



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**DISEÑO Y CONTRUCCIÓ DE UN MODELO DE ROBOT
INDUSTRIAL**

296473

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

**JHONY BAUTISTA ROSAS
JORGE MONTOYA SOTO**

ASESOR: ING. ENRIQUE CORTEZ GONZALEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño y Construcción de un Modelo de Robot Industrial"

que presenta el pasante: Jhony Bautista Roman
con número de cuenta: 9241435-0 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Abril de 2001

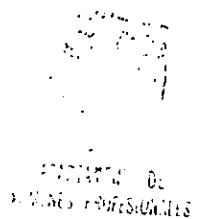
PRESIDENTE	<u>Ing. Jorge Buendía Cárdenas</u>	
VOCAL	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Alejandro Flores Campos</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	



GOBIERNO FEDERAL
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
PÚBLICA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U: N. A. N. S.
U: N. A. N. S.
U: N. A. N. S.
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño y Construcción de un Modelo de Robot Industrial"

que presenta el pasante: Jorge Montoya Soto
con número de cuenta: 9201858-9 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Abril de 2001

PRESIDENTE	<u>Ing. Jorge Buendía Gómez</u>	
VOCAL	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Alejandra Flores Campos</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	

Dedicamos esta tesis a nuestros padres , familiares y amigos.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1.-	Historia de los robots y sistemas automatizados en México	3
	Antecedentes.....	4
	Ciencia-ficción.....	5
	Historia.....	6
1.2.-	Necesidades de los robots en la automatización industrial	9
	Automatización.....	10
	Cibernética.....	11
	Inteligencia Artificial.....	11
2	PRINCIPALES ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN ROBOT INDUSTRIAL	13
2.1.-	El manipulador	13
2.2.-	El controlador	15
2.3.-	Los elementos motrices ó actuadores	18
2.4.-	El elemento terminal	19
3	TIPOS DE ROBOTS	20
3.1.-	Grados de libertad	20
3.2.-	Desarrollo de los tipos de robots	22
	Medicina.....	28
	Espacio.....	31
	Hogar.....	32
	Entretenimiento.....	33
3.3.-	Clasificación de los robots	34
	Manipuladores.....	34
	Robots de repetición o aprendizaje.....	34
	Robots con control por computadora.....	35
	Robots inteligentes.....	35
	Móviles.....	36
	Zoomorfitos.....	37
	Híbridos.....	37
4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	38
4.1.-	Computadora	40
	Generalidades.....	40
	Hardware.....	41
	Software.....	44
	Acceso al puerto LPT1 en pascal.....	45
	Operación del software "CONROB".....	48

INDICE

4.2.- Interfaz	69
Generalidades.....	69
Estructura.....	69
Bloque entrada de datos.....	70
Módulo 1 (control de pines).....	71
Módulo 4 (control de módulos).....	75
Módulo 2 y 3	76
Bloque salida de datos.....	78
Sensores.....	80
4.3.- Accionamiento de válvulas y motores	83
4.4.- Mecanismos	85
Análisis B-D.....	85
Análisis A-B.....	89
Análisis de la potencia requerida para la banda	93
Calculo de la fuerza máxima de apriete de pinzas.....	94
4.5.- Válvulas	99
4.6.- Conclusiones	102
4.7.- Fotografías del proyecto	103
BIBLIOGRAFÍA	108
APENDICE	109

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Historia de los robots y sistemas automatizados en México.

La historia de los robots comienza en el siglo XX pero tiene antecedentes en las civilizaciones que existieron antes de Cristo y en la edad media. Innumerables obras son publicadas para la enseñanza y aplicaciones de los robots industriales, la realidad, muestra que la tecnología evoluciona a un ritmo muy acelerado. La necesidad de ser más productivos exige cada vez más capacidad y exactitud en la realización de las operaciones.

La palabra "robot" proviene del checo y la uso por primera vez el escritor Karel Capek en 1917 para referirse, en sus obras, a maquinas con forma humanoide.¹

Podría pensarse que el robot industrial nace de la imaginación, de quimeras, ciencia-ficción etc. En realidad el robot industrial nace de las necesidades del hombre.

Durante los últimos años, comenzando desde los principios del siglo XX, la tecnología ha avanzado de una manera impresionante ya que se han construido diferentes robots y computadoras que son usadas de diferentes maneras y en distintos lugares. Las computadoras, en estos momentos, tienen millones de usos en distintas áreas como la navegación, la aeronáutica, la industria automotriz, y especialmente en la búsqueda de diferentes materiales y minerales. Pero estos no son los únicos usos para estas espectaculares máquinas que procesan información, también pueden ser usadas para tareas escolares e incluso usos nunca visto, ya que la computadora ha sido introducida en todas las áreas. A través de la computación se han construido robots que pueden ayudar al hombre, como los discapacitados y pronto estos robots serán parecidos al hombre físicamente y psicológicamente

La robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia.

La robótica como hoy en día la conocemos, tiene sus orígenes hace miles de años. Nos basaremos en hechos registrados a través de la historia, y comenzaremos aclarando que antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas, y la robótica no era reconocida como ciencia, es más, la palabra robot surgió hace 80 años después del origen de los autómatas.

¹ Curso de robótica Jose M^o ángulo Usategui.

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano. De acuerdo a algunos autores, como J. J. C. Smart y Jasia Reichardt, consideran que el primer autómatas en toda la historia fue Adán creado por Dios. De acuerdo a esto, Adán y Eva son los primeros autómatas inteligentes creados, y Dios fue quien los programó y les dio sus primeras instrucciones que debieran de seguir. Dentro de la mitología griega se puede encontrar varios relatos sobre la creación de vida artificial, por ejemplo, Prometeo creó el primer hombre y la primer mujer con barro y animados con el fuego de los cielos. De esta manera nos damos cuenta de que la humanidad tiene la obsesión de crear vida artificial desde el principio de los tiempos. Muchos han sido los intentos por lograrlo.

Los hombres creaban autómatas como un pasatiempo, eran creados con el fin de entretener a su dueño. Los materiales que se utilizaban se encontraban al alcance de todo el mundo, esto es, utilizaban maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, esto es, que no necesitara o requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas.

Estos primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos. A las primeras máquinas herramientas que ayudaron al hombre a facilitarle su trabajo no se les daba el nombre de autómatas, sino más bien se les reconocía como artefactos o simples máquinas.

Antecedentes.

Antiguamente, se creaban artefactos capaces de realizar tareas diarias y comunes para los hombres, o bien, para facilitarles las labores cotidianas; se daban cuenta de que había tareas repetitivas que se podían igualar con un complejo sistema, y es así como se comienza a crear máquinas capaces de repetir las mismas labores que el hombre realizaba, y como ejemplo de estas máquinas podemos citar las siguientes:

- La rueda como medio de transporte o como herramienta, por ejemplo, para un alfarero.
- El engrane.
- La catapulta como arma de combate.
- El molino, ya sea para obtener agua de las entrañas de la tierra, o como molidor de granos.

Y así una gran variedad de máquinas que antiguamente se creaban para facilitarle las tareas a los hombres. Pero no todos estos artefactos tenían una utilidad, algunas máquinas solamente servían para entretener a sus dueños, y no hacían nada más que realizar movimientos repetitivos o emitir sonidos. Cabe

mencionar que los árabes fueron unos maestros en la construcción de autómatas y en la precisión de sus cálculos, y como ejemplo de ello, se puede mencionar que inventaron el reloj mecánico, así como sus grandes aportaciones a la astronomía. También los ingenieros griegos aportaron grandes conocimientos a los autómatas, aunque su interés era más bien hacia el saber humano más que hacia las aplicaciones prácticas.

Ciencia-ficción.

Tiempo después, los autómatas fueron los protagonistas principales de una infinidad de relatos de ciencia-ficción. La mayoría de los novelistas de aquellos tiempos, consideraban a los autómatas como una amenaza para la existencia de la raza humana. Con este tipo de relatos, el temor hacia los autómatas fue creciendo considerablemente.

En el año de 1920, el escritor de origen checoslovaco Karel Capek, publicó su novela RUR (Russum's Universal Robots), la cual fue presentada en obra de teatro en el Teatro Nacional de Praga el 25 de Enero de 1921. "Esta obra trata de dos pequeños seres artificiales de forma humana que responden perfectamente a las órdenes de su creador, aunque al final acaban rebelándose contra él".² Para referirse a estos seres, el autor les llamaba robots, derivación del vocablo checo *robota*, que significa "trabajo obligatorio". Y es así como surge la palabra robot para referirse a los autómatas mecánicos de aquellas épocas. Y a partir de esta novela, se les llama robots a los autómatas.

Existe un miedo a los robots debido a la evolución tan acelerada que se ha proyectado en muchas de las novelas de ciencia-ficción. Y aunque muchas de estas novelas no están tan fuera de la realidad, no hay por que tenerles pavor al desarrollo de robots, sino todo lo contrario, ya que estos existen para poder facilitar las tareas de los humanos. En la obra de Isaac Asimov, *Yo robot* publicada en 1940, postula tres leyes que los robots deberán de seguir:

Un robot no debe dañar a un ser humano o, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.

Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto cuando estas órdenes están en contradicción con la primera ley.

Un robot debe proteger su propia existencia, hasta donde esta protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.

Aún después de esta publicación de Isaac Asimov, los novelistas seguían cuestionándose en sus obras acerca de la naturaleza de un robot, tienen la idea

² "ROBOTS", *Biblioteca de la Informática vol. 7*, Página 2225, (1990).

de que algún día, el hombre será esclavo de las máquinas, esta idea la plasman en sus novelas; como por ejemplo la novela de Jack Williamson en *Con las manos cruzadas*, se muestra como es que la libertad humana se esclaviza por unos robots eficientes que cumplen todas las órdenes que se les dan.

Una de las primeras películas que tratan el tema de la robótica es la titulada "Metrópolis", la cual trata de un robot femenino que posee inteligencia propia, obedece todas las órdenes de su creador, y aunque es una película antigua, es un buen ejemplo de como veían a los robots en aquellas épocas. Otro buen ejemplo de películas de ciencia-ficción, es la trilogía de *La Guerra de las Galaxias* (Star Wars), de George Lucas, que muestra a los robots de dos maneras: buenos y malos. La novela muestra, principalmente, a dos robots que respetan y siguen las órdenes de sus dueños, muestra que los robots pueden tener inteligencia propia y hasta sentido del humor; Aunque contradice las tres leyes de Isaac Asimov, ya que los robots de esta novela pueden llegar a destruir formas de vida, humana y extraterrestre.

La imaginación del hombre ha llegado a crear una infinidad de relatos relacionados con los robots; muchos de estos relatos han sido la punta del iceberg en cuanto a nuevas tecnologías, un ejemplo de ello son las novelas de Jules Verne, en especial la llamada "Viaje a la Luna" en donde relata con lujo de detalle como es que tres hombres podrían llegar a la luna, y a pesar de que eran relatos de ciencia-ficción, estas novelas no están tan fuera de la realidad que hoy vivimos.

Historia.

Se suele admitir que el padre de la robótica industrial fue, en 1960, George Devol, quien buscando construir una máquina automática cuyas características fundamentales fuesen:

- 1.- Flexibilidad en su adaptación a diversos trabajos y herramientas (Multifuncional).
- 2.- Sencillez de manejo.

Desarrolló el primer robot industrial al que se incorporó el computador como parte fundamental.

En realidad desde la aparición del primer robot industrial hasta el descubrimiento y popularización del microprocesador, a mediados de la década de los setentas el progreso de la robótica industrial ha sido ciertamente, escaso. Actualmente y debido a las enormes prestaciones que ofrecen los sistemas micro computacionales, se atraviesa una época de crecimiento continuo que permitirá disponer en breve plazo, de robots inteligentes cuyas posibilidades caen dentro de lo que para nosotros es, hoy, ciencia-ficción.

En este punto, se hace necesario dar una definición, lo mas concreta posible, de lo que se entiende por un robot. En este sentido el Instituto Norteamericano de robótica define al Robot como " un manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programables y tareas que permitan llevar a cabo tareas diversas.

Puede decirse que el antecedente directo de los modernos robots industriales se encuentran en los manipuladores mecánicos con control manual remoto . Estos mecanismos aparecieron hace ya mas de treinta años , a raíz de la necesidad de manipular materiales radioactivos sin peligro para el operador.

En los E.U. el Laboratorio Nacional de Argonne tuvo a su cargo este trabajo, existiendo ya en 1950, sistemas electromecánicos con retroalimentación, este tipo de manipuladores el que se ha denominado anteriormente, amo esclavo, siendo muy utilizado en centrales nucleares y laboratorios , en los submarinos oceanográficos que operan a grandes profundidades, así como las versiones modificadas de los manipuladores amo- esclavo que se utilizan en las naves especiales tripuladas . No obstante el hecho de requerir un operador humano hace que estos sistemas no puedan considerarse como robots , resultando prácticamente inútiles en una fábrica automatizada moderna. Sin embargo el trabajo inicial de investigación y desarrollo dirigido hacia este tipo de manipuladores permitió poner a punto los enfoques cinemáticos y hasta cierto punto los dinámicos que se aplican, hoy en día , en los robots manipuladores .

De los países que más esfuerzo han invertido en la investigación sobre robots, se puede citar entre otros, a E.U., Japón , Gran Bretaña , Alemania. Dicha investigación esta financiada, en la mayoría de los casos, con cargo a programa de desarrollos gubernamentales , con la colaboración , en su caso de empresas privadas.

Los comienzos de la robótica industrial no fueron espectaculares, en modo alguno desde el punto de vista económico. En efecto existió una época en la que su éxito comercial fue escaso debido a nuestro entender, a dos factores fundamentales :

1.- Los robots eran demasiado grandes y complejos . Asimismo los computadores para su control resultaban en la mayoría de los casos , excesivamente caros. La aparición y el desarrollo del microprocesador detuvo estos problemas.

2.-La tradicional reserva con que los medios financieros suelen acoger a las innovaciones espectaculares.

Las líneas de investigación seguidas por diferentes países tuvieron características diversas. Así por ejemplo y en contraste con los americanos, los japoneses iniciaron el desarrollo usando robots más pequeños y sencillos para efectuar tareas concretas posibilitando su control en circuitos lógicos especiales de tipo electrónico, mecánico, etc. El resultado es que hoy en día Japón posee fábricas más modernas y automatizadas siendo el número de robots instalados en dicho país más de diez veces superior al de E.U. Aún más, Japón espera disponer en breve de factorías totalmente automatizadas, y con ello como resultado de un programa de investigación comenzado en 1972, patrocinado por el gobierno y con la colaboración de sociedades Técnicas, Universidades, Sindicatos y Empresas. Pese a estas diferencias, no son extrañas las colaboraciones entre empresas de diferentes países, como por ejemplo en el caso de General Electric con Hitchi de Japón y DEA de Italia.

La historia de los robots en México, se remonta a los años cincuentas y la década de los 60 's cuando empresas que posteriormente formarían los grandes monopolios instalaron plantas en nuestro país :

Volkswagen en 1962 instala su planta en Puebla Méx.

Nissan que en 1964 inaugura su planta en Cuernavaca Morelos.

Goodyear moderniza su planta en 1965 Edo. de México.

General Motors que instala su planta en 1971 en Toluca Edo. de México.

Ford Motor Company que abre su planta en el Edo. de México.

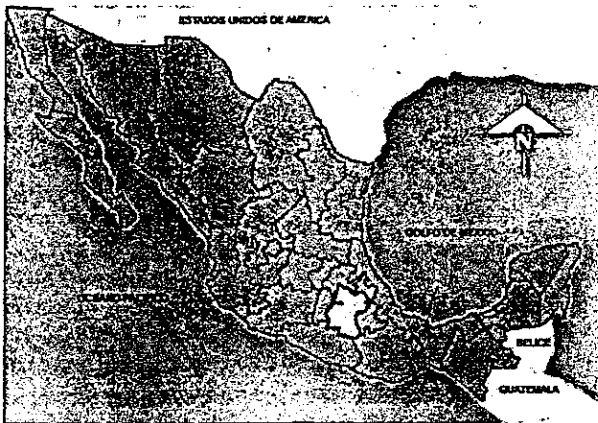


Figura (1). Concentración de tecnología en México.

Se menciona a la industria Automotriz ya que es la que ha llevado la vanguardia en México, sin descartar la industria Alimenticia, de la construcción, Textil, Agrícola, que han tenido importantes avances tecnológicos y crecimiento dentro de nuestro país.

La dependencia científico tecnológica se ha convertido en los años recientes en uno de los principales obstáculos al desarrollo económico de las formaciones capitalistas subdesarrolladas. Esta dependencia se funda en la generación y en la posesión desigual del conocimiento científico- tecnológico que permiten una producción y apropiación desigual de la riqueza a escala mundial.

La falta de controles fiscales en los países dependientes ha favorecido la transferencia contable de las sobre ganancias de las empresas transnacionales, haciéndolas aparecer como gastos tecnológicos. Al no tener esto un precio fijado por la competencia del mercado, parecían menos cuestionables. Además el poder del poseedor de la tecnología le permitió condicionar su venta a la adquisición de otros bienes de capital e intermedios.

Generalmente las tecnologías importadas han sido producidas para abastecer mercados mucho más vastos que los de un país " subdesarrollado". Esto implica que estas tecnologías operen por debajo de su capacidad productiva, lo que repercute en un costo mayor de capital por unidad de producto, lo cual acentúa el proceso inflacionario por vía del aumento del costo de producción y provoca una reducción de los salarios reales de los trabajadores.

1.2.- Necesidades de los robots en la automatización industrial.

Los primeros robots creados en toda la historia de la humanidad, no tenían más que un solo fin: entretener a sus dueños. Estos inventores se interesaban solamente en conceder los deseos de entretener a quien les pedía construir el robot. Sin embargo, estos inventores se comenzaron a dar cuenta de que los robots podía imitar movimientos humanos o de alguna criatura viva. Estos movimientos pudieron ser mecanizados, y de esta manera, se podía automatizar y mecanizar algunas de las labores más sencillas de aquellos tiempos. El origen del desarrollo de la robótica, se basa en el empeño por automatizar la mayoría de las operaciones en una fábrica; esto se remonta al siglo XVII en la industria textil, donde se diseñaron telares que se controlaban con tarjetas perforadas.

Automatización.

Con el nacimiento de la Revolución Industrial, muchas fábricas tuvieron gran aceptación por la automatización de procesos repetitivos en la línea de ensamblaje. La automatización consiste, principalmente, en diseñar sistemas capaces de ejecutar tareas repetitivas hechas por los hombres, y capaces de controlar operaciones sin la ayuda de un operador humano. El término automatización también se utiliza para describir a los sistemas programables que pueden operar independientemente del control humano. La mayoría de las industrias han sido automatizadas o utilizan tecnología para automatizar algunas labores; en la industria de la telefonía, marcación, transmisión y facturación están completamente automatizados. Los ferrocarriles son controlados por herramientas automáticas de señalización, las cuales cuentan con sensores capaces de detectar el cruce de carros en un punto en especial, esto significa que se puede tener vigilado el movimiento y localización de vagones de tren.

Pero no todas las industrias requieren el mismo grado de automatización. La agricultura es una industria difícil de automatizar, y con esto se ha vuelto más mecanizada, esencialmente en el procesamiento y empaque de comida. De manera similar, los doctores pueden dar consulta asisténdose en una computadora, pero finalmente el doctor, y no la computadora, termina por dar el diagnóstico final al paciente.

Las industrias del aceite y la química en especial, han desarrollado métodos de flujo continuo de producción, a causa de la naturaleza de los materiales utilizados; en la industria de la refinería, aceite crudo penetra en un punto y fluye continuamente a través de pipas, destilación, y herramientas de reacción para ser procesadas en productos como la gasolina o el aceite. Un arreglo de herramientas de control automático manejados por un microprocesador y coordinados por una computadora central se utiliza para el control de válvulas, termostatos, o cualquier otro equipo que requiera ser regulado por las ocurrencias de flujo o reacción.

Los robots comenzaron a aparecer en este proceso de automatización industrial hasta la aparición de las computadoras en los 40's. Estos robots computarizados, están equipados con pequeños microprocesadores capaces de procesar la información que le proveen los sensores externos y así es como el robot puede tomar, cambiar o mantener una operación en ejecución, a esto se le llama retroalimentación, y forma parte de la Cibernética. La retroalimentación es esencial en cualquier mecanismo de control automático, ya que ayuda a controlar los factores externos que le afecten en la correcta ejecución de sus operaciones normales.³

³ "Automation" *Microsoft Encarta 96 Encyclopedia*. 1993-1995.

Cibernética.

La cibernética es una ciencia interdisciplinaria, tratando con sistemas de comunicación y control sobre organismos vivos, máquinas u organizaciones. El término es una derivación del vocablo griego *kybernetes* que significa gobernador o piloto, y fue aplicado por primera vez en 1948 a la teoría del control de mecanismos por el matemático americano Norbet Wiener.

Para conseguir la ejecución deseada de un organismo humano o de una herramienta mecánica, la información proveniente de los resultados actuales a través de la acción realizada debe hacerse disponible como una guía para futuras acciones. En el cuerpo humano, el cerebro y el sistema nervioso funcionan para coordinar la información, la cual es utilizada para determinar el futuro curso de una acción; controlar los mecanismos para la auto corrección en máquinas que sirven con un propósito similar. Este principio es conocido como retroalimentación, el cual es fundamental en el concepto de automatización.

La cibernética también se aplica al estudio de la psicología, servomecanismo, economía, neuropsicología, ingeniería en sistemas y al estudio de sistemas sociales, el término cibernética no es muy utilizado para describir por separado a un campo de estudio, y muchas de las investigaciones en el campo ahora se centran en el estudio y diseño de redes neuronales artificiales.⁴

Inteligencia Artificial.

Sin embargo, cuando la computación empezó a surgir como una ciencia, se empezaron a dar cuenta de que los robots podían realizar tareas mucho más complejas de lo que ellos imaginaban; se interesaron en el concepto del "razonamiento Humano"; se dieron cuenta de que si pudieran "aprender" de su medio, se podría realizar el sueño de cualquier científico de aquella época: crear vida artificial, y de esta manera hacer que los robots pensaran y pudieran razonar.

La inteligencia humana ha maravillado al hombre desde el principio de los tiempos, siempre ha tratado de imitarla, igualar y mecanizarla para sus propios propósitos. Comenzó por desarrollar algoritmos capaces de resolver problemas específicos, se interesó en aplicar la Lógica Matemática en la resolución de dichos problemas, y es aquí donde comenzó a desarrollarse la I.A..

Podemos definir la I. A. como "el estudio de las maneras en las cuales las computadoras pueden mejorar las tareas cognoscitivas, en las cuales, actualmente, la gente es mejor".⁵ De esta manera podemos ver que el

⁴ "Cybernetics" *Microsoft Encarta 96 Encyclopedia*. 1993-1995.

⁵ "Artificial Intelligence", *Encyclopedia of Artificial Intelligence* vol. 1, Página 9, (1993).

entendimiento de algún lenguaje natural, reconocimiento de imágenes, encontrar la mejor manera de resolver un problema de matemáticas, encontrar la ruta óptima para llegar a una objetivo específico, etc., son parte del razonamiento humano, y que hasta ahora el hombre ha deseado poder imitarla desarrollando la Inteligencia Artificial.

La evolución de la I.A. se debe al desarrollo de programas para computadoras capaces de traducir de un idioma a otro, juegos de ajedrez, resolución de teoremas matemáticos, etc. Alrededor de 1950, Alan Turing desarrolló un método para saber si una máquina era o no "inteligente" denominado "Test de Turing", "en el cual un operador tiene que mantener una conversación en dos sentidos con otra entidad, a través de un teclado, e intentar que la otra parte le diga si se trata de una máquina o de otro ser humano. ¡Muy curioso!

Sobre este test circulan muchas historias ficticias, pero nuestra favorita es la que trata sobre una persona que buscaba trabajo y al que se le deja delante de un teclado para que se desenvuelva solo. Naturalmente, se da cuenta de la importancia de este test para sus perspectivas de carrera y por lo tanto lucha valientemente para encontrar el secreto, aparentemente sin éxito. Sin embargo, tras cierto tiempo, la persona que realizaba la entrevista vuelve, le estrecha la mano, y le felicita con estas palabras: 'Muy bien, amigo, la máquina no pudo descifrar si Ud. era una persona; precisamente es lo que necesitábamos para un puesto de Inspector de Hacienda'" ⁶.

Pero de que sirve crear algoritmos capaces de imitar la inteligencia y el razonamiento humano; es aquí donde la I. A. y la Robótica tienen un punto en común.

La I.A. tiene aplicación en la Robótica cuando se requiere que un robot "piense" y tome una decisión entre dos o más opciones, es entonces cuando principalmente ambas ciencias comparten algo en común. La I.A. también se aplica a las computadoras, ya sean PC's , servidores de red o terminales de red, ya que su principal aplicación es desarrollar programas computacionales que resuelvan problemas que implican la interacción entre la máquina y el hombre, es decir, las máquinas "aprenderán" de los hombres, para realizar mejor su labor.

⁶"Inteligencia Artificial". *Inteligencia Artificial en el Dragón*, Página 13. (1985).

2 PRINCIPALES ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN ROBOT INDUSTRIAL.

La idea común que se tiene de un robot industrial, es la de un brazo mecánico articulado, pero este elemento no es más que una parte de lo que se considera técnicamente como un sistema de robot industrial.

