



**UNIVERSIDAD LASALLISTA
BENAVENTE**



ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

Con los estudios incorporados a la Universidad
Nacional Autónoma de México
CLAVE: 8793-16

“RECONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE RECTIFICADO DE EXTERIORES”

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

Presenta:

HÉCTOR DAVID SIMENTAL OCEGUERA

Asesor: Ing. Anselmo Ramírez González

Celaya, Gto.

Enero 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mi Familia

A mi Esposa:

L.E.P. Emilia Gutiérrez Guerra

A mis Padres:

L.A.E. Oscar Simental Beaven

Lic. en Psicología Aída Ocegüera Ramos

A mis Hermanos:

L.C.C. Sergio Simental Ocegüera

L.E.P. Karla Simental Ocegüera

Oceanóloga Lourdes Simental Ocegüera

A mis Compañeros y amigos:

Ing. Luisa Belmonte J.

Ing. José Luis Camargo O.

A mis Amigos:

José Antonio, Enrique, Jorge Jesús, Carlos, Ezequiel, Benito, Jorge, Mario, Federico, Edgar, Alejandro, Roque, Ernesto, Tony, Jaime.

A mis Profesores:

Ing. Anselmo Ramírez, Ing. Noé Vela, Ing. Antonio Martínez e Ing. Miguel Ángel Jamaica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Introducción	2
1.2	Antecedentes del problema	3
1.3	Justificación	3
1.4	Objetivo específico	4
1.5	Alcance	4
1.6	Limitaciones	5

CAPÍTULO II TREMEC

2.1	Qué es tremec	7
2.2	Antecedentes generales de la empresa	8
2.3	Perfil general de tremec	9
2.3.1	Misión	10
2.3.2	Visión	10
2.3.3	Valores	10
2.3.4	Política de calidad	11
2.3.5	Política ambiental	11
2.4	Campo de desarrollo nacional	11
2.5	Proceso general de producción	12
2.6	Productos y aplicaciones	13
2.7	Localización del área	15
2.8	Característicos del área	16

CAPÍTULO III AUTOMATIZACIÓN O RETROFIT

3.1	Marco teórico	20
-----	---------------	----

3.2 Los robots “las nuevas tecnologías de automa_	
tización industrial” sistemas cad-cam	25
3.2.1 Máquinas herramientas automatizadas	25
3.3 Definición de robot	26
3.3.1 Aplicaciones	28
3. 4 Robótica y automatización	30
3.4.1 Tipos de automatización industrial	30
3.5 Robótica industrial	31
3.5.1 Clasificación de los robots industriales	33
3.5.2 Tipos de configuraciones para robots industriales	34
3.5.3 Sistemas de impulsión de los robots industriales	39
3.5.4 Análisis de la necesidad de un robot	40
3.6 Control numérico	44
3.6.1 Definición de control numérico	45
3.6.2 Clasificación de los controles numéricos	46
3.6.3 Control numérico computarizado (cnc)	50
3.6.4 Control numérico en la ingeniería industrial	54
3.6.5 Ámbito de aplicación del control numérico	55
3.6.6 Ventajas del control numérico	56
3.6.7 Clasificación de los sistemas de control número	56
3.6.8 Arquitectura general de un control número	58
3.7 Controlador lógico programable (plc)	63
3.7.1 Funcionamiento de un plc	64
3.7.2 Ventajas de los plc's respecto a la alternativa convencional.	65

3.7.3 Lenguaje de programación de un plc	69
--	----

CAPÍTULO IV FICHA TECNICA DE LA MAQUINA RECTIFICADORA WARNER SWASEY G996

4.1 Descripción de la máquina	73
4.2 Especificaciones	74
4.3 Figura de la maquina y diagramas eléctricos de la máquina	74
4.4 Componentes de la rectificadora	77
4.5 Componentes electrónicos	80
4.5.1 Sistema de servos	80
4.5.2 Especificaciones	80
4.5.3 Encoder	80
4.5.4 Descripción de la tarjeta del cpu no. 1806, slot 0	81
4.5.5 Descripción de la tarjeta dual de los ejes, slot 4	82
4.5.6 Notas de los circuitos	82
4.6 Programación	83
4.7 Operación de la máquina	84
4.8 Requerimientos eléctricos	84
4.9 Mantenimiento	85
4.9.1 Mantenimiento preventivo	85
4.9.2 Mantenimiento preventivo y frecuencias	85
4.9.3 Procedimiento de mantenimiento	87

CAPÍTULO V RETROFIT WARNER & SWASEY

5.1 Descripción del proyecto	89
------------------------------	----

5.2 Proyecto de inversión	91
5.2.1 Etapas de la inversión	91
5.2.2 etapa de evaluación de resultados	92
5.3 Estudio técnico	92
5.3.1 Antecedentes del problema	92
5.3.2 Sensibilizar a la gerencia	93
5.3.3 Alcances	93
5.4 Estado actual o evidencia de la rectificadora	94
5.5 Justificación del retrofit	96
5.5.1 ¿Por qué automatizar?	96
5.5.2 ¿Por qué utilizar allen bradley o fanuc?	98
5.6 Ventajas y desventajas del retrofit	98
5.7 Estudio de factibilidad técnica	99
5.8 Análisis de inversión	99
5.8.1 Criterio del plazo de recuperación o payback	99
5.8.2 Historial de paros	100
5.8.3 Costo por refacciones	101
5.8.4 Costo real y reparación de equipo	102
5.8.5 Costo por costo de oportunidad	103
5.9 Propuestas	104

CONCLUSIONES

PRINCIPALES PROVEEDORES ELECTRONICOS Y ELECTRICOS

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Mi proyecto fue desarrollado en la fábrica Tremec, la cual se dedica a la manufactura de transmisiones para las diferentes empresas automotrices.

La empresa se divide en 5 importantes plantas:

Forjas.

Planta 1 en donde se fabrican los sincronizadores y las fundiciones de aluminio.

Planta 2 en donde se hacen las flechas.

Planta 3 donde se hacen los engranes y ensamble.

Ensamble

Esta compañía abastece transmisiones en los mercados más exigentes a nivel internacional compitiendo contra firmas japonesas de la talla de Mazda; alemanas como Getrag y norteamericanas como ZF entre otras.

El hecho de competir en este segmento, obliga a estar constantemente actualizado en las tendencias tecnológicas de avanzada que elaboran los países desarrollados; con el fin de ser cada día más productivo, barato y con cero defectos.

Obtener acceso a estas tecnologías es comprando al menos una máquina de este tipo, buscando así comprender su funcionamiento, estudiando sus diagramas y capacitando al personal involucrado.

En países como el nuestro, donde los incentivos fiscales no son tan adelantados como en otros, y que en ocasiones limitan el arribo de inversiones; es importante buscar la forma de mantener nuestros equipos productivos trabajando bajo las normas y estándares establecidos con el mínimo de dinero y el máximo de aprovechamiento de vida útil. Esto conlleva a contar con ingenieros especializados en reparaciones mayores y reconstrucciones de maquinaria o "retofit".

El término retrofit significa reestructuración electrónica o automatización de una máquina obsoleta en cuanto a su control y sistemas electrónicos, neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

Ubicándonos en la planta de flechas que con anterioridad mencioné, se detectó una problemática con cierto tipo de máquinas las cuales por su configuración, reúnen los puntos para ser candidatas a un proceso de retrofit.

La oportunidad se encontró por dos vías, la productividad y los paros de mantenimiento. En esta identificación de problemas, se indago en máquinas con

bajo nivel de productividad y de repetibilidad que a su vez tuvieran una considerable lista de fallas. Como resultado, encontramos siete máquinas rectificadoras de exteriores que representaban el 22% de paros de mantenimiento emergente de toda la planta de flechas.

Con estos datos, se decidió iniciar con un estudio de factibilidad de aplicar retrofit, y el proyecto fue aplicado en base a una rectificadora y se tomará como prueba piloto para futuros retrofits de similares máquinas rectificadoras.

CAPÍTULO I

"Planteamiento del problema"

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se presenta el planteamiento del problema a resolver, priorizándolo y tomando en cuenta todos los factores que intervienen sobre el mismo, para con ello tratar de resolverlo de la manera más adecuada.

El término que se utiliza constantemente en el reporte es “retrofit o retrofitear”, el cual quiere decir reestructuración electrónica o modernización del control para realizar a cabo el proceso.

1.1 INTRODUCCIÓN

Las rectificadoras son máquinas herramientas equipadas con muelas abrasivas de precisión y sistemas adecuados para sujetar, colocar, girar o desplazar la pieza para poder afinarla hasta lograr el tamaño, forma y acabado deseados. La muela va montada en un eje movido por un motor, que la hace girar a unos 30 metros/segundo. Las rectificadoras suelen clasificarse según la forma de la pieza a afinar, el modo de sujeción y la estructura de la máquina. Los cuatro tipos de rectificadoras de precisión son las rectificadoras de puntos, las rectificadoras sin puntos, las interiores y las de superficie.

Las rectificadoras de puntos o exteriores se usan con piezas cilíndricas taladradas por su centro en cada extremo, lo que permite sujetar la pieza entre dos puntos y hacerla girar. Las piezas rectificadas entre los puntos van desde minúsculos manguitos de válvula hasta laminadoras siderúrgicas con diámetros superiores a 1,5 m y pesos de casi 100 toneladas.

Las rectificadoras sin puntos eliminan la necesidad de taladrar los extremos de la pieza. En estas máquinas la pieza se sujeta sobre una cuchilla de apoyo y una rueda reguladora, que también controla la rotación de la pieza. Se utilizan para

afinar objetos como bolas de bolos, suturas quirúrgicas o rodamientos de rodillos cónicos.

Las rectificadoras interiores se emplean para el acabado de los diámetros interiores de engranajes, guías de rodamientos y piezas similares. Las muelas abrasivas son pequeñas y giran a velocidades muy elevadas, entre 15.000 y 200.000 revoluciones por minuto. La pieza va rotando despacio mientras la muela permanece fija.

Las rectificadoras de superficie se emplean para superficies planas. La pieza se coloca en un banco plano y se mantiene en su sitio mediante electroimanes o dispositivos de fijación. La muela se hace descender sobre la pieza mientras el banco se desplaza con un movimiento alternativo o gira lentamente.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la actualidad las rectificadoras cuentan con un control obsoleto el cual provoca mucha variación y mala calidad en el producto, esto a su vez también lleva consigo gran cantidad de paros y por lo mismo pérdida de tiempo y producción.

La solución tecnológica para el problema planteado significará un aumento en el nivel de la productividad de la máquina y costo efectivo en términos de tiempo invertido en el proceso.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto que presento a continuación nace de la investigación y evaluación de los problemas que continuamente han presentado este tipo de rectificadoras.

Uno de los principales factores a los cuales se condiciona la incorporación de la empresa a este proyecto es el sustento económico, que nos dará fuerza para realizar la reestructuración o “retrofit” de las rectificadoras en cuanto al control.

Para ello estructuré un modelo de justificación económica que en términos simples justifica y condiciona la inversión sustentada por los siguientes elementos:

- Mejorar en el proceso de producción.
- Reducción de costos del proceso de producción (materia prima, herramienta, etc).
- Incremento en la eficiencia de la secuencia de procesos.
- Mayor eficiencia en la calidad y servicio al cliente.
- Minimizar la cantidad de paros.
- Aumentar la calidad en el producto.
- Minimizar el costo en cuanto al tiempo invertido en el mantenimiento y gasto en compra de refacciones.

1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

Implementar la reestructuración electrónica o modernización del control de la rectificadora Warner & Swasey G996, dependiendo de las ventajas que ofrezcan las diferentes propuestas de los proveedores, ya sea por PLC o CNC.

1.5 ALCANCE

Este prototipo pretende que sea el primero de varios, con la misma función para empezar a retrofitear las 8 rectificadoras del mismo modelo que existen en la misma planta. Se desea tomar el control como estándar para las 7 rectificadoras.

El alcance de este proyecto está encaminado a la obtención de información de cada una de las máquinas clasificadas como críticas con respecto a historial de paros, manuales, diagramas. Identificar las fallas más comunes y definir el tipo de componentes más utilizados para que se tengan en existencia en almacén.

1.6 LIMITACIONES

No se cuenta con presupuesto para el proyecto por parte de mantenimiento, por eso se busca sensibilizar a la gerencia para que nos apoye económicamente.

Es por esto que se realizará primero un estudio e investigación de algunas propuestas para escoger cuál es la más viable y conveniente para realizar la automatización de las máquinas.

CAPÍTULO II

Tremec

TREMEC

La industria metal mecánica es uno de los pilares que soportan en gran medida la economía de todo el mundo, pues la producción de automóviles tuvo un gran auge en el siglo que acaba de terminar, y sigue la producción a gran escala en el siglo actual, para satisfacer las necesidades de un mercado cada vez mayor y más exigente.

2.1 QUÉ ES TREMEC

TREMEC, se dedica a la fabricación de transmisiones manuales con aplicación en automóviles, camionetas, camiones, tractocamiones y algunos autos deportivos.

La empresa Transmisiones y Equipos Mecánicos (TREMEC) se encuentra de forma permanente en un proceso de mejora, tratando de satisfacer las necesidades de sus clientes por lo que moderniza, modifica o altera sus procesos frecuentemente. Por lo que, el departamento de mantenimiento se interesa por estar al tanto de estos movimientos en el sistema productivo de la planta II.

En una empresa de la magnitud de TREMEC se cuenta con un gran número de máquinas a las que se les tiene que dar servicio de mantenimiento. En planta II específicamente se cuenta con alrededor de 800 máquinas de diferentes tipos, marcas y modelos. Cada una está identificada por un número y asignada a una familia tecnológica, a una célula y a un centro de costos.

El mantenimiento de la maquinaria en una industria como TREMEC, en donde la producción es continua, no se puede tomar demasiado tiempo en la reparación de las falla que como consecuencia del constante trabajo ocurren en el equipo, pues este tiempo puede derivar en incumplimiento en la entrega del producto a los diferentes clientes que confían en su proveedor (TREMEC).

2.2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

Transmisiones y Equipos Mecánicos (TREMEC) es una empresa del ramo metal mecánica dedicada al diseño, manufactura y comercialización de transmisiones de velocidades manuales para vehículos de tracción trasera. Pertenece al grupo corporativo DESC AUTOMOTRIZ.

TREMEC fue establecida en 1964, con una visión internacional enfocada al desarrollo local y nacional, establecida en un terreno de 44 hectáreas y con una construcción de 93,000 metros cuadrados. Se inauguró oficialmente el 19 de mayo de 1966. Inició su programa de exportación en 1968 a la Argentina, con la finalidad de promover sus productos en el ámbito internacional y para 1971 se exportaba más del 50% de su producción, consolidándose como la empresa independiente más importante del mundo en su ramo. Fue adquirida por el Grupo Spicer en mayo de 1994. Hasta 1998 se habían vendido más de 7.5 millones de transmisiones y más de 13 millones de componentes. Cuenta con 1,964 máquinas en operación, incluyendo más de 300 de control numérico computarizado. Integración vertical con instalaciones para forja con capacidad de 20,000 toneladas anuales. Tiene un Centro de Investigación y Desarrollo y un taller especializado para prototipos. TREMEC ha evolucionado y se ha convertido hoy en una de las empresas más importantes del estado de Querétaro y de renombre en el territorio nacional, consolidándose como una empresa de presencia internacional.



