

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

26
24.

Propuesta para la Implementación de un Laboratorio de Robotica y uso de Equipo de. Tecnologia. Avanzada, planeado. para. las carreras. de. Ingeniería. Mecánica. Eléctrica. de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Campus Aragon.

Presenta : curtidor Contreras Maricela.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

Agradecimientos

A mis Padres :

Don. Eliz. Curtidor. Patino. y. Ma. de la Paz Contreras de Curtidor, Por su dedicación y constante esfuerzo para sacarnos adelante. Gracias Papá por ser mi amigo, por reintegrarme nuevamente a la escuela y por que desde el primer momento en que te dije lo que deseaba estudiar, me alentaste, confiaste y creíste en mí.

A mis hermanos :

José Refugio. Curtidor. Contreras Por tu gran apoyo incondicional pero sobre todo por que tu esfuerzo es mi mayor ejemplo.

Ma. de la P. Yolanda Curtidor de Castro Por que desde muy pequeña fuiste nuestra mamá, procurando que nada nos faltara.

C. Leonor Curtidor de Castro. Por aceptar ser mi descarga de tensiones y de una manera muy especial, por tu gran comprensión y paciencia en los momentos que más me necesitabas.

A mi Asesor :

El Ingeniero Federico Jauregui Renaud. Por su constante apoyo, por el interés mostrado y por la confianza que depositó en mi trabajo de Tesis.

Agradecimientos

A los Ingenieros de :

U. IBEROAMERICANA. Cuilláhuc Osornio. Correa., Santiago. Pérez. García;
T. NEZAHUALCOYOTL. Juan Jesus Jimenez Cornejo; FESTO. Ruben. Valdes. e
Ignacio Reyes; FANUC ROBOTICS. Carlos Takahashi; ABB SISTEM. Arno Stötgen
HARRY MAZAL. Ralph David Cooksey

Que cordialmente me brindaron tan valiosa información y
asesoría.

Así como a :

Enrique Ortega Yola y su esposa Juan Castro y, Ramona Medina y su esposo
Javier

Que amablemente pusieron a mi disposición equipo de computo
necesario para la edición de este trabajo de Tesis.

Y, en Especial a Dios :

Porque siempre encontré las puertas abiertas de todo lugar
en donde yo debía consultar.

Por permitirme concretar esta meta en la que puedo extender
mi agradecimiento a la esperanza, al entusiasmo y a todo el apoyo
por parte de mis abuelos, tíos, primos. A mi novio Sergio
Hernández Martínez. Por esa dedicación, tiempo y apoyo brindado para
el perfeccionamiento de dibujos y ecuaciones. Así como a mis
amigos de siempre : Marcela Cárdenas Díaz, Lupita González Palacios,
José Alfredo Pérez Larrea y Sergio Martínez Pacheco.

Quiero dedicar cada uno de los capítulos de este trabajo de Tesis por el significado que para mí cada uno representó.

A mis Hermanos, los capítulos que mayor parte de esfuerzo, constancia, entrega y dedicación absorbieron en busca de una completa información :

Cap. I. a *Antecedentes Generales* a: José Refugio Curtidor Contreras. Por el amor y la responsabilidad con que él se entrega para emprender con éxito su trabajo.

Cap. II. *Ing. Mec. El.c.. de Vanguardia* a: Ma de la P. Yolanda Curtidor de C. y C. Leonor Curtidor de C. Por su constancia y profunda preocupación por la educación.

Cap. III. *Diseño y Conformación del Proyecto* a mis Padres, Félix Curtidor Patiso y Ma. de la Paz Contreras de Curtidor Que, por su persistencia para perfeccionar sus diseños y adaptaciones, cada uno en su rama, inspiraron mi profesión.

Dedicatoria

Cap. IV. *Cotización y Especificaciones del Proyecto*, a mis amigos y compañeros de batalla: *Lupita González Palacios*, y *Sergio Martínez Pacheco*.

Cap. V. *Aplicaciones del Proyecto* a mi novio el Ingeniero *Sergio Hernández Martínez* y a nuestro gran amigo el Ingeniero *José Alfredo Pérez Larrea*. Por que con ellos aprendí a trabajar en equipo, a raíz de su invitación para conformarlo y, por aquel preciso momento en el que me sentía derrotada y sin recursos para continuar con la investigación de la ENEP Aragón, proporcionandome las herramientas y el coraje necesario para concluir.

Cap. VI. *Especificaciones de Seguridad*, a toda mi familia en general, por que siempre pude contar con su apoyo y firme respaldo.

Índice

Introducción.

Capítulo	I.	Antecedentes Generales	
I.1.	Automatización y Robótica		1
I.1.1.	Tipos de Automatización.		2
I.1.2.	PLC.		3
I.1.2.1.	CPU		5
I.1.2.2.	Memoria		5
I.1.2.3.	Comunicación con el Proceso		6
I.1.2.4.	Comunicación con el Usuario		6
I.1.3.	CAD.		6
I.1.4.	CAM.		7
I.1.5.	CAD/CAM		8
I.1.6.	CIM.		8
I.1.7.	CAE.		9
I.2.	El Robot		9
I.2.1.	Tipos de Robots.		16
I.2.1.1.	Clasificación General		17
I.2.1.2.	Clasificación por Generación		18
I.2.1.3.	Clasificación por Nivel Tecnológico		19
I.2.1.4.	Clasificación por el Tipo de Controlador.		19
I.2.1.5.	Clasificación Geométrica		19
I.2.1.6.	Clasificación por el Tipo de Accionamiento		19
I.2.1.7.	Clasificación por el Tipo de Aplicación		19
I.2.2.	Constitución Física.		20
I.2.3.	Configuraciones Básicas del Robot		21
I.2.3.1.	Configuración Polar		21
I.2.3.2.	Configuración Cilíndrica.		23
I.2.3.3.	Configuración de Coordenadas Cartesianas.		23

Índice

I.2.3.4. Configuración de Brazo Articulado	23
I.2.3.5. Volumen de Trabajo	24
I.2.4. Tipos de Articulaciones.	25
I.2.4.1. Tipos Principales	25
I.2.5. Cinemática del Manipulador	26
I.2.5.1. Grados de Libertad	26
I.2.5.1.1. Sistema Referencial de Coordenadas	29
I.2.5.1.2. Método Matricial	31
I.2.5.2. Dinámica del Manipulador	40
I.2.5.2.1. Newton-Euler	41
I.2.6. Características del Efecto Final.	52
I.2.6.1. Tenazas	53
I.2.6.1.1. Mecánicas	53
I.2.6.1.2. De Vacío.	55
I.2.6.1.3. Magnéticas	55
I.2.6.1.4. Universales	55
I.2.6.1.5. Manos Mecánicas	55
I.2.7. Desplazamiento del Robot	57
I.2.7.1. Llantas Duras	57
I.2.7.2. Ruedas sin Rin y de Rayos	57
I.2.7.3. Rueda Veneciana	58
I.2.7.4. Vehículos con Orugas.	58
I.2.7.5. Máquina Caminante	58
I.2.8. Sistemas de Accionamiento	59
I.2.8.1. Accionamiento Hidráulico.	59
I.2.8.2. Accionamiento Neumático	59
I.2.8.3. Accionamiento Eléctrico	60
I.2.8.4. Impulsores	60
I.2.9. Sensores, Transductores e Inteligencia Artificial	65
I.2.9.1. Transductores y Sensores	65
I.2.9.2. Detección Táctil.	67
I.2.9.3. Detección de Proximidad	67

I.2.9.4. Detección de Deslizamiento	68
I.2.9.5. Visión Artificial	68
I.2.9.6. Inteligencia Artificial	68
I.2.10. Programación de Robots.	69
I.2.10.1. Programación Gestual	70
I.2.10.2. Programación Textual	70
I.2.10.3. Programación a Nivel Tarea	71
I.2.10.4. Programación Gráfica	71
I.2.11. Aplicaciones de la Robótica	72
I.2.11.1. Teleoperadores	73
I.2.11.2. Industrialmente.	77
I.2.11.3. En medicina.	79
I.2.11.4. En ámbito Ficticio	85
I.3. Conclusiones	87

Capítulo II. Ingeniería Mecánica Eléctrica de Vanguardia

II.1. Robótica Tecnología En Universidades	90
II.2. I.T.E.S.M. (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey).	91
II.3. Universidad Iberoamericana	92
II.3.1. Nivel Licenciatura	92
II.3.2. Maestría	94
II.4. U. T. N. (Universidad Tecnológica de Nezahualcoyotl. 96	
II.5. U. A. M. (Acapotzalco)	99
II.6. I. P. N. (E.S.I.M.E. Culhuacan)	100
II.6.1. UPIICSA	103
II.7. U. N. A. M. (Universidad Nacional Autónoma de México)	104
II.8. ENEP (Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón)	105

Índice

II.8.1. Tronco Común.	106
II.8.2. Especialidad.	107
II.8.3. Modulo Opcional	111
II.9. Conclusión	113
<i>Capítulo III. Diseño y Conformación del Proyecto</i>	
III.1. Descripción del Proyecto	115
III.2. Sus Elementos Principales	116
III.2.1. Area de Consulta	117
III.2.2. Area de Capacitación	119
III.2.3. Area de Investigación y Diseño.	120
III.2.4. Area de Máquinas	121
III.2.5. Area de Gobierno	121
III.2.6. Auditorio	122
III.3. Distribución y Designación de Espacios.	123
III.3.1. Area de Consulta	127
III.3.2. Area de Capacitación	128
III.3.3. Area de Investigación y Diseño	128
III.3.4. Area de Máquinas	132
III.3.5. Area de Gobierno	134
III.3.6. Auditorio	134
III.4. Conclusiones	137
<i>Capítulo IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto</i>	
IV.1. Gama de Proveedores	140
IV.2. Características de Equipo y Mobiliario.	141
IV.2.1. Area de Consulta	141
IV.2.2. Area de Capacitación	142
IV.2.3. Area de Investigación y Diseño.	142
IV.2.4. Area de Máquinas	144
IV.2.5. Area de Gobierno	144
IV.3. Cotización y Especificaciones.	145

IV.3.1. Area de Consulta	145
IV.3.2. Area de Capacitación	145
IV.3.3. Area de Investigación y Diseño.	155
IV.3.4. Area de Máquinas	155
IV.3.5. Area de Gobierno	155
IV.4. Conclusión.	158

Capítulo V. Aplicaciones del Proyecto

V.1. Efectos Socioeconómicos de la Robótica	162
V.2. Documentación Actualizada	163
V.2.1. Formas de Acceso a Información	164
V.2.1.1. Requisitos Area de Consulta.	164
V.2.1.2. Requisitos Internet.	167
V.3. Relación con las Carreras de Ing. Mec. Eléc.	167
V.4. Proyectos de Tesis y Servicio Social	167
V.4.1. Actividades de Servicio Social	168
V.4.2. Apoyo a Preparación de Tesis	168
V.5. Proyectos y Programas de Investigación	169
V.5.1. Protección de Inventos e Investigaciones	170
V.6. Convenios y Enlaces.	171
V.6.1. El Mutuo Apoyo Universidad-Industria	172
V.6.2. Garantía Enlace Industrial	172
V.7. Difusión y Expansión Científico-Tecnológica.	172
V.7.1. Promoción de Empresas Proveedoras	173
V.8 Conclusión	174

Capítulo VI. Especificaciones de Seguridad

VI.1 Aspectos de Seguridad	177
VI.1.1. Precauciones Generales.	178
VI.1.2. Precauciones para el Instructor	178

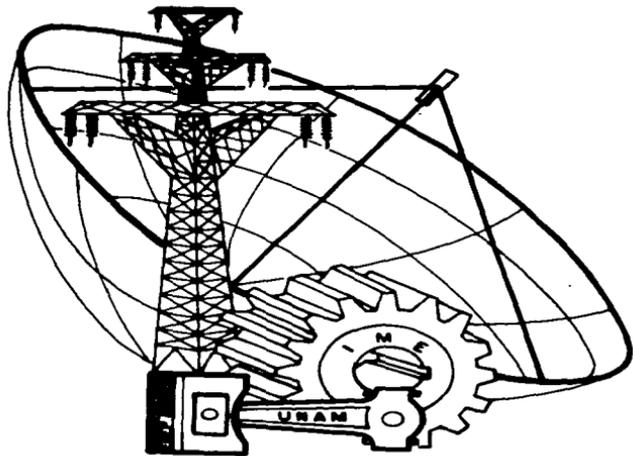
Índice

VI.1.3. Precauciones para el Personal de Mantenimiento.	179
VI.1.4. Seguridad de los Operadores	179
VI.1.5. Seguridad de la Célula.	180
VI.1.6. Seguridad del Robot	180
VI.1.7. Seguridad del Efecto Final	181
VI.2. Normas y Reglamento para la Seguridad	181
VI.2.1. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.	-
VI.2.1.1. Obligaciones del Patrón	182
VI.2.1.2. Obligaciones de los trabajadores	182
VI.2.1.3. Edificios y Locales	183
VI.2.2. Norma Oficial Mexicana.	183
VI.2.2.1. Requerimientos para el Patrón	183
VI.2.2.2. Requerimientos para el Trabajador	184
VI.2.2.3. Requisitos.	184
VI.2.2.3.1. De los Transportes de Carga.	185
VI.2.2.3.2. Del Equipo Conectado Eléctricamente Conecta do a Tierra	-
VI.3. El Mantenimiento	186
VI.3.1. Mantenimiento Correctivo	186
VI.3.2. Mantenimiento Preventivo	187
VI.3.2.1. Revisiones Diarias.	187
VI.3.2.2. Revisiones Mensuales	189
VI.3.3. Investigación de Fallas	189
VI.3.3.1. Ajustes Poscorrectivos	193
VI.4. Conclusión.	193
<i>Conclusión. General.</i>	195
<i>Bibliografía</i>	197

General

Proporcionar a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, el estudio y análisis de los aspectos relacionados con la implementación de un Laboratorio de Robótica, y el uso de equipo de tecnología avanzada, en apoyo a las carreras de IME que, permita a las autoridades responsables de estas disciplinas, crear una conciencia de carácter más competitivo y despertar el interés de sus alumnos y académicos para colaborar en investigaciones y proyectos enfocados a dar solución a necesidades reales que impulsen el desarrollo científico y tecnológico, logrando así, una formación más integral y profesional de sus egresados.

Objetivo



Introducción

La moderna industria de los robots, tiene sus raíces en una gran variedad de tecnología, en especial la de manipuladores, de servomecanismos y de computadoras.

Es una población que ha estado creciendo rápidamente, desde que el primero de ellos, registrado en 1946 por George C. Develo Jr., es instalado en 1962 por Unimation (Universal Automation).

Para 1974 la compañía francesa Renault, se convierte en fabricante y proveedor para el mercado en general. En este mismo año Cincinnati Milacron Corporation, compañía dedicada a la fabricación de máquinas-herramientas, fabrica el primer robot controlado por medio de una microcomputadora, el T¹ (Tomorrow Tool Today o herramienta del mañana hoy). Así, de la misma manera, muchos de los principales fabricantes de robots, quienes después de diseñar robots para uso interno (General Motors o IBM), descubren que sus máquinas podían usarse no sólo en sus compañías si no que además, podían venderse a otras empresas.

Pues en comparación con otras máquinas, los robots tienen un alto récord de seguridad, limpieza, calidad y capacidad para llevar a cabo actividades que resultan difíciles, peligrosas e imposibles en ocasiones para el hombre. De una manera más precisa eliminan la incursión a errores típicos de éste generados por su naturaleza innata.

Las instalaciones con robots pueden justificarse en términos financieros, puesto que los costos unitarios para su instalación, se reducen conforme aumentan los índices de producción.

La capacitación actual en Robótica forma parte de un proceso de conversión de los trabajadores que desplaza de sus antiguas habilidades para realizar un tipo de trabajo durante toda su vida, por robots en constante transformación, hacia la esfera única de la operación y el mantenimiento de este tipo de máquinas.

Introducción

Incluso el diseño mismo de los robots es un fenómeno en constante evolución que hace indispensable la actualización del personal sobre todo avance tecnológico. Inicialmente " Una capacitación continua a intervalos de diez años llegaría a considerarse como la normal para todos los empleados de la industria. " Sin embargo este intervalo lo determinan directamente los requerimientos de cada empresa en base al nivel tecnologico que maneja o adopta.

Pero ciertamente los más conveniente es no limitar el campo de aplicación sólo con perspectivas industriales, aún cuando la instalación de robots tenga mayor demanda en este campo puesto que el objetivo particular de la Robótica es, ofrecer de forma práctica e integrada tecnología avanzada que permita alcanzar cotas óptimas de producción y el aseguramiento de la calidad. Esto es, ofrecer la inspección medición y ensayo vitales para toda empresa. Así como la creación de alternativas de solución a diversas necesidades que no son de tipo industrial, como en el caso de la medicina, en la cual, se adoptan estructuras de formas anatómicas para remplazar la ausencia de alguna de las extremidades del cuerpo humano; como ejemplo de su amplio campo de aplicación.

Todo ello en relación con robots y automatización será oportunamente descrito a lo largo del capítulo I *Antecedentes*

Generales .

Sin duda alguna las Universidades resultan ser la mejor opción para fomentar dicho proceso de transformación, por lo que a través del capítulo II. *Ingeniería. Mec.nica. El.ctrica. de. Vanguardia,* es posible identificar como son instruidos los estudiantes para

¹ A consecuencia de los avances de la automatización.

enfrentar este tipo de cambios en algunas Universidades del área metropolitana, en comparación con la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón.

Motivo por el cual surge la razón de peso que gira en torno a la elaboración de este proyecto de Tesis como una propuesta para la implementación de un Laboratorio de Robótica y uso de equipo de Tecnología Avanzada, planeado para las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón. Que se describe a través de los siguientes capítulos:

En el capítulo III. *Diseño y Conformación del Proyecto*, se describen la conformación y la distribución del proyecto, así como la designación de los espacios requeridos para realizar su implementación.

En cuanto a las características de Equipo y mobiliario propuesto, así como sus especificaciones y cotización se exponen a lo largo del capítulo IV. *Cotización y Especificaciones del Proyecto*.

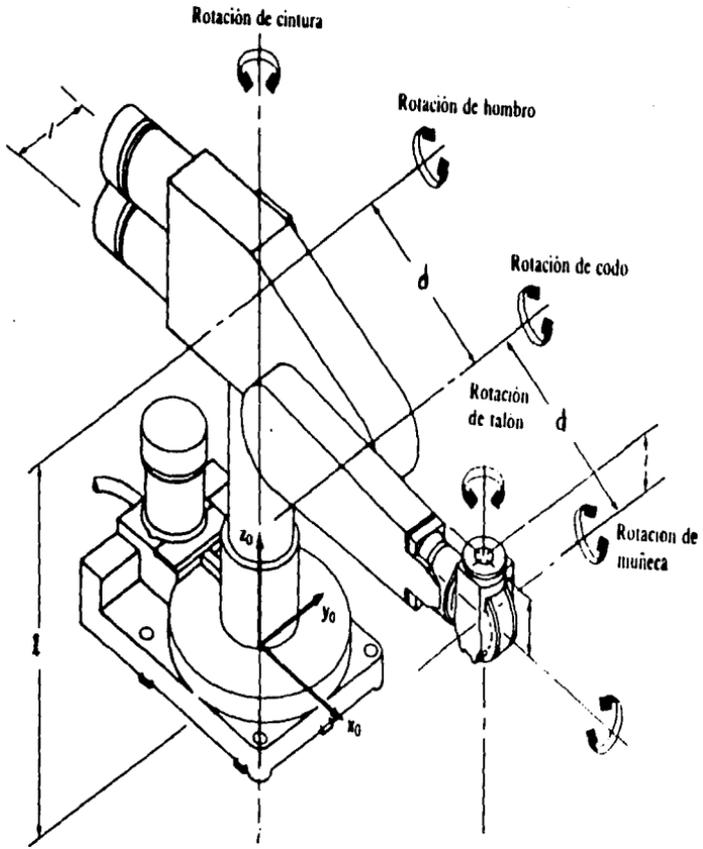
La manera de aprovechar los recursos con que el Laboratorio de Robótica cuenta, son sugeridos como una guía para el manejo y uso adecuado, a través del capítulo V *Aplicación del Proyecto*.

Finalmente y por medio del capítulo VI. *Especificaciones de seguridad*, se establecen las consideraciones de seguridad para la prevención de accidentes y la protección del personal en general que en el Laboratorio de Robótica realice alguna actividad. Así como los principios básicos para llevar a cabo el mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Cap. I

Antecedentes Generales

El presente capítulo tiene por objeto proporcionar un panorama general de los principales conceptos que conforman la Automatización y la Robótica, así como la descripción del Robot y algunas aplicaciones que se han dado hasta nuestros días, con el fin de establecer una familiaridad con el lenguaje que en este proyecto de tesis se maneja, así como para ser utilizado como herramienta de consulta e información por estudiantes y profesores, permitiendo una mejor introducción en el desarrollo de éste.



cap. I. *Antecedentes Generales*

I.1 Automatización y Robótica

A fines del siglo XVIII se precipitaron los acontecimientos. El hombre comenzó a descubrir la forma de emplear la fuerza y aplicarla a máquinas que podían hacer muchas de las tareas que antes se hacían a mano. Esto es, La Revolución Industrial basada en el deseo de producir telas con mayor rapidez y economía en enormes cantidades.

Las máquinas automáticas datan de 1741 cuando Jacques Vaucanson construyó un telar mecánico para fabricar sedas con dibujos. En 1750 James Hargreaves construyó la primera máquina para hilar, varios hilos. Richard Arkwright en 1776 con su máquina que permitía producciones mayores, empleaba hasta 5,000 obreros, fue el principio del sistema de fabricación de textiles. En 1876 Nicolás Augusto Otto (Alemañ) produjo el primer motor de combustión interna de cuatro cilindros. En 1892 fue inventado el motor Diesel.

En 1914 se instala la primera línea de montaje de Henry Ford. Las operaciones mecánicas se hicieron uniformes, el trabajo del obrero se convirtió en una tarea controlada por las máquinas que, llevaban el trabajo a cada operario y luego lo pasaban a la siguiente etapa de secuencia. Este tipo de especialización caracterizado por la línea de montaje, dio por resultado mayores aumentos y uniformidad en la producción.

Actualmente las máquinas se encargan de las tareas monótonas y difíciles, se tiene un mayor grado de eficiencia en la producción en cantidad, con menos consumo de energía humana.

La automatización es solo un paso más en la secuencia de la mecanización, de la maquinaria automática y el remplazo del trabajo pesado por otro tipo de energía, la mecánica y la electrónica. Con mayor auge para después de la Segunda Guerra Mundial.

Esto produce cambio en la condiciones de los individuos, como son mejores condiciones de trabajo, mayor seguridad en los empleos e ingresos mayores con la posibilidad de mejores niveles de vida, es un proceso de progreso que no se detiene solo se va adaptando a las condiciones actuales.

Aumentar la producción y al mismo tiempo obtener un producto terminado con calidad uniforme al menor costo posible del mercado, son requerimientos que día con día van adoptando mayor importancia y hacen determinante la necesidad de implementar nuevos mecanismos de manufacturación en pequeñas y grandes industrias a través de la **automatización** que es el "desempeño de operaciones automáticas dirigidas por medio de comandos programados con una medición automática de la acción, retroalimentación y la toma de decisiones."

Es usada por primera vez en los años 40's por Ford Motor Company para describir la operación colectiva de muchas máquinas interconectadas en la planta de Detroit.

I.1.1 Tipos de Automatización. Existen tres adaptables a las necesidades de cada proceso en particular, como son:

- a) **Automatización Fija.** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, como en el caso de la industria automotriz, la cual, utiliza varias estaciones de trabajo para operaciones de mecanizado de motores y transmisiones con elevadas tasas de producción, sin embargo, al finalizar el ciclo de producción de un equipo integrado previamente para tal operación, éste queda obsoleto.
- b) **Automatización Programable.** Se emplea cuando el volumen de producción es muy bajo y la variedad del producto a obtener es bastante, por lo cual este tipo de equipo es adaptable a variaciones en su configuración.

¹ D. McCloy

c) **Automatización Flexible.** Utilizada para volúmenes de producción medio que requieren programarse para diversas configuraciones de productos con cierto grado de integración en el sistema. Suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectados por un sistema de almacenamiento y manipulación de materiales. Simultáneamente permite obtener diferentes productos en un mismo sistema de fabricación.

Mantener la competitividad se ha convertido en una cuestión primordial, basada en objetivos como los siguientes :

- Mejorar la calidad del producto
- Reducción de los plazos de suministro

A través de sistemas de automatización como :

- Ordenadores de gran capacidad
- Máquinas-Herramientas con control numérico
- Robots industriales

Con una acción coordinada en cuanto a :

- Mecanización
- Flujo de materiales
- Flujo de información (factor de producción decisivo)

Así poco a poco y con ayuda del tratamiento electrónico se obtienen sistemas de información global, que han de beneficiar en gran medida a todo un conjunto sistemático automatizado de producción como se describe a continuación.

I.1. 2. PLC

En los primeros automatismos, el sistema era controlado a través de bancos de relevadores. Los cuales son dispositivos electromagnéticos. Constan de un electroimán y un juego de contactos eléctricos. El electroimán al ser energizado provee un cambio de estado de los contactos eléctricos, de normalmente abierto (N.A.) a cerrado y de normalmente cerrado (N.C.) a abierto.

Cap. I. Antecedentes Generales

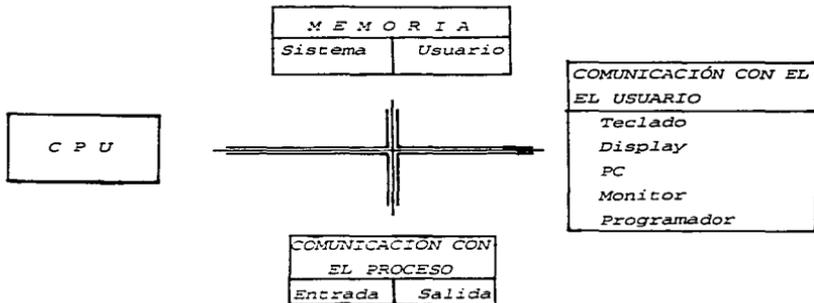
El tiempo de vida de un relevador es relativamente corto y su tiempo para conmutar de un estado a otro es de 10 ms aproximadamente retardando la información hasta que ésta es procesada de modo secuencial, a través de cada relevador contenido.

Una máquina mediana puede contener más de 100 relevadores. Por ello surge el árbol de levas. En él las levas accionan interruptores según la disposición del diseño. El mecanismo reduce los costos, así como la complejidad del diseño.

Sin embargo los interruptores tienden a dañarse reduciendo su efectividad.

Al aumentar los procesos de producción se implementan sistemas electrónicos con libre programación, denominado Control Lógico Programable (PLC).

"Un controlador programable es una computadora de uso específico (industrial) el cual está constituido por 4 bloques: CPU, Memoria, Comunicación con el proceso y Comunicación con el usuario."



Cap. I. *Antecedentes Generales*

I.1.2.1. **CPU** Es la unidad de procesamiento central del PLC , también conocido como el "cerebro" del controlador. En él se procesa toda la información procedente del sistema y el usuario. Es el lugar en el cual el controlador toma todas las decisiones a ejecutarse mediante previa programación contenida en la memoria. Su velocidad de procesamiento se mide en khz y determina su capacidad de aplicación en procesos y su costo.

I.1.2.2. **Memoria.** Dentro de un PLC, ésta es el lugar donde se almacena la información y puede dividirse en memoria para sistema y memoria para usuario.

	Tipos de memoria	Borrado	Programación	Memoria sin Voltaje
RAM	Random-Access-Memory Memoria de Acceso Aleatoria Memoria escritura/lectura	Eléctrico	Eléctrica	Volátil
ROM	Read-Only-Memory Memoria de solo lectura Memoria de datos fijos	Imposible	Por máscara de fabrica	NO Volátil
PROM	Programable-PROM Memoria fija programable	Imposible	Eléctrica	No Volátil
EPROM	Errasable-ROM Memoria fija borrable	Por luz UV	Eléctrica	No Volátil
RPRM	Reprogramable-ROM Memoria fija reprogramable	Por luz UV	Eléctrica	No Volátil
EEROM	Electrically-Erasable-ROM Memoria fija borrable eléctricamente	Eléctrico	Eléctrica	No Volátil
EAROM	Electrically-Alterable-ROM Memoria fija reprogramable eléctricamente	Eléctrico	Eléctrica	No Volátil

En la memoria para sistema, se encuentra la información necesaria para la operación del PLC y no del proceso a controlar. Auto chequeo, codificador y decodificador de señales, etc. son cargados desde su fabricación y no pueden alterarse ya que es del tipo permanente; Mientras que la memoria para usuario, contiene la información cargada por éste. Su capacidad de almacenamiento se mide en kbyte.

I.1.2.3. Comunicación con el proceso. Se lleva a cabo a través de señales de entrada y salida del PLC o con periféricos por medio de tarjetas de comunicación por corriente o modulación de pulsos.

Sin embargo el tipo de señal que puede procesar el controlador, marca la compatibilidad con el proceso y debe cumplir con características de rango de voltaje para entrada y salida, polaridad de señales y velocidad de procesamiento de la información según la aplicación.

I.1.2.4. Comunicación con el Usuario. Es importante que la comunicación con el usuario a PLC se realice de forma sencilla y clara, respetando la estructura o protocolo de comunicación.

El lenguaje de escalera se ha convertido en el lenguaje universal del PLC. Su estructura es muy sencilla, parte de la forma Condición-Acción y en algunas ocasiones de manera similar como se programa en lenguaje basic.

De tal forma con ayuda de los PLC's se logra la comunicación del usuario con una gran infinidad de sistemas para un extenso campo de aplicación.

I.1.3. CAD. (Computer-Aided Desing) Data de mediados de los años 50; sin embargo éste se impone desde el desarrollo de microprocesadores que hacen posible crear, modificar y manipular gráficos complejos editados sobre la pantalla de un VDU (Unidad de Edición Visual). Emplea sofisticadas técnicas gráficas de ordenador, apoyadas en paquetes de software, para ayuda en los

problemas analíticos, de desarrollo de corte y ergonómicos asociados con el trabajo de diseño.

Como principales ventajas se pueden mencionar, una producción de dibujo tres veces más rápido que realizarlo sobre un tablero de dibujo, consulta de precios mas rápida, mayor precisión de dibujos, dibujos más limpios, análisis y cálculos de diseño más rápido, menor número de requisitos de desarrollo del dibujo y la posible integración del diseño en otras disciplinas.

Su hardware lo constituye una unidad central CPU, la cual se compone de tres elementos principales. Unidad de Control, extrae instrucciones en secuencia, interpreta y transfiere a las demás partes del ordenador. Unidad Aritmético-Lógica (ALU), realiza adiciones y sustracciones elementales de toda operación matemática del ordenador. Memoria Central, que es la capacidad de almacenamiento, se mide en bytes, cada uno representa un carácter del código de instrucción y consta de ocho bytes (dígitos binarios), 1024 bytes equivalen a un kilobytes y si se requiere de mayor capacidad se utilizan dispositivos para almacenamiento periférico como unidades de disco y cinta magnética.

Su estación de trabajo consta de, teclado, pantalla gráfica (VDU), dispositivo de visualización alfa-numérica, procesador de puerto de trabajo, Tablero de comandos eléctrico, servicio de menú, dispositivo control de cursor o digitalizador y dispositivo impresor mini-plotter.

I.1.4. El CAM. Computer-Aided Manufacture. Se refiere a cualquier proceso de fabricación automática que esté controlada por ordenadores. Su origen data desde el desarrollo de máquinas controladas numéricamente (NC) de finales de los 40 y principios de los 50; para principios de los 60 adopta el término (CNC) controlador numérico por ordenador, en procesos de fresado, torneado, oxicorte, corte con láser, troquelado y soldadura eléctrica por puntos.

Más aún a través del tiempo se implanta el uso de robots controlados por ordenador y demás factorías automatizadas, conduciendo a la evolución de fabricación completa, controladas por sistemas informáticos centrales y organizados conocidos como sistemas de fabricación flexible (MFS).

Sus elementos principales son, técnicas de programación y fabricación (CNC); sistemas de fabricación flexible (FMS), fabricación y ensamblaje mediante robots controlados por ordenador, técnicas de inspección asistida por ordenador (CAI) y técnicas de ensayo asistido por ordenador (CAT).

Como principales ventajas se encuentran, nivel más alto de producción con menor esfuerzo laboral, menor posibilidad de error humano, mayor versatilidad de objetos fabricados, con menor material estropeado se obtiene un considerable ahorro de costos, repetitividad de procesos de fabricación y obtención de productos con mayor calidad.

I.1.5. CAD/CAM. Proceso completo en el cual se puede dibujar cualquier componente sobre una pantalla VDU y transferir los gráficos por medio de señales eléctricas por un cable que la enlace a un sistema de fabricación, donde se puede producir automáticamente sobre una máquina CNC.

I.1.6. CIM. Es la utilización de sistemas capaces de comunicarse entre sí, como centrales de memoria programables, controles numéricos y ordenadores con sistemas de gestión de datos, redes de comunicación y sistemas de software. Define las futuras estructuras de automatización a partir de datos de producción comunes y homogéneos.

Es por tanto un medio que permite el cumplimiento de los objetivos de empresa.

Sin embargo toda actividad de Ingeniería controlada por ordenador se equipara bajo la idea general de Ingeniería Asistida por Ordenador

Cap. I. *Antecedentes Generales*

3

I.1.7. (CAE) que incluye :

- Procedimientos de gestión de producción asistida por ordenador (CAMP)
- Procedimientos de planificación de productos asistidos por ordenador (CAPP)
- Planificación de proyectos utilizando software
- Diseño de procesos y hts. asistidas por ordenador
- Desarrollo asistido por ordenador
- Diseño de plantas de factorías asistida por ordenador (incluyendo generación robótica gráfica)

Todas las tareas de fabricación automatizada son realizadas por máquinas de uso especial diseñadas para realizar funciones específicas predeterminadas en un entorno de trabajo más flexible y a un menor costo de producción. La **Robótica** está ligada a la aparición de este tipo de máquinas en las que se integran procesos de informática, asociados a las necesidades económicas de los países industriales. "Es una ciencia combinada de tecnología de máquinas-herramienta e informática; comprende campos diversos como lo es el diseño de máquinas, la teoría del control, la microelectrónica, la programación de computadoras, la inteligencia artificial, los factores humanos y la teoría de la producción".

Por lo tanto, la **"automatización y la robótica son dos tecnologías estrechamente relacionadas; la automatización es el empleo de sistemas mecánicos y eléctricos que basados en la computación, operan y controlan la producción; en consecuencia, la robótica es una forma de automatización industrial."**⁴

Con la robótica se disminuye la mano de obra y es fiablemente utilizada cuando el lugar para desempeñar una función por el hombre es hostil y de condiciones desfavorables y de un alto riesgo, como el caso del medio submarino, el espacial, así como el medio

⁴ Mikeell P. Groover.

irradiado de centrales nucleares; respaldados por la ayuda de la teleoperación o telepresencia que, consiste en enviar una máquina al medio hostil y controlar a cierta distancia desde un punto maestro (lugar donde se controlan las funciones). Incluso en el área de la medicina se han logrado avances tecnológicos para mejorar las condiciones de vida de personas paralíticas y con amputaciones. Por ejemplo prótesis (extremidades artificiales), órtesis (estructuras rígidas para arrastrar en sus movimientos al miembro paralizado), así como la telecésis (robot de teleoperación para personas desposeídas de sus cuatro extremidades, con funciones regulares a través de la lengua, la boca o los músculos de los ojos).

A este tipo de máquinas se les conoce con el nombre de robot máquina programable de uso general con algunas características humanas (brazos móviles que reciben el nombre de manipuladores, muñecas y posiblemente dedos). Mientras que un robot industrial es un "manipulador multifuncional reprogramable diseñado para mover materiales, piezas herramientas o dispositivos especializados por medio de movimientos variables programados por el operador para realizar diferentes tareas".¹

I.2. El Robot

Se dice que la palabra robot es introducida a la lengua inglesa en 1921 a través del drama satírico de Karel Cape (Rossum's Universal Robot), que presenta la participación de seres artificiales antropomorfos que responden perfectamente a las ordenes de su maestro quien, los llama robot, palabra checa idéntica al ruso que significa trabajo.

Medina Rule M.I. en su tesis "La Inteligencia Artificial aplicada al reciente escenario tecnológico de la Robótica ", define

¹ FAIUC Robotics.

Cap. I. *Antecedentes Generales*

al robot como la máquina que en alguna forma se asemeja a un ser humano en apariencia u operación."

