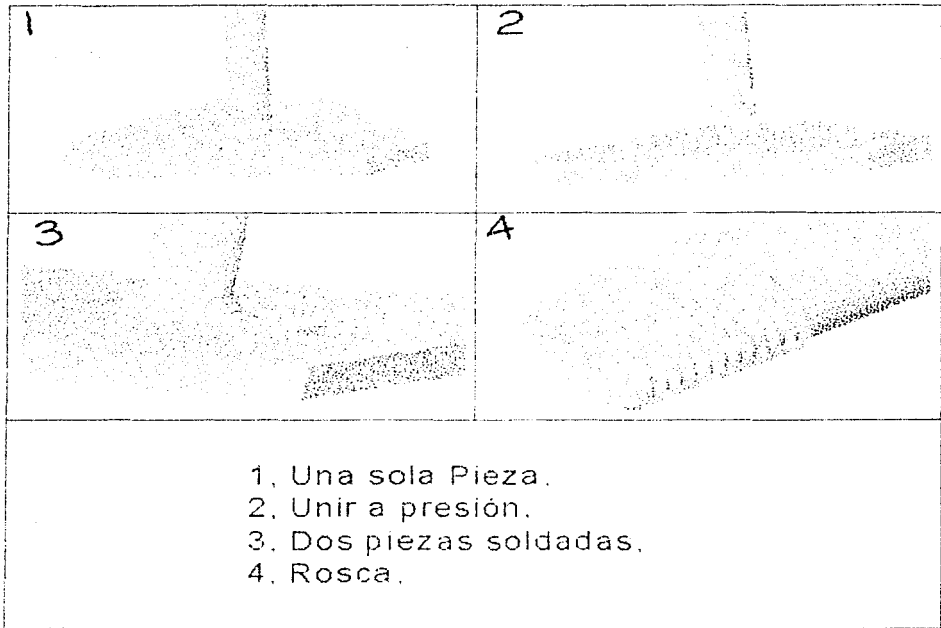


TABLA 4.4. Opciones para la fijación del sistema de sujeción

Una vez mostradas las opciones propuestas para el sistema de sujeción, a continuación se muestran los criterios de selección. El más importante es el costo, debido a que se quiere minimizar gastos que puedan elevar el costo de un sistema como éste. El siguiente es la fuerza, esto ayuda a evitar vibraciones innecesarias, además para aprovechar al máximo el trabajo brindado por la transmisión, igualmente se hace énfasis en el sistema por lo que es necesario una buena rigidez. Los siguientes fueron la facilidad de fabricación y la resistencia al uso continuo; la facilidad de fabricación tiene un factor de 5 ya que es importante pero no muy importante, debido a que se trabaja en el laboratorio de Manufactura Avanzada con mano de obra de manufactura. La resistencia al uso continuo en este caso no es tan fundamental, así que será una elección drástica, y si se requiriera un sistema industrial, solo se elegirían los valores obtenidos para que sea siendo funcional el diseño planteado, por lo tanto se va a estar trabajando continuamente en un ambiente industrial agresivo, ni tiempos o tiempos prolongados. El mantenimiento fue el de menor importancia, a causa de que no estaría sujeto a una carga de trabajo muy fuerte por consiguiente no necesita un mantenimiento intenso.

**CALIFICACIONES.**

La comparación de costos se puede apreciar en el **Apéndice G**. El costo se considera, por el tiempo necesario de maquinaria. En la tabla 4.5 está el por que de cada calificación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

	1	2	3	4
Calificación	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>COSTO</b>	En horas maquinado sale muy caro, por que es necesario un centro de maquinado	Necesita dos piezas maquinadas además de un apriete fino, por calentamiento	Con dos piezas maquinadas, además del soldado	Son dos piezas maquinadas, con cuerda fina
RIGIDEZ	Es una sola pieza, y eso es granita de rigidez	La diferencia de temperaturas dilata los materiales, y esto afecta la rigidez		Si se dilata o no el material, la resca permite una buena rigidez
<b>FACILIDAD DE FABRICACIÓN</b>	Usa un centro de maquinado, con el cual no se cuenta en el laboratorio	Usa Torno, taladro, freca y un horno de calentamiento	Usa torno, freca, taladro y planta para soldar	Usa torno, freca y taladro
<b>MANTIENIMIENTO</b>	Como es una sola pieza, no hay problema, pero puede haber puntos de fractura	El manejo oncesivo puede afectar a las piezas	Se considera una sola pieza, pero no es fácil de desmontar	Con faciles de desmontar para su mantenimiento
<b>RESISTENCIA AL USO CONTINUO</b>	Desde que es un sola material, no hay problema de desgaster	La diferencia de temperaturas, pueden afectar a los materiales	Suele haber fracturas en piezas soldadas de materiales diferentes	Las rescas finas son muy durables

Tabla 4.5. Calificaciones

MATRIZ DE DECISION

CONCEPTO	FACTOR DE PESO	CALIFICACIÓN				FACTOR DE PESO X CALIFICACIÓN			
		1	2	3	4	1	2	3	4
<b>COSTO</b>	4	4	8	12	16	16	32	48	64
<b>RIGIDEZ</b>	4	4	8	12	16	16	32	48	64
<b>FACILIDAD DE FABRICACIÓN</b>	3	3	6	9	12	9	18	27	36
<b>MANTIENIMIENTO</b>	2	2	4	6	8	4	8	12	16
<b>RESISTENCIA AL USO CONTINUO</b>	3	4	8	12	16	12	24	36	48
						64	128	192	256

Tabla 4.6. Matriz de decisión para la elección

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Como se puede observar en la matriz, la base y el eje del mecanismo serán unidos por medio de una rosca.

#### 4.2.2.2.3 TRANSMISIÓN PARA LA ROTACION.

La transmisión de ascenso y descenso, ya está resuelta con el pitón de la cremallera. Estos dos elementos se adquieren en el mercado y requirieron ser adquiridos juntos, por lo que esta parte ya está resuelta.

Lo siguiente, será a seleccionar el tipo de transmisión para el movimiento de rotación. A continuación se muestra un cuadro (tabla 4.7) con las opciones propuestas, y después una pequeña descripción de cada una de ellas. En base a las descripciones se hará la selección.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Banda</li> <li>2. Banda Sincronizante</li> <li>3. Catano para cadena</li> <li>4. Engranes Rectos</li> <li>5. Engranes Helicoidales</li> <li>6. Engranes Cónicos Rectos</li> <li>7. Engranes Cónicos Helicoidales</li> </ol>	

TABLA 4.7. Opciones de la transmisión para la rotación



**Banda en V.** Transfiere potencia mediante fricción, y puede haberlo en grandes niveles de fuerza motriz, siempre que se usen bandas con la sección transversal suficiente. Se usan desde pequeñas máquinas de cosea, hasta máquinas muy potentes. Se recomienda siempre que nos sea necesaria una sincronía en fase absoluta y los niveles de potencia sean moderados. Son relativamente silenciosas, no requieren lubricación, y resultan de bajo costo, en comparación con las transmisiones de engranes o de cadena.

**Banda sincronizante.** Resuelve el problema del entorsamiento, retiene las ventajas de una operación silenciosa, y puede costar menos que una de engranes o de cadena. La banda es dentada y también la polea. Puede transmitir altos valores de torque y de potencia.

**Transmisión de cadena.** Se utiliza a menudo donde es necesaria la transmisión en fase, y los altos niveles de torque o de temperatura impiden el uso de la banda sincronizante. Cuando los ejes de entrada y salida son muy distantes la transmisión de cadena resulta la más económica. Una cadena de acero puede resultar en ambientes hostiles de carácter químico (termostato pero no en todos). Una limitación es su acción cordal, esto quiere decir que la velocidad de salida no es constante.

**Engrane Recto.** Es el conomo cilindro cuyos dientes son paralelos al eje de simetría del engrane. Es la rueda dentada más simple y de menor costo de fabricación.

**Engranes Helicoidales.** La configuración de sus dientes es la de una hélice. Sus ejes de rotación pueden tener cierto ángulo, esto depende de su diseño. Son de manufactura más costosa que los engranes rectos, pero ofrece ciertas ventajas. Son de operación más silenciosa. Para los mismos diámetros de engrane y peso diametral, un engrane helicoidal es más resistente que los rectos.

**Engrane Cónico Recto y Helicoidales.** Cuando se requiere una transmisión entre ejes oblicuos o cualquier ángulo, incluso el de 90°, los engranes cónicos son la solución. Los engranes se basan en cilindros rotantes, los engranes cónicos en conos rotantes.

Selección. Se busca una transmisión poco costosa, de bajo mantenimiento, que respete la sincronía del mecanismo y otros factores que se muestran en la tabla 4.2 de selección.

	Capacidad	Costo	Mantenimiento (Sencillo)	Robustez	Mayor Flexibilidad	Velocidad constante	Instalación sencilla	Puntos a Favor
Banda en V	★	★	★	★		★	★	5
Banda sincronizante	★	★	★	★		★	★	6
Transmisión de cadena	★	★	★	★	★		★	6
Engrane Recto		★	★	★		★	★	5
Engranes Helicoidales		★	★	★	★	★	★	6
Engrane Cónico Recto		★		★		★		3
Engrane Cónico Recto		★		★	★	★		4

Tabla 4.2. Selección de la transmisión para la estación

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Como se puede observar en la Tabla 4.8 las transmisiones que cumplen con más especificaciones son la de banda sincronizante, la de cadena y la de engrane helicoidal. Las especificaciones más importantes son el bajo costo, la sincronía y velocidad constante de salida. Por lo tanto la transmisión más conveniente para el mecanismo es la de *Banda Sincronizante*.

#### 4.2.2.2.3 MASAS, VOLUMEN Y ÁREA.

La densidad del acero que se utiliza en el mecanismo es de  $\rho = 787 \frac{g}{cm^3}$ .

##### 4.2.2.2.3.1 EJE.

Densidad = 0.00787 gramos/milímetro cúbico  
Masa = 2796.34697 gramos  
Volumen = 355317.27736 milímetros cúbicos  
Área = 65666.56725 milímetros cuadrados

#### 4.2.2.3 ACCESORIOS Y SOPORTES.

Por último se desarrollarán los componentes que brinda apoyo al sistema. Realmente no son esenciales, pero sí necesarios para el buen funcionamiento y automatización del sistema. En esta parte no se calculan masas por que no son fundamentales para el buen funcionamiento del proceso. Los materiales y dimensiones seleccionadas son confiables, debido a que son de uso industrial en este tipo de proceso.

##### 4.2.2.3.1 MATERIALES.

Se hizo una selección detallada, pero no tan minuciosa como las secciones anteriores. El material más importante es el de la mesa, por que va a estar sometida a la carga de todos los componentes e instrumentos, además de los efectos perjudiciales de la solución. Le sigue la estructura, por que esta va a cargar toda la mesa y va a evitar vibraciones en el mecanismo.

##### 4.2.2.3.1.1 MELAMINA.

En vez de melamina se pudo haber utilizado acero inoxidable, el cual elevaría el costo. También se podría usar madera, pero no es impermeable y no resiste el calor ni líquidos químicos.

**Melamina:** Este es su nombre comercial, es un polímero termoestable. Los polímeros termoestables son aquellos que solamente son blandos o "masticos" al calentarlos por primera vez. Después de calentados no pueden recuperarse para transformaciones posteriores. Esto se debe a su estructura molecular, de forma reticular tridimensional. En otras palabras, constituyen una red con enlaces transversales. La formación de estos enlaces es activada por el grado de calor, el tipo y cantidad de catalizadores y la proporción de formaldehído en el preparado base. Hay varios tipos de resinas:

- Resinas fenólicas
- Resinas ureicas
- Resinas de melamina
- Resinas de poliéster
- Resinas epoxicas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La que realmente nos interesa es la **Resina de Melamina**. Se forman por policondensación de la fenilamina y del formal.



## DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

## Características y propiedades generales:

- Color rojizo o castaño
- Alto punto de reblandecimiento
- Escasa dureza
- Insolubles a los disolventes comunes
- Resistencia a los ácidos
- Poco factor de pérdida a alta frecuencia
- Excelente resistencia al aislamiento
- Baja resistencia dieléctrica

El material para la base de la mesa será hecha de un panel de partículas de madera aglomerada con recubrimiento melamínico del tipo hidrófugo (sustancia que evita la humedad o las filtraciones).

Espesores= 12, 15 y 18 mm. Otros espesores de 10 mm. a 30 mm., hojas de 2.50 x 1.50 m. Hojas de 5.20 x 1.50 m.

Sus ventajas son:

- Posee en sus superficies alta resistencia a la abrasión, rasgarse y machucado.
- Es de fácil limpieza con productos de uso corriente.
- La melamina proporciona buena permeabilización y un acabado excelente.
- Resistente a la acción de agentes externos como el vapor de agua, los agentes químicos, la erosión, las altas temperaturas, etc.

Es recomendado para su aplicación en muebles que puedan recibir humedad como módulos bajo pilotas en muebles de cocina, de baño, de laboratorio, interiores de embarcaciones.

#### 4.2.2.3.1.2 PERFIL FTP.

Es muy utilizado en México, y su nombre comercial significa Perfil Tubular Reforzado. Sus dimensiones y propiedades se muestran en el **Apéndice II**. Es un perfil cuadrado, generalmente hecho de acero 1010 o 1008, aunque también los hay de acero inoxidable, pero son más costosos. La composición química del acero se puede apreciar en la tabla 4.5. Sus características son:

- Es rígido
- Ofrece un buen soporte.
- Es económico
- Comercial.
- Se puede pintar
- Se suelda fácilmente.

Las dimensiones del perfil que vamos a utilizar son de 1" x 1" para el soporte del mecanismo y de 2" x 2" para la estructura de la mesa. El espesor para el soporte será de 100" y para la estructura de la mesa de 1/8".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**4.2.2.3.1.3. LÁMINAS**

El tipo de lámina que vamos a utilizar es la llamada LÁMINA NEGROA. Se escogió por ser la más comercial y económica. Es lámina rollada en caliente por lo cual adquiere su color tan particular. Generalmente esta hecha con acero de bajo carbono SAE 1005 a 1010. La composición química se muestra en la tabla 4.9.

SAE	% C	% Mn	% P	% S
1005	0.10 máx.	0.30 a 0.50	0.040 máx.	0.050 máx.
1010	0.08 a 0.13	0.30 a 0.60	0.040 máx.	0.050 máx.

TABLA 4.9. Composición química de los aceros 1005 y 1010

El calibre de 1/8" será usado para la lámina que va a un costado de la mesa, la cual sirve de sujeción para la base de desplazamiento lineal. Ese mismo calibre se empleará para la base de los motores que van apoyados en el soporte del mecanismo.

Para la caja del ventilador, se usará una lámina negra de calibre 14. **Apéndice I**

Las uniones serán hechas por medio de tornillos o soldadura autógena o eléctrica. Las ventajas de esta última es que es económica, de fácil manejo y se pueda pintar.

**4.2.2.3.2 DISEÑO DE ESPACIO Y FORMA DE LOS COMPONENTES.**

El espacio y la forma dependerán totalmente de las partes anteriores.

**4.2.2.3.2.1. MESA.**

La mesa se dejó prácticamente al último, por que depende totalmente del área de trabajo, es por eso que primero se diseñó los principales componentes del proceso, la mesa está dividida principalmente en 4 áreas:

1. Área de Establecimiento Superficial.
2. Área de espera.
3. Área de lavado y salida.
4. Área de limpieza.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

En la primera se va a colocar la tira de niquelado y el mecanismo con su soporte en la base. En la segunda van a estar las canastillas en espera de piezas, para pasar al área de niquelado, y en esa misma van a llegar las canastillas con piezas ya niqueladas. En la tercera se va a encontrar un ventilador para secar las piezas que vengan de la limpieza y del niquelado; además de un arco donde van a ser recibidas las piezas a niquelar y desmontadas las piezas ya niqueladas. En la cuarta se encuentran las dos tiras para la limpieza.

Después de haber definido cuidadosamente el proceso, se tuvo especial cuidado en que todos los componentes anteriormente mencionados pudieran estar contenidos en la mesa.

Además de los componentes ya diseñados, se consideró el robot, de modo que pudiera maniobrar sin que ningún componente o áreas lo estorbaban. Se colocó una lámina en el frente de la mesa, como soporte de la base de desplazamiento lineal, que le proporcionará un grado más de libertad al manipulador. Se suprimió un borde en el frente de la mesa, para que no estorbe al robot, y este tenga más estabilidad, por que así va a estar más cerca de la estructura.

Las tiras se colocaron a los extremos para que tuvieran mayor apoyo y evitar pandeos de la melamina, al estar más cerca de la estructura.





Una vez tomados en cuenta todos los componentes, la mesa quedó como se muestra en la figura 4.21.

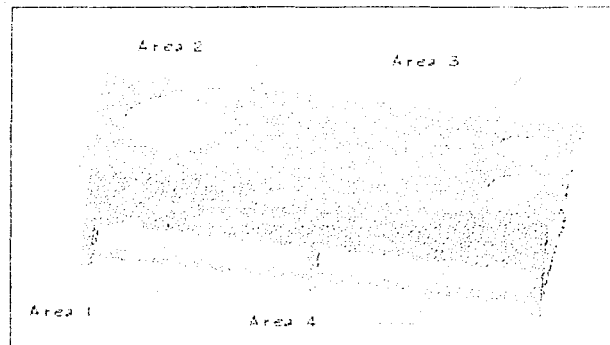


FIGURA 4.21. Mesa de la estación de Niquelado Químico

#### 4.2.2.3.2.2 SOPORTE PARA EL MECANISMO.

Solo se consideraron las medidas del mecanismo, de tal manera que se pudieran colocar dos motores (uno para el movimiento de ascenso y descenso, y otro para el movimiento de rotación). Esta estructura (ver figura 4.22) brindará apoyo al mecanismo para evitar vibraciones. Nos basamos en las medidas ya calculadas, tanto de la tina para el niquelado, el mecanismo y la mesa. Se recomienda cubrir con lamina negra calibre 3/32", para proteger el mecanismo de polvo y para protección de los usuarios.

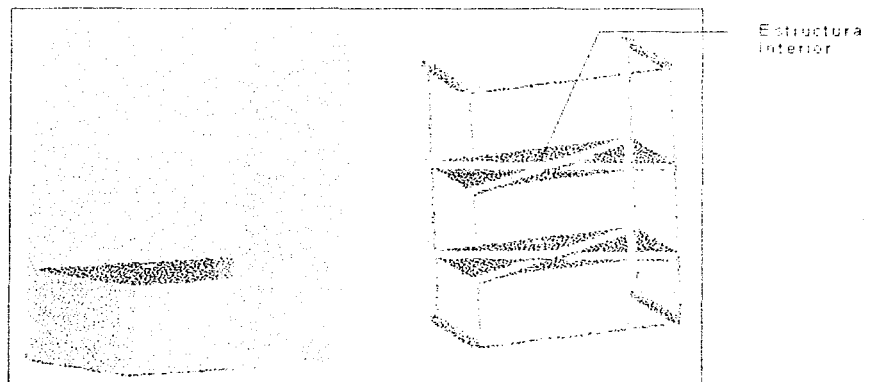


FIGURA 4.22. Estructura para el mecanismo de la estación



#### 4.2.3.2.3 GUIA DE LA CREMALLERA.

Se diseñó después del componente anterior, por que sus dimensiones dependen totalmente de la base del mecanismo y de la cremallera. Era necesario a ayudar a que la cremallera no salga de su trayectoria y por lo tanto provoque alguna descompostura en el mecanismo. Se fabricará del mismo material del mecanismo. (Figura 4.23).

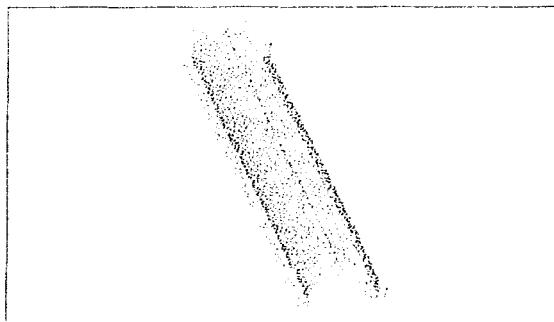


FIGURA 4 23 Guía de la Cremallera

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.2.3.2.4 CAJA PARA EL VENTILADOR.

La idea fue basada en un ventilador comercial para computadores, conforme a esto se sacaron las medidas de la estructura donde va a ir montado. El diseño nos permite un aprovechamiento mejor del aire, y además permitirá la entrada de las cascadas que contengan las piezas del proceso de niquelado químico. (Figura 4.24).

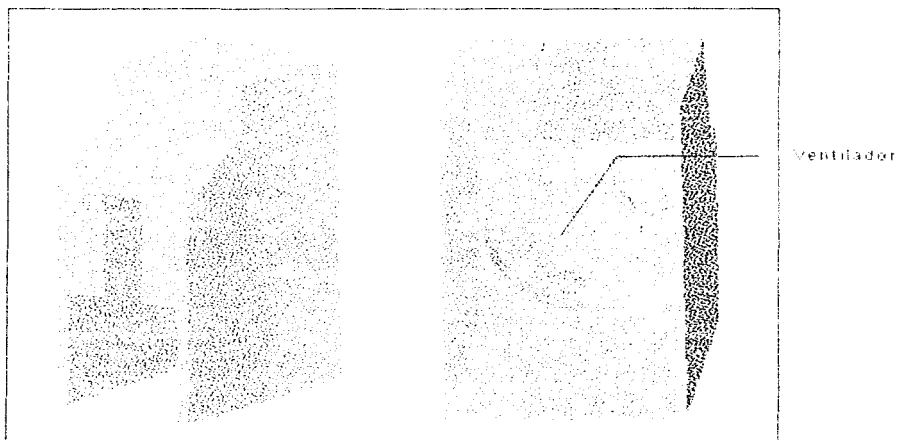


FIGURA 4 24 Caja para el ventilador



#### 4.2.2.3.2.5 BASE PARA LAS CANASTILLAS.

Este elemento es muy importante por que va a ayudar a que las canastillas no se muevan de su lugar, y de este modo el robot y el sistema las puedan identificar con facilidad. Esta pieza es posible construirla en madera o en aluminio. Se escogieron estos dos materiales por que se desea que la base no lastime a las canastillas, y estos dos materiales son muy duros. Pero dado que es posible que la madera se daña frente con los líquidos y vapores, se opto por usar aluminio comercial, por que además es resistente a la corrosión.