Fig. 2.1 TREMEC Ayer y Hoy

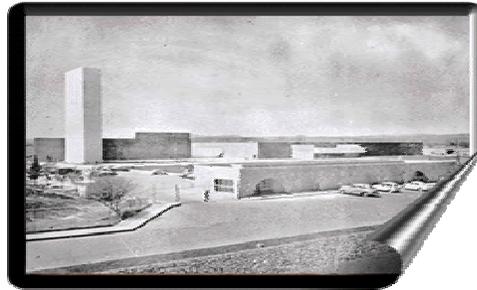


Fig. 2.2 TREMEC Ayer y Hoy

2.3 PERFIL GENERAL DE TREMEC

Esta planta ofrece 1,800 empleos directos y 4,500 indirectos aproximadamente lo que se traduce en beneficios para más de 6,000 familias mexicanas. TREMEC está dedicada al desarrollo tecnológico, diseño manufactura, comercialización nacional e internacional y servicio de los siguientes productos automotrices:

- Transmisiones mecánicas de tracción trasera y componentes para las industrias automotriz y agrícola.
- Cajas de transferencia para la industria militar
- Engranajes de tiempo para motor
- Componentes y ensambles para el mercado de refacciones (after market).

- Componentes para transmisiones de aplicación Industrial.
- Transmisiones para vehículos acuáticos de motor y para juegos mecánicos estáticos.

TREMEC busca crear un nuevo modo de pensar en su personal, en lo que se refiere a su fuente de trabajo, y ha creado “*la filosofía TREMEC*” que opera bajo los siguientes principios:

2.3.1 MISIÓN

Crear valor a nuestros clientes afrontando y asumiendo nuevos retos.

2.3.2 VISIÓN

- Mantener un liderazgo con enfoque a clientes.
- Estar siempre un paso delante de la competencia participando en nichos de mercado de mayor valor.
- Ser dueños de nuestro propio destino con libertad de acción y las mejores alianzas.
- Que la gente asuma retos con maestría y trabajo en equipo.
- Desarrollar productos innovadores a través de procesos de clase mundial que generen alta rentabilidad y consolide la identidad de la empresa como proveedor preferido del mercado.

2.3.3 VALORES

Enfoque al cliente: Conocer, entender y satisfacer sus requerimientos.

Compromiso: Asumir la responsabilidad personal y del equipo de trabajo.

Disciplina: Apego a compromisos, políticas, normas, procedimientos y valores.

Congruencia: Di lo que piensas y haz lo que dices.

Innovación: Capacidad de encontrar e implementar nuevas alternativas y/o soluciones para nuestros clientes.

Respeto: Aceptar la diversidad de pensamiento dentro del marco de valores y directrices de la organización.

Trabajo en Equipo: Involucrarse y participar sistemáticamente para lograr el objetivo común.

2.3.4 POLÍTICA DE CALIDAD

Satisfacer los requerimientos de nuestros clientes bajo el concepto de Calidad Total, donde la mejora continua es un compromiso de todos y cada uno de los que formamos la organización.

2.3.5 POLÍTICA AMBIENTAL

Controlar nuestros aspectos ambientales en la fabricación de transmisiones y componentes automotrices, mediante la prevención de la contaminación, la mejora continua, el cumplimiento de los requerimientos legales y voluntarios, así como el establecimiento y seguimiento de objetivos y metas.

2.4 CAMPO DE DESARROLLO NACIONAL

La necesidad de la automatización de procesos industriales ha abierto las puertas a muchas empresas que se encargan de diseñar o implementar los avances tecnológicos que exigen estos tiempos para que la industria alcance

satisfactoriamente metas de producción y calidad competitivas a niveles nacionales y así, de esa forma ir creciendo y mejorando continuamente para algún día alcanzar la superación y una competencia a nivel internacional, ofreciendo productos de buena calidad y al mejor y bajo costo.

Este es el caso de TREMEC, S.A. DE CV. Que poco a poco ha ido ocupando un lugar a nivel nacional en productos de buena calidad y soluciones integrales para la industria utilizando nuevas y mejores tecnologías, además de la aplicación de las normas necesarias.

2.5 PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN

Para garantizar el uso y vida útil del equipo Autocom lleva a cabo una metodología que le asegura al cliente que su equipo cumpla con sus necesidades y ofrecer una garantía del buen funcionamiento del mismo.

- Reunión de asignación de proyectos.
- Definición de especificación funcional.
- Especificación técnica del equipo.
- Desarrollo del programa.
- Orden de compra de equipo necesario.
- Recepción de equipo.
- Prueba equipo.
- Probar equipo funcionalmente.
- Entregar de equipo y documentación.

2.6 PRODUCTOS Y APLICACIONES

TRANSMISIONES

En TREMEC se producen más de nueve modelos de transmisiones manuales de tracción trasera, empleando la más alta tecnología a nivel mundial. Los productos son aplicados en una gran diversidad de vehículos que comprende deportivos de alto desempeño, camionetas pick-up y camiones ligeros de forma permanente, evalúan el desempeño de las 4 transmisiones que se manufacturan y comercializan, buscando la mejor manera de satisfacer y exceder las expectativas de los clientes.

TRANSMISIONES Y EQUIPOS MECÁNICOS S.A. DE C.V.			
APLICACIONES			
PRODUCTO	CLIENTE	APLICACION	
71 C	NISSAN	D-21	(Pick-
TR-3340	DAIMLER	Up)	
TR-3440/50	CHRYSLER	RAM 1500/2500	(Pick-
199/TR-4050	GMM	Up)	
FSM	DAIMLER	C15-C20	(Pick-
T-5	CHRYSLER	Up)	
	GMM	RAM 3500	(Pick-
	GM	Up)	
	FORD	KODIAK	(Camión
T-45	SSANG YONG	mediano)	
T-56	TROOLER	CAMARO	
	FORD	MUSTANG	
	GM	MUSSO/KORANDO	
	GM	TROLLER	
	GM	MUSTANG COBRA	
	GM	CORVETTE	
	GM	EUROVETTE	

	GM DAIMLER CHYSLER ASTON MARTIN	CORVETTE Z06 FIREBIRD HURST SS COMMODORE VIPER DB7
--	--	---

Fig. 2.3 Aplicaciones de las transmisiones¹

Aquí se muestran las aplicaciones de las transmisiones, incluyendo el modelo, cliente y vehículo en que se usa.

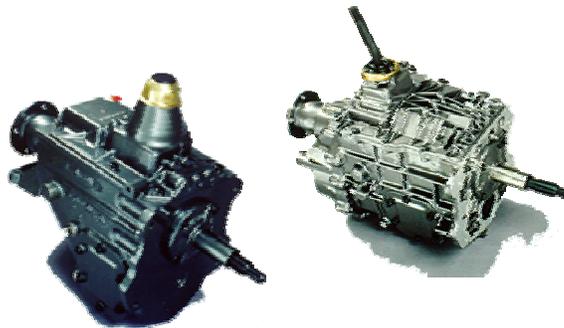


Fig. 2.4 Modelo TR4040-50 y 190



Fig. 2.5 Modelo TR3440-50 y TR3340-50

¹ Elaboración propia



Fig. 2.6 Modelo T-45 y T-56



Fig. 2.7 Modelo T-5

2.7 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA

En planta II están instaladas aproximadamente 700 máquinas con diferente función tales como tornos, generadoras, rectificadoras, taladros, desbarbadoras, talladoras, chaflanadoras, fresadoras, centros de maquinado, honeadoras, roladoras, brochadoras, brazos automatizados, etc. De las cuales un gran porcentaje son de Control Numérico Computarizado “FANUC” y algunas otras cuentan con PLC S5, PLC 2 de Siemens, PLC Allen Bradley, etc. Estas últimas requieren, para su mantenimiento y programación, de personal experto en la electrónica.

El departamento de mantenimiento de maquinaria (UNO II), adquiere un papel muy importante, pues es el encargado de atender los emergentes para con ello corregir las fallas que se van presentando, tratando de que siempre sea de forma efectiva y en el menor tiempo posible, para no afectar en gran medida la producción.

Este objetivo no siempre es alcanzado, por diversas razones, tales como falta de un seguimiento o historial de fallas, falta de componentes tanto eléctricos como electrónicos para su inmediata reparación, teniendo que esperar largos periodos de tiempo mientras se mandan comprar las piezas necesarias para dicha reparación. Lo anterior trae como consecuencia el paro en la producción y como consecuencia retrasos en las entrega de productos a los clientes, grandes pérdidas económicas por envíos urgentes o en un caso extremo, hasta la pérdida del negocio con el cliente.

2.8 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

Para el desarrollo de este proyecto en el departamento de mantenimiento planta 2 de Tremec, Fui responsable de la programación de proyectos de modernización “retrofit”, mantenimiento programado y capacitación en el sistema autónomo.

El área esta constituida por los siguientes elementos:

- ✓ 1 Jefe de Mantenimiento
- ✓ 4 Ingenieros
- ✓ 11 Técnicos Electromecánicos

El área física esta dividida en:

- ✓ Taller electrónico
- ✓ Taller de reparaciones mayores
- ✓ Almacén de Herramientas
- ✓ Almacén de Refacciones
- ✓ Biblioteca de manuales técnicos
- ✓ Sección de Computación
- ✓ Sala de juntas

El ambiente de trabajo es propicio para una interrelación de los diferentes tipos de ideas, en general fue muy bueno ya que conté con el apoyo de las personas que integran este grupo de trabajo. Esto me ha ayudado no solamente para desarrollar mis conocimientos técnicos, sino también para crecer como persona.

Esto me ha ayudado a integrarme de una forma menos radical del área estudiantil al área laboral, ya que en el área laboral es necesario tomar decisiones.

El área de mantenimiento es una área fundamental para todo proceso de manufactura, podríamos decir que es la columna vertebral por poner un ejemplo, su importancia radica en mantener la estabilidad de paros de maquinaria, por esta razón la empresa cuenta con un sinnúmero de maquinaria obsoleta por lo cual he adquirido experiencia que me ha ayudado a enriquecer mi conocimiento.

CAPÍTULO III

"Automatización o Retrofit"

AUTOMATIZACIÓN O RETROFIT

En este capítulo presento un tema de mucha importancia para nosotros mismos y en especial para toda empresa industrial, el cual lleva el nombre de automatización o retrofit. Como explique anteriormente el término “retrofit” significa reestructuración electrónica o automatización, a continuación se explica más detalladamente.

Así mismo conoceremos de sus actividades la cual está realiza en una empresa industrial, su perfil ocupacional, su fuente de trabajo y un sin número de cosas que nos ayudara más a entender este tema.

El tema de automatización nos dará una visión muchísimo más amplia de lo que puede ayudar esto a una empresa ya que se va a dar en la misma un proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo para que así se de propiedad a algunas maquinas de realizar las operaciones de manera automática; por lo que indica que se va dar un proceso más rápido y eficiente.

Como dijimos anteriormente al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, lograra que la empresa industrial disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas; todo esto ayudara a que la empresa industrial mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, y si no se hace, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado.

Así mismo mostraremos un ejemplo de un cuadro muy interesante donde reflejara todo' lo mencionado anteriormente y en donde esperamos quede de una manera mucho más clara para entender.

Esperamos que con todo esto y más podamos cumplir con todas las expectativas propuestas antes de investigar este tema y logremos alcanzar el objetivo que es aprender acerca de la automatización.

3.1 MARCO TEÓRICO

Actividades

El área de automatización desarrolla actividades educativas de investigación y desarrollo y de extensión, en el área de sistemas dinámicos y sus aplicaciones al control automático, teoría de señales, identificación, modelamiento e Instrumentación.

La apertura ha mostrado que, a pesar de existir en el país, un elevado número de industrias en todos los campos de la producción, la gran mayoría no está en capacidad de competir en los Mercados Internacionales, tanto en cantidad como en calidad. La explicación salta a la vista cuando se observa y analiza el parque de máquina y equipo empleados. Este está formado por una amplia gama de tecnologías, la mayoría de ellas con una alta participación manual en sus procesos. Como resultado, su rendimiento es mínimo y no hay homogeneidad en los bienes producidos. El pretender reponer el parque industrial por aquel de alta tecnología de punta, es una tarea que raya en lo imposible para la casi totalidad de las empresas debido a los altos costos que ello representa. Se puede contar con los dedos de las manos las actuales empresas nacionales que podrían hacerlo. Sin embargo, lo anterior no debe ser una razón para permanecer en el actual estado de atraso. Existen soluciones viables para que cada uno de los grupos o niveles tecnológicos y aprovechando sus propias máquinas y equipos, Implanten una automatización acorde a sus condiciones. Para formar el recurso humano capaz de diseñar y dirigir esta labor, se ha estructurado el programa académico a nivel de pregrado de Ingeniería en Automatización Industrial.

Grado de automatización, según la importancia de la automatización, se distinguen los siguientes grados:

Aplicaciones en pequeña escala como mejorar el funcionamiento de una maquina en orden a²:

- Mayor utilización de una máquina, mejorando del sistema de alimentación.
- Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina.
- Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.
- Procesos automáticos en cadena cerrada con posibilidad de autocontrol y auto corrección de desviaciones.

Para la automatización de procesos, se desarrollaron máquinas operadas con Controles Programables (PLC), actualmente de gran ampliación en industrias.

- Para la información de las etapas de diseño y control de la producción se desarrollaron programas de computación para dibujo (CAD), para el diseño (CADICAE), para la manufactura CAM, para el manejo de proyectos, para la planeación de requerimientos, para la programación de la producción, para el control de calidad, etc.

La inserción de tecnologías de la información, producción industrial de los países desarrollados ha conocido un ritmo de crecimiento cada vez más elevado en los últimos años. Por ejemplo, la Información amplía enormemente la capacidad de controlar la producción con máquinas de control computarizado y permite avanzar hacia mayores y más complejos sistemas de automatización, unas de cuyas expresiones más sofisticadas y más ahorradoras de trabajo humano directo son

² <http://www.lt-automation.com/>

los robots, los sistemas flexibles de producción y los sistemas de automatización integrada de la producción (Computer Integral Manufacturing CIM).

Aunque es evidente que la automatización sustituye a un alto porcentaje de la fuerza laboral no calificada, reduciendo la participación de los salarios en total de costos de producción, las principales razones para automatizar no incluye necesariamente la reducción del costo del trabajo. Por otra parte, la automatización electromecánica tradicional ya ha reducido significativamente la participación de este costo en los costos de producción. Actualmente en Estados Unidos la participación típica el trabajó directo en el costo de la producción Industrial es de 10 % ó 15 % y en algunos productos de 5 %. Por otra parte, existen otros costos, cuya reducción es lo que provee verdadera competitividad a la empresa. Entre estos costos está trabajo indirecto, administración, control de calidad, compras de insumos, flujos de información, demoras de proveedores, tiempos muertos por falta de flexibilidad y adaptabilidad, etc. Estos son los costos que pueden ser reducidos por las nuevas tecnologías de automatización al permitir mayor continuidad, intensidad y control integrado del proceso de producción, mejor calidad del producto y reducción significativa de errores y rechazos, y a la mayor flexibilidad y adaptabilidad de la producción a medida y en pequeños lotes o pequeñas escalas de producción.

La mayor calidad en los productos se logra mediante exactitud de las máquinas automatizadas y por la eliminación de los errores propios del ser humano; lo que a su vez repercute en grandes ahorros de tiempo y materia al eliminarse la producción de piezas defectuosas.

La flexibilidad de las máquinas permite su fácil adaptación tanto a una producción individualizadas y diferenciada en la misma línea de producción, como mi cambio total de la producción. Esto posibilita una adecuación flexible a las diversas demandas del mercado.

Por estas razones, la inversión en tecnología de automatización no puede ser considerada como cualquier otra inversión, sino como una necesaria estrategia de competitividad, no invertir en esta tecnología. Implica un riesgo alto de rápido desplazamiento por la competencia. Reconociendo esta nueva realidad del mercado, las inversiones en estas tecnologías se multiplican en Estados Unidos en la presente década, como se observa.