Un sistema de robot industrial consta de las siguientes partes:

1. Manipulador o brazo mecánico
2. Controlador
3. Elementos motrices o actuadores.
4. Elemento terminal.

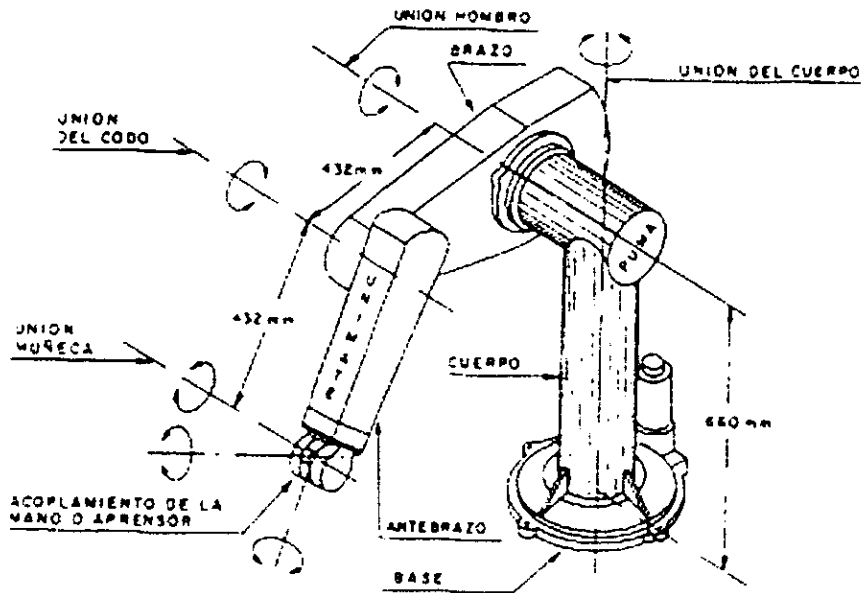
Por último al robot industrial se le engloba dentro de la arquitectura de un sistema de fabricación flexible, en la que se combinan diversos dispositivos que configuran un núcleo básico de producción.

2.1.- El manipulador.

Recibe el nombre de manipulador o brazo del robot el conjunto de elementos mecánicos que proporcionan el movimiento del elemento terminal. Dentro de la estructura interna del manipulador se alojan, en muchas ocasiones los elementos motrices, engranes y transmisiones que soportan el movimiento de las cuatro partes que, generalmente suelen conformar el brazo:

- a) Base o pedestal de fijación
- b) Cuerpo
- c) Brazo
- d) Antebrazo.

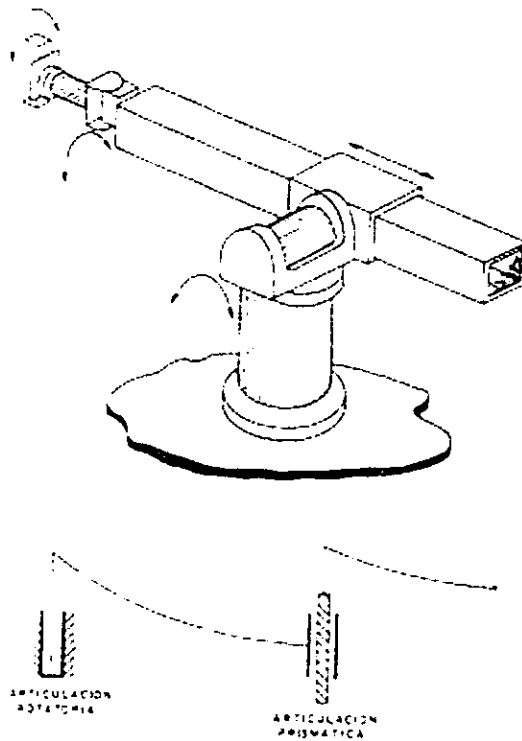
Los cuatro elementos rígidos del brazo están relacionados entre sí mediante articulaciones, las cuales pueden ser giratorias, cuando el movimiento permitido es de rotación como sucede con todas las del robot PUMA figura (2) o prismáticas, en las que existe un movimiento de traslación entre los elementos que relacionan.



Figura(2). Robot PUMA, principales elementos que integran un robot.

A semejanza con el brazo humano a las uniones o articulaciones del manipulador se les denomina:

- Unión del cuerpo (Base Cuerpo)
- Unión Hombro (Cuerpo – Hombro)
- Unión codo (Brazo – Antebrazo)
- Unión Muñeca(Ante brazo- Aprehensor)



Figura(3). Articulaciones

2.2. - El controlador.

Recibe este nombre el dispositivo que se encarga de regular el movimiento de los elementos del manipulador y todo tipo de acciones cálculos y procesos de información, que se realiza.

La complejidad del control varia según los parámetros que se gobiernan, pudiendo existir las siguientes categorías:

a) Controlador de posición

Sólo interviene en el control de la posición del elemento terminal, puede actuar en modo punto a punto, o bien, en modo continuo en cuyo caso recibe el nombre de control continuo de trayectoria.

b) Control Cinemático

Cuando además de la posición se regula la velocidad.

c) Control dinámico

Se tienen en cuenta, también las propiedades dinámicas del manipulador, motores y elementos asociados.

d) Control adaptativo.

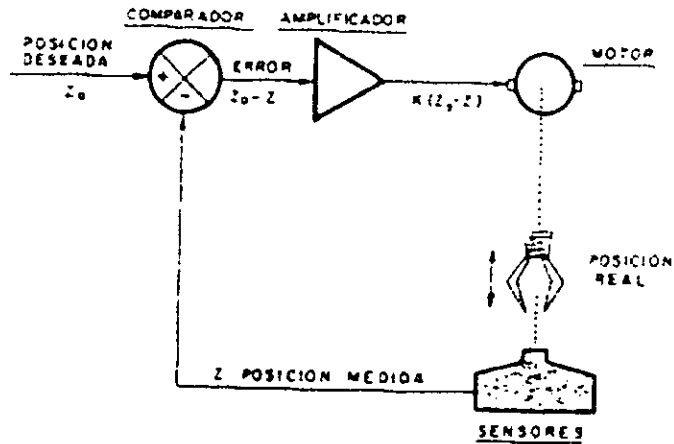
Además de lo indicado en los anteriores controles, también se considera la variación de las características del manipulador al variar la posición.

Refiriéndose a otro aspecto el control puede llevarse a cabo en lazo abierto o lazo cerrado. En el caso del control del lazo abierto, se produce una señal de consigna que determina el movimiento pero no se analiza si se ha realizado con exactitud o se ha producido un error al efectuarse en la realidad. El control en lazo abierto, es típico en los motores paso a paso en los cuales las señales que generan un paso del mismo, dan lugar al giro de un determinado ángulo del eje, es decir son motores con movimiento cuantificado. Existen sistemas con salidas temporizadas o movimientos predeterminados, que actúan en lazo abierto.

En el control en lazo abierto se tienen muchas causas de error (inercia interferencia fricciones, desplazamientos, etc) y si bien es muy simple y económico, no se admite en las aplicaciones industriales, donde es fundamental la exactitud en la repetibilidad de los movimientos, Sin embargo en los robots dedicados a la enseñanza y el entrenamiento este tipo de control esta muy extendido.

La mayoría de los sistemas de robots industriales poseen un control en lazo cerrado. Este control hace uso de un transductor o sensor de la posición real de la articulación o del elemento terminal, cuya información se compara con la señal de mando que indica la posición deseada.

El error entre estas dos magnitudes se trata de diversas formas para obtener una señal final que aplicada a los elementos motrices varíe la posición real hasta hacerla coincidir con la deseada.



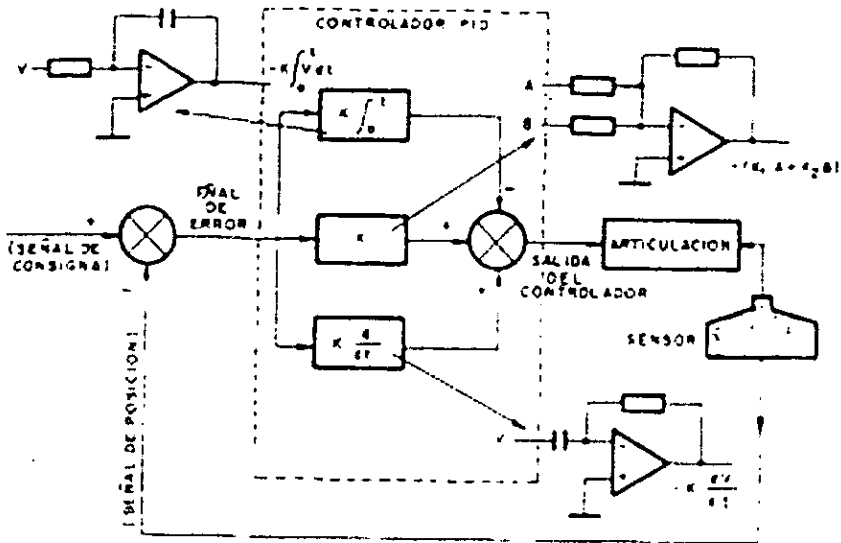
Figura(4). Controlador proporcional

Además del controlador de tipo proporcional figura(4) , hay otros, como la integral, cuya salida varía proporcionalmente a la señal de error y el derivativo en el que la salida varía proporcionalmente con la velocidad de variación de la señal de error. La combinación de los tres tipos de controladores descritos da lugar al que se denomina PID (Proporcional - integral derivativo)

La figura (5) muestra un esquema general del controlador PID, con los circuitos característicos implementados a base de amplificadores operacionales.

Los sensores empleados para la determinación de la posición de los ejes de los motores motrices pueden ser de carácter analógico o digital como discos de plástico transparente con rayas negras que al girar a través de detectores ópticos cortan el haz de luz entre emisor y detector y generan una serie de impulsos eléctricos que sirven para calcular el ángulo desplazado.

Los modernos controladores de los robots son computadoras en los que el programa correspondiente se encarga de calcular las señales aplicadas a los actuadores tras el procesamiento de la señal de consigna y la que procede de los transductores de posición.



Figura(5). Diagrama de control

2.3. - Los elementos motrices o actuadores .

Los elementos motrices son los encargados de producir el movimiento de las articulaciones, bien directamente o a través de poleas, cables cadenas etc. Se clasifican en tres grandes grupos atendiendo a la energía que utilizan:

- a) Neumáticos.
- b) Hidráulicos.
- c) Eléctricos.

Los actuadores neumáticos emplean el aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos pero de precisión limitada.

Los motores hidráulicos son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga junto a una precisa regulación de velocidad.

Finalmente, los motores eléctricos son los más utilizados por su fácil y preciso control, así como por otras propiedades ventajosas que reporta su funcionamiento, como consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

2.4. - El elemento terminal.

A la muñeca del manipulador se acopla una garra o una herramienta que será la encargada de materializar el trabajo previsto. Por lo general la problemática del elemento terminal radica en que ha de soportar una elevada capacidad de carga y al mismo tiempo conviene que tenga reducido peso y tamaño.

Como consecuencia de la amplia variedad de tareas a las que se destinan los robots, el elemento terminal adopta formas muy diversas, en bastantes ocasiones es necesario diseñar el elemento a medida de la operación en la que se aplica.



Figura (6). Elemento terminal capaz de reconocer objetos.

3 TIPOS DE ROBOTS

3.1. - Grados de libertad

Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. También se pueden definir los grados de libertad, como los posibles movimientos básicos (giros y desplazamientos) independientes.

Un mayor número en los grados de libertad con lleva un aumento en la flexibilidad en el posicionamiento del elemento terminal. Aunque la mayoría de las aplicaciones industriales requieren 6 grados de libertad como las de soldadura, mecanizado y paletización, otras más complejas exigen un número mayor, tal es el caso en las labores de montaje. Tareas más sencillas y con movimientos más limitados como las de pintura y paletización, suele exigir 4 o 5 grados de libertad.

Las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo del robot, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado. La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí por la accesibilidad específica del elemento terminal en cada una de ellas. Por ejemplo, la zona en que se puede orientar horizontalmente el elemento terminal (aprehensor o herramienta) es diferente a la que se permite orientarlo verticalmente o con el determinado ángulo de inclinación. También queda restringida la zona de trabajo por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

El peso en kilogramos que puede soportar la garra del manipulador recibe el nombre de capacidad de carga. A veces este dato lo proporcionan los fabricantes, incluyendo el peso de la propia garra.

La capacidad de carga es una de las características que más se toman en cuenta en la selección del robot, según a la tarea a la que se destine.

En soldadura y mecanizado es común precisar capacidades de carga superiores a los 500 Kg.

La precisión en la repetibilidad es el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada.

Dependiendo el trabajo que se deba realizar, la precisión en la repetibilidad de los movimientos es mayor o menor, así por ejemplo en labores de ensamblaje de piezas, dicha característica ha de ser menor que ± 0.01 mm. En soldadura, pintura y manipulación de piezas, la repetición en la

repetibilidad esta comprendida entre 1 y 3 mm y en las operaciones de mecanizado, la precisión ha de ser de 1mm.

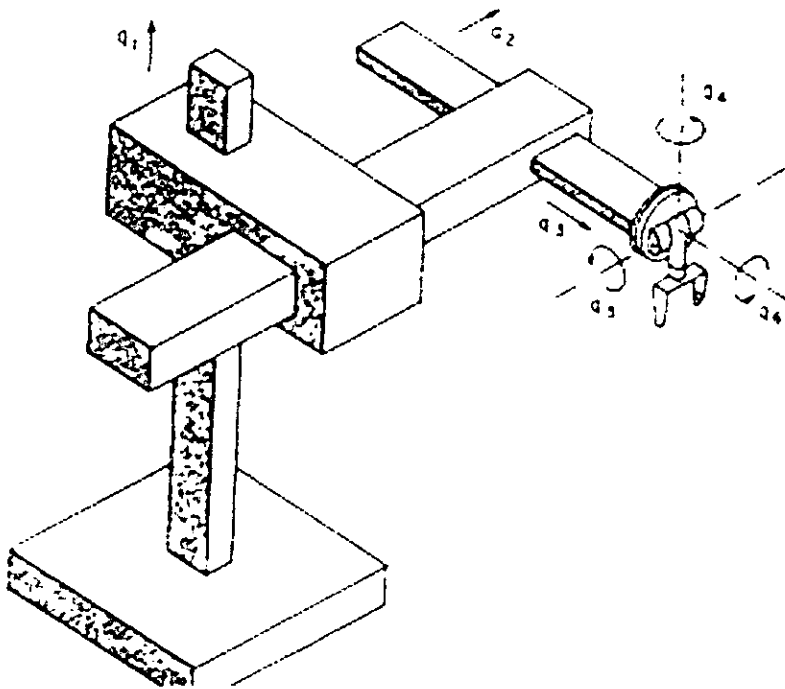
En muchas ocasiones la velocidad de trabajo elevada aumenta extraordinariamente el rendimiento de un robot, por lo que esta magnitud se valora considerablemente en la elección del mismo. En las tareas de soldadura y manipulación de piezas es muy aconsejable que la velocidad de trabajo sea alta. En pintura mecanizado y ensamblaje, la velocidad debe ser media e incluso baja.

La estructura del manipulador y la relación entre los elementos proporcionan una configuración mecánica, que da origen al establecimiento de los parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal. Fundamentalmente existen cuatro estructuras clásicas, en los manipuladores que se relacionan con los correspondientes modelos de coordenadas en el espacio que se citan a continuación

- CARTESIANAS
- CILÍNDRICAS
- POLARES
- ANGULARES

Los elementos motrices que generan el movimiento de las articulaciones pueden ser, según la energía que consuman de tipo hidráulico neumático o eléctrico.

Los actuadores de tipo hidráulico se destinan a tareas que requieren una gran potencia y grandes capacidades de carga. Dado el tipo de energía que emplean, se construyen con mecánica de precisión y su coste es elevado. La energía neumática dota a sus actuadores de gran velocidad de respuesta, junto a un bajo costo pero su empleo esta siendo sustituido por los elementos eléctricos.



Figura(7). Grados de libertad

3.2.- Desarrollo de los tipos de robots

Las novelas de ciencia-ficción nos muestran robots dotados de una inteligencia igual o superior a la de los hombres, capaces de aprender de sus "errores" y mejorar su sistema original, pueden convivir con los seres humano de una manera natural. En la actualidad, estos relatos no están distantes de la realidad que empezamos a vivir. Los robots empiezan a invadir nuestras vidas, comienzan a aparecer en los lugares menos esperados, comienzan a reemplazar algunas de nuestras labores más difíciles de realizar.

La robótica se ha ido desarrollando a pasos agigantados. Los robots comienzan a formar parte de nuestras vidas, y no hay que alarmarnos por esto, sino más bien hay que sacarle todo el provecho posible para que la ayuda que nos puedan dar, sea bien aprovechada.

Uno de los primeros robots fue el llamado SHAKEY, desarrollado por investigadores en el Instituto de Investigaciones de Stanford en 1960, este robot fue capaz de tomar bloques en un pila utilizando una cámara de video como un sensor visual, y procesando esta información en una pequeña computadora.

Tiempo después, a mediados de 1970, la General Motors financió un programa de desarrollo en el que el investigador Víctor Scheinman del Instituto de Tecnología de Massachusetts inventó un "brazo" mecánico para producir un llamado "manipulador universal programable para ensamblaje (programmable universal manipulator for assembly, PUMA)". El PUMA marcó el inicio de la era de los robots.

La robótica ayuda mucho en el área de investigación; con ayuda de robots especiales, los científicos pueden experimentar con robots de prueba antes de implantar algún nuevo programa de control.

Se pueden mencionar los robots más reconocidos por los investigadores de la compañía K-Team SA, con su laboratorio en Suiza. Esta compañía fabrica robots para experimentación: el Khepera figura(8) y el Koala figura(10), los denomina The K-Robot Family (la familia de K-robots). A continuación se muestran las características principales de ambos robots.

La miniaturización del robot Khepera hace posible tener la capacidad de un robot grande en un escritorio normal cerca de la computadora. Las ventajas dadas a los usuarios son múltiples:

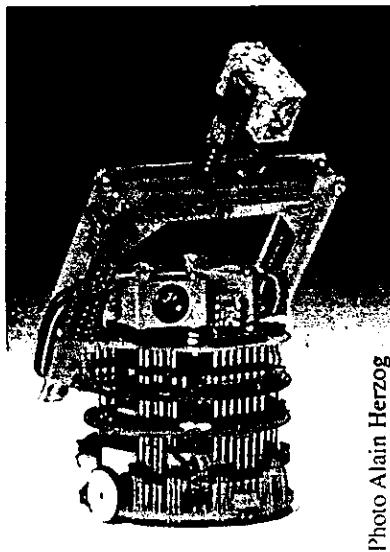


Photo Alain Herzog

Figura(8). Robot Khepera.

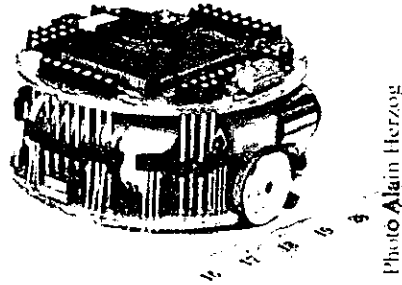
- El medio ambiente es fácil y barato de recrear.
- El robot puede ser manipulado fácilmente.
- La conexión con la computadora puede hacerse con un cable aéreo sin problemas.
- La computadora, el robot y el medio ambiente están en la misma mesa, cerca del usuario.
- El manejar un robot miniatura es relativamente mucho más robusta que manejar un robot grande. Hay que imaginar al robot Khepera, con 50 mm de diámetro, corriendo contra una pared a una velocidad de 50 mm/s. Ahora hay que compararlo con robot grande, de 1 metro de diámetro, corriendo contra una pared a una velocidad de 1 m/s.
- Tomar o llevar el robot a una conferencia no será un problema difícil de resolver.

Técnicamente, el Khepera es completamente un robot, con muchas características interesantes. Al robot básico se le pueden agregar muchas extensiones, como por ejemplo, cámaras de video para el reconocimiento de imágenes o un brazo mecánico con dos grados de libertad para poder tomar y manipular una infinidad de objetos.⁷

A continuación se muestran las características técnicas del robot Khepera:

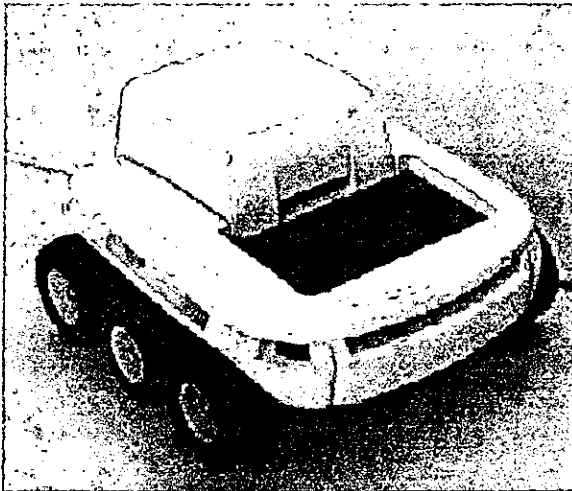
Elementos	Información Técnica
Procesador	Motorola 68331
RAM	256 Kbytes
ROM	256 o 512 Kbytes
Movimiento	2 motores DC con codificador de incremento (aprox. 10 pulsos/ mm de avance del robot)
Sensores	8 sensores infrarrojos de aproximación y de luz
Energía	Baterías de NiCd recargables o externas
Autonomía	30 minutos (configuración básica con máxima actividad)
Extensión de Bus	El robot puede ser expandido por módulos añadidos en el bus K-Extension
Tamaño	Diámetro: 55 mm Altura: 30 mm
Peso	Airededor de 70 gramos.

⁷ "Khepera Mobile Robot Specifications". <http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/Khepera.html>. 1997.



Figura(9).Controladores del Robot Khepera.

El robot Koala, es una aplicación orientada del robot Khepera: más grande que un Khepera, más desarrollado, abierto a extensiones de tamaño real, con más funciones necesarias para la realización de una aplicación real (como la correcta administración de la carga de la batería), con 6 ruedas para operaciones a campo traviesa y un cuerpo de trabajo para buenas demostraciones. En adición a estas características, Koala mantiene una figura y una estructura compatibles con Khepera, en cuanto a una manera de los experimentos hechos en un Khepera pueden ser transportados a Koala. El BIOS de ambos robots es compatible, así que aquellos programas escritos para un robot puede ser fácilmente adaptado (por algunos parámetros) y recopilado para el otro. Este robot no tiene extensiones como el Khepera.⁸



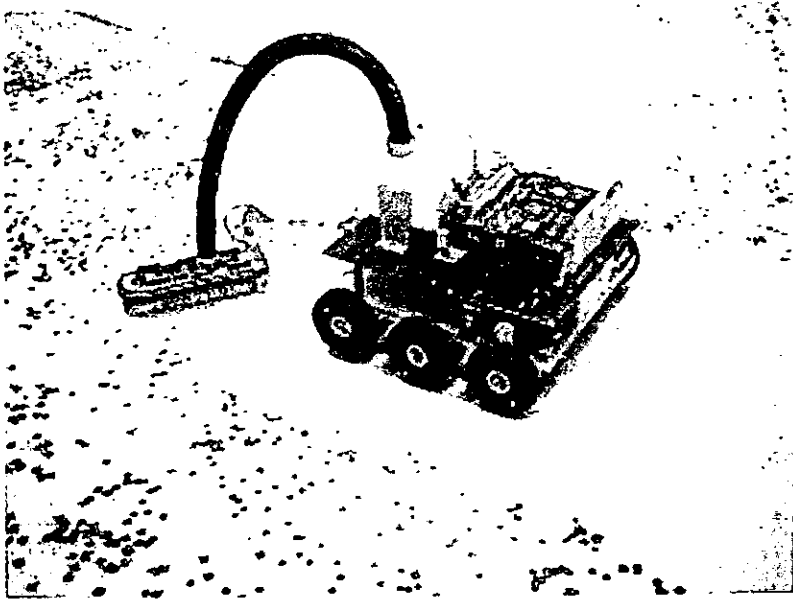
Figura(10). Robot Koala.

⁸ "Koala Mobile Robot Specifications", <http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/Koala.html>. 1997.

A continuación se muestran las características técnicas del Koala:

Elementos	Información técnica
Procesador	Motorola 68331 a 16 Mhz
RAM	1 Mbyte
Flash	256 Kbytes
ROM	128 Kbytes
Movimiento	2 motores DC con codificador de incremento (aprox. 25 pulsos/mm de avance del robot)
Sensores	16 sensores infrarrojos de aproximación y luz Batería y temperatura ambiente Par motor y consumo de energía global
Energía	Batería NiCd recargable (1.4 o 2.4 Ah) con memoria de nivel de carga La batería puede ser fácilmente removida y reemplazada
Autonomía	3 horas (configuración básica con máxima actividad utilizando 2.4 Ah)
Extensión de bus	El robot puede ser expandido por módulos añadidos en el bus K-Extension. Las torretas de Khepera (con procesador local) también son soportadas. Un soporte especial esta disponible en la parte frontal del robot por cualquier extensión mecánica.
I/O para el usuario	12 entradas digitales [5..12 v] 4 salidas digitales CMOS/TTL 8 salidas digitales de corriente (colector abierto) [12..250 mA/salida] 6 entradas analógicas (10 bits convertidor A/D, 4.096 v dinámicos)
Tamaño	Largo: 32 cm Ancho: 32 cm Alto: 20 cm
Peso	Aprox. 3 Kg..

El robot Koala también tiene otra aplicación práctica: Aspiradora automática. Esta es una de las aplicaciones más comunes para el Koala.



Figura(11). Robot Koala como aspiradora.