Se pueden citar varios casos autómatas descritos por fuentes antiguas de ciencia ficción (algunos de dudosa veracidad). En el siglo II A.C. Hero de Alejandría construyó unas aves mecánicas; en la edad media y en el renacimiento son numerosas las referencias a "hombres mecánicos" creados fundamentalmente por relojeros, destinados a las cortes o a exhibiciones en ferias; el león animado creado por Leonardo Da Vinci; e inventos por lograr máquinas que reprodujeran el vuelo de las aves. Todos tenían una grave limitación, sólo podían realizar una o muy pocas funciones y eran carentes de interés, sin embargo, el robot nace de la necesidad y no de la fantasía como en los casos anteriores.

En 1801 J. Jacquard inventó su telar, que era una máquina programable para la urdimbre.

G. C. Devol inventor americano, desarrolló un dispositivo controlador que podía registrar señales eléctricas por medios

Autómata. Cualquier máquina que realice una acción o serie de acciones por sí misma, realiza funciones que fueron alguna vez el trabajo de un humano, pero una vez puestas en marcha sus funciones son independientes de interacción humana.

Humanoide. Mecanismo que tiene la capacidad de un robot pero cuya apariencia exterior es la de un ser humano (alusión a una cabeza, torso, brazo y piernas en una máquina de tipo humanoide, por ejemplo Cithreepio de la película la guerra de las galaxias).

Androide. Máquina que asemeja o no al ser humano con capacidad de movimiento y comunicación con el mundo exterior que reacciona a estímulos externos, ejemplo Artoo Detoo R2D2 de la misma película.

Ciborgs. Máquina casi parecida al humano biológicamente con capacidad de inteligencia, que es el estudio del cerebro humano y sistema nervioso o electromecánico que los asemeja.

magnéticos y reproducirlas para accionar una máquina, en 1946 y patentada en 1952.

Para 1951 ya se trabajaba con teleoperadores (manipuladores a control remoto) para el manejo de materiales radioactivos.

El instituto de Tecnología de Massachusetts desarrollo un lenguaje de programación denominado ATP (Automatically Programmed Tooling Herramiental Programado), en 1952 y se publico en 1961.

El británico C. W. Kenward solicitó una patente para diseño de robot que se emitió en 1957.

Para 1959 Se introduce el primer robot comercial, por Planet Corporation. Controlado por interruptores de fin de carrera y levas.

En 1960 se introduce el primer robot Unimate , basado en la "transferencia de artículos programada" por Devol y los principios de CN para un manipulador, de transmisión hidráulica. En 1961 es instalado uno en la Ford Motor Company para atender una máquina de fundición en troquel. En 1966 una firma noruega construyo e instaló un robot de pintura por pulverización.

El Stanford Research Institute desarrollo un robot móvil llamado Shakey provisto de una diversidad de sensores incluyendo una cámara de visión y sensores táctiles, podía desplazarse por el suelo, en 1968.

En la Universidad de Stanford en 1971 se desarrolla un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico. En 1973 desarrolla el primer lenguaje para robot de computadora denominado WAVE. Secundado por el lenguaje AL en 1974 y posteriormente ambos lenguajes se desarrollaron en VAL PARA Unimation por Victor Scheinman y Bruce Simano.

1974 la ASEA introduce el robot IRb6 de accionamiento completamente eléctrico. Kawasaki, bajo licencia de Unimation instala un robot para soldadura por arco para estructuras de

motocicletas. Cincinnati Milacron introduce el robot T con control por computadora.

Olivetti, 1975 , robot Sigma utilizado para operaciones de montaje.

En 1976 se desarrolla el Remote Center Compliance (RCC) para la inserción de piezas en la línea de montaje, en los laboratorios de Chales Draper en Estados Unidos.

En 1979 el robot T de Cincinnati Milacron es programado para realizar operaciones de taladrado y circulación de componentes de aviones bajo el patrocinio de Air Force ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing).

La Universidad de Yamanashi en Japón desarrolla el robot tipo SCARA (Selective Compliance Arm From Robotic Assembly). Del cual se comercializan varios a partir de 1981.

1980 la Universidad de Rhode Island demostraron el empleo de visión de máquina a través de un sistema robótico de captación de recipientes, capaz de captar piezas en orientaciones aleatorias y posiciones fuera del recipiente.

En la Universidad Carnegie-Mellon se desarrollo en 1981 un robot de impulsión directa, utilizaba motores eléctricos en cada articulación del manipulador.

Y en 1982 IBM introduce el robot RS-1 para montaje, de estructura de caja con un brazo de tres dispositivos de deslizamiento ortogonales, con lenguaje AML desarrollado por la misma.

La exigencia de aumentar la productividad y mejorar la calidad hace insuficiente la automatización rígida de las primeras décadas del siglo XX, además la computación hace pensar en una automatización flexible; el robot industrial encuentra uno de los principales campos de aplicación.

Suele admitirse que el padre de la robótica industrial fue Deval George quien, buscando construir una maquinaria automática

de características;

1. Flexibilidad en su adaptación a diversos trabajos y herramientas (multifuncional).

2. Sencillez de manejo.

desarrollo el primer robot industrial que incorporaba el computador como parte fundamental en 1960 en colaboración con Unimate Incorporate.

Para 1982 las estimaciones del total de robots industriales y diseños de robot en uso en la industria a nivel mundial fue; 6000 en los Estados Unidos, 5000 en Europa, aproximadamente 30,000 en Japón; un total de 41,000 en el mundo.

Un estudio llevado a cabo por la British Robot Association (BRA, 1984), mostró una población de aproximadamente 98,000 excluyendo países de Europa oriental y la ex URSS.

Japón	64,000
E.U.	13,000
Alemania	6,600
Francia	3,380
Italia	2,700
Inglaterra	2,623
Grecia	2,400
Bélgica	860
España	516

Y las aplicaciones conocidas eran :

Soldadura por puntos	471	122
Moldeo por inyección	412	136
Soldadura por arco	341	107
Servicio a maqs.htas.	213	48
Ensamble	199	96
Recubrimientos de Sup.	177	24
Diversos	175	20
Educación Investigación	122	41
Manejo mov. de charolas	102	36
Servicio Htas. de prensa	59	11
Esmerilado, recubrimiento	43	16
Prueba de inyección	41	11
Pegado y sellado	40	2
Fundición a la cera pérdida	23	9
Otros	14	0

Total de robots instalados realmente

679

Para 1983 se emite el informe sobre la investigación en Westinghouse Corporation, bajo el patrocinio de National Science Foundation sobre el "sistema montaje programable-adaptable" (APAS), programa piloto para una línea de montaje automatizada flexible con el empleo de robots.

Para 1984 varios sistemas de programación fuera de línea se demostraron en la exposición Robots 8. Estos sistemas permitían el desarrollo de programas utilizando gráficos interactivos en una computadora personal y luego se cargaban en el robot.

Para los 90's consultar en el tema I.2..11. Aplicaciones de la Robótica.

I.2.1. Tipos de Robots

La fabricación de artefactos mecánicos data de épocas muy remotas como una consecuencia natural de la capacidad creadora del cerebro humano, su constante actividad, e insaciable sed por aportar siempre algo nuevo, aunque no siempre con una finalidad predispuesta, ya que la mayoría de los inventos que anteriormente se mencionan han sido aquellos, resultado de la transformación de algún modelo idealizado en la imaginación en un prototipo real y palpable que fue generado de manera espontánea.

Como lo fueron las aves mecánicas creadas por Hero de Alejandría hombres mecánicos de la edad media y el renacimiento, así como aquellos seres animados que presenta Karel Caper en 1921 a los que llamó robots, los cuales respondían perfectamente a las instrucciones de su maestro.

Este último creado especialmente para desempeñar actividades de servicio; su diseño fue generado a partir de la necesidad.

Sin embargo a través del tiempo surgen diversas necesidades a las que el hombre hace frente y empieza a buscar sus posibles satisfactores, con lo cual le da el sentido y dirección a su desarrollado y característico proceder mental.

Ya no sólo crea por crear sino que ahora mantiene su mente en constante actividad en el desarrollo de robots que le proporcionen un servicio o el satisfactor buscado, respecto a la necesidad típica.

Actualmente el empleo de robots es más común que en los tiempos remotos, con los avances tecnológicos es posible contar con la ayuda de robots en áreas como la industria, la medicina, la

ciencia ficción, así como en medios peligrosos para el hombre y lugares de inspección complicada.

Por tal motivo la clasificación de robots se hace cada vez más amplia, sin embargo es posible clasificar a los robots como a continuación se describe.

I.2.1.2. Clasificación General. Consiste en siete tipos de robots principales, Industrial, Militar, Promocional, Educacional, Médicos, Domésticos o Personales y de Pasatiempo."

1. Generalmente es un manipulador de coordenadas rectangulares o polares AGV (Automated Guide Vehicle) visto como máquina-herramienta. a partir de 1950, para 1970 existían ya al rededor de 200 en E.E.U.U., en 1975 2000, en 1980 3000, en 1985 15000 y para 1992 50000.

2. Es posible operarlo sin la presencia del hombre. De control remoto, radio-controlador de aeroplano y con control remoto para detonación de bombas. El primer robot construido fue el F-4C (Weapons Sistem Trainingset) en 1965 por Link Trainer.

En energía atómica. El Mobot por Hughes Aircraft Company. Para el espacio. Viking Landers on Mars, equipado con dos cámaras, estereoscópico y capacidad de visión. Su baja frecuencia sismométrica puede detectar la presencia de tierra o gas; con sensores biológicos logra detectar moléculas orgánicas y el contenido microbioal metabólico.

3. Se mueven en lugares aislados y operan conversando con él. Max de Nationwide Robots, controlado por radio. Robot Factory de dos o tres llantas.

4. Usados para aprender los principios del robot. Feedback requiere del sustituto-controlador. ARMATROL ESA 1010 con

7. James L. Fuller.

computador. Timex Sinclair 1000/ZX-81. ARMOVES SSA 1040 con computadora Apple II. ARMSORT PPR 1030 con computador AIM 65. ARMDRAULIC EHA 1052A con computador IBM PC.

5. Implementación de Brazos biónicos, manos, piernas y pies.

6. Usados para la protección de la casa, la salud, detección de incendios y reparación de robots. IMP por Carnegie-Mellon University con movimiento en plataforma en 1985.

7. Usados para la práctica de deportes, tennis, golf, boxeo; para la preparación de alimentos, despachadores de gasolina, trabajo de hospitales, entrega de correo, entre otros.

I.2.1.2. Clasificación Por Generaciones

1*. No tienen sensores, con programas secuenciales basados en paro mecánico por switches y posicionadores.

1.5. Controlados por sensores, con una mínima corrección posicional y adaptarse a situaciones variables. Hábiles para correcciones.

2*. Pueden tener manos y ojos, controlar la coordinación de capacidades experimentales con movilidad, comandos para reconocer voz, visión tacto, inteligencia en microprocesador, capaz de tomar decisiones para corrección.

2.5. Pueden responder a estímulos de moción sensorialmente, determinan la mejor opción para el cumplimiento de la tarea deseada.

3*. Podría requerir de información generalizada acerca de lo que necesita para el cumplimiento de la instrucción.

I.2.1.3. Clasificación Por Nivel Tecnológico. Los tipos de robot que se encuentran en el nivel **Bajo** son usados para carga y descarga

de material y operaciones de ensamble de 2 o 4 ejes, no son servocontrolados con capacidades de 25 o menos pounds.

El nivel **Medio** lo constituyen también robots para carga y descarga, pero de 4 a 5 ejes y con capacidades de hasta 300 pounds.

En el nivel **Alto** se consideran los robot que son utilizados para soldadura y pintura de 6 hasta 9 ejes y capacidades de 300 o más pounds.

I.2.1.4. Clasificación Por El Tipo De Controlador. Que consiste en el tipo de controlador; El de **Secuencia Limitada**, determinado por la activación de un eje, y un stop mecánico que marca el final del viaje del eje.

El de **Punto por Punto**. Tiene una memoria que coordina cada eje en varios puntos en una tarea ayudado por sensores en cada punto.

Mientras que el de **Trayectoria Continua**. Con gran capacidad en la memoria que controla punto por punto y es hábil para recorrer varias coordenadas por segundo.

I.2.1.5 Clasificación Geométrica. Consiste en el tipo de configuración del brazo, como pueden ser de coordenadas rectangulares, cilíndricas, SCARA, polar y de revolución o articulada, las cuales se describen posteriormente.

I.2.1.6. Clasificación Por El Tipo De Accionamiento. Es posible clasificar a los robots además por el tipo de accionamiento ya sea en Eléctricos, Neumáticos e hidráulicos, que más adelante, en este mismo capítulo serán descritos.

I.2.1.7. Clasificación Por El Tipo De Aplicación. Finalmente si se considera el tipo de servicio que brinda el robot, estos podrían

ser agrupados en **Industriales** (ensamble, manipulación, etc.) **Científicos** (medicina, investigación) y **Ficticios**. También descritos posteriormente.

I.2.2. Constitución Física

Al igual que el cuerpo humano, el cuerpo de un robot contiene todas sus partes vitales; esto es, un esqueleto y un sistema motriz, contenidos en una estructura electrónica y electromecánica.

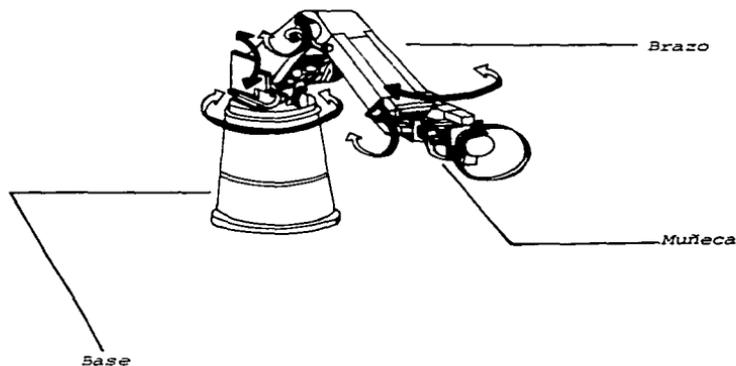
Está dotado de sistemas de fuerza (baterías recargables o no), sistemas de presión (hidráulica o neumática, así como válvulas solenoide, etc.), sistemas de locomoción (dirigidos por un motor), sensores de diversas características, sistemas computarizados, brazos y manos.

La mayoría de los robots están montados sobre una base sujeta al piso o a la mesa de trabajo; su cuerpo está unido a la base, de lo cual pende el conjunto de brazo, posteriormente y al final de éste se encuentra la muñeca, la cual, está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones.

Todos y cada uno de los componentes mencionados se encuentran adecuadamente articulados con el fin de proporcionar deslizamientos o giros según sea la configuración del robot, como posteriormente se describirán.

Para orientar la mano o efector final en el espacio, la mano debe ser capaz por sí misma de sujetar una herramienta o pieza de trabajo y, en el caso de pretender movilidad, el robot deberá estar equipado con ruedas, rieles o patas.

Componentes del Robot
(Cincinnati Milacron T³)



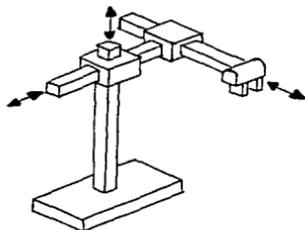
I.2.3. Configuraciones Básicas del Robot

En la actualidad comercialmente se tienen disponibles las cuatro configuraciones siguientes:

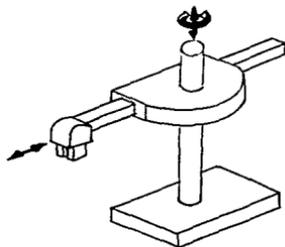
I.2.3.1. Configuración Polar. Utiliza un brazo telescópico que puede elevarse o bajar al rededor de un pivote horizontal, montado sobre una base giratoria. De esta manera el robot puede desplazar su brazo dentro de un espacio esférico. En esta clasificación se

encuentra el robot *Unimate Serie 2000*, y otro más pequeño, el *Maker 110* fabricado por *United States Robots*.

I.2.3.2. Configuración Polar. Utiliza una columna vertical y un dispositivo de deslizamiento que puede moverse hacia arriba o abajo a lo largo de la columna, el brazo unido al brazo deslizante logra un movimiento en sentido radial respecto a la columna. Al girar la columna, el robot consigue un espacio de trabajo que se aproxima a un cilindro; como en el caso de la configuración del *GMF Modelo MIA*, de *GMF Robotics*.



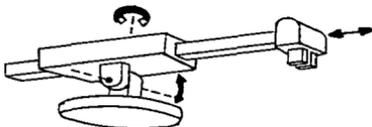
Cartesiano o xyz



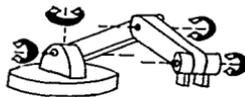
Cilíndrico

I.2.3.3. Configuración de Coordenadas Cartesianas. Utiliza tres dispositivos deslizantes perpendiculares para construir los ejes x, y, y z. Puede además identificarse como robot xyz o robot rectilíneo. Al desplazar los tres dispositivos entre sí, es posible hacer operar al robot dentro de un envoltente rectangular de trabajo. De tal tipo de configuración consta el robot IBM RS-1 (modelo 7565, denominado además caja) y los denominados de pórtico.

I.2.3.4. Configuración de Brazo Articulado. Lo constituyen dos componentes rectos que corresponden al antebrazo y al brazo humano, montados sobre un pedestal vertical, y conectados por dos articulaciones giratorias correspondientes al hombro y codo humano. Una muñeca está unida al extremo final del antebrazo, con lo que se proporcionan varias articulaciones complementarias; Cincinnati Milacron T3 (The Tomorrow Tool, modelo 776) y el SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm).

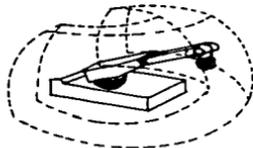
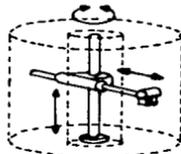
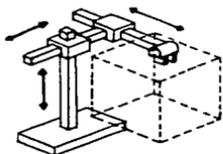


Esférico



De Revolución

I.2.3.5. **Volumen de Trabajo** Es el espacio límite dentro del cual el Robot se desplaza sobre su base y hasta el último extremo alcanzado por la muñeca, de acuerdo al tipo de configuración física que determina los movimientos de sus articulaciones.



Por lo tanto el Volumen de Trabajo está delineado conforme a:

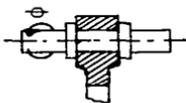
- La configuración física del Robot
- Los límites de movimientos de cada articulación del Robot
- Por el tamaño de los componentes del Robot

I.2.4. Tipos de Articulaciones

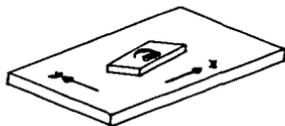
Generalmente se pueden encontrar articulaciones de tipo traslacional y giratoria; en las de rotación (tipo R), el eje de rotación es perpendicular a los ejes de dos uniones; en las de torsión el movimiento es de torsión entre uniones de entrada y salida, su eje de rotación es paralelo a los ejes de ambas uniones; en articulación de revolución (tipo V), la unión de entrada es paralela al eje de rotación y la de salida es perpendicular a dicho eje que gira al rededor de la entrada como si estuviera en órbita. Además de articulaciones de tipo planar, de tipo prismático, de tornillo y esférica, como se muestra en las siguientes ilustraciones.

I.2.4.1. Tipos Principales

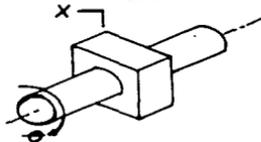
Revolución



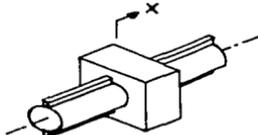
Planar



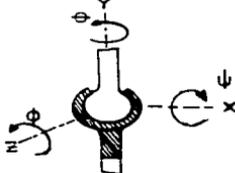
Cilíndrica



Prismática



Esférica



Tornillo



1.2.5. Cinemática del Manipulador

Un mecanismo se compone del ensamble de eslabones rígidos conectados entre si a través de articulaciones que, (ya sean planas, prismáticas, cilíndricas, de revolución, de tornillo, esféricas u otras) permiten un movimiento relativo. A cada enlace se le conoce con el nombre de "par cinemático". Según el tipo de contacto que se presente entre eslabones se denomina inferior o superior; es decir, si se trata de un contacto superficial entre eslabones, éste se denomina "par inferior"; mientras que al presentar el contacto en un punto a lo largo de una línea, se le denomina "Par superior".

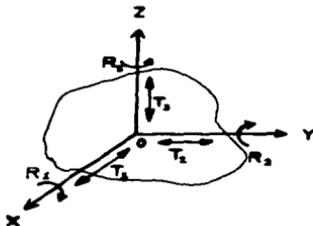
1.2.5.1 El **grado de libertad** de un par se conoce como el número de deslizamientos independientes que realiza un eslabón rígido con respecto a otro en un punto referencia. Los grados de libertad se conocen además como "movilidad".

Esto es, un par giratorio o rotacional por ejemplo, permite sólo un movimiento relativo entre dos enlaces, una rotación al rededor del eje del par; por lo que tiene solo un grado de libertad, $f = 1$. El movimiento longitudinal del par prismático revela también sólo un grado de libertad $f = 1$. En cuanto al par cilíndrico o espacial, un eslabón puede rotar respecto al otro y sobre el eje del par, por tal motivo el par presenta dos grados de libertad $f = 2$; mientras que para el par de bola o esférico, no existe restricción alguna de movimiento, por tal ventaja el par presenta tres grados de libertad $f = 3$.

En la siguiente tabla se pueden apreciar con mas claridad cada uno de los pares con sus respectivos grados de libertad.

			R f=1
			P f=1
			C f=2
			SL f=2
			S f=3

Generalmente un cuerpo libre tiene seis grados de libertad de los cuales, tres corresponden a desplazamientos lineales y los otros tres a rotaciones angulares, antes de ser definida su posición en el espacio, como se muestra en el siguiente cuerpo, donde R representa las rotaciones angulares y T las traslaciones que el cuerpo puede realizar.



Sin embargo al hacer contacto a tierra pierde al menos un grado de libertad y así sucesivamente al conectar cada uno de sus eslabones hasta eliminar los seis grados de libertad, esto es : $6(N-1)$, donde N es el número de eslabones. Cada par reduce la movilidad en $(6-f)$ donde f es el número de grados de libertad del par en particular; y con G como el total de pares en un mecanismo se tiene :

$$M = 6(N-1) - \sum_{i=1}^G (6-f_i)$$

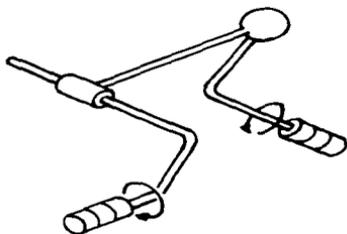
$$M = 6(N-G-1) - \sum_{i=1}^G f_i$$

donde f = grado de
libertad del i ésimo par

$$M = 3(N-G-1) + \sum_{i=1}^G f_i$$

Mecanismo planar

Ejemplo, de la siguiente figura se deduce:



**MECANISMO
ESPACIAL**

$$\begin{aligned}
 2 \text{ pares } R \text{ (rotacional)} &= 1(2) = 2 \\
 1 \text{ par } C \text{ (cilíndrico)} &= 2 = 2 \\
 1 \text{ par } S \text{ (esférico)} &= 3 = \underline{3} \\
 &7
 \end{aligned}$$

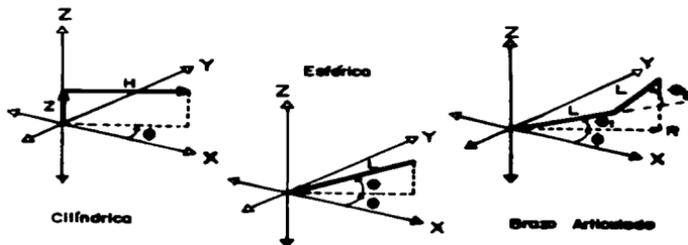
esto es $f = 7$
 y con, $N = 4$ $G = 4$ entonces:

$$\begin{aligned}
 M &= 6(4-4-1) + 7 \\
 &= 6(-1) + 7 \\
 &= -6 + 7 \\
 M &= 1
 \end{aligned}$$

Cuando la forma del manipulador es simple, es posible hacer uso de soluciones trigonométricas puesto que la complejidad aumenta al pasar de un robot a otro con configuración cartesiana hasta uno con configuración esférica o brazo articulado, en el que se deberá recurrir a otros métodos con representación de coordenadas.

I.2.5.1.1. Sistema Referencial de Coordenadas

De la siguiente figura las coordenadas del efector final se representan de la siguiente manera :



$$x = H \cos \theta$$

$$y = H \operatorname{sen} \theta$$

$$z = z$$

$$x = L \cos \theta \cos \phi$$

$$y = L \cos \theta \operatorname{sen} \phi$$

$$z = L \operatorname{sen} \theta$$

$$x = L; \cos \theta; - L; \cos (\theta; + \theta_2) \cos \phi$$

$$y = L; \cos \theta; - L; \cos (\theta; + \theta_2) \operatorname{sen} \phi$$

$$z = L; \operatorname{sen} \theta; - L; \operatorname{sen} (\theta; - \theta_2)$$

Para el robot esférico θ y ϕ , son las entradas de rotación y L la entrada lineal. Para el robot de brazo articulado las entradas θ_1 y θ_2 , son de rotación. Tales coordenadas se pueden hacer referencia a las coordenadas de la máquina por medio de la cinemática inversa, donde:

$$H = \sqrt{(x^2 + y^2)}$$

$$z = z$$

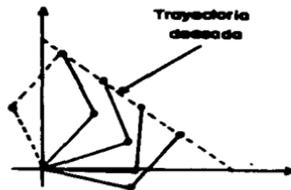
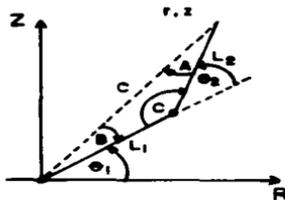
$$\phi = \tan^{-1} (y/z)$$

$$L = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{z}{\sqrt{(x^2 + y^2)}} \right] \quad \text{para un robot esférico}$$

$$\phi = \tan^{-1} (x/y)$$

Mientras que para un robot de brazo articulado como el siguiente :



$$\theta = \tan^{-1} (x/y)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$c = \sqrt{r^2 + z^2}$$

$$A = \cos^{-1} [(L_2^2 + c^2 - L_1^2)/(2L_2c)]$$

$$B = \sin^{-1} [(L_2/L_1) \sin A]$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} (z/r) - B$$

$$\theta_2 = A + B$$

Sin embargo, al aumentar los grados de libertad, aumenta la complejidad, por lo que se utilizan métodos matriciales.

I.2.5.1.2. Paul (1995 y colaboradores 19981) introducen el **Método Matricial**, para entender de manera general la cinemática del robot.

El método consiste en fijar inicialmente sistemas de coordenadas a cada eslabón del manipulador de modo tal que cada sistema contenga movimientos de rotación y traslación sobre un eslabón. Así a través de matrices de transformación de a cuerdo con el número de eslabones podrán obtenerse las coordenadas reales de cualquiera de estos sistemas por ejemplo del efector final en cualquier punto de la cadena.

Representación de Transformaciones Matricialmente. Dado un sistema referencial ortogonal XYZ con una rotación positiva sobre su eje Z, denotando su posición original (XYZ); y su posición después de la rotación (XYZ)₁. Las coordenadas de un punto P en ambos sistemas están relacionadas por :

$$x_1 = x_2 \cos\theta - y_2 \sin\theta$$

$$y_1 = x_2 \sin\theta + y_2 \cos\theta$$

$$z_1 = z_2$$

Para una Matriz de Transformación Homogénea, las coordenadas homogéneas adoptan la forma (x,y,z,w) donde x,y,z, son coordenadas cartesianas estándares y w es un factor de escala considerado unitario para estos cálculos.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{pmatrix} \quad \text{Rotación positiva } \theta \text{ al rededor del eje } z$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\alpha & -S\alpha & 0 \\ 0 & S\alpha & C\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{pmatrix} \quad \text{Rotación positiva } \alpha \text{ al rededor del eje } x$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C\phi & 0 & S\phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -S\phi & 0 & C\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{pmatrix} \quad \text{Rotación positiva } \phi \text{ al rededor del eje } y$$

Si el sistema referencial XYZ se mueve corporalmente una distancia a en dirección x positiva, b en dirección y positiva y c en dirección z positiva, entonces :

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2 + a \\ y_1 &= y_2 + b \\ z_1 &= z_2 + c \end{aligned}$$

Con $z = 0$, la transformación homogénea sería :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

De tal forma el método matricial puede representar el comportamiento geométrico del robot de manera combinada. Esto es, suponiendo que el sistema inicial (XYZ), es rotado positivamente sobre z, trasladado un segmento (L,O,D) y posteriormente es rotado positivamente sobre el eje x, su representación sería :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_1 = (rot z, \theta) [trans(L, O, D)] (rot x, \alpha) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_2$$

Forma desarrollada :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & L \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\alpha & -S\alpha & 0 \\ 0 & S\alpha & C\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_2$$

Del producto se obtiene :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_1 = \begin{pmatrix} C\theta & -S\theta C\alpha & S\theta S\alpha & LC\theta \\ S\theta & C\theta C\alpha & -C\theta S\alpha & LS\theta \\ 0 & S\alpha & C\alpha & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}_2$$

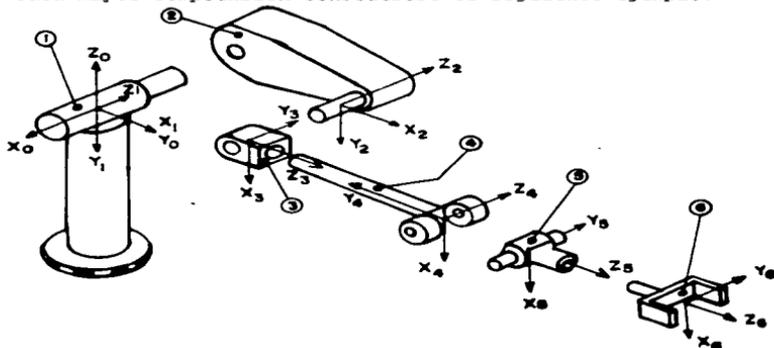
Por lo tanto :

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2 C\theta - y_2 S\theta C\alpha + z_2 S\theta S\alpha + LC\theta \\ y_1 &= x_2 S\theta + y_2 C\theta C\alpha - z_2 C\theta S\alpha + LS\theta \\ z_1 &= y_2 S\alpha + z_2 C\alpha + D \end{aligned}$$

Debe recalcararse que el orden de los eventos es muy importante. Si este se cambiara la transformación global sería distinta, puesto que la multiplicación de matrices no es un proceso conmutativo.

A esta transformación combinada se le conoce con el nombre de "matriz de Denavit y Hartenberg" (1995). Con ella se demuestra que dos sistemas referenciales vecinos se pueden hacer coincidir mediante una secuencia específica de cuando más dos rotaciones y dos traslaciones.

Para mayor comprensión considérese el siguiente ejemplo:



La figura muestra un robot comercial, y su esquema, seis grados de libertad. Su brazo articulado tiene tres grados de libertad y la mano otros tres con respecto a la muñeca.

Muestra además, la manera en que se establecieron sistemas de coordenadas o sistemas referenciales para cada grado de libertad, acoplados a los eslabones apropiados, con los ejes z colocados sobre los ejes de rotación. En cuanto a los movimientos de rotación

y traslación, se deberán organizar en una tabla de datos por eslabón que facilite el trabajo.

La ubicación y orientación de los sistemas es la parte más difícil de esta técnica. Es necesario asegurar que el sistema referencial $i-1$ puede hacerse coincidir con el sistema referencial i mediante una rotación sobre z_{i-1} , una traslación z_{i-1} , una traslación sobre x_i y por último, una rotación sobre x_i . Para mayor conveniencia, se han hecho coincidir los orígenes del sistema referencial 0 y del sistema referencial 1 .

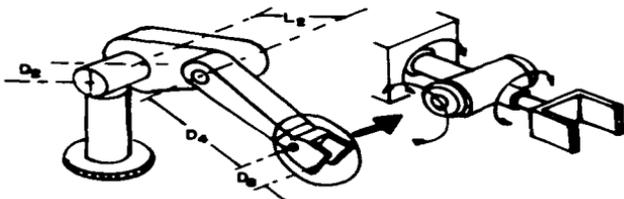


TABLA DE DATOS

ESLABÓN	α	L	D	θ
1	-90	0	0	θ_1
2	0	L_2	D_2	θ_2
3	90	0	0	θ_3
4	-90	0	D_4	θ_4
5	90	0	0	θ_5
6	0	0	D_6	θ_6

En base a los datos anteriores se construyen las matrices A :

$${}^0A_1 = \begin{vmatrix} C2 & 0 & -S1 & 0 \\ S1 & 0 & C1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$${}^1A_2 = \begin{vmatrix} C2 & -S2 & 0 & L_2 C2 \\ S2 & C2 & 0 & L_2 S2 \\ 0 & 0 & 1 & D_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$${}^2A_3 = \begin{vmatrix} C3 & 0 & S3 & 0 \\ S3 & 0 & -C3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$${}^3A_4 = \begin{vmatrix} C4 & 0 & S4 & 0 \\ S4 & 0 & C4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & D_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$${}^4A_5 = \begin{vmatrix} C5 & 0 & S5 & 0 \\ S5 & 0 & -C5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$${}^5A_6 = \begin{vmatrix} C6 & -S6 & 0 & 0 \\ S6 & C6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & D_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Con las cuales se forma la transformación global entre el sistema 6 y el sistema 0.

$${}^0T_6 = ({}^0A_1) ({}^1A_2) ({}^2A_3) ({}^3A_4) ({}^4A_5) ({}^5A_6) \quad \text{Esto es,}$$

$$\begin{vmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

en donde :

$$\begin{aligned}
 n_x &= c1[c23(c4c5c6 - s4s6) - s23s5s6] - s1[s4c5c6 + c4s6] \\
 n_y &= s1[c23(c4c5c6 - s4s6) - s23s5c6] + c1[s5c5c6 + c4s6] \\
 n_z &= -s23(c4c5c6 - s4s6) - c23s5c6 \\
 s_x &= c1[-c23(c4c5s6 - s4c6) + s23s5s6] - s1[c4c6 - s4c5s6] \\
 s_y &= s1[-c23(c4c5s6 - s4c6) + s23s5s6] + c1[c4c6 - s4c5c6] \\
 s_z &= s23(c4c5s6 - s4c6) + c23s5s6 \\
 a_x &= c1(c23c4s5 - s23c5) - s1s4s5 \\
 a_y &= s1(c23c4s5 - s23c5) - c1s4s5 \\
 a_z &= c23c5 - s23c4s5 \\
 p_x &= c1[D_1(c23c4s5 - s23c5) - s23D_1 + L_1c2] - s1(D_1s4s5 + D_2) \\
 p_y &= s1[D_1(c23c4s5 - s23c5) - s23D_1 + L_1c2] + c1(D_1s4s5 + D_2) \\
 p_z &= D_1(c23c5 - s23c4s5) - c23D_1 - L_1s2
 \end{aligned}$$

Es claro que la transformación directa de coordenadas máquina a coordenadas reales, requiere de una cantidad considerable de cálculos; en el caso del problema inverso es aún más complejo. La dificultad se reduce usando pequeños movimientos diferenciales para establecer ecuaciones lineales, por ejemplo:

De la figura, del ejemplo anterior, ¿ qué movimientos ocurrirán en sus coordenadas en el sistema referencial 0 si existen movimientos en las coordenadas máquina $\theta_1, \theta_2, \theta_3$?