TECNOLOGÍAS		1980	1985	1990
1. Manufactura asistida por computador CAM.				
	a. Computadores Software industrial	935	2861	6500
	b. Sistemas de manejo de materiales	2000	4500	9000
	c. Controladores Programadores	50	550	3000
	d. Robots sensores	68	664	2800
	e. Equipo automático de pruebas	800	2000	4000
TOTAL CAM		6853	15375	32300
2. Diseño e ingeniería asistidos por Computador CAD, CAE		389	2456	6500
3. Telecomunicaciones		113	264	800
TOTAL		7355	18095	39600

Fig. 3.1 Inversiones en tecnologías de automatización, 1980-1990 En EEUU (en millones de dólares)³

³ <http://www.control-automatico.net/>

La introducción de las computadoras y de la microelectrónica extiende el campo de la automatización industrial ya que permite a través del manejo de la información (alimentación, procesamiento, salida) transformar los instrumentos de producción y aún la totalidad de los procesos productivos de algunas industrias.

Se continúa y extiende así el proceso de automatización electromecánica que se inicia a principios del siglo. La nueva era de la automatización se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos neumáticos, etc. dando origen a los robot., a las máquinas herramientas computarizadas, a los sistemas flexibles de producción, etc.

La automatización en los procesos industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo, mediante la interfase de mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción. A través de diversos instrumentos controlados por la información suministrada por la computadora, se regula el funcionamiento de las máquinas u otros elementos que operan el proceso productivo.

En concreto, este sistema funciona básicamente de la siguiente manera: mediante la utilización de captadores o sensores (que son esencialmente instrumentos de medición, como termómetros o barómetros), se recibe la información sobre el funcionamiento de las variables que deben ser controladas (temperatura, presión, velocidad, espesor o cualquier otra que pueda cuantificarse), esta información se convierte en una señal, que es comparada por medio de la computadora con la norma, consigna, o valor deseado para determinada variable. Si esta señal no concuerda con la norma de inmediato se genere una señal de control (que es esencialmente una nueva instrucción), por la que se acciona un actuador o ejecutante (que generalmente son válvulas y motores), el que convierte la señal de control en una acción sobre el proceso de producción capaz de alterar la señal original imprimiéndole el valor o la dirección deseada.

En la práctica, la automatización de la industria alcanza diferentes niveles y grados ya que la posibilidad de su implementación en los procesos de fabricación industrial varía considerablemente según se trate de procesos de producción continua o en serie. En efecto, en el primer caso, el conducto es el resultado de una serie de operaciones secuenciales, predeterminadas en su orden, poco numerosas, y que requieren su Integración en un flujo continuo de producción. Los principales aportes de la microelectrónica a este tipo de automatización son los mecanismos de control de las diversas fases o etapas productivas y la creciente capacidad de control integrado de todo el proceso productivo. Por su parte, la producción en serie está formada por diversas operaciones productivas, generalmente paralelas entre si o realizadas en diferentes períodos de tiempos o sitios de trabajo, lo que ha dificultado la integración de líneas de producción automatización. Desde mediados de los años setenta las posibilidades de automatización integrada han aumentado rápidamente gracias a lo adelantos en la robótica, en las máquinas herramienta de control numérico, en los sistemas flexibles de producción y en el diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM).

3.2 LOS ROBOTS “LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL” SISTEMAS CAD-CAM

3.2.1 MÁQUINAS HERRAMIENTAS AUTOMATIZADAS

Sistemas de fabricación flexible, son de flexibilidad limitada, la que sólo puede aumentarse a través de nuevos mecanismos de interfaces, articulación o interacción, como los previstos por los diferentes tipos de robots: manipuladores manuales, robot de secuencia fija o variable, robots reprogramables, etc.

El principal papel de los robot es articular diferentes máquinas y funciones productivas; transporte, manejo de materiales, maquinado, carga y descarga, etc.

mediante su capacidad para desempeñar diversas tareas u operaciones. El robot industrial ha sido descrito como el elemento más visible de la fabricación asistida por computadora y como la base técnica para la mayor automatización de la producción.

El desarrollo de los robots está estrechamente relacionado con el de las otras tecnologías de automatización comprendidas por el concepto de CAM. Sin embargo, los robots tienen menos importancia en la automatización de procesos de producción continua que en los de producción discontinuo o discreta y de lotes variados y de poco volumen.

El desarrollo de los robots se deriva de los continuos avances en máquinas herramientas y en manipuladores manuales, y se inscribe dentro del proceso de mayor introducción de la microelectrónica a la producción de bienes de capital.

3.3 DEFINICIÓN DE ROBOT

Una de las definiciones más completas y más comúnmente utilizados de la propuesta por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO):

"El robot industrial es un manipulador multifuncional, reprogramable, de posiciones o movimientos automáticamente controlados, con varios ejes, capaz de manejar materiales, partes, herramientas o instrumentos especializados a través de movimientos variables programados para la ejecución de varias tareas. Con frecuencia tienen la apariencia de uno o varios brazos que terminan en una muñeca; su unidad de control utiliza un sistema de memoria y algunas veces puede valerse de instrumentos sensores y adaptadores que responden a estímulos del medio ambiente y sus circunstancias, así como las adaptaciones realizadas. Estas máquinas multifuncionales son generalmente diseñadas para realizar funciones repetitivas y pueden ser adaptados a otras funciones sin alteraciones permanentes en el equipo".⁴

⁴ JONES, Flynn y Seiger, *Personal Robotics*, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos 2000, p. 30

Un robot está conformado por dos grandes subsistemas.

La estructura mecánica, hidráulica y eléctrica, que comprenden las funciones de movimiento y manipulación.

La estructura electrónica e informática o subsistema de comando, que provee la memoria programable del robot y permite su sincronización con otras máquinas.

Este subsistema es la "inteligencia" del robot, de la que depende su flexibilidad y versatilidad, o capacidad para ejecutar diversas tareas y sincronizarse con otras máquinas.

La capacidad de movimiento y manipulación de un robot, o esfera de influencia, depende en gran parte de la geometría de su brazo, muñeca y mano (o actuador). Los grados de libertad de cada uno (o número de movimientos diferentes posibles) determinan la destreza y capacidad del robot, asimismo su costo y su complejidad. El ejecutor o actuador o herramienta final varía en función de las tareas requeridas, puede ser por ejemplo: una pinza o pistola de soldadura de pintura, etc.

Los primeros robots empezaron a producirse a comienzos de la década del 60 y estaban diseñados principalmente para trabajos difíciles y peligrosos. Los trabajos tediosos, laborioso y repetitivos en la industria manufacturera como la carga y descarga de hornos de fundición, fueron las áreas donde los robots fueron aplicados hasta finalizar el decenio de 1960.

Con los rápidos y continuos avances en microelectrónica e informática a partir de 1970, fueron desarrollados los robots programables para manipulaciones complejas. Se comenzaron a utilizar como auxiliares de la producción en serie muy grandes, tanto en las líneas de ensamble en la industria mecánica como en la

industria automotriz. En esta última aparecieron los robots de pintura y los de soldadura.

En la actual generación de robot., la estructura mecánica representa la mayor parte del costo total del robot, pero disminuirá rápidamente en las futuras generaciones de robot a favor de la estructura lógica, de control.

El objetivo de la próxima generación es imitar los sentidos humanos o desarrollar la capacidad de percepción sensorial; visión, tacto, voz, con la ayuda de los nuevos avances en inteligencia artificial. Estos nuevos robots tendrán una mayor capacidad de aprendizaje y de interacción dinámica con el medio ambiente.

3.3.1 APLICACIONES

La introducción de los robots ha sido facilitada por la técnica de organización y división del trabajo, sobre todo en la producción en masa, basadas en la mayor especialización, simplificación y repetitividad de las tareas productivas, lo que ha facilitado el diseño y programación de los robots.

Entre las principales aplicaciones no industriales de los robots es necesario mencionar su utilización en plantas de energía nuclear, en la exploración submarina, la minería, construcciones, agricultura, medicina, etc.

Las principales aplicaciones industriales son las siguientes:

- Fundición en molde (die-casting). Esta fue la primera aplicación industrial.
- Soldadura de punto. Actualmente es la principal área la presente generación de robot. Ampliamente utilizada en la industria automotriz. En promedio este tipo de robot reduce a la mitad la fuerza laboral necesaria.
- Soldaduras de arco. No requiere de modificaciones sustanciales en el equipo de soldadura y aumenta la flexibilidad y la velocidad.

- Moldeado por extrusión. De gran importancia por creciente demanda de partes especializadas de gran complejidad y precisión.
- Forjado (Forging). La principal aplicación es la manipulación de partes metálicas calientes.
- Aplicaciones de Prensado (press work). Partes y, panales de vehículos y estructuras de aviones, electrodomésticos y otros productos metal-mecánicos. Esta es un área de rápido desarrollo de nuevos tipos de robot.
- Pinturas y tratamiento de superficies. El mejoramiento de las condiciones de trabajo y la flexibilidad han sido las principales razones para el desarrollo de estas aplicaciones.
- Moldeado Plástico. Descarga de máquinas de inyección de moldes, carga de moldes, paletización y empaque de moldes, etc. Alta contribución al mejoramiento de las condiciones de trabajo, al ahorro de mano obra, a la reducción del tiempo de producción y al aumento de la productividad.
- Aplicaciones en la fundición. Carga y descarga de máquinas, manejo de materiales calientes, manejo de moldes, etc. Las difíciles condiciones de trabajo hacen necesarios los robot., aunque ha sido muy difícil su diseño y eficacia.
- Carga y descarga de máquina herramientas. Los robots aumentan la flexibilidad y versatilidad de las máquinas herramientas y permiten su articulación entre si. Contribuyen a la reducción de stocks, minimizan costos del trabajo directo e indirecto, aumentan la calidad de la producción y maximizar la utilización del equipo.
- En aparatos y maquinaria eléctrica y electrónica, juguetes, ingeniería mecánica, industrial automotriz, etc.
- Estas diversas aplicaciones industriales implican la clasificación de los robots en cuatro tipos de operaciones efectuadas:
- Robots de manejo de materiales: carga y descarga de máquinas herramienta, moldeado de plástico.
- Robot. de tratamiento de superficie: pintura, la pieza,
- Robots de en ensamblaje y transferencia.

- Robot de soldadura, y
- Robots de procesamiento por calor; moldeado, prensado, etc.

3. 4 ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN

Son disciplinas surgidas en diferentes épocas. La robótica nace en décadas recientes para complementarse con la automatización, aportándole como elemento innovador cierto grado de inteligencia.

En el contexto industrial, la automatización es como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en la informática en la operación y control de la producción. Este concepto, para ser actualizado, debe incluir el uso de robots.

El robot industrial forma parte del progresivo desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora, y contribuye de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala.

3.4.1 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Automatización fija:

Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada para diseñar equipos especializados para procesar productos o componentes de éstos con alto rendimiento y elevadas tasas de producción.

Programable:

Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso, el equipo de producción está

diseñado para ser adaptable a variaciones en la configuración del producto. Esta característica de adaptabilidad se logra haciendo funcionar el equipo bajo el control de un programa de instrucciones para el producto dado. La producción se obtiene por lotes.

Flexible:

Es una categoría situada entre las dos anteriores. Se ha comprobado que es más adecuada para el rango medio de producción. Con este tipo de automatización pueden obtenerse simultáneamente varios tipos de producto, en el mismo sistema de fabricación.

3.5 ROBÓTICA INDUSTRIAL

¿Qué es el robot industrial?

Se entiende por Robot Industrial a un dispositivo de maniobra destinado a ser utilizado en la industria y dotado de uno o varios brazos, fácilmente programable para cumplir operaciones diversas con varios grados de libertad y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas, desagradables o peligrosas.

El RIA Robot Institute of America define al Robot como "Un manipulador multifuncional reprogramable, diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos variables programados para la performance de una variedad de labores"⁵

⁵ SHAKEY, John, *Ramblin's Robots*, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos 2004, p. 15

Estas definiciones indudablemente no abarcan todas las posibilidades de aplicación presente y futuras de los Robots y en opinión de quienes escriben, el Robot es para la producción, lo que el computador es para el procesamiento de datos. Es decir, una nueva y revolucionaria concepción del sistema productivo cuyos alcances recién comienzan a percibirse en los países altamente industrializados.

Realmente, los Robots no incorporan nada nuevo a la tecnología en general, la novedad radica en la particularidad de su arquitectura y en los objetivos que se procura con los mismos. El trabajo del Robot se limita generalmente a pocos movimientos repetitivos de sus ejes, estos son casi siempre 3 para el cuerpo y 3 para la mano o puño, su radio de acción queda determinado por un sector circular en el espacio donde este alcanza a actuar. Cuando las partes o piezas a manipular son idénticas entre sí y se presentan en la misma posición, los movimientos destinados a reubicar o montar partes se efectúan mediante dispositivos articulados que a menudo finalizan con pinzas. La sucesión de los movimientos se ordena en función del fin que se persigue, siendo fundamental la memorización de las secuencias correspondientes a los diversos movimientos. Puede presentarse el caso en el que las piezas o partes a ser manipuladas no se presenten en posiciones prefijadas, en este caso el robot deberá poder reconocer la posición de la pieza y actuar u orientarse para operar sobre ella en forma correcta, es decir se lo deberá proveer de un sistema de control adaptativo.

Si bien no existen reglas acerca de la forma que debe tener un robot industrial, la tecnología incorporada a él está perfectamente establecida y en algunos casos ésta procede de las aplicadas a las máquinas-herramientas. Los desplazamientos rectilíneos y giratorios son neumáticos, hidráulicos o eléctricos. Como es sabido, los sistemas neumáticos no proveen movimientos precisos debido a la compresibilidad del aire y en ellos deben emplearse topes positivos para el posicionamiento, lo que implica la utilización de dispositivos de desaceleración.

Los robots neumáticos poseen una alta velocidad de operación manipulando elementos de reducido peso.

Los accionamientos hidráulicos proporcionan elevadas fuerzas, excelente control de la velocidad y posicionamiento exacto. En cuanto a los sistemas eléctricos se utilizan motores de corriente continua o motores paso a paso. Estos dos tipos de robots quedan reservados a la manipulación de elementos más pesados o los procesos de trayectorias complejas como las tareas de soldadura por punto o continúa.

3.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Una clasificación del grado de complejidad del Robot puede establecerse de la siguiente forma:

Robots de primera generación:

Dispositivos que actúan como "esclavo" mecánico de un hombre, quien provee mediante su intervención directa el control de los órganos de movimiento. Esta transmisión tiene lugar mediante servomecanismos actuados por las extremidades superiores del hombre; caso típico: manipulación de materiales radiactivos, obtención de muestras submarinas, etc.

Robots de segunda generación:

El dispositivo actúa automáticamente sin intervención humana frente a posiciones fijas en las que el trabajo ha sido preparado y ubicado de modo adecuado ejecutando movimientos repetitivos en el tiempo, que obedecen a lógicas combinatorias, secuenciales, programadores paso a paso, neumáticos o controladores lógicos programables. Un aspecto muy importante está constituido por la facilidad de rápida reprogramación que convierte a estos Robots en

unidades "versátiles" cuyo campo de aplicación no sólo se encuentra en la manipulación de materiales sino en todo los procesos de manufactura, como por ejemplo: en el estampado en frío y en caliente asistiendo a las máquinas-herramientas para la carga y descarga de piezas. En la inyección de termoplásticos y metales no ferrosos, en los procesos de soldadura a punto y continúa en tareas de pintado y reemplazando con ventaja algunas operaciones de máquinas convencionales.