Es una base cuadrada con un arreglo rectangular de 2" x 2". Este arreglo es de orificios cuadrados, cuyas caras internas tienen una inclinación de 55 grados. Esta inclinación ayudará a las canastillas a posicionarse de manera correcta, para que el robot pueda tomarlas. (Figura 4.25)

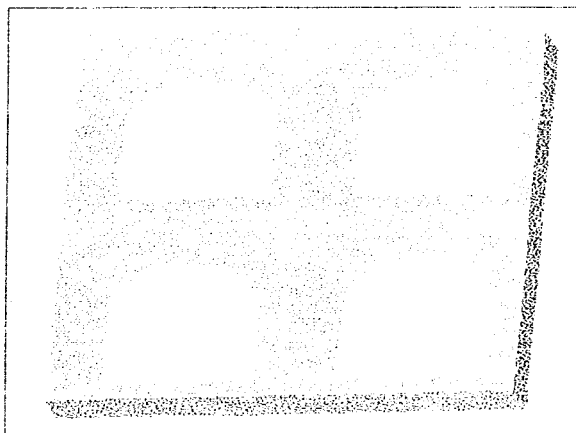


FIGURA 4.25 Base de las Canastillas

#### 4.2.2.3.2.6 COPPAL.

Se realizará de nylonide negro. Este material no se seleccionó por criterios, sino por que es uno de los polimeros más conocidos y utilizados en el laboratorio de Manufactura Avanzada. El color negro es para que la pieza contraste con el corral, ante la cámara de visión. El cual va a permitir que el robot tome libremente las piezas y las mande al siguiente proceso, y por lo tanto evitar que se puedan hacer otro lado. El nylonide es un polimero que va a evitar que la pieza se lastime.

Cada una de ellas es de 55 grados, para ubicar a la pieza a colocarse en el centro. Esta va a ir situado justo abajo de la cámara de visión, por que va a ser el campo de visión de la misma. Le llamamos así, por que es la zona que va a estar visualizando una cámara, para que el robot pueda identificar fácilmente la pieza que va a mandarla al siguiente proceso. (Figura 4.26). Así el robot pueda ubicar la posición de la pieza programada por el sistema de manufactura flexible.

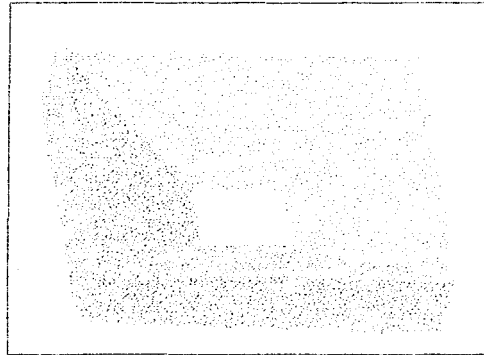


FIGURA 4.26 Base de las Canastillas.

#### 4.2.2.3.2.7 OTROS.

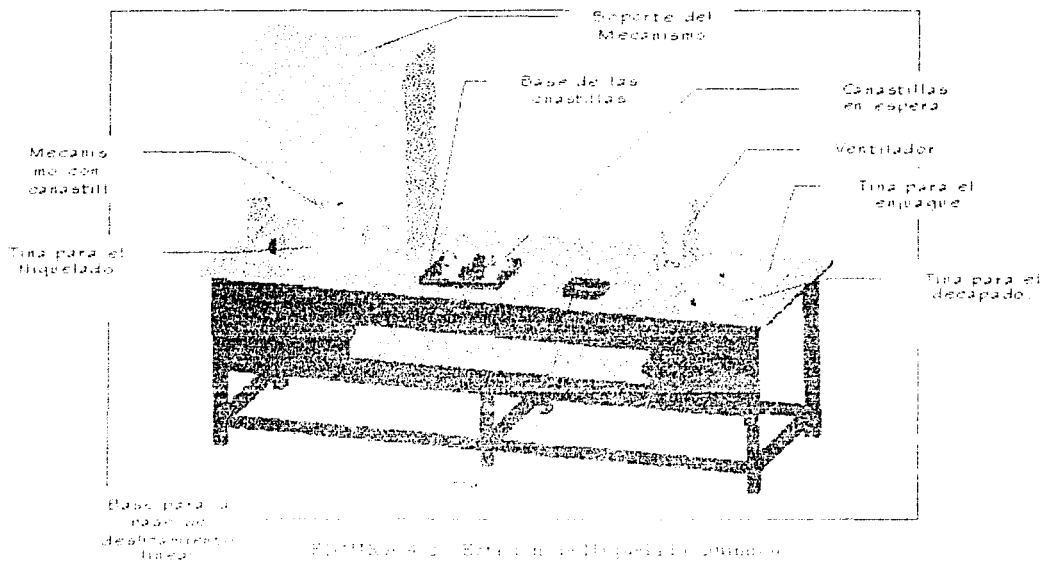
Finalmente se diseña una rejilla de acero inoxidable del mismo calibre de la canastilla, de 190x110 mm, esta estará abajo de la caja del ventilador, para que permita escurrir libremente la solución hacia un recolector cuadrado de Acero Inoxidable, al momento de secar las piezas. El recolector irá conectado a un tubo para librar de fluido la zona de trabajo.

Para la base de desplazamiento lineal que va a utilizar el robot se pondrá una base de aluminio negra, sujeta a la base del manipulador que lleva la mesa en uno de sus costados. Esta base será del mismo tipo en cuanto a forma, calibre y material, que las utilizadas en el Sistema de Manufactura Flexible del Laboratorio de Manufactura Avanzada.

### 4.3 ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO.

A continuación podemos observar el modelo de la estación de Niquelado Químico con todos los componentes diseñados en la sección anterior. Posteriormente se presentan los planos del mismo (Figura 4.27).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En el Apéndice J se pueden consultar los planos de detalle y subensamblés de toda la estación de recubrimiento químico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 4.4 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPO

Este tema no será descrito tan detalladamente, debido a que no es tema a tratar en este trabajo, pero sí se darán recomendaciones para evitar problemas en la construcción de este proyecto en un futuro. El desarrollo de estas instrucciones se darán conforme se vaya mencionando el proceso paso por paso.

### 4.4.1 LLEGADA DE LA PIEZA.

El medio de transporte utilizado por el GMP es una banda transportadora, la cual servirá para transportar piezas de una estación a otra.

El medio de carga, descarga y distribución desde la llegada hasta la salida de la estación de recubrimiento será un robot con las mismas características que tienen el resto de los robots del GMP del Laboratorio de Manufactura Avanzada (estas especificaciones fueron dadas al comienzo de este capítulo). Para darle un grado más de libertad al robot, se utilizará una base de posicionamiento lineal (Slider) similar a las utilizadas en los robots que se encuentran en las estaciones de maquinado, pero un poco más larga. A continuación se describen las especificaciones recomendadas de este componente:

Longitud de Carrera: 1500 mm.  
 Longitud: 2100 mm.  
 Velocidad: 500mm/seg.  
 Repetibilidad:  $\pm 0.2$  mm.  
 Capacidad de carga: 50 Kg. (110 lb).  
 Motor con encoder de alta resolución de 24 V.

Cada estación cuenta con un buffer y en el caso de la estación de recubrimiento se encuentran tres buffers. Los buffers cumplen la función de almacenar temporal de las charolas, estas estarán esperando en cierto tiempo mientras las piezas se encuentran en el proceso de recubrimiento o maquinado.

Los movimientos del brazo del robot, desde la llegada de la pieza hasta la salida de la misma, se encuentran en la tabla 4.2 Esta tabla será muy útil para la programación del robot.

### 4.4.2 PREPARACIÓN DE LA PIEZA.

Como se todo requerimiento superficial, la pieza necesitara una preparación anterior al maquinado. En el proceso preventivo de recubrimiento químico se requiere un descapado, un lavado y un secado. Para estos fines se utilizarán dos tinas y un ventilador. Esto se puede observar en la tabla 4.2.

La tina de enjuague usará una tubería de 1" de PVC para el desalojo del agua, además de una tubería flexible de plástico de 1/2", para la alimentación de agua. También un Rotador, para mantener el nivel de agua deseado.

La tina de descapado, un Rotador para el nivel, y las tuberías con las mismas dimensiones que la tina de baño, pero de acero inoxidable.

Para el secado, el tipo de ventilador ya se describió en el diseño de la caja para el mismo. Las especificaciones del ventilador son:

Power Fan  
 Modelo B5C107 FL-570H  
 115 Volts.  
 1.5 Amperes.  
 50V60 HZ

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



### 4.4.3 RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL.

El robot, es el que va a colocar la catástrofa en este proceso, para poder llevar a cabo el recubrimiento, va a ser necesario que cada espacio para catástrofa de la base giratoria este marcado con un número, al igual que los catástrofas, así como el lugar en la base para catástrofas. La numeración será para que el sistema sepa en que lugar, y que piezas están en el proceso. Además para que al momento de que las piezas salgan y entren de la estación de recubrimiento, se pueda identificar a las piezas.

Hay 4 factores muy importantes que hay que controlar, y estos son:

#### 4.4.3.1 Temperatura:

Los dispositivos más comunes de calentamiento eléctrico son los calentadores de bayoneta hechos con recubrimiento de sales, óxido indoluble o porcelana. La desventaja de este tipo de equipo es que pueden producir un sobrecalentamiento local. Lo cual se puede prevenir con una agitación eficiente. Con el fin de lograr un rápido equilibrio de la temperatura se emplea un tronco de aire comprimido, el cual debe encontrarse completamente libre de aceites. Los bombas, incluyendo los filtros para la circulación de la solución, son fabricados usualmente en acero inoxidable o plástico.

Para el control de la temperatura se recomienda un sensor térmico, del tipo PTD, son principalmente hechos de platino o platino cobaltado en una base cerámica cubierta de óxido de material cerámico. Este es el tipo de sensor que se recomienda por el tipo de materiales que utiliza, a los cuales no les afecta la solución. Es sencilla la conexión de estos elementos y su ajuste, ya que a 0°C, la resistencia del PTD de platino es de 100 ohms y para un rango de 0.555 ohms por grado Celsius. Por lo tanto nos brindará un alto nivel de confiabilidad y precisión.

#### 4.4.3.2 Volumen:

Los sensores de nivel en su mayoría trabajan indirectamente enviando la posición de un flotador mediante un sensor inductivo o un interruptor del tipo de familia (reed) y un imán permanente. Es importante para evitar derrames de la solución.

#### 4.4.3.3 pH:

El pH se puede determinar colorimétricamente o electroquímicamente. Si bien el método colorimétrico requiere menos equipo, está sujeto a muchas interferencias, por lo cual conviene solo para una estimación aproximada. El método electroquímico se considera un método más confiable. El principio básico de la medición electroquímica de pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno mediante la verificación empíricamente con un electrodo patrón de hidrógeno y un electrodo de referencia.

#### 4.4.3.4 Filtración:

La filtración es una parte esencial de la operación de depósito químico, ya sea continua o intermitente. En pequeños volúmenes, se puede filtrar la solución eficientemente usando papel filtro, tela de polipropileno o vidrio sinterizado. La opción preferida son las bolsas filtro de plástico con tamaño de malla de 1 a 5 micras, las cuales pueden ser cambiadas rápidamente.

En toda la estación va a ser necesario un extractor de aire, para que la exposición prolongada de las sustancias para el recubrimiento, es perjudicial para la salud.



## DISEÑO DE DETALLE DE LA ESTACIÓN DE NIQUELADO QUÍMICO

En las siguientes dos figuras (4.28 y 4.29), se muestran dos ejemplos clásicos de un programa de flujo para el control del proceso. Se pueden tomar en cuenta para el diseño de un buen control.

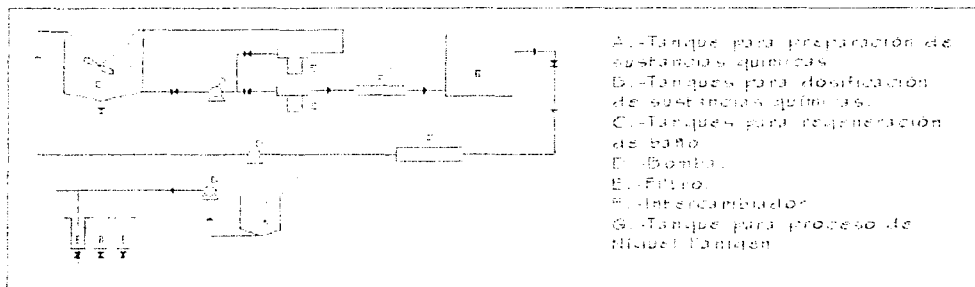


FIGURA 4.28. Esquema de Tanque para método Hibbard

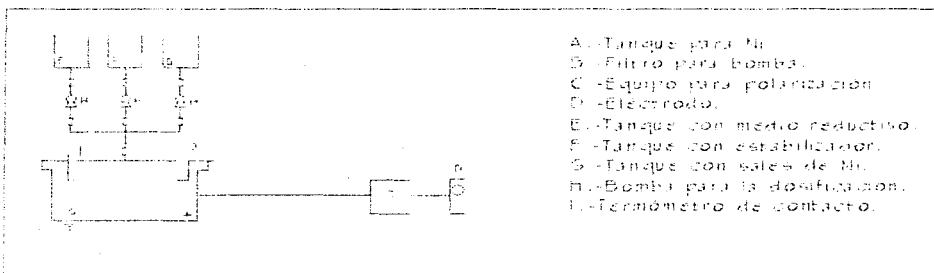


FIGURA 4.29. Instalación para método Mangen

## 4.4.4 MECANISMO.

Para el mecanismo son necesarios dos motores, uno para el movimiento lineal y otro para el movimiento rotacional. Para ambos movimientos se escogieron motores de corriente alterna. Debido a que son los más recomendados para ser controlados. Para la selección de los motores se debe de tomar en cuenta que el peso total a soportar es de 10 kg aproximadamente, este peso se tomó en base al diseño de las varasillas y a los datos que arroja el software de modelado. La velocidad rotacional recomendada es de 10 rpm, para no crear remolinos. La velocidad para el movimiento lineal se recomienda de 25 mm/seg, esta cifra se está dada por que la altura es de 250 mm y el tiempo recomendado para cubrirlo es de 10 seg(s), en este caso lo que se necesita es que el motor no produzca una velocidad lineal muy acelerada, para evitar cambios bruscos en el sistema. Para el movimiento lineal, si será necesario reversibilidad en el motor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





#### 4.4.4.1 Movimiento Rotacional.

Se usará un encoder o codificador acoplado al motor, que nos ayudará a posicionar de manera correcta los componentes, para que lo sea sencillo al robot tomarlos o dejarlos de la base giratoria. Para este encoder la velocidad máxima que se requiere es de 100 rpm, y las posiciones específicas son 2100°.

#### 4.4.4.2 Movimiento Lineal.

Se necesita un encoder que nos proporcione el número de revoluciones específicas, tanto para el avance como para el descenso. Además de unos fotosensores al inicio y al final de la carrera de la cremallera, estos nos ayudarán como una medida de seguridad para evitar cualquier golpe en los el robot o del mecanismo.

#### 4.4.5 SALIDA DE LA PIEZA.

Finalmente la pieza será puesta por el robot en una zona de visión, para que pueda ser ubicada la pieza de trabajo por el mismo robot, por medio de una cámara. La cámara será similar a la utilizada en la estación de Control de Calidad, la zona de visión debe ser pintada de negro, para que haya contraste entre la zona de visión y la pieza.

### 4.5 ESTACIÓN DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL.

Finalmente la estación de recubrimiento superficial, quedará como se muestra en la figura 4.50. Se mostrarán los componentes de mayor importancia. Se recomienda usar un controlador con un tiempo controlado para que sea un proceso al final de las estaciones de trabajo del Sistema de Manufactura Flexible.

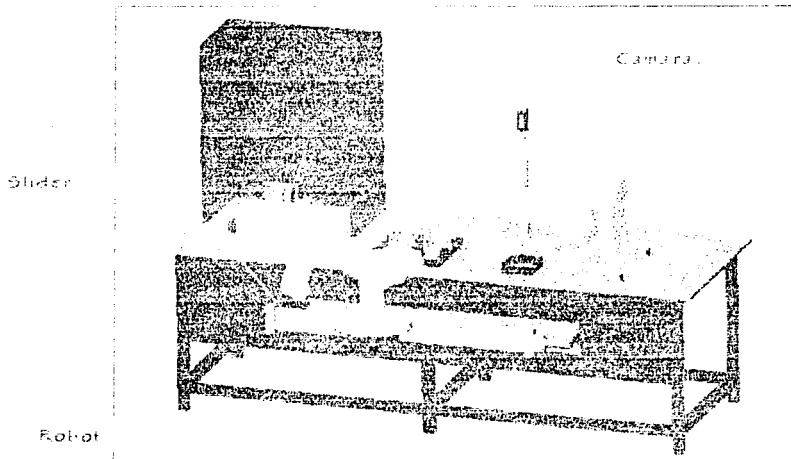


FIGURA 4.50. Estación de Recubrimiento Superficial

## 4.6 MODELADO DE LA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

A continuación se muestra el nuevo Sistema de Manufactura recomendado en esta tesis. Como se puede observar, además de las estaciones nuevas, la Estación de almacenamiento Superficial y el Almacén, que en lugar de ser uno rotatorio, será rectangular. El almacén está basado en una Torre anterior a esta. En esta se encargó de diseñar y seleccionar el tipo de almacén más adecuado para este Sistema de Manufactura. La figura 4.51 muestra el modelado final de todo el sistema, posteriormente se hará la animación de dicho sistema integrando la estación rotatoria.

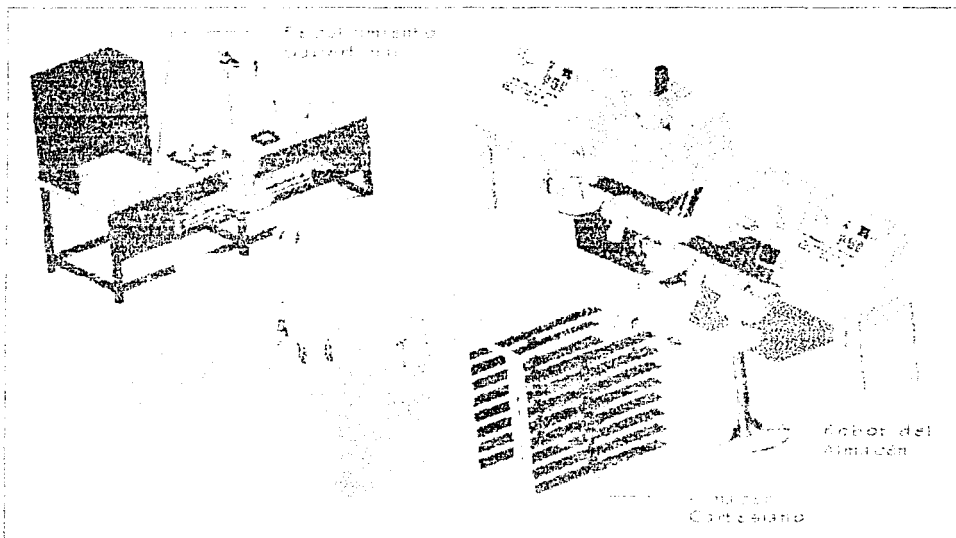


FIGURA 4.51 Propuesta de Sistema de Manufactura

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO V ANIMACIÓN Y SIMULACIÓN POR COMPUTADORA EN 3D.

### 5.1 INTRODUCCIÓN.

El objetivo de animación consiste en las siguientes tareas principales: modelado, adquisición de materiales, integración de luces y cámaras, y aplicación de cambios en el tiempo.

El inicio en el modelado, el cual se viene dando en el capítulo anterior. Lo primero entonces, es introducir la interfaz que se utiliza para lograr compartir los modelos con el software de animación.

#### 5.1.1 INTERFASE.

En un principio se guardaron los archivos provenientes de *Worlds Work* con la extensión *IGES*. Uno de sus ventajas es que conserva los colores originales impuestos en *Worlds Work*, el problema es que está mucho tiempo y memoria al momento de ser cargados al software de animación, además de que los sólidos están como una sola entidad y por lo tanto puede complicar la animación.

Se optó por utilizar archivos *VRML* (*Virtual Reality Modeling Language*) pueden ser usados para desplegar archivos *IGES* en internet. Cuando se abre en *VRML* (*World*), el software toma la vista, el display y la posición de vista en contador. Con la elección de la vista y la entidad, solo la geometría visible es exportada al archivo *VRML*. La importación de archivos *VRML* crea polígonos entrelazados, que juntos forman el sólido. Este tipo de archivos crea superficies planas y la geometría es simple, por lo que no es muy recomendable para utilizar en aplicaciones para sólidos, en cambio es muy útil para aplicaciones que requieran sólidos en 3D. Este tipo de archivos son más fáciles de cargar, además de que los sólidos están exportados los posibles movimientos.