Para mayor información, se puede consultar las siguientes páginas en internet:

Mobile Robots as Research Tools:

The K-Robot Family
<http://lamiwww.epfl.ch/Khepera/index.html>

The Khepera Miniature Mobile Robot
<http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/Khepera.html>

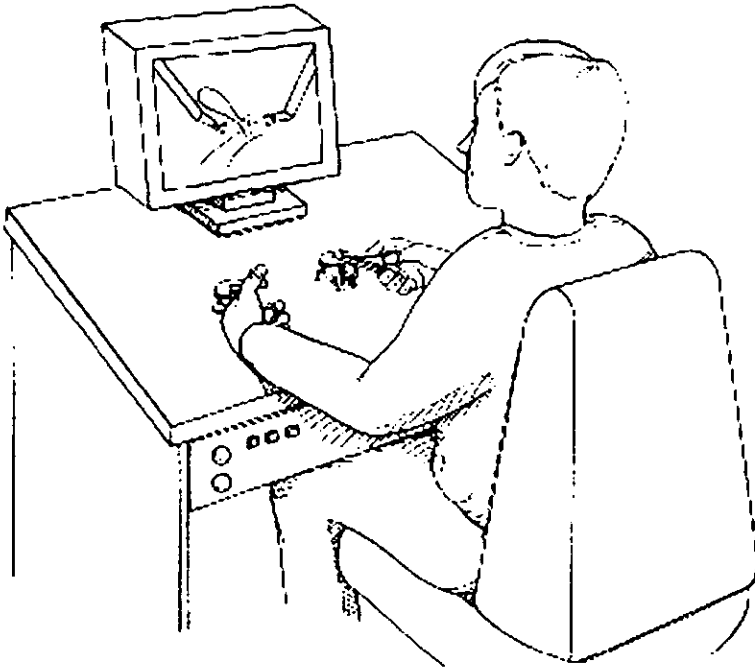
The Koala Mobile Robot
<http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/Koala.html>

The Koala Robot as Vacuum Cleaner
<http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/vacuum.html>

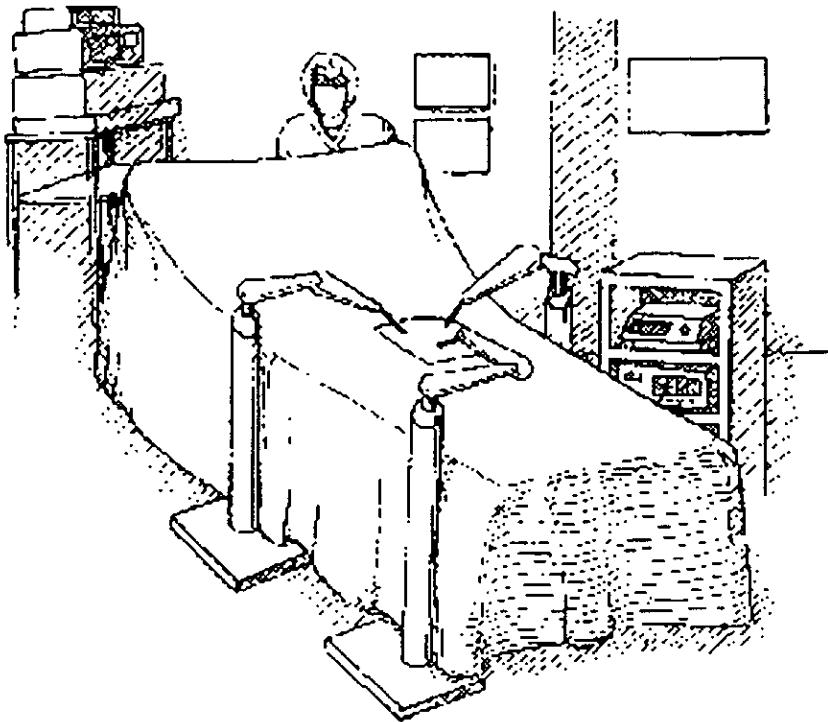
Medicina.

La medicina también está siendo invadida por la robótica. Aunque todavía se está investigando, se tienen resultados muy satisfactorios, de los cuales a largo plazo se podrán disfrutar.

La Universidad de California en Berkeley , Endorobotics Corporation, junto con la Universidad de California en San Francisco, ha estado desarrollando nuevas herramientas y mejoras para la manipulación de la endoscopia, sentido, e interfaces humanas para la operación a control remoto. Han introducido el concepto de Cirugía con Invasión Mínima, la cual consiste en la mínima intervención de aparatos y/o herramientas para poder llevar a cabo una intervención quirúrgica.



Figura(12). Telerobótica.



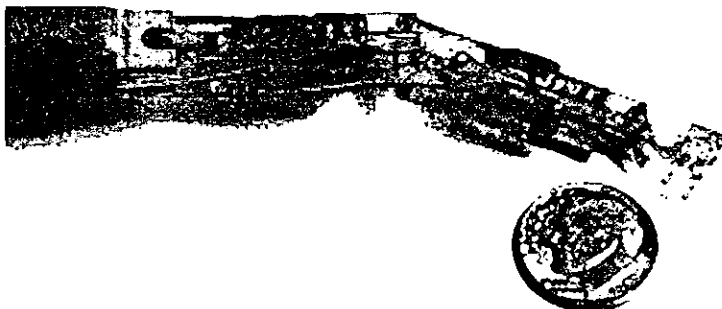
Figura(13). Aplicación de la robótica en la medicina.

Aunque todavía se encuentra sobre investigación, la cirugía asistida por la telerobótica figura(12) se comienza a abrir camino dentro de la medicina. El concepto esencial de este proyecto de las Universidades, es el de poder aislar al doctor de su paciente, ya sea por salud o por algún otro factor que pueda dañar al paciente de alguna manera grave.

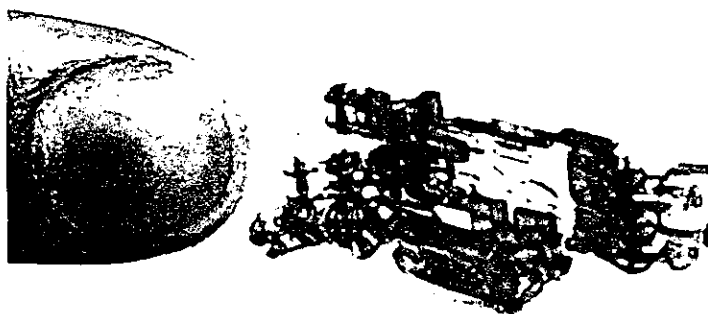
Otra aplicación a este proyecto, es un simulador en realidad virtual para poder entrenar a los doctores en la cirugía de invasión mínima. Con un simulador, se pueden ir acostumbrando a tratar al paciente detrás de una pantalla de computadora, y no físicamente en presencia de la cirugía.

Para poder realizar la cirugía, el doctor cuenta con unos pequeños brazos mecánicos figura(14) y (15) , los cuales harán la intervención quirúrgica sin necesidad de hacerle al paciente una gran incisión para poder realizar la operación. Estos brazos mecánicos, cuentan con unas pequeñísimas pinzas que realizarán la cirugía propia del doctor.⁹

⁹ ""Medical Robotics at UC Berkeley" <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~mcenk/medcial/index.html>. 1997.



Figura(14). Brazo mecánico con pinzas para cirugías.



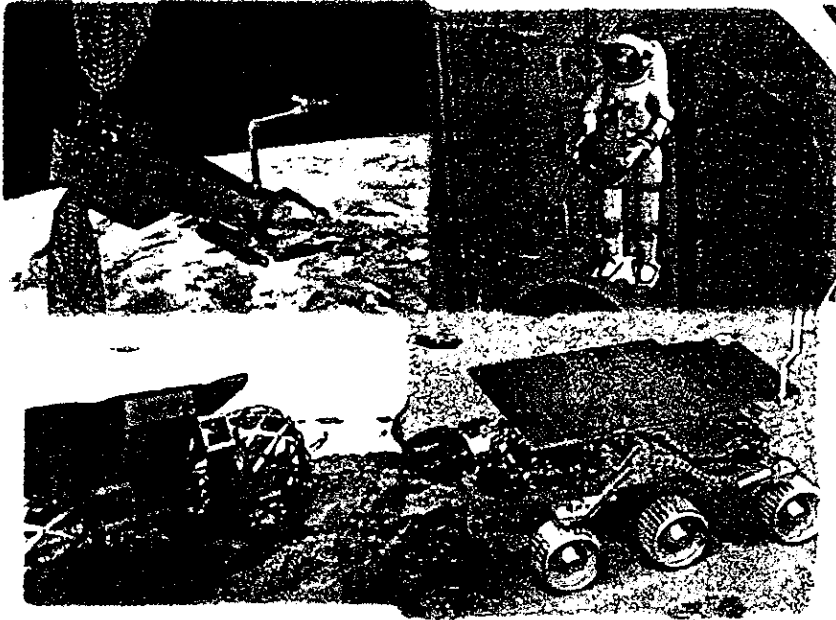
Figura(15). Brazo mecánico con pinzas para cirugías.

Para poder obtener información más detallada del proyecto de la Universidad e Berkeley, se puede consultar la siguiente página en Internet:

Medical Robotics at UC Berkeley
<http://robotics.eecs.berkeley.edu/~mcenk/medical/index.html>

Espacio.

Una de las aplicaciones muchos más aprovechadas de la robótica, y que el hombre se ha seguido maravillando, es la telerobótica en el espacio extraterrestre. La organización más importante dentro de este aspecto, y que ha marcado un rumbo muy avanzado en cuanto a tecnologías e investigaciones, es la NASA (National Aeronautics and Space Administration).



Figura(16). Robots en el campo espacial.

El Programa de Telerobótica Espacial de la NASA, está diseñado para desarrollar capacidades de la telerobótica para la movilidad y manipulación a distancia, uniendo la robótica y las teléoperaciones y creando nuevas tecnologías en telerobótica.

Los requerimientos de tecnología de la robótica espacial pueden ser caracterizados por la necesidad del control manual y automático, tareas no repetitivas, tiempo de espera entre el operador y el manipulador, manipuladores flexibles con dinámicas complejas, nueva locomoción, operaciones en el espacio, y la habilidad para recuperarse de eventos imprevistos.

El Programa de Telerobótica Espacial consiste en un amplio rango de tareas de investigaciones básicas científicas para el desarrollo de aplicaciones para resolver problemas de operación específicos. El programa centra sus esfuerzos en tres áreas en especial: ensamblaje y servicio en órbita, cuidar los gastos científicos, y robots en la superficie del planeta. Para poderse aplicar correctamente las áreas dentro de su materia, el programa se encarga del desarrollo del robot completo, de sus componentes, y de la correcta creación e implantación del sistema para que los robots puedan cubrir las necesidades por completo. Su principal aplicación es el poder proveer la tecnología para las aplicaciones de la telerobótica espacial con suficiente confianza por parte de los diseñadores para que futuras misiones espaciales puedan aplicar la tecnología con toda confianza.¹⁰

Hogar.

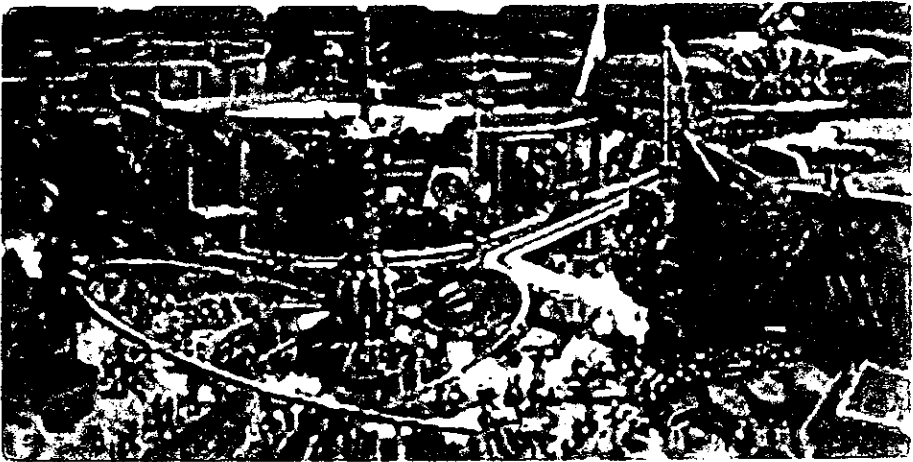
La aplicación más antigua es en el hogar. Los electrodomésticos, como hoy los conocemos, forman parte del mundo de la robótica, y aunque parezca increíble, éstos son robots domésticos. No se requiere de una gran programación previa, ni de mecanismos súper complejos para poder caracterizar a un robot doméstico, puesto que este es su fin: facilitar las labores domésticos, y por consiguiente ocupar el menor espacio posible para poder realizar las tareas.

Uno de los primeros robots domésticos fue la estufa, ya sea de leña o de gas; le siguen el refrigerador, el lava trastes, el horno de microondas, el horno eléctrico y así muchos más electrodomésticos que pasan desapercibidos por la mayoría de nosotros, y no nos damos cuenta de que también son considerados como robots, robots electrodomésticos.

¹⁰ "NASA Space Telerobotics Program Home Page". <http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics.html>. 1997.

Entretenimiento.

La robótica ha invadido la mayoría de nuestras actividades cotidianas, muestra de ello, es la robótica en los medios de esparcimiento, y como ejemplo podemos citar al fabuloso parque de diversiones Disneylandia figura (17).



Figura(17). The Walt Disney Company / Lucasfilm Ltd.

En este parque de diversiones se pueden encontrar una gran variedad de aplicaciones de la robótica, desde pájaros cantores, elefantes en movimiento, cocodrilos, osos, hasta simuladores de vuelo, androides, submarinos, etc.

Como se puede ver, la robótica puede ser utilizada en casi cualquier actividad que el ser humano realice, y puede ser de gran utilidad.

Nos damos cuenta de que la robótica empieza a ser parte de nuestras vidas cotidianas, así como lo empezaron algunas de las actividades que actualmente realizamos todos los días.

3.3.- Clasificación de los robots.

Existen diversos tipos de clasificación de los robots siendo ésta una de las más generales:

La maquinaria para la automatización rígida dio paso al robot con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador así como el empleo de servos en bucle cerrado que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada. Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robot, que se citan a continuación.

Manipuladores.

Son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos de los siguientes modos:

- a) Manual.- Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.
- b) De secuencia fija. Cuando se repite de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.
- c) De secuencia variable.- se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de los dispositivos cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas.

Robots de repetición o aprendizaje.

Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar. En este tipo de robots, el operario en fase de enseñanza, se vale de una pistola de programación con diversos pulsadores o teclas, o bien de logística, o bien utiliza un maniquí, o a veces desplaza directamente la mano del robot.

Poli articulados

Bajo este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios -aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados- y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad". En este grupo se encuentran los manipuladores, los robots industriales, los robots cartesianos y algunos robots industriales y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o deducir el espacio ocupado en el suelo.

Móviles.

Son robots con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores.

Las tortugas motorizadas diseñadas en los años cincuentas, fueron las precursoras y sirvieron de base a los estudios sobre inteligencia artificial desarrollados entre 1965 y 1973 en la Universidad de Stranford.

Estos robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

Androides.

Son robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemática del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación.

Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este caso, el principal problema es controlar dinámicamente y coordinadamente en el tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

Los robots de aprendizaje son los más conocidos, hoy día en los ambientes industriales y el tipo de programación que incorporan recibe el nombre de gestual.

Robots con control por computadora.

Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales controlados por computadora que habitualmente suele ser un micro computador.

En este tipo de robots el reprogramador no necesita mover realmente el elemento de la máquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por computadora dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias funciones adaptadas al robot con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador, no el brazo. A esta programación se le denomina textual y se crea off-line es decir sin la intervención del manipulador.

Las grandes ventajas que ofrecen este tipo de robots hacen que se vayan imponiendo en el mercado rápidamente, lo que exige la preparación urgente de personal calificado, capaz de desarrollar programas similares a los de tipo informático.

Robots Inteligentes.

Son similares a los del grupo anterior, pero además son capaces de relacionarse con el mundo que los rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real. La visión artificial, el sonido de máquina y la inteligencia artificial, son las ciencias que más se están estudiando para su aplicación en los robots inteligentes.

La arquitectura, definida por el tipo de configuración general del robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales -cambio de herramienta o de efector terminal-, hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales.

Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poli articulados, Móviles, Androides, Zoomorfos e Híbridos.

Zoomorficos.

Los robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los andróides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Cabe destacar, entre otros, los efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biselados acoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. En cambio, los robots zoomórficos caminadores multipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, piloteando o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

Híbridos.

Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, es al mismo tiempo uno de los atributos de los robots móviles y de los robots zoomórficos. De igual forma puede considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como andróides, tal es el caso de los robots personales.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Generalidades.

Para el desarrollo de un robot existen diversas formas de lograrlo, depende en gran medida del tipo de robot que se quiera, ya que existe una gran diversidad como se ha visto. Para nuestro caso desarrollaremos un modelo a escala de un brazo robot para aplicaciones de tipo industrial. Hemos optado por este tipo de robot, ya que se puede utilizar para una gran cantidad de aplicaciones distintas, por ser un robot que se encuentra fijo, sus sistemas son más fáciles de aplicar y manipular, pues si tomamos en cuenta que de ser un robot caminador, por ejemplo, sus sistemas de control y energía deben ser ligeros, pequeños, y exactos.

Nuestro proyecto se basa en la creación de un modelo de sistema de manufactura flexible en donde el sistema principal será el robot, junto con otros aditamentos, este sistema estará capacitado para realizar una gran diversidad de aplicaciones de tipo industrial entre las que se encontrarán armado, pintura, selección, distribución, soldadura, entre otros. Así mismo nuestro elemento principal que será el robot, estará dotado de un grado de inteligencia artificial para determinar correcciones de operación en los mecanismos del mismo.

Descripción.

Para lograr lo antes descrito, se requiere de un complejo sistema, tal sistema estará dividido en secciones especializadas e intercomunicadas siendo de tipo electrónicas, neumáticas y mecánicas, la sección de electrónica estará conformado por una computadora personal y una interfaz, la neumática por un cuerpo de válvulas, y la mecánica por las estructuras que formaran en si el cuerpo del robot y los aditamentos figura (18).

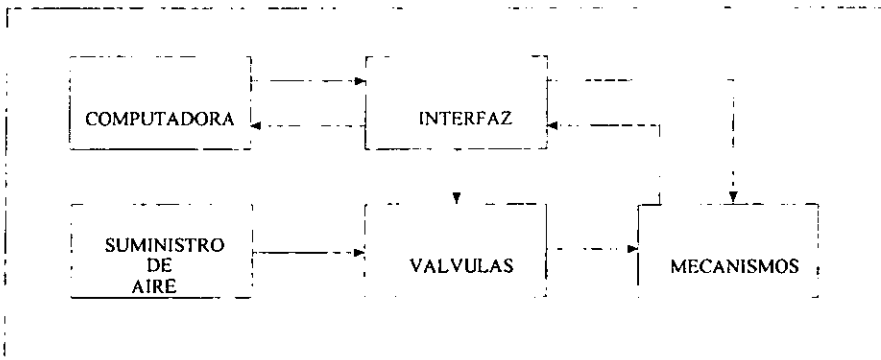


Figura (18). Estructura general del sistema

1.- Computadora: Ésta será el cerebro principal de todo el sistema, enviara y recibirá información del proceso, mediante un software de control previamente programado para una tarea específica. Esta sección o dispositivo esta comunicado con un puerto de salida llamado LPT1 o puerto de impresora.

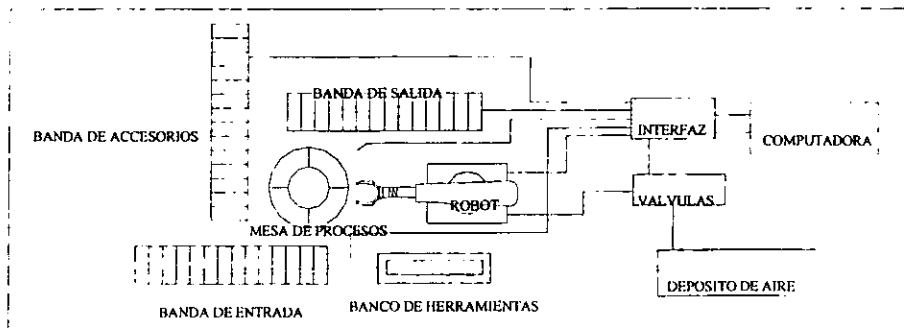
2.- Interfaz: Está sección será la encargada de procesar la información de la computadora hacia los demás dispositivos, y en forma inversa, de los sensores hacia la computadora, se convertirá en una especie de traductor electrónico.

3.- Mecanismos: Sección esta compuesta por el cuerpo del robot y de sus aditamentos como son las estructuras y los motores empleados para que éstas se muevan, involucra todo aquel sistema mecánico que participe directa o indirectamente en el proceso de movimiento del robot.

4.- Válvulas: Este dispositivo recibirá información de la interfaz para poder accionar una serie de válvulas neumáticas las cuales darán el movimiento y potencia a los mecanismos del robot. Cabe mencionar que este dispositivo recibirá aire a presión de otro dispositivo externo y ajeno al sistema que controla la computadora.

Diseño (el sistema de manufactura flexible).

Como sabemos un sistema de manufactura flexible es aquel sistema automático o semiautomático capaz de cambiar sus procesos de transformación u operación. El sistema que diseñaremos en el presente trabajo será un modelo básico de este tipo de sistemas, dicho sistema será capaz de realizar diversas operaciones de tipo industrial que ya han sido mencionadas.



Figura(19). Vista en planta del sistema (proyecto)

En la figura(19) podemos ver lo que será el proyecto de tesis. Como elemento número uno tenemos al robot, en segundo término a los aditamentos todos enlazados y controlados por una computadora. Para explicar el funcionamiento de éste, lo haremos con un ejemplo sencillo, digamos que necesitamos ensamblar un aditamento a una pieza por medio de tornillos; en primer lugar la pieza principal llegará por una banda (banda de entrada) sin importar su posición dentro de la misma, el robot la tomará y colocará dentro de la mesa de procesos (las características de los aditamentos se verán a fondo posteriormente) esta mesa puede o no girar para posicionar correctamente la pieza principal, después el robot tomará de la otra banda (banda de accesorios) el aditamento a ensamblar, posicionarla con la pieza principal y efectuar un proceso de atornillado; en este proceso el robot será capaz de determinar el dado necesario para el tornillo y tomarlo del banco de herramientas previamente preparado. Posteriormente pasará las piezas ya ensambladas a una banda de salida.

Durante este proceso sencillo de ensamble, el robot y los aditamentos están siendo movidos y controlados por una PC mediante su interfaz que nos proporciona la capacidad de enviar y recibir información. De hecho la interfaz mueve directamente el cuerpo de válvulas, así como a las bandas y a la mesa de procesos mediante corriente eléctrica. Las válvulas al ser accionadas liberan una cantidad de aire a presión a un dispositivo neumático específico el cuál a su vez moverá alguna articulación del robot.

4.1.- Computadora

Generalidades.

La computadora, como antes se mencionó, será el cerebro de las operaciones que realizará el sistema, la capacidad que ésta requiere es mínima por lo que se vuelve más económica y fácil de conseguir en la actualidad, de hecho con una PC286 puede funcionar perfectamente el sistema, para nuestro propósito se trabajará con un procesador 486 a 33Mhz y una capacidad en disco duro de 100MB siendo que el software requiere de poco espacio.

Mediante un software creado específicamente para las funciones que desempeñará el brazo robot y sus accesorios es como será verdaderamente controlado el sistema, este software fue desarrollado por nosotros mismos en un lenguaje de programación llamado Pascal el cual es muy versátil y fácil de programar una vez que se conocen y dominan los comandos necesarios.

Hardware.

El hardware es básicamente la parte física de una computadora o sistema electrónico asociado a una control o función específica. Para nuestro proyecto prácticamente ya estaba hecho, como sabemos la computadora nos brinda la capacidad de introducir y sacar datos de la misma. La entrada de datos puede ser con el teclado, cámara de video, escáner o un módem; cada uno de estos con una entrada específica al CPU llamado puerto, siendo de tipo serial y paralelo. Puesto que la programación del sistema es en base a la entrada de caracteres directos no se tuvo problemas para usar el teclado como módulo de mando principal.

Para el caso de la salida nos encontramos con impresoras, monitores y módems teniendo también conexiones específicas al CPU, debido a que necesitamos una comunicación que nos permitiera interactuar entre salidas y entradas de información en bits al mismo tiempo, el puerto de impresora también conocido como LPT1 es el más ideal para nuestro proyecto de control.

Haremos una observación con respecto a este puerto, de lado de la computadora se tienen 25 pines de salida y del lado de la impresora se tienen 36, esto debido a la configuración que tiene el cable de la impresora como podemos ver en la figura(20).

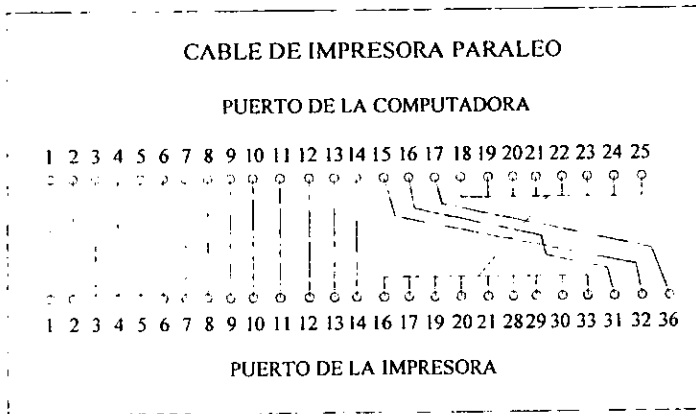


Figura (20). Configuración del cable de impresora.

Como se observa los pines 18 a 25 del lado de la computadora están unidos a los pines 16 a 33 del lado de la impresora ya que básicamente son tierras del sistema; mientras que los demás tienen funciones específicas.

El puerto LPT1 es básicamente un sistema de comunicación en paralelo que cambia a un conector conocido como centronic como se puede ver en la figura (21).

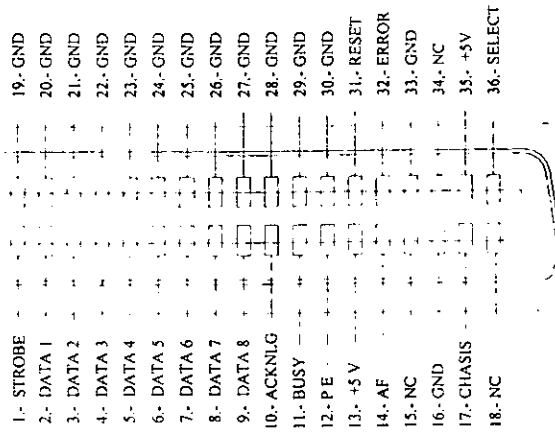


Figura (21). Centronic

El puerto consta de 36 pines de comunicación teniendo algunos de ellos funciones , como se mencionó antes, funciones específicas según la tabla(1).

Como se puede ver en la tabla y en la figura anterior los pines del 2 al 9 son para salida de datos (bits) mediante L o H (controles lógicos en un sistema binario), esto quiere decir que podemos manipular los ocho pines mediante voltaje; para una L = 0 volts y para un H \approx 3.6 volts, esta manipulación se logra mediante el microprocesador de la PC y su respectivo software; siendo el nivel L el común para todos los pines. El pin 19 será tomado como tierra de salida.

Para la entrada de datos (bits) utilizaremos los pines 10 al 12 mantienen normalmente, para nuestro proyecto, un nivel H. El pin 16 será la toma de tierra.