Robots de tercera generación:

Son dispositivos que habiendo sido contruidos para alcanzar determinados objetivos serán capaces de elegir la mejor forma de hacerlo teniendo en cuenta el ambiente que los circunda. Para obtener estos resultados es necesario que el robot posea algunas condiciones que posibiliten su interacción con el ambiente y los objetos. Las mínimas aptitudes requeridas son: capacidad de reconocer un elemento determinado en el espacio y la capacidad de adoptar propias trayectorias para conseguir el objetivo deseado. Los métodos de identificación empleados hacen referencia a la imagen óptica por ser esta el lenguaje humano en la observación de los objetos, sin embargo no puede asegurarse que la que es natural para el hombre, constituye la mejor solución para el robot.

3.5.2 TIPOS DE CONFIGURACIONES PARA ROBOTS INDUSTRIALES

Cuando se habla de la configuración de un robot, se habla de la forma física que se le ha dado al brazo del robot.

El brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas: la cartesiana, la cilíndrica, la polar y la angular.

Configuración cartesiana:

Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z. Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro. A la trayectoria realizada en línea recta se le conoce como interpolación lineal y a la trayectoria hecha de acuerdo con el tipo de movimientos que tienen sus articulaciones se le llama interpolación por articulación.

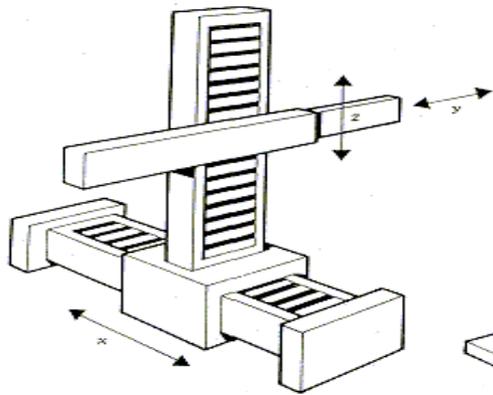


Fig. 3.2 Configuración cartesiana⁶

Configuración cilíndrica:

Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad.

El robot de configuración cilíndrica está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación.

⁶ www.RIA.com

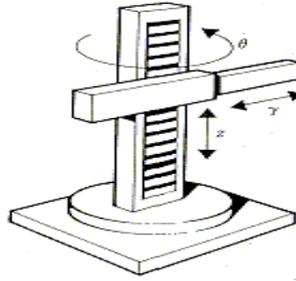


Fig. 3.3 Configuración cilíndrica⁷

La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.

Configuración polar:

Tiene varias articulaciones. Cada una de ellas puede realizar un movimiento distinto: rotacional, angular y lineal.

Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

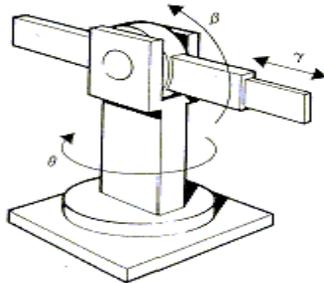


Fig. 3.4 Configuración Polar⁸

Configuración angular (o de brazo articulado):

⁷ Idem

⁸ Idem

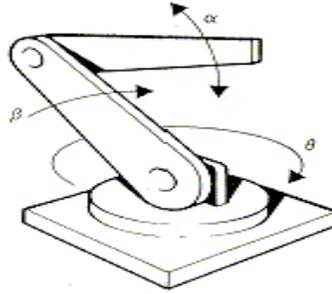


Fig. 3.5 Configuración angular⁹

Presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares. Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto rotacional como angular.

Además de las cuatro configuraciones clásicas mencionadas, existen otras configuraciones llamadas no clásicas.

El ejemplo más común de una configuración no clásica lo representa el robot tipo SCARA, cuyas siglas significan: Selective appliance arm robot for assembly. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración SCARA también puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercera articulación).

Volumen de trabajo

Para acercarnos más al conocimiento de los robots industriales, es preciso tocar el tema que se refiere al volumen de trabajo y la precisión de movimiento. Entre las características que identifican a un robot se encuentran su volumen de trabajo y ciertos parámetros como el control de resolución, la exactitud y la repetibilidad.

⁹ Idem

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el efecto final. La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar gripers de distintos tamaños. Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo regular y volumen de trabajo irregular, tomaremos como modelos varios robots.

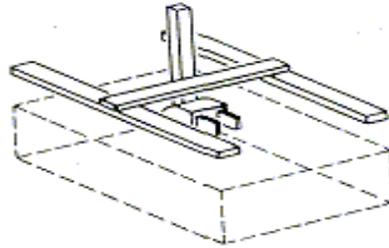


Fig. 3.6 Volumen de trabajo regular

El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares. El robot cartesiano genera una figura cúbica.

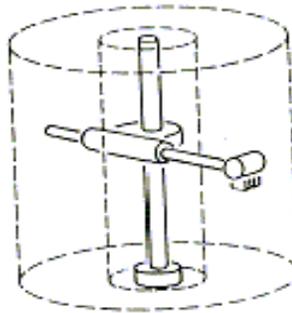


Fig. 3.7 Robot cartesiano

El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot no tiene una rotación de 360°)

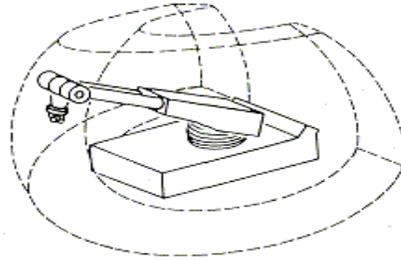


Fig. 3.8 Robot cilíndrico

Por su parte, los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

3.5.3 SISTEMAS DE IMPULSIÓN DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Los más comunes son tres: impulsión hidráulica, impulsión eléctrica e impulsión neumática.

Hidráulico

El sistema de impulsión hidráulica es en la que se utiliza un fluido, generalmente un tipo de aceite, para que el robot pueda movilizar sus mecanismos. La impulsión hidráulica se utiliza para robots grandes, los cuales presentan mayor velocidad y mayor resistencia mecánica.

Eléctrico

Se le da el nombre de impulsión eléctrica cuando se usa la energía eléctrica para que el robot ejecute sus movimientos. La impulsión eléctrica se utiliza para robots de tamaño mediano, pues éstos no requieren de tanta velocidad ni potencia como los robots diseñados para funcionar con impulsión hidráulica. Los robots que usan la energía eléctrica se caracterizan por una mayor exactitud y repetibilidad.

Neumático

Sólo resta hablar de aquellos robots que se valen de la impulsión neumática para realizar sus funciones. En la impulsión neumática se comprime el aire abastecido por un compresor, el cual viaja a través de mangueras.

Los robots pequeños están diseñados para funcionar por medio de la impulsión neumática.

Los robots que funcionan con impulsión neumática están limitados a operaciones como la de tomar y situar ciertos elementos.

Es importante señalar que no todos los elementos que forman el robot pueden tener el mismo tipo de impulsión.

3.5.4 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE UN ROBOT

A continuación se hará un análisis de la necesidad de instalación de un robot y los aspectos a considerar en su factibilidad.

Cuando la longitud total de la línea de un proceso es lo más corta posible y los puntos de almacenamiento son los menos posible, el propósito de instalación de un Robot es la manipulación de piezas no muy disímiles entre sí.

Para considerar la factibilidad de su instalación debe responderse a una serie de preguntas, a saber:

1. ¿Cuál es la producción anual de la pieza en particular o piezas?
2. ¿Pueden estas piezas almacenarse?
3. ¿Cuál es el tiempo disponible para el manipuleo?

4. ¿Puede un nuevo Layout de máquinas dar alojamiento al Robot?
5. ¿Hay lugar disponible en la máquina o máquinas que intervienen en el proceso para alojar la mano del Robot y la pieza?
6. ¿Qué dotación de personal de operación y supervisión será necesaria?
7. ¿Es la inversión posible?

Producción Anual

Cuando se deben producir piezas variadas, estas deben ser de características similares y la producción de cada lote como mínimo debe ocupar un período de tiempo razonable.

Almacenamiento

Para la obtención de un flujo automático de material se deben almacenar piezas antes y después del grupo de máquinas que serán servidas por el Robot. Las piezas pueden almacenarse en transportadores paso a paso, o en cajas de nivel regulable. Las plataformas inclinadas, alimentación y salida por gravedad, suelen emplearse en casos sencillos. El tamaño del almacén depende de la tasa de producción. El operador que inspecciona las piezas puede llenar y vaciar las cajas de almacenamiento.

Tiempo de Manipuleo

El tiempo de maniobra requerido es determinado por la longitud total del camino y la máxima velocidad del Robot. La mayoría de los Robots neumáticos, hidráulicos y eléctricos tienen velocidades máximas aproximadas a los 0,7 metros por segundo y desplazamientos angulares de 90° por segundo. Sin embargo cuando se trata de un Robot neumático debe tenerse presente que la variación de velocidad con la carga es muy grande; y esto es particularmente importante

cuando un Robot de este tipo está equipado con dos manos, ya que en el momento en que estas estén ocupadas la carga será el doble. El tiempo anual de manipuleo puede ser calculado, cuando se compara el Robot con la labor total en igual período, pero no es posible hacerlo mediante la comparación con el tiempo de manipulación de una sola pieza.

Layout de Máquinas

Básicamente el layout puede ser circular o lineal. En una disposición circular un Robot sirve a varias máquinas sin que las piezas se acumulen entre ellas. En un layout lineal cada Robot sirve a una máquina en la línea y las piezas van siendo reunidas en transportadores entre máquinas. Un transportador de almacenamiento debe ser capaz de tomar el total de la producción de una máquina durante el cambio de herramienta. En esta disposición la producción es mayor que en el sistema circular. Muchos layouts requieren versiones especiales de Robots con grados de libertad adicionales demandadas por el proceso.

Accesibilidad

La mano del Robot está diseñada generalmente para un movimiento de entrada lateral, para lo cual es necesario disponer de espacios entre la herramienta y el punto de trabajo.

El brazo del Robot debe tener espacio para ingresar a la máquina en forma horizontal o vertical.

Dotación de Operación y Supervisión

La inspección visual de las piezas es manual en la mayoría de los casos. Las cajas de almacenamiento deben ser llenadas y vaciadas. 4 ó 5 Robots que demanden estas tareas adicionales, pueden ser supervisados por un solo hombre. La implementación de un Robot en un proceso productivo, tiene como objetivo

fundamental disminuir los costos de producción mediante un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva ya instalada.

Costo de Implementación

El costo de esta implementación está compuesto por los siguientes ítems:

- El Robot.
- Las herramientas de la mano.
- Posible modificación de la máquina o máquina-herramienta y herramientas.
- Posible alteración del layout existente.
- Equipos periféricos, transportadores, cajas de almacenamiento.
- Dispositivos de fijación y señalización.
- Costo del trabajo de instalación.
- Entrenamiento del personal para operación y mantenimiento.
- Puesta en marcha y puesta a punto.

Beneficios

Los beneficios que se obtienen al implementar un robot de este tipo son:

- Reducción de la labor.
- Incremento de utilización de las máquinas.
- Flexibilidad productiva.
- Mejoramiento de la calidad.
- Disminución de pasos en el proceso de producción.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo, reducción de riesgos personales.
- Mayor productividad.
- Ahorro de materia prima y energía.
- Flexibilidad total.
- Calidad de trabajo humano:

- Seguridad: trabajos peligrosos e insalubres.
- Comodidad: trabajos repetitivos, monótonos y en posiciones forzadas.
- Acumulación instantánea de experiencias.

3.6 CONTROL NUMÉRICO

El control numérico es un ejemplo de automatización programable. Se diseñó para adaptar las variaciones en la configuración de los productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción bajos y medios. Uno de los ejemplos más importantes de automatización programable es el control numérico en la fabricación de partes metálicas. El control numérico (CN) es una forma de automatización programable en la cual el equipo de procesado se controla a través de números, letras y otros símbolos. Estos números, letras y símbolos están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones. La capacidad de cambiar el programa hace que el CN sea apropiado para volúmenes de producción bajos o medios, dado que es más fácil escribir nuevos programas que realizar cambios en los equipos de procesado.

El primer desarrollo en el área del control numérico se le atribuye a John Parsons. El concepto de control numérico implicaba el uso de datos en un sistema de referencia para definir las superficies de contorno de las hélices de un helicóptero. La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Aquí se dividen las aplicaciones en dos categorías: (1) aplicaciones con máquina herramienta, tales como el taladrado, laminado, torneado, etc., y (2) aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el ensamblaje, trazado e inspección. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesado con respecto al objeto a procesar.

3.6.1 DEFINICIÓN DE CONTROL NUMÉRICO

Existen diversas definiciones de lo que es un control numérico (CN) entre las que se puede citar las siguientes:

Es todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas a partir de las instrucciones codificadas en un programa.

Es todo dispositivo que realiza un mando mediante números, haciendo que las máquinas desarrollen su trabajo automáticamente mediante la introducción en su memoria de un programa en el que se definen las operaciones a realizar por medio de combinaciones de letras y números.

Son sistemas que, en base a una serie de instrucciones codificadas (programa), gobierna todas las acciones de una máquina o mecanismo al que le ha sido aplicado haciendo que éste desarrolle una secuencia de operaciones y movimientos en el orden previamente establecido por el programador. Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramienta sea la siguiente:

" Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran: - los movimientos de los carros y del cabezal, - el valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte, - los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar, - las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes, lubricación, etc.), - el estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.), - la coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento,

comunicación con otros dispositivos, etc.)." De todo ello se deduce que los elementos básicos de un sistema de control numérico son con carácter general.

- El programa, que contiene la información precisa para que se desarrollen esas tareas. El programa se escribe en un lenguaje especial (código) compuesto por letras y números y se graba en un soporte físico (cinta magnética, disquete, etc.) o se envía directamente al control vía RS-232. - El control numérico (CN), que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las máquinas y comprobar su resultado.

El control numérico puede aplicarse a una gran variedad de máquinas, entre las que podemos citar:

Tornos, fresadoras, centros de mecanizado, taladradoras, punteadoras, mandrinadoras, rectificadoras, punzonadoras, dobladoras, plegadoras, prensas, cizallas, máquinas de electroerosión, máquinas de soldar, máquinas de oxicorte, máquinas de corte por láser, plasma, chorro de agua. "Plotters" o trazadores, máquinas de bobinar, máquinas de medir por coordenadas, robots y manipuladores.

En el ámbito de las máquinas-herramienta, la incorporación de un sistema de control numérico ha supuesto una gran evolución hasta llegar a los centros de mecanizado y centros de torneado, que incorporan sistemas de cambio automático de piezas y herramientas.

3.6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLES NUMÉRICOS

Debido a las diferencias que existen entre las máquinas que son susceptibles de ser gobernadas por un CN, a las dificultades técnicas en el diseño de los

controladores y a condicionantes de tipo económico, han aparecido diversos tipos de CN que pueden clasificarse de varias maneras:

- a) Según el sistema de referencia
- b) Según el control de las trayectorias
- c) Según el tipo de accionamiento
- d) Según el bucle de control
- e) Según la tecnología de control

a) Clasificación según el sistema de referencia

Para programar los sistemas de CN es necesario establecer un sistema de referencia estándar en el que puedan ser especificadas las diferentes posiciones relativas de la máquina herramienta con respecto al trabajo a realizar. Para facilitar las cosas de cara al programador la pieza a ser maquinada se fija a una mesa de trabajo mientras que la máquina herramienta se mueve en torno a ella. De este modo el sistema de referencia se fija con respecto a la mesa de trabajo.