#### 5.1.2 MATERIALES.

Al asignar a una 3D, uno objeto tiene una apariencia característica, ya sea vidrio, metal, madera o algo totalmente nuevo, el animador define las superficies asignando colores.

Para la generación de la escena no fue necesario utilizar materiales muy complejos, ya que son muy útiles para poder apreciar mejor la animación y por lo tanto la simulación del sistema. A continuación se muestra un cuadro sinóptico con los principales materiales usados en animación por computadora.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## Tipos

Simples

*Normal.* Es el material predefinido. Este es un modelo versatil de la superficie con un gran numero de opciones.

*Entrelaz.* Puede crear reflexiones de líneas trazadas y refracciones. Ademas hacen efectos como niebla, densidad colorada, translucidez, fluorescencia, y otros.

*Mata/Sombra.* Sirve para hacer un objeto mate que revela el mapa de ambiente actual. Un objeto mate es eficazmente invisible en la escena, pero puede recibir sombras lanzadas de otros objetos.

Compuestos:  
Combinan diferentes materiales.

*Mezcla.* Mezcla dos materiales en un solo lado de una superficie.

*Mezcla de materiales compuestos.* Mezcla ambos de 10 materiales, adicionado color, decolorando, u opacando la mezcla.

*Dividido.* Permite asignar materiales diferentes a la cara delantera y trasera de un objeto.

*Morfear.* Se usa el modificador de Morphar para manejar multiples materiales en un mismo objeto los cuales cambian con el tiempo.

*Multimaterial-objeto.* Uno de materiales a nivel de objeto subalterno para asignar multiples materiales a un solo objeto, basando en los valores de la clave de los materiales.

*Layer.* Sobrepona un material en otro usando la composicion de aditivo.

*Top/Bottom.* Permite asignar materiales diferentes encima en el y fondo de caras de un objeto.

## 5.1.3 ANIMACIÓN.

Podemos considerar que una animación describe el cambio de una imagen a través del tiempo, con el suficiente número de fotogramas (cuadros) por segundo para dar un efecto de continuidad. Existen diversas técnicas que intentan conseguir este objetivo. A grandes rasgos podemos distinguir en nos, las de animación clásica y las de animación de síntesis por ordenador. Esta última, a su vez, puede basarse en una representación 2D o 3D de los objetos aunque el resultado final será siempre, obviamente, bidimensional.

La animación clásica genera la secuencia de imágenes por métodos manuales, lo que entendemos por una imagen "dibujada", formada por píxeles cuya coloración se asigna manualmente o semiautomáticamente, por mecanismos sencillos, cuadros de forma, mapas por ejemplo, sistemas de control automático, no importa ningún tipo de síntesis para conseguir

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



efectos de profundidad y perspectiva, sino que es labor de los dibujantes conseguir estas denominaciones por técnicas manuales. Las imágenes deben generarse una por una, aunque esta tarea suele distribuirse en varios niveles; separando el dibujo de momentos claves de la acción de los personajes, el dibujo de los fondos que usualmente no cambian de un fotograma a otro) y las tareas de interpolación y coloreado de cada imagen.

La **animación de síntesis por ordenador** crea las imágenes por un proceso automático a partir de una representación de los objetos que forman parte de la escena y de su movimiento. Este modelo de los objetos puede ser bidimensional, con lo cual el resultado se parece más a la animación tradicional, o puede basarse en una representación en 3D, a partir de la cual pueden aplicarse métodos realistas de sombreado, simulación física, etc. Una animación de síntesis siempre funciona evaluando el estado de la escena y del observador para el instante correspondiente a cada fotograma, y calculando la imagen correspondiente mediante alguno de los métodos de modelización existentes.

Si los fotogramas se van generando a partir de una explicación previa y se van almacenando en ficheros (o en un fichero único para toda la animación) o en cualquier otro soporte analógico o digital, hablaremos de una **animación fotograma a fotograma** o **animación off-line**. Esta es la única forma de conseguir animaciones finales de gran calidad, dado que el tiempo de cómputo de cada fotograma puede oscilar entre unos pocos segundos y horas.

Una situación diferente se produce cuando el proceso que crea la animación va mostrando los fotogramas inmediatamente después de producirlos, permitiendo al usuario responder inmediatamente y haciendo en cuenta estas respuestas en la síntesis de imágenes. En este caso, lo podemos llamar **animación interactiva** o **animación on-line**, la frecuencia de presentación de las imágenes (frecuencia de referencia o frame rate) viene determinada por la velocidad de cómputo, que a su vez depende de la potencia del equipo y la complejidad de la escena.

Cuando las restricciones temporales de la animación interactiva son relativamente estrictas se habla de **animación en tiempo real**, y se obtienen se desahoga algún tipo de simulación enrutada de aparatos al estado de la escena en cada momento, teniendo en cuenta posiblemente las acciones del usuario del programa (por ejemplo, mover el ratón para indicar en qué dirección quiere moverse), entonces hablaremos de **simulación en tiempo real**.

A continuación se describen las técnicas de animación en 3D, más importantes para la elaboración de esta tesis. Por lo tanto no se mencionan todas las técnicas existentes para animación.

### 5.1.3.1 TÉCNICAS DE FOTOGRAMAS CLAVE O KEYFRAMES.

Esta rama de técnicas es una adaptación de los métodos de la animación tradicional para definir los cambios temporales de la escena. La idea básica consiste en definir una animación manual o mediante alguna función automática, tal es el estado de la escena en ciertos instantes (dibujos fotogramas clave o keyframes), la descripción de la escena en otros fotogramas clave debe incluir la posición y orientación de los objetos y fuentes de luz, color y opacidades, y también la posición y características del observador o cámara.

Los objetos en 3 dimensiones están representados usualmente a un juego de transformaciones, llamado matriz de transformación. Es una matriz de 3x3 que involucra principalmente nueve transformaciones: traslación ( $t_x, t_y, t_z$ ), rotación ( $r_x, r_y, r_z$ ) y escala ( $s_x, s_y, s_z$ ). El tipo más simple de animación involucra cambios en los valores de esta matriz de transformación durante un período de tiempo.

Una vez definidos los keyframes para la secuencia, se le dan instrucciones a la computadora para que calcule los cuadros intermedios, a esto se le llama interpolación de valores. Esta interpolación de transformación calcula los valores intermedios de traslación, rotación y tamaño de cada cuadro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**Curvas cúbicas de Bézier a trozos:** Estas curvas tienen la característica de que cada trozo empieza y termina en los puntos de control, pasando por los valores correspondientes a los keyframes. Además, si añadimos dos puntos de control adicionales en cada tramo podremos controlar la tangente de la función, y por tanto determinar de forma más exacta el camino para ir de un punto a otro. Por ejemplo, en el caso de que la variable representada sea una posición, esta sistema nos permitiría controlar la velocidad del movimiento en el instante definido por el keyframe. Este tipo de curvas es, por tanto, ampliamente utilizado (Fig. 5.3).



FIGURA 5.3 Curva Paramétrica tipo Bézier a trozos

**Interpolación lineal.** Esto permite resolver la interpolación mediante un cálculo muy sencillo, pero se trata de un tipo de ecuación que produce cambios bruscos en la derivada de la variable y no permite un control detallado cuando se están utilizando keyframes.

Además del tipo de interpolación, resulta fundamental la elección correcta de los parámetros a controlar. Por ejemplo, una interpolación lineal de la posición puede ser adecuada para una partícula que se mueve con una trayectoria suave (ver figura 5.4a). Sin embargo, si deseamos describir la rotación de un objeto alrededor de un punto, resultaría más adecuado hacerlo con una interpolación lineal de la posición, siendo mejor hacerlo con una interpolación lineal sobre un ángulo que describe el giro (ver figura 5.4b).

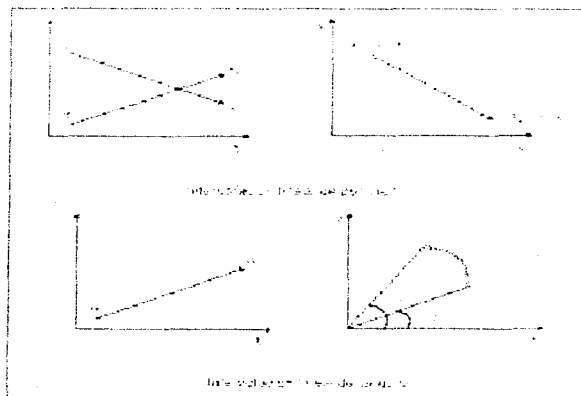


FIGURA 5.4 (a) Interpolación de posición y (b) Interpolación de ángulo

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En el caso de que no dispongamos de un algoritmo o procedimiento automático para calcular la evolución de las variables de la escena con el tiempo tendremos que recurrir a otros métodos.

### 5.1.3.1.1 MANIPULACIÓN DIRECTA.

La manipulación directa es el método más creativo para generar animaciones, asignando de forma manual (normalmente mediante una interfaz gráfica) los valores de las variables en cada keyframe. Todos los programas de animación 3D proporcionan interfaces de manipulación directa que permiten realizar dos tipos de tareas distintas, que pueden combinarse entre sí para garantizar la concreción del resultado:

A) Para determinar los keyframes, el interfaz requiere permitiendo dar la secuencia de valores para una variable dada. Para ello podremos manipular cada objeto y sus propiedades hasta colocarlo en el estado deseado y luego asignar este estado a un instante de tiempo (keyframe).

B) Dada una animación de valores a los diferentes keyframes, podremos representar la situación de la escena en cualquier instante, para comprobar si el movimiento de los distintos objetos se aproxima al efecto que queremos conseguir. En otros, dispondremos de un modo de "previsualización" conjunta de la escena, al menos para instantes concretos de tiempo.

### 5.1.3.2 JERARQUÍAS ARTICULADAS.

Una jerarquía articulada es un conjunto de partes rígidas (segmentos) que están unidas dos a dos por medio de juntas o pivotes llamadas **articulaciones**. Este tipo de sistemas normalmente no tiene grados de libertad en su conjunto con la posición, sino solamente con las rotaciones (desde uno hasta tres ejes independientes dependiendo del tipo de articulación). Sin embargo, puesto que los objetos reales no tienen necesariamente por qué seguir las leyes de las articulaciones reales, es posible añadir operaciones de traslación y escalado (cambio de tamaño) en cada articulación, siendo posible teóricamente tener nueve grados de libertad por cada una.

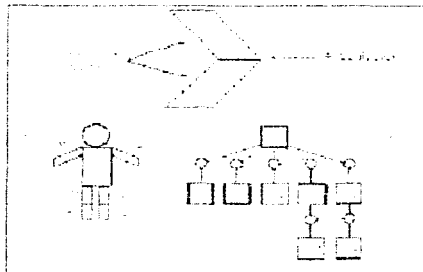


FIGURA 5.5 Jerarquía articulada

Desde el punto de vista de la informática gráfica podemos imaginar la jerarquía articulada como una estructura de datos que nos permite dibujar las partes del objeto en la posición adecuada y controlar su movimiento. El algoritmo que dibuja la escena recorre sucesivamente la estructura articulada transformando el sistema de coordenadas utilizado para

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





la representación de los objetos. Si suponemos que la representación visual de cada segmento rígido está definida respecto a un sistema de coordenadas centrado en el punto de articulación, entonces cada vez que el algoritmo de recorrido llega a una articulación de la jerarquía debe:

1.- Traducir el sistema de coordenadas desde su posición anterior hasta el punto donde se conectará el siguiente segmento.

2.- Una vez trasladado allí, tiene que girar el sistema de coordenadas según el estado de la articulación, es decir, según los valores de los ángulos.

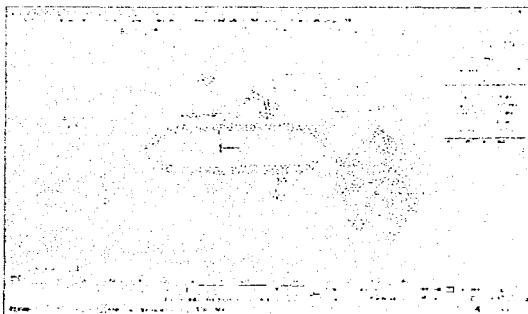
Si consideramos que cada articulación viene definida por tres grados de libertad de rotación, entonces son necesarios tres valores (ta es el número de articulaciones) para especificar completamente la posición de la figura articulada. El conjunto de estos tres ángulos se llama **vector de configuración**  $\mathbf{c}$ .

## 5.2 HERRAMIENTA UTILIZADA EN LA ANIMACIÓN DE LA ESTACIÓN.

El software utilizado para hacer todo lo anteriormente descrito fue el 3D STUDIO MAX. El 3D Studio combina cinco módulos principales con diversos programas de conexión especializados. Los dos primeros módulos - 3D Shaper (Formador 3D) y 3D Loftter (Extractor 3D) se utilizan juntos, como un sistema de modelado, para crear la geometría tridimensional que conformará todos los objetos que se generarán y utilizarán en las animaciones. En su forma más simple, el módulo 3D Shaper define el contorno y el 3D Loftter es el que le da forma al contorno, convirtiéndolo a imagen en 3D.

En el módulo 3D Editor (Editor 3D) se establece el escenario 3D, modificando los modelos existentes, añadiendo objetos predefinidos (como esferas y cilindros), colocando las luces y las cámaras, seleccionando y posicionando todos los materiales. El módulo Materiales (Editor/Editor de Materiales) se utilizara para crear y editar atributos de superficie. Por último, y es más importante para la realización del proyecto, la animación se maneja en el módulo Keyframes (Creador de Cuadros Clave).

La siguiente figura tiene dos fines, mostrar que 3D Studio trabaja en ambiente Windows y demostrar en que se ven los modelos una vez cargados en el software. En la figura 5.5 se puede apreciar el nuevo Sistema de Manufactura Flexible.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 5.6 Ambiente 3D Studio Max



## 5.3 ANIMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROYECTO.

Finalmente se llegó a uno de los principales objetivos, esta herramienta nos ha ayudado de mucho en el diseño. La animación nos reveló distintos cambios que fueron necesarios, para lograr el mejor diseño posible de la estación de Fabricamiento Superficial. Y además para obtener un diseño diferente del Sistema de Manufactura Flexible.

### 5.3.1 DESARROLLO.

Una vez terminado el montaje del nuevo SMI, se usó la interfase VEML, anteriormente descrita, que ayuda a cargar al software de animación los modelos. Los modelos se muestran como polígonos entrecruzados o multibody. Esto se puede apreciar en la figura 5.6. Los objetos fueron guardados, estacion por estacion, o sea que cada archivo representa una estación.

Una vez cargados los modelos, se crearon conjuntos, para poder definir cada una de las piezas del SMI, como se definió a que los modelos son cargados como puras superficies planas independientes y no piezas volumétricas ya sí. Lo que hacen los conjuntos, es que definen varios elementos como una sola entidad, facilitándonos los movimientos y la atribución de materiales y colores.

Finalmente se cambiaron de color los máxos, para identificar con mayor precisión los componentes. Después se le atribuyeron materiales a algunas piezas, los cuales simulan principalmente metales y maderas, para poder dar un más realismo al nuevo SMI. A otras piezas solo se le dejaron los colores inicialmente definidos. Los materiales utilizados y el editor de materiales se muestran en la figura 5.7.

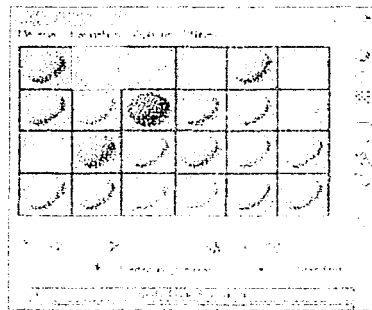


FIGURA 5.7. Materiales

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Lo siguiente fue definir nuevos conjuntos para comenzar con la animación. Los conjuntos son de dos tipos, los que tienen algún movimiento durante el proceso, y los que se mantienen estáticos durante el mismo.

Se hizo el primer proceso de animación, lo que se llamará por etapas atribuidas, lo cual consistió en definir las fijaduras. Este tipo de animación ya se definió en la introducción de este capítulo. Las piezas que necesitaron este tipo de restricciones, fueron los robots de cada estación, el brazo articulador, las chavetas, el mecanismo y las caracillas. Éstos son los objetos cuyos movimientos dependen de los movimientos de otros.

Se volvieron a animar conjuntos, pero esta vez estación por estación. Esto sirvió para reunir en un solo archivo todas las estaciones. También se importaron las referencias ya definidas anteriormente, para este nuevo archivo.



Una vez conjuntadas las estaciones se escalo el nuevo SMF, para una mejor visualización. Lo siguiente fue ubicar cada estación, según la configuración que tiene el SMF del laboratorio.

Después de todo lo anterior, se procedió a hacer lo más importante, la animación. Para esto se hicieron movimientos de rotación, traslación, jerarquías articulas y traslación por proyectores. La animación comenzó por el almacén cartesiano, siguió con la estación de fresado, estación de torneado, estación de recubrimiento superficial, cñidad y termino en el almacén cartesiano.

Durante la animación, se siguió trabajando con el modelado, pero esta vez usando los modulos de modelado del software de animación. Se crearon, las charolas, las plataformas, el cuarto, las piezas y la base de desplazamiento lineal del robot del almacén. Son piezas sencillas, que no requieren un modelado muy complejo, es por esta razón que se hicieron en 3D MAX.

Se cambio la base fija del robot del almacén, por una de movimiento lineal, por que durante la animación, se necesitaba un grado más de libertad, para este robot. Se decidió hacer en 3D MAX la base de desplazamiento lineal del robot. En la figura 5.8, se observan el almacén cartesiano y la base del robot.

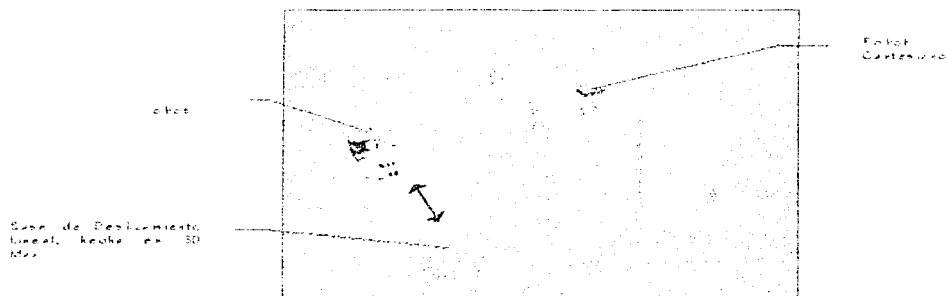


FIGURA 5.8 Almacén Cartesiano

Durante el modelado de la estación de recubrimiento, se usaron las especificaciones de la base de desplazamiento lineal (Slider) existente en el laboratorio de manufactura avanzada. Como esta realizando la animación y simulación, se observo que el robot de la estación de recubrimiento superficial, no alcanzaba la fina de decupado. Por lo tanto se determino que se necesitaba un Slider más largo. Para compensar esta falla en el diseño, se rediseño otro Slider. Al mismo tiempo con el diseño se efectuaron también en el capítulo correspondiente. Todo esto se puede ver en la figura 5.9.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

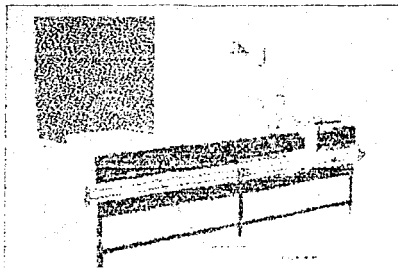


FIGURA 5.9 Entorno de Simulación Superficial

También durante la animación se realizaron los primeros, todes y acercamientos, para mejor apreciación del proceso.

Lo último, antes de la creación de la simulación final, fue crear una escenografía. La escenografía fue sencilla, para no quitar atención al nuevo SMI. Como ya se mencionó, el suelo fue modelado y se le asignó un material que simula ladrillos (materiales), y un fondo (background) azul. Se seleccionaron estos colores, por que son colores que prácticamente no se usaron en la animación del Nuevo SMI. El Nuevo Sistema de Manufactura se puede apreciar en la figura 5.10.

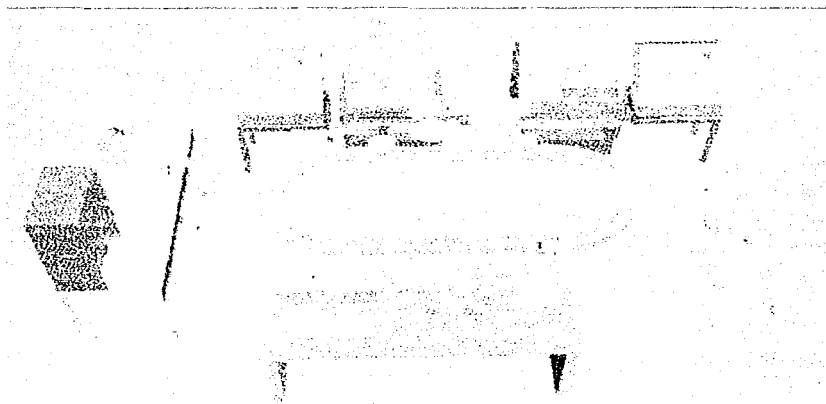


FIGURA 5.10 Nuevo Sistema de Manufactura Flexible

### 5.3.2 EDICIÓN.

Se realizó una reproducción final de toda la animación, guardándose con extensión AVI. El AVI (Audio-video Interchange) es el formato estándar de Audio y Video para películas en ambiente Windows. Un archivo AVI es creado cuando ya se hizo una animación previa. Al hacer clic en una animación, esta se puede guardar con la extensión AVI. A través de 3D Max se crearon animaciones con muy buena calidad, al reproducir cuadro por cuadro.