La lógica del funcionamiento de este puerto es simple (en referencia a nuestro proyecto), tendremos 8 pines de salida y 3 de entrada. Si obtenemos el número de combinaciones posibles de los 8 bits de salida obtenemos 256 combinaciones de las cuales solo utilizaremos algunas como veremos más adelante, así mismo las combinaciones de los 3 pines de entrada son 8 los cuales son suficientes para las necesidades del proyecto.

Como se mencionó antes, está parte de hardware ya esta hecha por lo que sólo nos enfocamos a comprender el control, principalmente del puerto LPT1 de la computadora, para fines prácticos del proyecto. A continuación veremos el software de control para seguir entendiendo el funcionamiento del sistema de control.

TABLA 1: FUNCIONES DE PINES PARA EL PUERTO LTP1.

No. PIN	Denominación de señal	Dirección	Descripción de la función
1	STROBE	C > I	Impulso strobe para leer los datos (normalmente nivel H) con un nivel L se leerán los datos.
2	DATA 1	C > I	Señales para bits de datos paralelos de 1 a 8
3	DATA 2	C > I	
4	DATA 3	C > I	
5	DATA 4	C > I	
6	DATA 5	C > I	
7	DATA 6	C > I	
8	DATA 7	C > I	
9	DATA 8	C > I	
10	ACKNLG	C > I	Señal con una anchura de impulso de aprox. 5ms que se produce tras la recuperación de datos.
11	BUSY	I > C	Señal que indica la condición de funcionamiento de la impresora.
12	PAPER EMPTY	I > C	Señal que indica la falta de papel.
13	SELECTED	I > C	Señal que esta a un nivel H cuando la impresora este en funcionamiento.
14	AUTOFEED XT	I > C	Señal que origina automáticamente un lf tras cada cr con un nivel L.
15	(NC)		No utilizada
16	SIGNAL GND		Toma la tierra de la señal.
17	CHASSIS GND		Toma tierra de la caja.
18	5V DC	I >	Potencial homogéneo externo + 5V
19-30	GND		Conducciones de vuelta de masa
31	RESET	C > I	Señal para nueva configuración de la lógica de la impresora.
32	ERROR	C > I	Esta señal cambia a nivel L cuando existe un error.
33	EXT GND		Toma de tierra externa
34-35	(NC)		No utilizada
36	SELECT IN	C > I	Señal que impide un DC1/DC3 con un nivel L.

Donde: L=low = lógico 0 C=computadora I=impresora H=high= lógico 1

Software.

El software utilizado para este proyecto fue desarrollado por nosotros mismos; se utilizó el lenguaje de programación llamado Turbo Pascal en su versión 7 creado por Borland International Inc. Este sistema funciona en MS-DOS por lo que no necesita de un ambiente windows, así mismo los programas creados por éste también funcionarán en este ambiente.

Se determinó el uso de este lenguaje, debido a su programación estructurada y sus comandos, los cuales son sencillos de aprender a utilizar. Lo complejo de esto es la estructura que se debe diseñar para cada una de las tareas que deberá realizar el sistema. El sistema está dividido en varios programas pequeños, esto con la finalidad de hacer más fácil la programación del mismo, teniendo un programa central que los controla como puede verse en la figura (21).

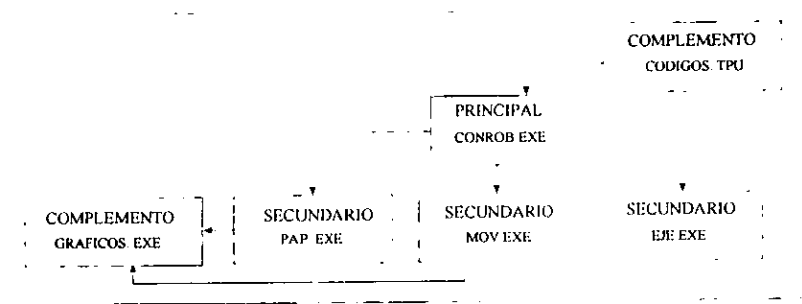


Figura (21). Esquema del software.

Como puede verse en la figura tenemos:

CONROB.EXE : Es el programa principal, también conocido como programa padre, encargado de controlar a los demás programas, principalmente a los secundarios (programa hijo).

CODIGOS.TPU : Este es un archivo de datos en donde se encuentran registrados los códigos de acceso a los pines de salida y entrada del puerto LPT1 de la computadora.

PAP.EXE : Este es el módulo de programación denominado "paso a paso", aquí se programa el robot y sus accesorios almacenando la información en un archivo.

MOV.EXE : Módulo de movimientos, encargado de hacer mover el robot de forma manual por medio del teclado de la PC.

EJE.EXE : Módulo de ejecución, aquí se cargan los programas realizados con pap.exe y se ejecutan por ciclos.

GRAFICOS.EXE : Este programa se encarga de generar un grafico que es un dibujo del robot y sus características en forma de ayuda.

Acceso al puerto LPT1 en pascal .

Uno de los secretos para controlar el puerto de impresora o cualquier otro en pascal , se encuentra en un comando llamado PORT , este comando es capaz de manipular los pines en combinación o individualmente de cada uno de los puertos que se encuentren en la PC. Su estructura es la siguiente:

PORT[\$378] := NP;

Donde: port = comando
\$378 = dirección del puerto
NP = número de pin a mandar.

La dirección del puerto se coloca entre los paréntesis cuadrados con el fin de separarlo del comando, el número \$378 es una estándar del puerto LPT para salida de datos (bits) ; los caracteres " : = " se refiere a un igual de asignación (no de una comparación lógica) ; el NP no es solo el número de pin a manipular sino más bien es una clave numérica que nos puede indicar la combinación de los pines que se quiere mandar.

La forma de manipular los pines, como se mencionó, es mediante NP que es una variable de tipo numérica, la cual tomará el valor de una clave; en la tabla(2) veremos los valores que tienen los pines 2 a 9 (DATA 1.....DATA8) para que funcionen en base al comando port de pascal.

TABLA (2). VALORES PARA NP SALIDA.

DATA NUM.	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	1	2	4	8	16	32	64	128

Los pines del puerto se encuentran normalmente en un nivel L (bajo 0 volts) por lo que si queremos cambiar su nivel a un H (alto +5 volts) NP deberá adquirir un valor, por ejemplo, si queremos activar el data8, NP deber ser igual a 128; para regresar cualquier pin a nivel L , NP deberá tomar el valor de 0 (cero).

De esta forma podemos manipular un pin del puerto mediante el comando port, pero que pasa si necesitamos más de uno a la vez, solo se deberá sumar los números NP de los pines que se manipularán al mismo tiempo, por ejemplo; si queremos activar el data2 ,data4 y data6 debemos sumar $2+8+32=42$ que será el valor para NP; de igual forma para regresar los pines a un nivel L solo se deberá poner 0 (cero) en NP. Cabe mencionar que los pines que no se indique en el NP serán llevados a un nivel L si estaban en un nivel H.

Bien, hasta ahora sólo hemos visto la salida de datos, para la entrada se usa el mismo comando con ciertas variantes como veremos a continuación:

NP : = PORT[\$379]

Donde: port = comando
\$379 = dirección del puerto
NP = variable numérica.

La dirección \$379 es la estándar para datos de entrada en el puerto de la computadora (LPT1) , NP ahora adquiere un valor dado por el comando port, de la siguiente manera, según tabla (3):

TABLA (3). VALORES DE NP ENTRADA.

DATA NUM.	10	11	12
NP	A	B	C

El número de NP no esta definido, pues depende del controlador de impresora que este instalado al momento. Estos pines se encuentran normalmente en un nivel H por lo que se necesita pasarlos a un nivel L para poder sensorlos. Al igual que en la salida se da la combinación de los pines, en la entrada el valor que da NP puede ser la suma de $A+B+C$ o en sus combinaciones posibles por lo que se puede tener predeterminados las combinaciones y acciones a seguir.

Como hemos visto el comando port nos da el acceso directo a la manipulación de los pines de salida y entrada de un puerto (para este caso el LPT1), pero su control no es tan fácil como parece de hecho es bastante compleja. Lo que sigue es un ejemplo del código que usa el lenguaje de Turbo Pascal para control del comando.

```
PROGRAM PUERTOS;
  USES
    CRT;
  VAR
    NP,T,C: INTEGER; {declaración de variables}

  BEGIN
    CLRSCR;
    T:=300; {control velocidad, valor inicial}
    C:=1;   {comienzo de ciclo, valor inicial}

    REPEAT {comienza ciclo principal}

      CASE (C) OF {selecciona el valor de np}
        1: NP:=1;
        2: NP:=2;
        3: NP:=4;
        4: NP:=8;
        5: NP:=16;
        6: NP:=32;
        7: NP:=64;
        8: NP:=128;
      END;

      PORT[$378]:=NP; {activa el pin nivel H}
      DELAY(T); {retrasa el tiempo del programa}
      C := C+1; {incrementa el ciclo}
      UNTIL C>8; {si son mas de 8 ciclos detener}
      PORT[$378]:=0; {regresa los puertos a nivel L}

    END.

END.
```

Este código es para probar el puerto de salida, genera una secuencia de impulsos en cada uno de los pines , se inserta una instrucción llamada Delay(T) que nos ayuda a dar un intervalo de tiempo para poder detectar el impulso, debido a que la instrucción port mantiene el pulso después de haber pasado por él, se coloca al final del ciclo otro comando port con 0 (cero) en NP para llevar a un nivel L todos lo pines que estuvieran en un nivel H.

De forma muy similar es la entrada de datos con el comando port , para este caso la variable NP obtendrá el valor de port y mediante un algoritmo, se podrá comparar y determinar la acción a seguir, pues será información que recibirá de la interfaz y propiamente de los sensores infrarrojos que posee el mecanismo del robot y sus accesorios.

Operación del software "CONROB".

Conrob es el nombre que se le dio al software de control , como se mencionó antes consta de varios módulos como son programación, movimientos, ejecución y ayuda como se puede ver en la figura(22). Al ejecutar el sistema se inicia con una pantalla de presentación y al mismo tiempo de revisión de los archivos necesarios para el correcto funcionamiento del mismo, posteriormente se visualizará una ventana donde estará un menú principal.

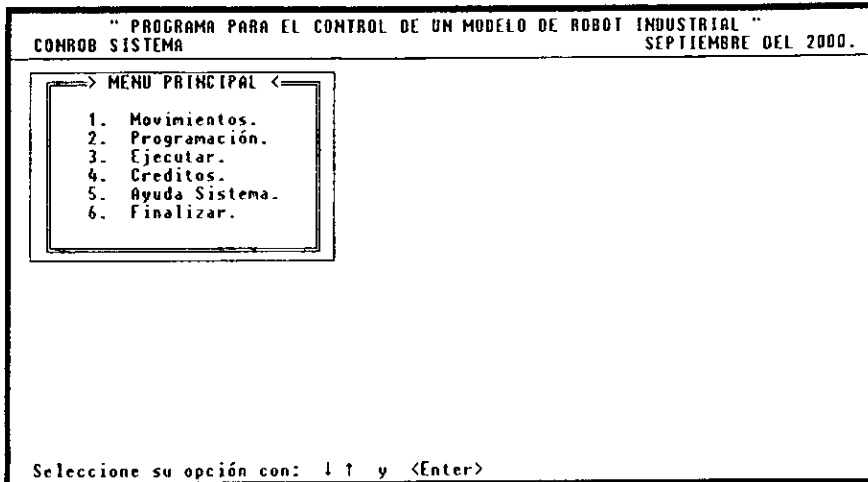


Figura (22). Menú principal.

MENU PRINCIPAL : Como se ve en la figura anterior las opciones dentro de este menú son las siguientes:

1. **MOVIMIENTOS:** Este se diseñó para poder mover al robot libremente con el teclado, también sirve para aprender los comandos de movimiento del robot.

2. **PROGRAMACION:** En este módulo se abre otra ventana en la cual podrás determinar dos tipos (programación Paso a Paso y Programación estructurada).

3. **EJECUTAR:** Esta opción se encarga de ejecutar los programas ya realizados en modo trabajo, o sea, cuando el robot se ponga a trabajar.

4. **CREDITOS:** Aquí se despliega información acerca de las personas involucradas en la creación de este sistema.

3) MENSAJES: En esta parte se despliegan mensajes de control o de error relacionados con el tipo de movimiento.

TECLAS DE FUNCIONES

<F1> AYUDA: (Ayuda textual) Esta opción es la que contiene las características del módulo, así como del modo de operación.

<F2> AG: (Ayuda Gráfica) Esta opción despliega un gráfico del robot y sus partes, como ayuda visual para los caracteres de control. Figura(24)

<F3> CV: (Cambio de Velocidad) Con esta opción se despliega una ventana donde podremos cambiar la velocidad de rotación o desplazamiento de las articulaciones y extensiones correspondientes. Figura(25)

<F4> CR: (Control Robot) Con esta tecla podremos desplazarnos entre los diferentes caracteres de control y seleccionar alguno.

<F5> RV: (Revisa Movimientos) Al oprimir esta tecla podremos visualizar todos los movimientos realizados.

<ESC> SALIR: Salida del sistema y de otras modalidades.

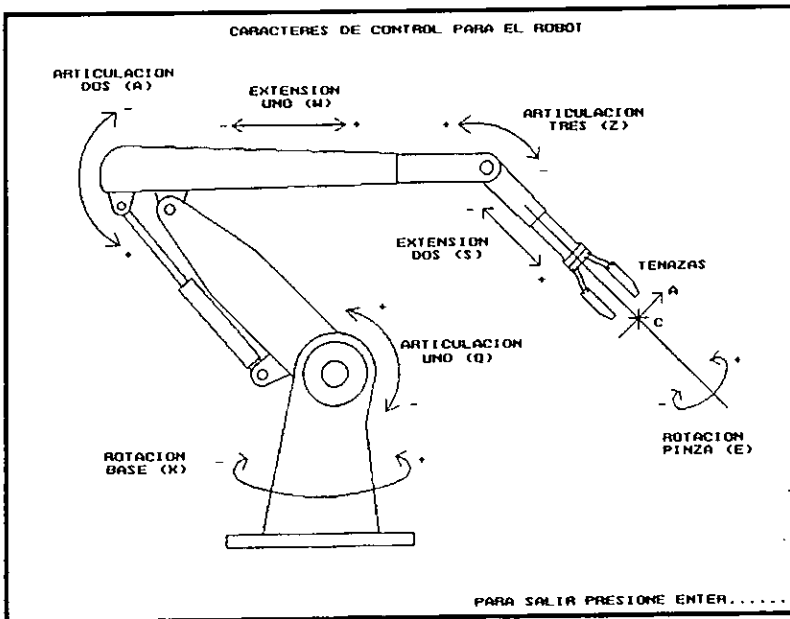


FIGURA (24). Ayuda gráfica del sistema.

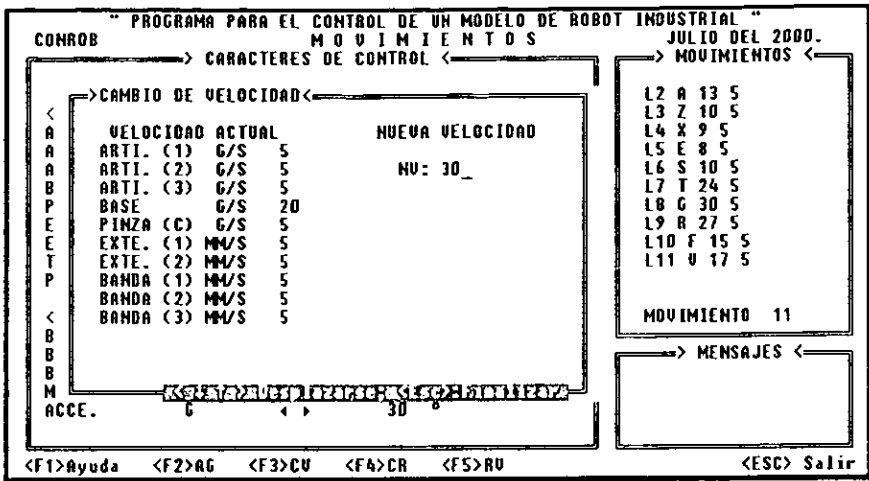


FIGURA (25). Cambio de velocidad.

MODO DE OPERACION

- Para comenzar a operar el sistema se debe verificar la velocidad de operación de las articulaciones y extensiones correspondientes. Para cambiarlas oprimir F3, en esta opción existen parámetros de mínima y máxima velocidad por lo que si se pasa de éstos, aparecerá un mensaje de error e inmediatamente después el cursor se posiciona para leer la nueva velocidad (No saldrá de esta modalidad hasta que se obtenga una velocidad permitida).
- Oprimir F4 para seleccionar el carácter de control deseado y oprimir Entrar.
- Oprimir la tecla de control secundario correspondiente al carácter.
- Existen dos tipos de operación para rotar las pinzas una de forma controlada [pinza(C)] y otra de forma No controlada [pinza(N)]:

PINZA (C):

En esta opción las pinzas se rotan n con un control de giro en grados (G), velocidad en grados por segundo (G/S) y sentido de giro. Esta opción NO funciona si las pinzas se encuentran rotando de modo No controlado (Para hacerla funcionar deber desactivar esta modalidad).

PINZA (N):

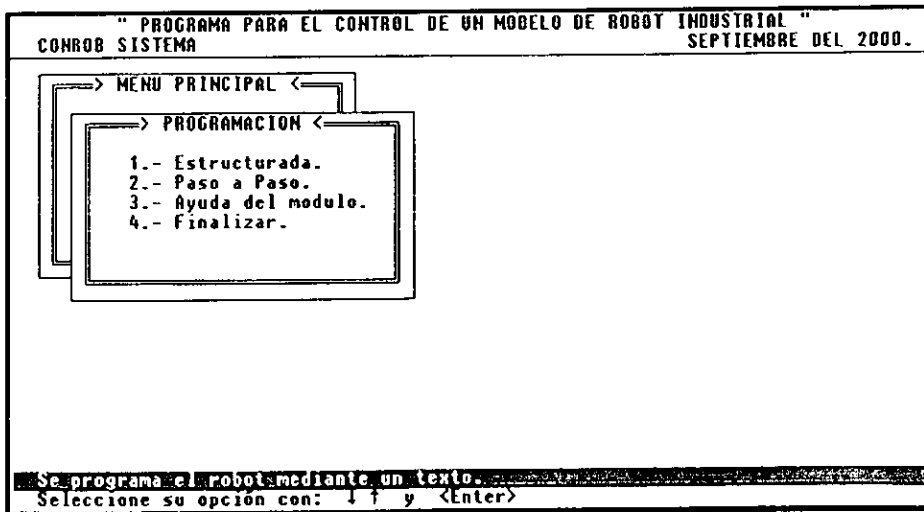
En esta modalidad las pinzas rotarán infinitamente hasta que se de la instrucción de apagado o de cambio de sentido de rotación. El control

esta limitado al sentido de rotación y apagado o encendido. El sentido de giro está dado en horario (H) y antihorario (A), el apagado se determina con la letra D.

- Para operar las tenazas existen dos caracteres Abrir (A) y Cerrar (C), pidiendo una confirmación de la acción. Esta opción NO funciona si las pinzas se encuentran rotando de modo No controlado.
- Para cancelar los comandos de operación de las pinzas y tenazas solo deber oprimir Entrar.

Programación.

En este módulo se encuentran dos tipos de formas de programar el robot. Según la figura siguiente:



FIGURA(26). Formas de programación.

1. ESTRUCTURADA: Esta forma se recomienda cuando se dominan los comandos de operación de las articulaciones del robot así como del formato de las líneas de códigos validas.

En esta opción se ejecuta el editor de MS-DOS para poder escribir el texto (líneas de códigos), por lo que no se tiene una ayuda directa en relación al sistema de programación.

2. PASO A PASO: Se recomienda utilizar esta forma de programación cuando apenas se comienza a conocer el robot y sus comandos. Aquí se puede mover al robot y al mismo tiempo grabar sus movimientos traducidos a un código. Este módulo cuenta con diversas funciones que le permitir un rápido aprendizaje para programar.

PROGRAMACION PASO A PASO

Esté módulo está diseñado para programar al robot, su manejo es muy similar al módulo de movimientos. Contiene las mismas ventanas de visualización de datos con otros aditamentos específicos para este módulo. La programación utilizada se basa en un código que indica los puntos que deber seguir el robot.

En este módulo se encuentran tres ventanas de visualización de datos como en el módulo de movimientos ya vistos antes.

TECLAS DE FUNCIONES

<F1> AYUDA: (Ayuda textual) Esta opción es la que contiene las características del módulo, así como del modo de operación.

<F2> AG: (Ayuda Gráfica) Esta opción despliega un gráfico del robot y sus partes, como ayuda visual para los caracteres de control. Figura (24)

<F3> CV: (Cambio de Velocidad) Con Esta opción se despliega una ventana donde podremos cambiar la velocidad de rotación o desplazamiento de las articulaciones y extensiones correspondiente. Figura(25)

<F4> CR: (Control Robot)Con Esta tecla podremos desplazarnos entre los diferentes caracteres de control y seleccionar alguno.

<F5> RV: (Revisa Movimientos) Al oprimir Esta tecla podremos visualizar todos los movimientos realizados.

<F6> MA: (Menú Archivo) Con Esta opción se despliega un menú para seleccionar un archivo de trabajo, o para revisar este mismo.

<F7> EA: (Edita Archivo) al oprimir esta función se abre el editor de MS-DOS con el cual podrás editar el archivo en forma de texto.

<ESC> SALIR: Salida del sistema y de otras modalidades.

MODO DE OPERACION

- Al entrar a este módulo la ventana de MA (Menú archivo) se activa para proporcionar el nombre de un archivo a crear o a editar, las demás funciones quedaran nulas, si eliges salir el módulo se cerrará automáticamente. Ver figura(27).

```

PROGRAMA PARA EL CONTROL DE UN MODELO DE ROBOT INDUSTRIAL
PROGRAMACION PASO A PASO
CONROB
  > CARACTERES DE CONTROL. PROYECTO: <
  > MOVIMIENTOS <
CONTROL CONTROL(2) POSICION VELOCIDAD
<ROBOT>
ARTI. (1)  Q      ▼▲      0 °      5      G/S
ARTI. (2)  A      ▼▲      0 °      5      G/S
ARTI. (3)  A      ▼▲      0 °      5      G/S
BASE      A      ▼▲      0 °      5      G/S
PINZA (C) A      ▼▲      0 °      5      G/S
EXTE. (1) M      ▲▼      0 °      5      MM/S
EXTE. (2) M      ▲▼      0 °      5      MM/S
TENZAAS  M      ▲▼      0 °      5      MM/S
PINZA (N) M      ▲▼      0 °      5      MM/S
<ACCESORIOS
BANDA(1)  F      ◀▶      0 MM      5      MM/S
BANDA(2)  U      ◀▶      0 MM      5      MM/S
BANDA(3)  T      ◀▶      0 °      5      MM/S
MESA      G      ◀▶      0 °
ACCE.     G      ◀▶      0 °
  > MENU ARCHIVO <
  NUEVO ARCHIVO.
  EDITAR ARCHIVO.
  EJECUTAR PAP.
  EJECUTAR.
  REVISAR CODIGO.
  SALIR.
MOVIMIENTO 0
  > MENSAJES <
<F1>Ayuda <F2>AG <F3>CU <F4>CR <F5>RV <F6>MA <F7>EA <ESC> Salir
  
```

Figura (27) . Inicio de programación.

- Si se trata de un nuevo archivo puedes empezar a programar directamente. Si editaras un archivo, una vez cargado, oprime <F6> y elige revisar código para seguir un rastreo de los movimientos antes realizados; si se detecta algún error de código, puedes utilizar <F7> para editar el código. Una vez que todos los códigos sean correctos debes ejecutar el programa con la opción ejecutar de la tecla <F7> para posicionar al robot en el último código válido.

Debe existir un espacio entre los componentes del código de lo contrario aparecerá error.

— Para el caso de las tenazas (abrir, cerrar y rotar) los códigos son:

L13 \$? 0

DONDE:

**\$=D ?=0 CERRAR
 ?=1 ABRIR**

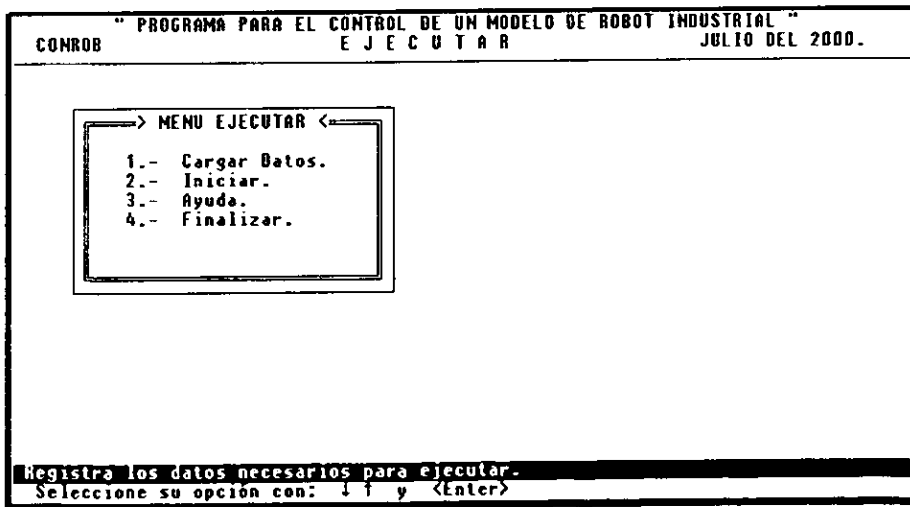
**\$=C ?=0 ROTAR HORARIO
 ?=1 ROTAR ANTIHORARIO
 ?=2 DETENER**

Cuando el sistema encuentra una D o C solo admitirá los valores de ? antes vistos; la velocidad se deberá marcar con 0 (cero) de lo contrario marcar error.

— Para el caso de la mesa y sus accesorios la velocidad siempre es fija de 5 G/S. Si se pone otra marcar error.

Ejecutar.

En este módulo aparece otra ventana con la que podrás elegir el módulo de cargar datos, necesario para poder ejecutar el programa deseado. Figura(29).