Sistemas de referencia fijos frente a sistemas de referencia flotantes

El propósito de los sistemas de referencia es localizar la herramienta en relación con la pieza a ser maquinada. Dependiendo del tipo de máquina de CN el programador puede tener varias opciones para especificar esta localización. En el caso de sistemas de referencia fijos, el origen siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. Normalmente, esta posición es la esquina inferior de la izquierda de la mesa de trabajo y todas las posiciones se localizan a lo largo de los ejes XY positivos y relativos a ese punto fijo de referencia. En el caso de sistema de referencia flotante, más comunes en las modernas máquinas de CN, permiten que el operador fije el origen del sistema en cualquier posición de la mesa de trabajo. A esta característica se le llama origen flotante. El programador es el que decide dónde debe estar situado el origen. Esta

decisión corresponde a la conveniencia de la parte de programación. Por ejemplo, la pieza a trabajar puede tener una simetría y convendría situar el origen en el centro de esa simetría. La localización de esta referencia se realiza al principio de la tarea, el operador mueve la herramienta mediante control manual al punto que se desea como origen del sistema de referencia y presiona un botón indicándole a la máquina que en ese punto se encuentra el origen.

b) Clasificación según el control de las trayectorias

Si atendemos al primer tipo de clasificación nos encontramos con cuatro tipos de CN distintos:

- CN punto a punto
- CN paraxial
- CN continuo o de contorneado
- Control numérico punto a punto:

El CN punto a punto controla únicamente el posicionado de la herramienta en los puntos donde debe ser realizada una operación de mecanizado realizando los desplazamientos en vacío según trayectorias paralelas a los ejes o a 45 grados sin ninguna coordinación entre los sistemas de mando de cada uno. Se utiliza fundamentalmente en máquinas taladradoras, punzonadoras, punteadoras y en algunas mandrinadoras. La coordinación entre ejes no es necesaria porque lo importante es alcanzar un punto dado en el mínimo tiempo y con la máxima precisión posible. El mecanizado no comienza hasta que se han alcanzado todas las cotas en los diversos ejes para dicho punto. El camino seguido para ir de un punto a otro no importa con tal de que no existan colisiones. El método “a” es quizás el más lento, pero más sencillo. El método “b” es sin duda el más rápido aunque implica el uso de equipos sofisticados para mover los ejes coordinadamente (interpolación lineal). El método “c” es el más común, en él los dos ejes comienzan a moverse simultáneamente a máxima velocidad (formando

45 grados) hasta alcanzar la cota límite en alguno de los ejes, momento en el cual, para ese eje y continúan los demás.

- Control numérico paraxial:

El CN paraxial permite controlar la posición y trayectoria durante el mecanizado del elemento desplazable, siempre que esta última sea paralela a los ejes de la máquina y, en algunos casos, a 45 grados. En principio es aplicable a cualquier tipo de máquina-herramienta si bien su uso en la práctica se reduce al gobierno de taladradoras y fresadoras. Control numérico de contorneado: El CN de contorneado o continuo fue el primero en aparecer para después quedar en un segundo plano frente a los sistemas punto a punto y paraxiales y, posteriormente, con los avances en la tecnología electrónica e informática, desplazar a los otros dos sistemas siendo el más utilizado en la mayor parte de las máquinas-herramienta.

Los sistemas CN de contorneado controlan no sólo la posición final de la herramienta sino el movimiento en cada instante de los ejes y coordinan su movimiento usando técnicas de interpolación lineal, circular y parabólica. La denominación de continuo viene dada por su capacidad de un control continuo de la trayectoria de la herramienta durante el mecanizado, y de contorneado por la posibilidad de realizar trayectorias definidas matemáticamente de formas cualesquiera obtenidas por aproximación. Este tipo de control de contorneado se aplica a tornos, fresadoras, centros de mecanizado y, en general, a cualquier tipo de máquina que deba realizar mecanizados según una trayectoria más o menos compleja.

c) Según el tipo de accionamiento

Según el tipo de accionamiento pueden ser: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

d) Según el bucle de control

El control del sistema se puede realizar de dos formas: en bucle cerrado, donde a través de sensores se mide el valor a la salida, y se compara en todo instante con un valor de referencia proporcionando una adecuada señal de control; o en bucle abierto donde no existe tal realimentación.

e) Clasificación según la tecnología de control

Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos de CN:

- Control Numérico (CN)
- Control Numérico Computarizado (CNC)
- Control Numérico Adaptativo (CNA)
- Control Numérico (CN):

La denominación de Control Numérico (CN) se utiliza para designar aquellos controles donde cada una de las funciones que realiza el control son implementadas por un circuito electrónico específico únicamente destinado a este fin, realizándose la interconexión entre ellos con lógica cableada. Sus características principales son las de trabajar sin memoria, con una cinta perforada como medio de introducción del programa que se ejecuta de forma secuencial. Los armarios de control son de gran volumen y difícil mantenimiento.

3.6.3 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)

El tipo de controles basados en circuitos específicos y lógica cableada (CN) ha caído en desuso con la aparición de los Controles Numéricos Computarizados (CNC), basados en el uso de uno o varios microprocesadores que sustituyen a los circuitos de lógica cableada de los sistemas CN, poco fiables y de gran tamaño. Los CNC incluyen una memoria interna de semiconductores que permite el

almacenamiento del programa pieza, de los datos de la máquina y de las compensaciones de las herramientas. Por otra parte, incorporan un teclado que facilita la comunicación y el grado de interactividad con el operario y permiten la ruptura de la secuencia de los programas, la incorporación de subrutinas, los saltos condicionales y la programación paramétrica. De esta forma, se facilita una programación más estructurada y fácil de aprender. Por otra parte, se trata de equipos compactos con circuitos integrados, lo que aumenta el grado de fiabilidad del control y permite su instalación en espacios reducidos y con un nivel de ruido elevado. Actualmente, todos los controles que se fabrican son del tipo CNC, quedando reservado el término CN para una referencia genérica sobre la tecnología, de tal forma que se utiliza la denominación CN (Control Numérico) para hacer referencia a todas las máquinas de control numérico, tengan o no computador.

El CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora.

En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electroerosionadoras, máquinas de coser, etc.

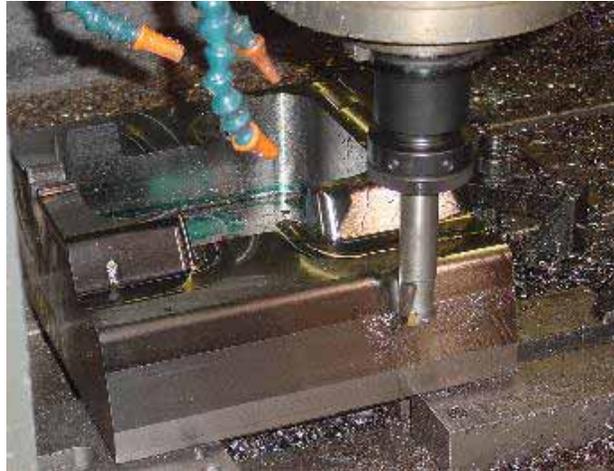


Fig. 3.9 Máquina operado por un CNC

CNC significa "control numérico computarizado".

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles como se muestra en la figura 3.9

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola.

Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

El término "control numérico" se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Por ejemplo, para indicarle a la máquina que mueva la herramienta describiendo un cuadrado de 10 mm por lado se le darían los siguientes códigos:

```

G90
G00 X0.0 G71
G01 Y10.0
G01 X10.0
G01 Y10.0
G01 X0.0
G01 Y0.0

```

Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, ésta es capaz de maquinado una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en alto relieve o bajo relieve, un grabado artístico un molde de inyección de una cuchara o una botella... lo que se quiera.

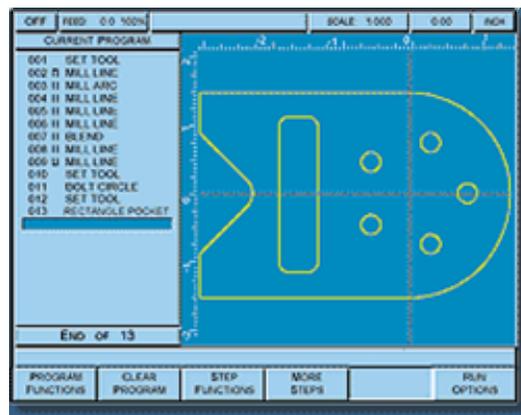


Fig. 3.10 Programación del CNC

Al principio hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales.

Actualmente muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como "lenguaje conversacional" en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina le pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este lenguaje conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles incluso cuentan con graficación en pantalla y funciones de ayuda geométrica. Todo esto hace la programación mucho más rápida y sencilla.

También se emplean sistemas CAD/CAM que generan el programa de maquinado de forma automática. En el sistema CAD (diseño asistido por computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de dibujo y modelado sólido. Posteriormente el sistema CAM (manufactura asistida por computadora) toma la información del diseño y genera la ruta de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el programa de maquinado, el cual puede ser introducido a la máquina mediante un disco o enviado electrónicamente.

Hoy día los equipos CNC con la ayuda de los lenguajes conversacionales y los sistemas CAD/CAM, permiten a las empresas producir con mucha mayor rapidez y calidad sin necesidad de tener personal altamente especializado.

3.6.4 CONTROL NUMÉRICO EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Definición general:

Se considera control numérico a todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir

de informaciones numéricas definidas, bien manualmente o por medio de un programa.

3.6.5 ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO

Como ya se mencionó, las cuatro variables fundamentales que inciden en la bondad de un automatismo son: productividad, rapidez, precisión y velocidad.

De acuerdo con estas variables, vamos a analizar qué tipo de automatismo es el más conveniente de acuerdo al número de piezas a fabricar. Series de fabricación:

Grandes series: (mayor a 10.000 piezas) Esta producción está cubierta en la actualidad por las máquinas transfert, realizadas por varios automatismos trabajando simultáneamente en forma sincronizada. Series medias: (entre 50 y 10.000)

Existen varios automatismos que cubren esta gama, entre ellos los copiadores y los controles numéricos. La utilización de estos automatismos dependerá de la precisión, flexibilidad y rapidez exigidas. El control numérico será especialmente interesante cuando las fabricaciones se mantengan en series comprendidas entre 5 y 1.000 piezas que deberán ser repetida varias veces durante el año. Series pequeñas: (menores a 5 piezas) Para estas series, la utilización del control numérico suele no ser rentable, a no ser que la pieza sea lo suficientemente compleja como para justificarse su programación con ayuda de una computadora.

Pero en general, para producciones menores a cinco piezas, la mecanización en máquinas convencionales resulta ser más económica. A continuación, podemos ver un gráfico que ilustra de forma clara lo expresado anteriormente.

3.6.6 VENTAJAS DEL CONTROL NUMÉRICO

Las ventajas, dentro de los parámetros de producción explicados anteriormente son:

Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.

Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.

Precisión. Esto se debe a la mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las clásicas.

Aumento de productividad de las máquinas. Esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.

Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente reducción de costos y tiempos de fabricación.

3.6.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL NUMÉRICO

Se dividen fundamentalmente en:

Equipos de control numérico de posicionamiento o punto a punto.

Equipos de control numérico de contorno.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior
Supongamos una pieza colocada sobre la mesa (ver figura), y que en el punto "A" se quiere realizar una perforación. Sea el eje "X" el eje longitudinal de la mesa y el eje "Y" el eje transversal. "B" representa la proyección del eje del útil sobre la mesa.

El problema de llevar el punto A al punto B se puede resolver de las siguientes formas:

Accionar el motor del eje Y hasta alcanzar el punto A; y a continuación el motor del eje X hasta alcanzar al punto B.

Análogo al anterior, pero accionando primero el motor del eje longitudinal y después el del transversal. Estos dos modos de posicionamiento reciben el nombre de posicionamiento secuencial y se realiza normalmente a la máxima velocidad que soporta la máquina.

Accionar ambos motores a la vez y a la misma velocidad. En este caso la trayectoria seguida será una recta de 45°.

Una vez llegado la altura del punto B, el motor del eje Y será parado para continuar exclusivamente el motor del eje X hasta llegar al punto B. Este tipo de posicionamiento recibe el nombre de posicionamiento simultáneo (punto a punto).

Accionamiento secuencial de los motores pero realizando la aproximación a un punto siempre en el mismo sentido. Este tipo de aproximación recibe el nombre de aproximación unidireccional y es utilizado exclusivamente en los posicionamientos punto a punto.

En un sistema punto a punto, el control determina, a partir de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento, el camino total a recorrer. Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin importar en absoluto

la trayectoria recorrida, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto en cuestión.

Siempre que se quiera realizar trayectorias que no sean paraxiales (rectas según los ejes) es necesario que el sistema de control posea características especiales.

Los equipos que permiten generar curvas reciben el nombre de equipos de contorno.

Los sistemas de contorno gobiernan no sólo la posición final sino también el movimiento en cada instante de los ejes en los cuales se realiza la interpolación.

En estos equipos deberá existir una sincronización perfecta entre los distintos ejes, controlándose, por tanto, la trayectoria real que debe seguir la herramienta.

Con estos sistemas se pueden generar recorridos tales como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas se utilizan, sobre todo, en fresados complejos, torneados, etc.

Por último, se puede decir que un equipo de control numérico paraxial puede efectuar los trabajos que realiza un equipo punto a punto y un equipo de contorno podrá realizar los trabajos propios de los equipos punto a punto y paraxial.

3.6.8 ARQUITECTURA GENERAL DE UN CONTROL NUMÉRICO

Podemos distinguir cuatro subconjuntos funcionales:

- Unidad de entrada – salida de datos.
- Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.

- Unidad de cálculo.
- Unidad de enlace con la máquina herramienta y servomecanismos.

En la figura 3 se muestra un diagrama funcional simplificado de un control numérico de contorno de tres ejes.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior

UNIDAD DE ENTRADA – SALIDA DE DATOS

La unidad entrada de datos sirve para introducir los programas de mecanizado en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje inteligible para éste.

En los sistemas antiguos se utilizaron para la introducción de datos sistemas tipo ficha (Data Modul) o preselectores (conmutadores rotativos codificados); los grandes inconvenientes que presentaron estos métodos, sobre todo en programas extensos, provocó su total eliminación.

Posteriormente se utilizaba para dicho propósito la cinta perforada (de papel, milar o aluminio), por lo que el lector de cinta se constituía en el órgano principal de entrada de datos.

Esta cinta era previamente perforada utilizando un perforador de cinta o un teletipo. El número de agujeros máximo por cada carácter era de ocho (cinta de ocho canales). Además de estos agujeros, existía otro de menor tamaño, ubicado entre los canales 3 y 4 que permitía el arrastre de la cinta.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior.

Los primeros lectores de cinta fueron electromecánicos; los cuales utilizaban un sistema de agujas palpadoras que determinaban la existencia de agujeros o no en cada canal de la cinta, luego esto actuaba sobre un conmutador cuyos contactos se abren o cierran dependiendo de la existencia o no de dichos agujeros.

Luego se utilizaron lectores de cinta fotoeléctricos, los cuales permitían una velocidad de lectura de cinta muy superior. Los mismos constaban de células fotoeléctricas, fotodiodos o fototransistores como elementos sensores. Estos elementos sensibles a la luz, ubicados bajo cada canal de la cinta (incluso bajo el canal de arrastre). Una fuente luminosa se colocaba sobre la cinta, de tal forma que cada sensor producía una señal indicando la presencia de un agujero que sería amplificada y suministrada al equipo de control como datos de entrada.

Otro medio que se utilizaba para la entrada de datos era el cassette, robusto y pequeño, era más fácil de utilizar, guardar y transportar que la cinta, siendo óptima su utilización en medios hostiles. Su capacidad variaba entre 1 y 5 Mb.