Para simplificar el punto $x_1 = y_1 = z_1$, se consideran $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$, esto es:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= c1(L_1 c2 + L_1 c23) \\
 y_1 &= s1(L_1 c2 + L_1 c23) \\
 z_1 &= D_1 + L_1 s2 + L_1 s23
 \end{aligned}$$

Al ocurrir pequeños movimientos en $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, los movimientos resultantes en x_1, y_1, z_1 serán:

$$\begin{vmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial x_0}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x_0}{\partial \theta_2} & \frac{\partial x_0}{\partial \theta_3} \\ \frac{\partial y_0}{\partial \theta_1} & \frac{\partial y_0}{\partial \theta_2} & \frac{\partial y_0}{\partial \theta_3} \\ \frac{\partial z_0}{\partial \theta_1} & \frac{\partial z_0}{\partial \theta_2} & \frac{\partial z_0}{\partial \theta_3} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta \theta_1 \\ \Delta \theta_2 \\ \Delta \theta_3 \end{vmatrix}$$

Donde la matriz de 3×3 recibe el nombre de Jacobiano J , la cual será posible evaluar mediante valores iniciales, por ejemplo : $L_2 = L_3 = 1$; $\theta_1 = 30^\circ$, $\theta_2 = 60^\circ$ y $\theta_3 = 30^\circ$, a partir de la derivación de las ecuaciones anteriores:

$$\frac{\partial x_0}{\partial \theta_1} = -(L_2 c_2 - L_3 c_23) s_1$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial \theta_2} = -(L_2 s_2 + L_3 s_23) c_1$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial \theta_3} = (L_2 c_2 - L_3 s_23) c_1$$

entonces :

$$J = \begin{vmatrix} -0.250 & -1.616 & -0.866 \\ -0.433 & -0.933 & -0.500 \\ 0 & 0.5 & 0 \end{vmatrix}$$

Ahora bien, si $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0.05$ rad., los movimientos resultantes serán :

Valor Exacto	Valor Aproximado
$\Delta x = -0.13370$	-0.1316
$\Delta y = -0.0566$	-0.500
$\Delta z = 0.0139$	0.0250

El problema inverso que resulta más difícil, se resuelve de la siguiente manera :

$$\begin{bmatrix} \Delta\theta_1 \\ \Delta\theta_2 \\ \Delta\theta_3 \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix}$$

En donde J^{-1} es la inversa de J , y la inversa de una matriz cuadrada se obtiene de :

$$J^{-1} = \frac{\text{adj}(J)}{(J)}$$

En donde $\text{adj}(J)$ es la adjunta de J y, (J) es el determinante de J

$$J^{-1} = -4 \begin{bmatrix} 0.250 & -0.433 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & -0.500 \\ 0.217 & 0.125 & 0.933 \end{bmatrix}$$

Tomando las perturbaciones $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.025$, se obtiene :

	valor aproximado	valor exacto
$\Delta\theta_1$ =	1.049°	0.981°
$\Delta\theta_2$ =	2.865°	3.496°
$\Delta\theta_3$ =	-7.303°	-8.130°

De esta forma, aún cuando el método reduce la complejidad, trae consigo impresiones que se puede reducir mediante el uso de variaciones o movimientos pequeños. Por ejemplo en donde una precisión extrema no es importante, como en el caso de prótesis de brazos o dispositivos teleoperados o bien, en aquellos casos en los que, por naturaleza del problema las variaciones son muy pequeñas, como lo es la tolerancia de los movimientos causados por la flexibilidad de la estructura del robot ; así, la técnica resulta

satisfactoria y de gran utilidad. En otras palabras, el método es aplicable cuando se utiliza un control de velocidad, es decir, la velocidad del efector final en el espacio es proporcional a la rapidez del cambio de las coordenadas máquina.

I.2.5.2. Dinámica del Manipulador

El modelo dinámico de un robot se puede obtener a partir de leyes físicas de la mecánica newtoniana y langrangiana; métodos convencionales como Lagrange-Euler, utiliza ecuaciones de estado para resolver el problema *dinámico directo*, esto es, dadas las fuerzas/pares deseadas, resolver las aceleraciones de las articulaciones para obtener las coordenadas y velocidades generalizadas; o para el problema *dinámico inverso*, dadas las coordenadas generalizadas deseadas y sus primeras derivadas respecto al tiempo, se calculan las fuerzas/pares generalizadas.

El cálculo de estos coeficientes requiere de una relativa cantidad de operaciones aritméticas y son muy difíciles de utilizar con fines de control en tiempo real.

Las ecuaciones de Newton-Euler son ecuaciones recursivas hacia adelante y hacia atrás. Hacia adelante propagan la información cinemática (velocidades lineales y angulares así como aceleraciones angulares y lineales del centro de masa de cada elemento). La recursión hacia atrás, propaga las fuerzas y momentos ejercidos sobre cada elemento desde el efector final, hasta el sistema de referencia de la base. Con este método se puede realizar el control en tiempo real en el espacio de las variables de articulación.

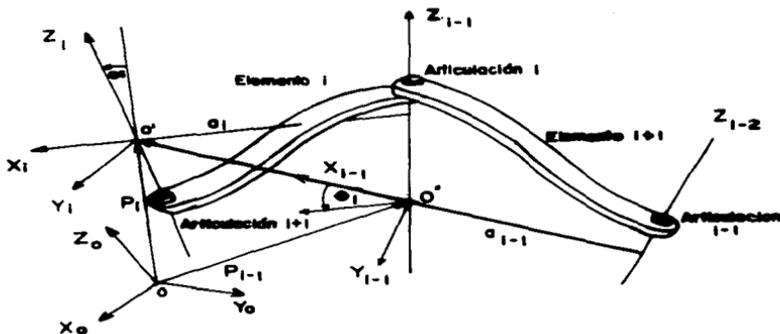
El método basado en el principio de D' Alembert generalizado se expresa explícitamente en forma vectorial matricial para análisis de control.

Toda la generación de ecuaciones de estos métodos son equivalentes unas con otras para describir la conducta dinámica del mismo robot físico.

Sin embargo su estructura difiere, ya que algunas se obtienen para lograr tiempos de cálculo rápido para controlar el manipulador; otras para el análisis y síntesis de control; e incluso para mejorar la simulación en una computadora del movimiento del robot.

Por lo cual y por razones de espacio, sólo se describirá uno, el método de Newton-Euler.

1.2.5.2.1. Newton-Euler. Diseñado para lograr el control en tiempo real, que ignora las fuerzas de Coriólis y centrífugas, con términos de tipo vectorial, basado en el principio de D' Alembert para describir la cinemática de los elementos que se mueven del robot con respecto al sistema de coordenadas de la base. Esto es, de la siguiente figura:



Con el sistema de coordenadas (x_0, y_0, z_0) en la base, $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ y (x_i, y_i, z_i) fijos respectivamente al elemento $i-1$ con origen O' y al elemento i con origen O'' .

El elemento O'' se localiza mediante un vector p_i con respecto al origen O' y por un vector de posición p_i' desde el origen O'' con respecto al sistema de coordenadas de la base.

Sea v_{i-1} y ω_{i-1} las velocidades lineales y angulares del sistema $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ respectivamente. ω_i , ω_i' las velocidades angular de O'' con respecto (x_0, y_0, z_0) y $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ respectivamente, entonces :

$$v_i = \frac{\delta^* p_i^*}{\delta t} + \omega_{i-1} \times p_i^* + v_{i-1}$$

$$\omega_i = \omega_{i-1} + \omega_i'$$

Donde la aceleración lineal \dot{v}_i y la aceleración $\dot{\omega}_i$ del sistema de coordenadas de la base son :

$$\dot{v}_i = \frac{\delta^{**} p_i^*}{\delta t^2} + \dot{\omega}_{i-1} \times p_i^* + 2\omega_{i-1} \times \frac{\delta^* p_i^*}{\delta t} + \omega_{i-1} \times (\omega_{i-1} \times p_i^*) + \dot{v}_{i-1}$$

$$\dot{\omega}_i = \dot{\omega}_{i-1} + \dot{\omega}_i'$$

Así, la aceleración angular del sistema de coordenadas (x_i, y_i, z_i) respecto a $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ es :

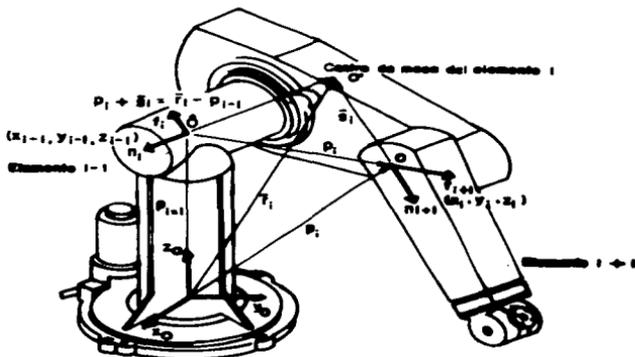
$$\dot{\omega}_i^* = \frac{\delta^* \omega_i}{\delta t} + \omega_{i-1}^* \times \omega_i^* \quad \text{que se expresa,}$$

$$\dot{\omega}_i^* = \dot{\omega}_{i-1}^* + \frac{\delta^* \omega_i}{\delta t} + \omega_{i-1}^* \times \omega_i^*$$

Ahora, si el elemento i es traslacional en el sistema de coordenadas $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$, se desplaza en la dirección z_{i-1} con una velocidad de articulación q_i relativa al elemento $i-1$.

Si es rotacional el sistema de coordenadas $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$, tiene una velocidad angular ω_i^* y el movimiento angular del elemento i es respecto del eje z_{i-1} .

Para el análisis de las ecuaciones de recurrencia hacia atrás, considérese un elemento i como se muestra en la siguiente figura.



Situando el origen O' en su centro de masa y haciendo corresponder las variables de la figura de la recurrencia hacia

adelante con las de esta figura considerar las siguientes expresiones :

m_i = masa total del elemento i

\bar{r}_i = posición del centro de masa del elemento i desde el origen del sistema de referencia de la base

\bar{r}_i = posición del centro de masa del elemento i desde el origen del sistema de coordenadas (x_i, y_i, z_i)

p_i = el origen del sistema de coordenadas i -ésimo con respecto al sistema de coordenadas $(i-1)$ -ésimo

$\bar{v}_i = \frac{\delta \bar{r}_i}{\delta t}$, velocidad lineal del ctro. de masa del elem. i

$\bar{a}_i = \frac{\delta \bar{v}_i}{\delta t}$, aceleración lineal del ctro. de masa del elem. i

F_i = fuerza total externa ejercida sobre el elem. i en el ctro. de masa

N_i = momento total externo ejercido sobre el elem. i en el ctro. de masa

I_i = matriz de inercia del elem. i respecto a su ctro. de masa con respecto al sistema de coordenadas (x_i, y_i, z_i)

f_i = fuerza ejercida sobre el elem. i por el elem. $i-1$ en el sist. de coordenadas $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ para soportar el elem. i y a los elem. por encima de él

n_i = momento ejercido sobre el elem. i por el elem. $i-1$ en el sist. de coordenadas $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$

Y omitiendo los efectos de rozamiento viscoso de toda articulación se tiene :

$$F_i = \frac{\delta(m_i \bar{v}_i)}{\delta t} = m_i \bar{a}_i$$

$$N_i = \frac{\delta(I_i \omega_i)}{\delta t} = I_i \dot{\omega}_i + \omega_i \times (I_i \omega_i)$$

La velocidad y aceleración lineal del ctro. de masa con (x_0, y_0, z_0) como sistema de coordenadas móvil, son :

$$\vec{v}_i = \omega \times \vec{s}_i + \dot{v}_i$$

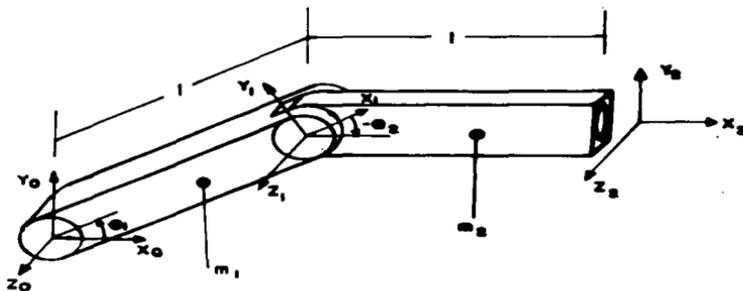
$$\vec{a}_i = \dot{\omega} \times \vec{s}_i + \omega \times (\omega \times \vec{s}_i) + \ddot{v}_i$$

Se pueden entonces representar como ecuaciones recursivas utilizando el hecho de que $F_i - p_{i-1} = p_i^* + \vec{s}_i$,

$$f_i = F_i + f_{i-1} = m_i \vec{a}_i + f_{i-1}$$

$$n_i = n_{i-1} + p_i^* \times f_{i-1} + (p_i^* + \vec{s}_i) \times F_i + N_i$$

Ejemplo. Con el fin de ilustrar estas ecuaciones se utiliza un manipulador con dos elementos con articulaciones de revolución, como lo muestra la siguiente figura. Todos sus ejes de rotación en las articulaciones son a lo largo del eje z , perpendicular a la superficie del papel.



Primeramente se obtienen las matrices de rotación de la figura:

$${}^0R_1 = \begin{bmatrix} C_1 & S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1R_2 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 \\ S_2 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0R_2 = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 \\ S_{12} & C_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1R_0 = \begin{bmatrix} C_1 & S_1 & 0 \\ -S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2R_1 = \begin{bmatrix} C_2 & S_2 & 0 \\ -S_2 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2R_0 = \begin{bmatrix} C_{12} & S_{12} & 0 \\ -S_{12} & C_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Con condiciones iniciales :

$$\omega_0 = \dot{\omega}_0 = v_0 = 0 \quad \text{y} \quad \dot{\psi}_0 = (0, g, 0)^T \quad \text{con} \quad g = 9,8062 \text{ m/s}^2$$

Ecuaciones hacia adelante : Calcular la velocidad angular para la articulación de revolución para $i = 1, 2$.

Para $i = 1$, con $\omega_0 = 0$, se tiene :

$${}^1R_0 \omega_1 = {}^1R_0 (\omega_0 + z_0 \dot{\theta}_1) =$$

$$= \begin{bmatrix} C_1 & S_1 & 0 \\ -S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\theta}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\theta}_1$$

Para $i = 2$ ${}^2R_0 \omega_2 = {}^2R_0 (\omega_0 + z_0 \dot{\theta}_2) =$

$$= \begin{bmatrix} C_2 & S_2 & 0 \\ -S_2 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\theta}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)$$

Calcular la aceleración para las articulaciones de revolución para $i = 1$, con $\dot{\omega}_1 = \omega_1 = 0$, se tiene :

$${}^1R_0\dot{\omega}_1 = {}^1R_0(\dot{\omega}_1 + z\ddot{\theta}_1 + \omega_1 \times z\dot{\omega}_1) = (0, 0, 1)^T \ddot{\theta}_1$$

Para $i = 2$:

$${}^2R_1\dot{\omega}_2 = {}^2R_1[{}^1R_0\dot{\omega}_1 + z\ddot{\theta}_2 + ({}^1R_0\omega_1) \times z\dot{\theta}_2] = (0, 0, 1)^T (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2)$$

La aceleración lineal para las articulaciones de revolución y $= 1, 2$. Y con $\dot{v} = (0, g, 0)^T$ entonces, para $i = 1$:

$${}^1R_0\dot{v}_1 = ({}^1R_0\dot{\omega}_1) \times ({}^1R_0p_1) + ({}^1R_0\omega_1) \times [({}^1R_0\omega_1) \times ({}^1R_0p_1)] + {}^1R_0\dot{v}_0 =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\theta}_1 \times \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\theta}_1 \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} + \begin{bmatrix} gS_1 \\ gC_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l\dot{\theta}_1^2 + gS_1 \\ l\dot{\theta}_1 + gC_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para $i = 2$, se tiene :

$${}^2R_0\dot{v}_2 = ({}^2R_1\dot{\omega}_2) \times ({}^2R_1p_2) + ({}^2R_1\omega_2) \times [({}^2R_1\omega_2) \times ({}^2R_1p_2)] + {}^2R_1({}^1R_0\dot{v}_1) =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} \times \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} + \begin{bmatrix} C_2 & S_2 & 0 \\ -S_2 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l\dot{\theta}_1^2 + gS_1 \\ l\dot{\theta}_1 + gC_1 \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} I(S_2\ddot{\theta}_1 - C_2\dot{\theta}_1^2 - \dot{\theta}_1^2\dot{\theta}_2^2 - 2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2) + gS_{12} \\ I(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2 + C_2\ddot{\theta}_1 + S_2\dot{\theta}_1^2) + gC_{12} \\ 0 \end{vmatrix}$$

En cuanto a la aceleración lineal en el centro de masa para los elementos 1 y 2. Para $i = 1$, se tiene:

$${}^1R_0\mathbf{a}_1 = ({}^1R_0\dot{\omega}_1) \times ({}^1R_0\mathbf{s}_2) + ({}^1R_0\omega_1) \times [({}^1R_0\omega_1) \times ({}^1R_0\mathbf{s}_1)] + {}^1R_0\dot{v}_1 =$$

$$\bar{x}_1 = \begin{vmatrix} -1/2 C \\ -1/2 S_1 \\ 0 \end{vmatrix} {}^1R_0\bar{x}_1 = \begin{vmatrix} C_1 & S_1 & 0 \\ -S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -1/2 \\ -1/2 S_1 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1/2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{esto es}$$

$${}^1R_0\bar{u}_1 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{vmatrix} \ddot{\theta}_1 \times \begin{vmatrix} -1/2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 \end{vmatrix} \times \left\{ \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} -1/2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \right\} + \begin{vmatrix} -I\dot{\theta}_1^2 + gS_1 \\ I\ddot{\theta}_1 + gC_1 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1/2\dot{\theta}_1^2 + gS_1 \\ 1/2\ddot{\theta}_1 + gC_1 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Para $i = 2$,

$${}^2R_0\mathbf{a}_2 = ({}^2R_0\dot{\omega}_2) \times ({}^2R_0\mathbf{s}_2) + ({}^2R_0\omega_2) \times (({}^2R_0\omega_2) \times ({}^2R_0\mathbf{s}_2)) + {}^2R_0\dot{v}_2 =$$

$$\bar{x}_2 = \begin{vmatrix} -1/2 C_{12} \\ -1/2 S_{12} \\ 0 \end{vmatrix} {}^2R_0\bar{x}_2 = \begin{vmatrix} C_1 & S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -1/2 C_{12} \\ -1/2 S_{12} \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1/2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{Así}$$

$${}^2R_0\bar{u}_2 = \begin{vmatrix} 0 & -1/2 \\ \theta_1 + \ddot{\theta}_1 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ \theta_1 + \ddot{\theta}_1 & \theta_1 + \ddot{\theta}_1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0 & -1/2 \\ \theta_1 + \ddot{\theta}_1 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} l(S_2\ddot{\theta}_1 - C_2\dot{\theta}_1^2 - \theta_2^2 - 2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2) + gS_{12} \\ l(C_2\ddot{\theta}_1 + S_2\dot{\theta}_1^2 + 1/2\ddot{\theta}_1 + 1/2\ddot{\theta}_2) + gC_{12} \\ 0 \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} l(S_2\ddot{\theta}_1 - C_2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_2^2 - \dot{\theta}_1\dot{\theta}_2) + gS_{12} \\ l(C_2\ddot{\theta}_1 + S_2\dot{\theta}_1^2 + 1/2\ddot{\theta}_1 + 1/2\ddot{\theta}_2) + gC_{12} \\ 0 \end{vmatrix}$$

Ecuaciones hacia atrás. Suponiendo que no hay condiciones de carga, $f_3 = n_3 = 0$, calcular la fuerza ejercida sobre el elemento i para $i = 2, 1$. Para $i = 2$, con $F_3 = 0$, se tiene :

$${}^2R_0f_2 = {}^2R_0({}^2R_0f_2) - {}^2R_0F_2 = {}^2R_0F_2 = m_2{}^2R_0a_2 =$$

$$\begin{vmatrix} m_2 l(S_2\ddot{\theta}_1 - C_2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_2^2 - \dot{\theta}_1\dot{\theta}_2) + gm_2S_{12} \\ m_2 l(C_2\ddot{\theta}_1 + S_2\dot{\theta}_1^2 + 1/2\ddot{\theta}_1 + 1/2\ddot{\theta}_2) + gm_2C_{12} \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Para } i = 1 : {}^2R_0f_1 = {}^2R_0({}^2R_0f_1) + {}^2R_0F_1 =$$

$$= \begin{vmatrix} C_1 & -S_2 & 0 \\ S_2 & C_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} m_2 l(S_2\ddot{\theta}_1 - C_2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_1^2 - 1/2\dot{\theta}_2^2 - \dot{\theta}_1\dot{\theta}_2) + gm_2S_{12} \\ m_2 l(C_2\ddot{\theta}_1 + S_2\dot{\theta}_1^2 + 1/2\ddot{\theta}_1 + 1/2\ddot{\theta}_2) + gm_2C_{12} \\ 0 \end{vmatrix} + m_1{}^1R_0\bar{a}_1 =$$

$$= \begin{vmatrix} m_2 l [-\dot{\theta}_1^2 - 1/2 C_2 (\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2) - C_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 - 1/2 S_2 (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2)] - m_2 g (C_{12} S_2 - C_2 S_{12}) - 1/2 m_2 l \dot{\theta}_1^2 + m_2 g S_1 \\ m_2 l [\ddot{\theta}_1 - 1/2 S_2 (\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2) - S_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 + 1/2 C_2 (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2)] + m_2 g C_1 + 1/2 m_2 l \ddot{\theta}_1 + g m_2 C_1 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Calcular el momento ejercido sobre el elemento i , para $i = 2, 1$.

Para $i = 2$, con $n_1 = 0$, se tienen :

$${}^2R_0 n_2 = ({}^2R_0 p_1^* + {}^2R_0 s_2) \times ({}^2R_0 F_2) + {}^2R_0 N_2 \quad \text{donde :}$$

$$p_1^* = \begin{vmatrix} C_{12} \\ S_{12} \\ 0 \end{vmatrix} \quad {}^2R_0 p_2^* = \begin{vmatrix} C_{12} & S_{12} & 0 \\ -S_{12} & C_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} C_{12} \\ S_{12} \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{así,}$$

$${}^2R_0 n_2 = \begin{vmatrix} 1/2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} m_2 l (S_2 \ddot{\theta}_1 - C_2 \ddot{\theta}_1^2 - 1/2 \dot{\theta}_1^2 - 1/2 \dot{\theta}_2^2 - \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2) + g m_2 S_{12} \\ m_2 l (C_2 \ddot{\theta}_1 + S_2 \ddot{\theta}_1^2 + 1/2 \dot{\theta}_1^2 + 1/2 \dot{\theta}_2^2) + g m_2 C_{12} \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/12 m_2 l^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/12 m_2 l^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ \ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2 \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 1/3 m_2 l^2 \ddot{\theta}_1 + 1/3 m_2 l^2 \ddot{\theta}_2 + 1/2 m_2 l^2 (O_2 \ddot{\theta}_1 + S_2 \dot{\theta}_1^2) + 1/2 m_2 l C_{12} \end{vmatrix}$$

Para $i = 1$:

$${}^1R_0N_1 = {}^2R_1[{}^2R_0N_2 + {}^2R_2P_1^*] \times ({}^2R_0F_2) + ({}^2R_2P_1^* + {}^1R_0S_1) \times ({}^1R_0F_1) + {}^1R_0N_1$$

$$P_1^* = \begin{Bmatrix} |C_1| \\ |S_1| \\ 0 \end{Bmatrix} \quad {}^2R_0P_1^* = \begin{Bmatrix} |C_2| \\ -|S_2| \\ 0 \end{Bmatrix} \quad {}^1R_0P_1^* = \begin{Bmatrix} |1| \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \text{Así}$$

$${}^1R_0N_1 = {}^1R_2({}^2R_0N_2) + 1R_2[({}^2R_2P_1^*) \times ({}^2R_0F_2)] + (1/2, 0, 0)^T \times {}^1R_0F_1 + {}^1R_0N_1$$

Finalmente se obtienen los pares aplicados a la articulación de cada uno de los actuadores para ambos elementos.

$$\text{Para } i = 2, \text{ con } b_2 = 0, \text{ se tiene : } \tau_2 = ({}^2R_2N_2)^T ({}^1R_0z_0) =$$

$$1/3 m_2 l^2 \theta_2 + 1/3 m_2 l^2 \theta_2 + 1/2 m_2 l^2 C_2 \theta_2 + 1/2 m_2 g l C_{12} + 1/2 m_2 l^2 S_2 \theta_2'$$

$$\text{Para } i = 1, \text{ con } b_1 = 0, \text{ se tiene : } \tau_1 = ({}^1R_0N_1)^T ({}^1R_0z_0) =$$

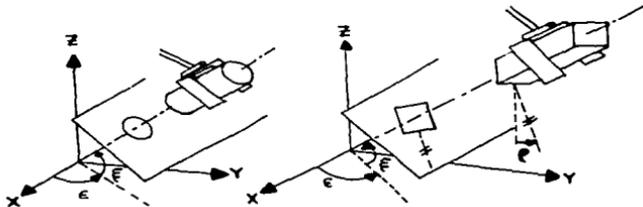
$$1/3 m_2 l^2 \theta_2 + 4/3 m_2 l^2 \theta_2 + 1/3 m_2 l^2 \theta_2 + m_2 C_2 l^2 \theta_2 + 1/2 m_2 l^2 C_2 \theta_2 - m_2 S_2 l^2 \theta_2 \theta_2' - 1/2 m_2 S_2 l^2 \theta_2'^2 + 1/2 m_2 g l C_1 + 1/2 m_2 g l C_{12} + m_2 g l C_1$$

I.2.6. Características del Efector Final

La función principal del eslabón de la muñeca es la orientación angular y la sujeción de piezas o herramienta.

En la orientación del efector final se dan principalmente tres tipos que pueden ser: **Inclinación horizontal o elevación**. Es la rotación del efector final sobre un eje horizontal en el extremo del brazo y perpendicular a su eje. Controla el ángulo ξ , mientras que en la segunda figura permite un movimiento hacia arriba y hacia abajo del efector final.

La **Inclinación vertical o azimutal**. Es la rotación sobre un eje vertical perpendicular a su eje, permite un movimiento de rotación de lado a lado y controla el ángulo ϵ en la figura dos. Finalmente la **Oscilación o balanceo** Es la rotación sobre el eje longitudinal de la muñeca, controla el ángulo ρ .

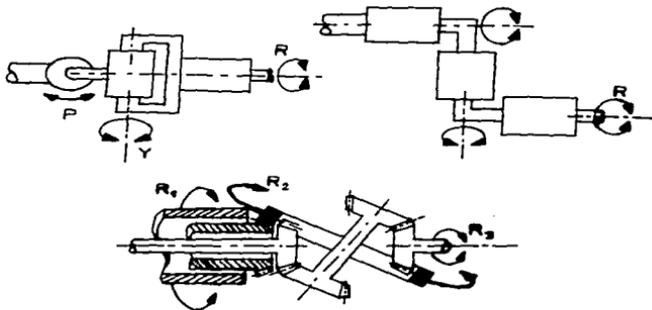


De las siguientes figuras, en la primera se muestra una elevación lateral de una muñeca con tres grados de libertad, con inclinación horizontal P , inclinación vertical Y , y una oscilación R , donde P , Y y R son las coordenadas de la máquina, dado que el efector final está acoplado al eje de oscilación, es posible usar

herramientas giratorias como taladros. Con capacidad en manejo de cargas de medianas a pesadas.

Para la segunda, rotaciones combinadas sobre los dos primeros ejes producen las inclinaciones horizontal y vertical. La oscilación la da el tercer eje. Dicho conjunto puede manejar cargas de entre pequeñas y medianas.

Una muñeca se impuse a distancia con motores distantes que impulsan árboles concéntricos. El funcionamiento se ilustra en la figura 3. El árbol del motor R1 hace girar a ambos motores; mientras que el eje R2 transmite el giro a la estructura R3 sobre una superficie cónica. Con actuador remoto y la intersección de los tres ejes se logra un diseño extremadamente compacto.

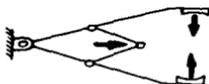


Ahora bien para el efector final se pueden adoptar diversas forma de herramienta, como un porta electrodos de soldadura, un taladro, una pistola rociadora, o dispositivos especiales como

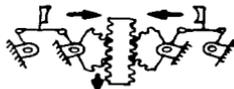
I.2.6.1. **tenazas** cuya función principal consiste en sujetar y soltar piezas de trabajo durante una transferencia. Se clasifican como mecánicas, de vacío y magnéticas, o universales.

I.2.6.1.1. Las tenazas **mecánicas** pueden ser:

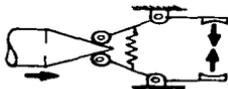
Articuladas, a) usan solamente pares rotacionales, b) prismáticos y rotacionales.



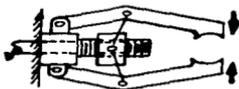
Cremallera y piñón, e) con entrada de energía giratoria, f) provee un movimiento en paralelo de las mordazas de la tenaza.



De tipo de biela g) utiliza un resorte para liberación, h) con capacidad variada de perfiles de bielas (velocidad constante, armónicas, etc.).



De Tornillo, dispositivos que requieren entradas giratorias.



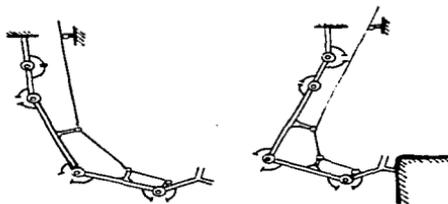
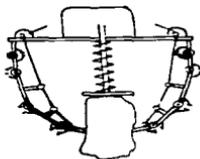
I.2.6.1.2. Tenazas operación en vacío y magnéticas. Las primeras utilizan copas de vacío, forma cómoda de sujeción que se ejerce naturalmente al primirlas sobre superficies planas y tersas, su fuerza máxima de sujeción es de 140 N. En el caso de superficies muy rugosas se utilizan bombas para generar vacío, con varias copas distribuidas según el elemento por sujetar. Logran fuerzas de hasta 200 N.

I.2.6.1.3. En cuanto a las tenazas magnéticas, son usadas para el manejo de materiales ferrosos planos. Se emplean imanes permanentes, aunque las piezas deben liberarse por medios mecánicos, son adecuados para usarse en ambientes peligrosos, puesto que no requieren de una fuente de energía o electroimanes, los cuales tienen una secuencia de sujeción y liberación rápida, y son adecuados para un control remoto.

I.2.6.1.4. Tenazas universales. Son capaces de sujetar objetos de distintas formas por la introducción de tenazas dobles en 1979, tenazas inflables en 1980 que, utilizan una bolsa flexible llena de algún material suelto (esferas de vidrio o metal) que se presuriza para adoptar la forma del componente por sujetar. Otro tipo son las tenazas suaves (1977), poseen un sencillo sistema de control que permite a la tenaza se amolde delicadamente a objetos de cualquier forma.

I.2.6.1.5. Manos Mecánicas. Las tenazas Universales por excelencia son las manos humanas. Generalmente son diseñadas simulando tres dedos, índice medio y pulgar, los cuales pueden ser huecos o de tres falanges en cada dedo. Todas las articulaciones usan pares R simples, impulsados con cables que corren por pequeñas mangueras para que no interfirieran con los movimientos de cada dedo. En 1981 se incorpora la mano con palma, un resorte pretensado que permite el regreso del dedo a su posición original, y un tope mecánico en cada articulación de los dedos. Así pues el dispositivo óptico activan los motores de paso, los alambres se ponen en tensión, los

dedos tocan el componente y, junto con la palma lo sujetan y levantan, hasta que el potencial del sensor de posición en la palma excede el nivel preestablecido, los motores se detienen. Su capacidad de carga es de hasta 100 N.



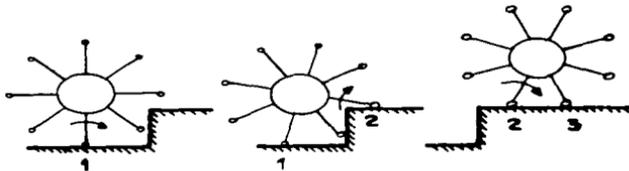
I.2.7. Desplazamiento Del Robot

Los sistemas de manufactura flexible (FMS), requieren a demás de equipo de ensamble, maquinado, etc. equipo de transporte entre los diversos procesos de producción; puesto que resulta costoso llegar a cambiar la distribución de maquinaria y rutas de transporte en un sistema inflexible como rodillos, bandas, bandas elevadoras, etc.

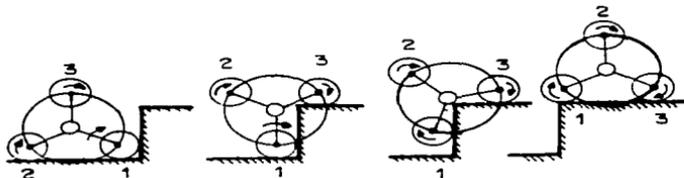
Por tal razón se han hecho estudios en la mitad inferior del robot para lograr su movilidad. Algunas de las aplicaciones de robots móviles son, el robot doméstico, el velador, que controla la seguridad en edificios, el bombero, que puede llegar directamente al lugar del incendio, el cuida enfermos, que puede levantar, sostener y mover pacientes o niños minusválidos.

I.2.7.1. La disposición de llantas duras en los robots es adecuado para pisos parejos en las que las rutas están programadas con anterioridad.

I.2.7.2. Cuando se requiere que el robot suba escalones y escaleras o rodear obstáculos es necesario usar **rueda sin rin y de rayos** como se muestra en el dibujo. Al girar la rueda sobre el primer rayo le permite al segundo hacer contacto hasta que el siguiente rayo entra en contacto con la parte superior del escalón y así sucesivamente.



I.2.7.3. La rueda veneciana. Consiste en tres ruedas que giran libremente espaciadas a intervalos iguales al rededor de una circunferencia, impulsados por medio de engranes reductores desde una rueda central de engranes y, que opera bajo el mismo principio de la rueda de rayos. El robot móvil que utiliza este tipo es el TO-ROVER, de cuatro ruedas y es usado para la inspección de plantas de energía nuclear.



I.2.7.4. El dispositivo utilizado por el robot bombero es similar al de los vehículos con orugas, pero con instalación de resortes en los ejes delantero y trasero, de forma tal que la banda de rodamiento al flexionarse a lo largo pueda absorber el impacto en el piso que se genera después de superar un obstáculo.

I.2.7.5. Finalmente se tienen las máquinas caminantes, pueden atravesar terrenos disparejos con un mínimo de balanceo y sacudidas, capaces de maniobrar en espacios confinados dentro de edificios y transportar cargas pesadas sobre terrenos suaves. Existen máquinas de una sola pata, cuya única secuencia es el salto, o bien de dos patas propiciando la caminata o carrera en forma secuencial.

Básicamente la máquina logra una estabilidad dinámica al saltar en la misma dirección en que se inclina. Así cuando es

estáticamente inestable, puede ser al mismo tiempo estáticamente estable. Aumentando el número de patas, la estabilidad es mayor como en los insectos.

I.2.3. Sistemas de Accionamiento

Los sistemas de accionamiento o impulsión son dispositivos para conversión de energía, que transforman una potencia eléctrica, hidráulica o neumática en una potencia mecánica.

I.2.3.1. Accionamiento Hidráulico. Genera fuerzas de gran magnitud debida a sus grandes potencias de trabajo de hasta 290×10^5 N/m², 290 bar con sólo un cilindro de 2 cm de diámetro y una fuerza de 8900 N. Se utiliza para robots grandes como el Unimate serie 2000; proporcionándole mayor velocidad y resistencia mecánica. Los motores hidráulicos son más pequeños que los eléctricos a capacidades similares de generación de potencia. Sin embargo, son sistemas costosos en la manufacturación de la precisión de separaciones entre partes fijas y móviles para evitar de esta manera desperdicios de potencia; son inconvenientes de usar en entornos de suma higiene, y requieren de ciertos espacios para sus tuberías.

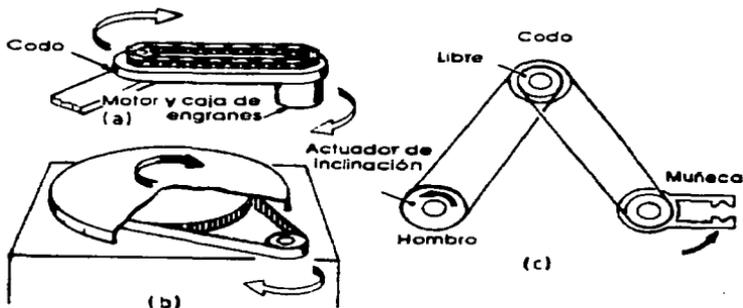
I.2.3.2. Accionamiento Neumático. Utiliza aire como elemento de trabajo, actualmente gases inertes y gases calientes. Su presión de trabajo se ve limitada de 7 a 10 bar, por ineficiencia en la compresión de gases y la peligrosidad de almacenamiento a alta presión. Ideal para robots pequeños de menor número de grados de libertad y operaciones simples como coger y situar, con ciclos rápidos. Son sistemas poco costosos, sus componentes siempre se encuentran fácilmente, existen una gran variedad de válvulas y de tamaños de cilindros, su mantenimiento es económico y sencillo (se

limita sólo al cambio de sellos en válvulas y de cojinetes a los cilindros), no existe peligro de incendio, pueden trabajar a temperaturas de 80 y 90°C e incluso temperaturas superiores con sellos resistentes a altas temperaturas y son sistemas limpios. Pero con la desventaja de que los cilindros neumáticos ocupan gran espacio, muy ruidosos y resultan costosos si se desean obtener potencias considerables.

I.2.8.3. Accionamiento Eléctrico. Son sistemas poco costosos y se obtienen fácilmente, son silenciosos y limpios, son mejores en cuanto exactitud y repetibilidad; por lo cual se utiliza en robots pequeños de menor área de trabajo ocupacional, como el caso del MAKER 110. No obstante es posible la generación de arcos, la cual puede provocar riesgos de incendio, por tanto están limitados de ciertas tareas como la aplicación de pinturas por aspersion, y las descargas eléctricas representan riesgo de seguridad; las relaciones potencia peso y par/peso son reducidas, así pues, como los pares pequeños requieren de gran cantidad de engranes se producen problemas de control adicional.