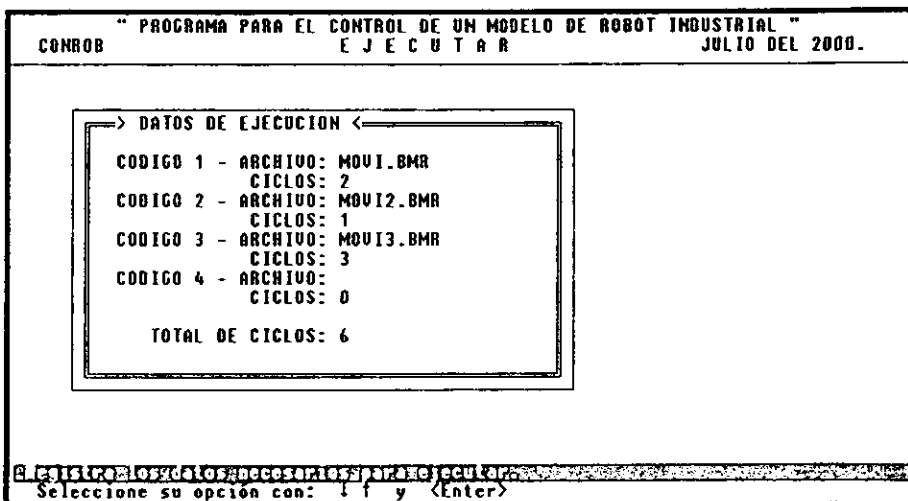


Figura(29) . Menú ejecutar.

Para comenzar a ejecutar este módulo se deben proporcionar los datos de los programas (nombres de archivo) con la opción, cargar datos, del menú activo.

Al entrar a esta opción deberá escribir el nombre del archivo que tiene el programa deseado (incluyendo extensión), posteriormente debe especificar el número de ciclos para ese programa; si pone un 0 (cero) en ciclo el programa quedará anulado a la hora de ejecutar.

Esté módulo puede cargar hasta 4 archivos diferentes, si vas a trabajar con menos programas, solo presiona ENTER en archivo y el número de ciclos se saltará. Si ya tienes el nombre de un archivo y quieres anularlo, escribe 0 (cero) en ciclos. Figura(30)



Figura(30). Cargar datos para ejecutar.

Una vez cargados los datos de ejecución podrás iniciar con esta opción (INICIAR). Para interrumpir el programa presiona ESC y selecciona la opción que se muestra en el recuadro.

Si el código tiene errores el programa se detendrá al momento de encontrar uno. Si el nombre del archivo no es correcto el programa de ejecución se detendrá para que puedas corregir el nombre con la opción cargar datos. Figura(31)

```
PROGRAMA PARA EL CONTROL DE UN MODELO DE ROBOT INDUSTRIAL
CONROB          E J E C U T A R          JULIO DEL 2000.

EJECUTANDO PROGRAMAS

CODIGO:1:          CICLO TOTAL
NOMBRE DE ARCHIVO: MOV1.BMR          2      2-6
CICLOS A REALIZAR: 2
CODIGO:2:
NOMBRE DE ARCHIVO: MOV12.BMR          2
CICLOS A REALIZAR: 3
CODIGO:3:
NOMBRE DE ARCHIVO: MOV13.BMR
CICLOS A REALIZAR: 1
CODIGO:4:
NOMBRE DE ARCHIVO:
CICLOS A REALIZAR: 0

EJECUTANDO: MOV12.BMR          COMANDO: L11 X 24 5
43.5 X
```

Seleccione su opción con: ↑ y <Enter>

Figura (31). Ejecución de programas.

Si sales del módulo de ejecutar deberás volver a cargar los datos de inicio, aun cuando estos sean los mismos.

Otros.

Para los créditos y ayuda sistema solo son ventanas de información que podrás consultar sin problemas, pues solo tendrás que desplazarte hacia arriba o hacia abajo según sea el caso y saldrás al oprimir ESC. Para finalizar la aplicación al seleccionar esta opción se abre una ventana que te indicará que se está cerrando el sistema.

Como se ha visto, la computadora juega un papel decisivo en el desarrollo del proyecto aun cuando sólo se adquirió. El desarrollo del software, por otro lado, nos llevó a conocer más a fondo el forma de programación y control de un sistema cualquiera.

El siguiente código es una muestra de lo complejo que puede llegar a ser este tipo de programas, se muestra solo el código del programa MOV.EXE el cual fue el primero que se desarrollo para el control del robot y en base a este se construyeron los demás programas que conforman el sistema.

PROGRAM MOVIMIENOS: {GODIGO FUENTE PARA PROGRAMA MOV.EXE}
{SN+}

USES
CRT.DOS.CODIGO;

CONST {Declaración de constantes}

```
ESC = #27;
ENT = #13;
FS = #72;
F1 = #80;
F1 = #59;
F2 = #60;
F3 = #61;
F4 = #62;
F5 = #63;
FDE = #77;
FIZ = #75;
```

VAR {Declaración de variables}

```
Y,X,A,L,N1,N12,MO,AC1,AC2,CX,CY,MOVI,MOVIZ,ERR,OPC,OPC1,OPC2,OPC3: INTEGER;
PIN,ESCR,COMO1,COMO2,ROTPIN,SENT: INTEGER; {variables de control}
G1,G2,G3,G4,G5,M1,M2: INTEGER; {variables posición}
V1,V2,V3,V4,V5,VM1,VM2: INTEGER; {variables velocidad}
LET1,LET2,LET3,LET4,CONF,CONF2,FLE: CHAR; {variables de control}
FL: Text;
NOMARCHIVO: String[12];
A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9: STRING[60];
```

```
FUNCTION FONDO: INTEGER;
BEGIN WINDOW(1,1,80,25);
TEXTCOLOR(15);TEXTBACKGROUND(14);CLRSCR;
GOTOXY(10,1);WRITE(" PROGRAMA PARA EL CONTROL DE UN MODELO DE ROBOT INDUSTRIAL ");
GOTOXY(3,2);WRITE('B.M.R. ');
GOTOXY(28,2);WRITE(' M O V I M I E N T O S ');
GOTOXY(62,2);WRITE('NOVIEMBRE DE 1999. ');
GOTOXY(2,25);WRITE('<F1>Ayuda <F2>AG <F3>CV <F4>CR <F5>RV           <ESC> Salir');
END;
```

```
FUNCTION VENTANA(X1,Y1,X2,Y2,CL,V: INTEGER):REAL;
BEGIN {Crea una sombra}
```

```
IF V=1 THEN BEGIN
WINDOW(X1+2,Y1+1,X2+3,Y2+1);
TEXTBACKGROUND(14);
TEXTCOLOR(7);
Y:=1; WHILE Y<=(Y2-Y1+1) DO
BEGIN X:=1;
WHILE X<=(X2-X1+1) DO
BEGIN GOTOXY(X,Y);write(°);X:=X+1
END; Y:=Y+1;
END;
END;
```

```
WINDOW(X1,Y1,X2,Y2); {Crea la ventana de trabajo}
TEXTBACKGROUND(CL);
TEXTCOLOR(15);CLRSCR;
```

```
A:=2; WHILE A<=(X2-X1) DO
BEGIN GOTOXY(A,1);WRITE('¡'); A:=A+1;
END; GOTOXY(A-1,1);WRITE('y');
```



```
A:=2; WHILE A<=(Y2-Y1) DO  
  BEGIN GOTOXY(X2-X1,A);WRITE(™); A:=A+1;  
  END; GOTOXY(X2-X1,A);WRITE('%');
```

```
A:=2; WHILE A<(X2-X1) DO  
  BEGIN GOTOXY(A,Y2-Y1+1);WRITE('I'); A:=A+1;  
  END; GOTOXY(2,Y2-Y1+1);WRITE('É');
```

```
A:=1; WHILE A<=(Y2-Y1) DO  
  BEGIN GOTOXY(2,A);WRITE(™); A:=A+1;  
  END; GOTOXY(2,1);WRITE('É');
```

END;

FUNCTION MENUS(ELEC,X1,Y1,X2,Y2,CL,T,CLL: INTEGER):INTEGER;

VAR

CUET2,CUET: INTEGER;

BEGIN

CUET2:=1;

REPEAT {Inicia ciclo de lectura}

WINDOW(X1+3,Y1+2,X2-3,Y2-1);

TEXTBACKGROUND(CL);TEXTCOLOR(15);CLRSCR;

IF T=1 THEN BEGIN {Escribe velocidad}

WINDOW(X1+21,Y1+2,X2-25,Y2-1);

WRITELN(V1);WRITELN(V2);

WRITELN(V3);WRITELN(V4);

WRITELN(V5);WRITELN(VM1);

WRITELN(VM2);

WINDOW(X1+3,Y1+2,X2-3,Y2-1);

END;

FOR CUET:=1 TO ELEC DO

BEGIN {Inicia ciclo de escritura}

IF CUET=CUET2 THEN TEXTBACKGROUND(CLL)

ELSE TEXTBACKGROUND(CL);

CASE CUET OF

1:WRITELN(A1);

2:WRITELN(A2);

3:WRITELN(A3);

4:WRITELN(A4);

5:WRITELN(A5);

6:WRITELN(A6);

7:WRITELN(A7);

8:WRITELN(A8);

9:WRITELN(A9);

END;

END;

FLE:=READKEY; {Lectura de la opción}

CASE FLE OF

FS: CUET2:= CUET2-1;

FI: CUET2:= CUET2+1;

ESC: BEGIN FLE:=ENT; CUET2:=-1; END;

END;

IF CUET2=0 THEN CUET2:=ELEC

ELSE IF CUET2>ELEC THEN CUET2:=1;

UNTIL FLE = #13 {Terminación ciclo de lectura}

MENUS:=CUET2;

END;

FUNCTION VELOCIDAD: INTEGER;

VAR

VEL: INTEGER;

BEGIN

VENTANA(5,5,55,18,14,0);

GOTOXY(4,1);WRITE(>CAMBIO DE VELOCIDAD<);

GOTOXY(6,3);WRITE('VELOCIDAD ACTUAL NUEVA VELOCIDAD');

TEXTBACKGROUND(15);TEXTCOLOR(0);

GOTOXY(11,14);WRITE(' < □ □ > Desplazarse; <Esc>:Finalizar ');

TEXTCOLOR(15);

A1:= ARTI. (1) G/S';

A2:= ARTI. (2) G/S';

A3:= ARTI. (3) G/S';

A4:= BASE G/S';

A5:= PINZA (C) G/S';

A6:= EXTE. (1) MM/S';

A7:= EXTE. (2) MM/S';

REPEAT

IF VEL<>0 THEN BEGIN

OPC:=MENSUS(7,5,6,55,18,14,1,11);

END;

VEL:=1;

TEXTBACKGROUND(14);

GOTOXY(30,OPC);WRITE('NV: ');

CASE (OPC) OF {DETERMINA VELOCIDAD PERMITIDA}

1 : BEGIN READ(V1); IF (V1<1) OR (V1>100) THEN VEL:=0;END;

2 : BEGIN READ(V2); IF (V2<1) OR (V2>100) THEN VEL:=0;END;

3 : BEGIN READ(V3); IF (V3<1) OR (V3>100) THEN VEL:=0;END;

4 : BEGIN READ(V4); IF (V4<1) OR (V4>100) THEN VEL:=0;END;

5 : BEGIN READ(V5); IF (V5<1) OR (V5>100) THEN VEL:=0;END;

6 : BEGIN READ(VM1);IF (VM1<1) OR (VM1>100) THEN VEL:=0;END;

7 : BEGIN READ(VM2);IF (VM2<1) OR (VM2>100) THEN VEL:=0;END;

END;

IF VEL=0 THEN BEGIN TEXTBACKGROUND(4);

GOTOXY(1,9);WRITE(' ERROR: VELOCIDAD NO PERMITIDA ');

END;

UNTIL OPC=-1;

END;

FUNCTION FONDO2 : INTEGER;

BEGIN

VENTANA(1,3,56,24,1,0);

TEXTBACKGROUND(11);

GOTOXY(17,1);WRITE(> CARACTERES DE CONTROL <);

TEXTBACKGROUND(1);

GOTOXY(4,3);WRITE(' CONTROL CONTROL (2) POSICION VELOCIDAD');

GOTOXY(4,5);WRITE('ARTI. (1) Q - 0 G/S');

GOTOXY(4,6);WRITE('ARTI. (2) A - 0 G/S');

GOTOXY(4,7);WRITE('ARTI. (3) Z - 0 G/S');

GOTOXY(4,8);WRITE('BASE X □ □ 0 G/S');

GOTOXY(4,9);WRITE('PINZA (C) E □ □ 0 G/S');

GOTOXY(4,10);WRITE('EXTE. (1) W □ □ MM MM/S');

GOTOXY(4,11);WRITE('EXTE. (2) S □ □ MM MM/S');

GOTOXY(4,12);WRITE('TENAZAS D A C');

GOTOXY(4,13);WRITE('PINZA (N) C R I');

GOTOXY(35,12);

IF PIN=1 THEN WRITE('ABIERTAS') ELSE WRITE('CERRADAS');

GOTOXY(35,13);

```
IF ROTPIN=1 THEN WRITE('INACTIVA') ELSE IF ROTPIN=2 THEN WRITE('ROTANDO H');  
IF ROTPIN=3 THEN WRITE('ROTANDO A');
```

```
GOTOXY(10,20);WRITE('*****');
```

```
WINDOW(46,7,49,13);  
WRITELN(V1);WRITELN(V2);WRITELN(V3);  
WRITELN(V4);WRITELN(V5);  
WRITELN(VM1);WRITE(VM2);
```

```
WINDOW(36,7,38,13);  
WRITELN(G1);WRITELN(G2);WRITELN(G3);  
WRITELN(G4);WRITELN(G5);  
WRITELN(M1);WRITE(M2);
```

```
WINDOW(1,3,56,24);
```

```
GOTOXY(19,5);
```

```
END;
```

```
FUNCTION FONDO4: INTEGER;
```

```
BEGIN
```

```
VENTANA(56,19,80,24,1,0);  
TEXTBACKGROUND(11);  
GOTOXY(8,1);WRITE(> MENSAJES <);  
TEXTBACKGROUND(1);
```

```
END;
```

```
FUNCTION LEER(TAM,VISU:INTEGER) : INTEGER;
```

```
VAR
```

```
EI,EF,LN: INTEGER;  
linea : STRING[60];
```

```
BEGIN
```

```
Assign(FL,NOMARCHIVO); {VERIFICA LA EXISTENCIA DEL ARCHIVO}
```

```
{S1-};
```

```
RESET(FL);
```

```
ERR:=IORResult;
```

```
{S1+};
```

```
IF ERR<>0 THEN BEGIN
```

```
VENTANA(17,12,50,15,4,0);GOTOXY(11,1);WRITE(> E R R O R <);
```

```
GOTOXY(5,2);WRITE('ERROR AL TRATAR DE LEER EL');
```

```
GOTOXY(5,3);WRITE('ARCHIVO: ',NOMARCHIVO);
```

```
FLE:=READKEY:FONDO2; EXIT;
```

```
END;
```

```
LN:=1; {LECTURA DEL TAMAÑO DEL ARCHIVO}
```

```
WHILE NOT EOF(FL) DO
```

```
BEGIN READLN(FL,LINEA); LN:=LN+1;END;
```

```
CLOSE(FL);
```

```
EI:=1;EF:=TAM;
```

```
REPEAT {CICLO DE VISUALIZACION DEL ARCHIVO}
```

```
CL.RSCR;
```

```
RESET(FL);
```

```
X:=1; WHILE X<=EF DO
```

```
BEGIN READLN(FL,LINEA);
```

```
IF X>=EI THEN WRITELN(LINEA);
```

```
X:=X+1;
```

```
END;
```

```
IF VISU=0 THEN FLE:=READKEY ELSE FLE:=FI;
```

```
CASE FLE OF
```

```
FS: BEGIN EI:=EI-1;EF:=EF-1;
```

```
IF EI<=0 THEN BEGIN EI:=1;EF:=EF+1; END;
END;
FI: BEGIN EI:=EI+1;EF:=EF+1;
IF EF>=LN THEN BEGIN EF:=LN;EI:=EI-1; END;
END;
END;
IF (EF=LN) AND (VISU=1) THEN FLE:=ESC;
UNTIL FLE = #27
CLOSE(FL);
END;
```

```
FUNCTION FONDO3(CLA: INTEGER): INTEGER;
BEGIN
```

```
    NOMARCHIVO:= 'MOVI.TMP'; {nombre de archivo para grabación}
```

```
IF CLA=2 THEN BEGIN
    ASSIGN(FL,NOMARCHIVO);
    REWRITE(FL);
    CLOSE(FL);
    END;
```

```
IF CLA=1 THEN BEGIN
    ASSIGN(FL,NOMARCHIVO);
    APPEND(FL);
    WRITELN(FL,'L.MOVI.''.LET4.''.COMO1);
    CLOSE(FL);
    END;
```

```
VENTANA(56,3,80,18,1,0);
TEXTBACKGROUND(11);
GOTOXY(6,1);WRITE(> MOVIMIENTOS <);
TEXTBACKGROUND(1);
GOTOXY(5,15);WRITE('MOVIMIENTO ',MOVI);
MOVI:=MOVI+1;
WINDOW(60,5,78,16);
```

```
LEER(10,1);
```

```
END;
```

```
BEGIN {COMIENZA PROGRAMA PRINCIPAL}
```

```
FONDO; FONDO3(2); FONDO4;
```

```
N1:=0; {INICIALIZACION DE VARIABLES}
```

```
LET:=ENT;
```

```
PIN:=1;
```

```
G1:=0;
```

```
G2:=0;
```

```
G3:=0;
```

```
G4:=0;
```

```
G5:=0;
```

```
M1:=0;
```

```
M2:=0;
```

```
V1:=5;
```

```
V2:=5;
```

```
V3:=5;
```

```
V4:=5;
```

```
V5:=5;
```

```
VM1:=5;
```

```
VM2:=5;
```

```
MOVI:=1;
MOV2:=0;
ROTPIN:=1;

FONDO2;

REPEAT {CICLO DE SALIDA}

REPEAT {CICLO DE PROGRAMA}

REPEAT {CICLO DE SELECCION PULSOS}

LET:=READKEY;
ESCR:=0;

IF (LET<>ESC) THEN BEGIN;

CASE(N1) OF {DETERMINAR CONTROL 2}
1..3: BEGIN LET:=READKEY;
CASE(LET) OF
FS: BEGIN OPC1:=AC1; LET2:=LET;SENT:=1;ESCR:=1; END;
FI: BEGIN OPC1:=AC2; LET2:=LET;SENT:=1;ESCR:=1; END;
ELSE N1:=-1;
END;

END;

4..7: BEGIN LET:=READKEY;
CASE(LET) OF
FDE: BEGIN OPC1:=AC1; LET2:=LET;SENT:=1;ESCR:=1; END;
FIZ: BEGIN OPC1:=AC2; LET2:=LET;SENT:=1;ESCR:=1; END;
ELSE N1:=-1;
END;
END;
END:{TERMINA CONTROL2}

IF (N1>0)AND(N1<10) THEN BEGIN
FONDO4;
GOTOXY(5,2);WRITE('ACTIVADO');
GOTOXY(5,3);WRITE('MODULO= ',MO);
GOTOXY(5,4);WRITELN('CODIGO= ',OPC1);
WINDOW(1,3,56,24);
END;

CASE(N1) OF
1: BEGIN COMO1:=G1;COMO2:=V1; END;
2: BEGIN COMO1:=G2;COMO2:=V2; END;
3: BEGIN COMO1:=G3;COMO2:=V3; END;
4: BEGIN COMO1:=G4;COMO2:=V4; END;
5: BEGIN COMO1:=G5;COMO2:=V5; END;
6: BEGIN COMO1:=M1;COMO2:=VM1; END;
7: BEGIN COMO1:=M2;COMO2:=VM2; END;
END;

IF (N1>0) AND (N1<8) THEN BEGIN

REPEAT {INICIA CICLO PULSOS}
COMO1:=COMO1+SENT;
GOTOXY(36,4+N1);WRITE(COMO1.' ');

PORT[5378]:=OPC1+MO;
DELAY(COMO2);
PORT[5378]:=0;
```

```
    DELAY(1);

    LET3:=READKEY;
    LET3:=READKEY;

    UNTIL LET3<>LET2;

END;

CASE(N1) OF {REGRESO DE GRADOS}
  1: BEGIN G1:=COMO1; END;
  2: BEGIN G2:=COMO1; END;
  3: BEGIN G3:=COMO1; END;
  4: BEGIN G4:=COMO1; END;
  5: BEGIN G5:=COMO1; END;
  6: BEGIN M1:=COMO1; END;
  7: BEGIN M2:=COMO1; END;
END;

IF (N1>7) AND (N1<10) THEN BEGIN

  CASE (CONF) OF
    'A': COMO1:=1;
    'C': COMO1:=0;
    'H': COMO1:=0;
    'D': COMO1:=2;
  END;
  ESCR:=1;
END;

IF (N1<>-1) AND (ESCR=1) THEN BEGIN
  CASE (OPC3) OF
    1: LET4:='Q';
    2: LET4:='A';
    3: LET4:='Z';
    4: LET4:='X';
    5: LET4:='E';
    6: LET4:='W';
    7: LET4:='S';
    8: LET4:='D';
    9: LET4:='C';
  END;

  FONDO3(1); END;

END;

UNTIL LET2<>LET; {TERMINA CICLO SELECCION PULSOS}

CASE(LET) OF

  ENT: BEGIN N1:=0; N12:=3; END;
  ESC: BEGIN N1:=0; N12:=3; END;

  F1 : BEGIN FONDO4;
        VENTANA(6,6,70,21,14,0);TEXTBACKGROUND(15);TEXTCOLOR(0);
        GOTOXY(25,16);WRITE(' < □ □ > Desplazarse; <Esc>:Finalizar ');
        TEXTBACKGROUND(14);TEXTCOLOR(15);
        GOTOXY(6,1);WRITELN(> AYUDA TEXTUAL <);
        WINDOW(9,8,68,20);
        NOMARCHIVO:='MOV.ADA';
        LEER(12,0);FONDO2;FONDO3(0);FONDO4;N1:=0;N12:=3;
        END;
```

```
F2 : BEGIN
    {SM 16384,0,0}
    EXEC('C:\COMMAND.COM', '/C GRAFICOS.EXE');
    FONDO:FONDO2:FONDO4;N1:=0;N12:=3;FONDO3(0);
    END;
```

```
F3: BEGIN FONDO4;VELOCIDAD:FONDO2;N1:=0;N12:=3; END;
```

```
F4: BEGIN FONDO4;
    A1:=' Q ';
    A2:=' A ';
    A3:=' Z ';
    A4:=' X ';
    A5:=' E ';
    A6:=' W ';
    A7:=' S ';
    A8:=' D ';
    A9:=' C ';
    OPC3:=MENUS(9,13,5,22,17,1,0,5);
    N1:=OPC3;
    END;
```

```
F5 : BEGIN FONDO4;

    WINDOW(57.5,60,16);
    TEXTBACKGROUND(11);
    GOTOXY(1,5);
    WRITELN(' ');
    WRITELN(' ');
    WRITELN(':');
    WRITELN(' ');
    TEXTBACKGROUND(1);
    WINDOW(60,5,78,16);
    NOMARCHIVO:='MOVI.TMP';
    LEER(10,0);
    FONDO4:N1:=0;N12:=3;
    END;
```

```
ELSE
    N1:=-1;
```

```
END; {TERMINA CASE (LET)}
```

```
IF N1>0 THEN
    BEGIN N12:=1;
```

```
    CASE (N1) OF
```

```
        5 : BEGIN IF ROTPIN<>1 THEN BEGIN FONDO4; {VERIFICAION}
                GOTOXY(9,3);WRITE('ROTANDO');
                GOTOXY(8,4);WRITE('PINZA (N)');
                FLE:=READKEY;N12:=3;
                END;
```

```
    END;
```

```
        8 : BEGIN FONDO4; {ABRIR Y CERRRAR TIENEZAS}
```

```
            IF ROTPIN=1 THEN BEGIN
```

```
                GOTOXY(4,3);WRITE('OPCION (A/C) : ');
                CONF:=READKEY; FONDO4;
```

```

CASE(CONF) OF
'A': BEGIN

    IF PIN=1 THEN BEGIN GOTOXY(9,3);WRITE('TENAZAS');
        GOTOXY(9,4);WRITE('ABIERTAS');
        N12:=2;FLE:=READKEY;N12:=3;N1:=5;
        END;

    IF PIN=2 THEN BEGIN GOTOXY(4,3);WRITE('CONFIRMA ABRIR');
        GOTOXY(4,4);WRITE('TENAZAS (S/N)? ');
        CONF2:=READKEY;
        IF CONF2='S' THEN BEGIN WINDOW(1,3,56,24);
            GOTOXY(35,12);WRITE('ABIERTAS');
            PIN:=1;
            END;
        IF CONF2='S'THEN BEGIN N12:=3;FONDO4;WINDOW(1,3,56,24); END;
        END;
    END;

'C': BEGIN

    IF PIN=2 THEN BEGIN GOTOXY(9,3);WRITE('TENAZAS');
        GOTOXY(9,4);WRITE('CERRADAS');
        N12:=2;FLE:=READKEY;N12:=3;N1:=5; END;

    IF PIN=1 THEN BEGIN GOTOXY(4,3);WRITE('CONFIRMA CERRAR');
        GOTOXY(4,4);WRITE('TENAZAS (S/N)? ');
        CONF2:=READKEY;
        IF CONF2='S' THEN BEGIN WINDOW(1,3,56,24);
            GOTOXY(35,12);WRITE('CERRADAS');
            PIN:=2;
            END;
        IF CONF2='S'THEN BEGIN N12:=3;FONDO4;WINDOW(1,3,56,24);END;
        END;
    END;
    ELSE N12:=3;
    END; {TERMINA CASE(CONF)}
    END{TERMINA ROT}
ELSE BEGIN GOTOXY(9,3);WRITE('PINZAS');
    GOTOXY(9,4);WRITE('ROTANDO');
    FLE:=READKEY;N12:=3;N1:=5;END;

END;{TERMINA OPC8}

9 : BEGIN FONDO4; {ROTAR PINZAS}

    IF ROTPIN<>1 THEN BEGIN
        GOTOXY(4,3);WRITE('ROTANDO (H/A/D): ');
        CONF:=READKEY;

        CASE(CONF) OF
'H': BEGIN IF ROTPIN=2 THEN BEGIN
                FONDO4;GOTOXY(9,3);N12:=3;N1:=5;
                WRITE('ROTANDO H'); FLE:=READKEY;
                END;
                G5:=0;
                ROTPIN:=2;FONDO2;
            END;
'A': BEGIN IF ROTPIN=3 THEN BEGIN
                FONDO4;GOTOXY(9,3);N12:=3;N1:=5;
                WRITE('ROTANDO A'); FLE:=READKEY;
            END;
        END;
    END;