Luego comenzó a utilizarse el diskette. Su característica más importante era la de tener acceso aleatorio, lo cual permitía acceder a cualquier parte del disco en menos de medio segundo. La velocidad de transferencia de datos variaba entre 250 y 500 Kb / s.

Con la aparición del teclado como órgano de entrada de datos, se solucionó el problema de la modificación del programa, que no podía realizarse con la cinta perforada, además de una rápida edición de programas y una cómoda inserción y borrado de bloques, búsqueda de una dirección en memoria, etc.

UNIDAD DE MEMORIA INTERNA E INTERPRETACIÓN DE ÓRDENES

Tanto en los equipos de programación manual como en los de programación mixta (cinta perforada o cassette y teclado), la unidad de memoria interna almacenaba no sólo el programa sino también los datos máquina y las compensaciones (aceleración y desaceleración, compensaciones y correcciones de la herramienta, etc.). Son los llamados datos de puesta en operación.

En las máquinas que poseían sólo cinta perforada como entrada de datos, se utilizaba memorias buffer.

Luego, con el surgimiento del teclado y la necesidad de ampliar significativamente la memoria (debido a que se debía almacenar en la misma un programa completo de mecanizado) se comenzaron a utilizar memorias no volátiles (su información permanece almacenada aunque desaparezca la fuente de potencia del circuito, por ejemplo en el caso de un fallo en la red) de acceso aleatorio (denominadas RAM) del tipo CMOS.

Además poseían una batería denominada tampón, generalmente de níquel – cadmio, que cumplían la función de guardar durante algunos días (al menos tres) todos los datos máquina en caso de fallo en la red.

Una vez almacenado el programa en memoria, inicia su lectura para su posterior ejecución.

Los bloques se van leyendo secuencialmente. En ellos se encuentra toda la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado.

UNIDAD DE CÁLCULO

Una vez interpretado un bloque de información, esta unidad se encarga de crear el conjunto de órdenes que serán utilizadas para gobernar la máquina herramienta.

Como ya se dijo, este bloque de información suministra la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado. Por lo tanto, una vez el programa en memoria, se inicia su ejecución. El control lee un número de bloques necesario para la realización de un ciclo de trabajo. Estos bloques del programa son interpretados por el control, que identifica:

La nueva cota a alcanzar (x, y, z del nuevo punto en el caso de un equipo de tres ejes), velocidad de avance con la que se realizará el trayecto, forma a realizar el trayecto, otras informaciones como compensación de herramientas, cambio de útil, rotación o no del mismo, sentido, refrigeración, etc.)

La unidad de cálculo, de acuerdo con la nueva cota a alcanzar, calcula el camino a recorrer según los diversos ejes.

SERVOMECANISMOS

La función principal de un control numérico es gobernar los motores (servomotores) de una máquina herramienta, los cuales provocan un desplazamiento relativo entre el útil y la pieza situada sobre la mesa. Si consideramos un desplazamiento en el plano, será necesario accionar dos motores, en el espacio, tres motores, y así sucesivamente.

En el caso de un control numérico punto a punto y paraxial, las órdenes suministradas a cada uno de los motores no tienen ninguna relación entre sí; en cambio en un control numérico de contorno, las órdenes deberán estar relacionadas según una ley bien definida.

Para el control de los motores de la máquina herramienta se pueden utilizar dos tipos de servomecanismos, a lazo abierto y a lazo cerrado.

En los de lazo abierto, las órdenes a los motores se envían a partir de la información suministrada por la unidad de cálculo, y el servomecanismo no recibe ninguna información ni de la posición real de la herramienta ni de su velocidad.

No así en un sistema de lazo cerrado, donde las órdenes suministradas a los motores dependen a la vez de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo y de las informaciones suministradas por un sistema de medidas de la posición

real por medio de un captador de posición (generalmente un encoder), y uno de medida de la velocidad real (tacómetro), montados ambos sobre la máquina.

3.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

A partir de 1960, se produce en las industrias la incorporación de sistemas de control programables denominados Controladores Lógicos Programables (PLC).¹⁰

Es un equipo electrónico inteligente diseñado para asumir el control de las máquinas de manera efectiva, confiable, e invirtiendo el menor costo. El uso de este tipo de controles, comienza en las plantas envasadoras, automotrices o de procesos químicos, actualmente se extiende más allá del contexto de las industrias hacia aplicaciones tales como sistemas de alarmas, controles de iluminación de centros comerciales o controles de temperatura y humedad en invernaderos.

El PLC es utilizado para automatizar sistemas eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos de control que se requiere para automatizar los procesos de una industria de cualquier tamaño para la producción o para utilizarlo como componente de un producto de fabricación que tenga como objetivo cumplir todas las tareas concernientes a la automatización, sin incurrir en costos que eleven el producto y por consiguiente ser competitivos en un mercado cada vez más exigente, donde los clientes exigen productos o servicios de calidad, al menor precio y en el tiempo oportuno.

Como es obvio, aumentar el grado de automatización significa hacer que los mandos asuman más funciones y si adicionalmente se exigen tiempos más cortos en los procesos, es ineludible el empleo de equipos electrónicos, y es por eso que el PLC asume esta responsabilidad, porque está diseñado para ello. Está

¹⁰ RIDLEY, Jones, *Mitsubishi FX PLC's*, Editorial Prentice Hall, Estados Unidos 2003, p. 42

demostrado que su uso para la automatización es la mejor alternativa aún para los procesos más sencillos, existen muy pocos sistemas donde se cuestione su uso. Su difusión está generalizada a nivel industrial, pero ahora con la innovación, estos equipos se han adaptado para ser utilizados en la pequeña y mediana industria.

3.7.1 FUNCIONAMIENTO DE UN PLC

Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Interfaces de entradas y salidas.
- CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria.
- Dispositivos de Programación.

El usuario ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU.

La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida.¹¹

Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.). Ver figura 3.11.

Al iniciar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas.

Luego ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final se actualizan las salidas.

¹¹ HEINEMANN, Jean, *Programmable logic*, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos 1998, p.

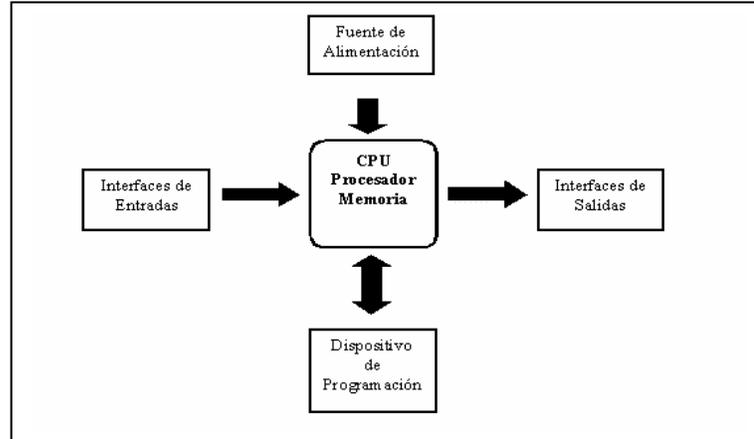


Fig. 3.11 Estructura de un PLC

El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida. Ver figura 3.12.

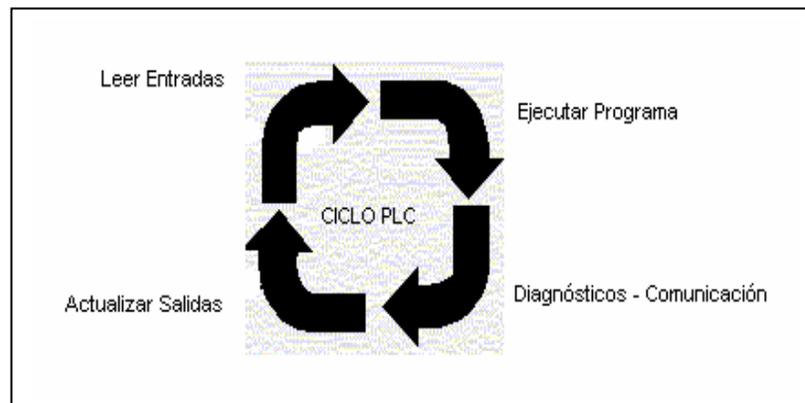


Fig. 3.12 Ciclo de lectura de un PLC

3.7.2 VENTAJAS DE LOS PLC'S RESPECTO A LA ALTERNATIVA CONVENCIONAL

Son muchas las ventajas que resaltan, a simple vista, el empleo de los PLC's para automatizar sistemas, desde aplicaciones básicas hasta sistemas muy complejos.

Actualmente, su uso es tan difundido que ya no se requiere mucho análisis para decidir qué técnica emplear: si la lógica cableada en base a relés o la lógica programada en base al PLC. Sin embargo, a continuación se fundamenta cada una de estas ventajas, con el propósito que reconocer mejor el panorama.

Menor costo

Las razones que justifican una mayor economía para el uso del PLC, especialmente en aplicaciones complejas, se da porque prescinde del uso de dispositivos electromecánicos y electrónicos, tales como: relés auxiliares, temporizadores, algunos controladores, contadores, etc., ya que estos dispositivos simplemente deben ser programados en el PLC sin realizar una inversión adicional. El costo que implica invertir en los equipos anteriormente señalados, es muy superior al costo del PLC, además de otras ventajas con que cuenta y no son cuantificadas.

Menor espacio

El control que gobierna un sistema automático mediante un PLC, es mucho más compacto que un sistema controlado con dispositivos convencionales (relés, temporizadores, contadores, etc.) esto se debe a que el PLC está en capacidad de asumir todas las funciones de control. La diferencia de espacio se hace muy notable, cuando por medios convencionales se cuenta con varios tableros de control.

Confiabilidad

La probabilidad para que un PLC pueda fallar por razones constructivas es insignificante, exceptuando errores humanos que pueden surgir. Esto se debe a que el fabricante realiza un riguroso control de calidad, llegando al cliente un

equipo en las mejores condiciones; además, sus componentes son de estado sólido, con pocas partes mecánicas móviles, haciendo que el equipo tenga una elevada confiabilidad.

Versatilidad

La versatilidad de estos equipos radica en la posibilidad de realizar grandes modificaciones en el funcionamiento de un sistema automático con sólo realizar un nuevo programa y mínimos cambios de cableado.

Además, es importante resaltar, que el tiempo empleado en realizar modificaciones, comparado con la técnica por lógica cableada, es significativo.

Poco mantenimiento

Estos equipos, por su constitución de ser muy compactos, respecto a la cantidad de trabajo que pueden realizar, y además, porque cuentan con muy pocos componentes electromecánicos, no requieren un mantenimiento periódico, sino lo necesario para mantenerlo limpio y con sus terminales ajustados a los bornes y puesta a tierra.

Fácil instalación

Debido a que el cableado de los dispositivos, tanto de entrada como de salida, se realiza de la misma forma y de la manera más simple, además que no es necesario mucho cableado, su instalación resulta sumamente sencilla en comparación a la lógica convencional, que sí se requiere de conocimientos técnicos avanzados.

Compatibilidad con dispositivos sensores y actuadores

Actualmente las normas establecen que los sistemas y equipos sean diseñados bajo un modelo abierto, de tal manera que para el caso de los PLC's, puedan fácilmente conectarse con cualquier equipo sin importar la marca ni procedencia. Hoy en día, casi todas las marcas de PLC's están diseñadas bajo esta norma.

Integración en redes industriales

El avance acelerado de las comunicaciones obliga a que estos equipos tengan capacidad de comunicarse a través de una red y de este modo trabajar en sistemas jerarquizados o distribuidos, permitiendo un mejor trabajo en los niveles técnicos y administrativos de la planta.

Detección de fallas

La detección de una falla resulta sencilla porque dispone de leds indicadores de diagnóstico tales como: estado de la CPU, terminales de E/S, etc.

Fácil Programación

Programar los PLC's resulta fácil, por la sencilla razón que no es necesario conocimientos avanzados en el manejo de PC's, solamente es suficiente conceptos básicos. En las versiones más pequeñas no se requiere PC simplemente se programa con un teclado que viene incorporado con el equipo.

Menor consumo de energía

Como todos sabemos, cualquier equipo electromecánico y electrónico requiere un consumo de energía para su funcionamiento, siendo dicho consumo representativo cuando se tiene una gran cantidad de ellos; sin embargo, el consumo del PLC es muy inferior, lo que se traduce en un ahorro sustancial.

Lugar de la instalación

Por las características técnicas que presenta en cuanto a los requisitos que debe cumplir para su instalación, tales como: nivel de temperatura, humedad, ruido, variaciones de tensión, distancias permisibles, etc. fácilmente se encuentra un lugar en la planta o equipo dónde instalarlo, aún en ambientes hostiles.

3.7.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DE UN PLC

La programación está basada en el estándar IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define 4 lenguajes que se pueden usar para programar PLC's. Sólo que cada fabricante a personalizado estos lenguajes para hacerlos de fácil uso para todo usuario, además de lo complejo de cada fabricante.¹²

IL Instruction List (Lista de Instrucciones)

La lista de instrucciones es un lenguaje de programación que consiste en escribir los comandos en forma similar a las instrucciones de control de un microprocesador convencional. Es una especie de lenguaje ensamblador. Ver figura 3.13.

```
LD ALIB
JMPC LABEL3
LD OUTPUT2
STN OUTPUT2
R OUTPUT3
LABEL3:
LDN VALID
JMPC LABEL4
LDN OUTPUT3
ST OUTPUT3
R OUTPUT2
LABEL4:
```

Fig. 3.13 Lista de Instrucciones

¹² <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d006usermsp/d006usermsp.html>

SFC Sequential Function Chart (Diagrama de Funciones Secuenciales)

Este lenguaje es especialmente útil cuando se trata de programar aplicaciones con procesos secuenciales. Cada paso del proceso se define como un estado

en el cual se realizan ciertas acciones en función de las condiciones de las entradas al PLC.

Para pasar de un estado a otro, se utilizan transiciones. Una transición viene definida por las condiciones del proceso, o por una acción que lleva a cabo el usuario del sistema, como encender un botón. Ver figura 3.14.

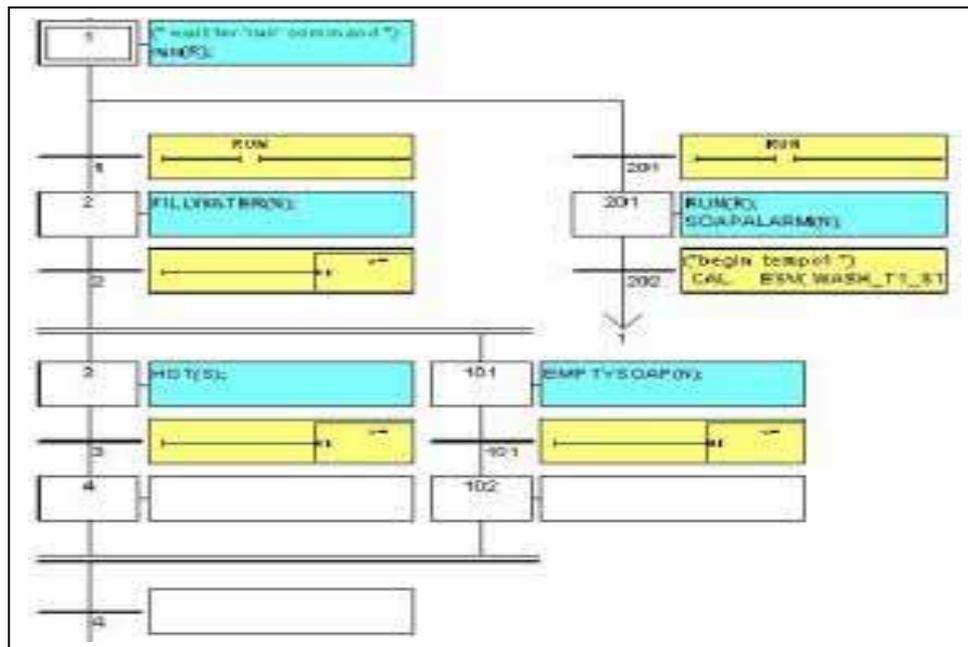


Fig. 3.14 Diagrama de funciones secuenciales

LL: Ladder Logic o Lógica de Escalera

Este lenguaje fue inventado para que se hiciera más fácil a las personas con conocimiento de diagramas eléctricos, realizar la programación en PLC's. El lenguaje utiliza descriptores gráficos de elementos tales como contactos, bobinas y otros que son comunes en los circuitos eléctricos. Ver figura 3.15.