## ANIMACIÓN Y SIMULACIÓN POR COMPUTADORA EN 3D

Por efecto nos creó 1450 frames o cuadros, pero el demo final, no contaba con el tiempo y calidad necesarios, para la presentación. Por lo tanto se realizó una segunda producción, pero esta vez se esperimentó el tiempo de animación respondiendo, el cual es de 3 min. mínimo. Esto nos generó 6500 cuadros, se produjeron entonces 5 segmentos para ser editados.

La edición de todo el sistema se hizo a traves de Adobe Premier, un software que ayuda a editar imágenes y videos. En esta se animaron los 5 segmentos, se agrego musica, y se incorporaron cuadros con nuestros datos y logos de cada parte.

## 5.4 SIMULACIÓN DEL SMF.

El sistema de Manufactura Flexible tiene un tiempo para un cierto número de piezas para ser procesadas ya sea en turno o en línea. Para poder efectos de la simulación, se tomarán en cuenta solo dos piezas, una para frezar (A) y una para torneado (B).

La pieza A en bruto sale del almacén conteniendo el robot que resuma coloca la pieza con la charola en el Buffer 1 del Almacén (Figura 5.11).

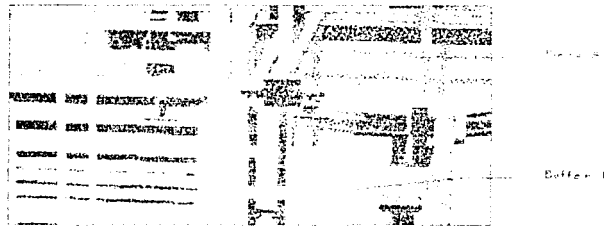


FIGURA 5.11 Robot que toma la pieza A.

El robot del almacén toma la charola con la pieza en una plataforma, colocada en la banda transportadora, para que sea llevada al siguiente proceso (Figura 5.12).

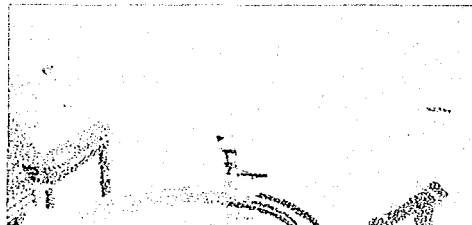


FIGURA 5.12 Salida del Almacén de la pieza A.

La charola con la pieza A es detectada por el sensor de la estación de frezado, debido a que es una pieza ya configurada para pasar por este proceso. El robot coloca la charola en el buffer de esta estación. Después toma la pieza A, para que sea ubicada dentro de la prensa neumática que tiene la fresadora. Comienza el proceso de frezado. (Figura 5.13).

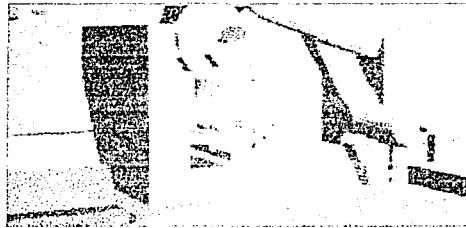


FIGURA 5.13: Robot Arm de la pieza A.

La pieza B en bruto sale del área de muestreo, de la misma forma que la pieza A. Sólo que esta pieza está configurada para ir a la estación de torneado. El robot coloca la chavola en el buffer. Después toma la pieza B y al punto de talamante que será sujeta por el shock y el contrapunto. Comienza el proceso de torneado. (Figura 5.14).

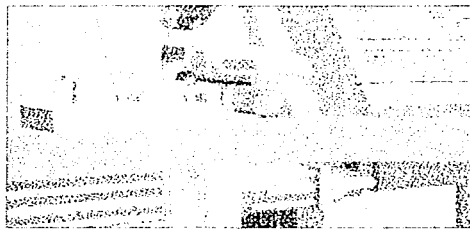


FIGURA 5.14: Robot Arm de la pieza B

Termina la operación de fresado en la pieza A, el robot toma la pieza y la coloca en la chavola que se encuentra en el Buffer, agarrando la chavola y la pone en una plataforma. A continuación la plataforma con la pieza A es guiada hacia la estación de Recubrimiento. (Figura 5.15).

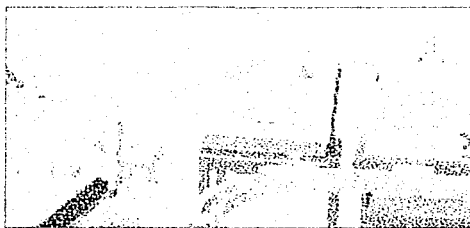


FIGURA 5.15: Pieza A dirigiéndose a la Estación de Recubrimiento

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



El robot de la Estacion de Recubrimiento toma la charola y la coloca en el buffer 1 de la linea, despues toma la pieza y la introduce en una de las canastillas de acero inoxidable. (Figura 5.16).

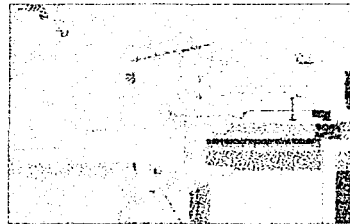


FIGURA 5.16 Robot introduciendo la pieza A en una canastilla.

El robot agarra la canastilla A por el mango. La canastilla es sumergida y rotada por el robot en la tina de decapado durante aproximadamente 1 minuto, para quitar todas las impurezas. Despues es sometida a un secado, por medio de un ventilador. (Figura 5.17).

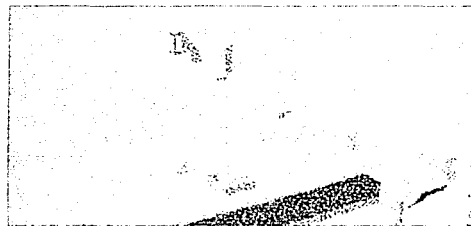


FIGURA 5.17 Decapado de la Pieza A

Lo siguiente, es llevar la canastilla A hacia la tina de enjuague. El robot hara lo mismo que en el decapado, pero el tiempo de este proceso sera mas corto. En el enjuague se intenta remover las impurezas que dejo el decapado ademas de quitar el remanente de esta solucion. Despues, tambien sera sometida a un secado. (Figura 5.18).

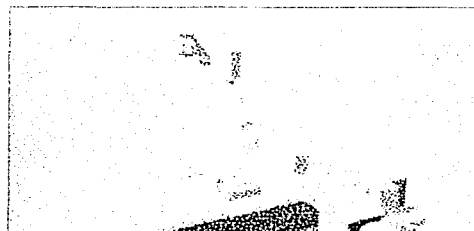


FIGURA 5.18 Secado de la Pieza A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Una vez preparada la pieza A, es llevada hacia la zona de Recubrimiento Superficial, donde es acomodada por el robot, en uno de los sistemas de sujecion de la base giratoria. (Figura 5.19).

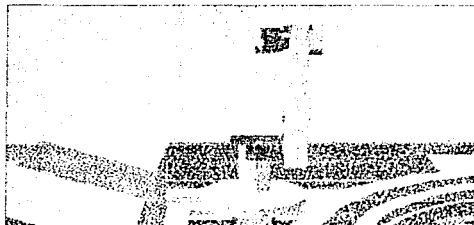


FIGURA 5.19 Canastilla al momento de ser llevada hacia la base giratoria

El mecanismo sujecion en la rotacion de la canastilla es fijado con la base giratoria. Y comienza a girar lentamente. El proceso de recubrimiento superficial comienza. (Figura 5.20).

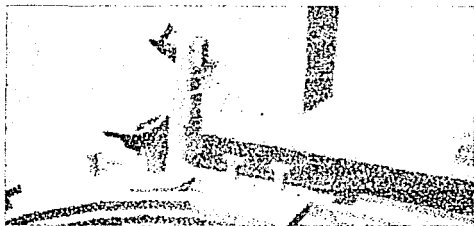


FIGURA 5.20 Inicio del proceso de recubrimiento

Mientras tanto ya bajo la pieza B, del proceso de recubrimiento, y esta ya ha recibido por la Direccion de Recubrimiento. Tambien va a pasar por el desgrasado y por el enjuague. Mediante un sensor de contacto, el robot avisa al sistema, que hay una pieza en supeña. El recubrimiento se interrumpe, y el mecanismo lleva a base giratoria, para que la canastilla B sea colocada en esta. Este subproceso de recepcion de piezas, no debe de llevar mas de un minuto, cuando el proceso de recubrimiento ya ha terminado. Esto se para que las primeras piezas sometidas al recubrimiento tengan un buen acabado. El proceso de recubrimiento continua, la base giratoria comienza a sumergir. (Figura 5.21)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



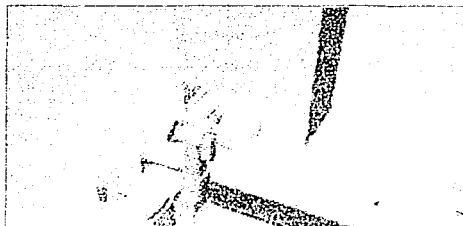


FIGURA 5.21 El recubrimiento parcial de la pieza A y B

Ha pasado el tiempo requerido de recubrimiento de la pieza A. El recubrimiento se interrumpe, la base giratoria se eleva. El robot toma la canastilla A. El recubrimiento de la pieza B continúa, comenzándose de nuevo el sistema dinámico, la canastilla A es sometida a un baño y a un secado, al igual que al producto del proceso. La canastilla A es llevada a una zona de visión, para que el robot pueda ver la pieza dentro de la canastilla, y pueda agarrarla. (Figura 5.22).



FIGURA 5.22 Canastilla en la zona de visión

La pieza A es llevada a una zona de visión para que el robot pueda ver la pieza en el buffer 1. El robot toma la pieza y la coloca en una canastilla, la pieza es enviada al siguiente proceso de lavado y de secado (Figura 5.23). Mientras tanto la pieza B es preparada para salir de la estación de recubrimiento.

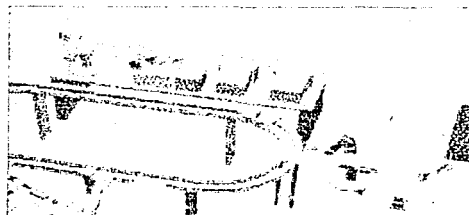


FIGURA 5.23 La pieza A en la estación de lavado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La pieza A llega a la estación de calidad. Como en la recepción de las otras estaciones, la charola se coloca en el buffer, y el robot agarra la pieza. (Figura 5.24).

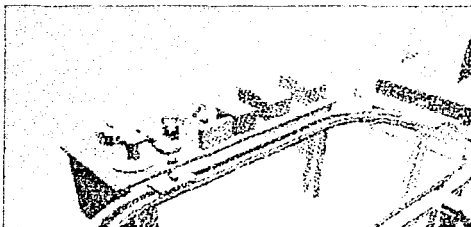


FIGURA 5.24 Recibimiento de la pieza A en la estación de calidad

El robot coloca la pieza en una prensa, y es fotografiada con una cámara y una lámpara, para poder identificar cualquier defecto de la pieza, por medio de un láser. (Figura 5.25).



FIGURA 5.25 Pieza A en el siguiente proceso

La pieza A es regresada a la estación de conformado, por el robot. Para pasar a la siguiente estación. Finalmente llega al almacén. El robot del almacén coloca la charola en el buffer 2 del almacén. El robot continuará con la pieza y la coloca del lado donde van las piezas terminadas. Mientras tanto la pieza D se encuentra en la estación de calidad. (Figura 5.26).

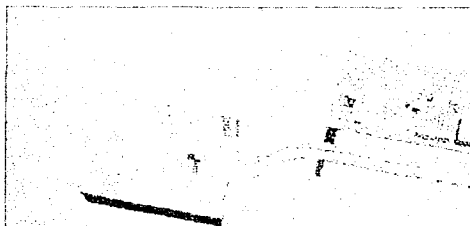


FIGURA 5.26 Pieza A en el Buffer 2 del almacén



Por ultimo, la pieza B, despues de haber pasado por todos los procesos correspondientes, llega al almacen cartesiano y es acomodada por el robot, en el lugar correspondiente. (Figura 5.27).



FIGURA 5.27 Pieza B en la ultima etapa

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

### 6.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Lo primero que se trabajó con este tema fue el modelo, con él en su totalidad del sistema de Manufactura Flexible del Laboratorio de Manufactura Avanzada de la Facultad de Ingeniería.

Lo siguiente fue cumplir con uno de los principales objetivos de este proyecto. El cual consistió en diseñar una nueva estación de trabajo para el SMF antes mencionado. Siguiendo el método de diseño de la Faja se tomó como base el modelado del SMF, para las especificaciones. Tomando como parámetros importantes para el diseño el bajo costo, flexibilidad de manufactura y que fuera posible una interpolación.

Se modeló en diseño y existió en otra base de un almacén cartesiano, el cual resultó más eficiente que el actual (almacén tipo barril) con el que se cuenta en el Sistema de Manufactura Flexible actual del Laboratorio de Manufactura Avanzada.

Una vez concluido todos los modelos se hizo una animación, la cual simula el proceso y movimientos, de lo que nosotros denominamos como el nuevo SMF. Durante la animación se hicieron algunos cambios en el Diseño. Esto nos dio la prueba, para confirmar que el Diseño es un método iterativo.

Resumiendo fueron tres los resultados finales:

1. El diseño de una estación de Recubrimiento Superficial para el Sistema de Manufactura Flexible Didáctico del Laboratorio de Manufactura Avanzada. Esta tesis contiene gran cantidad de información útil para una futura fabricación de la misma. El diseño tomó como base el tipo de Recubrido Químico. Además de que se trató de que la Estación fuera Flexible, para poderla adaptar a cualquier otro tipo de Recubrimiento Superficial.
2. El Diseño de una nueva configuración para el Sistema de Manufactura Flexible Didáctico del Laboratorio de Manufactura Avanzada. Esta configuración incluye una estación completamente diferente (Recubrimiento Superficial) y una Estación mejorada (Almacén Cartesiano). Aumentando la Flexibilidad y Eficiencia del SMF anterior.
3. La animación de un Sistema de Manufactura Flexible. Dicha animación nos permite visualizar visualmente el modo de operar de este Sistema en particular.

### 6.2 CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el diseño del nuevo Sistema de Manufactura Flexible es el comienzo para nuevos proyectos, así que una vez guardados los datos del SMF en SD, se podrán hacer nuevos diseños de la configuración y estaciones dependientes para este SMF o para otros SMF, pudiendo interpolarse a otra dimensión, y así poder crear el SMF más útil. Estos datos también sirven para simular procesos. Y probablemente en un futuro poder crear un simulador de algún proceso en específico, tomando como base de datos estos modelos.

Durante el proceso de diseño y animación, encontramos que el SMF actual tiene ciertos problemas de configuración y diseño, por ejemplo su diseño es demasiado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Otro ejemplo fue que los robots de cada estación están mucho tiempo inactivos mientras se realiza el proceso. Por lo que se aconseja un solo robot con más grados de libertad, para que sea capaz de abarcar todas las estaciones. Las únicas estaciones que justifican un robot solo para ellas, es el Almacén (Robot Cartesiano) y la de Recubrimiento Superficial. Esta justificación es por que estas estaciones manejan varias piezas a la vez.

La animación como herramienta en el diseño mecánico es de mucha utilidad, durante la animación hubo la necesidad de hacer ciertos cambios de las dos nuevas estaciones, y de esto no nos hubiéramos dado cuenta con solo un dibujo. La animación nos da una visión más amplia del funcionamiento del sistema diseñado sin necesidad de construir un prototipo o de realizar físicamente la fabricación de nuestro sistema.

Esta animación nos permite poder captar y entender para que tenga los conocimientos en la operación que realiza el sistema o que a un nivel didáctico se muestre el funcionamiento del sistema.

Los dos minutos efectuados durante la animación nos presenta un rango de confiabilidad mayor, esto es por que en el momento de importar los modelos al software nos respetó las dimensiones de estas mismas, haciendo que las posiciones con las que se trabajó sean tan reales como si fueran hechos físicamente.

De acuerdo a los resultados de animación se puede decir que las principales ventajas que nos otorgó son:

- Se puede tener un incremento de seguridad en el proceso que se lleva a cabo.
- Se tiene un incremento en disponibilidad de máquinas.
- La interacción con las máquinas se puede realizar mediante una computadora.
- Hay una mejora en la determinación de ciclo de tiempo.
- Se puede realizar pruebas visuales para determinar las posibles colisiones sin tener que diseñar los equipos.
- Mejoramiento en la planeación de los Layout.
- Visualización en los sistemas de manufactura.
- A futuro si se piensa realizar este proyecto físicamente, los costos en producción y errores serán reducidos.

La animación, producto de esta tesis puede ser usada para fines didácticos, en caso de que el SMF actual, no fuera posible hacerlo funcional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## APÉNDICE A

### Distribuidora Metálica SA de CV.

#### *Soldadura de Acero Inoxidable.*

El siguiente es un breve resumen de los parámetros más importantes para soldar:

- **Requerimientos generales para soldar**
  - Agregarse un área para soldar limpia y libre de contaminación, libre de aceites, pintura, aceite, grasa, etc.
  - Ayuda correctamente a fin de asegurar la estructura ancha, correcta y consistente.
  - Evite, en especial, soldar con las piezas amarradas.
  - **EVITE** dar golpes de arco en la fabricación. Use un clip para sujetar o un trozo de acero inoxidable cortante.
  - Cualquier agregado temporal deberá ser de grado equivalente de acero inoxidable y acortado en posición con un ángulo de grado equivalente. Ese agregado **DEBE** estar cuidadosamente separado del piso.
  - Mantenga un arco limpio y el gas protector adecuado. Tenga especial cuidado cuando vuelde al descuberto o en ambientes de aire.
  - Use cepillos de alambre de acero inoxidable para remover las rebabas. Todos los cepillos para pulir o abrasivos **DEBEN** ser libres de hierro y para los **UNICAMENTE** en acero inoxidable.
  - Reemplace la **REVESTIMIENTO A LA COMPRESIÓN/REVESTIMIENTO** el área soldada.
  - Reemplace la rebaba de forma mecánica y química. Momentáneamente usando discos al rascoo específicos para este uso. Continúamente aplique con una fórmula de Acido Nítrico. **NO USE** fórmula de Acido Hidroclórico.
  - Lave completamente después de aplicar el ácido.
  - Neutralice con fórmula de Acido Nítrico. **NO** la soldadura es mecánicamente rebajada. **NO** la aplicación es crítica o marginal **NO** ha ocurrido contaminación en la fabricación o en la superficie, en general por acero al carbono.
  - Lave completamente después del pasavite.
  - Generalmente no se requiere tratamiento termico después de la soldadura, y tampoco es recomendable.
- **Electrodos**
  - Los electrodos deben mantenerse y usarse de primera calidad. **EVITE** exponer el recubrimiento a la humedad o a la contaminación.
  - El recubrimiento de los electrodos es especialmente formulado. **NO** use un electrodo si el recubrimiento está oxidado. Nunca despoje un electrodo de su recubrimiento para usarlo como alambre llenador.
  - Los alambres llenadores son especialmente pesados y los condiciones operacionales con las **NO** use un alambre de acero inoxidable ni recortes de hojar como material para llenar.
  - **NO** use los alambres llenadores de ceramitas y de metales. Los electrodos tipo Flux, Base Rutile, Acid Rutile, High Efficiency y Metal Powder son los más comunes.
  - El tipo Flux requiere un alto grado de destreza para soldar. Brinda solda fuera de alto grado de integridad.
  - El tipo Base Rutile es fácil de usar. Brinda soldadura de buena integridad.
  - El tipo Acid Rutile es el más fácil de usar. Soldadura para usos generales en aplicaciones menos críticas.
  - El tipo High Efficiency y Metal Powder son para altos rangos de producción. No son recomendables para soldar en las piezas amarradas.