I.2.8.4. Impulsores Dentro de estos deben distinguirse; **Impulsores Directos**, los cuales no tienen enlaces mecánicos entre el actuador y el eslabón del impulsor, son compactos, permiten su instalación en articulaciones de robots, son sencillos, fáciles de mantener y tienen elevadas capacidades de generación de fuerza y pares (cilindros y motores neumáticos) ; mientras que los **Impulsores Indirectos** requieren de transmisión mecánica entre actuadores y elemento impulsado con el propósito de incrementar la fuerza y el par de salida (engranes tornillos sinfín, bandas cadenas, etc.) usados para producir movimientos rápidos a lo largo de distancias cortas.

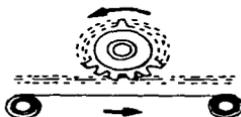
Las transmisiones por cadena se encuentran por lo general en grandes manipuladores como SCARA en los que el accionamiento del codo está montado en la base (figura a), mientras que transmisión de banda (figura b) o cable (figura c) son usadas para máquinas más pequeñas.



El Locoman desarrollado en la Universidad de Brisingham y comercializado por Pendar Robotics, emplea motores de paso y el movimiento giratorio de los mismos se transforman en un movimiento lineal por medio de tornillo de bolas, que se muestra en la siguiente figura y que consiste en, un cojinete con una cuerda interior colocada sobre una varilla encordada. Especial para configuraciones cilíndrica o cartesiana.

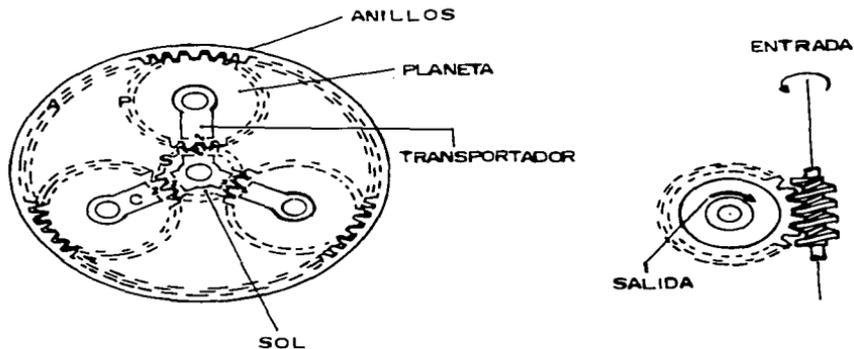


Los engranes pueden usarse en los robots para alterar tanto la velocidad como la dirección de movimiento de rotación en un movimiento lineal y viceversa. El sistema cremallera piñón se encuentra en robots en los que se desea obtener un movimiento lineal a partir de un motor.



Los engranes rectos son satisfactorios para reducciones moderadas de velocidad, así como el sistema de engranes epicíclicos (figura 1) consta de una rueda solar con S dientes, ruedas planetarias con P dientes sostenidas por un transportador C y un anillo central con A dientes que determinan geoméricamente que

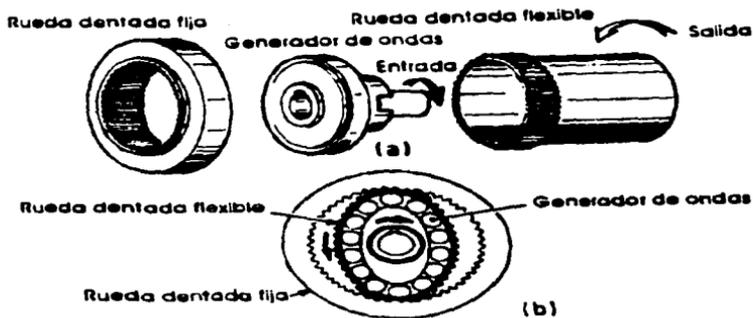
$A=S+2P$ donde $P < 0.464A$. Su función consiste en fijar un elemento, tomar un segundo como entrada y un tercero como salida. También pueden obtenerse importantes reducciones a partir de tornillos sinfín, empleado en ocasiones para hacer girar la base del robots pequeños con la ventaja de ser autoasegurables, es decir, la salida se asegura cuando la entrada se libera del par aplicado (figura 2).



La siguiente figura muestra un impulsor armónico, que también es un reductor, el eje de entrada impulsa un generador de ondas elíptico (cojinete de bolas) ensamblado al rededor de un formador de ondas elíptico. El elemento de salida es el Flexspline (copa con un

engrane externo), éste se acopla a los dientes del engrane interno el cual es rígido y está fijado sobre el cuerpo de la transmisión.

Se utiliza cuando se colocan motores eléctricos en las articulaciones del robot. Proporciona una gran relación de reducción, es mecánicamente rígido, ligero y carece de juego. Patentado y diseñado por el grupo de maquinaria Eshart en Wakefield E.U. de Norteamérica.



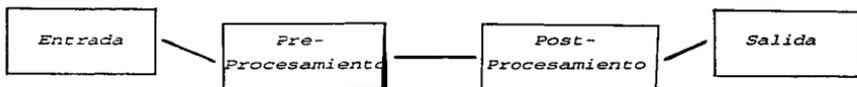
I.2.9. Sensores, Transductores e Inteligencia Artificial

I.2.9.1. Transductores y Sensores. Los sensores son usados para proveer información acerca de las condiciones de sistemas de medición. Entendiéndose por:

"Sensor. Parte del sistema de medición que responde a un parámetro físico particular a ser medido.

Transductor. Componente del sistema de medición que transfiere información en forma de energía de una parte del sistema a otra, incluyendo en algunos casos cambio de la forma de energía que contiene la información".

El sistema se integra de una estación de pre-procesamiento, la cual provee características de presentación a la información de un elemento sensor, detectado por un transductor que responde al estímulo físico. Y una estación de post-procesamiento a la salida del transductor, la cual produce la salida final.



Las principales formas de transferencia de energía de un transductor son:

Radiante. Convierte el espectro electromagnético de la radiación, principalmente en parámetros como intensidad y polarización.

Mecánico. Conversión de parámetros como la distancia, velocidad, volumen y fuerza.

Magnético. Conversión de parámetros magnéticos, resistencia, densidad de corriente.

Térmico. Conversión de los efectos de la temperatura sobre los materiales en parámetros como, calor latente y cambios de estado.

Eléctrico. Conversión de parámetros eléctricos como, voltaje resistencia y capacitancia.

Química. Conversión de parámetros relacionados con la estructura interna de la materia incluyendo, concentración de materia, estructura cristalina y estado de agregación.

En cuanto a la clasificación de transductores, existen diversas formas, en donde la más general es de acuerdo a su rendimiento, por el tipo de funcionamiento y por el tipo de salida, esto es:

Por el tipo de **Funcionamiento.** Involucra la información de parámetros mecánicos como:

Desplazamiento lineal y angular

Velocidad

Aceleración, vibración

Dimensionales: área volumen, rugosidad, densidad, deformación.

Masa. Peso

Fuerza. Relativa, absoluta, estática, dinámica, torque y presión.

Otros viscosidad, dureza.

Por **Rendimiento.** Conforme a parámetros de ocurrencia, repetibilidad, sensibilidad, linealidad y rango. Deberá ser examinado varias veces para producir un dispositivo adecuado.

Por el tipo de **Salida.** Analógica, provee una señal continua. Digital, Representación digital en serie o paralelo. Frecuencia, salida continua de pulsos que puede ser convertida en digital por el uso de contadores y cronómetros. Código, se producen señales en modulación de señales de frecuencia o amplitud y pulso

Transductores más comunes:

Ópticos. Usados en fotodetectores de fibra óptica y materiales ópticos.

Piezoelectrónicos. Basados por acelerómetros, sistemas ultrasonoros, utilizados para la detección de gases y datos de presión.

Ultrasonido. Usados para control medico, detectando la presencia de sustancias tóxicas en el cuerpo humano.

Los **Sensores** del robot son empleados como dispositivos periféricos, los cuales comprenden las siguientes categorías generales: Sensores táctiles, que responden a fuerzas de contacto con otro objeto, algunos son capaces de medir el nivel de fuerza implicada; sensores de proximidad y alcance, indican cuando un objeto próximo, antes de que se produzca el contacto, y detecta la distancia entre objetos; entre otros, que incluyen clases diversas de sensores para detectar alguna condición determinada como temperatura, presión, etc.; así como visión de máquina, realiza tareas de inspección y reconocimiento de piezas.

I.2.9.2. Detección Táctil. Da información en bruto sobre el contacto con un objeto, permite determinar la distribución de las fuerzas de contacto para calcular la magnitud y la dirección de la fuerza bruta de contacto. Determina si un objeto se ha sujetado o si se encuentra en la posición correcta para sujetarse. Basado principalmente en el cambio de la resistencia eléctrica en materiales como fibra de carbon, dado que ésta se puede moldear a la superficie de la tenaza. Utiliza una piel artificial que consiste en arreglos de elementos sensores de fuerza o unidades táctiles en los dedos de un efector final, de formas diversas disponibles en el mercado.

I.2.9.3. Detección de Proximidad. Su función principal es determinar si un objeto o parte de un objeto se encuentra a una distancia determinada del efector final del robot sin que exista contacto. Para ello se auxilian de interruptores Neumáticos, ya sea de presión (que incluye calibradores de aire), o de chorro; un chorro de aire pasa a través de un espacio libre hacia un receptor donde se recupera algo de esta presión, si un objeto interrumpe el chorro de aire, la presión disminuye y el cambio en la señal puede ser utilizada para indicar la presencia de un objeto. **Acústicos,** su

principal elemento es un generador ultrasónico, el cual depende de la reflexión del haz desde el objeto; la detección de la señal acústica reflejada indicara la presencia del objeto (intervalo de proximidad 5 a 100 cm). Magnéticos-Eléctricos, consiste en dos láminas delgadas o lengüetas de material magnético encapsuladas en una envoltura de cristal con conexiones externas a un circuito eléctrico, por lo general las láminas están separadas, por lo que el circuito permanece abierto, pero si el sensor ingresa en un campo magnético, las láminas se atraen estableciendo un contacto eléctrico. Y Opticos, uso de diodos emisores de luz (LED) infrarrojos, uno emisor y otro fototransistor; la luz infrarroja se dirige hacia un objeto y la intensidad de la luz reflejada según la perciba el fototransistor, es una función de la distancia al objeto.

I.2.9.4. Detección de Deslizamiento. La fuerza mínima de sujeción es aquella que provee suficiente fricción para evitar que el objeto se deslice. Para detectarlo se han usado micrófonos interconstruidos en prótesis manuales que detectan por medio del sonido que este produce. Otro método es un rodillo interconstruido en unas tenazas de robot que entra en contacto con la parte por levantar, si existe un deslizamiento este se detecta por un sensor fotoeléctrico.

I.2.9.5. Visión Artificial. Esta más orientada a determinar no sólo la distancia a la que se encuentra el objeto, sino además su posición, su orientación, su forma y, en realidad, su identidad. Las principales funciones de un robot con visión artificial son, reconocimiento de piezas de trabajo y ensambles; determinación de la posición y la orientación de piezas de trabajo y ensambles relativas a un conjunto preestablecido de ejes de coordenadas; extracción y localización de características sobresalientes de una pieza de trabajo y ensamble para establecer una referencia espacial; inspección en proceso; verificación de que un proceso se ha llevado, o se está llevando a cabo en forma satisfactoria.

I.2.9.6. Inteligencia Artificial. Nace en agosto de 1956 a través de la conferencia en Dartmouth E.U con científicos del grado de J.McCarthy, M.Minsky, C.Shannon y H.Simon, en la cual prepusieron la posibilidad de realizar programas de computadora dotados de inteligencia, en LIPS, "lenguaje guía" de la inteligencia artificial.

Para los 60's se marca el verdadero despegue, con numerosos proyectos, como algoritmos de investigación para ayudar a encontrar, un sistema general de resolución de problemas GPS, sistema de calculo formal de matemáticas.

Durante los 70's se establecen las bases de la IA actual como representación del conocimiento y el razonamiento: en sistemas expertos, comprensión de lenguaje natural, o robótica avanzada.

En los 80's es el ingreso de la IA en la vida económica y un notable esfuerzo o acercamiento a la investigación mediante proyectos muy ambiciosos generalmente de carácter industrial.

El campo de la inteligencia artificial abarca una amplia gama de actividades de investigación, incluyendo la percepción visual, comprensión del lenguaje, manejo de datos, programación automática y juegos. Sin embargo las dos primeras son las de mayor importancia para la robótica.

I.2.10. Programación de Robots

"El sistema de programación de un robot es la interfase que permite el acceso a sus capacidades funcionales, en el cual el elemento principal es el lenguaje de programación, auténtico medio de comunicación entre el hombre y la máquina."¹⁰

¹⁰. Franco T. Fransico, Cardiel N. Jesus, FES Cuautitlan.

"La programación son secuencias de instrucciones para ser desempeñadas por el robot para producir algún objetivo deseado."¹¹

I.2.10.1. Existen varios métodos para programar robots, las categorías básicas más comerciales son: **Programación Gestual "teach through"**. Utiliza una caja de control denominada "teach pendat", la cual está provista de una serie de conmutadores y mandos para controlar los movimientos del robot durante el procedimiento de enseñanza. Es el método más utilizado para los robots de reproducción, por lo cual el programador solo deberá procurar que la secuencia de los movimientos sea la correcta.

En su forma básica la enseñanza por guiado es un modo de programación en el que se desplaza la extremidad del manipulador de forma que el efector (garra, pistola de soldar, de pintar, etc.) alcance el comportamiento que se desea. Simultáneamente, el sistema de control registra los diferentes movimientos, así como operaciones auxiliares que el programador especifique mediante un teclado.

I.2.10.2. Programación Textual. Este método utiliza un lenguaje similar al inglés para establecer la lógica y la secuencia del ciclo de trabajo, a través de la terminal de una computadora que introduce las instrucciones del programa en el controlador, también emplea una caja de control para definir las posiciones en el espacio de trabajo. Se lleva a cabo normalmente mediante instrucciones especiales para, definir los movimientos del robot, acceder a la información de los sensores y actuar sobre equipos periféricos al robot (eventualmente a otros robots).

¹¹. Gordon McCombo.

El método nombra los puntos con símbolos como se muestra a continuación.

SPEED 35 IPS
MOVE P1
CLOSE 40MM
WAIT 1 SEC
DEPART 60MM

De las cuales se indica que, su velocidad en la muñeca debe ser de 35 plg/seg, en los movimientos que siguen. Move indica desplazar su pinza al punto P1 y cerrarla con una abertura de 40mm; se le ordena que espere un segundo antes de abandonar el punto P1 en una distancia de 60mm por encima del punto.

I.2.10.3. Programación a Nivel Tarea. Esta permite que el programador ignore los detalles de la manipulación. Tiene que integrar de la manera más transparente posible, funciones complejas de percepción-actuación, modelado de objetos y del universo del robot, órdenes, etc. El procesamiento a nivel tarea producirá un programa a nivel objeto en el que se especifican las operaciones unitarias a efectuar sobre los objetos (place, insert, turn, etc.), y éste a su vez producirá un programa a nivel explícito, el cual requiere de actividades como, cálculo simbólico de posiciones de los objetos, determinación de las situaciones de agarre de los objetos, generación de trayectorias en la que robot y objetos no colisionen con el resto del universo, integración de la percepción (visión, tacto, etc.) en la definición y ejecución de movimientos.

Sin embargo en la actualidad no existe ningún sistema de programación a nivel tarea que esté operando.

I.2.10.4. Programación Gráfica. El diseño asistido por computadora tiene influencia en la programación de robots a través de simuladores gráficos del robot y la tarea. Consiste en hacer que un pseudorobot evolucione en un terminal gráfico, el cual puede

adoptar gran variedad de formas, desde la presentación de una secuencia de tareas, hasta la simulación cinemática del movimiento completo, superponiendo imágenes próximas.

Con éste tipo de programación es posible determinar, posiciones más orientadas en las que se ubican objetos y sus puntos de agarre (definición de situaciones); análisis de colisiones; modelado geométrico de objetos, modelo geométrico-cinemático del robot y el modelado geométrico del entorno del robot en que se expresan las ubicaciones y relaciones entre objetos y robot. Pero como desventaja es posible mencionar la dificultad de simulación de los sensores.

I.2.11. Aplicaciones de Robots

La tecnología que contribuyó a la construcción de robots o que emergió como consecuencia de ella, está encontrando aplicaciones en áreas muy distintas. Actualmente es posible encontrar robots en las plantas industriales, dentro de los procesos de manufactura, como en soldadura, ensamble de partes, pintura y recubrimientos, empaque y en procesos de manufactura de plásticos. En la práctica quirúrgica la investigación científica hace posible la reconstrucción del hombre por el hombre; Hoy es posible la implantación de piezas artificiales, como brazos, piernas, manos, pies e incluso el corazón entre otros órganos que son capaces de simular la locomoción natural del hombre.

Tiene además aplicaciones que están en investigación tanto para ser utilizadas en el medio espacial como para el campo de la medicina.

Sin pasar por alto la aplicación que se le a dado al mundo de la ciencia ficción que desde 1921 se han ilustrado escenificaciones a través del uso de seres mecánicos al servicio del hombre, filmes en los que se representan la dominación y superioridad de estos

seres sobre el hombre su propio creador, filmes futurista en los que la población robótica se iguala y se hace tan común con las actividades humanas, finalmente explotarlas como herramienta esencial de simulación para crear los medios espaciales o prehistóricos de una manera más real y lograr en el espectador su completa aceptación.

I.2.1.1.1. Teleoperadores

"Un teleoperador u operador teledirigido es un sistema cibernético humano-máquina diseñado para aumentar y ampliar los sentidos y la destreza humana".¹⁴

Donde cibernético se refiere al control y retroalimentación de la información, el término humano-máquina al hecho de que el hombre mantiene el control, y el prefijo tele describe la habilidad para proyectar los sentidos y la destreza humana a través de las barreras impuestas por la distancia, la hostilidad de algún ambiente o la magnitud física de la tarea por realizar.

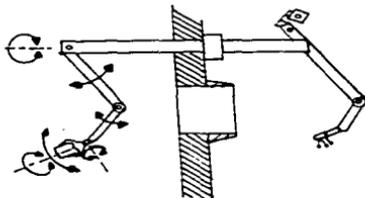
Su función principal es la de conectar por medio de cables mecánicos, o por medio de ondas de radio el espacio de control y el área de trabajo; aumentar la fuerza de un ser humano normal e incluso reproducir las funciones vitales de partes faltantes del cuerpo humano.

La primera aplicación fue usada para manejar isótopos y productos químicos radioactivos para la fabricación de combustibles nucleares y para la inspección de equipo radioactivo, los cuales se desarrollaron en el Laboratorio Nacional de Argonne de la U.S. (ANL) de la comisión de Energía Atómica de Estados Unidos (1964), como el que se muestra en el dibujo.

¹⁴. D. McCloy

La entrada o brazo maestro, está acoplado por medios mecánicos o eléctricos a una salida o esclavo idéntico o similar en cuanto a su forma geométrica. El tipo de acoplamiento funcionaba en un sólo sentido, que iba de la entrada a la salida.

Nuevos avances lograron que el operador sintiera lo que sucedía en el extremo de la salida por la implementación de acoplamientos en dos sentidos produciendo fuerzas de inercia y trabajo hacia el brazo maestro.



Entradas por voz, el operador ya no aplica fuerza para lograr el movimiento. Estos sistemas de reconocimiento automático de la voz (ASR), son utilizados para tener acceso en forma oral a archivos de datos y a áreas de extrema seguridad, puede ayudar a los minusválidos, pueden usarse como auxiliares en la enseñanza.

Su objetivo primordial es crear un sistema automático de reconocimiento de voz.

Básicamente incluye una serie de etapas de procesamiento de datos que convierte señales acústicas analógicas a señales eléctricas digitales, extraen características mensurables de estas señales y comparan esta información extraída con modelos almacenados.

Las principales Aplicaciones de Teleoperadores son de tipo espacial, oceanográfica, y máquinas cibernéticas antropomórficas.

La NASA logró posar el Surveyor sobre la superficie lunar. El operador podía accionar un motor por vez a través de comandos digitales generados desde la estación de redes de Goldstone del espacio exterior de la NASA ubicado en California.

El Viking 2 llevó a cabo operaciones similares en Marte.

El transbordador SATO fue capaz de recuperar el teleoperador en vuelo libre FFTO. Sistema desarrollado para la colocación, la captura, el mantenimiento, la reparación de satélites, la corrección de órbitas de los mismos, destrucción de satélites militares e incluso la construcción de estaciones espaciales, entre otros.



En profundidades marinas mayores a 20 m la presión corporal interna debe aumentarse para igualar la presión hidrostática pero es un riesgo que los buzos pueden sufrir conocido como síndrome nervioso de alta presión. Deben evitar el envenenamiento por nitrógeno ocasionado por la descomposición del aire en profundidades mayores a 50 m.

Todo ello puede evitarse mediante el uso de sumergibles (submarinos) tripulados ya sea por nado libre o dependiente de una nave nodriza (1976).

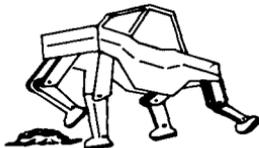
Utilizados principalmente para el muestreo selectivo de rocas; la construcción de pozos petroleros; salvamento; así como para el mantenimiento de estaciones militares marinas.



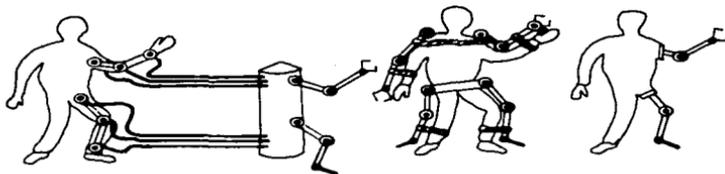
General Electric Company diseñó una máquina estrechamente interrelacionados con el operador, el Hardiman, máquina exoesquelética o amplificador humano (1966) utilizado para aplicaciones militares, era capaz de levantar y manipular masas de hasta 100 kg. y transportarla a una distancia de 8 m en 10 seg.



Y el camión caminante (1968) también construido para aplicaciones militares en el cual combinó el uso de teleoperadores con el uso de patas.



Por último cabe mencionar el uso de este tipo de dispositivos para personas incapacitadas.



I.2.11.3. Industrialmente. Dentro de los procesos de manufactura se pueden mencionar en el siguiente orden. Soldadura Por Puntos. La industria automotriz es especialmente portadora de un área con múltiples robots que operan en forma simultánea.

Soldadura Por Arco. Basta con cinco grados de libertad para operaciones de este tipo, aunque seis sería una tarea más práctica. La enseñanza se lleva a cabo por guiado de trayectoria señalando los puntos finales de cada unión en una línea recta, o tres puntos en el caso de una circulo. El tipo de robot utilizados para esta operación son el PUMA Llamado Sistema Puma de Soldadura por Arco (Puma Arc Welding System, PAWS), en lenguaje VAL, y un sistema exclusivo de soldadura DIGIMING.

Moldeo Por Inyección. El papel del robot en el modelo por inyección consiste en descargar la máquina en la siguiente secuencia.

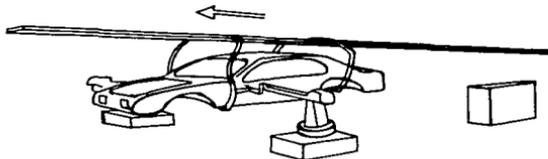
- a) Cierre de molde
- b) Inyección del polímero
- c) Tiempo de residencia
- d) Asentamiento
- e) Apertura del molde
- f) Remoción de la parte

Este tipo de máquinas tiende a ser grandes y costosas. Tres grados de libertad son suficientes para carga y descarga automática. Un mismo robot es posible atender hasta cuatro máquinas.

El Revestimiento De Superficies, incluye operaciones como el pintado, el esmaltado, aplicación de selladores a las carrocerías automotrices y el electrorecubrimiento metálico.

En el esmaltado de lavabos por ejemplo, se hace girar una banda transportadora bajo el control de la computadora del robot situado sobre una mesa con giro de 180. El área para pintar está restringida por una cabina, la cual protege a los operadores, y recolectar el esmalte sobrante para reciclarlo. El robot es impulsado por medios hidráulicos, no se requiere de gran capacidad de carga ni de precisión.

En el proceso de pintura, las carrocerías automotrices van suspendidas de una banda transportadora en constante movimiento. Un sistema de visión identifica cada parte y comunica la información a una computadora central de supervisión, la cual carga el programa adecuado para cada robot. Toda la operación de pintado está contenida en una gran cabina que cumple con los mismos propósitos de la cabina de esmaltado.



Servicio a Maquinas Herramientas. El uso de un robot para las operaciones de carga y descarga colocado en una celda de trabajo, mientras la máquina herramienta se utiliza a toda su capacidad, implica un enorme ahorro de tiempo. Más aun cuando el robot se encarga de la carga y descarga de dos máquinas.

En cuanto al *Ensamble*, es esta una operación complicada ya que requiere de retroalimentación generada por sensores.

Un robot para ensamble es del tipo SCARA que permite una rotación continua de la muñeca, adecuada para tareas de perforación e inserción de tornillos sin necesidad de motores adicionales. Otra tipo de robot es el SERIE 3 de Olivetti, que se encarga del ensamble de conectores electrónicos, cubiertas de motores, válvulas de inyección, etc.

Finalmente la *Inspección* que es la parte integral de todo proceso que debe llevarse a cabo durante el ciclo de operación. Los componentes esenciales son un robot, un sistema sensor automático y un medio de comunicación entre ambos. A través de un sensor ultrasónico para la inspección de artes de fibra de carbono compuesta fabricadas en la industria aeroespacial. El método de pruebas no destructivo para probar estas fallas consiste en transmitir una señal de ultrasónica a través del material para identificar la presencia de fisuras o de laminaciones a partir del patrón de la señal atenuada, que es recogida por un receptor en el otro lado del material.

I.2.11.3. En Medicina . La ingeniería más avanzada es el resultado del esfuerzo de muchos países, que en base a la investigación científica, el saber tecnológico y la moderna práctica quirúrgica, permiten hoy la recuperación de funciones vitales, la rehabilitación física y la prolongación de la propia vida gracias

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

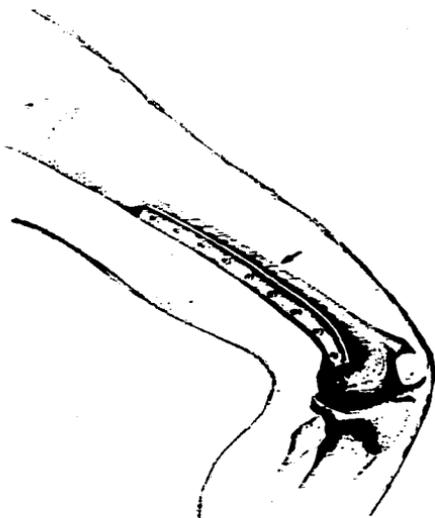
al uso de partes del cuerpo de otro ser humano o de la implantación de componentes artificiales integrados adecuadamente para lograr la simulación de la función particular de la parte ausente.

Entre las prótesis de esqueleto hay placas, tornillos y alambres; para la reconstrucción de articulaciones artríticas o fracturadas se realizan implantes de rodillas, codos, muñecas, hombros e incluso caderas completas, hechos de acero inoxidable, aluminio, fibra sintética o polietileno de alto peso molecular. La prótesis total de la rodilla consta de un componente femoral y otro tibial, elaboradas con titanio recubierto en su sección tibial de polietileno. Permite movimientos de flexión de hasta 140 grados.

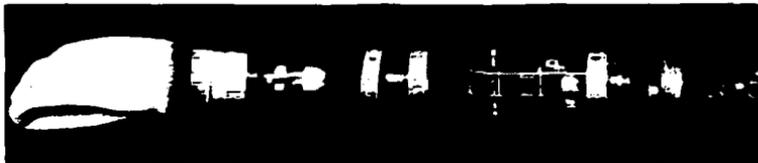


En órtesis para el aparato locomotor se usan para mantener una determinada posición, inmovilización, prevenir o corregir alguna deformidad, distribuir el peso corporal, controlar movimientos involuntarios, etc.

Hay órtesis en experimentación, dotadas de un pequeño motor que, en caso de piernas artificiales, está colocado en el pecho del paciente y conectado a aquellas permitiendo caminar en terrenos difíciles, subir y bajar escaleras.



Otro de ellos es un brazo artificial inventado por el doctor Stephen Jacobsen, en Yugoslavia. El movimiento lo realizan músculos artificiales (laads) y funcionan mediante pequeñas diferencias de potencial de la piel que se registran sobre el bíceps, el tríceps o los músculos del círculo del hombro.



La mano artificial del Dr. Schmidl permite movimientos precisos. Consiste en un motor de aproximadamente 200 gr., con cambio automático de velocidad, que puede conferir a los movimientos una fuerza graduable. La fuente de energía es una pila de Ni Cd de 12 voltios recargable. Las corrientes mioeléctricas producidas por los influjos nerviosos provenientes del cerebro se captan en la piel por electrodos de contacto y se envían a un amplificador que gobierna al motor. Toda la prótesis está cubierta por un material sintético que imita el aspecto de la piel.

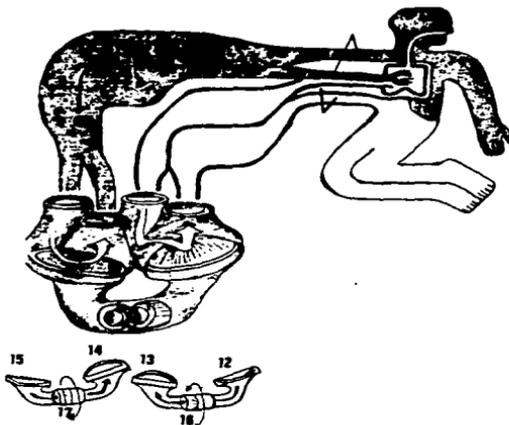
En cuanto al corazón se han diseñado decenas de artefactos , desde estimuladores hasta corazones artificiales. Entre los primeros está el marcapasos, que estimula eléctricamente el miocardio para mantener el ritmo cardíaco y la función de bombeo (los hay externos e internos); el desfibrador automático implantable (DAI), cuyo choque eléctrico, más poderoso y constante, devolverá al corazón a la normalidad; tubos y catéteres permanentes, elaborados de polietileno con cubierta hidrofílica;

prótesis de dacrón para tabique del corazón dañados, y tubos del mismo material para reemplazar arterias.

Las válvulas artificiales pueden ser mecánicas (de disco pivoteante y de bola o pelota) o bioprótesis (autólogas, poco frecuentes; homólogas, y heterólogas, hechas de miocardio de bovino o de válvulas cardíacas de cerdo).

Entre las órtesis del corazón y sistema cardiovascular está la bomba de circulación extracorporea, usada en cirugía de corazón, que reemplazó la técnica de hipotermia para estas intervenciones.

El corazón artificial por el Dr. Vries y el Dr. Jarvick funciona a base de, (1) aire presurizado y pulsante. (2) Sangre desoxigenada. (3) Sangre oxigenada. (4) Pulmones. (5) El corazón consta de dos bombas. La sangre regresa al corazón y se colecta en la aurícula derecha fluyendo a través de las válvulas dentro del ventrículo. (6) El ventrículo derecho bombea la sangre hacia los pulmones a baja presión para permitir el cambio de bióxido de carbono por oxígeno en la hemoglobina. (7) La sangre rica en oxígeno de los pulmones pasa a la aurícula izquierda. (8) El ventrículo izquierdo bombea la sangre a alta presión dentro de la aorta, de donde recircula a todo el organismo. (9) Ventrículo Derecho. Elaborado a base de biomer. El diafragma movable es responsable de los pulsos rítmicos de la presión de aire. (10) Ventrículo Izquierdo. Utiliza las cavidades del corazón natural, pero un mecanismo neumático sustituye la acción hidráulica de los ventrículos naturales. (11) Turbina. (12) Entrada. (13) Salida. (14) Salida. (15) Entrada. (16) Giro a la izquierda. (17) Giro a la derecha. Para el movimiento del aire en el corazón se emplea una turbina capaz de alternar el flujo de la presión a través de los diafragmas.



El último avance en materia de riñón artificial es el portátil, diseñado en 1975 por W.J.Kolff en el centro médico de la universidad de Utah, creador del primero en 1955 que permite al enfermo dializarse él mismo en su casa.

Por otro lado se experimenta con un ojo artificial basado en la estimulación computarizada de la corteza visual del cerebro. El estímulo se realiza por la acción de electrodos conectados a una computadora que transforma en señales eléctricas las imágenes captadas por una cámara similar a otra de televisión. Ello permite al cerebro percibir una combinación de luces y sombras que, pese a no ser las imágenes reales, pueden ser interpretadas como tales después de cierto entrenamiento.

I.2.11.4. *En Ambito Ficticio*

A través del tiempo esa inquietud del hombre por transformar todo aquel cúmulo de imágenes y situaciones que son derivadas de su característico ingenio y creatividad, a un mundo que aparenta ser cada vez más real; ha logrado la fascinación del público espectador, mediante el empleo de artefactos de minuciosos diseños y ágil funcionamiento, en los que basan sus más sofisticadas teorías futuristas de lo que creen que será el mundo de nuestras próximas décadas.

En 1925 los espectadores se asombran con la aparición en pantalla del primer robot cinematográfico María, en la cinta *Metrópolis* de Fritz Lang, buscaba en primer lugar castigar a la humanidad y después destruirla.

Sin embargo los robots ocuparon la imaginación del hombre desde más atrás; el dramaturgo Karel Capek escribía en 1921 su obra *Rossum's Universal Robots (RUR)*. Los robots originalmente inventados para evitar que el hombre trabaje, se transforman en siniestras criaturas y terminan por exterminar a la raza humana. Aunque este drama fue literariamente mediocre, su tema central despertó la inquietud del mundo.

Los robots *RUR* y *Metrópolis* atizaron el miedo y la desconfianza al uso de esas máquinas. Los monstruos metálicos inspirados por Capek y Lang se convirtieron también en prototipos de la ciencia ficción, las historietas cómicas y las cintas de horror.

En los años treinta aparece Buck Rogers, muy pronto el personaje se hace famoso en los libros, historietas cómicas, radio y cine. En sus viajes al espacio y sus predicciones sobre energía atómica aparecen robots que se asemejan mucho a los robots industriales de nuestra época.

En 1950 la revista *Astounding Stories* publicaba trabajos de escritores que llegarían a ser los clásicos de la ciencia ficción.

Entre ellos el más prolífico y uno de los mejores fue Isaac Asimov. Este científico señalaba que uno de los problemas más serios en el futuro serían los robots.

Desarrolló un código llamado *Robótica* que funcionaba como ley para los robots de sus historias. En la novela *Yo robot* relata los problemas sociales y psicológicos de las relaciones entre robots y hombres.

El gracioso robot Robby de la película *El niño invisible*, realizaba labores de niñera. El lanzamiento del *Sputnik* en 1957 pone de relieve la necesidad de contar con robots que reemplacen a los humanos en condiciones especiales de trabajo.

Se crean además robots para usos industriales y científicos equipados con cámaras de video y computadoras. Cumpliendo estas funciones aparecen nuevamente en el cine, tal es el caso de *Hall*, la computadora que controla la nave espacial en la película *2001, Odisea del espacio*.

En 1970 los amantes del cine sonríen con los graciosos diálogos entre *R2D2* (*Arturito*) y *C3PO* en la película *La guerra de las galaxias* de George Lucas.

En la actualidad ya no nos sorprende que una máquina cruce traqueteando por la pantalla. Nuestra familiaridad con los robots y los avances de la ciencia y la tecnología nos permiten pensar en robots cada vez más inteligentes capaces de realizar las tareas más difíciles y asombrosas, ya que no son más que el producto de la inteligencias y creación humana.

I.3. *Conclusión*

Desde que el hombre comenzo a descubrir la forma de emplear la fuerza y aplicarla a máquinas que podían realizar muchas de las tareas regularmente se hacían a mano, desarrolla su capacidad inventiva siempre en busca del perfeccionamiento de cada innovación. Dándose cambios evolutivos a través de los siglos.

Sin embargo tales cambios se han presentado cada vez con mayor rapidez. Posteriormente surgen cambios por generaciones; mientras que actualmente ocurren casi por décadas e incluso en periodos de tiempo menores.

Lo que ha significado un rápido adelanto de la tecnología hasta lograr que las máquinas se controlen por sí mismas, propiciando además la evolución tanto de los modos de vida del hombre como de los sistemas para realizar su trabajo; de los antiguos modelos de trabajo manual individual a las formas de trabajo conjunto, a las diversas formas de trabajo organizado y automatizado; en donde la intervención de la mano del hombre es casi remplazada en su totalidad por máquinas que ejecutan tareas con mayor precisión, a las que llamó Robots; con el objeto de obtener la elaboración de productos con calidad uniforme y al menor costo posible del mercado.

Sabemos que el Robot supera al hombre en cuanto a alcance, velocidad constante en recorridos largos, capacidad de carga e incluso en precisión. No presenta problemas por monotonía y cansancio, no se distrae. Al no presentar problemas familiares, psicológicos, políticos, etc. el resultado de cualquier tarea que éste desempeñe será constante y regular.