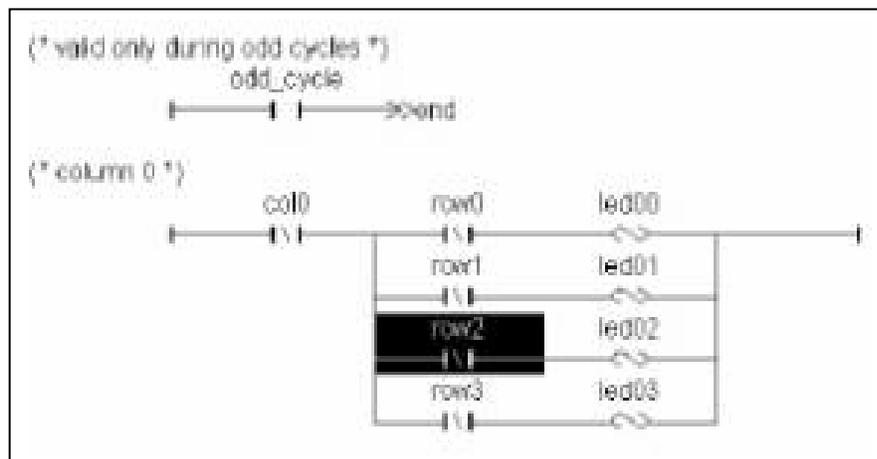


Fig. 3.15 Lógica de Escalera o Ladder

CAPÍTULO IV

Ficha Técnica de la Máquina

Rectificadora Warner Swasey G996

FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA RECTIFICADORA WARNER SWASEY G996

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Las máquinas rectificadoras WARNER & SWASEY STEP-MASTER “SERIES-50” están construidas para operar bajo un estándar en ciertas condiciones.

Esta máquina cuenta con un control computarizado automático Serie-50.

La STEP-MASTER es una rectificadora de precisión con un alto grado de sofisticación, diseñada para que sea fácil de programar y funcionar.

La STEP MASTER es básicamente una máquina métrica. Esta es sin embargo capaz de ser programada en pulgadas o dimensiones métricas. La máquina puede ser programada en una o en otra; la conversión de una dimensión a otra no es posible.

Todas las dimensiones usadas en la programación o referenciadas al movimiento de STEP-MASTER están en longitud y diámetro.

La máquina cuenta con dos ejes “X” para el movimiento de la piedra de trabajo y “Z” para el movimiento de mesa de trabajo, para ir rectificando la pieza respectivamente.

Esta máquina rectifica diámetros externos y su función es rectificar 4 diámetros de la pieza de trabajo.

4.2 ESPECIFICACIONES

Deslizamiento de la piedra	Derecha o angular
Microprocesador	Dos ejes

Velocidades

Piedra	8500 SFPM – 43 SMPS
Deslizamiento de los ejes de la piedra (máx.)	500 IPM – 13 MPM
Ejes de Mesa de trabajo (máx.)	500 IPM – 13 MPM

Otros

Centros de trabajo	14 Jarno
Motor de la piedra	20 HP – 25 HP
Motor de trabajo	3 HP
Lubricación	.25 HP
Motor del líquido refrigerante	35 GPM - .33HP

4.3 FIGURA Y DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA

Esta son algunas fotografías de la máquina rectificadora de exteriores WARNER & SWASEY. Serán evidencia para la presentación y justificación del retrofit, ya que actualmente se encuentra en mal estado y necesita la reestructuración electrónica.



Fig. 4.1 Mangueras en mal estado



Fig. 4.2 Sensor de proximidad



Fig. 4.3 Sistema de lubricación



Fig. 4.4 Sensores



Fig. 4.5 Piedra que rectifica la pieza



Fig. 4.6 Contrapunto para agarrar la pieza



Fig. 4.7 Servomotor del eje Z



Fig. 4.8 Motor de lubricación



Fig. 4.9 Control Numérico

A continuación se muestra la máquina de frente y se especifican sus medidas exactas. Al lado se encuentra el gabinete en donde está en control de la máquina.

4.4 COMPONENTES DE LA RECTIFICADORA WARNER & SWASEY

# Parte	Descripción
Procesador	
EK8073	Chasis del Microprocesador.
278846G	Tarjeta del Microprocesador, 1806ª CPU con modificaciones.
278811X	Tarjeta del Microprocesador, Sensor del Brownout.
278932X	Tarjeta del Microprocesador, 8K RAM.
633842	Batería para la tarjeta RAM 1814A.
278037L	Tarjeta del Microprocesador, tarjeta dual del eje, (slot 4).
278962U	Tarjeta del Microprocesador, Interruptor de opción, (slot 5).
278629K	Tarjeta del Microprocesador, tarjeta personalizada, (slot 6).
278847H	Tarjeta del Microprocesador, 1805 A tarjeta de entrada/salida general con modificaciones, (spot 8).
278849K	Tarjeta del Microprocesador, 1824 controlador de entrada/salida con modificaciones, (slot B).
EK7894	Fuente de poder del Microprocesador, 175 watt entrada, 100-1340 VAC, 40-440Hz salida, etc.
27877OH	Recubrimiento del panel diagnóstico.
279297G	Panel diagnóstico.
EK8222U	Fuente de poder, 115 VAC entrada, 15 VDC MA salida, convertidor analógico - digital AD925.
Drives	
EK8272	Servo-drive, sistema del PWM que tiene operaciones independientes de dos jes Contactores dinámicos del lazo.
EK8316	Controlador del motor, D.C, de velocidad ajustable, 3 HP, 3000 RPM, para motor EK7060.
Motores	
EK7055	Servo-motor, 1140 RPM, 120 in-lbs.
EK7060	Motor, 3 HP, 3000 RPM, DC, eje de 7/8 in.
EK5799	Ruthman Gusher modelo RL-Long inmersión bomba del líquido del refrigerante, con 1/3 HP, 1500/1800 RPM, 230/460

volts,

3 fases, 50/60 Hz, totalmente cerrado el motor.

EK5939 Motor, 3 HP, 1/4 HP, 1200 RPM, 208-220/440, 3PH, 60 Hz.

EK6354 Westinghouse 3/4 HP, 1200 RPM.

EK3428 West 20 HP, 1800 RPM.

Otros

EK6455 Encoder incremental óptico, tipo H25, BEI electrónico.

EK6424 Encoder incremental óptico, tipo H25, BEI electrónico.

EK6177 Transformador diferencial variable rotatorio.

EK8422 Control de la carga, motor, 2 canales con relays.

EK8388 Módulo, entrada AC, 90-114 VAC línea de voltaje, fuente de 4.5-6 VDC, ópticamente aislado.

EK8111 Módulo, salida AC, 120-140 VAC, 50/60 Hz.

EK8305 Módulo, entrada DC, 4-16 VDC, 50/60 Hz.

EK5942 Interruptor de proximidad, 8.5 - 20 VDC.

EK8387 Interruptor de proximidad, AC, 18 mm, LED de salida indicador.

EK4498 Interruptor de límite, con el rodillo superior de empuje.

603530 Micro-Interruptor para el trabón.

Solenoides

EK1594 Válvula del solenoide, 1/4 in, para 115 V, 60 Hz, rango de operación de 15-150 PSI.

EK8359 Válvula del solenoide, para 115 V/110V, 60/50 Hz, con indicación de luz.

Relays

EK1640 Relay, 4 polos, 110/120 V, 50/60 Hz, tipo N.

EK6217 Relay, 5 polos, 120 V, 60 Hz, 3 contactos N.O y 2 N.C.

EK1641 Relay, 8 polos, tipo N.

EK5873 Arrancador, con 3 relays de sobrecarga, para 110/120 V, 50/60 Hz.

EK5874 Arrancador, con 3 relays de sobrecarga, para 110/120 V, 50/60 Hz.

Transformadores

EK1518 Transformador, 460/230 V primario, 115V secundario, 2 KVA, 60 Hz.

EK7061 Transformador, entrada 320/460, 60 Hz, para motor 3 HP.

EK7054 Transformador, tamaño 4, 60 Hz, General Electric.

EK8378 Transformador de corriente, 50/5 Amp.

EK8371 Acondicionador de la corriente alterna, transformador, regulador de carga.

Cables

278557W Cable, PL113, PL115 (Módulo de fuente de poder)

277530L Cable, PL114, PS708

277491X Cable, PL200, J1, J2 (Slot 0)

276205F Cable, PL202, J1 (Slot 7)

276204X Cable, PL203, J2 (Slot 7)

277634X Cable, PL204, J3 (Slot 7)

276205F Cable, PL205, J1 (Slot 8)

276205F Cable, PL206, J2 (Slot 8)

277425X Cable, PL208, J1 (Slot 6)

276255P Cable, PL210, J2 (Slot 6)

277437F Cable, PL211, J1 (Slot 4)

276059Y Cable, PL215 (J1, J2 back plane)

276701G Cable, 2PL, Diaplay Alfa Numérico

279289K Cable, PL110, Encoder Eje Z

279282Y Cable, PL111, Encoder Eje X

279250W Cable, PL107, Entrada de Teclado

Fig. 4.10 Tabla de componentes eléctricos - electrónicos

4.5 COMPONENTES ELECTRÓNICOS

4.5.1 SISTEMA DE SERVOS

La Step Master esta equipada con una modulación de ancho de pulso PWM, 2 ejes para el sistema de servos para el posicionamiento y retroalimentación de la piedra a lo largo del eje X y el eje Z.

4.5.2 ESPECIFICACIONES

	Eje x	Eje Z
Tamaño del servo:	2	2
Corriente Límite:	67 Amps	67 Amps
Bus de voltaje:	104 VDC	104 VDC
Tornillo de Bola:	10mm	12mm
Encoder:	2500 lineas	1500 lineas
Resolución:	0.002 mm (diámetro)	0.002 (longitud)
Velocidad máxima deslizamiento:	540 in/min (diam)	500 in/min
Velocidad máxima del motor:	800 RPM	1060 RPM
Regeneración del tacómetro:	34 volts/1000 RPM	34 volts/1000 RPM

4.5.3 ENCODER

El encoder consiste de un disco ranurado rotatorio que interrumpe un rayo de luz de un fototransistor, existen 2 canales, canal A y canal B, cada uno consiste de un TTL de 5 volts lógicos.

4.5.4 DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DEL CPU No. 1806, SLOT 0

MICROPROCESADOR INTEL 8080

1. Un sólo circuito integrado contiene demasiada lógica como:
 - Circuitos de control: lectura, escritura, interrupciones.
 - Registros internos: Acumulador, indicadores, unidad aritmética lógica.

2. Tiene funciones secuenciales, cíclicas y rápidas:
 - Lee una instrucción de la memoria.
 - Decodifica el significado (Lenguaje Máquina).
 - Ejecuta esta instrucción.

3. Las capacidades de la instrucción básica son:
 - Transferencia de datos: Registros a memoria de I/O para copiar.
 - Suma, resta y comparación de 2 cantidades.
 - Rama: Alternar secuencias de ejecución.

PROCESADOR AUXILIAR INTEL 8741

1. Control de trabajo de los controles: el 8741 recibe comandos del 8080 y salidas del D/A señal proporcional a la velocidad deseada del trabajo.

2. Monitorear la piedra: el 8741 escanea la piedra y los pasos de las salidas y visto a petición por el 8080.

3. Lee la localización de la punta.

4.5.5 DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DUAL DE LOS EJES, SLOT 4

CONTROLES DE ALIMENTACIÓN SOBRE LOS EJES X/Z

1. Ejes X, desplazamiento de la piedra
 - 10 mm tornillo de bola
 - 2500 líneas encoder incremental
 - Resolución: 0.00007874 pulgadas (0.002mm) por pulso, diámetro

2. Ejes Z, Acarreo
 - 12 mm tornillo de bola
 - 1500 líneas encoder incremental
 - Resolución: 0.00007874 pulgadas (0.002mm) por pulso, longitud

3. Ejes X y Z, error del contador por desbordamiento
 - Si el contador desborda, una señal es enviada a la tarjeta 1820 multifunción I/O causando paro de la maquina y un mensaje "Error Cntr Oval" .
 - Algún mensaje es producido por la detección del encoder.

4. Ejes X y Z comando de velocidad
 - Convertidor D/A proporciona una señal al servo G. E
 - ± 8.5 volts para ambas direcciones.

4.5.6 NOTAS DE LOS CIRCUITOS

1.- Velocidad de lazo. El servomotor es de tipo permanente del imán con alto esfuerzo de torsión con corriente de armadura controlada por un circuito puente de transistores a través de una fuente de 104 VDC.

2.- Ganancia: Tarjeta de control (PWMC) para cada uno de los ejes tiene componentes variables que permiten acoplar cada uno de los drives con el sistema mecánico.

4.6 PROGRAMACIÓN

Los datos están basados sobre la relación de la piedra con referencia al eje X (línea central de la pieza de trabajo) para alineación del diámetro del objeto.

El deslizamiento de la mesa, donde se sostiene la pieza de trabajo, es el eje Z. Para el eje Z, la referencia puede ser asignada a algún punto a lo largo de la longitud de la pieza de trabajo. La localización óptima depende de la configuración de la pieza de trabajo y la localización de la superficie a ser rectificada.

La posición a lo largo del eje “Z” se toman de la cara izquierda (respecto de la piedra).

La rutina del programa para la pieza de trabajo por parte del operador o programador es:

1. Ponga datos de la rutina dentro de la memoria.
2. Establezca las referencias del eje X y Z para la pieza de trabajo, usando el modo manual.
3. Establezca las posiciones del eje X y Z para el diamante si el CNC del rectificado es usado.
4. Ponga datos de página de la cubierta.
5. Pruebe el programa de rectificado, usando el modo de un solo ciclo.
6. Pruebe el ciclo CNC del rectificado.
7. Finalmente cheque la precisión del rectificado en ciclo automático.
8. Grabe el programa dentro de las tarjetas si la opción ADI es instalada.

Aunque los datos sean incorporados a cualquier secuencia es más conveniente meter en el orden demostrado en las páginas reales.

4.7 OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

A continuación se detallará el set up y operación de varias funciones de la STEP-MASTER.

Para inicializar el setup de la STEP- MASTER se requerirá la siguiente secuencia de pasos, después estableceremos y meteremos un programa.

1. Establecer ejes X y Z en cero sobre la pieza de trabajo.
2. Sólo ciclo la parte del programa.
3. Meter las posiciones del diamante
4. Sólo ciclo del rectificado
5. Seleccionar auto-ciclo.

Cuando el reseteo a cero esté hecho, las posiciones del diamante se colocarán automáticamente a cero, el cual pasará a un ciclo que rectifica. Para restablecer el setup:

1. Manualmente mover la piedra a la nueva posición.
2. Leer la posición de Z en el display.
3. Meta este valor como un offset y el valor cambiará a cero.
4. Corra un ciclo.