#### Suministro de energía

- Corriente Directa (DC) recomendada para soldar acero inoxidable

MMA - DC Electrodo Positivo

TIG - DC Electrodo Negativo

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



MIG Electrodo Positivo

SAW Electrodo Positivo

- Consulte las instrucciones del fabricante para los parámetros de soldar

#### • Gases protectores

- Para soldar TIG Use Argón puro
- Para soldar MIG Use Argón + 1.2% de Oxígeno

#### • Aceros Inoxidables Austeníticos

- Excelente solubilidad para todos los procesos para soldar
- Los procesos para soldar más comúnmente usados son MMA, MIG, TIG y SAW
- Los electrodos a utilizar, dependiendo del tipo de acero inoxidable son

304	use	308L
304L	use	308L, 347
309/309C	use	309L
310/310S	use	310L
316	use	316L, 316
316L	use	316L, 316Nb
316Ti	use	316Nb
317L	use	317L, 317Nb
321	use	347

- No 316(b) se usa en electrodos porque Ti (Titanio) sufre pérdidas en el arco
- Amozena TIG no puede usarse para soldar calibres delgados de 304 y 316
- Suministro de calor: Limite el suministro de calor y la transferencia de temperaturas

#### • Acero inoxidable ferrítico

- Buena solubilidad. Limitado generalmente a soldar calibres delgados únicamente
- El proceso para soldar más comúnmente usado es TIG. Soldadura autógena para los calibres más delgados. El diámetro del alambre o vara para los calibres más gruesos, de preferencia 309L

#### • SAF 2205

- Buena solubilidad
- Los procesos para soldar más comúnmente usados son MMA, MIG, TIG y SAW
- Para calibres de espesores moderadamente ferrulizados y laminados debe usarse los apropiados para SAF 2205. Los alambres de soldadura de acero inoxidable AISI son apropiados
- Suministro de calor: Para la soldadura SAF 2205, es recomendable controlar el suministro de calor y la transferencia de temperaturas

#### • Acero resistente a la corrosión 3CR12

- Buena solubilidad
- Los procesos para soldar más comúnmente usados son MMA, MIG y TIG. SAW no es recomendable
- Consumibles: La experiencia del fabricante ha resultado a una preferencia por el 309L, 308L, 316L y 309MoL también se usara. El consumible comparable 3CR12 es apropiado únicamente si en procesos o aplicaciones tales como no involucra la deformación en frío, por golpe, impacto o carga dinámica
- El suministro de calor y la transferencia de temperaturas deben ser cuidadosamente controladas a bajos niveles (1.0 kJ/mm, 1500°C respectivamente). Use cuentas en costón para soldar en varios pasos. Evite el ondulado. Evite soldar en posición, tanto como sea posible

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

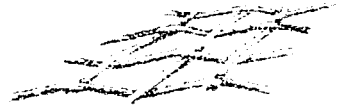


# APÉNDICE B

**UNAM** Distribuidora  
Metálica S.A de C.V.

## TELA METALICA de acero inoxidable

Tipos A161, 304 y 316



MILLAS POR PULGADA	DIAMETRO DE ALAMBRE		
	304	316	316L
2	1.00	1.000	1.000
3	1.10	1.100	1.100
4	1.20	1.200	1.200
5	1.30	1.300	1.300
6	1.40	1.400	1.400
8	1.60	1.600	1.600
10	1.80	1.800	1.800
12	2.00	2.000	2.000
14	2.20	2.200	2.200
16	2.40	2.400	2.400
18	2.60	2.600	2.600
20	2.80	2.800	2.800
22	3.00	3.000	3.000
24	3.20	3.200	3.200
26	3.40	3.400	3.400
28	3.60	3.600	3.600
30	3.80	3.800	3.800
32	4.00	4.000	4.000
34	4.20	4.200	4.200
36	4.40	4.400	4.400
38	4.60	4.600	4.600
40	4.80	4.800	4.800
42	5.00	5.000	5.000
44	5.20	5.200	5.200
46	5.40	5.400	5.400
48	5.60	5.600	5.600
50	5.80	5.800	5.800
52	6.00	6.000	6.000
54	6.20	6.200	6.200
56	6.40	6.400	6.400
58	6.60	6.600	6.600
60	6.80	6.800	6.800
62	7.00	7.000	7.000
64	7.20	7.200	7.200
66	7.40	7.400	7.400
68	7.60	7.600	7.600
70	7.80	7.800	7.800
72	8.00	8.000	8.000
74	8.20	8.200	8.200
76	8.40	8.400	8.400
78	8.60	8.600	8.600
80	8.80	8.800	8.800
82	9.00	9.000	9.000
84	9.20	9.200	9.200
86	9.40	9.400	9.400
88	9.60	9.600	9.600
90	9.80	9.800	9.800
92	10.00	10.000	10.000
94	10.20	10.200	10.200
96	10.40	10.400	10.400
98	10.60	10.600	10.600
100	10.80	10.800	10.800

## ALAMBRE de acero inoxidable

Tipos A161, 304 y 316



MEDIDAS		MILIMETROS
MMS	PULG.	
1/8	3.175	3.175
3/16	4.762	4.762
1/4	6.350	6.350
5/16	7.937	7.937
3/8	9.525	9.525
7/16	11.112	11.112
1/2	12.700	12.700
9/16	14.287	14.287
5/8	15.875	15.875
11/16	17.462	17.462
3/4	19.050	19.050
13/16	20.637	20.637
7/8	22.225	22.225
15/16	23.812	23.812
1	25.400	25.400

NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS Y PULGADAS.  
MEDIDAS EN MILIMETROS.  
MEDIDAS EN PULGADAS.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





## APÉNDICE C

# LAMINA

de acero inoxidable

## LISA

Todos los acabados en lámina y tubo

EN ACABADOS:

BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO
BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO

BRILLO  
BRILLO

BRILLO  
BRILLO  
BRILLO



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO
BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO
BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO	BRILLO

1. LAMINA ACABADA EN BRILLO EN ROLES

2. LAMINA ACABADA EN BRILLO EN ROLES

### Identificación de Acabado Superficial

Tipo	Descripción	Características
II RA	Laminada en caliente y recocida	Para aplicaciones industriales Resistentes a alta temperatura Resistente a la corrosión
Nº 1	Laminada en caliente, recocida y decapada.	Para usos generales, cuando la uniformidad superficial o el acabado no es importante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PAGINACIÓN

DISCONTINUA



# APÉNDICE D



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA PSICOLOGÍA  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA PSICOLOGÍA  
 LABORATORIO DE PSICOLOGÍA EXPERIMENTAL

ENCUENTRO DE PSICOLOGÍA  
 DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA DE LA PSICOLOGÍA  
 LABORATORIO DE PSICOLOGÍA EXPERIMENTAL

ACTA DE SESIÓN

Por medio de la presente se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de la tesis de grado de licenciatura en psicología, con especialidad en psicología experimental y a saber: *El efecto de la música en el aprendizaje de la memoria a corto plazo.*

El autor de la tesis es el licenciado en psicología, con especialidad en psicología experimental, y a saber: *El efecto de la música en el aprendizaje de la memoria a corto plazo.*

El autor de la tesis es el licenciado en psicología, con especialidad en psicología experimental, y a saber: *El efecto de la música en el aprendizaje de la memoria a corto plazo.*

Firma del autor: \_\_\_\_\_

Yo, el suscrito, catedrático de psicología experimental, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por medio de la presente certifico que el autor de la tesis es el licenciado en psicología, con especialidad en psicología experimental, y a saber: *El efecto de la música en el aprendizaje de la memoria a corto plazo.*

En la ciudad de México, D.F., a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 19\_\_\_\_.

El suscrito:

Dr. \_\_\_\_\_

Dr. \_\_\_\_\_

Dr. \_\_\_\_\_

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**



# APÉNDICE E



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## APÉNDICE F

### ALERACIONES

Las Aleaciones Aleadas en ELECMETAL son utilizadas y se elaboran en muchos aplicaciones. Desde ellas se hacen las piezas como las unidades para la fabricación de piezas de movimiento de los autos, piezas de maquinaria para transportes, máquinas de coser, etc. También sirven para molinos, hilos, cables, etc. para para molinos y otros aplicaciones donde se requiere alta fuerza de resistencia. A las aleaciones ELECMETAL, también sirven para molinos, hilos, cables y otros que cumplen en amplia fuerza de aleaciones.

### PRODUCTOS ESPECIALES

ELECMETAL también produce otros tipos de productos especiales a capacidad de distribuir productos especiales de acero inoxidable para las aplicaciones de los autos. Para esto cubren con también los tipos de aleaciones de acero de distintos productos industriales y los productos para los autos, que pueden ser utilizados en los autos de distintos tipos.

### Propiedades Mecánicas Típicas

ACEROS ELECMETAL		OBSERVACIONES
GRUPO I	Aceros al Carbono	Aceros utilizados para usos generales en estructuras, partes de máquinas, equipo industrial.
GRUPO II	Aceros de bajo carbono. Estos aceros se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas.	Aceros diseñados para soportar condiciones de trabajo de alta resistencia, como los que se encuentran en miembros de estructura de maquinaria para el movimiento de tierra.  Una lista de estos aceros son: - Aceros para uso general y de propósito. - Aceros y aleaciones. - Aleaciones, aceros y aleaciones de propósito.
GRUPO III	Aceros al Cr-Mn y Cr-Ni-Mn. Resistentes al desgaste por choque de donde hay fuerte impacto.	Aceros diseñados para soportar condiciones de trabajo, procesos de impacto, como los que se encuentran en bolas y partes de maquinaria para el movimiento de tierra de grandes máquinas.
GRUPO IV	Aceros al Manganeso de gran dureza y resistencia al desgaste por compresión.	Aceros diseñados para soportar condiciones de trabajo y procesos de impacto, como los que se encuentran en partes de maquinaria para el movimiento de tierra de grandes máquinas.  Aplicaciones de los aceros para el uso de grandes máquinas y de mandobles aceros de estas propiedades de molinos y partes de maquinaria. Para los aceros utilizados son los siguientes:
GRUPO V	Aceros de alta aleación de alta resistencia a la corrosión y resistentes a la temperatura.	Los aleaciones especiales de alta resistencia son los siguientes: - Aceros y aleaciones de propósito. - Aceros y aleaciones de propósito. - Aceros y aleaciones de propósito. - Aceros y aleaciones de propósito. - Aceros y aleaciones de propósito. - Aceros y aleaciones de propósito.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



<b>GRUPO VI</b>	Hierros blancos de alta aleación de Cromo y Molibdeno de muy alta resistencia a la abrasión con impacto moderado.	Hierros blancos de alta dureza muy adecuados para recibir abrasión intensa. Sus aplicaciones típicas son carajas de molinos de molienda y bolas, conjuntos impulsores de bombas y planchajes de protección entre otras.
-----------------	---	---

**ESPECIFICACIONES**

ACEROS ELECTROFILIT	DESIGNACIÓN	DIAMETRO A	RESISTENCIÓN A LA TRACCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO	ALARGAMIENTO	N. DE ABRASIONES	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	DUREZA BRINELL	SOLERA BRINELL
GRUPO I	Grado B	40.000	—	—	—	—	—	—	—
	Grado B	40.000	—	—	—	—	—	—	—
GRUPO II	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
GRUPO III	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
GRUPO IV	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
GRUPO V	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
GRUPO VI	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular
	Grado B	40.000	120	100	4	14	100	200 HB	Regular

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



---

**APÉNDICE G**

---

México, D.F. a 16 de Mayo del 2005.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
CD. Universitaria,  
México D.F.

At'n Guadalupe Herrera Mejía:

Por medio de la presente y a solicitud de ustedes estamos cotizando los siguientes procesos:

Fresado en máquina convencional	\$250.00 la hora.
Tornizado en máquina convencional	\$160.00 la hora.
Soldado de Acero Inoxidable	\$ 4.00 por pulgada.
Soldado de Acero Inoxidable con pulido	\$ 7.00 por pulgada.

El precio no incluye el 15% de IVA.  
Esperando poder servirle.

Atentamente,

Sr. Alejandro Mendoza,  
Gerente de Ventas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## APÉNDICE H

P E R F I L     P T R

PULCRIDAD	COLOR	GRUPO	HILOS x HT	HILOS x HTS
1 x 1	VERDE	5712	1,700	16,200
	ROJO	178	2,100	17,600
	BLANCO	7732	3,000	18,000
1 1/2 x 1 1/2	VERDE	178	3,300	19,800
	ROJO	5732	3,900	23,400
	BLANCO	5717	4,000	24,000
2 x 2	VERDE	178	4,300	27,600
	ROJO	5712	5,100	32,600
	BLANCO	178	5,900	35,400
2 1/2 x 2 1/2	VERDE	5712	6,500	39,000
	ROJO	7715	8,400	50,400
	BLANCO	178	7,200	43,200
3 x 3	VERDE	5732	8,700	52,200
	ROJO	5716	10,200	61,200
	BLANCO	178	8,400	50,400
3 1/2 x 3 1/2	VERDE	5732	10,200	61,200
	ROJO	5716	12,100	72,600
	BLANCO	178	9,700	58,200
4 x 4	VERDE	5732	11,500	71,400
	ROJO	5716	14,100	84,600
	BLANCO	178	9,500	58,400
3 x 2	VERDE	5732	8,500	51,000
	ROJO	5716	8,400	50,400
	BLANCO	178	7,200	43,200
4 x 2	VERDE	5732	8,700	52,200
	ROJO	5716	10,200	61,200
	BLANCO	178	6,400	50,400
4 x 3	VERDE	5732	10,200	61,200
	ROJO	5716	12,100	72,600

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





## APÉNDICE I

L I N E A  
N E G R A Y N A L P A N I Z A D A

(Precio por metro en 194)

CALIBRE	0.92 x 1.88 (3x4)	0.92 x 2.44 (3x6)	0.92 x 3.00 (3x10)	0.92 x 3.56 (3x12)	1.22 x 3.44 (4x6)	1.22 x 3.66 (4x10)
1"	341.00	459.00	567.00	685.00	807.00	759.00
7/8	322.00	439.00	556.00	673.00	791.00	743.00
3/4	303.00	420.00	537.00	654.00	772.00	724.00
5/8	284.00	401.00	518.00	635.00	753.00	705.00
1/2	184.00	265.00	346.00	427.00	508.00	579.00
3/8	138.00	194.00	250.00	306.00	362.00	418.00
1/4	85.400	115.30	145.20	175.10	205.00	234.90
3/16	64.000	87.000	109.70	127.00	144.00	161.00
10	45.800	61.500	76.200	91.900	111.600	102.00
12 1/2	42.700	56.900	71.200	85.400	104.00	94.900
11	40.600	54.000	68.000	81.900	100.000	90.700
13	38.700	51.000	65.000	79.000	97.000	87.400
14	36.500	48.000	62.000	76.000	93.000	84.700
15	34.400	45.000	59.000	73.000	89.000	82.400
16	32.300	42.000	56.000	70.000	85.000	79.300
20	18.000	24.000	30.000	36.000	42.000	48.000
24	10.200	13.600	17.100	20.400	24.000	27.700
28	8.200	10.900	13.600	16.400	19.800	23.000
32	6.700	9.000	11.300	13.600	16.600	19.700
36	5.100	6.800	8.500	10.200	12.400	14.900
40	4.100	5.500	6.900	8.300	10.000	11.900
42	3.800	5.000	6.300	7.600	9.200	10.800
44	3.510	4.740	5.980	7.210	8.700	10.210

NOTAS: El peso por metro en línea nacionalizada es el mismo que el de cada tabla, lo único que varía es el ancho por el gobierno.

La línea Gray. Tipo R-72 se evalúa de línea Lisa de 3 años ancho

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## APÉNDICE J

### INDICE DE PLANOS

#### COMPONENTES PRIMARIOS:

1. Canastilla
2. Eje Giratorio
3. Tapa Neopulido
4. Tapa de empuje

#### MECANISMO:

5. Eje
6. Cremallera
7. Piñón (No hay plano)
8. Eje de la Simetrizante (No hay plano)
9. Polea Estrada 1 (No hay plano)
10. Polea Estrada 2 (No hay plano)
11. Motor 1 (No hay plano)
12. Motor 2 (No hay plano)
13. Fundamento (No hay plano)

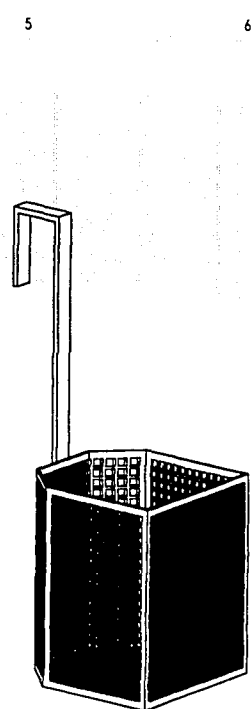
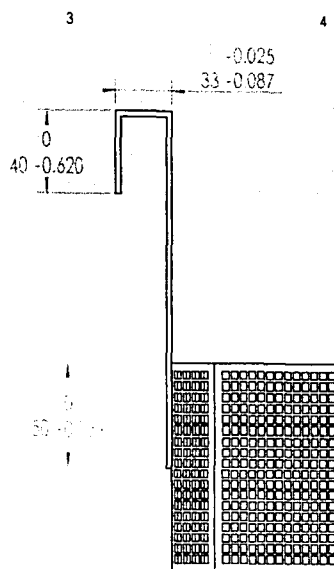
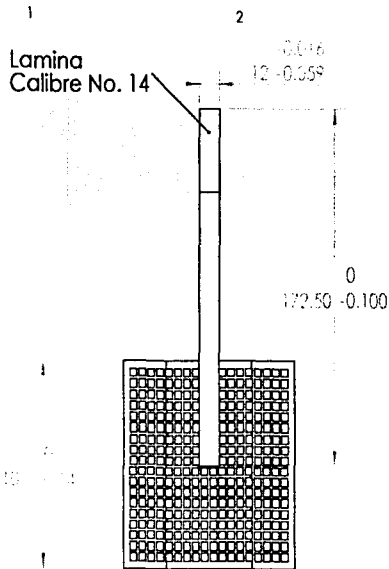
#### ACCESORIOS:

14. Mesa
15. Base de la Mesa
16. Soporte del Mecanismo
17. Cota
18. Armazon del Ventilador
19. Base para las Canastillas
20. Cota
21. Eje de la (No hay plano)
22. Base del Motor
23. Base para el manipulador (No hay plano)

#### ENSAMBLAJES, SUBENSAMBLAJES Y EXPLOSIVOS.

24. Subensamblaje 1 de la estación
25. Mecanismo de Avance
26. Mecanismo
27. Estación de Resqueamiento Químico
28. Pasador de  $\varnothing 5$  mm

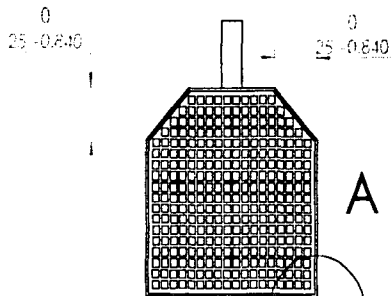
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



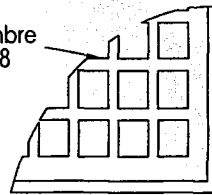
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Vista de Detalle.

MATERIAL:  
Acero Inoxidable SAE 316.



Tela de alambre  
calibre No. 18



Alambre de 1/8"

A (3:2)

Para la utilización comercial de este proyecto  
dirigirse a:

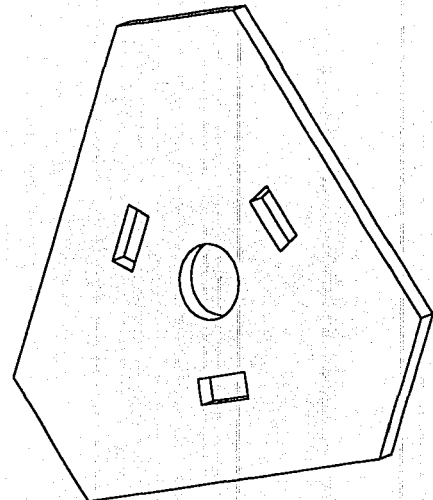
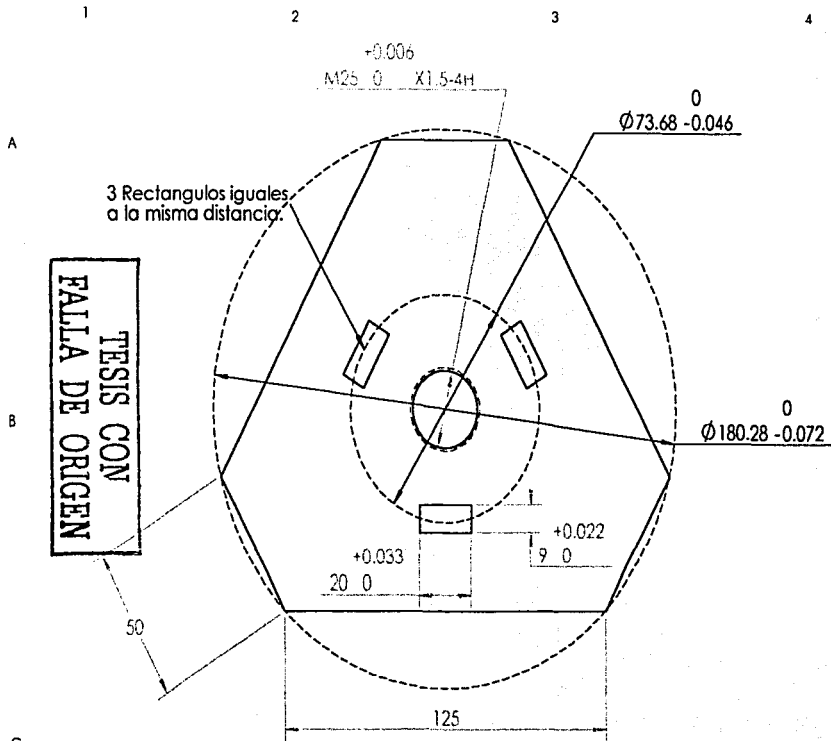
MJ. Eduardo Garduño.  
Revisó: ACOI: Fecha:  
MJ. Eduardo Garduño mm 15/02/03



Guadalupe G. Herrera Mejía Escala:  
Ulises A. Urbina De Gyves 1:3  
Estación de Niquelado.