```



```

                                END;
                                G5:=0;
                                ROTPIN:=3;FONDO2;
                                END;
                                'D': BEGIN ROTPIN:=1;FONDO2;ROTPIN:=0;END;
                                ELSE N12:=3;
                                END;
                                END;{TERMINA ROTPIN<0}
                                IF ROTPIN=1 THEN BEGIN
                                GOTOXY(4,3);WRITE('ROTAR (H/A): ');
                                CONF:=READKEY;
                                WINDOW(1,3,56,24);GOTOXY(35,13);
                                CASE(CONF) OF
                                'H': BEGIN WRITE('ROTANDO H');ROTPIN:=2;G5:=0;FONDO2;END;
                                'A': BEGIN WRITE('ROTANDO A');ROTPIN:=3;G5:=0;FONDO2;END;
                                ELSE N12:=3;
                                END;
                                END;{TERMINA ROTPIN=1}
                                IF ROTPIN=0 THEN ROTPIN:=1;
                                END; {TERMINA OPC=9}

                                END; {TERMINA CASE}

                                IF (N12=1) AND (N1>0) THEN BEGIN FONDO4;
                                MO:=MODULO(N1);
                                AC1:=ACTUADOR1(N1);
                                AC2:=ACTUADOR2(N1);
                                GOTOXY(4,2);WRITE('MOD = ',MO);
                                GOTOXY(4,3);WRITE('AC1 = ',AC1);
                                GOTOXY(4,4);WRITE('AC2 = ',AC2);
                                END;

                                IF (N12=3) AND (N1<0) THEN BEGIN FONDO4;
                                GOTOXY(9,3);WRITE('COMANDO');
                                GOTOXY(9,4);WRITE('ABORTADO');
                                N1:=30; END;

                                END; {TERMINA IF N>0}

                                IF N1=-1 THEN
                                BEGIN
                                FONDO4;
                                TEXTBACKGROUND(4);
                                GOTOXY(9,3);WRITE(' E R R O R ');
                                GOTOXY(4,4);WRITE(' CARACTER NO VALIDO ');
                                TEXTBACKGROUND(1);
                                WINDOW(1,3,56,24);
                                END;

                                UNTIL LET=ESC;

                                FONDO4;
                                GOTOXY(4,3);WRITE('CONFIRMA SALIR DE');
                                GOTOXY(4,4);WRITE('MOVIMIENTOS (S/N):');
                                CONF:=READKEY;
                                FONDO4;
                                WINDOW(1,3,56,24);

                                UNTIL CONF='S';

                                END. {FIN DE PROGRAMA}

```

4.2 Interfaz

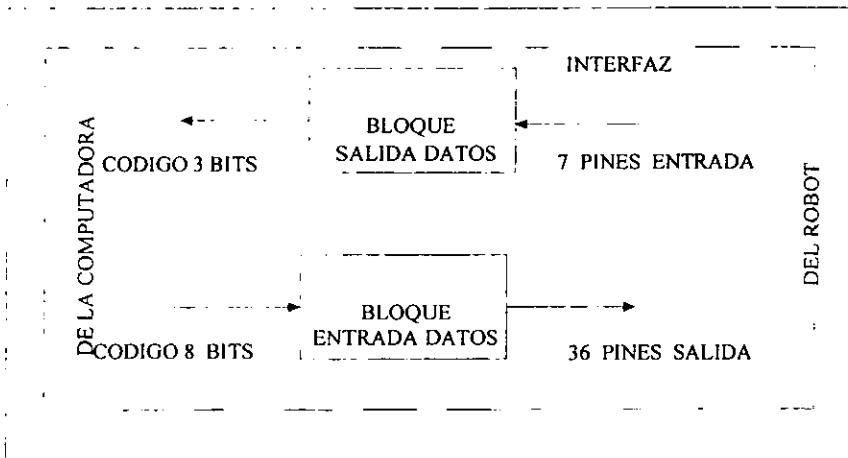
Generalidades.

La interfaz será el traductor entre la computadora y el robot, básicamente es un sistema electrónico que define caminos, mediante códigos que provienen de la computadora y posteriormente las pasa al mecanismo deseado. La necesidad de crear una interfaz surge debido al problema que tenemos con el puerto de impresora, pues como se vio antes, este sólo cuenta con ocho pines de salida y tres de entrada los cuales pueden ser activados en combinaciones creando códigos específicos para una determinada acción. Estos códigos los toma la interfaz y los transfiere a una salida específica, al mismo tiempo que recibe información del mecanismo mediante los sensores y los traduce a un código para pasarlos a la computadora.

Cabe mencionar que, en el diseño de las partes electrónicas, principalmente en su configuración de armado, se utilizó un sistema virtual de laboratorio electrónico en la PC llamado Electronics Workbench en su versión 4.0 creado por Interactivo Imagen Technologies LTD. El cual nos fue de mucha ayuda por su fácil manejo y su realidad con los circuitos físicos.

Estructura.

La interfaz se compone de dos partes principales una de entrada y otra de salida de acuerdo con la figura (32).



Figura(32). Secciones de la interfaz.

Como se puede apreciar en la figura anterior en el bloque de entrada de datos los ocho pines provenientes de la computadora se transforman en 36 de salida hacia el robot y en el caso del bloque de salida de datos los 7 pines de entrada se convierten en un código de 3 pines (bits).

En términos muy generales esta es la función principal de la interfaz, la decodificación y codificación de impulsos generados por una computadora y por el otro lado, los generados por un sensor.

Bloque entrada de datos.

Este bloque es el encargado de la decodificación de los ocho bits de entrada provenientes de la computadora, así como de la salida del impulso en el pin específico de los 36 existentes. Esto se logra sobre la base de circuitos electrónicos ensamblados en módulos teniendo cada uno de ellos funciones específicas como se puede apreciar en la figura (33).

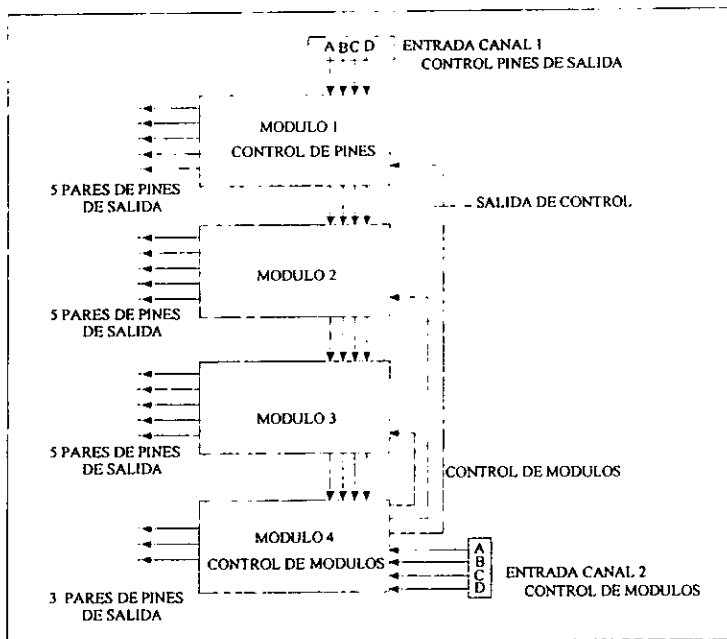


Figura (33). Esquema bloque entrada de datos.

Para explicar el funcionamiento de este bloque es necesario conocer antes el funcionamiento individual de los módulos que lo conforman.

Módulo 1 (control de pines).

Este módulo toma directamente el código generado por la computadora y lo transforma en una señal igual, pero propia de la interfaz con el objeto de proteger al sistema en caso de un corto circuito o sobre carga generada desde la interfaz hacia la computadora y viceversa. Este módulo se compone de tres tipos de circuitos integrados uno del tipo TTL (7442) y dos del tipo lineales (BA6209 y NTE3041).

Los circuitos integrados utilizados son fáciles de conseguir y su costo es muy económico, para este módulo se requieren de 10 circuitos los cuales se pueden ver en el diagrama siguiente de la figura (34).

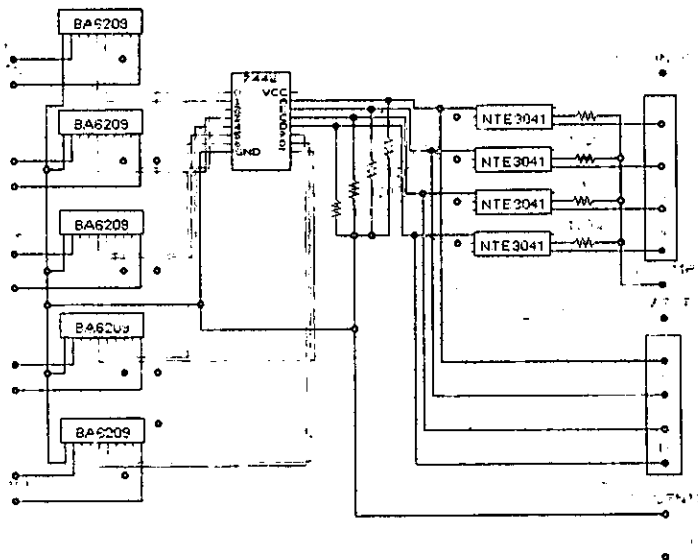


Figura (34). Diagrama módulo 1.

Para comenzar, explicaremos el funcionamiento de los circuitos involucrados en este módulo.

OPTOACOPLADOR NTE3041

El optoacoplador NTE3041 se encarga de proteger el sistema de cortos circuitos o sobrecargas generadas en la interfaz o en la PC, se compone básicamente de un sistema de led infrarrojo y un fototransistor de la siguiente manera según la figura (35).

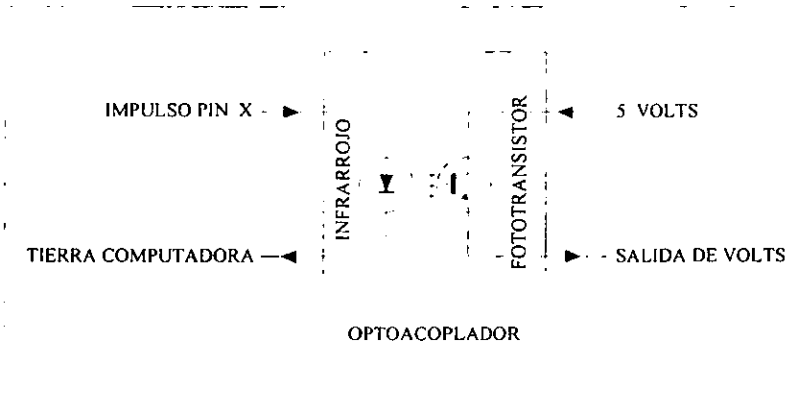


Figura (35). Optoacoplador

Como puede verse, el pin de la computadora está conectado a un led infrarrojo que al ser activado emite su luz al fototransistor y lo activa para que el pulso se repita, pero ahora desde la interfaz propia. En la siguiente figura se muestra como se conecta este circuito.

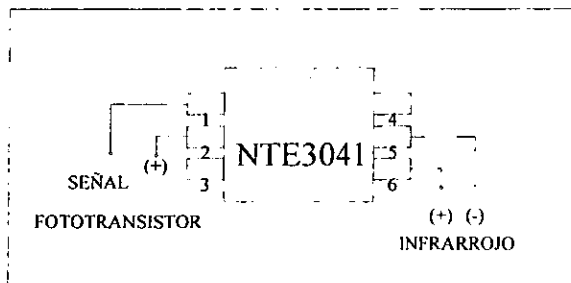


Figura (36). Optoacoplador NTE3041

DECODIFICADOR 7442

El decodificador 7442 es el encargado como lo dice su nombre de decodificar la señal proveniente de los optoacopladores, este circuito está limitado a un código de entrada de 4 bits y una salida de 10 pines, como hemos visto la computadora solo puede mandar señales en 8 pines, por lo que se decidió dividir estos en dos canales de 4 bits para su aprovechamiento, el decodificador funciona en base a la siguiente tabla de control.

TABLA (4). SEÑAL DEL DECODIFICADOR.

ENTRADA				SALIDA									
D	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	X	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

DONDE: L : Nivel bajo. (0 volts)
 H : Nivel alto. (5 volts)
 X : Cualquier nivel.

Sobre la base de esta tabla podemos definir el código requerido para hacer funcionar al circuito como lo necesitamos, la identificación de los pines se muestra en la figura (37).

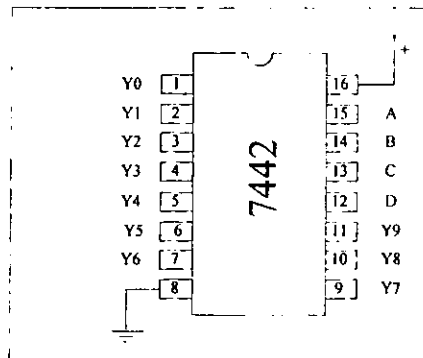
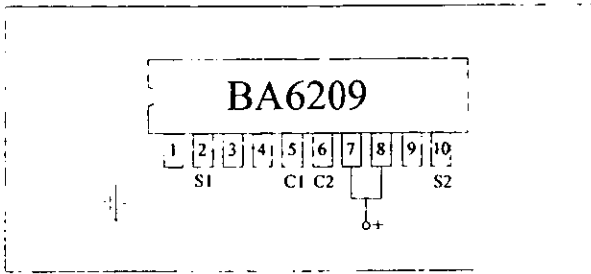


Figura (37). Decodificador 7442

DRIVER BA6209

Una vez que la señal ha sido decodificada ahora la mandaremos a un inversor de polaridad llamado driver BA6209, éste se encarga de invertir la polaridad de salida y al mismo tiempo amplificarla a 12 volts, pues como se ha visto la señal del decodificador es de 5 volts que no son suficientes para hacer funcionar a los mecanismos eléctricos. Ver figura (38).



Figura(38). Driver BA6209

El funcionamiento de este driver es sencillo, el voltaje de salida S1 y S2 son los que se conectan directamente a un dispositivo eléctrico, por ejemplo un motor, teniendo una salida de 12 volts la cual es tomada de los pines 1(tierra) y 7,8 (voltaje), la señal del decodificador entra con C1 Y C2 funcionando de la siguiente manera:

TABLA (5). SEÑAL DEL DRIVER.

ENTRADA (3.6 a 5) volts		SALIDA 12 volts	
C1	C2	S1	S2
L	L	L	L
L	H	H	L
H	L	L	H
H	H	L	L

DONDE: L : Nivel bajo.
H : Nivel alto.

Esto nos da la facilidad de encender, apagar y cambiar el sentido de giro de un motor, si no se manda una señal simplemente el motor estará apagado, al mandar una activará en un sentido específico y se apagará una vez retirada dicha señal. Así tenemos que el módulo 1 toma la señal de la computadora la protege mediante un optoacoplador, ésta es decodificada y posteriormente amplificada para su uso. Como se ve en el diagrama de la figura(34) la señal del optoacoplador se manda al decodificador del módulo y al mismo tiempo a los demás módulos, los cuales son controlados por otro arreglo electrónico del módulo 4.

Módulo 4 (control de módulos).

El módulo 4 como se ha mencionado se encarga del control de los demás módulos, como se ve en el diagrama de la figura(34) el decodificador no está conectado a una fuente de voltaje permanente, sino más bien a una fuente controlada. El módulo 4 recibe del canal 2 los restantes 4 bits de información que sirven para saber que módulo activar, cabe mencionar que cada bit controla un modulo; normalmente todos los módulos están desactivados puesto que el decodificador no tiene voltaje de alimentación, así que aún cuando la señal del canal 1 sea enviada a través de todos los módulos no habrá decodificación para activar pines. Ver figura (39).

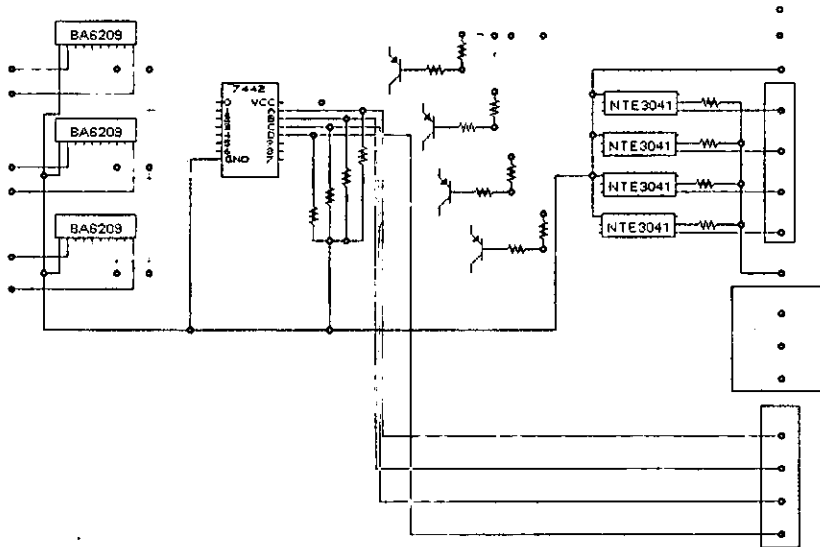


Figura (39). Diagrama módulo 4.

Como se puede ver el optoacoplador nuevamente toma la señal del canal 2 y la pasa a la interfaz, debido a que dicha señal proviene de un fototransistor como ya se ha visto anteriormente, no es suficiente para alimentar al decodificador, por tal motivo se usa un arreglo mediante transistores y resistencias que ayudan a amplificar la señal de salida lo suficiente para activar a los módulos. Cabe mencionar que en el modulo 1 los optoacopladores no usan un arreglo de transistores, por ellos se encargan de llevar una señal; que aunque sea débil el decodificador es capaz de reconocerla.

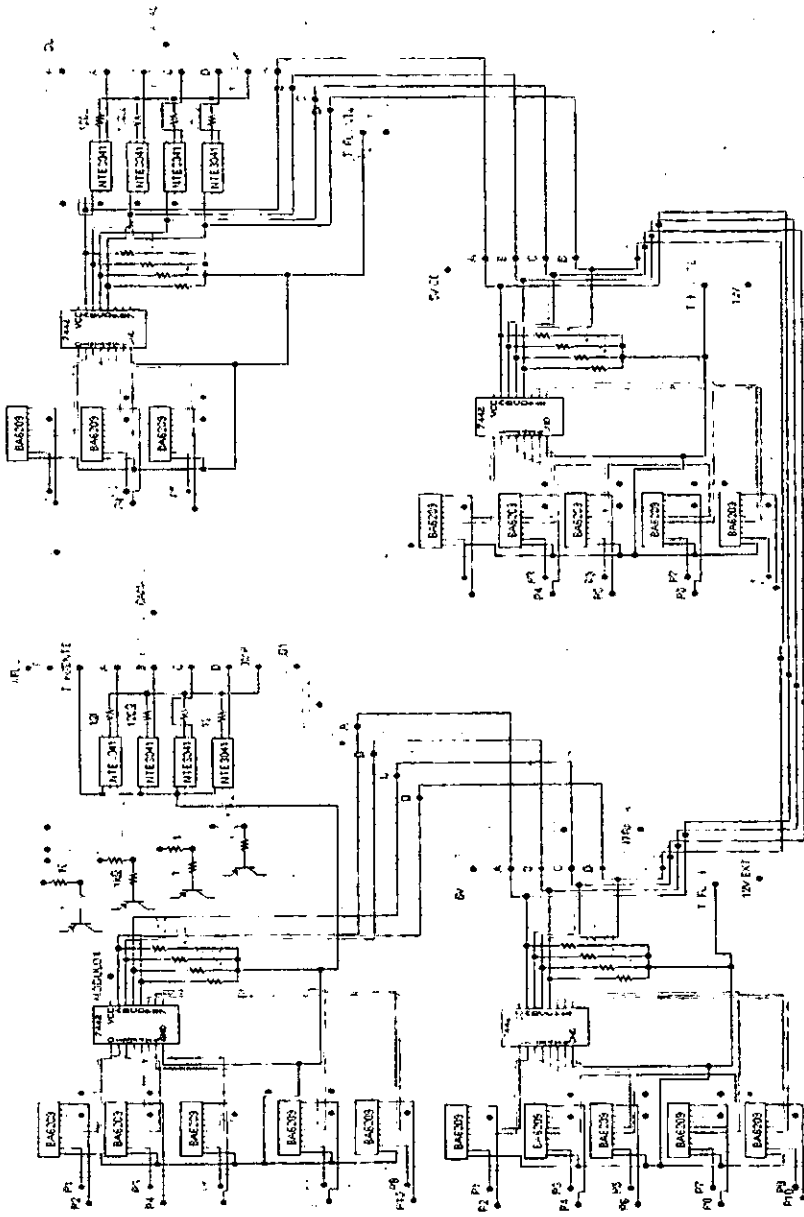
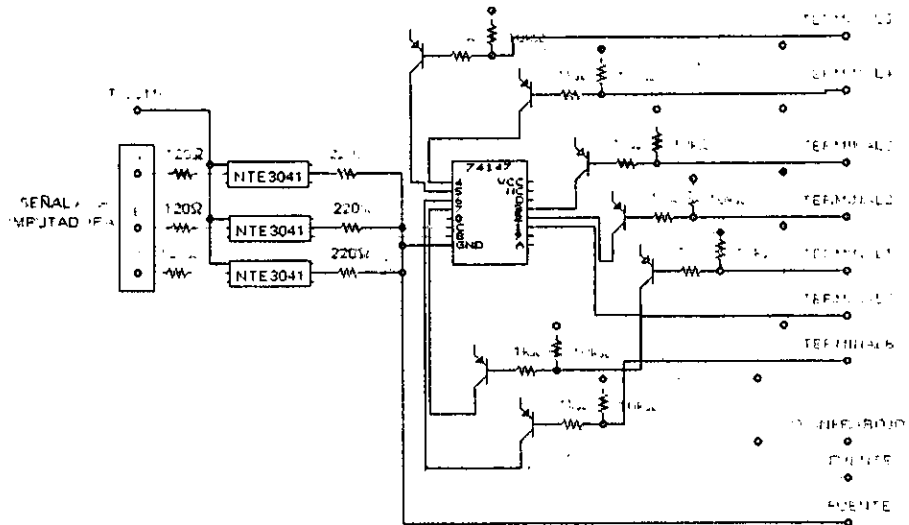


Fig.(41) Diagrama general de los cuatro bloques de entrada.

Bloque salida de datos.

Este bloque es mucho más sencillo que el de entrada, pues sólo cuenta con un módulo que es suficiente para hacer el sondeo de los sensores infrarrojos del sistema. Como se ve en el diagrama de la figura(42) se requieren de cuatro circuitos integrados, tres optoacopladores y un codificador de prioridad 74147.



Figura(42). Diagrama del bloque salida de datos.

La función del optoacoplador es igual que en el bloque de entrada de datos, por lo que su funcionamiento ya es conocido. En el diagrama se aprecia la conexión positiva (terminales) de los sensores y de los infrarrojos, cabe mencionar que esto se encuentran conectados en su otro extremo a la tierra de la fuente que los alimenta.

CODIFICADOR DE PRIORIDAD 74147.

La función del codificador de prioridad es igual que la del decodificador sólo que en forma contraria, ahora recibe pulsos de 9 pines distintos y los convierte a un código de 4 bits (para nuestro proyecto sólo utilizaremos 3 bits) su funcionamiento está dado en base a la tabla(6). Es importante destacar que la prioridad se basa en el número de pin que se active, normalmente todos están en un nivel alto, al pasar a un nivel bajo se activa; Por ejemplo, si está activado el pin 4 y de repente se activa el 8 se dará prioridad al de mayor número en éste caso al 8, y así sucesivamente sin importar, de acuerdo a la tabla, el nivel en el que se encuentren los demás pines con número menores.

TABLA (6). CODIFICACIÓN DEL 74147

SALIDA				ENTRADA								
D	C	B	A	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	H	L	X	X	X	X	X	X	X	X	L
L	H	H	H	X	X	X	X	X	X	X	L	H
H	L	L	L	X	X	X	X	X	X	L	H	H
H	L	L	H	X	X	X	X	X	L	H	H	H
H	L	H	L	X	X	X	X	L	H	H	H	H
H	L	H	H	X	X	X	L	H	H	H	H	H
H	H	L	L	X	X	L	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	X	L	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H

DONDE: L : Nivel bajo. (0 volts)
 H : Nivel alto. (5 volts)
 X : Cualquier nivel.

Como se menciona antes solo se usaron 3 bit de los cuatro que podían ser codificados; esto debido a que no se pudo controlar el pin 14 del puerto LPT1 como lo indica la tabla 1, con el comando port de pascal.

La identificación de los pines del codificador se muestra en la figura (43).

ESTA TESIS NO SALE
 DE LA BIBLIOTECA

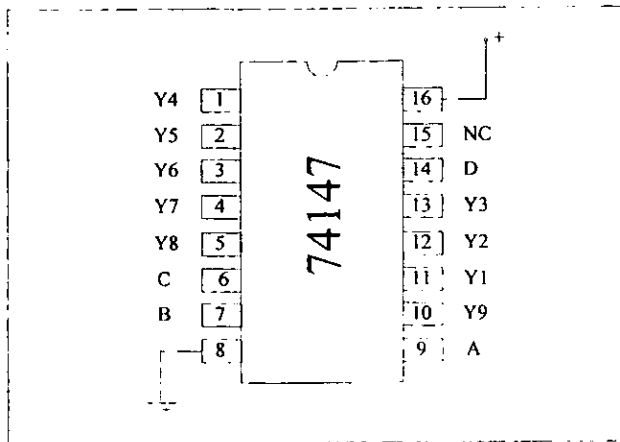


Figura (43). Codificador de prioridad 74147.