Debido a la similitud de composición que existe entre ellos, es posible generalizar algún avance ya que al resolverse algún problema con un Robot, éste queda resuelto universalmente.

Gracias a ello el hombre ha logrado sustituir procesos deficientes generados por el cansancio físico natural como resultado de las tareas monótonas, por procesos más precisos y constantes; ha penetrado en lugares de alto riesgo (fundidoras, exploración de lugares hostiles, etc.), en otros de imposible acceso (manejo de materiales radioactivos) y a logrado realizar actividades que requieren de alta precisión (cirugía con láser).

Sin embargo, no olvidemos que el hombre supera al Robot, desde el momento mismo en que es capaz de diseñar y acoplar sistemáticamente mecanismos y dispositivos que logran suplantar e incluso mejorar las actividades que para él, resultan ser tediosas, peligrosas y hasta imposibles de realizar por el alto riesgo que éstas representan.

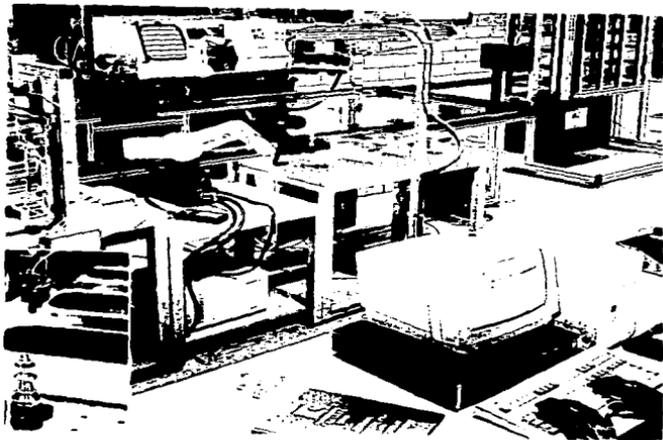
En síntesis, éste capítulo ha presentado una pequeña descripción de la evolución de algunos mecanismos creados por el hombre a través del tiempo en busca de su comodidad, de una mayor eficiencia en su desempeño cotidiano, la sustitución parcial o total de su participación en escenarios tanto en el Industrial como en el ficticio, así como logros en el campo de la Medicina. Lo que revela la importancia que tiene la preparación del hombre como investigador, su compromiso y su completa disposición para impulsar el desarrollo de la tecnología.

Cap. II

Ing. Mec. Elec. de Vanguardia

En este capítulo se hace mención de los recursos Tecnológicos con que algunas instituciones del área metropolitana están provistas para la formación de sus estudiantes, en contraste con los recursos utilizados por la ENEP Aragón, con la finalidad de situar sus carencias y necesidades, como una justificación del proyecto en general.

Objetivo



II.1. Robótica Tecnología En Universidades

La Robótica está integrada e implementada por una amplia gama de mecanismos, motores, servosistemas de corriente, sistemas electrónicos de control y accesorios periféricos que, bajo el conciso estudio y análisis de conocimientos en cuanto a su funcionamiento y operación da origen a estructuras muy complejas de formas tan variadas como una consecuencia de las características requeridas para satisfacer algún tipo de necesidad o algún determinado servicio.

Proyectándose como una extensión natural de las actividades y necesidades de máquinas-herramientas ya establecidas en el proceso lógico de su desarrollo y evolución.

Gracias a los principales aliados del hombre que se encargan de hacer reales sus inquietudes para satisfacer sus necesidades primordiales que definitivamente son, su imaginación respaldada con conocimientos en ciencia y tecnología.

Por tal motivo se promueve en las Universidades la capacidad de imaginar medios alternativos, planeando sus reglas y deduciendo las más óptimas aplicaciones de tecnología práctica e indispensable para transitar hacia el desarrollo en el que toda la sociedad logremos gozar de éste gran beneficio.

A manera de ejemplificación, a lo largo de este capítulo se describe el interés de algunas Universidades en el área metropolitana que se han preocupado por propiciar la iniciativa, la creatividad y la calidad en sus estudiantes mediante el contacto físico directo de nueva tecnología a través de laboratorios con equipo especial en Robótica y Automatización, para brindar el mejor apoyo para la formación de sus estudiantes.

II.2. I.T.E.S.M. C.C.M

(Ing. Javier Prado G. , Coordinador Celda de Manufactura)

La carrera de Ingeniero Mecánico Electricista (IME), contempla el uso de las nuevas técnicas de la ingeniería para que el graduado sea capaz de seleccionar, diseñar y aplicar eficientemente la tecnología más adecuada en la creación y en la elaboración de nuevos productos que satisfagan necesidades específicas. Al mismo tiempo maximizar los recursos y, de esta forma, contribuir a un mejor desarrollo del país.

La formación del Ingeniero Mecánico Electricista en el ITESM Campus Ciudad de México tiene énfasis en las siguientes áreas:

- Aplicación de sistemas de manufactura. (Robótica, control numérico de máquinas-herramienta, manufactura integrada por computadora, sistemas de información de manufactura)
- Diseño y análisis asistido por computadora de elementos mecánicos, herramientas y de nuevos productos.
- Electrónica de potencia (Electrónica industrial, control de velocidad de máquinas de corriente directa o alterna y control de procesos industriales).

Al terminar la carrera, el IME estará capacitado para formar su propia empresa, o bien prestar sus servicios a la industria metal-mecánica y de transformación, así como el desempeño en centrales de conversión de energía.

Dentro de su plan de estudios es posible el estudio de tecnología avanzada (Robótica), a través de las materias:

- Sistemas de control automático (séptimo semestre)
- Control computarizado de procesos (octavo semestre)
- Laboratorio de control de procesos (noveno semestre)

De las cuales las dos primeras son de contenido 100 % teórico, mientras que la tercera es totalmente de contenido práctico.

Razón por la cual, el ITES CCM, a partir de enero de 1994 adquiere equipo de tecnología avanzada para la instalación del laboratorio Celda de Manufactura. Es un área especial que impide filtraciones de polvo y humedad con instalaciones de aire comprimido e instalación eléctrica trifásica.

Lo constituyen tres robots (en la disposición que muestra la figura) :

1 MITSUBISHI. Procedencia Japón, de la compañía Mitsubishi electric, de cinco grados de libertad y programable en basic. Para actividades de ensamble.

2 Banda Transportadora

3 JUPITER. Es un robot SCARA origen E.U.A. de AMATROL de cuatro grados de libertad, poco utilizado. Para actividades de ensamble.

4 Torno CNC

5 FUMA. Es un robot de origen E.U.A. Unimation subsidiario de Westinhouse, (mayor productor de robots industriales en E.U.A.) de seis grados de libertad, programación en lenguaje VAL II. Para manejo de materiales.

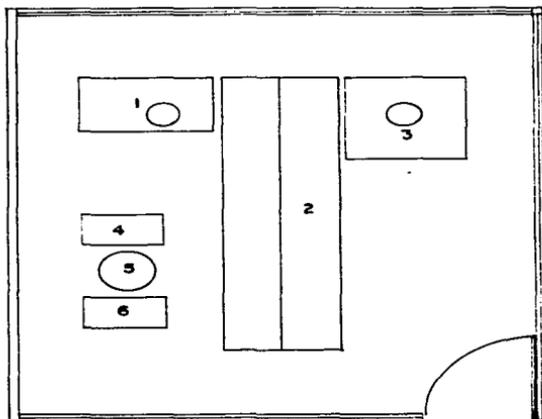
6 Fresa CNC

Para fomentar la investigación docente el ITESM CCM otorga un 50 % de apoyo y el otro 50 % lo cubre el CONACYT. En cuanto a la información tecnológica la adquiere de revistas (PAPER) y publicaciones del ITESM.

II.3. Universidad Iberoamericana

(Ing. Luis Javier Iturriaga, Profesor asistente, nivel licenciatura; Ing. Santiago Pérez García, jefe del laboratorio Planta Piloto de Manufactura, en maestría.)

II.3.1. Nivel licenciatura. El plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica contempla las siguientes materias que se relacionan con el estudio de Robótica :



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997.

CELDA DE
MANUFACTURA
(I.T.E.S.M.)

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA

Mecatrónica (Análisis del robot como mecanismo)

Manufactura asistida por computadora (CN uso de robots)

Manufactura avanzada

Robótica en el área industrial, pero 100 % teórica.

Sin embargo como las tres anteriores dividen su contenido en teoría y práctica, se considera necesario contar con equipo tecnológico de laboratorio para cubrir el porcentaje práctico de cada materia.

Este no necesitó de algún ambiente de tipo especial, únicamente tierra física especial. Puesto que el equipo que lo conforma es de tipo didáctico.

Un robot Israelí ESEET

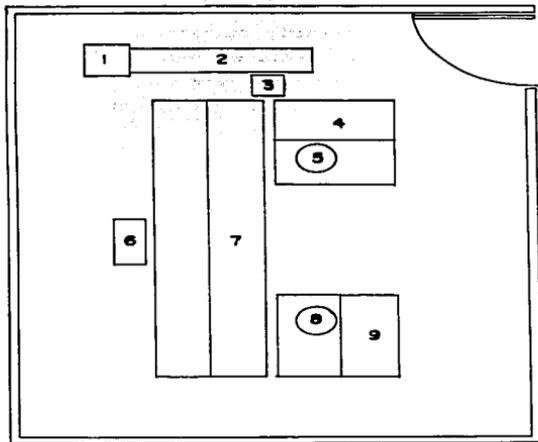
Dos robots didácticos de origen E.U.A

Son de carga baja, para operaciones de manipulación, y actividades de programación.

II.3.2. **Maestría.** La Universidad Iberoamericana trabaja actualmente en el proyecto Planta Piloto de Manufactura que brindará apoyo a sus estudiantes de maestría de 1º y 2º semestre, así como a proyectos de investigación.

Para el establecimiento de este laboratorio tampoco fue necesario ambiente artificial especial, sólo se preciso un área hermética, e instalaciones eléctrica adecuada para cada equipo. Está distribuido como se ilustra posteriormente y lo constituyen:

- 1 Control Servorobot
- 2 Almacen
- 3 Alimentador
- 4 Centro de maquinado (fresa) y torneado. Austriaco EMCO
- 5,8 Dos robots PEGASUS de procedencia E.U.A., alcance de 50 cm
- 6 Centro de Programación y Control
- 7 CIM. Inglés de Harry Mazal
- 9 Centro de maquinado (fresa) y torneado. Inglés EMCO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
LAS CARRERAS DE IIME DE LA E.N.E.P. ARAGON, 1997.

UNIVERSIDAD
IBEROAMERICANA
(MAESTRIA)

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA

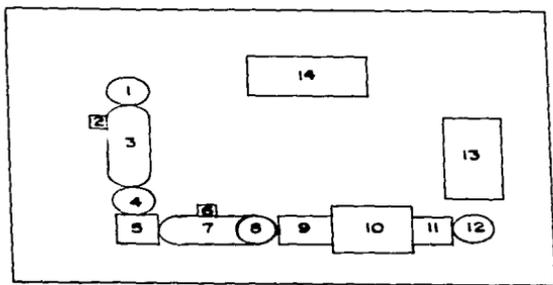
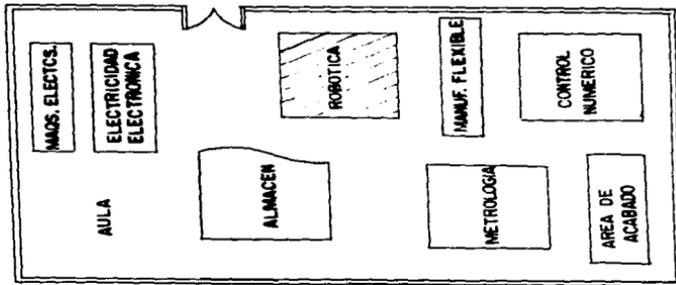
II.4. Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl
(Ing Juan Jesús Cornejo Jiménez, Profesor)

Esta es una institución que prepara a sus estudiantes con un alto nivel práctico puesto que éste es su aspecto principal de formación. Aborda el estudio de la Robótica a través de las materias:

Electrónica
Electricidad
Robótica y Automatización
Organización y Gestión de la Producción
Tecnología de la fabricación

La forma de cubrir los requerimientos del plan de estudios es en base a visitas de campo, tanto a empresas (armadoras de vehículos), como a instituciones de investigación (CINVESTAV) y, a través de prácticas de laboratorio. La institución cuenta con un laboratorio de Robótica desde septiembre de 1992. Este está provisto con equipo de origen francés proporcionado por DIDACTEC, en la disposición que se ilustra y consta de :

- 1 Robot
- 2 PLC
- 3 Banda Transportadora
- 4 Robot
- 5 Almacén
- 6 Banda Transportadora
- 7 Robot
- 8 Robot
- 9 Almacén
- 10 Máquina herramienta
- 11 Almacén
- 12 Robot



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NEZAHUALCOYOTL
PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARCELA

13 Máquina herramienta

14 Máquina Dimensional

El laboratorio es constantemente actualizado por medio de la información que adquirimos de cursos y conferencias los responsables de transmitir el conocimiento a nuestros estudiantes.

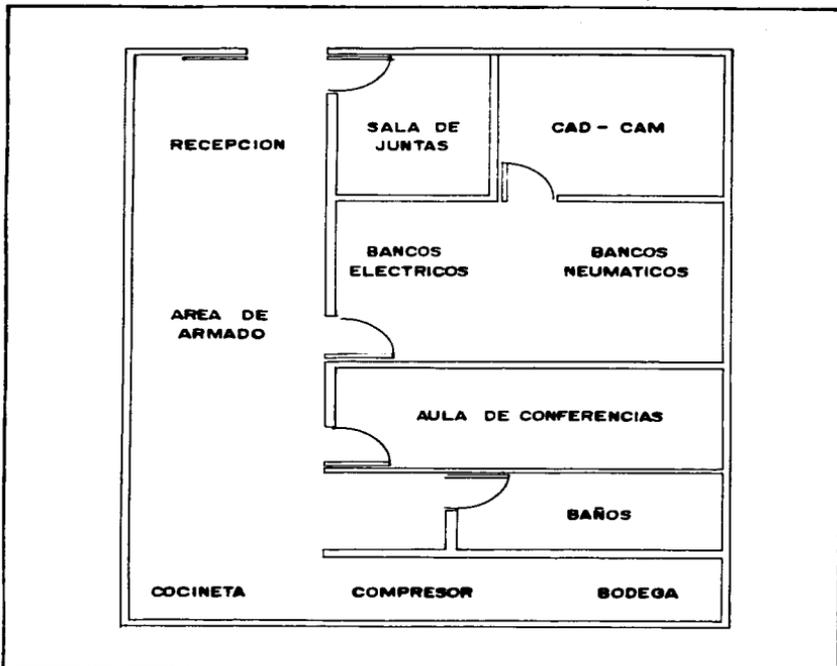
II.5. U.A.M. Azcapotzalco

(M. Aurelio Canales Palma, coordinador del proyecto)

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco en convenio con Schrader Bellows Parker adoptó el proyecto denominado " Programa de Desarrollo en Neumática y Automatización. " A partir del 13 de julio de 1993. El cual tiene por objeto primordial ser un organismo autosuficiente económicamente y autónomo jerárquicamente; es decir, que debe ser libre en la toma de decisiones y adquisiciones.

Dicho programa brindan apoyo a los alumnos de las carreras de ingeniería de esta institución, así como a ciertas empresas. Logrando con ello un doble beneficio. Pues, mientras que el alumno tiene la posibilidad de desarrollar su capacidad para resolver problemas reales enfocados al correcto funcionamiento de los procesos de alguna empresa, ésta recibe la asesoría y los servicios que ellos le proporcionan como parte del programa.

Otra forma que el programa tiene para brindar apoyo es, a través de capacitaciones cursos y conferencias sobre Neumática y Automatización, para enriquecer el conocimiento tanto, de personal académico y docente sea interno o externo, como el personal de diversas empresas. Esto es que toda persona interesada en uno de sus cursos, o bien, en la asesoría de algún proyecto, éste tendrá acceso a cursos únicamente cubriendo la cuota que se estipula y, en el caso de asesorías cubrir el costo del servicio.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

**TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997.**

**U.A.M.
AZCAPOTZALCO**

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA

De tal forma el programa obtiene los fondos económicos necesarios para solventar los gastos de mantenimiento y renovación de equipo y material didáctico.

Sus instalaciones constan de aulas para laboratorio y para conferencias, espacios para equipo de cómputo, una sala de juntas, espacio para el compresor, baños, cocineta y un espacio reducido para armar equipo.

En cuanto a las materias que imparte la institución en las carreras de ingeniería que tienen relación directa con el laboratorio son :

Neumática
Hidráulica
Industrial
PLC

Su contenido práctico lo cubren por medio de visitas de campo a industrias metal-mecánica, plástico y huleira.

Hablando del equipo de laboratorio, éste es de origen Japonés y Norteamericano, que consiste en bancos de trabajo: neumático, hidráulico, electrónico, computadora y software adecuado como se aprecia en el croquis.

II.6. I.P.N. E.S.I.M.E. Culhucan

(Ing. Roberto Flores Renteria, jefe del dpto. de planeación académico de básicos)

Esta institución cuenta con las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica e Ingeniería en computación de las cuales el estudio de la Robótica es abordado a través de las siguientes materias:

Sistemas modernos de producción
Introducción a la Robótica

Dado que ambas materias complementan su contenido teórico con práctica, la institución se encuentra en proceso de instalación del

equipo de laboratorio adquirido desde septiembre de 1994 y enero de 1995, para satisfacer dicha necesidad. Para lo cual se necesita de instalaciones eléctricas y neumáticas en un lugar aislado para evitar el polvo.

El laboratorio lo compone el siguiente equipo en la distribución que posteriormente se ilustrara.

1,2 Torno CNC

3,4,5, Fresa CNC

6 Torno CN

7 Taladro CN

8 Modelos Didácticos DNC

9 Simuladores de Procesos

Alimentación de maq.hta.

11,12 Dos robot Mercury, neumáticos,
capacidad 3 kg.

Manejo de materiales

13 Robot Centary, servohidráulico,
capacidad 20 kg. (Proceso automático)

14 Robot Hercúles, hidráulico, capacidad 20 kg. (Armado)

10,15 Dos Robot PUMA, Industrial, servoeléctrico,
capacidad 10 kg. (Alimentación maq.hta.)

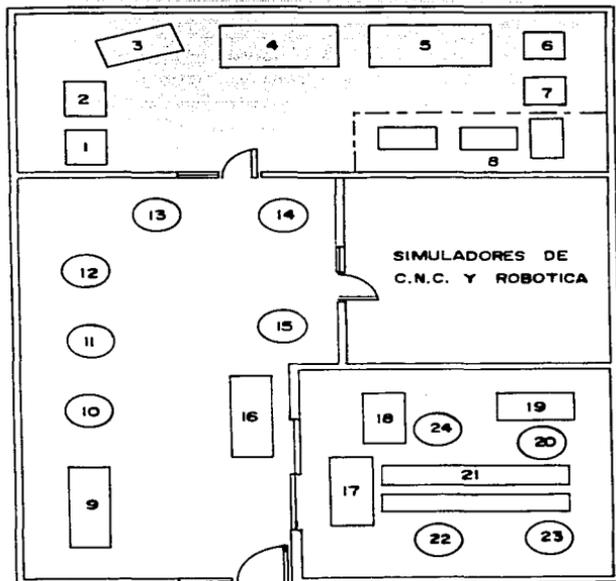
22 Roobot Twistar, neumático
capacidad 1 kg. (Manejo de material)

20 Robot Pegasus, modelo didáctico, servoeléctrico
capacidad 0.5 kg. (Ensamble)

23 Robot Mitsubishi, servoeléctrico
capacidad 1 kg. (Ensambla)

24 Robot Júpiter, servoeléctrico
capacidad 2 kg. (Ensambla)

La actualización de dicho laboratorio se lleva a cabo mediante la información sobre nuevos equipos, la adquisición directa de refacciones y equipo de computo.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997.

ESIME
CULHUACAN

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARCELA

II.6.1. I.P.N. U.P.I.I.C.S.A.

(Ing. Morales Sánchez Virginia, Profesora)

Dentro de las carreras de ingeniería que ésta institución imparte se encuentran las siguientes. Ingeniería Industrial e Ingeniería en Transporte que se relacionan con el estudio de la Robótica a través de las materias siguientes :

- Mecánica Industrial II
- Procesos de Manufactura I
- Procesos de Manufactura II
- Teoría del Control
- Sistemas de Automatización y Robótica
- * Instalaciones Industriales I
- * Instalaciones Industriales II
- * Diseño Herramental y Estructuras de Robots
- * Instrumentación y Control

Las materias con asterisco son las que contemplan únicamente conocimiento 100 % teórico.

Cuentan con equipo de laboratorio desde septiembre de 1993, de procedencia japonés, inglés y E.U.A., en una área con instalaciones de aire acondicionado comprimido e instalaciones eléctricas.

Consta de siete robots para manejo de materiales, uno para ensamble de tarjetas y, uno para almacenamiento de piezas.

A través de actividades de investigación logran la actualización y mejoramiento del laboratorio.

II.7. U. N. A. M.

(Ing. Javier Cervantes Cabello, encargado del lab. de Robótica)

La Universidad Nacional Autónoma de México tiene el compromiso de brindar al país generaciones de egresados con alto nivel de excelencia.

Ante tal compromiso extiende su preocupación, particularmente por los aspirantes de Ingeniería a que adquieran la habilidad para la planeación de los impactos económicos, sociales y ambientales, desarrollando proyectos con capacidad de análisis, síntesis y modelación; con la debida responsabilidad y ética profesional.

Así como propiciar su deseo de superación y constante actualización dentro del creciente campo de la innovación tecnológica, a través de instalaciones especializadas que motivan su actitud emprendedora para la investigación, desarrollo y adopción de ésta.

Ahora bien ésta institución se a esforzado por lograr la excelencia de sus estudiantes en materia de conocimientos pero su labor no termina ahí puesto que además éstos conocimientos deben estar respaldados y complementados por medio de su experiencia experimental y práctica en laboratorios diseñados especialmente para cubrir dicho fin. Como ejemplo de ello se describe el siguiente laboratorio.

Laboratorio de Robótica. Area destinada a la enseñanza generalmente en la rama de Ingeniería Mecánica.

El equipo con que éste laboratorio cuenta no requiere de un ambiente controlado por no encontrarse bajo condiciones extremas de medio ambiente.

Este equipo es de origen Israelí de la serie ESSCH Robotec el cual es el líder en la fabricación de robots didácticos a nivel mundial.

Consta de 7 robots didácticos articulados verticalmente con capacidad para carga de 0.5 kg., con transmisión indirecta, se pueden programar mediante skor basic (lenguaje propio de cada robot) o bien ACL (lenguaje de control avanzado) que mediante analogías permite programar incluso robots industriales.

Cada robot cuenta con sistemas auxiliares como sensores, sistemas de visión y retroalimentación que les permite interactuar con el medio ambiente; así como también, cuenta con bandas y mesas rotatorias que permiten emplear el área de trabajo y asimilar procesos de manipulación y procesos industriales.

Este laboratorio tiene un uso de cuatro a seis horas diarias apoyando a diversos grupos tanto colaboradores al fomento de la investigación, externa y/o interna, como docente en las siguientes asignaturas :

Sistemas de Manufactura Flexible

Area Mecánica.

Robótica

Area Industrial.

Sistemas Productivos Automatizados

Otras ramas de la Ing.

Control y Retroalimentación

Actualmente se planea generar el software que permita la simulación de componentes sin la necesidad de estar trabajando directamente en los robots; así como la adquisición de más robots para hacer la atención personal de cada alumno con el uso individual de equipo de robótica.

II.8. E.N.E.P. Aragón.

El egresado de la carrera Ingeniero Mecánico Electricista, tiene la capacidad para actualizarse en conocimientos científico-tecnológico y socio-humanísticos; se interesa por la educación, promueve la superación y desarrollo de compañeros y colaboradores.

Es capaz de asimilar, desarrollar y adaptar tecnología que nos brinde un beneficio económico-social buscando la preservación del medio ambiente.

Resuelve problemas con productividad, actitud innovadora y positiva. Este profesional está comprometido con las necesidades sociales mexicanas, con profesionalismo y vocación de servicio, contribuyendo al desarrollo social, técnico y material de la máxima casa de estudios UNAM.

Al terminar sus estudios éste profesional cuenta con la siguiente formación :

Ciencias Básicas con asignaturas de Matemáticas, Química,

Física y computación.

Ciencias de Ingeniería con asignaturas de Ing. Mec., de Procesos Industriales, Electrónica, informática y Termoenergía

Humanista para reforzar valores humanos convicciones éticas y el conocimiento de la problemática socioeconómica del país.

El estudio de IME parte de un tronco común durante cuatro semestres, para luego centrarlo en una de las ramas en que se divide y finalmente especializar el conocimiento en un área específica como se ilustra a continuación.

II.8.1. Tronco común en IME

Computadora y Programación	Dibujo	Geometría Analítica	Álgebra	Calculo Dif. e Int.
a) I.I. b) Q c) I.I.	Estática	a) C b) I.I. c) C.	Algebra Lineal	Calculo vectorial
Optativa de Humanidades	Dinámica	a) D. b) C. c) D.	Eléc. Y Magnetismo	Ecs. Difs.
Métodos Numéricos	Fundamen- tos de Mec. de Sólidos	a) P.A. b) D. c) F.	Sistemas Electro- Mecánicos	a) O. b) I.E. c) Q.

- a) Eléctricos
b) Mecánicos
c) Industriales

I.I. Introducción a la Ingeniería

- Q. Química
C. Cinemática
D. Dinámica

P.P. Programación Aplicada

- F. Fundamentos de Mecánica de Sólidos
O. Óptica

I.E. Introducción a la Economía.

II.8.2. **Especialidad.** Dado que el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica es bastante amplio, se ha estructurado dicha carrera en tres grandes ramas para abordar un estudio más concreto y conciso.

Ingeniería Industrial
 Ingeniería Mecánica
 Ingeniería Eléctrica

SEMESTRE	MATERIAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL				
5	INTRODUCCION A LA ECONOMIA	INTR. A LA TEC. DE MATEM.	TERMOFLUIDOS	SISTEMAS DE COMPUTO	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA
6	TEC. DE EVALUACION ECONOMICA	DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS	ESTADISTICA APLICADA	ELECTRONICA INDUSTRIAL	QUIMICA APLICADA
7	PRODUCTI- VIDAD	PROCESOS DE MANUFACTURA	ESTUDIO DEL TRABAJO	INSTRUMENTA- CION Y CONTROL	MAQUINAS ELECTRICAS
8	EVALUACION DE PROYECTOS	DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	TECNICAS DE OPTIMIZACION	INSTALACION ELECTROMECC.	CALIDAD
9	PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCTIVIDAD	MODULO OPCIONAL	MODULO OPCIONAL	AUTOMATI- ZACION Y ROBOTICA	MODULO OPCIONAL
10	RECURSOS Y NECESIDADES DE MEXICO	GESTION DE EMPRESAS	SEMINARIO DE ING. MEC. ELEC.	MODULO OPCIONAL	MODULO OPCIONAL

MODULO OPCIONAL

SISTEMAS PRODUCTIVOS

SISTEMAS

ADMINISTRATIVOS

Manufactura Integrada por
 Operaciones
 Computadora.
 Procesos Industriales.

Administración de
 Ingeniería Financiera.
 Sist. de Comercialización.

Plantas Termoeléctricas.
Flexible

Aire Acondicionado y Refrigeración.

Diseño de Equipo de Proceso
Proyecto de Inst. Inds.

Ingeniería Energética.

Sist. de Mejoramiento Amb.

Temas Selec. de Ing. de

Proyectos y Energía.

Calidad.

Sistemas de Manufactura

Diseño de Herramental.

Metalurgia Mecánica.

Vibraciones Mecánicas.

Robótica.

Instalaciones Electromecs.

Temas Selectos de Fabricación.

Calidad

SEMESTRE	MATERIAS DE INGENIERIA ELECTRICA					
5	INTRODUCCION A LA ECONOMIA	DINAMICA DE SISTEMAS FISICOS	DISPOSITIVOS ELECTRONICOS		ANALISIS DE CIRCUITOS ELECTRONICOS	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA
6	CONTROL ANALOGICO	TEORIA ELECTROMAGNETICA	AMPLIFICACION DE SEÑALES		DISEÑO LOGICO	TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUC. DE INDUCT.
7	MEDICION E INSTRUMENTACION	FILTRADO Y MODULACION	ELECTRONICA ANALOGICA		ELECTRONICA DIGITAL	MQS, SINCRONAS Y DE CORRIENTE D.
8	CONTROL DIGITAL	COMUNICACIONES DIGITALES	LAB. DE ELECTRONICA	LAB DE EQUIPO ELECTRICO	MICROPROCESADORES	SIST.ELEC. DE POTENCIA I
9	RECURSOS Y NECESIDADES DE MEXICO	MODULO OPCIONAL	ELECTRONICA DE POTENCIA		MODULO OPCIONAL	SIST. ELEC DE POTENCIA II
10	COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA	MODULO OPCIONAL	SEMINARIO DE ING. MEC. ELEC.		MODULO OPCIONAL	MODULO OPCIONAL

MODULO OPCIONAL

COMUNICACIONES

ELECTRONICA

Sistemas de comunicaciones I.	Instrumentación Electrónica
Radiación y Propagación	Circuitos para Comunicaciones
Radio, Microondas y Satélites	Sist. Electrónicos de Potencia
Procesamiento digital de Señales	Sist. Analógicos
Sistemas de Comunicación II	Audio y Video
Circuitos para Comunicaciones	Control de Procesos
Temas Selectos para Comunicaciones	Temas Selc. de Electrónica
Calidad.	Calidad.

SISTEMAS DIGITALES

Diseño de Sistemas Digitales
 Diseño de Sistemas con Microprocesadores
 Circuitos digitales
 Transmisiones de Datos
 Programación de Sistemas
 Control de Procesos
 Temas Selectos de Sistemas Digitales
 Calidad.

De las cuales es posible una estratificación más en áreas fundamentales que permiten el desarrollo de habilidades y la adopción de mayor conocimiento más específicamente; puesto que se caracteriza de ir de lo general a lo particular.

II.8.3. **Módulos Opcionales.** Tienen por objeto orientar al alumno hacia un campo específico de aplicación dentro del área que a elegido, diseñados desde un punto de vista global. De las materias que integran los módulos opcionales, tres son obligatorias y dos deberán seleccionarse de la lista de las cinco asignaturas optativas propias del módulo.

Así pues, el estudio de la nueva tecnología (robótica y automatización) dentro del plan de estudios de la carrera de

Ingeniería Mecánica Eléctrica es de carácter interdisciplinario, pero abordado por cada área desde su propio punto de vista analítico.

El Ingeniero Eléctrico por su especialidad, posee conocimiento para analizar, controlar y desarrollar sistemas eléctricos y digitales dentro del proceso de acondicionamiento y funcionamiento de cada equipo en particular o bien de todo un proceso en conexión por implantar.

En lo que respecta al Ingeniero Mecánico, tiene los conocimientos precisos que respaldan y dan libertad a su creatividad innovadora mediante el análisis de materiales, de mecanismos, de maquinaria, de los fluidos, de manufactura, etc. para la adquisición, adopción y el diseño de equipos y servicios indispensables en el correcto funcionamiento de cualquier proceso en particular.

El Ingeniero Industrial por su parte adquiere conocimientos en sistemas de computo, economía, productividad, calidad, automatización y robótica para ser capaz de planear, seleccionar y administrar los sistemas y equipo de producción que en la actualidad se requiere para mantener un lugar en el amplio mercado de la producción.

Todos y cada uno de ellos reciben un adiestramiento específico que permite un análisis estructurado pero conciso del creciente campo tecnológico de forma más especializada.

Análisis tal que nos conduce a la elaboración de una propuesta como proyecto de Tesis en el que se pretende complementar el proceso de actualización para las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica llevado a cabo por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón.

II.9. Conclusión

Actualmente el país está provisto de la transferencia de tecnología que se deriva de los países en desarrollo, lo cual hace indispensable la transformación de sus ingenieros en verdaderos agentes de cambio puesto que, deben estar realmente capacitados para poder atender y resolver situaciones generadas de ésta.

En donde el responsable directo de este gran suceso vanguardista sin duda alguna es, el meticoloso y perseverante proceder de los ingenieros, de quienes depende la capacidad para transformar un panorama ideal para el desarrollo de sistemas y, para el mejoramiento de los ya existentes, con el fin de satisfacer necesidades actuales.

Pero sólo a razón de práctica sobre equipo en tecnología avanzada, se desarrolla la experiencia, el conocimiento y el dominio de ella. De forma tal que no únicamente se adquiere conocimiento, si no que además, se obtiene capacitación logrando con ello la excelencia profesional.

Razón por la cual las instituciones comprometidas con el futuro de México luchan por que la formación de generaciones de Ingenieros mejor capacitados sea lo más completa posible, puesto que de ellas a su vez depende el progreso de nuestro país.

Por tal motivo es esencial que la UNAM división ENEP Aragón, cuente con un área de Investigación en Tecnología Avanzada que contenga Laboratorios con este tipo de equipo, para formar e impulsar la creatividad innovadora de los ingenieros.

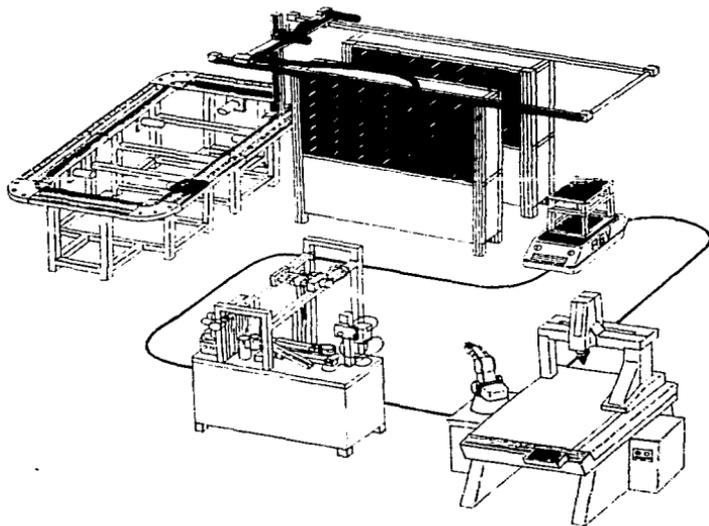
En síntesis y como una deducción del presente capítulo es pertinente resaltar que lo que hoy en día México requiere, es de una Ingeniería Mecánica Eléctrica de Vanguardia comprometida con el progreso del país.

Cap. III

Diseño. y. Conformación del Proyecto

Describir y dar a conocer las características y conformación del diseño que en este proyecto de tesis se plantea como propuesta, desde el tipo de equipo que lo integra, los espacios ocupacionales y dimensiones requeridos, hasta la distribución en planta de todo el conjunto en general.

Objetivo



III.1. Descripción Del Proyecto

El proyecto consiste en el diseño y la conformación de un Laboratorio de Robótica planeado en beneficio de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica impartidas por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, para permitirles ingresar al campo Laboral o Científico y Tecnológico con una preparación profesional más confiable y competitiva.

El equipo de que consta para su implementación ha sido seleccionado bajo la asesoría de diversos ingenieros proveedores de este tipo de equipo, conocedores y en contacto directo con la tecnología que es demandada actualmente. Lo que garantiza una implementación de vanguardia.

En cuanto a las dimensiones de éste, se han determinado en base a las dimensiones reales del Centro de Tecnología Avanzada de esta institución como posible alternativa para ser adaptado fácilmente en alguna de ellas. Su finalidad es, la de preparar a nivel básico recursos humanos capaces de conformar el primer eslabón dentro del campo de la investigación.

Y sabiendo que, la estratificación de funciones dan como resultado la especialidad y la mejor ejecución de responsabilidades, este principio se ha aplicado en la integración del Laboratorio, ya que éste se encuentra dividido en diferentes áreas con el objeto de obtener este mismo resultado.

En seguida se describen uno a uno todos los aspectos que constituyen el diseño. A lo largo del capítulo se dan a conocer cada una de las áreas de que consta el Laboratorio, identificando

tanto su ubicación como su espacio ocupacional, mediante planos descriptivos.

Por medio de tablas para control de existencias se especifican el tipo, la cantidad y las características de equipo y mobiliario requeridos en la implementación. Mientras que en planos de planta se pueden apreciar tanto la integración como la distribución de éstos, de manera individual y también general.

III.2. Sus Elementos Principales

Se ha mencionado la necesidad de adquirir un Laboratorio de Robótica en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, los beneficios que éste otorga y la importancia que representa su aplicación; un laboratorio provisto de los recursos indispensables para impulsar el desarrollo de esta tecnología, dado que evoluciona considerablemente tras adoptar ambientes cada vez más confiables y seguros en el desempeño de las actividades del hombre.

Su estudio requiere del dominio de otras disciplinas básicas fundamentales con un enfoque exclusivo en Robótica.