C. Primarios: 1  
"CANASTILLA."

111X



**MATERIAL:**  
 Acero Inoxidable SAE 316.  
 Placa de 1/2"



Para la utilizaci3n comercial de este proyecto dirijase a:

Revis3: M.I. Eduardo Gardu3o  
 ACOT: rmm  
 Fecha: 15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mej3a  
 U3es A. Urbina De Gyves  
 Escala: 1:2

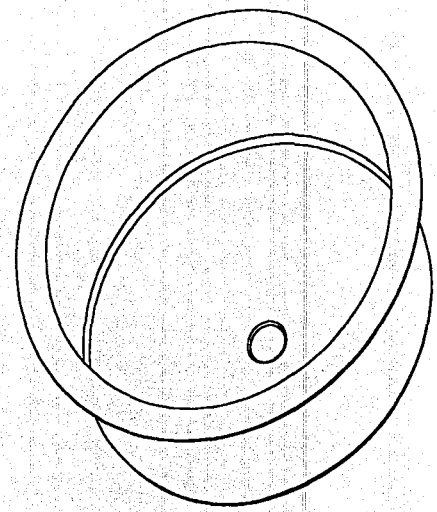
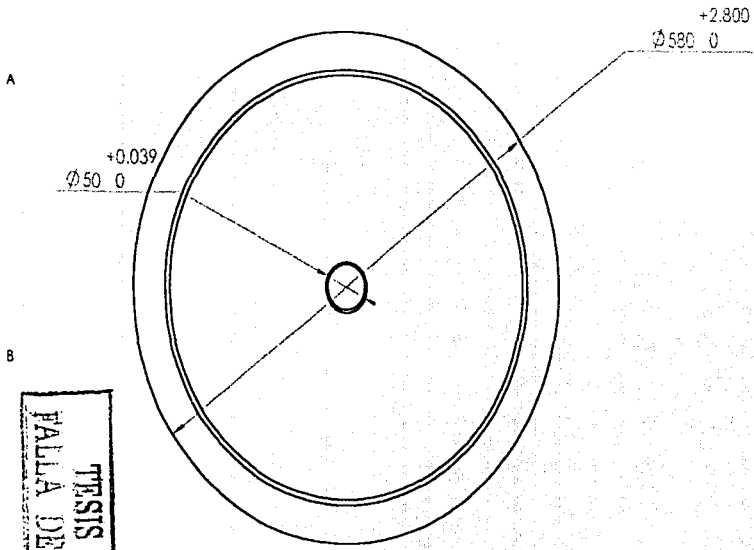
Estacion de Niquelado.  
 C. Primarios:  
 "BASE GIRATORIA"



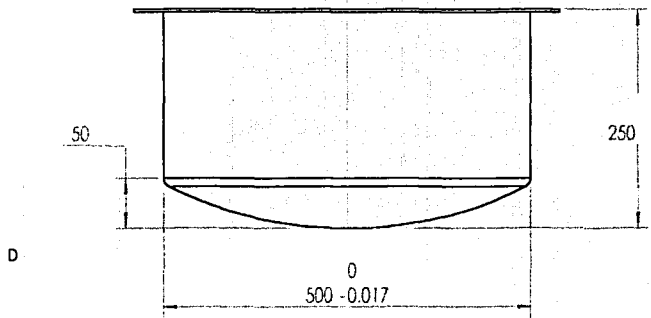
2

XIV

1 2 3 4 5 6



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



**MATERIAL:**  
 Acero Inoxidable SAE 316.  
 Lámina Cal. 14.

Para la utilización comercial de este proyecto  
 diríjase a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó:	ACOT:	Fecha:
M.I. Eduardo Garduño	mm	15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mejía  
 Úbes A. Urbina De Gyvet  
 Estación de Niquelado. Escala: 1:7

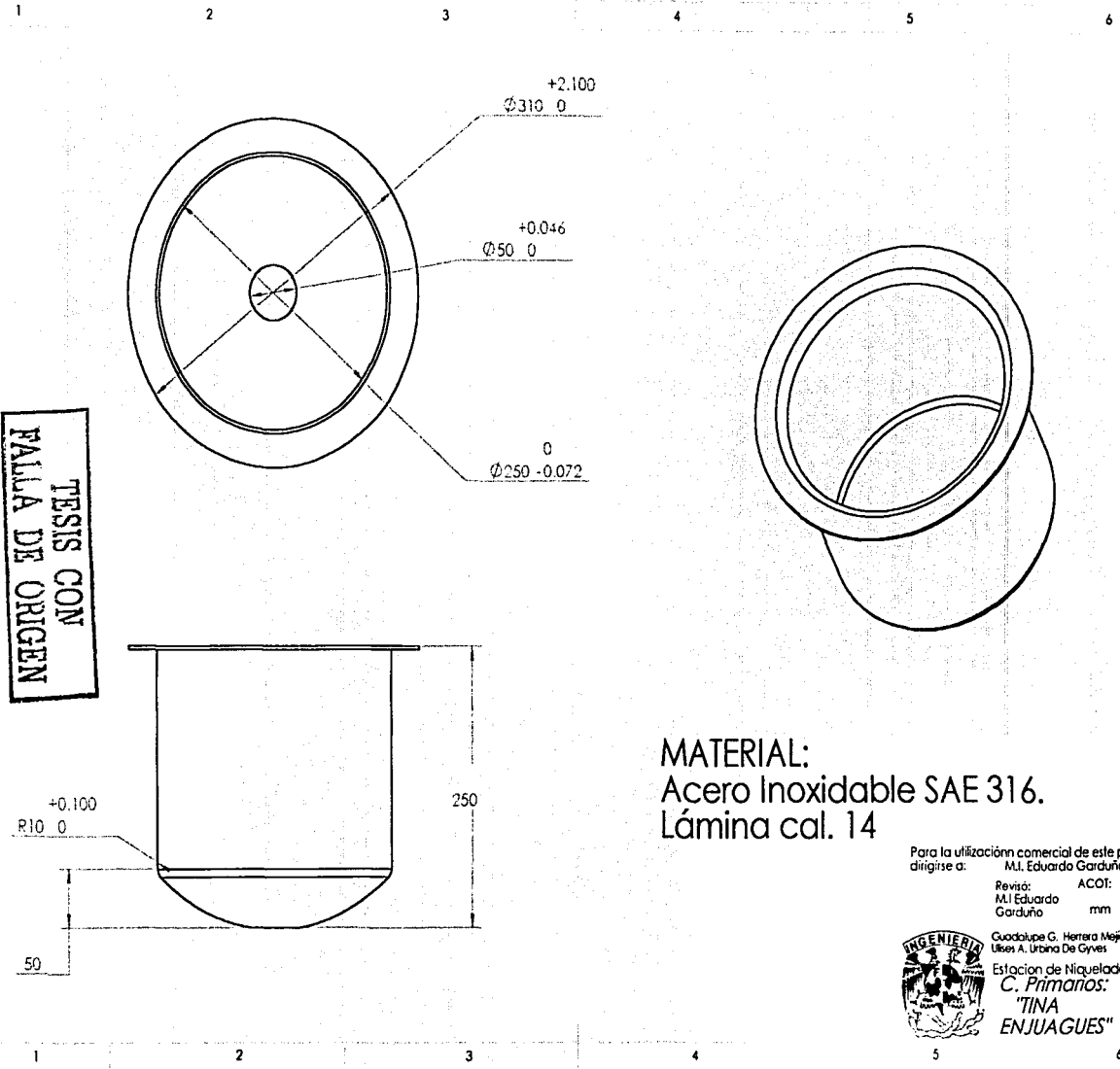


**C. Primarios:**  
**"TINA NIQUELADO"**

3

1 2 3 4 5 6

7



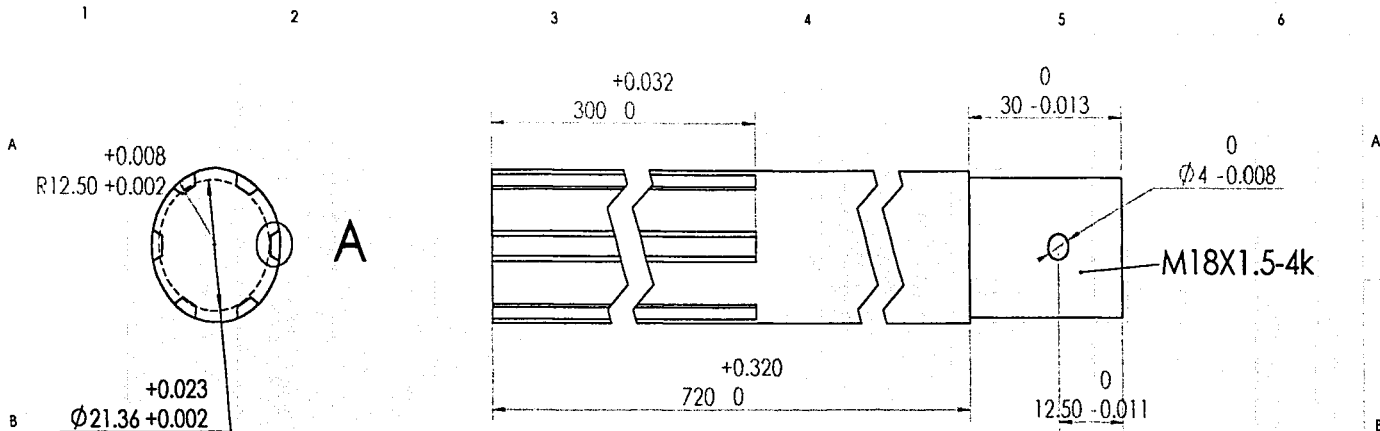
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: ACOT: Fecha:  
 M.I. Eduardo Garduño mm 15/02/03

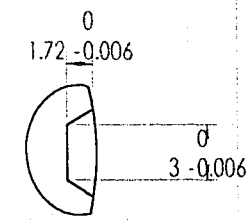


Guadalupe G. Herrera Mejía Escala:  
 Ulises A. Urbina De Gyves 1:5  
 Estación de Niquelado,  
 C. Primarios:  
 "TINA ENJUAGUES" 4

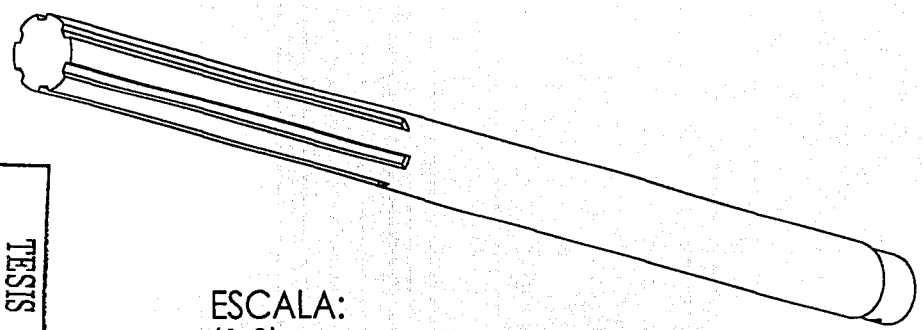


A  
+0.008  
R12.50 +0.002  
B  
+0.023  
Ø21.36 +0.002

+0.032  
300 0  
0  
30 -0.013  
Ø4 -0.008  
M18X1.5-4k  
+0.320  
720 0  
0  
12.50 -0.011



A (3:1)



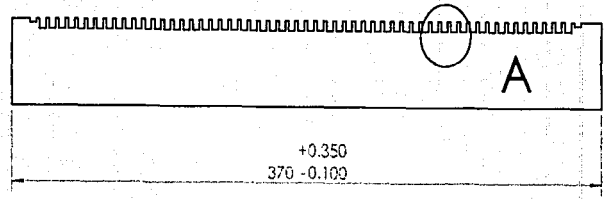
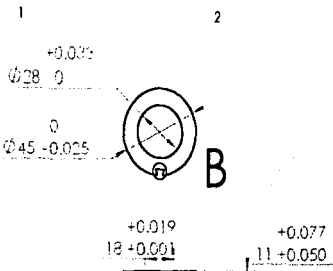
TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

ESCALA:  
(1:2)

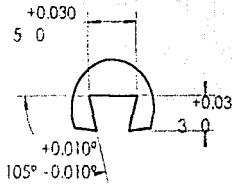
MATERIAL:  
Acero SAE 4140  
Redondo de 1".

Para la utilización comercial de este proyecto  
dirigirse a:  
Revisó: M.J. Eduardo Garduño  
ACOT: mm  
Fecha: 15/02/03  
Escala: 1:1  
Guadalupe G. Herrera Mejía  
Uiles A. Urbina De Gyves  
Estación de Niquelado.  
INGENIERIA  
MECANISMO: 5  
"EJE".

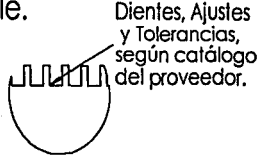
XN/1



Vistas de Detalle.

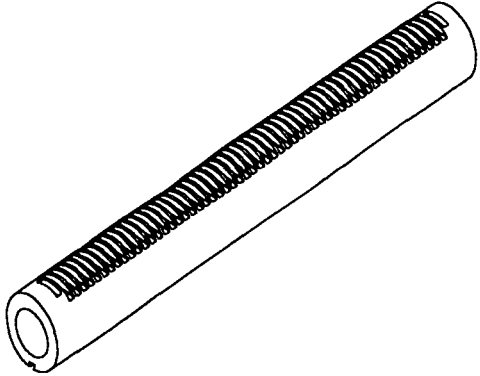
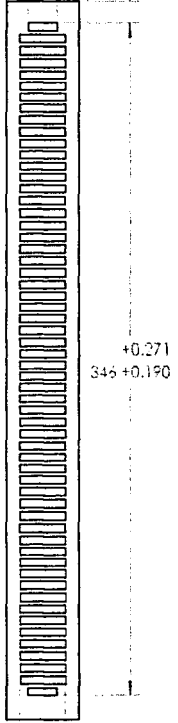


B (2:1)



A (2:3)

TESIS CON  
 FUENTE DE ORIGEN



MATERIAL:  
Comercial.

Plano para Proveedor.

Para la utilizaciónn comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: M.I. Eduardo Garduño    ACOT: mm    Fecha: 15/02/03



Guadalupe G. Herrera Mejia    Escalar: 1:3  
 Ubes A. Urbina De Gyves  
 Estacion de Niquelado.

Mecanismo:  
"CREMALLERA".

6

XIII



1

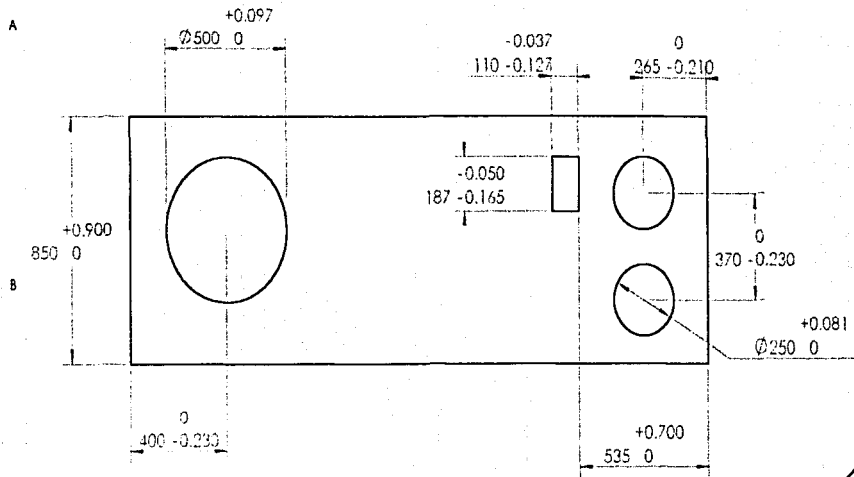
2

3

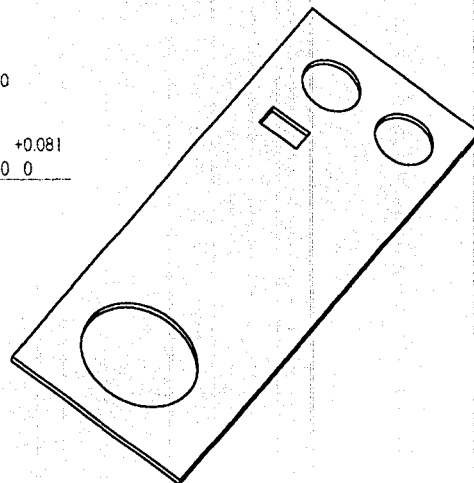
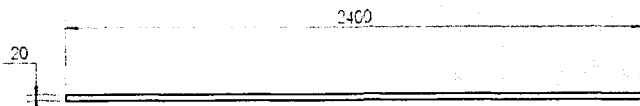
4

5

6



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



MATERIAL:  
Melamina.

Para la utilización comercial de este proyecto  
dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: M.I. Eduardo Garduño  
ACOR: mm  
Fecha: 15/02/03



Escalafón:  
Guadalupe G. Herrera Mejía  
Ulises A. Urbina De Gyves  
Estacion de Niquelado.

Accesorios:  
"MESA".

1:20  
14

XIX

1

2

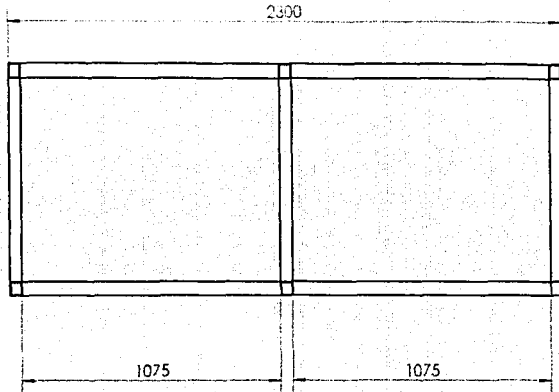
3

4

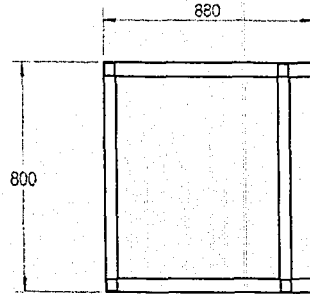
5

6

A



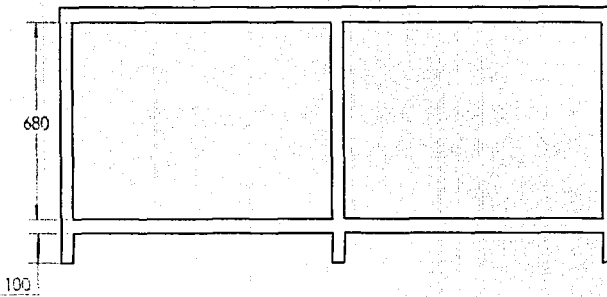
B



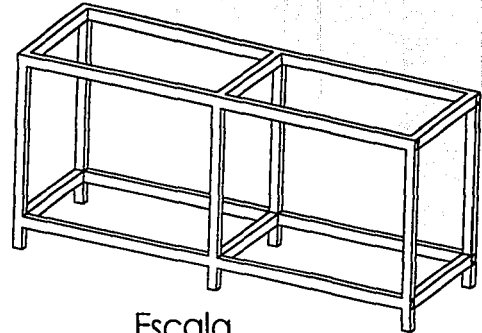
A

B

C



D



C

Escala  
(1:25)

Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a:

M.I. Eduardo Garduño.  
Reviso: ACOT: Fecha:  
M.I. Eduardo Garduño mm 15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mejía Escala:  
Ulises A. Urbina De Gyves 1:20  
Estacion de Niquelado.

Accesorios:  
"BASE DE LA MESA".

15

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MATERIAL:  
Perfil PTR 2"x2".



1

2

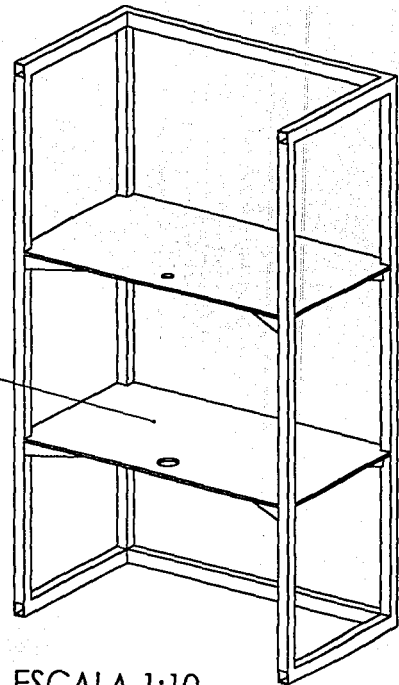
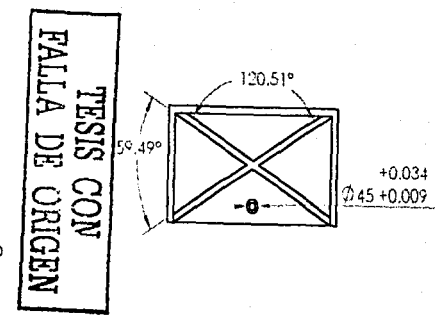
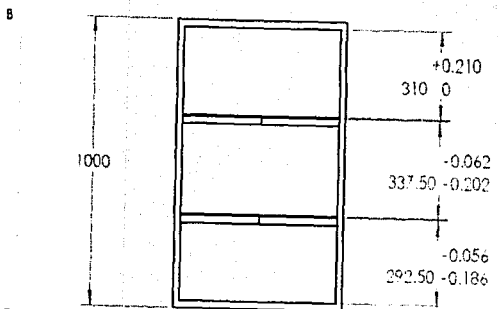
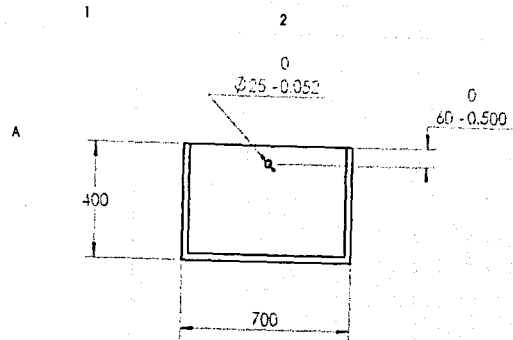
3

4

5

6

XX



ESCALA 1:10

MATERIAL:  
Lámina Negra 1/8"  
Pérfil PTR 1"x1"

Lámina Negra No. 14  
en los costados, atrás y  
al frente a partir del primer nivel.

Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: ACOI: fecha:  
M.I. Eduardo Garduño mm 15/02/03



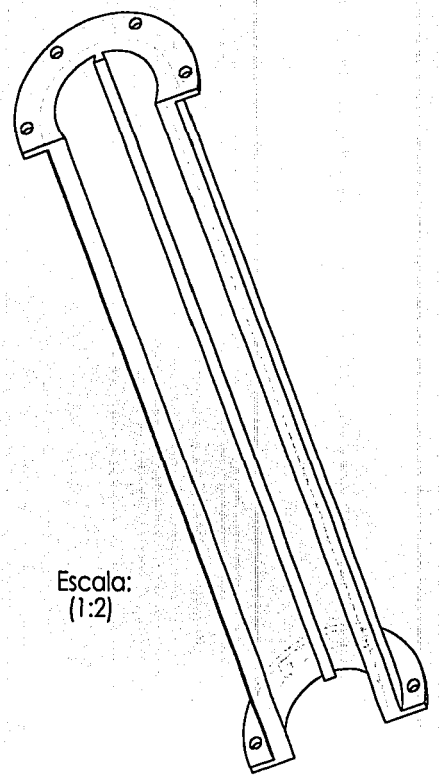
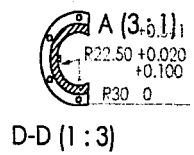
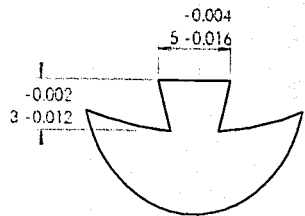
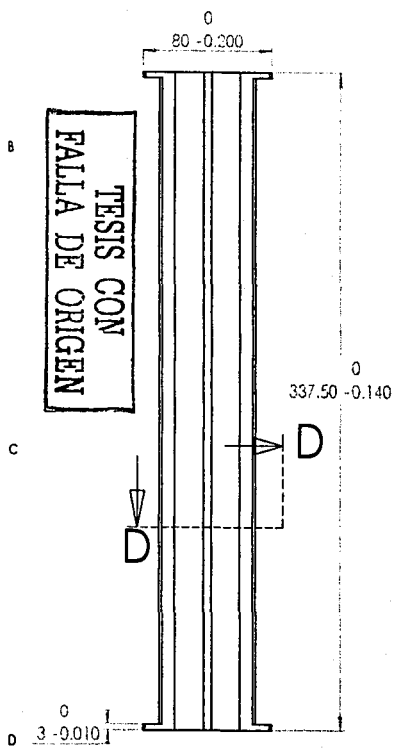
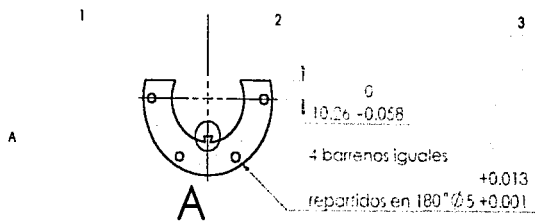
Guadalupe C. Herrera Mejía  
Ulises A. Urbina De Gyves  
Estacion de Niquelado.

Accesorios:  
"SOPORTE DEL MECANISMO".

Escala: 1:20

16

XXI



Escala: (1:2)

**MATERIAL:**  
Acero SAE 4140  
Barra hueca.

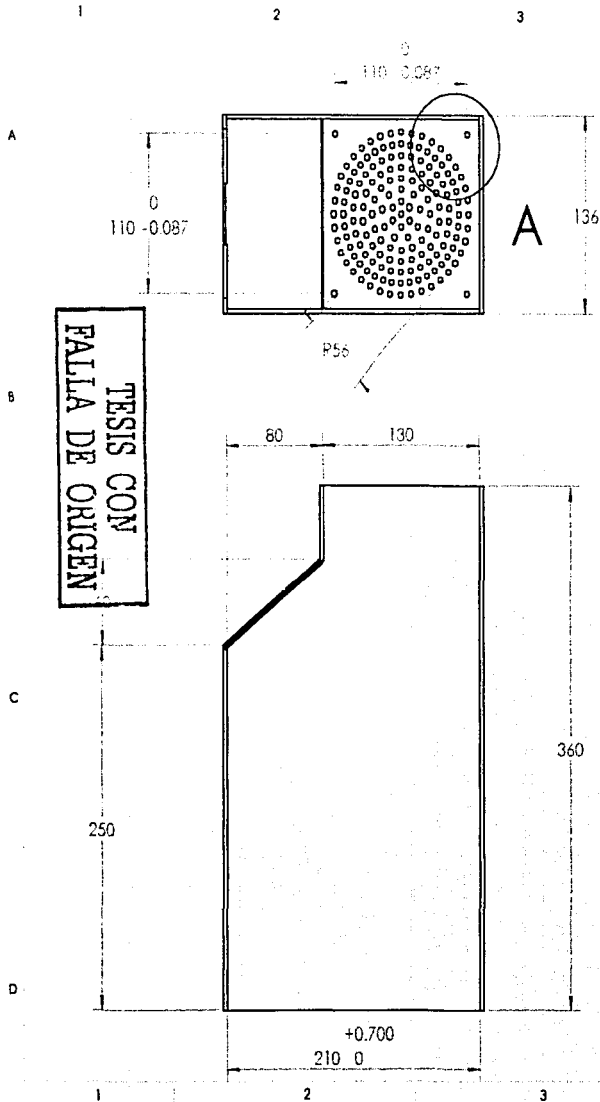
Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a:  
M.I. Eduardo Garduño.

Reviso:	ACOT:	Fecha:
M.I. Eduardo Garduño	mm	15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mejía Escala: 1:3  
Ulises A. Urbina De Gyves  
Estación de Niquelado.  
Accesorios:  
"GUÍA DE LA CREMALLERA".

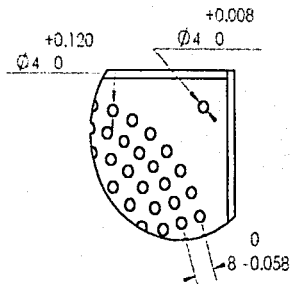


1177



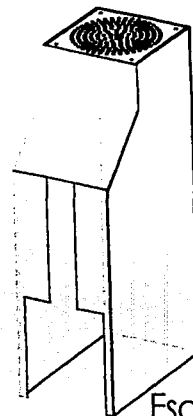
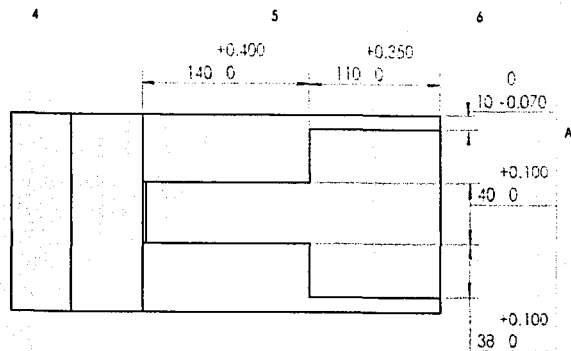
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Vista de Detalle.



A

**MATERIAL:**  
 Lámina Negra cal. 14



Escala:  
 (1:6)

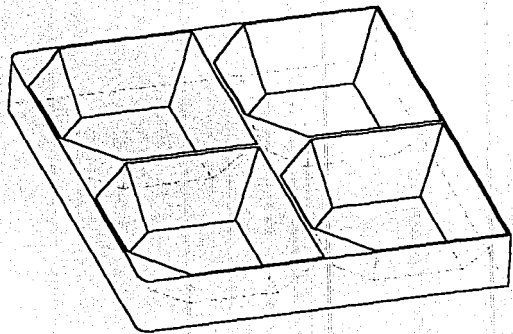
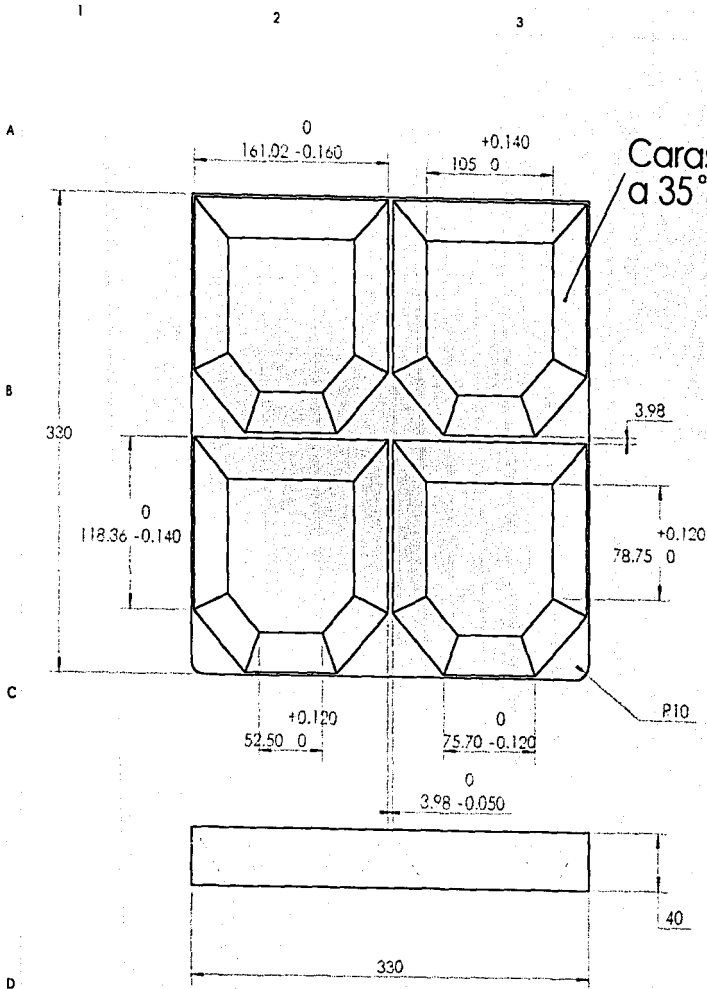
Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: ACOI; Fecha: M.I. Eduardo Garduño mm 15/02/03



Guadalupe G. Herrera Mejía Escala: 1:4  
 Ulises A. Urbina De Gyves  
 Estación de Niquelada.  
 Accesorios:  
 "ARMAZÓN SECADO".

18



**MATERIAL:**  
Aluminio Comercial

Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

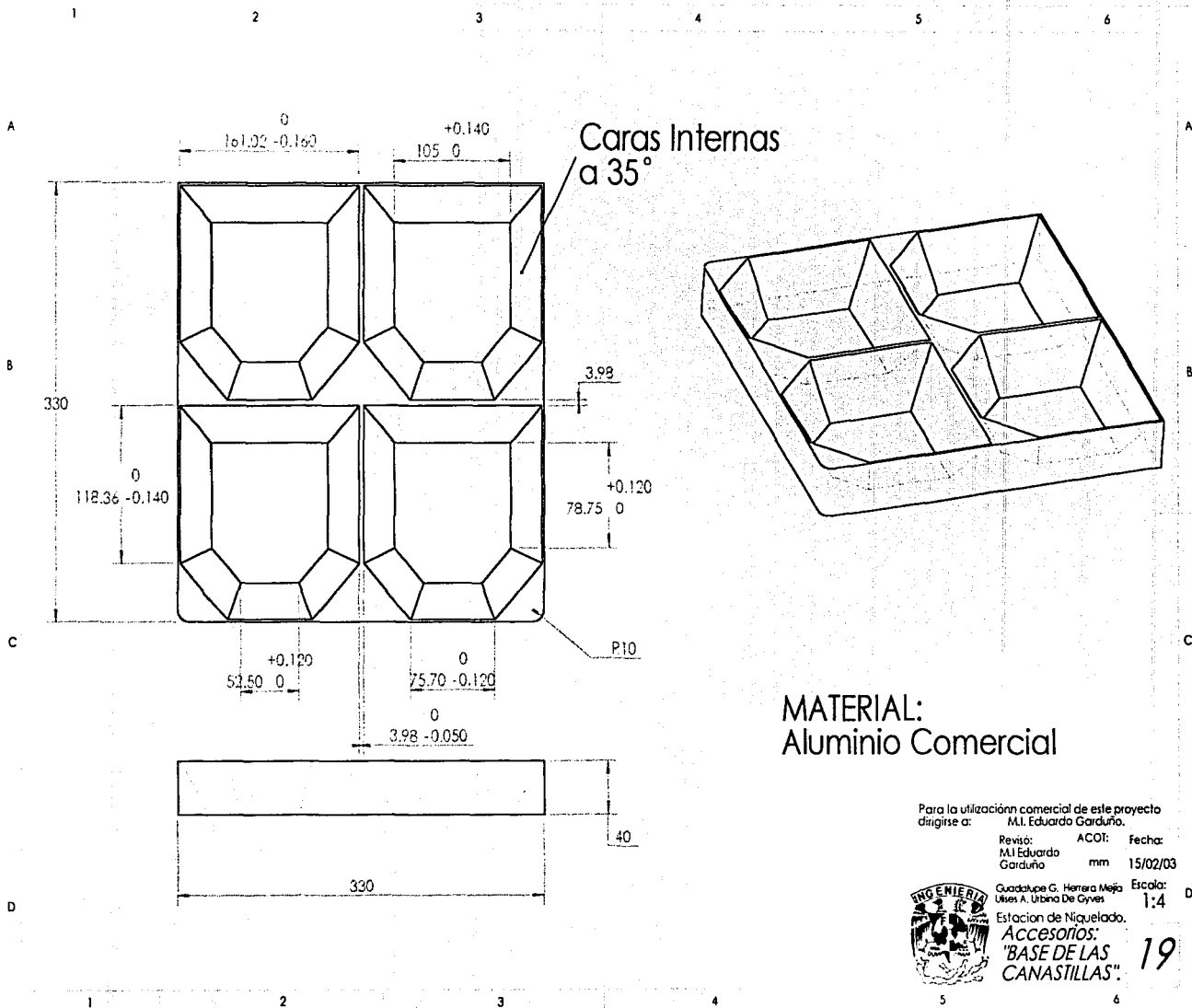
Revisó: M.I. Eduardo Garduño  
ACOI: mm  
Fecha: 15/02/03

Guadalupe C. Herrera Mejía  
Ulises A. Urbina De Gyves  
Escala: 1:4

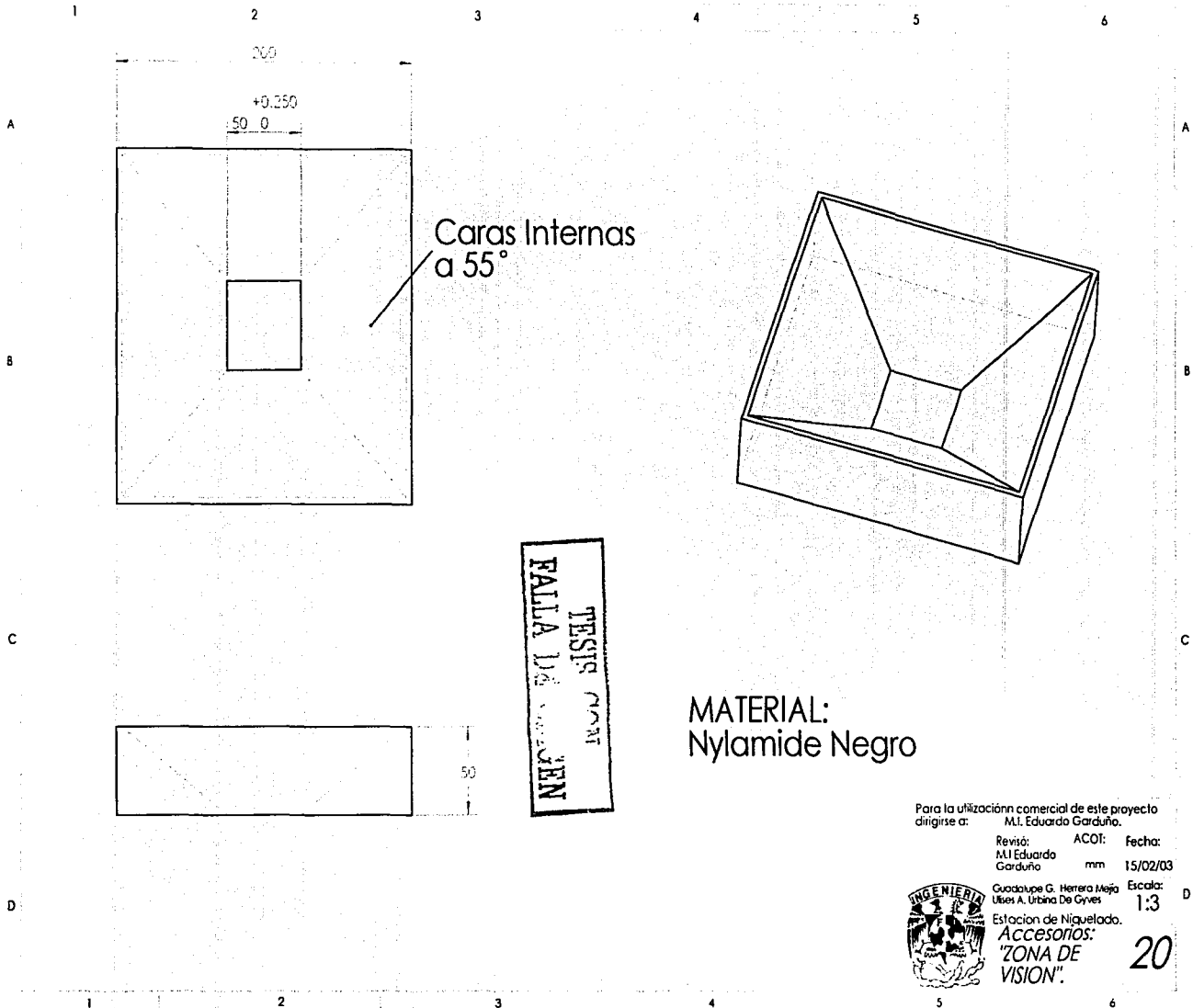


Estación de Niquelado.  
**ACCESORIOS:**  
**"BASE DE LAS**  
**CANASTILLAS".**

19



XXXV



Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: ACOT: Fecha:  
M.I. Eduardo Garduño mmm 15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mejía Escala:  
Ulises A. Urbina De Gyves 1:3

Estación de Niquelado.  
Accesorios:  
"ZONA DE VISION".



20

XXX



1

2

3

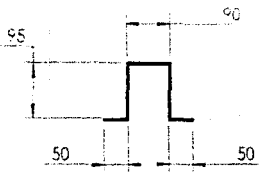
4

5

6

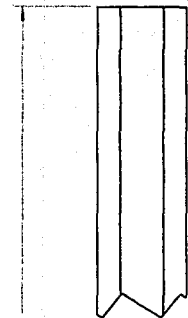
A

A

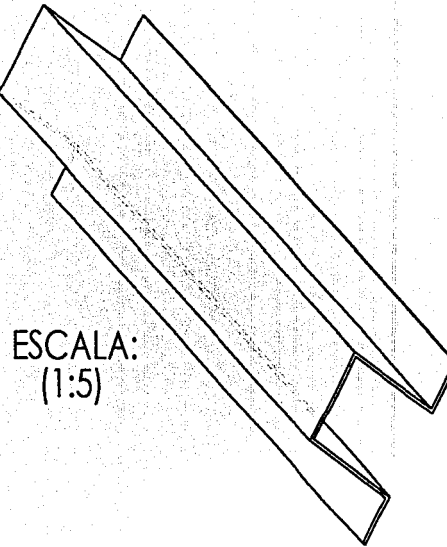


B

B



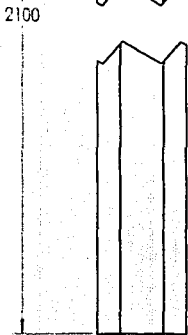
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



ESCALA:  
(1:5)

C

C



D

D

MATERIAL:  
Lámina Negra 1/8"

Para la utilizaciónn comercial de este proyecto dirigirse a: M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: M.I. Eduardo Garduño  
 ACOT: mm  
 Fecha: 15/02/03



Guadalupe G. Herrera Mejía  
 Ulises A. Urbina De Gyves  
 Estación de Niquelada.

Escala: 1:10  
 Accesorios:  
 "BASE DEL SLIDER".