Sensores.

El grupo de sensores está conformado por dos tipos: el infrarrojo y el de contacto, siendo el infrarrojo el predominante. En el diagrama a bloques de la figura(32) se puede ver que salen 36 pines de la interfaz hacia el robot, pero solo entran 7 pines. Este arreglo surgió en base a la capacidad del codificador, sin embargo, se ideó un arreglo con los sensores capaces de aumentar la capacidad del codificador; para comenzar se posicionaron las terminales de la siguiente forma:

TABLA (7). ASIGNACIÓN DE LAS TERMINALES Y TIPO DE SENSOR.

No. Terminal	Función	Tipo
5, 6 y 7	Posicionamiento del robot	Infrarrojo
3 y 4	Posicionamiento de los accesorios	Infrarrojo
2	Cierre de pinzas	Contacto
1	Falta de presión de aire	Contacto

Las terminales 3 y 4 así como las 5,6 y 7 no serían suficientes para el control de todas las articulaciones del robot y de los accesorios, por lo que los sensores están conectados en paralelo con la terminal, manteniendo todos un nivel bajo en condiciones normales de funcionamiento. Ver figura (44).

Este sistema funciona muy similar al optoacoplador que utiliza este mismo arreglo. Para este caso, el infrarrojo se mantiene siempre encendido frente al fototransistor, pero con una barrera móvil entre ellos para evitar que este último se active.

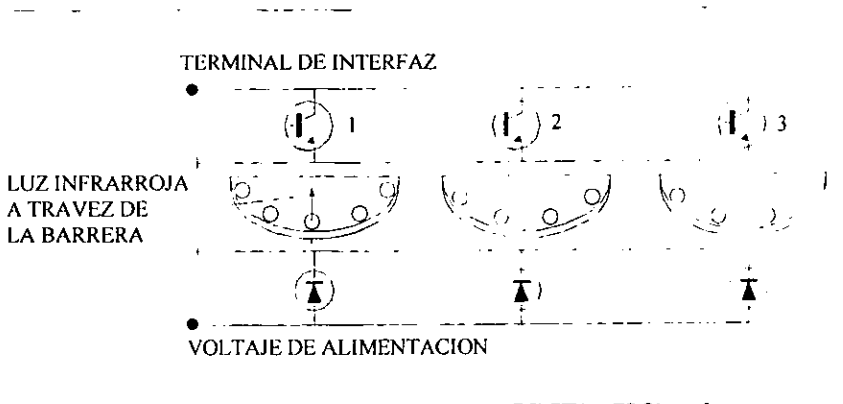


Figura (44). Arreglo de sensores.

La barreta móvil no es más que una rondana ranurada. En circunstancias de funcionamiento normal la barrera se encuentra siempre entre los dispositivos evitando la activación, cuando se requiera sensar el movimiento por lógica se encontrará moviéndose la barrera y activará el fototransistor al dejar pasar la luz infrarroja, posteriormente se volverá a colocar la barrera desactivando la señal dada, si esto sucede en un ciclo repetitivo se determinará que la articulación se encuentra en movimiento real.

El sistema cuenta con motores eléctricos y electroválvulas como medio motriz, para el caso del motor, funciona con corriente directa y constante, pero si se envió una serie de pulsos a cierta frecuencia se puede hacer funcionar de tal forma que parece constante el movimiento; para el caso de las electroválvulas también funcionan con un sistema de pulsos como se verá más a fondo en el siguiente tema, debido a esto podemos definir un número de pulsos para cada dispositivo.

Para ejemplificar lo anterior, supongamos que vamos a mover una articulación x , como se mencionó la barrera está entre el infrarrojo y el fototransistor, el dispositivo está calibrado para que con seis pulsos se mueva a la parte ranurada y pueda emitir una señal, por cada pulso que se da, el sistema verifica el estado del sensor; si antes de completar los seis pulsos se emite una señal, esto significa que existe un problema y si pasando los seis pulsos aun no emite la señal, también significa un problema; si por el contrario se envió la señal a los seis pulsos, todo está bien; ahora el proceso se repite, pero esperando que la señal desaparezca a los pulsos determinados, de no ser así se marcará error.

Por cada secuencia de emitir y dejar de emitir la señal se determina que la articulación se movió una unidad , esto se repite constantemente hasta completar las unidades de desplazamiento requeridas.

4.3.- Accionamiento de válvulas y motores.

Debido a que las válvulas son accionadas eléctricamente por medio de un electroimán, se requiere de un voltaje y amperaje mayor que no podrían ser suministrados directamente por el driver de control. Para solucionar esto se utilizaron reles de 12v con 2 switch uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, haciendo el arreglo que se ve en la figura (45) se logro el control sin problemas.

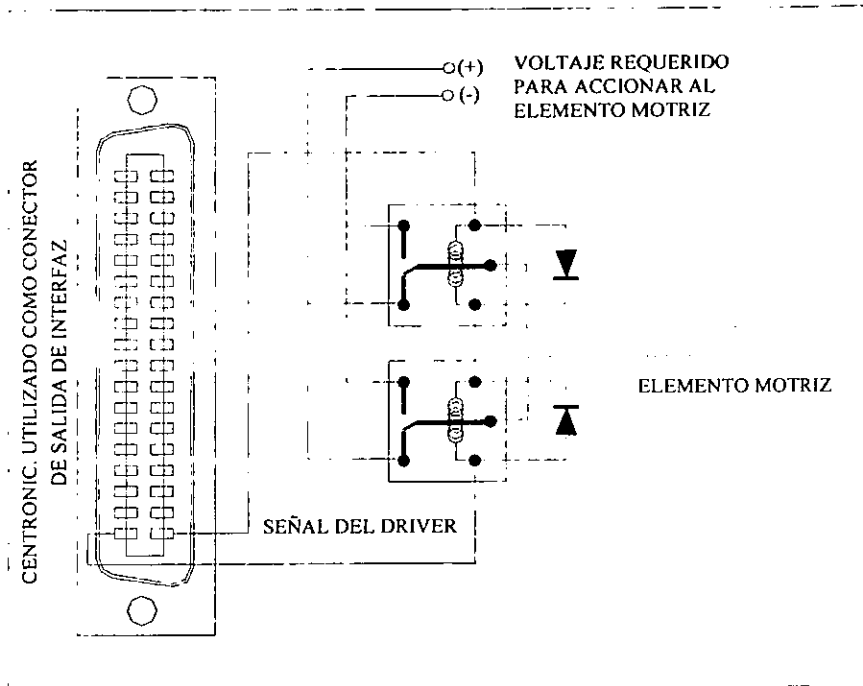
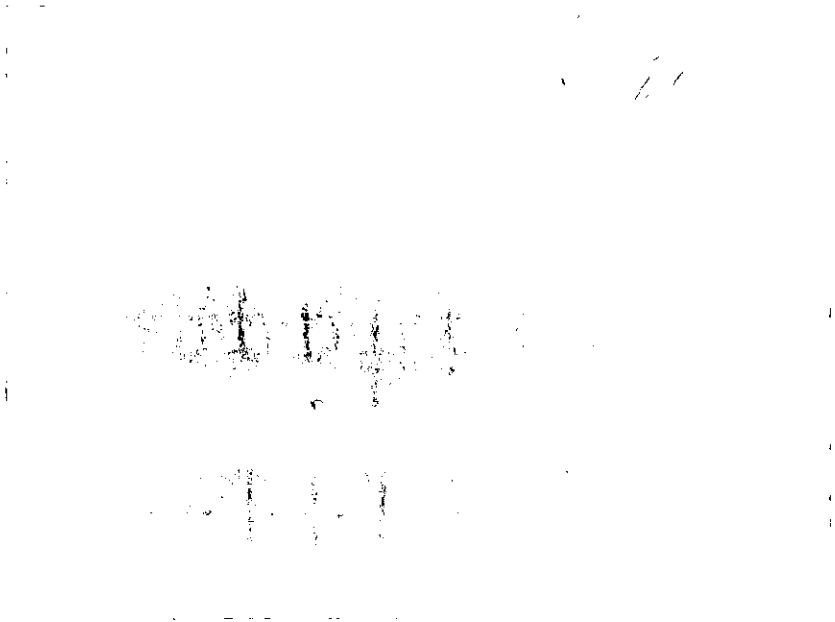


Figura (45). Sistema de accionamiento.

Los dos relevadores tienen la función de realizar el cambio de polaridad; que sirve para accionar, por ejemplo, el motor de la base del robot, que requería de un mayor voltaje.

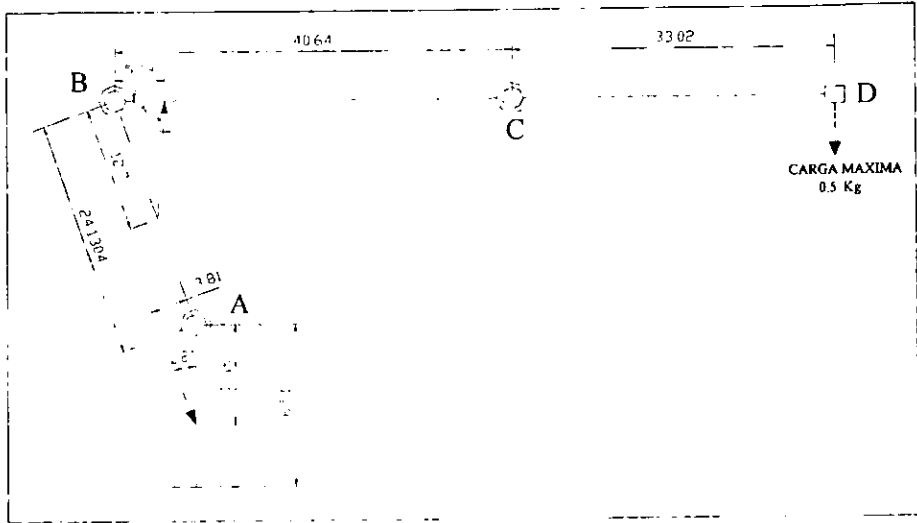
En la siguiente fotografía se aprecia el arreglo antes descrito.



fotografía 1. Sistema de accionamiento.

4.4.- Mecanismos

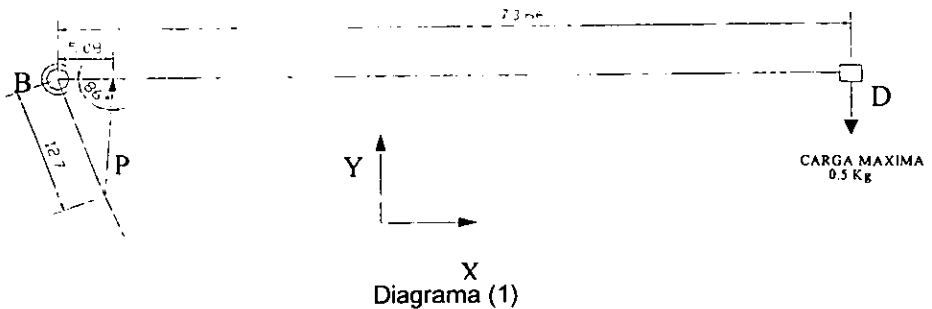
En este tema describiremos el diseño mecánico básico empleado para obtener las especificaciones de los diferentes elementos utilizados. La figura(46) es un diagrama de cuerpo libre del brazo robot en una posición donde se ejerce el mayor esfuerzo en los componentes y a su vez en donde se requiere de mayor potencia en los elementos motrices.



Figura(46). Diagrama de cuerpo libre del robot.

ANÁLISIS B-D

Esta posición se determinó pues es donde se ejerce el mayor momento en la articulación B, ahora analizaremos los esfuerzos que se ejercen del punto B al D.



Para comenzar descomponemos el vector P en su componente Py obteniendo:

$$P_y = \text{sen } 86^\circ \times P = 0.9975P$$

Ahora, sabemos que este cuerpo esta en equilibrio, por lo tanto, la suma de momentos en A es igual cero con lo que obtenemos:

$$\sum M_a = 0$$

$$(75.6\text{cm} \times 0.5\text{kg}) = (.9975P \times 5.08\text{cm})$$

$$P = 7.26 \text{ kg}$$

Como vemos el calculo anterior es la fuerza mínima que se requiere para mantener en equilibrio. En este proyecto se esta utilizando un tanque de aire comprimido que 80psi del cual podemos obtener una determinada fuerza.

$$80 \text{ lb/psi}^2 = 5.63 \text{ kg/cm}^2$$

Sabemos que la $P = F/A$ donde P=presión F=fuerza A= area

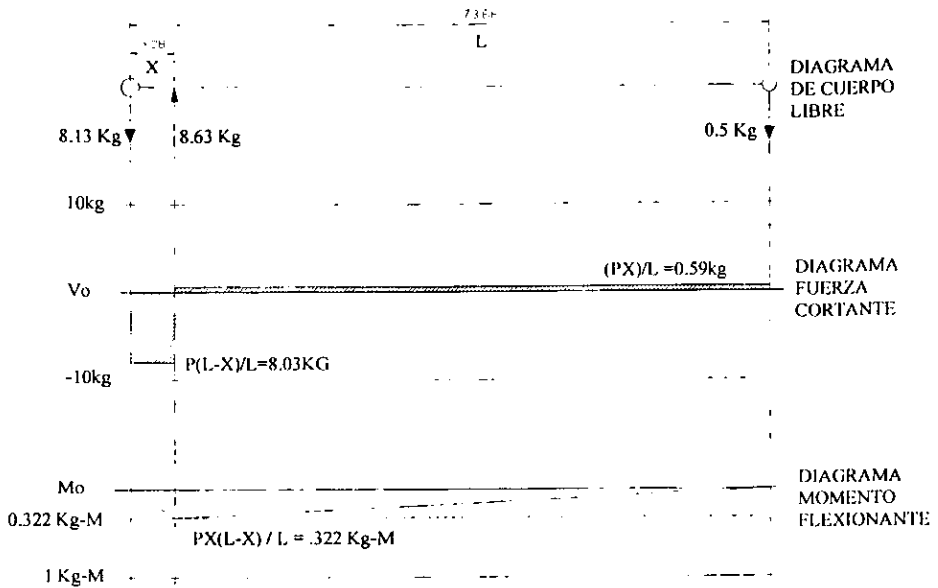
$$\text{Ahora } A = F/P \text{ de lo cual tenemos } A = \frac{7.26\text{kg}}{5.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1.28\text{cm}^2$$

El resultado anterior es el área mínima de una pistón neumático que necesitaríamos para este punto, como los pistones son cilindricos el diámetro mínimo, en base al resultado anterior, es 1.27cm , se encontró uno con 1.5cm dando un área de 1.534 cm² al aplicar la fórmula de presión obtenemos:

$$F = P \times A = (5.63 \text{ kg/cm}^2) (1.534 \text{ cm}^2) = 8.63 \text{ kg}$$

Dado que la fuerza es mayor a la requerida, es suficiente para levantar la carga de trabajo.

Ahora, analizáremos la estructura, en base a un estudio de fuerzas que actúan sobre el sistema , para esto veremos el diagrama 2.



Diagrama(2)

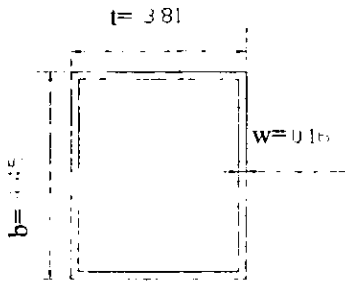
Una vez encontrado el momento flexionante máximo calculamos el esfuerzo máximo que se genera

De la formula
$$\sigma_{\max} = \frac{mC}{I}$$

Donde: σ = Esfuerzo máximo
 m = momento flexionante.
 C = centro geométrico
 I = momento de inercia.

El momento flexionante se determina del diagrama anterior ; el centro geométrico según el perfil que se aprecia es:

$$C = t / 2 = 3.81 / 2 = 1.905 \text{ cm}$$



Perfil de aluminio

De tablas se determina la formula para el momento de inercia de la figura que tiene el perfil, dando como resultado:

$$I = \frac{1}{12}bt^3 - \frac{1}{12}(t-2w)^3(b-2w)$$

$$I = \frac{1}{12}4.45cm(3.81cm)^3 - \frac{1}{12}(3.81cm - 2(0.16cm))^3(4.45cm - 2(0.16cm))$$

$$I = \frac{1}{12}(216cm^4) - \frac{1}{12}((3.99)^3(4.13cm^4))$$

$$I = \frac{1}{12}(246 - 175)cm^4$$

$$I = 14.63cm^4$$

Regresando a la formula de esfuerzo máximo:

$$\sigma_{\max} = \frac{(32.2kg - cm)(1.905cm)}{14cm^4}$$

$$\sigma_{\max} = 4.38 \frac{kg}{cm^2}$$

De tablas obtenemos que el esfuerzo de fluencia del aluminio forjado 6061T6 es de 2100 kg/cm².

Comparando el resultado anterior con el de las tablas no damos cuenta que estamos muy por debajo del limite de deformación.

Para el esfuerzo máximo de corte tenemos :

$$\tau = \frac{f}{a} = \frac{8.03kg}{(16.92cm^2 - 14cm^2)} = 2.72 \frac{kg}{cm^2} < \tau_{\max} = 1850 \frac{kg}{cm^2}$$

ANÁLISIS A-B

Esta posición se determinó pues es donde se ejerce el mayor momento en la articulación A, ahora analizaremos los esfuerzos que se ejercen del punto A al B.

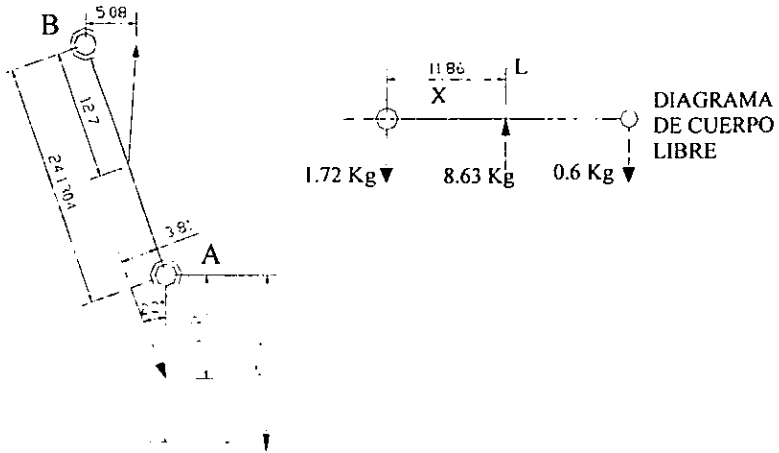


Diagrama (3)

Ahora, analizaremos la estructura, en base a un estudio de fuerzas que actúan sobre el sistema, para esto veremos el diagrama 3.

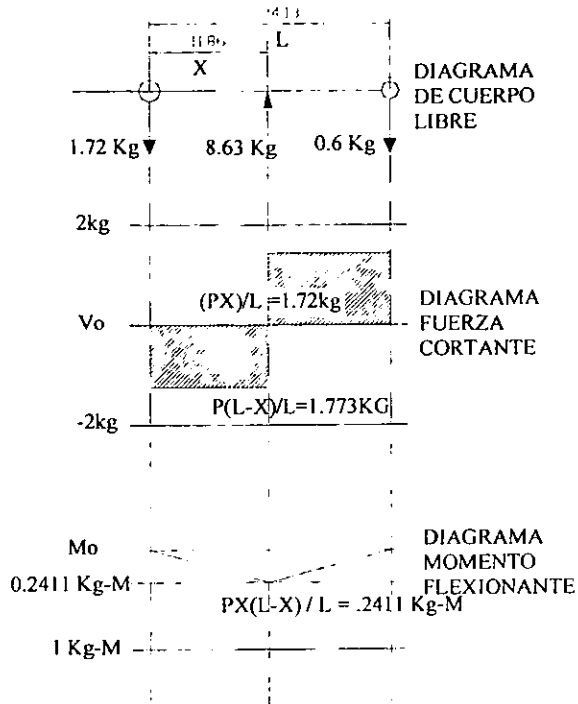


Diagrama (4)

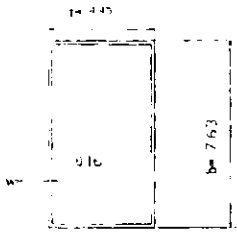
Una vez encontrado el momento flexionante máximo calculamos el esfuerzo máximo que se genera

De la formula
$$\sigma_{\max} = \frac{mC}{I}$$

Donde: σ = Esfuerzo máximo
 m = momento flexionante.
 C = centro geométrico
 I = momento de inercia.

El momento flexionante se determina del diagrama anterior ; el centro geométrico según el perfil que se aprecia es:

$$C = t / 2 = 4.45 / 2 = 2.225 \text{ cm}$$



Perfil de aluminio

De tablas se determina la formula para el momento de inercia de la figura que tiene el perfil, dando como resultado:

$$I = \frac{1}{12} bt^3 - \frac{1}{12} (t - 2w)^3 (b - 2w)$$

$$I = \frac{1}{12} 7.62cm(4.45cm)^3 - \frac{1}{12} (4.45cm - 2(0.16cm))^3 (7.62cm - 2(0.16cm))$$

$$I = (55 - 42.5)cm^4$$

$$I = 12.42cm^4$$

Regresando a la formula de esfuerzo máximo:

$$\sigma_{\max} = \frac{(24.12kg - cm)(2.25cm)}{12.42cm^4}$$

$$\sigma_{\max} = 4.31 \frac{kg}{cm^2}$$

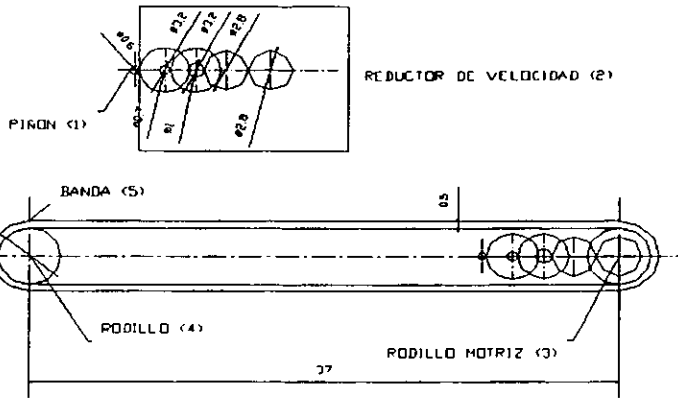
De tablas obtenemos que el esfuerzo de fluencia del aluminio forjado 6061T6 es de 2100 kg/cm².

Comparando el resultado anterior con el de las tablas no damos cuenta que estamos muy por debajo del limite de deformación.

Para el esfuerzo máximo de corte tenemos :

$$\tau = \frac{f}{a} = \frac{1.77kg}{(33.9cm^2 - 30.14cm^2)} = 0.49 \frac{kg}{cm^2} < \tau_{\max} = 1850 \frac{kg}{cm^2}$$

BANDA



N° DE ELEMENTO	ELEMENTO	FUNCION	CARACTERISTICAS
1	PIÑON DEL MOTOR X HP	FUERZA MOTRIZ	3 AMPERES DE CORRIENTE 5 V.C.D X RPM
2	REDUCTOR DE VELOCIDAD	REDUCIR LA VELOCIDAD ENTRE EL PIÑON Y EL RODILLO MOTRIZ	REDUCE LA VELOCIDAD DE X X ENGRANES RECTOS DE PLASTICO INYECTADO.
3	RODILLO MOTRIZ	ES EL ENCARGADO DE TRANSMITIR EL MOVIMIENTO, VELOCIDAD Y ACELERACION A LA BANDA TRANSPORTADORA	BASE X ENGRANE RECTO DE PLASTICO INYECTADO
4	RODILLO	ES NECESARIO PARA REALIZAR EL MOVIMIENTO CICLICO DE LA BANDA TRANSPORTADORA	BASE X
5	BANDA	ES EL MEDIO FISICO PARA TRASLADAR OBJETOS DE UNA POSICION RELATIVA A OTRA . (MOVIMIENTO RECTO)	PLASTICO SINTETICO DE 10 X 8

SECUENCIA DE DISEÑO

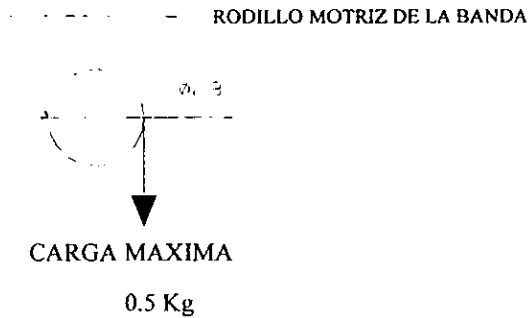
1	CARGA MAXIMA A MOVER	0.5 KG	
2	DETERMINACION DEL TIPO DE BANDA A UTILIZAR SEGUN EL TIPO DE CARGA		
3	DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS MAXIMOS PARA DETERMINAR EL TIPO DE ENGRANE	ECUACION DE LEWIS PARA ENGRANES	LAS ESPECIFICACIONES PARA UNA TRANSMISION MEDIANTE ENGRANES DEBEN INCLUIR : POTENCIA A SER TRANSMITIDA, VELOCIDAD DEL ENGRANE CONDUCTOR, VELOCIDAD DEL ENGRANE CONDUCCIDO.
4	VELOCIDAD MAXIMA, CON CARGA MAXIMA		
5	EN BASE A AL SELECCION ANTERIOR DETERMINAR EL TIPO DE REDUCTOR OBTENIENDO LA POTENCIA MAXIMA		
6	DETERMINACION DEL TIPO DE MOTOR		

ANÁLISIS DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA LA BANDA

Consideraciones máximas de diseño:

Velocidad de traslación de los objetos = 0.5 m/s

Carga máxima = 0.5 kg



$$M_{t_{\max}} = (0.5 \text{ kg})(1.4 \text{ cm}) = 0.7 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Potencia Requerida} = M_t * \text{rpm}$$

Rpm Requerida:

$$\text{rpm} = \frac{v}{\pi * D}$$

$$\text{rpm} = \frac{0.5 \text{ m/s} \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right) \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ m}} \right)}{\pi * (2.8 \text{ cm})}$$

$$\text{rpm} = 341$$

$$\text{Potencia - Requerida} = \frac{(341\text{rpm})(0.7\text{kg} - \text{cm})}{63000} \left(\frac{1\text{plg}}{2.54\text{cm}} \right) \left(\frac{1\text{lb}}{0.453\text{kg}} \right)$$

$$KW = 0.00245$$

$$W = 2.45$$

Potencia requerida 2.45 watts * F.S = factor de servicio

$$\text{Potencia Requerida} = 2.45 W * 1.75 = 4.28 W$$

$$\text{Potencia electrica} = 12 V * 0.5 A = 6 W > \text{Potencia Requerida}$$

CALCULO FUERZA MÁXIMA DE APRIETE PINZAS

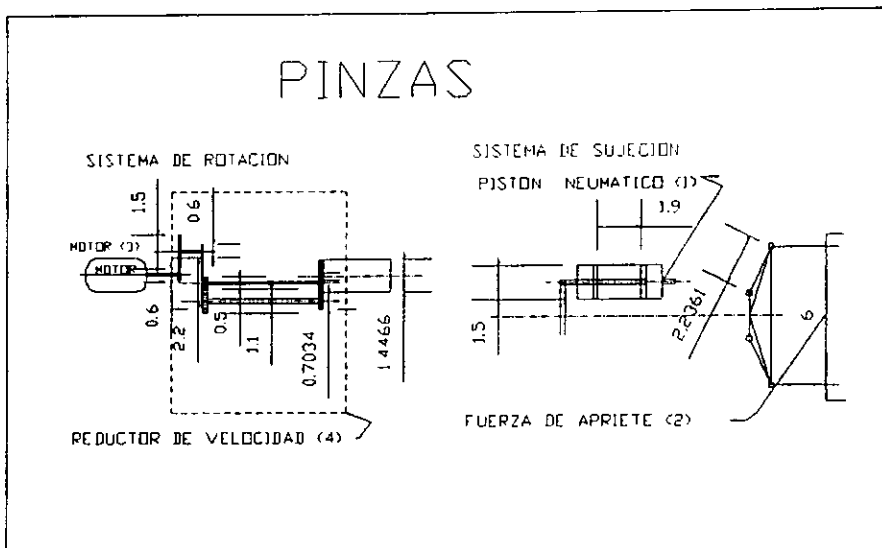


Diagrama (5)

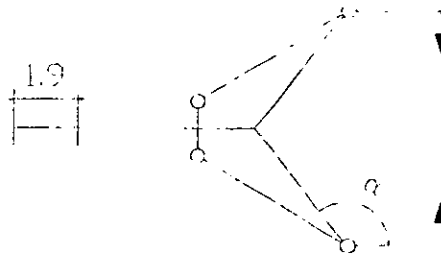
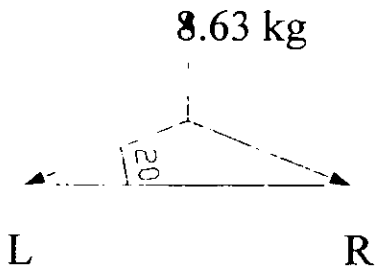


Diagrama (6)

Como se puede observar en el diagrama (6), la fuerza de apriete disminuye a medida que las pinzas se cierran.