Por lo cual para lograr la integración de este Laboratorio se considera necesaria la existencia de cuatro áreas fundamentales y un Auditorio para llevar a cabo la introducción al estudio de la Robótica por etapas, de manera más específica y especializada.

Cada una de estas etapas se encuentran estrechamente relacionadas entre si. Es decir, para iniciar cualquier

investigación, se puede contar con una etapa inicial que provee la documentación con un amplia diversidad de herramientas informativas denominada, **Área de Consulta**; para luego integrarse en la etapa de asimilación del conocimiento llamada, **Área de Capacitación** en la cual, se llevan a cabo prácticas básicas con equipo de laboratorio. Mientras que para la introducción en la investigación, cuentan con el **Área de Investigación y Diseño**, en donde se le da seguimiento a las investigaciones. La comparación de parámetros y comprobación de resultados se realizan en la etapa de experimentación física denominada **Área de Máquinas**. Finalmente, para lograr una constante y permanente actualización, se requiere de una etapa para la difusión de avances Científicos y Tecnológicos de vanguardia a través de ponencias y conferencias, en el área para audiciones, es decir, un **Auditorio**. en el que, todo el material informativo obtenido es integrado en el Área de Consulta para enriquecer y actualizar su acervo.

A continuación se describe de manera individual cada una de las áreas que integran el laboratorio.

III.2.1. **Área de Consulta**. Es el lugar provisto de material bibliográfico, hemerográfico y equipo de computo que da acceso a información especializada en Tecnología. En ella, es posible encontrar datos muy interesantes que se han dado en este campo, desde épocas muy remotas hasta nuestros días; que van desde las creaciones más sencillas y, de los modelos más caprichosos hasta los que resultan ser obsoletos.

También es posible tener acceso a información sobre los avances que se esperan alcanzar a futuro. Por ello, esta área es capaz de brindar la instrucción y la actualización al consultante, así como al investigador herramientas de apoyo que agilizan el desarrollo de su trabajo.

Cap. III. Diseño y Conformación del Proyecto

Por ejemplo: Si alguna investigación o algún escrito que ha sido donado a esta área por un investigador y que casualmente coincide con el interés de un segundo investigador este, podrá contactarse con el primero a través del servicio que esta área otorga y así, lograr una labor conjunta, en el caso de que ambos lleguen a un acuerdo mutuo entre investigadores.

Dicha situación podría ser aprovechada en mayor beneficio por investigadores con proyecto para la elaboración de tesis o simplemente, para consultantes que desean mayor información sobre algún tema en específico.

Su objetivo es, actuar como fuente de información en todo lo referente a ciencia y tecnología, para facilitar el desarrollo de proyectos de investigación con carácter multidisciplinario así como, para proporcionar documentación informativa de este ramo al sector industrial en general. Así pues, el material y equipo informativo con que esta área está provista se pone al servicio de cualquier interesado, cumpliendo los siguientes requisitos indispensables para realizar la consulta.

- Presentar identificación actualizada.
- Presentar por escrito la justificación del motivo de consulta.
- Proporcionar algún tipo de material con carácter tecnológico (ya sea revistas, boletines, artículos o copias claras de material científicos y/o tecnológico, con los datos de la fuente de la que fueron extraídas).
- Llenar solicitud y entregarla junto con los requisitos antes mencionados.

El motivo central del porque de dichos requisitos es simplemente para llevar un control de asistentes, clasificar sus peticiones y canalizarlos así a la fuente de información deseada de manera más agilizada. En cuanto a la justificación y el material que se pide : por un lado, al justificar el móvil de la consulta es posible obtener ayuda adicional; por otro lado al donar material se enriquece el acervo bibliográfico y de información con que el área de consulta cuenta.

El requisito número tres es susceptible a modificaciones, por ejemplo una donación de tipo monetaria u otro tipo de cooperación razonable, para lograr el mantenimiento y al mismo tiempo el crecimiento de ésta.

II.2.2. Area de Capacitación. Esta es el área que refuerza los conocimientos, puesto que combina el manejo de conceptos teóricos con el desarrollo de la capacidad práctica. En ella se llevan a cabo prácticas de Laboratorio como introducción al estudio de la Robótica y la Automatización. Brinda la capacitación básica en el manejo de equipo vanguardista especializado, el cual será oportunamente especificado.

Su objetivo es el de fomentar la iniciativa creativa de sus estudiantes, con la finalidad de impulsar el desarrollo e incluso la producción de Tecnología nacional.

El área a su vez se divide en cuatro ramas, y dos aulas; en las que se puede adquirir el conocimiento y la experiencia en el manejo de los diversos mecanismos que conforman la Robótica, ya que cada una de ellas se encuentran convenientemente equipadas.

Dichas ramas son, Neumática, Sistemas Hidráulicos y Mecatrónica, de las cuales es posible abordar temas como lo ilustra la siguiente tabla.

R A M A S		
NEUMÁTICA	S. HIDRÁULICOS	MECATRÓNICA
N. de Regulación	H. Proporcional	Electrónica
Electroneumática	H. de Regulación	Sensórica
	Electrohídrica	PLC
		Motores
		Manipuladores

En cuanto a las aulas. En la primera, se establecen y proporcionan las condiciones preliminares indispensables para el manejo del equipo contenido en los Laboratorios de Neumática e Hidráulica.

En la segunda aula, se establecen también los criterios preliminares, pero en este caso del Laboratorio de Mecatrónica.

Ambas aulas se encuentran separadas por el almacén, permitiendo una instrucción independiente y sin interrupción, ya que cada una cuenta con accesos independientes.

III.2.3. Área de Investigación y Diseño. Esta es el área de análisis y desarrollo de proyectos, ideal para llevar a cabo el estudio de procesos industriales sometidos a investigación. Sean de carácter docente o laboral. Como en el caso de estudios enfocados a proyectos de tesis para diversos grados; o bien, para aquellos enfocados a asesorías encaminadas a las necesidades y requerimientos del sector industrial.

El área cuenta con equipo de simulación, periféricos e interfaces, (que permiten el análisis de modo gráfico) en conexión con máquinas de tipo industrial. En la que se puede checar e incluso crear las rutinas más adecuadas de procedimientos, verificando que éstas se cumplan correctamente mediante el software especial de que está provista; más aún, una vez que éstos son evaluados gráficamente además son evaluados

físicamente el Área de Máquinas) para de esta manera otorgar la máxima confiabilidad de ejecución.

Su objetivo es lograr una expansión Científico-Tecnológica-Multidisciplinaria tanto en ésta como en otras instituciones, y el sector productivo.

III.2.4. Área de Máquinas. Es el área experimental del Laboratorio, en la cual es posible comprobar la correcta ejecución de procesos analizados gráficamente en el Área de Investigación y Diseño.

Parte del equipo con que se integra el área, se interconecta con equipo de simulación del Área de Invest. y Dño., con la finalidad de evaluar alguna investigación que ahí se analice.

El equipo restante es una instalación del tipo automatización flexible programable, ya que además de contar con equipo de robots, tiene la posibilidad de ser adaptado y reprogramado de acuerdo a las condiciones y requerimientos del proceso en investigación.

También en esta área se imparten prácticas de Laboratorio para que el alumno se familiarice y conozca los parámetros de conformación, funcionamiento y operación de cada equipo en particular y de todo un proceso en general.

Su objetivo es el de complementar la preparación profesional de los estudiantes en base a desarrollar su capacidad y criterio Práctico-Laboral.

III.2.5. Área de Gobierno. La cual consta de dos salas, la **Recepción y la Sala de Juntas;** y la **Dirección.** La primera tiene una capacidad de atención para doce personas aproximadamente, la cual se encarga de llevar a cabo el control de los servicios que el Laboratorio de Robótica ofrece. En la segunda se reúnen periódicamente los titulares y responsables de cada una de las áreas que integran el Laboratorio, para presentar sus reportes de actividades, sus avances y, se analiza la aceptación de nuevas

Cap. III. *Diseño y Conformación del Proyecto*

propuestas y proyectos provenientes de la recepción, entre otros aspectos de importancia que en ella se exponen. Su capacidad es de doce personas como máximo.

III.2.6. **Auditorio.** Es el lugar para la transferencia Científico-Tecnológica en apoyo a la constante y necesaria actualización de profesional así como, el adiestramiento, la capacitación y asesorías al personal del sector industrial, para el manejo, la aplicación y el aprovechamiento de las nuevas tecnologías.

Su objetivo. Hacer de la Ciencia y la Tecnología un lenguaje común, e indispensable en ingeniería, mediante cursos de introducción, actualización y superación académica, docente y laboral para la formación de recursos humanos que la Ciencia y Tecnología demandan.

Imparte y difunde cursos de posgrado, diplomados y actualización. Desarrolla coloquios, encuentros y programas de intercambio cognoscitivo con otras instituciones tanto nacionales como extranjeras e incluso con el sector industrial.

Además de, difundir el avance y resultados de investigaciones Científicas y Tecnológicas en desarrollo; promoviendo así la participación, la colaboración e iniciativa de un mayor número de investigadores en Tecnología de punta.

Es una sala de audiciones con capacidad para 200 personas aproximadamente. Es la que propiamente se encarga de la transferencia a mayor escala de todo aquello relacionado con la Ciencia y la Tecnología.

III.3. *Distribución y Designación de Espacios*

La implementación del Laboratorio de Robótica implica altos costos de inversión de capital tanto para la construcción de sus instalaciones como del equipo que lo compone.

Sin embargo, dado que el Centro de Tecnología Avanzada instalado en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, ha sido creado para la investigación Tecnológica, el presente proyecto está diseñado en base a las dimensiones reales de las aulas contenidas en él, con expectativas de implementar en ellas el Laboratorio de Robótica, como una propuesta sujeta a consideración por sus directivos, debido a que ambos persiguen objetivos similares.

En donde el Laboratorio de Robótica se establecería como el primer eslabón de preparación y capacitación para la formación de sus propios recursos humanos.

Por su parte, el Centro de Tecnología Avanzada así como esta institución, serían los responsables de la generación de recursos humanos con alto nivel de preparación, capaces de impulsar el desarrollo de la Tecnología.

De forma tal, al unificar sus esfuerzos, se fortalecerían significativamente sus desempeños particulares en forma compartida.

En cuanto a la designación de espacios, se toman en cuenta los espacios de que el edificio consta en relación a la demanda de estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica de esta institución, esto es:

"El número de estudiantes que conformaron el total de la carrera Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón al periodo 1995-1996 fue de 2374 alumnos, de los cuales , 1980 correspondió a los alumnos de reingreso, mientras que, 494 representa el total de alumnos que son inscritos anualmente."

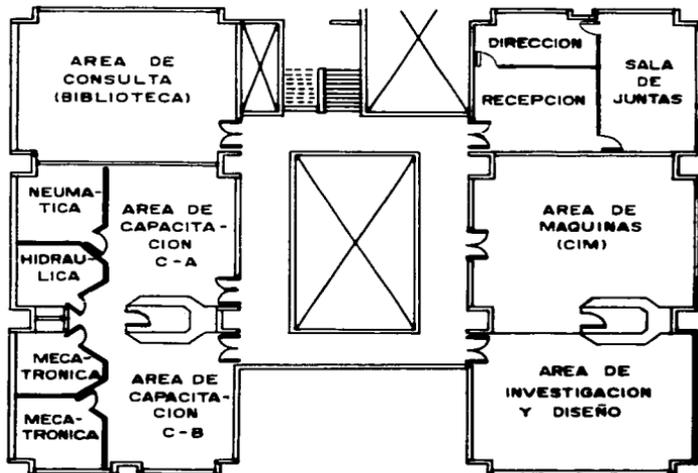
Así el número de estudiantes estimado que será integrado en el Laboratorio de Robótica es de 300 personas en diversos horarios durante el día, y en grupos de entre 6 y 20, personas por cada sección del Laboratorio.

Estimación tal que puede ser fácilmente adaptada en las dimensiones reales de cada aula del Centro de Tecnología Avanzada; proponiendo para ello el primer nivel, con el fin de implementar todo un eslabón introductorio específico, para mantener la independencia de las actividades propias del edificio.

A través del **Plano Dimensional de Areas** se muestran las dimensiones de las aulas propuestas, presentando tan sólo una modificación al aula número 6. La cual se ha provisto de muros para subdividirla y conformar el Area de Gobierno.

Y dado a las características que éstas presentan, la distribución y la determinación de espacios considerados para la implementación del Laboratorio de Robótica se señalan en el **Plano de Localización y Distribución de Areas**. En el cual, para mejor identificación posterior individual de cada área, se toma como punto referencial de ubicación, las escaleras, de tal forma que el lado derecho corresponde a las áreas de Consulta y la de Capacitación, mientras que el lado izquierdo lo conforman las tres restantes.

¹¹ M. en I. Claudio C. Merriñiel Castro



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON. U.N.A.M.

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

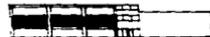
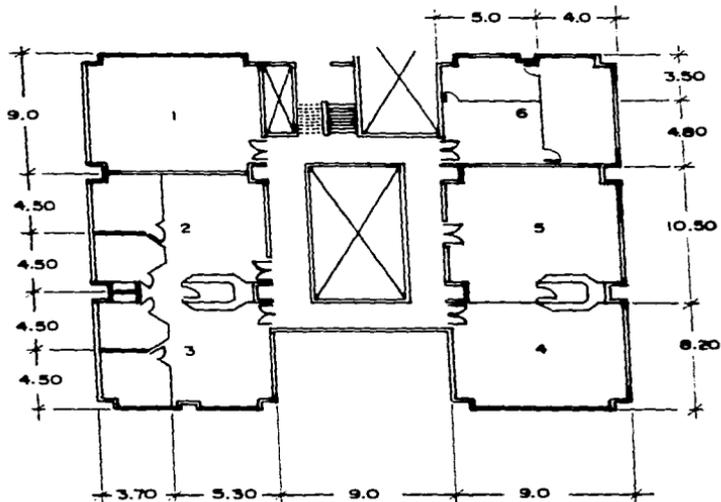
TESIS PROFESIONAL. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARCELA

PLANO DE LOCALIZACION Y DISTRIBUCION DE AREAS

ACOTACION:

ESCALA: 1:200



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M. INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON 1997	
PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA	
PLANO DIMENSIONAL DE AREAS	
ACOTACION: m	
ESCALA: 1: 200	

III.3.1. **Area de Consulta.** Se localiza en el lado derecho, tiene una extensión aproximada de 81 m². Con condiciones normales de ventilación e iluminación tanto artificial como natural aceptables para un área de este tipo ya que ésta, no requiere de un estricto control ambiental.

Consta de mobiliario de tipo bibliográfico, debido a que todo el tipo de servicio que otorga es de consulta.

Cuenta con equipo de computo para brindar un servicio más completo. Con terminales que contienen la información clasificada del material que en ella se localiza, como auxiliares para agilizar la búsqueda; terminales equipadas con CD Room para el manejo de información almacenada en CD, e incluso cuenta con terminales exclusivas para uso a Internet y obtener mayor información especializada.

Tanto el equipo como el mobiliario se encuentra distribuido en la forma como se ilustra en el plano **Area de Consulta (Biblioteca)**.

La sala mayor que tiene una capacidad mínima para 16 personas. En ella se aloja todo el material informativo impreso como textos, tesis, revistas, etc., y las terminales que contienen la información de clasificación de material.

La sala menor, tiene una capacidad máxima para 8 personas, la integran terminales equipadas para el manejo de CD Room y terminales para el acceso a Internet.

III.3.2. Área de Capacitación. También se localiza en el lado derecho y a continuación del Área de Consulta, con una extensión

aproximada de 162 m². Tanto ventilación como iluminación se consideran aceptables, pues el área no requiere la generación de medio ambiente artificial, sin embargo, sí requiere de la instalación de tubería y accesorios indispensables para el equipo neumático.

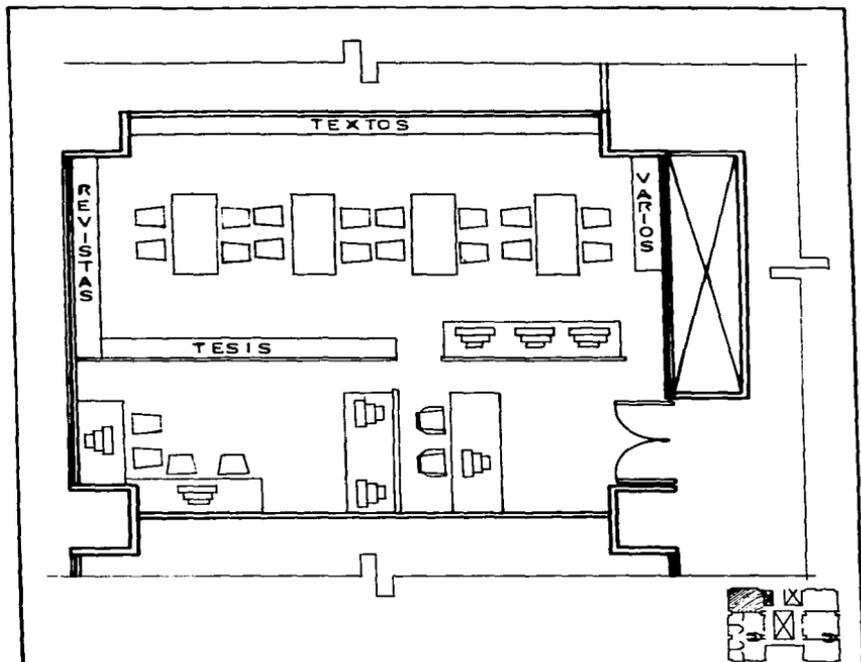
El área se encuentra dividida en seis secciones. Dos aulas con capacidad para 16 personas aproximadamente cada una y cuatro diferentes laboratorios con equipo específico y suficiente como para brindar atención personalizada a grupos que van de 6 a 10 personas cada uno.

La distribución del equipo y el mobiliario del área en general se ilustra por medio del plano **Área de Capacitación**.

III.3.3. Área de Investigación y Diseño. Se encuentra situada exactamente enfrente del aula C-B del Área de Capacitación, en el lado izquierdo del mismo nivel. Con una extensión aproximada de 75 m²; y con el tipo de ventilación e instalación eléctrica propia para un centro de cómputo, ya que el área se integra con este tipo de equipo y software ideal para la investigación, el diseño y la simulación, así como con dispositivos y periféricos de intercomunicación con mecanismos físicos del área contigua.

Es un área con capacidad para 20 personas alojadas desahogadamente.

Tanto el equipo como el mobiliario se encuentra distribuido como lo ilustra el plano **Área de Investigación y Diseño**.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.
 INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

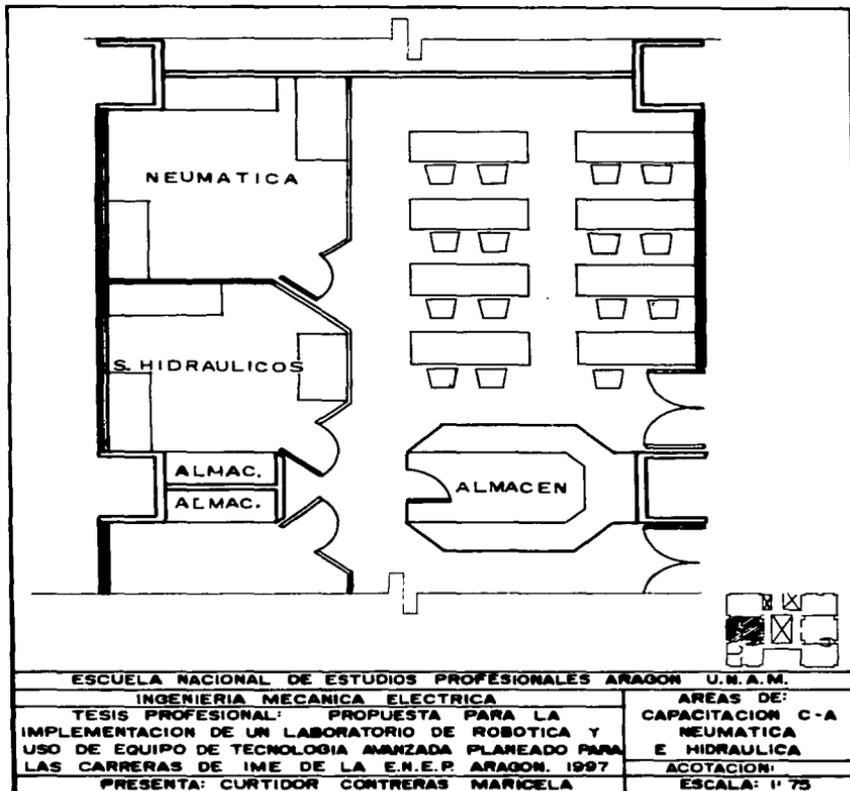
TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
 IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
 USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
 LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997

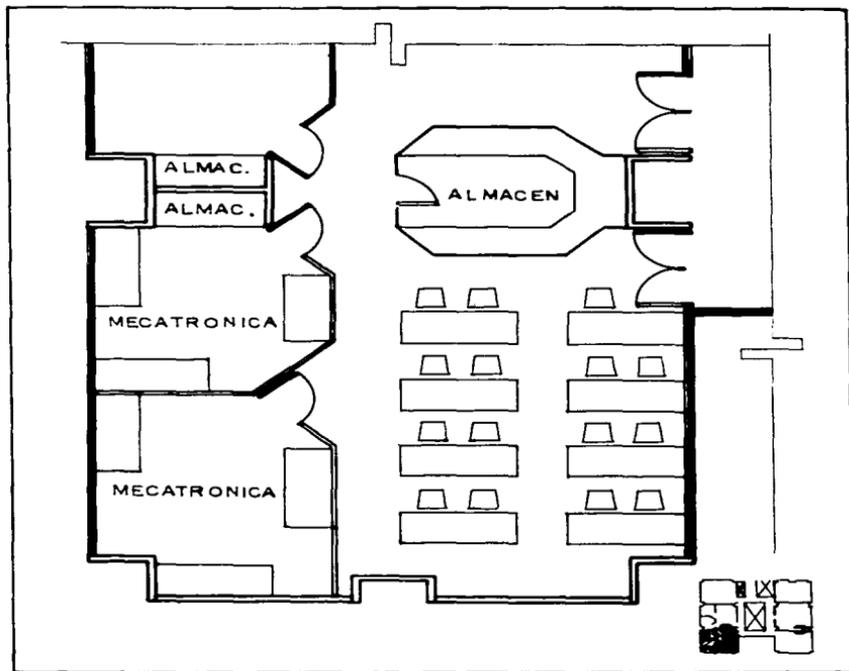
PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARCELA

AREA DE
 CONSULTA
 (BIBLIOTECA)

ACOTACION:

ESCALA: 1:75





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997

PRESENTA: CURTIADOR CONTRERAS MARICELA

**AREA DE:
CAPACITACION C-8
Y MECATRONICA**

ACOTACION:

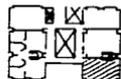
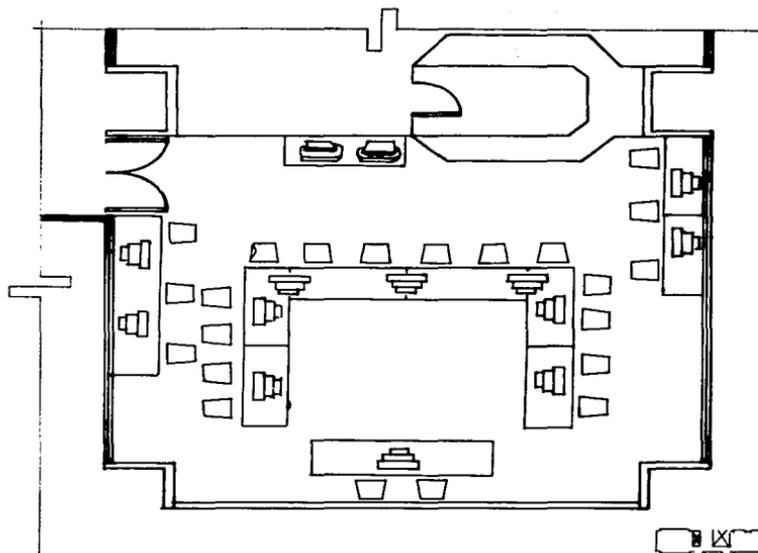
ESCALA: 1" = 75'

III.3.4. Area de Máquinas. Es el área central del lado izquierdo de este mismo nivel, frente a la primer aula del Area de Capacitación. Tiene una extensión aproximada de 90 m².

El equipo contenido en ella, aunque no requiere de medio ambiente controlado si es preciso que se aisle de humedad y polvo.

Requiere además de instalación especial tanto eléctrica y neumática, como de periféricos e interfaces que hagan posible la intercomunicación con el equipo de simulación contenido en el área anteriormente ilustrada.

El equipo se encuentra en línea simulando un proceso productivo. Se inicia con un Almacén [1], de donde sale el material por procesar, hacia una Banda Transportadora que lo dirige al una sección de maquinado [2]. En la cual se pueden adaptar, una Fresa, un Torno o una máquina para Inyección de plástico, según lo requiera el proceso. Estas son alimentadas por uno de los dos Manipuladores que para ello se utilizan. Luego, depositan la pieza sobre la sea para ser identificada por una Cámara de reconocimiento de piezas [3], y lograr ser evaluadas por la sección de inspección o control de calidad [5]. Finalmente y conforme a los resultados de la inspección, la pieza es clasificada y depositada ya sea en la sección terminal, en la de materiales o en una sección externa, por medio del Vehículo de transportación automática [4], en donde se localizan los robots FANUC de Remoción de Material y el Robot láser, según se requiera.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.N.A.M.
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y
USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA
LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON, 1997.

AREA DE
INVESTIGACION
Y DISEÑO

PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA

ACOTACION:

ESCALA: 1:75

Dado que el área representa una zona de alto riesgo por el tipo de equipo que contiene y por el tipo de actividades que en ella se realizan, el número de personas de acceso por instructor es limitado y determinado conforme a los espacios libres fuera del área de volumen de trabajo de cada una de las máquinas, y durante el tipo de proceso que se esté llevando a cabo ya éstos, son adaptados y reprogramados según sea necesario pues, recuérdese que el área es del tipo Automatización Flexible Reprogramable.

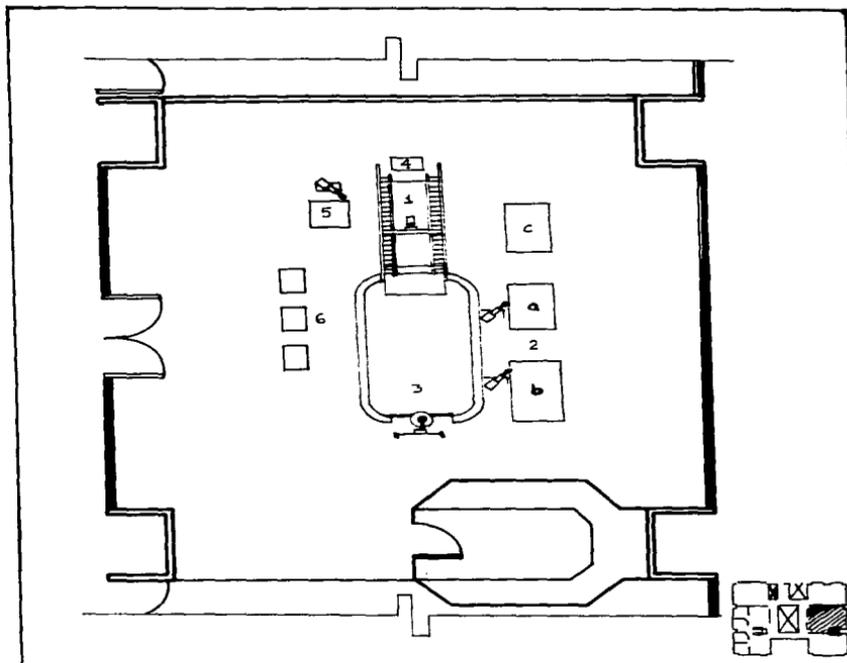
Sin embargo la distribución inicial de equipo se ilustra en el plano **Area de Máquinas.**

III.3.5. **Area de Gobierno.** Se localiza en el lado izquierdo y frente al Area de Consulta. Ocupa una extensión de 75 m² aproximadamente en la cual pueden ser perfectamente instalados tanto la Recepción y Dirección como una Sala de Juntas.

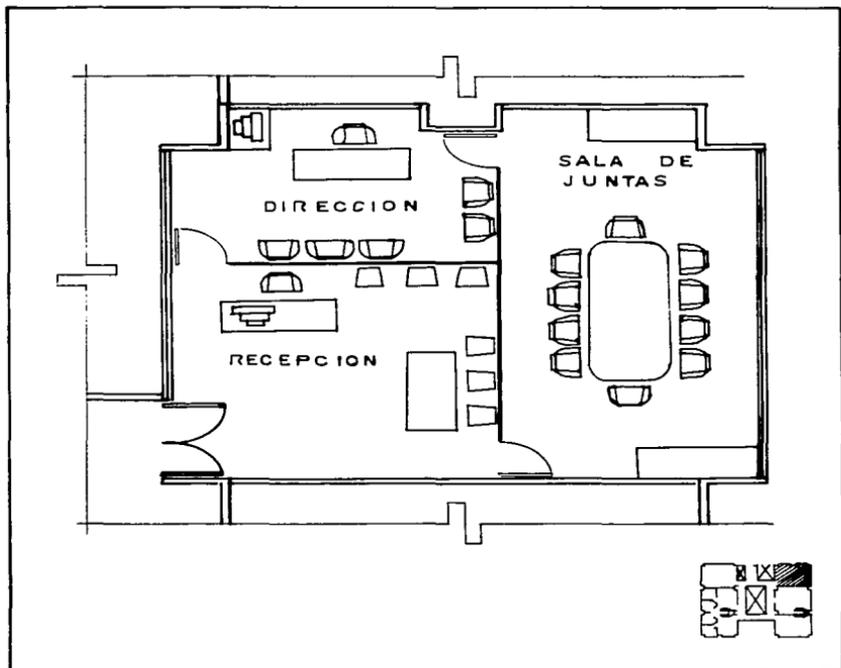
Se contempla una extensión de 33 m² para la Recepción, mientras que para la Sala de Juntas una extensión de 42 m². Sin presentar ningún problema en cuanto a ventilación e iluminación.

Su distribución se muestra en el plano **Area de Gobierno.**

III.3.6. **Auditorio.** Finalmente todo tipo de actividades y eventos relacionados con la difusión y la propagación de conocimientos Científicos y Tecnológicos de mayor escala, requieren de una gran sala con capacidades de entre 150 y 200 personas, equipada con mobiliario confortable y equipo acorde para un Auditorio.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON U.R.A.M. INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997	AREA DE MAQUINAS (CIM)
PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARCELA	ACOTACION:
	ESCALA: 1:75



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON. U.N.A.M. INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
TESIS PROFESIONAL: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO DE ROBOTICA Y USO DE EQUIPO DE TECNOLOGIA AVANZADA PLANEADO PARA LAS CARRERAS DE IME DE LA E.N.E.P. ARAGON. 1997.	AREA DE GOBIERNO
PRESENTA: CURTIDOR CONTRERAS MARICELA	ACOTACION: ESCALA: 1:75

III.4. Conclusión

La calidad de una institución se ha de medir en relación al nivel de preparación percibido a través de sus egresados y por el alto grado de capacidad alcanzado para interpretar, discernir y solucionar problemas reales a los que se enfrenten en la transformación tecnológica del país.

Razón por la cual, transmitir y además reforzar los conocimientos adquiridos, será la constante labor de esta institución en su afán de otorgar generaciones de Ingenieros con alto nivel de preparación.

Sólo a través de un laboratorio de Robótica provisto con equipo de Tecnología Avanzadas el cual es, el lugar idóneo para llevar a cabo la demostración de infinidad de hipótesis preestablecidas, que contribuyen al fortalecimiento del conocimiento y de la iniciativa en el desarrollo de programas y proyectos de investigación con carácter científico.

Por tal motivo y en apoyo a esta institución en su compromiso de otorgar formación profesional el presente capítulo ha brindado la completa descripción del diseño que como propuesta se plantea para este proyecto de tesis en la apertura de un Laboratorio de Robótica para la ENEP Aragón. Con el cual se adquiere la introducción de nuevas tecnologías en los procesos de aprendizaje y enseñanza generando así el desarrollo de este tipo de tecnología en esta institución en beneficio de progreso del país.

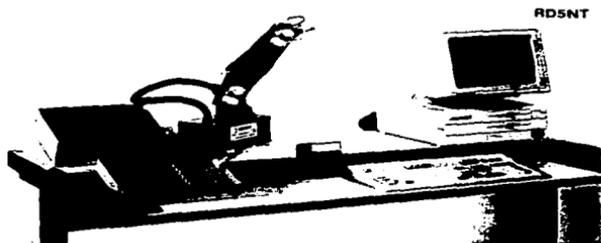
De tal forma, la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón al ser capaz de otorgar la formación de Ingenieros con alto nivel, tiene la posibilidad de proporcionar a la industria los recursos humanos responsables de capacitar y actualizar a su población laboral o bien, para otorgar algún tipo de asesoría referente a equipo.

Con la cual se beneficia la industria y, ésta a su vez colabora en la formación Práctico-Laboral de los Ingenieros al abrirles sus puertas y depositar su confianza, creando así un vinculo que garantiza el progreso del país, luchando de una manera ya más compartida y no sólo por intereses particulares que únicamente conducen al estancamiento y retraso del desarrollo de cualquier país.

Cap. **IV**
Cotización. y
Especificaciones del
Proyecto

Analizar el tipo de productos, el servicio y la cotización que diversos proveedores ofrecen con la finalidad de seleccionar y proporcionar la mejor opción.

Objetivo



IV.1. Gama de Proveedores

La elección de proveedores no es una tarea sencilla, esto implica la consideración de diversos factores. Dentro de los cuales el económico, podría pensarse que es el de mayor importancia, sin embargo, en este caso existen razones de mayor peso por considerar.

Por el tipo de servicio de alta calidad que el Laboratorio de Robótica ofrece, (asesoría, capacitación) es fundamental contar con el apoyo necesario de la experiencia con que cuentan los proveedores. Resultando estos de suma importancia por analizar.

Lo cual fue posible determinar mediante sondeos, a través de las instituciones con instalaciones de este tipo, y de entrevistas realizadas a cada posible proveedor. En las cuales se evaluaron:

- Calidad de Servicio
- Equipo de Vanguardia
- Existencia de Refacciones
- Garantía
- Apoyo Técnico, etc.

Conforme a tales características el proveedor que más se apego a los requerimientos del Laboratorio de robótica fue FESTO, compañía alemana que además de contar con equipo vanguardista e ideal para un Laboratorio de este tipo, es una empresa que al igual que FANUC Robotic, cuentan con un gran equipo de Ingenieros asesores que respaldan la adquisición y proveen el apoyo técnico indispensable posterior a la instalación, en especial para el Area de Capacitación y parte del Area de Maquinas. La otra parte del Area de Máquinas y el Area de Investigación Y Diseño corresponde a equipo distribuido por Harry Mazal.

Así pues en este capítulo se dan a conocer las características de equipo y mobiliario, así como su cotización y especificaciones. Y como conclusión una de las formas en las que se puede llevar a cabo la rentabilidad de alguna adquisición de este tipo, y de mayor utilidad para el sector productivo.

VI.2. Características de Equipo y Mobiliario.

En el capítulo anterior se ilustra la distribución tanto del mobiliario como del equipo contenido en cada área del Laboratorio de Robótica, sin embargo, su descripción y características son especificadas por medio de éste, señalando el tipo y la cantidad indispensable para cada una de ellas.

VI.2.1. Área de Consulta. El área consta de mobiliario para la colocación y la clasificación de todo el material informativo que en ella se encuentra, así como de mesas y sillas para realizar cómodamente la consulta.

En cuanto al equipo, la conforman terminales de computadoras. Tres sirven como auxiliares para la búsqueda y fácil localización del material, otras tres equipadas con CD Room y dos más para uso exclusivo de Internet.

Cantidades y características se aprecian en la siguientes tablas.

TABLA E.2.1.

CANTIDAD	EQUIPO	CARACTERÍSTICA	COSTO X UNIDAD
3	Computadoras	Para CD Room	14.320
3	Computadoras	Capacidad a Internet	16.160
3	Computadoras	Baja Capacidad	11.220

TABLA N. 2.1

CANTIDAD	MOBILIARIO	DIMENSIONES	COSTO X UNIDAD
24	Anaqueles	2.0 x 0.45m	463.68
5	Mesas	2.1 x 1.00m	1,236.25
4	Mesa-Comp.	1.2 x 0.75m	920.00
24	Sillas	Apilables	218.00
6	Sillones	C-2508	552.00

Cada anaquele consta de 4 postes de 2.40m de altura calibre 14, 6 entrepaños de 83 x 30cm calibre 24 con refuerzo y 48 juegos de tornillos con tuerca. Incluye armado.