22

1

2

3

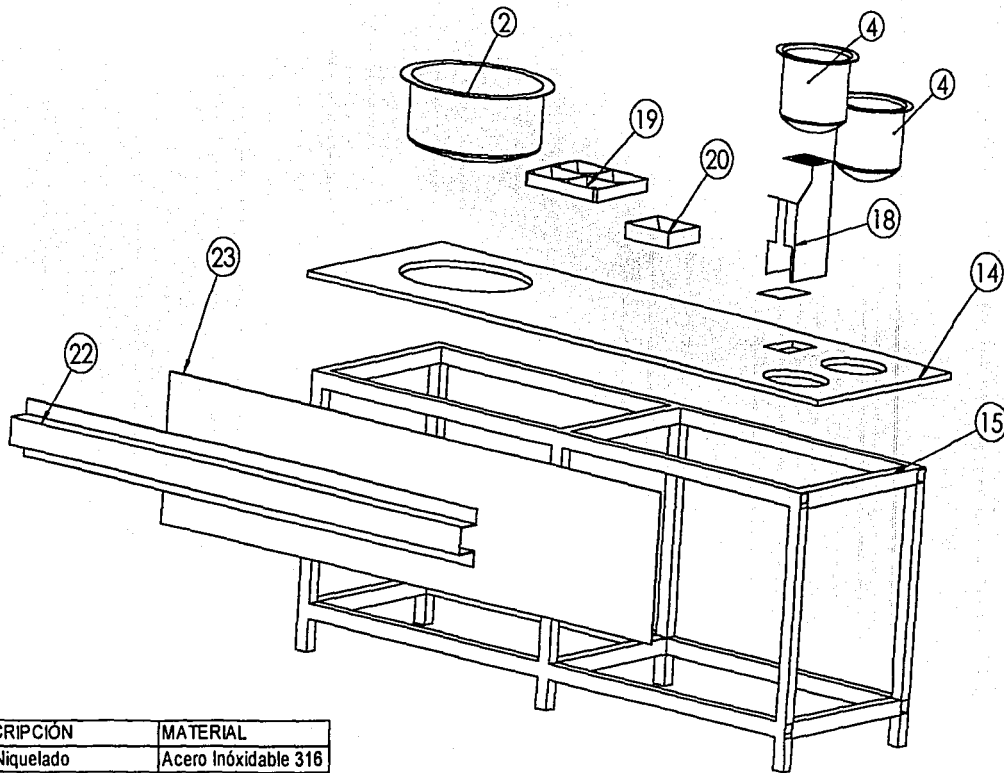
4

5

6

XXXI

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



ITEM NO.	QTY	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
3	2	Tina Niquelado	Acero Inoxidable 316
4	1	Tina Enjuague	Acero Inoxidable 316
14	1	Mesa	Melamina
15	1	Base de la Mesa	PTR
18	1	Armazón del Ventilador	Lámina Negra
19	1	Base para las canastillas	Aluminio Comercial
20	1	Corral	Nylamide
21	1	Rejilla	Acero Inoxidable 316
22	1	Base del Slider	Lámina Negra
23	1	Base para el manipulador	Lámina Negra

Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a:  
 M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: A.C. Eduardo Garduño  
 ACOF: Fecha: 15/02/03

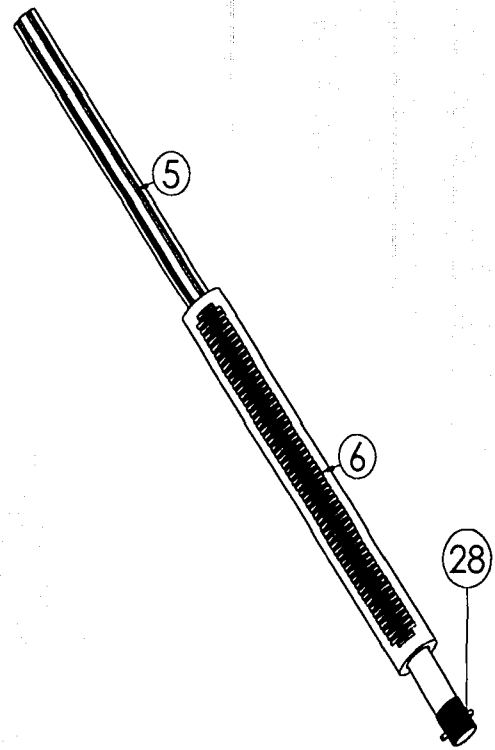
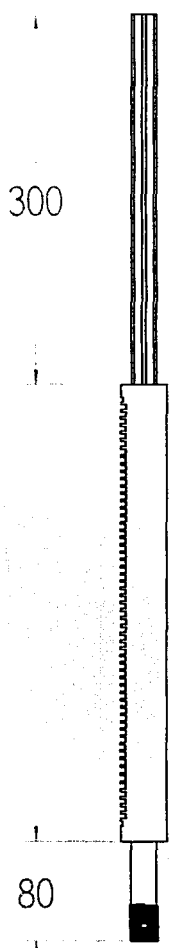
Guadalupe C. Herrera Mejía Escala: 1:18  
 User A. Urbina De Gyves Estacion de Niquelado.



"SUBENSAMBLE 1": 24

XXXIII

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ITEM NO.	QTY	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
5	1	Eje	Acero 4140
6	1	Cremallera	Comercial
28	1	Pasador dc 5mms	Comercial

Para la utilizaci3n comercial de este proyecto dirigirse a:  
M.I. Eduardo Garduño.

Revis3: M.I. Eduardo Garduño  
ACOI: mm  
Fecha: 15/02/03



Guadalupe G. Herrera Mejía  
Ulises A. Urbina De Gyves

Estacion de Niquelado  
"MECANISMO DE ASCENSO"

Escala: 1:5

25

XXXX

1

2

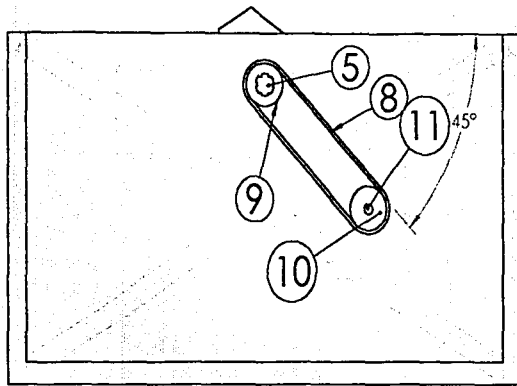
3

4

5

6

A



B

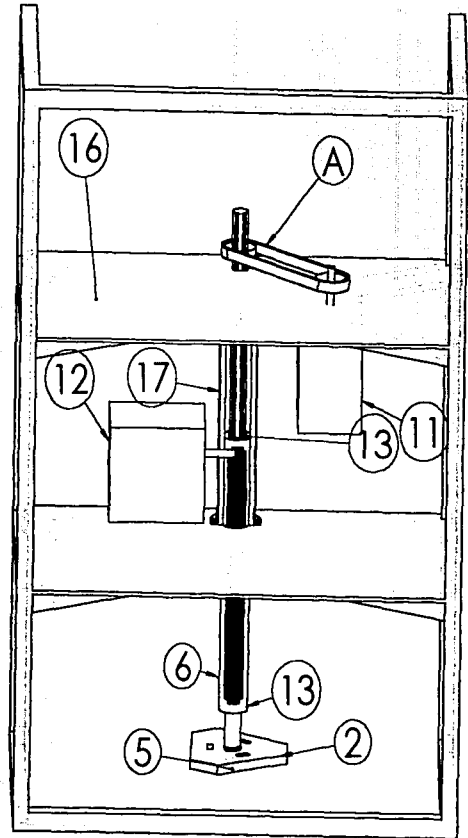
VISTA 'A'  
Escala(1:7)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

C

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPCION	MATERIAL
2	1	Base Giratoria	Ac. Inoxidable 316
5	1	Eje	Acero 4140
6	1	Cremallera	Comercial
7	1	Pinon	Comercial
8	1	Banda Sincronizante	Comercial
9	1	Polea Estriada 1	Comercial
10	1	Polea Estriada 2	Comercial
11	1	Motor 1	Comercial
12	1	Motor 2	Comercial
13	2	Rodamiento	Comercial
16	1	Soporte del Mecanismo	PTR y Lamina Negra
17	1	Guia	Acero 4140

D



A

B

C

D

Para la utilización comercial de este proyecto  
dirigirse a:

M.I. Eduardo Garduño.

Revisó: M.I. Eduardo Garduño

ACOT: Fecha:

15/02/03

Escala:

1:8

Estacion de Niquelado.



"MECANISMO"

26

1

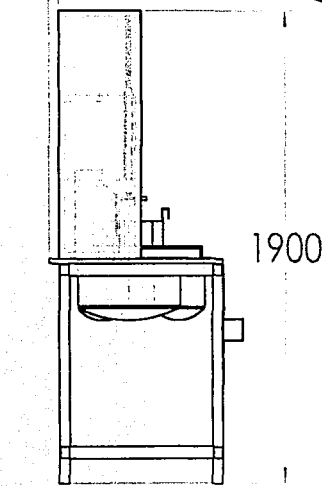
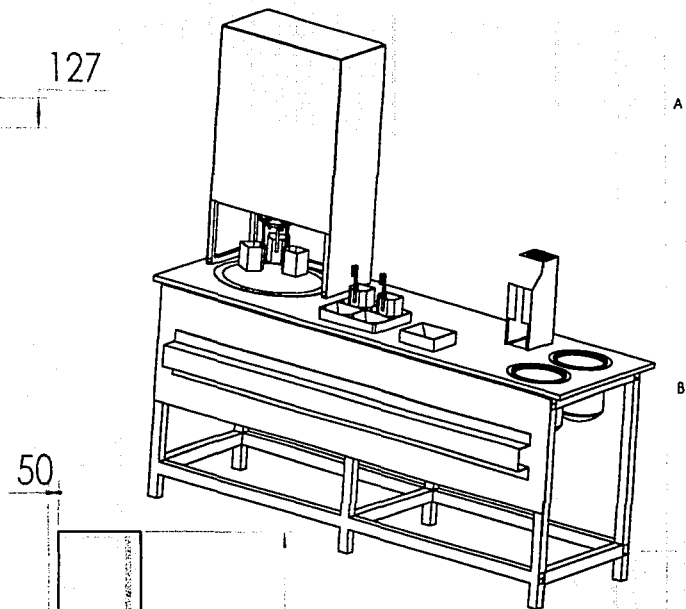
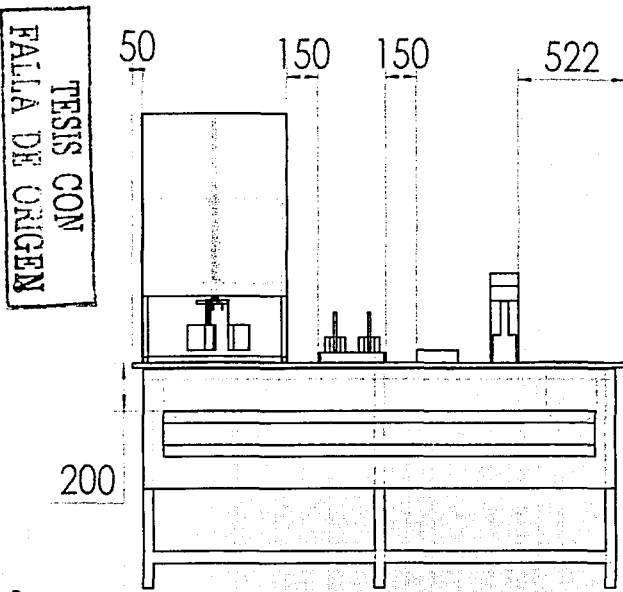
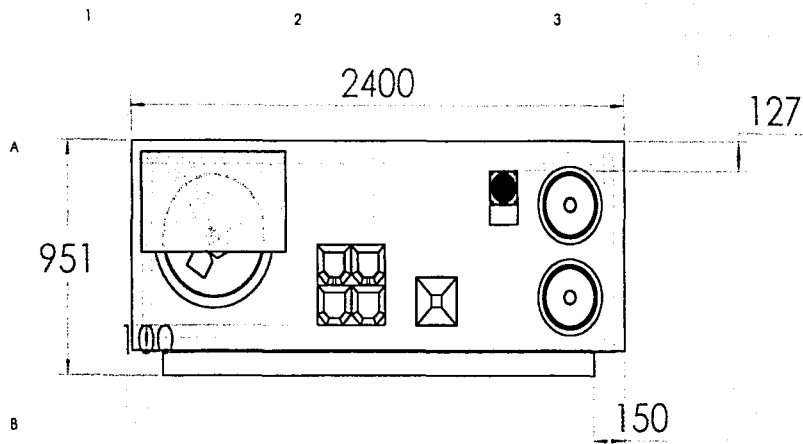
2

3

4

5

6



Para la utilización comercial de este proyecto dirigirse a:

M.J. Eduardo Garduño.  
 Revisó: ACOI: Fecha:  
 M.J. Eduardo Garduño mm 15/02/03

Guadalupe G. Herrera Mejía Escala: D  
 Ulises A. Urbina De Gyves 1:25  
 Estación de Niquelado.  
 "ESTACION DE RECUBRIMIENTO QUIMICO" 27





---

## GLOSARIO

---

- **Ácidos:** Sustancia que libera iones Hidrógeno ( $H^+$ ) cuando se disuelve en agua.
- **ACL:** Advanced Control Language. Lenguaje de Control Avanzado.
- **Agentes Complejantes:** sustancia que forma iones complejos, en forma de anillos, con los iones metálicos en disolución.
- **Agente Reductor:** Sustancia que puede donar electrones a otra sustancia o disminuir los números de oxidación de otra sustancia.
- **Algoritmo:** Descripción de un cálculo en general con un esquema de proceso que se repite.
- **ASRS:** Automotive System Raw Storage. Sistema Automático de Almacenamiento y recuperación de Piezas.
- **Austenita:** Es una disolución sólida de carbono en el hierro gamma. Puede contener hasta un 2% C.
- **Background:** Fondo. La mayor distancia de la perspectiva de objetos y planos en una vista o imagen.
- **Bucle:** Curva en forma de vuelta en un plano.
- **Buffer:** Almacén temporal.
- **CAD:** Computer Assisted Desig. Diseño Asistido por Computadora.
- **CAE:** Computer Assisted Engeniring
- **CAM:** Computer Assisted Manufacturing. Manufactura Asistida por Computadora.
- **Catalizador:** Solución que aumenta la velocidad de una reacción química sin consumirse.
- **Cátodo:** Electrodo en el que se llevan a cabo las reducciones.
- **CNC:** Computer Numeric Control. Control Numérico por Computadora.
- **Deposición:** Proceso en el cual las moléculas pasan directamente de la fase vapor a la fase sólida.
- **DNC:** Direct Numeric Control. Control Numérico Directo.
- **Diseño:** Descripción o bosquejo de algo hecho con por palabras.
- **EMCO PC MILL 100:** Fresadora 100 marca EMCO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **EMCO PC TURN 120:** Torno 120 marca EMCO.
- **Feeders:** Alimentadores.
- **Flexibilidad:** Dicese del ánimo, género o indole que tiene disposición a ceder o acomodarse fácilmente al dictamen o resolución de otro.
- **FMC:** Flexible Manufacture Cell. Celula de Manufactura Flexible.
- **FMS:** Flexible Manufacture System. Sistema de Manufactura Flexible.
- **Frame Rate:** Frecuencia de Refresco
- **Frames:** Cuadros. En este caso cuadros de una animacion.
- **Gripper:** Pinzas usadas en los robots.
- **Groover:** Rutina progresiva
- **IGES:** International Graphics Exchange Specification. Intercambio de Especificaciones Graficas Internacional.
- **Interpolación:** Es el cálculo aproximado de una función, utilizando algunos valores funcionales conocidos.
- **I/O:** Input/Output. Entrada/Salida
- **Ion:** Particula cargada que se forma cuando un átomo neutro o un conjunto de atomos ganan o pierden uno o más electrones.
- **Iteración:** Obtencion de un valor funcional por sustitución repetida, dentro del mismo sistema de calculo, de una solución, cada vez corregida, hasta que se haya alcanzado un valor final lo suficientemente preciso.
- **Just in Time:** Justo en Tiempo. Filosofía utilizada en producción de productos.
- **KB:** Kilo Bytes.
- **Keyframes:** Cuadros clave.
- **Layout:** Conjunto de metodos y medios de una organización que se ocupa de controlar y programar todas las actividades, desde la compra de materias primas hasta la entrega final del producto terminado a todos los clientes.
- **Mate:** Que no tiene brillo.
- **Matriz:** Esquema rectangular de números que están ordenados biparametricamente por medio de dos sucesiones de indices.
- **Oblicuos:** Sesgado, inclinado, a través o desviado de la vertical.
- **Off-Line:**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **On-Line:**
- **Pallet:** Plataforma
- **Parámetros:** Designación de una variable auxiliar, para la representación algebraica de curvas y superficies.
- **PC:** Personal Computer, Computadora Personal.
- **Performance:** Ejecución del proceso. Eficiencia.
- **pH:** El logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno.
- **Píxeles:**
- **Polímeros:** Especie química que se distingue por su alta masa molar, que puede abarcar de miles a millones de gramos.
- **Potenciometro:**
- **Primitivas:** Primero en su línea, o que no toma ni tiene origen de otra cosa.
- **PVC:** Polyvinyl Chloride, Cloruro de Polivinilo.
- **QC:** Quality Control, Control de Calidad.
- **Real Time:** Tiempo real. Tiempo que tarda una computadora en reaccionar.
- **Reed:** Canilla, Carrete o tubo delgado.
- **Render:** Reproducir o representar una imagen.
- **Reticular:** En forma de red.
- **ROBOT VISION PLUS:** Programa utilizado en la estación de control de calidad.
- **RS 232:** Interfase Serial 232.
- **Stand-alone:**
- **SCORBOT-ER VII:** Modelo de Robot de la marca Eshed Robotec.
- **SCORBOT-ER V/V PLUS:** Modelo de Robot de la marca Eshed Robotec.
- **Sincronizante:** Hacer que coincidan en el tiempo movimientos o fenómenos.
- **Slider:** Base de deslizamiento lineal del robot.
- **SMF:** Sistema de Manufactura Fléxible.
- **Software:** Dispositivo suplementario o programa, para resolver problemas en una computadora.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





- 
- **Splines:** Línea delgada y suavizada.
  - **Stocks:** Reservas. Inventario.
  - **Templates:** Charolas o Plantillas.
  - **Vector:** Magnitud que posee a la vez valor numérico y dirección.
  - **VMC:** Center Machine Vertical. Centro de Maquinado Vertical

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA.

---

- Andreasen, M., "Flexible assembly systems.", IFS Publications / Springer-Verlag, United Kingdom, 1986.
- "Apuntes de la cátedra de conocimiento de materiales II." Unidad Académica Reconquista, Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
- Bertolino, S., "Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica.", Ed. Mc Graw Hill, Mexico, 1999.
- Cappo, S., "Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño de producto."
- Carrerero, J., Tesis: "Estudio y Diseño de un Sistema Automatizado de Almacenamiento y Recolección de Piezas como parte de un Sistema de Manufactura Flexible.", UNAM, Mexico, D.F., 1996.
- Cebolla, C., "3D Studio Max. Manual Práctico.", Ed. Alfaomega, 2001.
- Chen, T., "Computer - aided manufacturing.", Ed. Prentice Hall International Series, New Jersey, 1991.
- Duncan, B.N., "Corrosion Control UIT Electroless Nickel Coatings." Memoria de la VII Conferencia Interamericana en Tecnología de Materiales, Mexico, 1981.
- Ferré, R., "La fábrica flexible.", Ed. Marcombo S.A. Productiva, Barcelona, 1988.
- Sarduña, E., Tesis: "Estudio Comparativo de Niquelado Químico, Niquelado Químico Compuesto con Adición de Partículas Duras de Óxido de Cromo y Fullerenos.", UNAM., Mexico, D.F., 1997.
- Hanks, B., "CAD/CAM.", Ed. Paraninfo, Madrid, 1989.
- Jimenez, L.D., "Prontuario de Ajustes y Tolerancias." Ed. Alfaomega Grupo Editor, Mexico, 1996.
- L. Estrict: "Sensor Technology and Devices", Ed. Artech House, 1994
- Maleki, R., "Flexible manufacturing systems, the technology and management.", Edit. Prentice hall, New Jersey, 1991.
- Marocoran, M., "3D Studio Max.", Edit. Visual Quick, Start Guide, México, 1999.
- Morales, R., "Por los miembros de los Metales", Edm. Marcombo, España, 1989.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Norton, R.L., "Diseño de maquinaria.", Ed. Mc. Graw Hill, México, 1995.

O'Rourke, M., "Principles of three-Dimensional Computer Animation.", Ed. W.W. Norton and Company., U.S.A., 1995.

Poblet, J., "Sistemas cad / cam y cad diseño y fabricación por computadora.", Ed. Marcombo, México, 1988.

Postolle, G., "Obtención, Propiedades y Aplicaciones Industriales de Recubrimientos no Electrolíticos de Níquel.", II Encuentro de Investigación Metalúrgica, Instituto Regional de Sinaloa, 1980.

Pugh, S., "Total design.", Ed. Addison - Wesley Publishing Compan, Great Britain, 1990.

Spencer, L. F., "Electroless Nickel Plating. A Review", Metal Finishing, 1975-1979.

Wolfgang, E., "Electroless nickel plating.", ASTM International Metals Park, Ohio, U.S.A.

## Referencias Básicas

Heam, D., "Gráficos por Computadoras.", Ed. Prentice Hall, 1996.

Foley, J.D., "Computer Graphics: principles and practice", Ed. Addison-Wesley, 1996.

Álvarez, P., "Programación en OpenGL. Una guía de referencia completa" Ed. Araya Multimedia, 1997.

## Referencias Complementarias

Vanier, M.F., "Fastening and Fastener Image Synthesis.", Ed. Academic Press, 1984.

Whitted, A.S., "An introduction to Ray Tracing.", Ed. Academic Press, 1982.

## Bibliografía de Internet

- [www.acecnc.com/html](http://www.acecnc.com/html)
- [www.d.azcnp.com/ezep/yf3shelvels.html](http://www.d.azcnp.com/ezep/yf3shelvels.html)
- [www.cad.de/edu/cad/cadcomptores.htm](http://www.cad.de/edu/cad/cadcomptores.htm)
- [www.cad.com](http://www.cad.com)
- [www.cad.com/interim.com/interim/interim.html](http://www.cad.com/interim.com/interim/interim.html)
- [www.cad.com/interim.com/interim/interim.html](http://www.cad.com/interim.com/interim/interim.html)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



- [www.jedcities.com/CollegePark/Den/108/autoindex/auto3electr.html](http://www.jedcities.com/CollegePark/Den/108/autoindex/auto3electr.html)
- [www.ficat.it](http://www.ficat.it)
- [www.mafm.com/mvtopismofcaract.htm](http://www.mafm.com/mvtopismofcaract.htm)
- [www.metallica.com/naew/index.html](http://www.metallica.com/naew/index.html)
- [www.unionhandel.com/em.com/plating.html](http://www.unionhandel.com/em.com/plating.html)