A continuación analizaremos dos posiciones



P1
Diagrama (7)

$$\Sigma F_x = 0$$

$$Lx - Rx = 0$$

$$L \cos 20^\circ - R \cos 20^\circ = 0$$

$$L = R$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$8.63kg - Ly - Ry = 0$$

$$8.63kg - Lsen20^\circ - Rsen20^\circ = 0$$

$$como L = R$$

$$8.63kg - 2Lsen20^\circ = 0$$

$$8.63kg - L(0.68) = 0$$

$$L = \frac{8.63kg}{0.68}$$

$$L = 12.69kg = R$$

$$Lx = Rx = 11.92kg$$

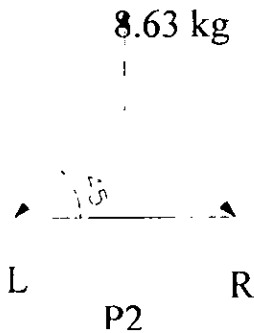


Diagrama (8)

$$\Sigma Fx = 0$$

$$Lx - Rx = 0$$

$$Lcos45^\circ - Rcos45^\circ = 0$$

$$L = R$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$8.63kg - Ly - Ry = 0$$

$$8.63kg - Lsen45^\circ - Rsen45^\circ = 0$$

$$como L = R$$

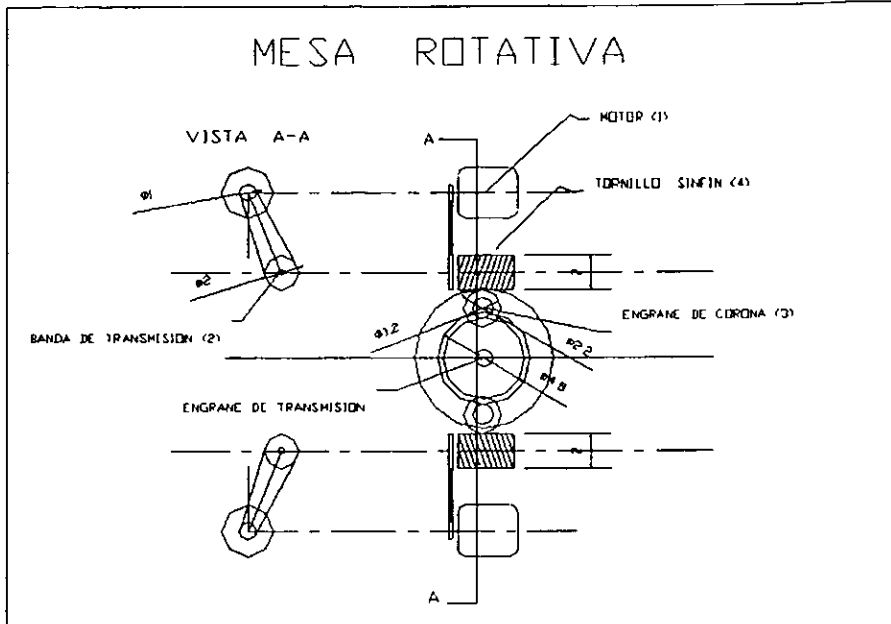
$$8.63kg - 2Lsen20^\circ = 0$$

$$8.63kg - L(1.41) = 0$$

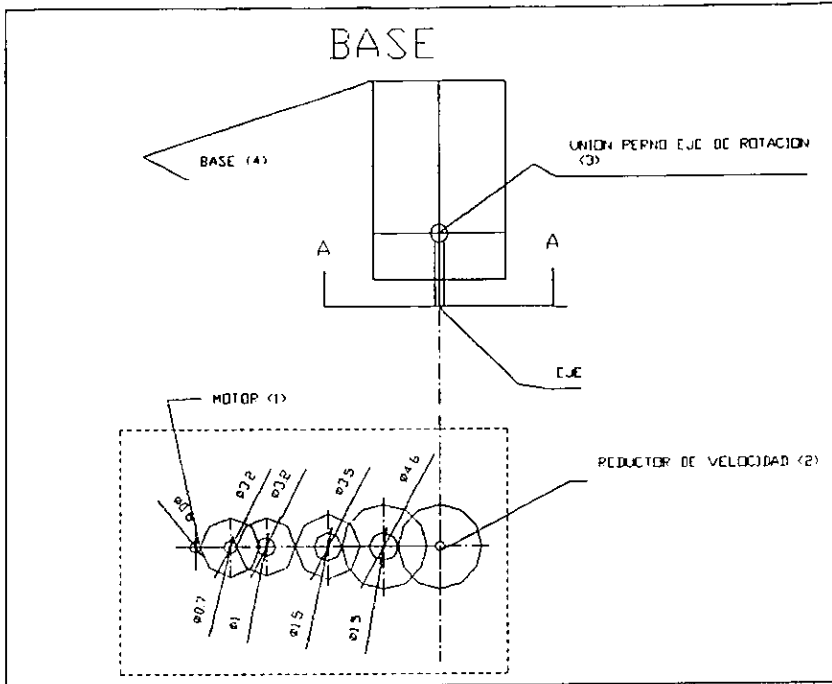
$$L = \frac{8.63kg}{1.41}$$

$$L = 6.12kg = R$$

$$Lx = Rx = 4.32kg$$

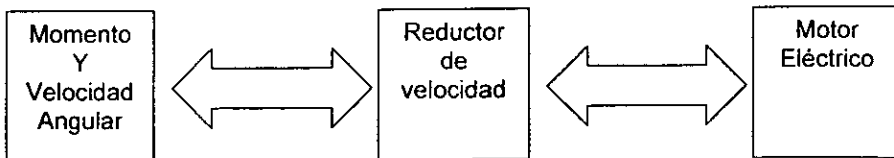


Nº DE ELEMENTO	ELEMENTO	FUNCION	CARACTERISTICAS
1	PIÑON DEL MOTOR X HP	FUERZA MOTRIZ	3 AMPERES DE CORRIENTE 5 V.C.D X RPM
2	BANDA DE TRANSMISION	TRANSMITIR VELOCIDAD Y CÓMO SEGURIDAD	TRANSMITE VELOCIDAD.
3	ENGRANE DE CORONA	ES EL ENCARGADO DE TRANSMITIR EL MOVIMIENTO, VELOCIDAD Y ACELERACION A LA BANDA TRANSPORTADORA	BASE X ENGRANE RECTO DE PLASTICO INYECTADO
4	TORNILLO SINFIN	ES NECESARIO PARA ABSORVER EL RUIDO QUE PUDIERA GENERAR UN ENGRANE RECTO, ADEMAS DE TRANSMITIR LA POTENCIA.	BASE X
5	ENGRANE TRANSMISOR	ESTA DIRECTAMENTE EN CONTACTO CON LA CORONA O BASE DE LA MESA ROTATIVA.	PLASTICO SINTETICO DE 10 X 8
SECUENCIA DE DISEÑO			
1	CARGA MAXIMA A MOVER	0.5 KG	
3	DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS MAXIMOS PARA DETERMINAR EL TIPO DE ENGRANE	ECUACION DE LEWIS PARA ENGRANES	LAS ESPECIFICACIONES PARA UNA TRANSMISION MEDIANTE ENGRANES DEBEN INCLUIR: POTENCIA A SER TRANSMITIDA, VELOCIDAD DEL ENGRANE CONDUCTOR, VELOCIDAD DEL ENGRANE CONDUCCIDO.
4	VELOCIDAD MAXIMA, CON CARGA MAXIMA		
5	EN BASE A AL SELECCIÓN ANTERIOR DETERMINAR EL TIPO DE REDUCTOR OBTENIENDO LA POTENCIA MAXIMA		
6	DETERMINACION DEL TIPO DE MOTOR		



Los cálculos para obtener la potencia requerida en la mesa rotativa, se pueden realizar de igual manera que la banda, observando que constan de tres partes principales, la potencia que se requiere para determinar características del mecanismo a la salida (velocidad lineal o angular, fuerza requerida).

Lógicamente para cada mecanismo es diferente el método para obtener la fuerza y el momento de torsión requerido, además de la velocidad de rotación, una vez conociendo estos parámetros la selección de los demás elementos es sencilla .

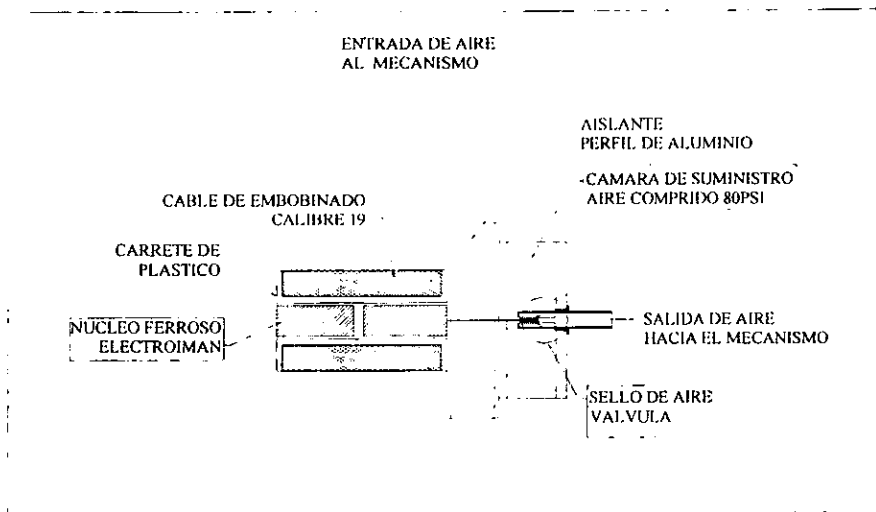


4.5.- Válvulas

El sistema de válvulas es la parte que permite el paso y cierre de aire comprimido de un depósito hacia un pistón neumático específico de acuerdo a la información de la PC. Este sistema incorpora un dispositivo eléctrico-electrónico que es el responsable abrir y cerrar válvulas. El sistema se divide en dos principales ramas una de entrada y otra de salida.

Entrada de aire al sistema.

En esta parte, como ya se menciona, se encargara de suministrar aire comprimido a una presión de 80psi a los diversos pines neumáticos que tiene el robot. El sistema se compone de tres partes principales válvulas, depósito de aire y electroimán como se puede apreciar en la figura(46).

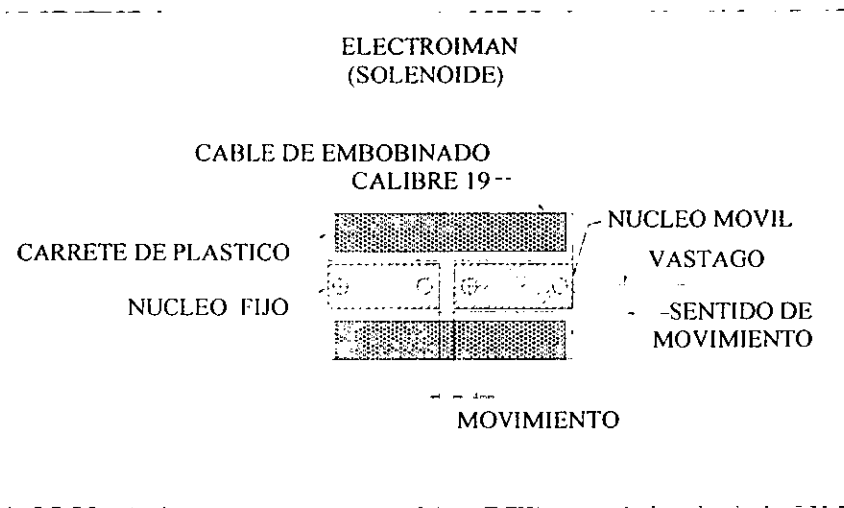


Figura(46). Diagrama del sistema de válvulas

Válvulas: Básicamente es un sello que se encarga de abrir el paso del aire al sistema, este sello se logra por medio de una válvula y pívote de llanta de autos la cual requiere de un empuje en un vástago para que pueda abrir.

Deposito de aire: Aquí es donde se encuentra el aire a una presión de 80psi de acuerdo con el dibujo anterior este se encuentra soportando a las válvulas para darle suministro de aire.

Electroimán : Básicamente es un solenoide que se encarga de mover el sello de la válvula mediante el paso de corriente eléctrica (24 Volts , 3 ampers) a través de un embobinado que genera un campo magnético alrededor de un núcleo de ferroso magnetizándolo para darle movimiento al mismo, de la siguiente forma; el núcleo esta dividió en dos partes una móvil y otra fija separados entre si por aproximadamente 4 mm , como los dos se encuentran en el interior del mismo embobinado se magnetizan con polos (+) y (-) en un mismo sentido al encontrarse estos polos opuestos se genera una atracción que proporciona movimiento a uno de los núcleos y este a su vez a un vástago que moverá el sello de la válvula. Ver figura(47).

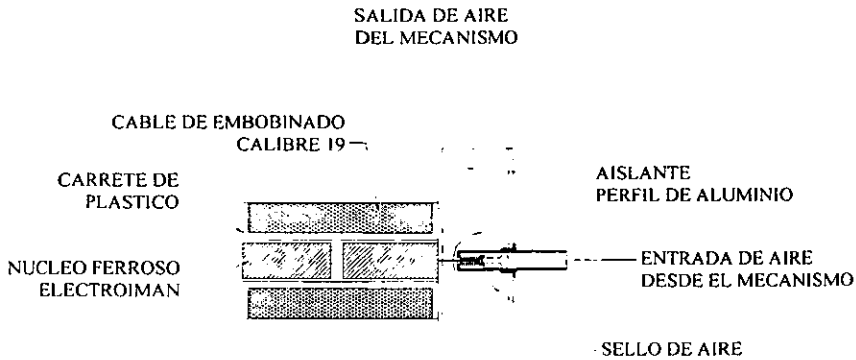


Figura(47). Funcionamiento de la válvula

El sistema de válvulas como lo hemos llamado básicamente se compone de una serie de arreglos (válvulas, deposito, electroimán) que se moverán de acuerdo a al información que incorpore la computadora.

Salida de aire del sistema

Este sistema es la parte que libera la presión en un dispositivo neumático específico esto se logra a través de otra válvula movida por un electroimán (solenoides) como se puede ver en la figura(48).



Figura(48). Salida de aire del sistema.

El sistema de funcionamiento es igual que en el anterior solo que esta vez se necesita únicamente la válvula y el electroimán para funcionar. La liberación de presión se logra mediante una unión con una T en la manguera de salida.

De esta manera hacemos un cambio de control y potencia ya que de un impulso eléctrico tenemos como resultado una cierta cantidad de aire comprimido en el sistema. Cabe mencionar que el sistema funciona de igual forma que en los motores eléctricos; esto es que, el electroimán recibirá una serie de pulsos que se transformaran en una cierta cantidad de aire en un dispositivo para moverlo, de igual forma otro solenoide se accionara para descargar al presión y hacer que el dispositivo se mueva en sentido opuesto.

5 CONCLUSIONES

Se logro el desarrollo del robot con un bajo costo debido a la utilización de materiales de reciclaje, utilizando el ingenio se realizo el acondicionamiento, adaptación y funcionamiento de piezas como: motores eléctricos, engranes, pistones neumáticos , perfiles estructurales, entre otros.

Se desarrollo una interfaz electrónica utilizando circuitos integrados estándares del tipo TTL y lineales que son fáciles de conseguir, adaptar y entender su funcionamiento. Como se ha descrito anteriormente en esta tesis.

Se consiguió el desarrollo de un software que incorpora diversas funciones con las cuales se programa y controla el robot.

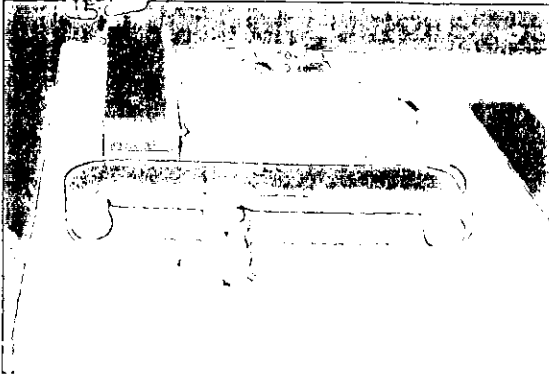
La construcción del proyecto fue hecha en un 80% a mano, lo cual nos trajo algunos problemas con los parámetros de operación del los mecanismos, pero no por ello se pierden los objetivos planteados.

La información que se describe en esta tesis, deberá servir para que el lector tenga una visión de lo que es un robot así como de todo lo que lo rodea, aun cuando este no tenga conocimientos de este tema.

La maqueta desarrollada en este proyecto muestra solo una pequeña parte de lo que en realidad es un sistema de automatización, esperando les de un panorama del mismo.

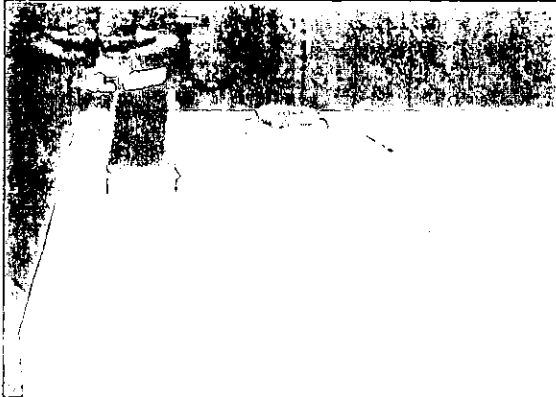
6 FOTOGRAFIAS DEL PROYECTO.

Por ultimo mostraremos fotografías de la construcción del proyecto.



FOTOGRAFIA 1

**MUESTRA EL
MECANISMO QUE MUEVE
LAS BANDAS.**

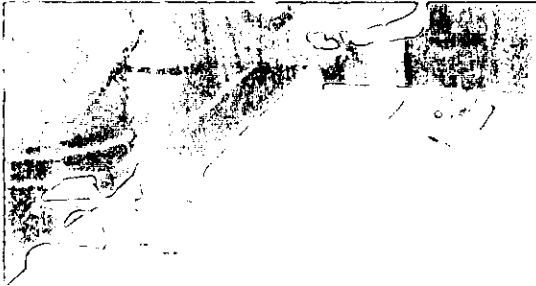


FOTOGRAFIA 2

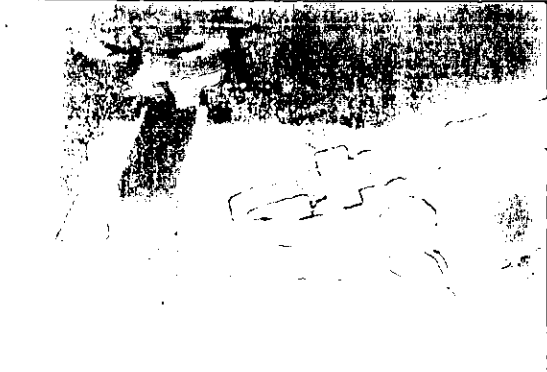
**ARTICULACIÓN 2 Y
MECANISMO DE LA
EXTENSIÓN 1**



FOTOGRAFIA 3
MUESTRA LA BASE Y EL
MACANISMO PARA
ACCIONAR LA
ARTICULACIÓN 1



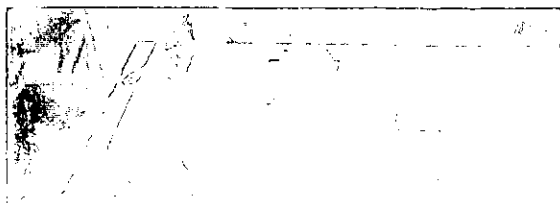
FOTOGRAFIA 4
ARTICULACIÓN 3 Y
MECANISMO PARA
ROTACIÓN Y CIERRE DE
PINZAS



FOTOGRAFIA 5
MUESTRA PRUEBA DE
CIERRE DE PINZAS

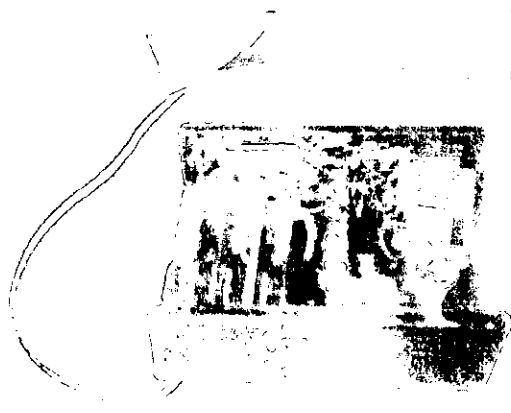


FOTOGRAFIA 6
MUESTRA ACCESORIOS
DEL SISMETA.



FOTOGRAFIA 7

**MUESTRA TODAS LAS
PARTES DEL PROYECTO
EN CONTRUCCION.**

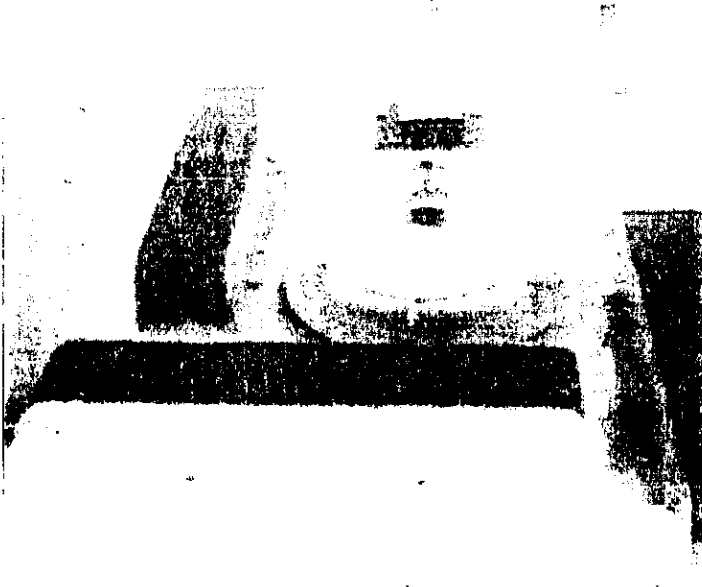


FOTOGRAFIA 8

**INTERFAZ
ELECTRONICA**



FOTOGRAFIA 9
VISTA DE PRENSA EN LA
MESA ROTATORIA



FOTOGRAFIA
10
VISTA
COMPLETA
DEL
PROYECTO
TERMINADO

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- "ROBOTICA PRACTICA", Tecnología y Aplicaciones
José María Angulo Uriostegui
Editorial Paraninfo
Cuarta Edición
- "COMO Y CUANDO APLICAR UN ROBOT INDUSTRIAL"
Daniel Auri Pera
Editorial Marcambo
España 1988.
- "SENSORES Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES"
Ramon Pallas Areny
Editorial Marcambo
1994
- "EL GRAN LIBRO DE HP-DESKJET"
Ralf Gotze
Editorial Marcambo
1994
- "TABLAS DE EQUIVALENCIAS"
Edgar Gassner
Editorial Alfaomega
1995
- "CIRCUITOS ELÉCTRICOS", Introducción al análisis y diseño.
Richar C. Dorf
Editorial Alfaomega
Segunda edición.
- Revista "SABER ELECTRÓNICA"
Numeros 98 Y 99
Edición Mexicana.
1998