IV.2.2. **Area de Capacitación.** El mobiliario de esta área es de dos tipos, el de las aulas (del tipo salón de clases) y el de los Laboratorios (pizarrón, mesas de trabajo, bancos y almacén para equipo y accesorios).

En cuanto al equipo, éste es de gran variedad y de acuerdo a la sección, puesto que se tienen cuatro tipos diferentes de laboratorios : Neumática, Sistemas Hidráulicos y Mecatronica; y dos aulas que requieren de equipo audiovisual (proyector de acetatos, de transparencias, videocasetera y T.V., etc.).

TABLA N. 2.2.

CANTIDAD	MOBILIARIO	DIMENSIONES	COSTO X UNIDAD
28	Mesas	2.10 x 1.0m	1,236.25
40	Sillas	M2010	439.30

En cuanto a las características de equipo, consultar en el siguiente tema IV.3. Cotización y especificaciones.

IV.2.3. **Area de Investigación y Diseño.** Prácticamente todo el equipo que la conforma es de computo, cargado con el software ideal para la investigación, el diseño y la simulación.

Cap. IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto.

Posee además dispositivos de enlace que lo intercomunican de manera real con máquinas instaladas en el Area de Máquinas, a través de conexiones e interfaces.

El mobiliario es de tipo oficina, es decir, mesas para equipo de computo, sillas, etc.

De las cuales, características y cantidades se especifican en las siguientes tablas.

TABLA E.2.3.

CANTIDAD	EQUIPO	CARACTERISTICAS	COSTO X UNIDAD
12	Computadoras	Para Simulación	64,800
3	Impresoras	Matriz de puntos	2.000

TABLA M.2.3.

CANTIDAD	MOBILIARIO	DIMENSIONES	COSTO X UNIDAD
8	Mesas-Comp.	1.20 x 0.75 m	920.00
1	Escritorio	180 x 0.80 m	1,952.70
26	Sillas	M-25520	833.75

IV.2.4. *Area de Máquinas.* Dado que esta es una área experimental, en la cual toda la instrucción se lleva a cabo de manera práctica, no requiere de mobiliario para la instrucción teórica.

La conforma en su totalidad diversos tipos de máquinas que van desde una banda transportadora, máquinas de fresado, torneado, etc., hasta robots. Con la posibilidad de que algunas de ellas puedan ser enlazadas con el sistema de simulación del Area de Investigación y Diseño.

de ellas puedan ser enlazadas con el sistema de simulación del Area de Investigación y Diseño.

Dado a que sus características y especificaciones se refieren tan sólo a equipo, éstas son señaladas con mayor detalle en el siguiente tema, IV.3 Cotización y especificaciones.

TABLA N. 2.4.

CANTIDAD	MOBILIARIO	DIMENSIONES	COSTO X UNIDAD
4	Mesas	2.1 X 1.0 m	1,236.25

IV.2.5. Area de Gobierno. Tanto el mobiliario para la Sala de Juntas como para la Recepción son de tipo similar pero con ciertas diferencias en cuanto a cantidades y confortabilidad determinadas de acuerdo al tipo de servicio que cada una otorga.

La Sala de Juntas requiere de mobiliario muy confortable mientras que en la Recepción esta característica no es esencial.

En cuanto a equipo el único requerido es de computo y sólo en Recepción.

TABLA NE. 2.5.

CANTIDAD	MOBLINO.-EQUIPO	CARACTERISTICAS	COSTOS X UNIDAD
1	Mesa Tenea	2.40 X 1.20 m	1,742.25
12	Sillones	14 D	1,965.35
1	Escritorio	180 x 0.80 m	1,952.70
2	Sillones	C2514	1,904.40
1	Mesa	2.1 x 1.0 m	1,236.25
6	Sillas	M-2010	439.30
1	Computadora		

VI.3. Cotización y especificaciones

Prácticamente las especificaciones que en este tema se abordan, son en cuanto al equipo y accesorios para el Area de Capacitación y el Area de Máquinas.

Las cuales son enlistadas por medio de tablas en las que se anexan por módulos, el costo total de cada uno.

Sin embargo, el cálculo de costos tanto de equipo como de mobiliario, se llevan a cabo a través de los datos tomados de las tablas de cotizaciones área por área, para finalizar con los costos totales que el proyecto arroja.

IV.3.1 Area de Consulta. De la tabla M.2.1.

3 x	,	.	=	42,960.00					
3 x	,	.	=	48,480.00					
				3 x	,	.	=	<u>33,660.00</u>	
								125,100.00	+15% =
								<u>143,865.00</u>	

De la tabla M.2.1.

24 x	,	463.68	=	10,480.32
5 x	1,236.25	=	06,181.25	
4 x	,920.00	=	03,680.00	
24 x	,218.00	=	05,232.00	
6 x	,552.00	=	<u>03,312.00</u>	
			28,885.57	

IV.3.2. Area de Capacitación. De la tabla M.2.2.

28 x	1,236.25	=	34,615.00
40 x	,439.30	=	<u>17,572.00</u>
			52,187.00

En cuanto al equipo, considerense las siguientes tablas modulares.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80240	Neumática 2000 nivel básico TP-101 Que consta de :	21,292.00
152860	3 Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	
152861	1 Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	
152862	1 Válvula de 3/2 vías con selector	
152865	2 Manómetro	
152866	3 Válvula de 3/2 vías de accionada por rodillo	
152867	1 Válvula de rodillo con leva pivotante, accionamiento directo	
152872	1 Válvula neumática de 5/2 vías, activada por aire comprimido	
152873	3 Válvula neumática de impulso de 5/2 vías	
152875	1 Válvula selector (O)	
152876	1 Válvula de simultaneidad (Y)	
152880	1 Válvula de escape rápido	
152881	2 Válvula de estrangulamiento y antirretorno	
152879	1 Válvula temporizadora, regulable de 0 a 5 seg.	
152884	1 Válvula de secuencia	
152887	1 Cilindro de simple efecto	
152888	2 Cilindro de doble efecto	
152894	1 Válvula de interrupción con filtro y válvula reguladora de presión	
152895	1 Válvula reguladora de presión con manómetro	
152896	1 Bloque de distribución	
36315	10 Distribuidor enchufable	
152898	1 Elemento de unión	
151496	2 Tubo flexible de plástico de 10 m.	
	REQUIERE :	
159411	Panel de prácticas en aluminio. anodizado Dim. 110 x 70 cm.	
159409	Panel de prácticas en aluminio anodizado Dim. 55 x 70 cm.	

Cap. IV. Cotización y. Especificaciones. del. Proyecto.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80241	Neumática 2000 nivel avanzado TP-102 Que consta de :	43,107.00
152860	2 Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	
152863	1 Válvula de 3/2 vías para panel con selector	
152864	1 Válvula 3/2 v. para panel con puls. rojo	
152866	1 Válvula de 3/2 vías de accionamiento por rodillo. Accionamiento directo. Cerrada en reposo	
152868	1 Válvula de obturación de fuga	
152870	3 Detector de proximidad neumático	
152877	1 Contador neumático con preselección	
152878	1 Válvula temporizadora. Regulable de 0 a 5 seg.	
152873	1 Válvula neumática de impulsos de 5/2 vías	
152871	2 Válvulas neumáticas de 3/2 vías	
152872	2 Válvulas neumáticas de 5/2 vías	
152881	2 Válvula de estrangulamiento y antirretorno	
152882	2 Válvula selectorá (O)	
152883	2 Válvula de simulación (Y)	
152885	1 Módulo de pasos	
152886	1 Módulo de pasos	
152890	1 Unidad de accionamiento neumático lineal	
152891	1 Tubería de aspiración/cabeza de aspiración	
153892	1 Cabezal vacuostato	
036315	20 Distribuidor enchufable	
152898	1 Elemento de unión	
151496	2 Tubo flexible de plástico (10 m.)	

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
080243	Electroneumática 2000 nivel básico TP-201 Que consta de :	22,326.00
11088	1 Entrada eléctrica de señales	
152905	2 Detector de proximidad, inductivo	
152906	1 Interruptor de final de carrera, eléctrico	

152915	1 Interruptor de final de carrera, eléctrico	
152907	1 Convertidor neumático eléctrico	
152908	1 Electroválvula de 3/2 vías, diodo luminoso	
152909	2 Electroválvula de 5/2 vías, diodo luminoso	
152910	1 Electroválvula de impulsos de 5/2, d.lum.	
11087	1 Relé triple	
152887	1 Cilindro de simple efecto	
152888	2 Cilindro de doble efecto	
30311	2 Sistema de aviso y distribuidor, eléc.	
152894	1 Válvula de interrupción con filtro y válvula reguladora de presión	
152896	1 Bloque de distribución	
151496	2 Tubo flexible de plástico (10 m.)	
159411	REQUIERE :Panel de prácticas en aluminio anodizado Dim. 110 x 70 cm.	6.455.00
151503	Fuente de energía	3.738.00
30332	Juego de cables	2.654.00

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
080244	Electroneumática 2000 nivel avanzado TP-202	27.727.00
11088	1 Entrada de señales eléctricas	
152901	1 pulsador de PARO DE EMERGENCIA	
152902	1 Detector de proximidad, inductivo	
152903	1 Detector de proximidad, capacitivo	
152904	1 Detector de proximidad óptico	
152910	2 Electroválvula de impulso 5/2 vías, d.lum.	
11087	4 Relé triple	
11432	1 Relé doble	
11435	1 Contador eléctrico aditivo con preselección	
30350	REQUIERE :Panel de prácticas en aluminio anodizado Dim. 110 x 70 cm.	
34000	Panel de prácticas en aluminio anodizado Dim. 55 x 70 cm.	

Cap. IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80246	Hidráulica 200 nivel básico TP-501 Que consta de :	64,535.00
152857	1 Cilindro de doble efecto	
152972	1 Peso	
152858	1 Grupo hidráulico	
152859	1 Acumulador de diafragma con bloque de seguridad	
152974	1 Válvula de 4/2 vías	
152977	1 Válvula de 4/3 vías	
152851	1 Válvula de 2 vías, reguladora de caudal	
152852	1 Válvula de antirretorno, desbloqueable	
152842	1 Válvula de estrangulamiento	
152843	1 Válvula de estrangulamiento y antirretorno	
152841	3 Manómetro	
152844	1 Válvula de cierre	
152847	7 Bifurcación en T	

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80247	Hidráulica 2000 nivel avanzado TP-502 Que consta de :	38,541.00
152857	1 Cilindro de doble efecto	
120778	1 Extensión	
152978	1 Válvula de 2/2 vías	
152976	1 Válvula de 4/3 vías	
152848	1 Válvula limitadora de presión/válvula de secuencia	
152975	1 Válvula de 4/2 vías	
152843	1 Válvula de estrangulamiento y antirretorno	
152847	4 Bifurcación en T	
152968	1 Válvula de desconexión	
152967	1 Distribuidor de caudal	

ARTICULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80248	Electrohídrica 2000 nivel básico TP-601 Que consta de :	57,433.00
152857	1 Cilindro de doble efecto	
152972	1 Peso	
152858	1 Grupo hidráulico	
152854	1 Electroválvula de 4/3 vías	
152906	2 Interruptor de final de carrera, eléctrico, accionamiento desde izquierda	
152915	2 Interruptor de final de carrera, eléctrico, accionamiento desde la derecha	
152843	1 Válvula de estrangulamiento y antirretorno	
152853	1 Electroválvula de 4/2 vías	
11087	2 Relé triple	
30311	1 Introdutor de señales y distribuidor eléctrico	
11088	1 Entrada de señales eléctricas	
152841	3 Manómetro, accionamiento, amortiguación con glicerina	
152847	8 Bifurcación en T	
152845	1 Válvula de antirretorno	
152846	1 Válvula de antirretorno	
152848	2 Válvula limitadora de presión/válvula de secuencia	
152852	1 Válvula de antirretorno, desbloqueable	
152851	1 Válvula de 2 vías reguladora de caudal	
	REQUIERE :	
159411	Panel de prácticas en aluminio anodizado Dim.110 x 70 cm.	6,455.00
151503	Fuente de energía	3,738.00
30332	Juego de cables	2,654.00
152962	Grupo hidráulico	15,846.00
152960	Manguera de 600 mm con conector rápido	608.00
152970	Manguera de 1000 mm con conector rápido	634.00

Cap. IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
80249	Electrohidráulica 2000 nivel avanzado TP-602 Que consta de :	55,396.00
152857	1 Cilindro de doble efecto	
152968	1 Válvula de desconexión	
152967	1 Distribuidor de caudal	
152850	1 Válvula de 3 vías, reductora de presión	
152853	1 Electroválvula de 4/2 vías	
11435	1 Contador con preselección, adición eléc.	
152859	1 Acumulador de diafragma con bloque de seguridad	
152902	1 Detector de proximidad, inductivo	
152903	1 Detector de proximidad, capacitivo	
152849	1 Válvula limitadora de presión, servopilotada	
11087	1 Relé triple	
30311	1 Introdutor de señales y distribuidor eléc.	
11432	2 Relé temporizador doble	
152904	1 Detector de proximidad óptico	
152847	4 Bifurcación en T	
152840	1 Conmutador por presión	
152901	1 PARADA DE EMERGENCIA, eléctrica	

SUBTOTAL DE ESTAS TABLAS : 382,893.00

SISTEMA MODULAR DE FORMACIÓN EN ROBÓTICA			
ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO
120880	Estación de distribución	1	24,646.80
120881	Estación de verificación	1	31,036.50
120882	Estación de proceso	1	34,160.10
162235	Estación de manipulación	1	272,591.00

ACCESORIOS				
ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
170651	PLC 101 AF	1	31,401.30	31,401.30
170650	PLC 101 B	3	24,646.80	73,940.40
120856	Carrito	4	3,705.00	14,820.00
162275	Botonera de mando	4	4,674.00	18,696.00
151503	Fuente de alimentación	4	3,738.00	14,952.00
34031	Cable I/O	4	517.00	2,068.00
170639	Gabinete para PLC 101 B	4	6,583.50	26,334.00
TOTAL DEL SISTEMA MODULAR				544,646.10

ANEXO TÉCNICO POR ESTACIÓN

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
120880	Estación de distribución. Consta de :
002307	Silenciador con rosca
002316	Silenciador con rosca
004645	Silenciador con rosca
008625	Presostato
014015	Generador de vacío
015889	Generador de vacío
031341	Sensor óptico reflex
301346	Fibra óptica
031732	Adaptador
034035	Terminal entradas y salidas
152894	Unidad de servicio
162385	Módulo de almacenamiento
162387	Módulo de distribución
170395	Plato de montaje
170396	Block de válvulas
302056	Ductos para cable
326351	Sujetador de montaje
326506	Riel

Cap. IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
120881	Estación de verificación Consta de :
002316	Silenciador con rosca
004645	Silenciador con rosca
034035	Terminal entradas y salidas
035658	Módulo de identificación
035659	Módulo de medición
036200	Módulo elevador
113832	Perfil de aluminio anodizado 32 x 32 x 350
152894	Unidad de servicio
170395	Plato de Montaje
170465	Block de válvulas
170466	Módulo de deslizamiento
170467	Módulo de deslizamiento
302056	Ductos para cables
326506	Sujetador de montaje
329742	Módulo de verificación de pieza

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
120882	Estación de proceso Consta de :
002316	Silenciador con rosca
034035	Terminal I/O
035690	Módulo de taladro
035695	Módulo de verificación
080829	Motorreductor
151481	Módulo manipulador
152894	Unidad de servicio
170395	Plato de montaje
170465	Block de válvulas
268327	Relevador
302056	Ducto para cable
326506	Riel

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
162235	Estación de manipulación con Robot Consta de :
121214	Cable
151431	Estación de piezas
151440	Robot industrial
151441	Unidad de control
151442	Caja de enseñanza
151443	Garra
151444	Dedos de garra
151445	Placa de adaptación
151446	Plato de montaje
151448	Palec
151449	Herramienta
170395	Plato de distribución y maquinado

Así pues de la suma total de estos bloques de tablas se obtiene E.2.2., esto es :

382,893.00

+

544,646.10

E.2.2. = 927,539.10

Cap. IV. *Cotización y Especificaciones del Proyecto.*

IV.3.3. *Area de Investigación y Diseño. De la tabla E.2.3.*

$$\begin{aligned}
 12 \times & \quad \quad = 777,600.00 \\
 3 \times & \quad \quad = 6,000.00 \\
 & \quad \quad = \underline{783,600.00} + 15\% = \\
 & \quad \quad \underline{901,140.00}
 \end{aligned}$$

Mientras que de mobiliario, *M.2.3.*

$$\begin{aligned}
 8 \times & \quad ,920.00 = 7,360.00 \\
 1 \times & \quad 1,952.70 = 1,952.70 \\
 26 \times & \quad ,933.75 = \underline{21,667.50} \\
 & \quad \quad \quad 30,990.20
 \end{aligned}$$

IV.3.4. *Area de Máquinas. De la tabla M.2.4.*

$$4 \times 1,236.25 = \underline{4,945.00}$$

En cuanto al equipo, considérense las tablas modulares.

IV.3.5. *Area de gobierno. De la tabla EM.2.5.*

$$\begin{aligned}
 1 \times & \quad 1,742.25 = 1,742.25 \\
 12 \times & \quad 1,965.35 = 23,584.20 \\
 1 \times & \quad 1,952.70 = 1,952.70 \\
 2 \times & \quad 1,904.40 = 3,808.80 \\
 .1 \times & \quad 1,236.25 = 1,236.25 \\
 6 \times & \quad ,439.30 = \underline{2,635.80} \\
 & \quad \quad \quad 34,960.00
 \end{aligned}$$

$$1 \times \quad \quad = 14,320.00 + 15\% = \underline{16,468.00}$$

CELDA DE TRABAJO CON ROBOT NEUMÁTICA DIDÁCTICA		
ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
120883	Estación de manipulación/Robot neumática :	27,525.30
002307	Silenciador con rosca	
002316	Silenciador con rosca	
004645	Silenciador con rosca	
008635	Presostato	
014015	Generador de vacío	
034035	Terminal I/O	
152894	Unidad de servicio	
170395	Plato de montaje	
170473	Bloc de válvulas	
170474	Módulo de manipulación	
170674	Módulo de desplazamiento	
326506	Riel	
350415	Base de montaje para presostato	
170650	PLC 101 B	24,646.80
120856	Carrito	3,705.00
151503	Fuente 24 V CA	3,738.00
34031	Cable I/O	517.00
170639	Gabinete	6,583.10
TOTAL CELDA DE TRABAJO		66,715.60

CELDA DE TRABAJO CON SERVO ROBOT INDUSTRIAL		
ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
120896	Estación de trabajo C/ servo Robot industrial	292,256.00
008329	Interfase RS 232	
031341	Sensor óptico reflex	
031346	Fibra óptica	
031732	Adaptador	
034035	Terminal I/O	
120893	Módulo de transportación con pinzas	
120894	Módulo de transportación con cilindro	

Cap. IV. Cotización y. Especificaciones del Proyecto.

151440	Robot RV-MI	
151441	Unidad de control	
151442	Caja de enseñanza	
151443	Garra RV	
151445	Panel de conexión	
151447	Switch de paro de emergencia	
151513	Cable de 24 V	
152894	Unidad de servicio	
162405	Módulo de almacenamiento	
170395	Plato de montaje	
170410	Block de Válvulas	
170674	Módulo de desplazamiento	
172937		
326351	Botón de paro	
326506	Riel	
347592	Pedestal	
360311		
170650	PLC 101 B	24,646.80
120856	Carrico	3,705.00
162275	Boconera	4,674.00
151503	Fuente	3,738.00
34031	Cable I/O	517.00
170639	Gabinete	6,583.50

ARTÍCULO	PROVEEDOR	PRECIO
CIM de piso	Harry Mazal	5,520,000.00

De tales tablas se obtiene el subtotal E.2.4. = 5,922.836.00

La suma total tanto de equipo como de mobiliario es :

M.2.1. = 28,885.57
 M.2.2. = 52,187.00
 M.2.3. = 4,945.20
 M.2.4. = 36,912.70
 153,920.47 + 15% =
177,008.54

E.2.1. = 143,865.00
 E.2.2. = 927,539.00
 E.2.3. = 5,992,836.00
 E.2.4. = 16,468.00
 E.2.5. = 7,981,848.10

Por lo tanto el costo total del equipo y el mobiliario requerido para dicha implementación es :

M T = .177,008.54
 E T = 7,981,848.10
8,158,856.64

IV. 4. Conclusión.

Siempre que se habla de una instalación, es necesario contar con métodos que permitan determinar si la inversión justifica el rendimiento y alcanza el punto de equilibrio al final del periodo de recuperación de la inversión, a través de un análisis de costos.

Cap. IV. Cotización y Especificaciones del Proyecto.

Donde el costo unitario (C), es la suma de todos los costos fijos (C_f), que son independientes de los índices de producción, y los costos variables (C_v), que depende del número de unidades producidas (materias primas, mano de obra y costos de operación de la máquina).

$$C = C_f + C_v$$

$$C_f = \frac{P_A}{Q_A} \quad \text{donde:}$$

Q_A es la cantidad producida al año.

P_A es el precio anualizado del sistema instalado y se ha de cargar por cada año de vida útil al sistema y se expresa como:

$$P_A = K_f \quad \text{donde:}$$

K es el costo instalado y f es el factor de costo anual que se expresa como:

$$f = \left[1 - \left(\frac{V}{(1-i)^N} \right) \right] \left[\frac{i(1-i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

Ya que se espera que una porción V del costo del equipo se recupere después de H años y como el capital pudo haberse invertido a la tasa interna de rendimiento mínima aceptable (i) a lo largo de la duración del proyecto.

Mientras que el costo variable se expresa :

$$C_v = \frac{(W \times L_v) + O_H}{Q_H} \quad \text{donde :}$$

W = al número de operadores en el sistema

L_v = al costo de la mano de obra por hora

O_H = a los costos fijos por hora

Q_H = a la producción por hora que se relaciona con la cantidad anual producida, esto es:

$$Q_A = S \times 8D \times Q_H \quad \text{con,}$$

S = número de turnos de 8 horas por día

D = número de días hábiles al año

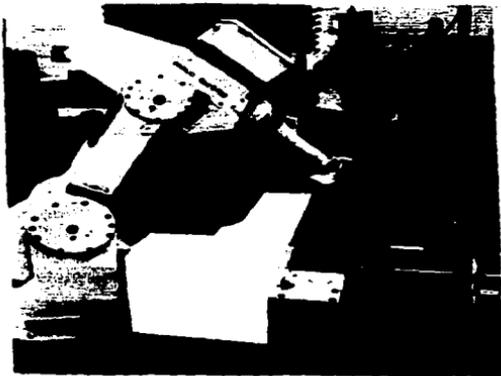
De tal forma el costo unitario se expresa como :

$$C = \left(\frac{1}{Q_H} \right) \left[\left(\frac{K_f}{8SD} \right) + (W \times L_H) + O_H \right]$$

Cap. V
Aplicaciones del
Proyecto

Proporcionar un patrón de actividades para cada una de las áreas que conforman el Laboratorio de Robótica como sugerencia para alcanzar el máximo aprovechamiento y óptima explotación de sus recursos.

Objetivo



V.1. *Efectos Socioeconómicos de la Robótica*

Aún cuando la introducción de un robot es la causa directa de la desaparición de un puesto en una fabrica, en escala global esto resulta benéfico, dado que se mejoran la eficiencia y la productividad. Sin embargo, esto es un conflicto que genera gran controversia entre los intereses opuestos de la administración y los empleados.

Los administradores se preocupan por el uso eficaz de la fuerza de trabajo, las materias primas, las máquinas y el capital; mientras que los trabajadores se preocupan por su salario, sus horas de trabajo, la duración de sus vacaciones, la seguridad de sus empleos y por su seguridad en el ambiente de trabajo.

Para los fabricantes de robots, los ingenieros industriales y otros en favor de las instalaciones de este tipo, siempre remarcan: Los robots se hacen cargo de los trabajos sucios y peligrosos, con lo que se mejoran las condiciones de trabajo de quienes operan la nueva máquina; incluso, llegan a sugerir que los robots crean nuevas fuentes de trabajo en, área de trabajo de manufactura, mantenimiento, operación y ventas.

La experiencia finalmente dice que en realidad se pierden de dos a cinco trabajadores con la instalación de un robot, afectando directamente a los trabajadores no especializados y semiespecializados, los que posteriormente ya no serán necesarios. Lo que significa que aquellos trabajadores que cuentan con habilidades de tipo técnico en electrónica o programación tienen mayores posibilidades de permanecer dentro de la organización.

Sin embargo se sabe que la automatización en la manufactura crea mayor riqueza al reducir los costos unitarios, que equivale a menores precios, y mayor demanda la cual, se satisface con una

mayor producción, creando así más trabajos de los que elimina con dicha introducción. Por otro lado la industria Robótica crea mayor actividad de la que elimina en manufactura, pero el número de trabajos disminuye considerablemente.

Así pues parte de la capacitación actual en Robótica, forma parte de un proceso de conversión que afecta directamente a los trabajadores. El diseño mismo de los robots, es un fenómeno que cambia rápida y continuamente; por lo que la capacitación constante que mantiene al obrero al corriente de los avances más recientes, se torna cada vez más trascendental.

Por ésta y otras razones, en este capítulo se exponen los recursos con que el Laboratorio de Robótica cuenta para ser aprovechados por diversos sectores que utilizarán como guía para el manejo, el impulso y el desarrollo de nuevas tecnologías en esfuerzo compartido con la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón.

V.2. Documentación Actualizada

La documentación de avances científicos y tecnológicos, es un factor determinante que permite: Adentrar en le campo de la investigación, desarrollar la capacidad creativa e inquietudes de tipo innovador; como garantía fundamental de la constante y necesaria preparación profesional.

Con las bases del conocimiento de este tipo, se logra la comprensión de lo que queremos interpretar. En cuanto mayor conocimiento se adquiere, mayor es el deseo de ampliarlo y renovarlo continuamente. Más aún, cuando éste es adquirido en materia específica y especializada, la tarea se torna más interesante y fácil de realizar. Así poco a poco, las dudas se van dispersando o lo que es mejor, surge la inquietud de comentarlas con otros investigadores tras la adopción de un

critorio particular el cual, conlleva al desarrollo de la creatividad en busca de mejoras tecnológicas e incluso al diseño mismo de alguna innovación, que exige una mayor entrega a profundizar constantemente en las investigaciones más recientes.

Razón por la cual, en el Laboratorio de Robótica se ha provisto un área especial para la investigación denominada, **Área de Consulta**. En la que como se mencionó anteriormente se cuenta con material bibliográfico (textos, tesis), hemerográfico (revistas, boletines e información recopilada del Auditorio), así como los compendios que reúnen inventos y patentes de origen interno y externo, además de contar con equipo de computo con los archivos de clasificación de material y, terminales equipadas con CD Room e Internet, nacional y extranjera, para asegurar una verdadera Documentación Actualizada.

V.2.1. Formas de Acceso a Información. Es posible tener acceso a información ya sea dentro del Laboratorio de Robótica o bien, desde alguna terminal de acuerdo al interés de cada investigador.

Si el investigador requiere de información de tipo básica complementaria o de consulta tanto del compendio de inventos como del de conferencias y ponencias de su Auditorio, basta con hacer llegar la solicitud y cumplir con los requisitos que para ello se establezcan, o bien puede acceder por internet bajo los requisitos de conexión indispensables para ello.

V.2.1.1. Requisitos Área de Consulta.

1. Copia fotostática de identificación personal reciente
2. Presentar por escrito la justificación del motivo de consulta
3. Proporcionar material informativo de este tipo, adicionando los datos completos de la fuente donde fue extraído.
4. Llenar y entregar solicitud anexando los requisitos anteriores

SolicitudÁrea de Consulta

Fecha : _____

Datos Personales

Nombre: _____

apellido paterno

apellido materno

nombre (s)

Dirección: _____

calle y número

colonia

delegación o municipio

código postal

Teléfono: _____

particular

para dejar recados

Procedencia: _____

institución o dependencia

No. de Cta. o cédula profesional.

Ocupación Actual: _____

Grado de preparación:

Concluido	En curso	Inconcluso
Inicio	Nivel actual	Inicio
Terminación	De un total	Nivel cursado

Descripción del Material de Donación

V.2.1.2. Requisitos a Internet. Estos dependen directamente de la previa conexión al directorio del Laboratorio de Robótica que da a conocer tanto el procedimiento, requisitos y redes de enlace con las que es posible acceder de acuerdo a los intereses particulares del usuario.

V.3. Relación con las Carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Se contempla la posibilidad de incorporar los contenidos del plan de estudios de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica a partir de los semestres de especialidad, en actividades específicas del Laboratorio de Robótica con el fin de fomentar el desarrollo Práctico-Laboral de sus egresados.

Con el desempeño de programas y proyectos de investigación enfocados a la problemática y situación real del país y evaluados de forma integral por los organismos concededores en materia, se logra una formación de excelencia con un estricto control de calidad, ya que en este proceso se involucran y comprometen tanto estudiantes, como profesores, investigadores y organismos independientes de manera conjunta y multidisciplinaria tal como lo demanda el progreso del país.

De tal forma, se fortalecen los principios de colaboración, participación y asociación en las que intervienen todas las ramas de la Ingeniería Mecánica Eléctrica e incluso Computación, para estimular el análisis de diversos problemas de modo más coordinado y enriquecido, elevando así la calidad del servicio otorgado.

V.4. Proyectos de Tesis y Servicio Social. En mutuo apoyo Institución-Docencia, el Laboratorio de Robótica, hace la invitación a pasantes y egresados de las carreras afines a éste, a cubrir los requisitos para Titulación como lo es, la prestación del Servicio Social, en diversas actividades. Por ejemplo, participar en proyectos con diversos temas, enfocados a la preparación de Tesis Profesional. Lo que permite, por un lado,

concretar el proceso de Titilación; mientras que al mismo tiempo se contribuye con el desarrollo integral del Laboratorio

V.4.1. **Actividades de Servicio Social.** Dado que la creación de un organismo de este tipo requiere además de altos costos de inversión de capital, de una gran colaboración por parte de todos los integrantes de esta institución, tanto profesores, técnicos especializados, investigadores y científicos, así como del entusiasmo y aportaciones del desempeño de diversas actividades de los estudiantes. Por tanto es de relevante importancia lograr la unificación de esfuerzos y beneficiar al mayor número de participantes posible.

Para el caso de prestadores de Servicio Social, éste tiene la posibilidad de colaborar con los programas específicos para el desarrollo tecnológico del Laboratorio, enriqueciendo así, su preparación profesional en base al contacto directo con el manejo de conceptos, criterios y el equipo de tecnología avanzada.

Dentro de las actividades contempladas para Servicio Social, se pueden mencionar las siguientes, de manera muy general y a base de ejemplificación, ya que pueden ser, o no, utilizadas según se considere.

- Recopilación de información para el Área de Consulta
- Organización del material informativo del Área de Consulta
- Tareas de inspección y mantenimiento del Área de Máquinas
- Proponer temas de interés para el Auditorio
- Realizar el contacto con el personal apto para conferencias
- Llevar a cabo la organización de eventos del Auditorio
- Realizar actividades como auxiliares generales de todas y cada una de las áreas del Laboratorio de Robótica.

V.4.2. **Apoyo a Preparación de Tesis.** Con la conformación de convenios Universidad-Industria, es posible otorgar a los egresados de esta institución, la posibilidad de llevar a cabo la planeación de proyectos aplicados a problemas reales con la firme

confianza y respaldo tanto de la institución como de las empresas asociadas con ésta.

De forma tal que al beneficiar a egresados tras el cumplimiento de su Servicio Social como requisito para Titulación, fomentar su preparación y criterio ético profesional; el sector productivo tiene la posibilidad de comercializar con el Laboratorio las innovaciones que le pudieran satisfacer; mientras que al Laboratorio de esta manera le permite mantener la autosuficiencia.

Sin olvidar que toda aquella innovación e investigación realizada, antes de ser comercializada o publicada, deberá contar con el previo registro como protección y patente que respalda la Creatividad-Universitaria.

V.5. Proyectos y Programas de Investigación. El desarrollo de la ciencia y la tecnología en México es aún pequeña, derivada de la escasa demanda tecnológica nacional y la excesiva transferencia extranjera, que limita el desarrollo profesional tan sólo en la línea de administradores de la tecnología más que en la de productores de ella.

No existe un verdadero lazo de intersección Universidad-Industria, ni el apoyo necesario para lograr desarrollar tecnología propia.

El desarrollo tendrá que concebirse modificando las actuales formas de dependencia, por medio de un sistema estructurado de investigación científico-tecnológico que fortalezca el desarrollo general del país, en el que se trabajen problemas nacionales y sociales concretos, considerando como indispensable:

Facilitar y ampliar los contactos con el sector productivo
Definir líneas de acción vinculadas con las necesidades y prioridades nacionales

Establecer criterios y procedimientos de participación, evaluación y utilización de recursos de manera permanente.

Promover la participación del investigador de modo conjunto
Promover la comunicación entre investigadores de todas las disciplinas en investigación conjunta y multidisciplinaria.

En lo que a proyectos y programas de investigación se refiere, cada uno de ellos será sometido a consideración por los altos directivos del laboratorio de Robótica quienes, valorarán y determinarán su aceptación, el proceso de planeación, la gestión de legalidad y seguridad de investigación, la asignación de responsables para su ejecución y, los periodos de evaluación de resultados y avances a los que se apegará.

Así pues, el Laboratorio de Robótica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, revela un desarrollo tecnológico desde el interior, con el firme propósito de propagarlo hacia el exterior, ya que al unificar esfuerzos persigue por tanto, un desarrollo conjunto y a nivel nacional.

V.5.1. Protección de Inventos e Investigaciones. Proporcionar las herramientas de apoyo Científico y tecnológico, así como el reconocimiento a los esfuerzos y logros alcanzados por investigadores y científicos, genera una mayor motivación en el desarrollo y concretación de sus trabajos. Lo que les permite el acceso a la comercialización de sus innovaciones fomentando, la transferencia a nivel nacional y permite la atracción de posibles inversiones por parte de la industria que emplea tecnología de punta; todo ello como estrategia para impulsar el desarrollo tecnológico tanto del Laboratorio de Robótica como del país en general.

A medida que las innovaciones adquieren mayor importancia dentro de la competitividad empresarial, el proceso de propiedad innovadora va tomando mayor relevancia en las actividades industriales y comerciales.

Como benéfico resultado de la aplicación de los principios de la ciencia en los procesos industriales y partiendo de una

buena planeación, se propicia la asimilación de tecnología exterior para fortalecer las actividades científicas e invenciones nacionales, apoyadas por esta institución.

Por lo cual se considera de suma importancia que toda actividad de investigación e innovación científica-tecnológica desarrollada en el Laboratorio de Robótica, reciba el estímulo y el apoyo indispensable para tramitar el registro para la protección de inventos e investigaciones.

V.6. Convenios y Enlaces. Entiéndase por convenio todo arreglo o acuerdo que lleva acabo el Laboratorio de Robótica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón en asociación con alguna empresa proveedora de equipo de tecnología avanzada en Esfuerzo-Compartido.

En cuanto a enlace se refiere entiéndase, toda gestión realizada por el Laboratorio de Robótica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, para establecer lazos de unión o conexión con alguna planta productiva en favor de sus necesidades y requerimientos para la óptima productividad en Riesgo-Compartido.

Con tal efecto el Laboratorio de Robótica amplía la gama de beneficios. Dado que a través de los convenios promueve simultáneamente el reconocimiento a nivel nacional, las diversas empresas proveedoras de este tipo de equipo al servicio del sector industrial, al fomentar su participación activa y competitiva por medio del apoyo promocional que el Auditorio tiene por actividad.

De forma similar, otorga beneficio a toda la planta productiva, en enlace con éste. Pues, al depositar su confianza, goza de los diversos servicios que del Laboratorio se hace acreedor, por ejemplo: El desarrollo de estudios de optimización de procesos, actualización y capacitación de personal, así como de estudios de innovación, adaptación y adopción de sistemas en

tecnología avanzada, entre otros; con la garantía y el respaldo de la experiencia que ofrecen las empresas proveedoras en convenio con el Laboratorio. Además de la participación conjunta de su amplia gama de colaboradores (técnicos especializados, científicos y profesionistas) al servicio en la solución de diversos problemas reales con la posibilidad posterior de trascender a otros diversos sectores (medicina, ciencias espaciales, etc.) y no sólo, al servicio del sector industrial.

V.6.1. **El mutuo Apoyo Universidad -Industria.** Con la finalidad de otorgar al profesionista las herramientas indispensables para la formación, preparación y actualización, el Laboratorio de Robótica, tiene contemplado, proporcionar medios adecuados para su fácil integración al campo laboral.

Primordialmente le garantiza la familiaridad en el manejo de este tipo de equipo, a través de prácticas de laboratorio con una previa información con Documentación Actualizada.

Posteriormente y como consecuencia de los enlaces con los que el Laboratorio se caracteriza como un organismo autosuficiente, le proporcionará un desarrollo general de alto nivel en su preparación profesional.

V.6.2. **Garantía Enlace Industria.** Como consecuencia de los convenios y enlaces que gestiona y establece el Laboratorio de Robótica, es posible contar con el apoyo y asesoría indispensable para ofrecer y comercializar con el sector industrial en general, la capacitación y actualización de su planta de trabajadores en el uso y adopción de nueva tecnología por medio de la información obtenida de éste, logrando de tal forma una difusión y expansión de todo lo concerniente con la ciencia y la tecnología.

V.7. **Difusión y Expansión Científica-Tecnológica.** Promover la difusión Científica-Tecnológica, es una labor de expansión en diversos beneficios, es decir, formación integral de

profesionistas, publicidad del sector industrial, capacitación y actualización del sector laboral, entre otros.

Sin embargo, para que la difusión y su expansión se consoliden dentro de un entorno global, es indispensable, definir objetivos concretos de operación y apoyar acciones que contribuyan directamente con la divulgación de la Ciencia y la Tecnología, esto es :

Estimular a la comunidad para lograr la participación en los actos de difusión y expansión

Estudiar y definir actividades generales de difusión

Hacer uso de todos los medios posibles de difusión

Crear intercambios culturales con otras instituciones y sectores

Evaluar permanentemente el desarrollo y resultados de estas actividades

Promover dicha expansión a mayor escala posible

V7.1. **Promoción de Empresas Proveedoras.** Cuando se estable un convenio en Esfuerzo-Compartido con alguna empresa proveedora y el Laboratorio de Robótica, éste último contribuye como medio de propagación y promoción de la empresa hacia la industria, a la que proporciona una amplia gama de recursos y satisfactores disponibles en el mercado.

Esto es, el Laboratorio de Robótica a través del Auditorio abre un espacio de difusión a todo tipo de empresa proveedora para que exponga y de a conocer sus productos a fin de brindar lo último en información comercial de punta, impulsando así, la competitividad empresarial y aportando por tanto una mayor diversidad de productos.

De forma tal que toda la comunidad universitaria se familiariza, actualiza, prepara y capacita para la utilización de satisfactores conocidos y los más recientes que cada empresa maneja a través del Laboratorio.

V.8. **Conclusión**

La situación actual ha violentado las políticas de desarrollo y ha producido gran controversia irreversible en diversas capas laborales, a raíz de la generación de mecanismos de control de importaciones tras la modificación de las condiciones actuales de dependencia por aquellas que fomentan el desarrollo, particularmente en lo que avances tecnológicos y automatización de procesos de producción se refiere

Una línea de acción indispensable y permanente es la formación de recursos humanos con alto nivel de preparación profesional, capaces de afrontar la reciente demanda de manera secuencial ininterrumpida a la solución de la problemática vinculada en su entorno real, a través del amplio respaldo que cada una de las áreas del Laboratorio de Robótica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, está comprometida a brindar, en la forma como se ha descrito en este capítulo.

Como es el caso del Área de Consulta que afianza sus conocimientos teóricos bajo una constante y renovada Documentación Actualizada. Los cuales son indispensables como introducción para llevar a cabo la instrucción en el manejo de elementos de mecanismos en el Área de Capacitación.

En ella se da una previa preparación de conocimientos básicos-Prácticos en los que, es posible el estudio del funcionamiento de mecanismos prototipo.

Un Área de Investigación y Diseño, En la que se establecen convenios en Esfuerzo-Compartido con empresas que aportan su experiencia y asesoría en el manejo de tecnología avanzada, así como la gestión de enlaces en Riesgo-Compartido con el sector productivo, que fomenta el desarrollo de tecnología propia, por

medio de programas y proyectos de investigación avalados por todo el personal de apoyo con que el área cuenta.

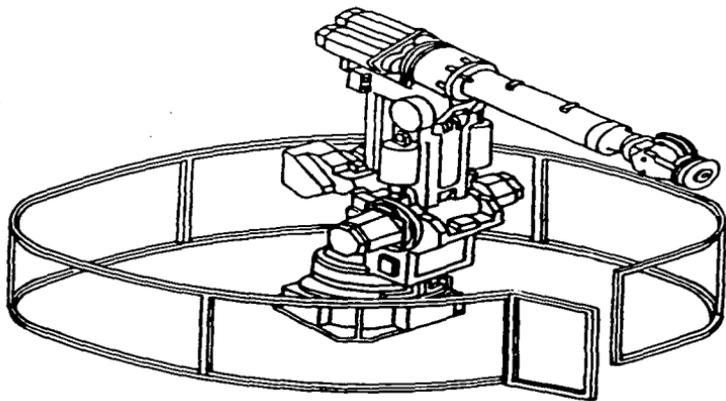
Un Área de Maquinas, en las que se tiene contacto directo para desarrollar capacidades en el dominio y manejo de este tipo de equipo.

Además de contar con un auditorio que abre un espacio a la difusión y propagación de todo lo relacionado con el avance y desarrollo de Tecnología de punta.

Cap. VI
Especificaciones de
Seguridad

Proporcionar un compendio que reúne las consideraciones preventivas para la seguridad tanto del personal como del manejo de equipo del Laboratorio de Robótica, y los principios básicos de mantenimiento.

Objetivo



IV.1. **Aspectos de Seguridad**

Una vez analizados los aspectos socioeconómicos y los efectos laborales que una instalación con Robots repercute, es preciso tomar en consideración, los aspectos relacionados con la seguridad.

Aún cuando las instalaciones con robots tienen las mejores estadísticas de seguridad, no dejan de presentar ciertos problemas. Lograr la seguridad en las condiciones de operación es un procedimiento que debe llevarse a cabo desde la planeación misma de la instalación.

Dicho procedimiento consta de dos etapas; Determinación de los riesgos de seguridad y, Determinación de sistemas para resolver dichos riesgos.

Dos tipos de riesgos a los que se enfrentan los operadores de robots principalmente son impactos y prensiones.

Por lo regular están expuestos a sufrir un golpe como consecuencia de un impacto con las partes móviles del robot o con los artículos que éste transporta. Entre mayor sea su velocidad, mayor será el peligro de que existan objetos sueltos de partes que escapen de las tenazas durante un movimiento de rotación o bien, de artículos que el robot golpee. Por lo cual la zona de peligro de un robot no está limitada tan sólo a su volumen de trabajo.

También pueden presentarse puntos de presión dentro del volumen de trabajo entre los enlaces del manipulador y en todos aquellos lugares en los que cualquier parte del manipulador y su carga se aproximen a otros componentes o equipos fijos, e incluso barreras de seguridad.

Así pues la zona de peligro se determina como el volumen de trabajo más un espacio adicional al rededor del robot de cuando menos un metro.

De este modo se crean los sistemas de protección y dispositivos de seguridad de maquinaria y equipo para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo. Los cuales son considerados y enlistados a lo largo de este capítulo.

VI.1.1 Precauciones Generales. Las siguientes sugerencias deben tomarse en cuenta para promover la seguridad del personal en general.

Entrene a todos los individuos asociados con, un curso de capacitación aprobado por las empresas proveedoras de equipo.

Identifique claramente el área de trabajo, con señales, líneas en piso y cercas especiales.

Equipe el sistema con luz intermitente y otros dispositivos de aviso visual o sonido para indicar cuando el equipo está operando.

Adapte seguridad de barrera de interbloqueo que corta la energía de los servos cuando la barrera se abre.

Asegure que todos los dispositivos periféricos estén bien conectados a tierra para disminuir los efectos de interferencia electromagnéticas y las de frecuencia de radio.

Localice todos los controles fuera del volumen de trabajo.

VI.1.2. Precauciones para el Instructor. Estas medidas de seguridad se aplican para la protección de los instructores.

Antes de iniciar instrucciones, haga una inspección visual y general del área de trabajo para asegurar que no existan condiciones de peligro.

Antes de entrar al área de trabajo, confirme que las cercas de seguridad estén en su lugar.

Cuando inicie la instrucción, asegure que sólo usted tenga control de la demostración.

Aísle al robot de todo control remoto que pueda causar moción.

Cualquier programa de robot que es operado por primera vez debe ser probado primeramente a velocidades bajas.

VI.1.3. Precauciones para el Personal de Mantenimiento. Donde sea posible, realice el mantenimiento con la alimentación desconectada.

Antes de entrar al área de trabajo, haga una inspección visual para asegurar que en el sistema no existan condiciones de peligro.

Localice una vía de escape rápida como medida de emergencia en caso de peligro.

Cuando se requiere de mantenimiento en el área de trabajo con la alimentación de energía, solamente el personal de mantenimiento deben tener el control.

Aísle el robot del control remoto.

No opere el sistema en modo automático hasta que todo el personal esté fuera del área de trabajo.

El asistente debe tener conocimiento adecuado del sistema y peligros asociados en el proceso de mantenimiento.

VI.1.4. Seguridad para los Operadores. La seguridad de los operadores debe ser considerada durante la operación de toda una célula de maquinaria. Es muy peligroso entrar en un espacio de operación con robots. Si ello fuera necesario, siga las medidas preventivas siguientes.

Si es necesario por cualquier razón entrar al área del robot, desactive su alimentación.

Si la potencia no se requiere, apaguela de el sistema de control.

Si la presión de aire no se requiere, apague la presión de aire del sistema neumático.

Si es necesario inspeccionar al robot en operación tenga bien detectado el botón de paro de emergencia.

Use conmutador de limitación con la barrera táctil, para prevenir daño al operador.

VI.1.5. Seguridad de la Célula. Tome las siguientes precauciones para prevenir daños a los conmutadores máquinas, herramientas y dispositivos periféricos.

Asegure que la célula de trabajo esté limpia y libre de aceite, agua o polvo.

Restrinja el área de trabajo usando conmutadores (límites de software) y topes mecánicos para prevenir movimientos no necesarios en el robot.

Use contracircuitos para proteger la célula de sobrecargas eléctricas.

Rango de movimiento. Si el rango de servicio es más angosto que el rango de movimiento del robot, ajuste el rango de movimiento del robot para evitar que sobre pase el rango de servicio.

VI.1.6. Seguridad del Robot. Implemente las siguientes medidas para prevenir daños al robot.

Antes de accionar el robot, piense en los movimientos que obtendrá luego de cada instrucción.

Calibrar el robot utilizando velocidad baja para obtener mejor control de la unidad mecánica.

Cuando hay más de dos robots en la misma área de trabajo, establezca "zona de interferencia" con información sobre la localización de la unidad mecánica robótica durante su operación.

Asegure que el programa robótica termine cuando la unidad mecánica se acerque al punto de calibración.

VI.1.6.1. Seguridad del Efector Final. Las siguientes medidas de seguridad se deben implementar para prevenir daños al efector final del robot.

Antes de levantar la pieza, implemente la señal "open gripper".

Provea un retraso de tiempo después de la señal entrada/salida, para brindar suficiente tiempo a cualquier actuador, sea neumático, hidráulico o eléctrico.

Use señal de salida de los conmutadores del efector final para verificar que éste está operando normalmente.

Programa una velocidad reducida para desacelerar cuando el efector se acerque al "punto o pieza por levantar", para prevenir que sobre pase el punto de programación.

Diseñe flexibilidad suficiente en el efector final, para evitar pequeñas variaciones en la orientación de la pieza.

Instale sensores en el efector final, para detectar cuando una herramienta del brazo esté cerca de un obstáculo.

Use un sistema visual y hardware adicional para asegurar que la unidad robótica y el efector final estén correctamente orientados para levantar la pieza.

VI.2. Normas y Reglamento para la Seguridad

Todo tipo de instalación, debe apearse al Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo y, debe estar sujeto a la Norma Oficial Mexicana que garantizan la seguridad y protección de los trabajadores en el cumplimiento de sus actividades dentro del medio laboral.

Para ello a continuación se hace un extracto de los puntos esenciales de éstos, referidos y adaptables al Laboratorio de Robótica así como, al manejo y operación del equipo en éste contenido.

VI.2.1. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. Del diario oficial de la Federación, martes 21 de

enero de 1997 a través de la Secretaría del trabajo y Prevención Social. Título primero, capítulo segundo :

VI.2.1.1. Obligaciones de los Patrones

Efectuar estudios en materia de seguridad e higiene en el trabajo, para identificar las posibles causas de accidentes y enfermedades de trabajo y adoptar las medidas adecuadas para prevenirlos, conforme lo dispuesto a las normas aplicables.

Determinar y conservar dentro de los niveles permisibles las condiciones ambientales del centro de trabajo, empleando los procedimientos que para cada agente contaminante se establezcan en las normas correspondientes.

Colocar en los lugares visibles de los centros de trabajo avisos o señales de seguridad e higiene para la prevención de riesgos, en función de las actividades que se desarrollen, conforme a las normas correspondientes.

Capacitar y adiestrar a los trabajadores sobre la prevención de riesgos y atención de emergencias, de acuerdo con las actividades que se desarrollen en el centro de trabajo.

Proporcionar los servicios preventivos de medicina del trabajo que se requieran, de acuerdo a la naturaleza de las actividades realizadas en el campo de trabajo.

Instalar y mantener en condiciones de funcionamiento, dispositivos permanentes para los casos de emergencia y actividades peligrosas, que salvaguarden la vida y la salud de los trabajadores, así como para proteger el centro de trabajo.

Participar en la integración y funcionamiento de las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, así como dar facilidades para su óptimo funcionamiento.

VI.2.1.2. Obligaciones de los Trabajadores

Observar las medidas preventivas de seguridad e higiene que establece este reglamento, las normas expedidas por las autoridades competentes y del reglamento interior del trabajo de las empresas, así como las que indiquen los patrones para la prevención de riesgos de trabajo.

Dar aviso inmediato al patrón y a comisión de seguridad e higiene de la empresa o establecimiento en que presten sus servicios, sobre las condiciones o actos inseguros que conserven y de los accidentes de trabajo que ocurran en el interior del centro de trabajo, colaborando en la investigación de los mismos.

Participar en los cursos de capacitación y adiestramiento que en materia de prevención de riesgos y atención de emergencias, sean impartidos por el patrón o por las personas que éste designe.

Utilizar el equipo de protección personal proporcionado por el patrón y cumplir con las demás medidas de control establecidas por éste para prevenir riesgos de trabajo.

VI.2.1.3. Edificios y Locales. Tomado del título segundo.
Consideraciones de Seguridad.

ARTÍCULO 22. En el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones de los centros de trabajo, deberán observarse condiciones de seguridad e higiene para los trabajadores en alturas o subterráneos, para lo cual deberán tomarse en cuenta su estabilidad, la resistencia de materiales, el tipo de actividad a desarrollarse, protecciones y dispositivos de seguridad.

ARTÍCULO 23. Las áreas de tránsito de personas deberán contar con las condiciones de seguridad, a fin de permitir la libre circulación en el centro de trabajo, de acuerdo a las actividades que en el mismo se establecen.

VI.2.2. Norma Oficial Mexicana. NOM-004-STPS-1993. Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo.

Por medio de las cuales se establecen los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo, para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo.

VI.2.2.1. Requerimientos para el Patrón

Proporcionar a los trabajadores capacitación y adiestramiento necesario para la instalación, mantenimiento, operación y bloqueo de energía de las máquinas, a fin de prevenir riesgos.

Establecer los procedimientos necesarios para :

- a) Que las máquinas de los centros de trabajo estén señaladas adecuadamente.
- b) Que los dispositivos de seguridad sean diseñados o rediseñados en función del análisis y evaluación de los riesgos mecánicos generados durante la operación de las máquinas.
- c) Instalar dispositivos de seguridad a las máquinas.

- d) Que los trabajadores realicen sus operaciones con las máquinas teniendo las mismas los dispositivos de seguridad en su sitio.
- e) Que el diseño y rediseño de los protectores y dispositivos de seguridad para el punto de operación, se realice en función del análisis y evaluación de los riesgos mecánicos generados durante la operación de la máquina.
- f) Instalar los dispositivos de seguridad en el punto de operación o en la zona de la maquinaria o equipo donde entra en contacto con ella el trabajador para realizar su trabajo.
- l) Que en los centros de trabajo donde se instalan máquinas, partes de ella u otros equipos de trabajo nuevos, la alimentación que se efectúe, esté bajo los resultados de un estudio previo, realizado para tal fin.
- m) Que las máquinas nuevas estén protegidas desde su instalación, de acuerdo a lo establecido en esta norma.
- n) Instalar un sistema de bloqueo de energía para trabajos de lubricación, limpieza y mantenimiento, entre otros servicios.

VI.2.2.2. Requerimientos para el Trabajador.

Participar en la capacitación y adiestramiento brindada por el patrón.

Cumplir con las medidas de seguridad establecidas por el patrón.

Usar en forma adecuada los sistemas de protección y dispositivos de seguridad para la maquinaria, equipo y accesorios de trabajo.

Reportar al patrón, cuando los sistemas de protección y dispositivos de seguridad para la maquinaria, equipo y accesorios de trabajo se encuentren deteriorados.

VI.2.2.3. Requisitos. De los dispositivos de seguridad y protección de las partes móviles de la maquinaria y equipo de transmisión mecánica.

En los centros de trabajo en donde por la instalación de las máquinas no sea posible utilizar dispositivos de seguridad para resguardar elementos de transmisión de energía mecánica, se debe utilizar la técnica de protección por obstáculos.

Cuando esta técnica utilice barandillas con petriles, éstas deberán estar fijas al piso o plataforma de trabajo y tener como mínimo una altura de 90 cm.

La instalación con dispositivos de seguridad en el punto de operación, se debe efectuar de conformidad con lo siguiente :

- a) Evitar que interfieran con la operación.
- b) Evitar que constituyan fuente de riesgo.
- c) Permitir la visibilidad necesaria para efectuar la operación.

- d) De ser posible estar integrados a la unidad.
 - e) Permitir los ajustes necesarios en el punto de operación.
 - f) estar fijos y suficientemente rígidos para hacer su función segura.
 - g) Evitar que debiliten la estructura de la maquinaria en la que se instalen.
 - h) Permitir el desalojo rápido del material de desperdicio.
 - i) Facilitar su mantenimiento, conservación y limpieza general.
- Las patas o armazones de las cabrias y tornos deben estar ancladas firmemente a cimentaciones sólidas.

VI.2.2.3.1. De los Transportes de Carga. Cuando se tenga un conjunto de transportadores que trabajen en serie se debe cumplir con lo siguiente :

- a) En el acoplamiento, al inicio y al final de los elementos que transporten las cargas, deben instalarse protectores de seguridad, para evitar riesgos de trabajo en las manos de los trabajadores.
- b) Disponer cuando menos de un dispositivo que interrumpa el movimiento de todo el sistema, cuando una de las unidades se detenga.

En las series de carga y descarga de los transportadores se debe instalar, cuando menos un dispositivo de paro accesible al trabajador, para detener el transportador en caso de emergencia.

Los transportadores de cangilones deben estar provistos de guardas o protecciones en sus partes móviles, a los que pueden estar expuestos los trabajadores.

VI.2.2.3.2. Del Equipo Conectado Eléctricamente a Tierra.

Las máquinas o equipos capaces de almacenar electricidad estática, deben estar conectados eléctricamente a tierra.

Los ductos para los conductores eléctricos y de más accesorios del equipo, que no estén bajo tensión deben estar conectados eléctricamente a tierra.

Los rodillos metálicos, bandas, cadenas y cables empleados para transmitir energía mecánica, deben estar conectados eléctricamente a tierra.

Las partes mecánicas no portadoras de corriente de equipo eléctrico portátil, se deben conectar a tierra.

Bloqueo de energía para control de riesgos :

Deben ser colocados los portacandados de seguridad, candados y etiquetas de aviso de seguridad para el bloqueo de energía

El bloqueo de energía estará en tableros, controles y equipos, a fin de desenergizar, desactivar y/o impedir la operación normal de la máquina y equipo.

El bloqueo de energía deberá de cumplir el procedimiento con las características siguientes :

- a) Conocer las características de la energía de los equipos.
- b) Identificar los interruptores, válvulas y puntos que requieren inmovilización.
- c) Hacer del conocimiento del bloqueo a las personas involucradas.
- d) Interrumpir la energía.
- e) Bloquear el equipo o maquinaria colocando portacandado múltiple de seguridad, candado y tarjeta de aviso de seguridad.
- f) Contar o disponer la energía secundaria.
- g) Verificar el bloqueo.
- h) Conservar el bloqueo, en caso de probar e equipo, asegúrese de bloquearlo si se requiere.
- i) El candado debe ser retirado únicamente por el personal que lo colocó.
- j) Notificar que ha sido retirado el bloqueo para que sea operada la máquina o equipo.

VI.3. **Mantenimiento.**

"El mantenimiento de los equipos consiste en corregir oportunamente los desgastes que se producen en los mismos por su uso, mediante una conservación adecuada, o mediante una acción preventiva sobre los mismos.

Su objetivo es el de mantener la calidad de servicio que nos proporcionan los equipos, instalaciones y construcciones que componen nuestro sistema fabril."¹⁵

Por lo tanto el mantenimiento, es el procedimiento esencial que debe ejecutarse para lograr el funcionamiento eficaz del tipo de servicio predeterminado de cualquier sistema mecánico.

Dentro del mantenimiento, existen dos tipos o clases, que son :

VI.3.1. Mantenimiento Correctivo. Actividad humana aplicada a equipos e instalaciones en las que se ha detectado algún tipo de falla que es causante de desestabilización y que requiere de

¹⁵ Hernández Martínez Sergio. Pérez Lares J. Alfredo. 1996.

ajuste para lograr la reactivación y calidad del servicio predeterminado.

VI.3.2. Mantenimiento Preventivo. Desarrollo de actividades aplicadas a equipos e instalaciones que garanticen la continuidad y calidad del servicio dentro de los límites establecidos.

Este se basa en la cantidad de horas de operación de un sistema mecánico, pues en ocasiones su aplicación requiere que esté operando las 24 horas diariamente, mientras que otras requieren d menos tiempo. Además de que ciertas condiciones como el calor, el polvo, la suciedad o un ambiente descuidado, aceleran la frecuencia del mantenimiento.

De cualquier forma, deben registrarse siempre todos los requisitos necesarios para efectuar correctamente el mantenimiento preventivo.

A continuación se ilustra con ejemplos, (que pueden ser considerados como guía de referencia) el tipo de "mantenimiento preventivo que es utilizado para un sistema robótico."¹⁶

VI.3.2.1. Revisiones Diarias

1. Limpie cada parte, y revise visualmente el sistema total. Antes de la operación automática, revise del uno al ocho los puntos de la tabla A.
2. Después de la operación automática, regrese el robot a la posición cero y desactive el sistema. Continúe la revisión a partir del punto 9 de la tabla B.

¹⁶ Cortesía de FANUC Robotics.

T A B L A A

Número	visualización		Revisión
1	Cuando el mecanismo de control de aire está combinado	Presión de aire	La presión usando el manómetro en el regulador de aire (de 5 a 7 kg/cm) Si no satisface tal especificación, ajuste.
2	Cantidad de aceite. Aceitador-Neblina		Cantidad de gotas durante la moción de muñeca o mano. Ajustar si no satisface el valor especificado. Con uso normal éste está vacío de 10 a 20 días.
3	Aceitador-Nivel de aceite		Comparar el nivel de especificación de acuerdo al diagrama.
4	Cuando el mecanismo de control de control de aire está combinado	Goteras de tubo	Juntas, tubos, etc., para goteras y/o reponga partes requeridas.
5	Cables		Referido a los aparatos S420 (sec. 39.2 y S-420A (sec. 46.2))
6	Vibración ruido anormal, calor de motor.		Que cada eje se mueva fácilmente
7	Cambiar en habilidad de repetirse		Que la posición "STOP" no se ha desviado de antemano.
8	Mecanismos periferales para operación propia		Que éstos funcionen de manera propia

T A B L A B		
Número	Visualización	Revisión
9	Condición del freno	Inspección visual solamente. Posición normal.
10	Limpieza particular	Sobre condiciones generales de cada parte ante defectos o rajaduras.
11	Porción de ventilación de control	Si presenta polvo, desactive el sistema y limpie el control.

VI.3.2.2. *Revisión Mensual. De 500 horas, Trimestral de 1000 horas y semianual 2000 horas.*

500 HORAS		
Número	Visualización	Revisión
1	Flojedad de rienda	Revisar cada parte

1000 HORAS		
Número	Visualización	Revisión
1	Lubricación del muñón	S-420F (sec.35) y S-420A (sec.42)

2000 HORAS		
Número	Visualización	Revisión
1	Voltaje CD	Abastecimiento de energía de la unidad servo para valores específicos +24V, ±15V

VI.3.3. *Investigación de Fallas. Cuando las causas de posibles fallas no han sido localizadas oportunamente, surgen complicaciones, y determinarlas es una tarea muy difícil, debido*

a la gran diversidad de las causas mismas. Por ello es necesario como medida preventiva, implementar y organizar récords de fallas, detectadas a lo largo de la experiencia en el manejo y contacto con el sistema mecánico, para tomar acciones correctivas a manera de inspección, tal como se ejemplifica en las siguientes tablas aplicadas a mismo sistema robótico.

T A B L A 1		
ERROR DE POSICIÓN		
Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	El robot golpea un obstáculo	Reprogramar ptos. de inspección
b	variables no estandar	Ajustarlas al sistema normal
c	Cable desconectado o roto	Confirmar conexión o cambiarlo
d	APC anormal	Cambiar el motor
e	ContraGolpe excesivo	Inciso e
f	Robot o máquina no montado	Montar fuertemente

T A B L A 2		
VIBRACIONES		
Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	El robot no está correctamente montado	Apretar fuertemente los pernos
b	el piso vibra	Cambiar el montaje del robot
c	Cable de impulso codificador roto	Cambiarlo
d	El robot no está conectado a tierra	Realizar tal conexión
e	Falla en el motor o reductor	Cambiarlo
f	Fallas en el sistema servo	Ajustar según norma
g	Tiempo calibrado en valor muy bajo	Cambiar valor del tiempo
h	ContraGolpe en exceso	Verificar tabla 3

T A B L A 3
GOLPETEO EXCESIVO

Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	Tornillos sueltos	Apretarlos y lubricar área con LOCKETITE
b	Falla en el reductor	Remplazarlo
c	Falla en el ajuste de contragolpe de engrane	Ajustarlo
d	Desgaste de engranes	Remplazarlos
e	Desgaste de rodamiento	Remplazarlos
f	Alguna pieza rota (brazo, caja, etc.)	Remplazarlos

T A B L A 4
RUIDO ANORMAL

Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	Grasa/aceite	Engrasar
b	Polvo en engrane o reductor	Reengrasar
c	Carga de rodamiento excesiva	Ajustarla
d	Falla de algún reductor	Remplazarlo
e	Falla de ajuste de contragolpe	Ajustarlo
f	Engrane o rodamiento desgastado	Remplazarlo
g	Soporte del cable roto	Cambiar soporte
h	Falla del sistema servo. variables no estándar	Cambiar variables del sistema servo a modo normal

T A B L A 5		
CALENTAMIENTO ANORMAL		
Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	Insuficiencia de grasa/aceite	Engrasar
b	Uso de grasa/aceite no recomendada	Reemplazarla
c	La carga del rodamiento es excesiva	Ajustarla
d	Sobrecarga	Reducirla o cambiar condiciones de movimiento
e	Falla en el ajuste de contragolpe	Ajustarlo
f	Tiempo de ajustado a un valor muy bajo	Cambiar valor del tiempo

T A B L A 6		
CAÍDA DE EJE CON LA ENERGÍA DESACTIVADA		
Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	Espacio del freno visible	Cambiar el motor
b	El rele de arranque del freno es defectuoso	Cambiar el rele

T A B L A 7		
FUGA DE GRASA		
Inciso	Posible Causa	Medida Correctiva
a	Anillo-O, sello de aceite, o empaque roto	Reemplazar la pieza rota
b	Caja rota	Reemplazarla
c	Tornillos sueltos	Apretarlos, lubricar con LOCKTITE

VI.3.3.1. **Ajustes Poscorrectivos.** Después de cambiar una parte se requiere de ciertos ajustes, los cuales se muestran en la siguiente tabla :

AJUSTES POSCORRECTIVOS .	
Reemplazo de	Ajustar
Motor	Mastering
Cable	a. Alambrado b. Conmutador c. Mastering
Conmutador	Conmutador
Unidad de muñón	a. Cantidad de aceite b. Mastering
Carrera de eje 0	a. Conmutador b. Posición de motor estop c. Variables del sistema
Pilas	Cambiar con el controlador puesto. No se requiere ajuste

VI.4. Conclusión.

Hablar de un proyecto en el que interviene la implementación de un Laboratorio de Robótica y el uso de equipo de Tecnología Avanzada dentro de las instalaciones de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, implica tomar en consideración, aspectos relacionados con la seguridad dentro del área.

Por ello en este capítulo se han descrito los posibles riesgos y medidas preventivas dentro de un área de trabajo. A manera de compendio extraído de la Norma Oficial Mexicana para la Seguridad y Protección del Desempeño de Actividades de los

trabajadores dentro del medio laboral; así como, del Reglamento Federal de Seguridad e higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

Además de contener los principios básicos para llevar a cabo el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, a través de ejemplos reales de mantenimiento en este tipo de equipo.

Conclusión General

Nos encontramos ante un mundo característico del cambio y la constante evolución.

Un mundo que se transforma y se fortalece en cuanto más capaz se vuelve en adoptar, e implantar nuevos mecanismos vanguardistas, creados por el hombre a través del tiempo, en busca de su comodidad, que retribuyen y bonifican costos de inversión a partir de las garantías que de ello se generan.

Por lo cual las instituciones comprometidas con la formación de Ingenieros, persiguen una capacitación lo más completa posible, puesto que de ellos a su vez depende el progreso del país.

Así los esfuerzos de la UNAM división ENEP Aragón por actualizar el plan de estudios de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, representa una de esas instituciones a raíz de la complementación de nuevas materias específicas para cada área, y las que son de tronco común, les ha dado un enfoque propio de abordarlas según el área en que se estudie.

Sin embargo, todo esfuerzo de modernización por esta institución, sólo tendrá buenos resultados si en dicho esfuerzo se ha contemplado como fundamental el respaldo del conocimiento con laboratorios que ésta debería contar de manera ecuánime y acorde con el desarrollo actual.

Por ello el Laboratorio de Robótica para la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón ha sido planeado para fomentar el desarrollo de la tecnología, e incluso para producirla.

Este deberá ser un Laboratorio de autocreación, en el cual se logren diseñar prototipos como proyectos tanto de alguna materia como de alguna investigación, interna o externa. Se propone la posibilidad de enlaces del tipo Universidad-Industria en Riesgo-Compartido, y otorgar servicios diversos, puesto que se

Conclusion. General

contempla contar con el respaldo de empresas en convenio, dispuestas a ofrecer su apoyo técnico basado en su experiencia en el manejo de tecnología avanzada en Esfuerzo-Compartido con la institución al servicio del sector productivo y la investigación.

Por lo tanto una de las tareas más importantes que serían logradas a través de la aceptación de este proyecto de Tesis, es la formación de recursos humanos con alto nivel de preparación profesional capaces de afrontar y dar solución a problemas reales.

Tratados

1. **Angulo Usalegui**. "Curso de Robótica". Editorial Paraninfo, España 1985.
2. **Arce David**. "Mando Flexible de la producción con PLC" FESTO.
3. **Arnold Pauline**. "La Era de la Automatización".
4. **Audi Piera D.** "Cómo y Cuando aplicar un Robot". 1983
5. **Baumeister Marks**. "Manual del Ingeniero Mecánico".
6. **Baumgartner Knischewski**. "CIM Consideraciones Básicas Automatización de la Producción" SIMENS. Editorial Marcombo. 1991.
7. **Barry Hawkes**. "CAD/CAM". Editorial Paraninfo. 1989
8. **Cornejo Jiménez Juan Jesús**. "Robótica" Universidad Tecnológica de Nezahualcoyotl. División de la Producción. 1993.
9. **D. McCloy, D. N. J. Harris**. "Robótica una Introducción". Editorial limusa grupo Noriega editores 1993
10. **Edward Kaffrisen, Mark Stephens**. "Industrial Robotics and Robotics". Editorial Restón 1984.
11. **Eugene N. Grabbe**. "Handbook of actomation: Computación and Control".
12. **Englewood Cliffs**. "Robot Technology". Vol. 6. Decision and Inteligence. Editorial Prentice-Hall. New Jersey 1986.
13. **F.H. Mitchell, Jr.** "CIM Sistem and introduction to Computer Integrated Manufacturing". Printice-Hall.
14. **Gordon McCombo**. "Robot Builder's Bonanza 99 Inexpensive Robotics Proyects". Editorial McGaw-Hill. 1987.
15. **James L. Fuller**. "Robótica Introducción, Programación y Proyectos". Editorial Merriel. 1991.
16. **J. P. Hantón y M. Ch. Hantón**. "La Inteligencia Artificial". Editorial Paidos Ibérica S.A. Barcelona, 1ª ed. México 1991.

Bibliografía

17. **K. S. Fu, R. C. G. González C. S. Lee.** "Robótica, Control, Detección, Visión e Inteligencia". Editorial McGraw-Hill. 1990.
18. **Merrifiel Castro Claudio C.** "Segundo Informe de Labores 1995-1996." UNAM ENEP Aragón.
19. **Mikell P. Groover, Mitchell Weiss** "Robótica Industrial Tecnología Programación y Aplicaciones". 1990.
20. **P. Coiffet, M. Chirouze.** "Elementos de Robótica". Colección Electrónica. Editorial Gustavo Gill. S.A. 1986.
21. **Van Gigh J. P.** "Applied General Systems Theory". 24ª ed. New York Harper & Row. 1978.

Tesis

1. **Estrada Rea Luz Elena.** "Control Inalámbrico por Computadora de Desplazamiento de un Robot". Universidad la Salle, 1990.
2. **Franco Tapia Francisco, Cardiel Nieves Jesús.** "Implementación de Hardware y Software para el control de un brazo de robot prototipo (tipo industrial) empleando una microcomputadora IBM PCXT/AT". 1994.
3. **Hernández Martínez Sergio, Pérez Lares J. Alfredo.** "Propuesta de Prácticas y Mantenimiento para el la Turbina de Vapor Coppus del Laboratorio de Máquinas Térmicas de la ENEP Aragón. IME. 1996.
4. **Medina Rule.** "La Inteligencia Artificial Aplicada al Reciente Escenario Tecnológico de la Robótica". FES Cuahutitlan. 1986.
5. **Mejía Covarrubia José Estevan.** "Perspectivas de la Robótica Industrial en México". Facultad de IME. 1984.
6. **Monteagudo Pera Graciela.** "Automatización en la Industria Justificación e Implementación". Universidad Panamericana. 1990.

Norma Oficial y Reglamento Federal (para la Seguridad)

1. **Diario Oficial de la Federación.** "Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de trabajo". martes 21 de enero de 1997. Secretaría del trabajo y Previsión Social.
2. **NMX-5-043-1987.** "Aspectos de seguridad en máquinas y equipos que operan en lugares fijos.- Terminología.
3. **NOM-004-STPS-1993.** "Relativa a los sistemas de producción y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo". 13 de junio de 1994.
4. **NOM-108-STPS-1994.** "Prevención Técnica de accidentes en máquinas y equipos, diseño o adaptaciones de los sistemas y dispositivos de protección, riesgos en función de los movimientos mecánicos. 16 de abril de 1996.
5. **NOM-109-STPS-1995.** "Prevención técnica de accidentes en máquinas que operan en lugares fijos-protectores y dispositivos de seguridad, tipos y características. 16 de enero de 1996.

Revistas

1. **Automatización Integrada Revista de Robótica.** "Desarrollo de un entorno basado en un sistema CAD". No. 72, otc. 1992.
2. **Conozca Más.** "El Futuro Imperio de los Robots" pag. 50, año 6, No. 1.
3. **Información Científica y Tecnológica.** "Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)". pag. 38-42, enero 1993.
4. **Información Científica y Tecnológica.** "El cine y la Computación". pag. 44-47, septiembre 1993.

Bibliografía

5. **Información Científica y Tecnológica.** "La Invasión de los Robots". pag. 2-7. Vol. 3, No. 38, febrero 1981
6. **Manufactura.** "Robotización Ventajas y Riesgos" Vol.1, No. 6, mayo/junio 1995.
7. **Manufactura.** "Robotización Ventajas y Riesgos" Vol.1, No. 6, mayo/junio 1995.
8. **Manufactura.** Automatización Fortaleza y Miedos "El signo de la Década" pag. 6-19, Vol.3, No.21, marzo 1997.
9. **Manufactura.** Internet la Navegación Perfecta "Estar o no Estar" pag. 7-21, Vol.3, No.23, mayo 1997.
10. **Mundo Científico.** Técnica e Industria "Los objetos de la Robótica Submarina". pag. 406, Vol 14, No. 146, 1994
11. **Muy Interesante.** "Especial "E la Era del Conocimiento el Robot no Será un Simple Esclavo Mecánico". No. 15, 1995.
12. **Robótica and Autonomus System.** "Students-Oriented program for Introductory Robotics Education" North Hollanda. 1992.