4.8 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS

El controlador del sistema de motores y el sistema eléctrico requiere las siguientes entradas eléctricas:

- a. Entrada de voltaje: 460 VAC (opcional “30 VAC)
- b. Entrada de corriente: 60 amp. (125 Amp)
- c. Frecuencia: 60 Hz
- d. Fases: 3-Fases

4.9 MANTENIMIENTO

Esta sección cubre los lubricantes, fluidos hidráulicos, líquido refrigerante y algunas frecuencias y aplicaciones. El uso apropiado de los lubricantes ayudará a reducir el desgaste. Esta sección también nos habla del mantenimiento preventivo y correctivo así como los procedimientos que se requieren para procurar el apropiado funcionamiento.

4.9.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La STEP-MASTER está diseñada eficientemente y no requiere de excesivo mantenimiento. Sin embargo para tener un óptimo servicio es necesario darle continuamente mantenimiento.

4.9.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y FRECUENCIAS

A. Mecánicas

- 1. Depósito de lubricación Viscosidad: 300 - 475 SUV

7. Compruebe batería de voltaje de la Memoria RAM Slot 3. El Voltaje deberá ser de 2.5 – 2.7 volts. Cada 6 meses.

4.9.3 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

El alcohol es un excelente limpiador. La frecuencia con la cual se debe limpiar los diversos dispositivos puede variar de aplicación a aplicación.

Cuando lea errores ocurridos, la fuente del problema puede atribuirse a alguno de los siguientes:

- 1) Superficie de la tarjeta.
- 2) Problema mecánico con unidad de escritura en la tarjeta.
- 3) Problema mecánico con unidad de lectura en la tarjeta.
- 4) Ruido eléctrico excesivo en el sistema.

CAPÍTULO V

"Retrofit Warner & Swasey"

RETROFIT WARNER & SWASEY

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Realizar una inversión que sea factible, en este caso un retrofit de la rectificadora Warner & Swasey modelo STEP MASTER ya que su control es demasiado obsoleto, ver figuras 5.1, 5.2.



Fig. 5.1 Drives de los ejes



Fig. 5.2 Tarjetas electrónicas

Este control como se puede apreciar en las figuras cuenta con un CN “Control Numérico” muy viejo y obsoleto. El cableado es deficiente y voluminoso y los dispositivos electrónicos que contienen las tarjetas electrónicas y los drives son viejos y pueden fallar en cualquier momento, ya que como sabemos estos tienen un tiempo de vida y pueden dejar de funcionar debido al sobrecalentamiento de los mismos.

El control no tiene relevadores ya que la misma lógica la realiza el CN. Tiene dos servomotores de C.D y encoders para el movimiento del eje X “Movimiento de la piedra” y eje Z “Movimiento de la Mesa” para realizar el rectificado de la pieza.

5.2 PROYECTO DE INVERSIÓN

Es una propuesta de acción técnico económica para resolver una necesidad “producción” utilizando un conjunto de recursos disponibles: recursos humanos, materiales y tecnológicos entre otros.

Tiene como objetivo aprovechar estos recursos para mejorar la producción en la empresa, ya sea a corto, mediano o largo plazo.

Responde a una decisión sobre uso de recursos con el objetivo, de disminuir el número de paros para mejorar la producción.

PROYECTO			
ESTUDIO DE MERCADO	ESTUDIO TÉCNICO	ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN	ESTUDIO FINANCIERO

5.2.1 ETAPAS DE LA INVERSIÓN

Empieza con el estudio definitivo y termina con la puesta en marcha del proyecto.

Sus fases son:

- ✓ Financiamiento
- ✓ Estudios definitivos o estudios de ingeniería
- ✓ Ejecución y montaje
- ✓ Puesta en marcha

5.2.2 ETAPA DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Es necesario verificar después de un tiempo razonable de operación, que efectivamente el problema ha sido solucionado por la intervención del proyecto.

Sus fases son:

- ✓ Cálculo de la rentabilidad de la inversión
- ✓ Cálculo del valor presente o valor actual VAN
- ✓ Cálculo de la tasa interna del retorno (TIR)
- ✓ Cálculo de la relación Costo - Beneficio

5.3 ESTUDIO TÉCNICO

5.3.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Actualmente estas rectificadoras cuentan con un control obsoleto que provoca mucha variación y mala calidad en el producto, esto a su vez lleva consigo gran cantidad de paros y por lo mismo pérdida de tiempo y producción.

Este proyecto nace de la investigación y evaluación de los problemas que continuamente ha presentado este tipo de rectificadoras.

Uno de los principales factores a los cuales se condiciona la incorporación de la empresa a este proyecto es el sustento económico, que nos fuerza a realizar la reestructuración o retrofit de las rectificadoras en cuanto al control.

Para ello estructuré un modelo de justificación económica que en términos simples justifica y condiciona la inversión sustentada por los siguientes elementos:

- ✓ Mejorar la producción.
- ✓ Reducción de costos del proceso de producción (materia prima, herramienta, etc.)
- ✓ Aumento en la eficiencia de la secuencia de procesos.
- ✓ Tener menor cantidad de paros.
- ✓ Tener menor costo en cuanto al tiempo invertido en el mantenimiento y gasto en compra de refacciones.

5.3.2 CONCIENTIZACIÓN DE LA GERENCIA

Mediante una presentación de gerencia de área, solicitando el apoyo y participación de sus colaboradores en el desarrollo, implementación y puesta en producción de este proyecto, haciéndoles ver los beneficios que producirá la puesta en marcha de este proyecto.

5.3.3 ALCANCES

Este prototipo pretende que sea el primero de varios con la misma función para empezar a automatizar o retrofitear las 7 rectificadoras del mismo modelo que existen en la planta. Se desea tomar el control como estándar para las 7 rectificadoras.

Las rectificadoras del mismo modelo que hay en la planta son:

1. G1106 FPR – 8C
2. G1107 FPR - 7
3. G1109 FPR – 8C
4. G1174 TER - 5
5. G996 TER - 3
6. G1149 FMR - 5
7. G1147 TER - 5

En la figura 5.1 se muestra exactamente la localización de cada una de las maquinas, son aquellas que están encerradas en un círculo rojo, para ser más específico.

5.4 ESTADO ACTUAL O EVIDENCIA DE LA RECTIFICADORA

En las figuras 5.4 y 5.5 se pueden apreciar el estado actual de la rectificadora. En ellas apreciamos primero que nada un control bastante obsoleto, cableado en mal estado, bastante suciedad, piezas electrónicas bastante viejas.

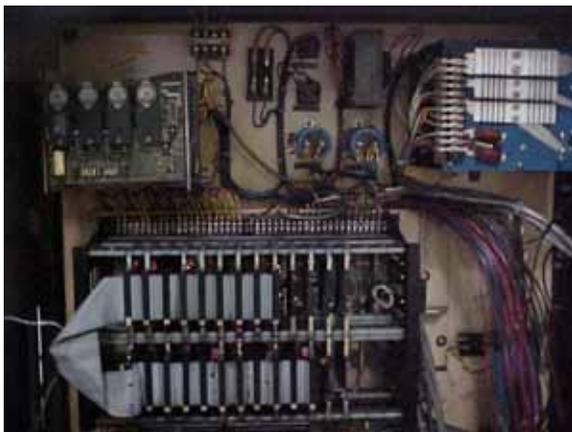


Fig. 5.4 Control Numérico



Fig. 5.5 Drives de los ejes X y Z

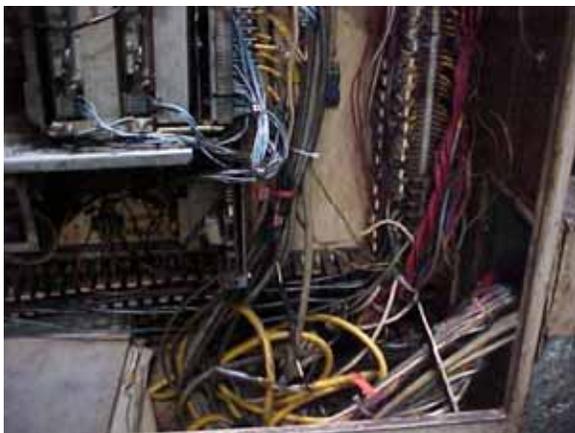


Fig. 5.6 Cableado en mal estado



Fig. 5.7 Tarjetas electrónicas

La evidencia después del retrofit sería la siguiente:



Fig. 5.8 Máquina retrofiteada

La finalidad primordial del retrofit es reducir las dificultades operacionales y los trabajos de mantenimiento donde sea posible, gasto de herramienta excesiva así como el número de paros que el control ocasiona, el tiempo de respuesta alto en la reparación o compra de las refacciones.

El período de amortización de la inversión es muy corto debido a los ahorros que pueden alcanzarse al disminuir la necesidad de mantenimiento y el consumo energético. La principal ventaja de una retroadaptación radica en el poco tiempo.

El control que se implementaría sería en caso de PLC:

- ✓ Allen – Bradley
- ✓ Siemens
- ✓ Telemecanique

En el caso de CNC:

- ✓ Fanuc

La reestructuración también va a contar con un PANEL VIEW, idéntico al que se muestra en la figura 5.9. El cual va a facilitarle mucho el trabajo al operador al momento de especificar coordenadas y ciclos de operación.

5.5 JUSTIFICACIÓN DEL RETROFIT

5.5.1 ¿POR QUÉ AUTOMATIZAR?

La maquina rectificadora tipo STEP – MASTER marca Warner & Swasey, es un modelo de los años 70's. Lo que trae por consiguiente circuiteria electrónica y accesorios de los orígenes de la automatización electrónica, es decir sus

componentes son circuitos integrados tipo TTL, los cuales son muy vulnerables al ruido eléctrico ya que trabajan con voltajes de alimentación de 5 VDC, utilizan para procesar su información memorias EPROM las cuales debemos de tener un respaldo de estas, ya que es el contenido del programa de máquina sin ellas es difícil comandar la máquina, si falla esta tarjeta sin un respaldo nos quedaríamos sin la posibilidad de reprogramar ya que no existe información. El alambrado de sus interfaces es del tipo “wire wrap”, este tipo de alambrado no lleva soldaduras y están directamente conectados los conductores con los pines de los conectores de las tarjetas electrónicas, lo que provoca a 30 años después riesgos con falsos contactos y la consiguiente dificultad de poderlos detectar en caso de falla, no olvidemos el ambiente húmedo y con partículas metálicas en suspensión en la que trabajan estas máquinas.

La marca Warner & Swasey cerró sus puertas en 1990, por consiguiente no hay posibilidad de conseguir repuestos a través de ellos, se podrían conseguir a través de fabricantes que le suministraron a Warner, lo que significa altos costos de reemplazo y tiempo de espera lo que redundará en más costo de producción.

Sólo por poner un ejemplo:

Una tarjeta electrónica que maneja el servomotor del eje X tiene un costo de 3,000.00 dólares americanos, esta máquina en cuestión usa dos tarjetas, más una tarjeta reguladora y de control que suman entre ellas 3,100.00 USD.

No olvidemos las partes más utilizadas como es el teclado, los cuales son de la marca Honeywell, que están descontinuados y no hay la posibilidad de adaptar al mismo sistema botonería de modelos recientes.

5.5.2 ¿POR QUÉ UTILIZAR ALLEN BRADLEY O FANUC?

Porque tenemos el respaldo de su red de distribuidores en toda la República Mexicana en el suministro de partes de esta área en control de posición.

Porque cuentan con la tecnología para este tipo de proceso de control de posición, cuentan con teclado y pantalla de visualización para monitoreo del proceso. Es decir, cuentan con tecnología de punta, lo que llevará a la rápida detección de fallas, así como la disminución de las mismas, tener personal preparado para estos controles los cuales son más familiares que con tecnología de los 70's.

5. 6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RETROFIT

VENTAJAS

- Rentabilidad al equipo (paros no planeados)
- Automatización y menor espacio del control
- Confiabilidad, versatilidad y expansión
- Mayor producción
- Estandarización
- Menor scrap
- Mejor calidad de las piezas (minimizar rango de error)

DESVENTAJAS

- Costo de inversión
- Factibilidad técnica y operativa
- Costo alto en reparación

5.7 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

Se profundiza el análisis y el estudio de las variables que inciden en el proyecto, se minimiza la variación esperada de sus costos y beneficios. Para ello es primordial la participación de especialistas, además de disponer de información confiable.

Se deben definir aspectos técnicos del proyecto, tales como localización, tamaño, tecnología, calendario de ejecución y fecha de puesta en marcha. El estudio de factibilidad debe orientarse hacia el examen detallado y preciso de la alternativa que se ha considerado viable en la etapa anterior. Además, debe afinar todos aquellos aspectos y variables que puedan mejorar el proyecto, de acuerdo con sus objetivos, sean sociales o de rentabilidad.

Para la realización del retrofit antes que nada fue necesario hacer un estudio de factibilidad, costo-beneficio, es decir se debe realizar una investigación para estar seguros que en realidad es necesario realizar la reestructuración electrónica. Esta investigación se realizó tomando en cuenta los siguientes factores:

5.8 ANÁLISIS DE INVERSIÓN

5.8.1 CRITERIO DEL PLAZO DE RECUPERACIÓN O PAYBACK

El plazo de recuperación o payback de una inversión es el tiempo necesario para que los flujos de caja netos positivos sean iguales al capital invertido.

Si los flujos netos de caja son constantes Q el plazo de recuperación viene dado por:

$$p = A / Q$$

Donde: p es el tiempo de recuperación

A es la inversión total

Q es el flujo de caja neto

5.8.2 HISTORIAL DE PAROS

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Limpieza a depósitos de soluble	1	1	9	5		
Extracción de lodos y/o rebaba en los depósitos de soluble		1				
No entra ciclo		1	2	5	1	3
No avanza el eje x			1			
No regresa el porta diamante			1			
No enciende			1	1	1	
No responde el aderezador			1			1
Checar máquina perdió la posición			1			
Se está apagando continuamente el panel del operador			1		1	
Perdió su posición en Z			1			
Se apaga y no reestablece			1			
Se para la piedra a medio ciclo y pierde referencia			1			
Sobreviaje			1			
Revisar cople del eje Z			1			
Se apaga la máquina y pierde su posición			1			
No respeta el eje X			1			
Pierde la posición de pieza a pieza			1			
No entra el ciclo en automático			1			
Se baja la presión del hidráulico			1			
No enciende la pantalla				1		
No trabaja alimentación de aderezado				1		
Se queda pegado el botón de aderezado y no entra el ciclo				1		
Falla lubricación no entra ciclo				1		
Se apaga durante el ciclo				1		
Se fue de paso cabezal de aderezado y no se reestablece				1		
No entra calibrador automático				1		
Cambiar selector dañado				1		

Arreglar bomba del refrigerante					1	
Eliminar variación de medida					1	
Reacomodar bomba de refrigerante					2	
No sale refrigerante					1	
No funciona la bomba del soluble					1	2
Fuga por la bomba del refrigerante					1	
Se bota el ciclo y no termina la operación					1	
Checar máquina, hay que reestablecer en cada ciclo					1	
Se rompió el sincho del sistema de aderezado					1	
No respeta el eje Z	1					
Fuga de aceite	2					1
No funciona extractor de lodos						1

Fig. 5.9 Historial de paros 1999 - 2004

5.8.3 COSTO POR REFACCIONES

- ✓ Sensor inductivo = \$1,275.00
- ✓ Tarjeta de comunicación = \$18,857.00
- ✓ Motor del cortador (reparación) = \$10,000.00
- ✓ Micro de seguridad = \$300.00
- ✓ Encoder 2500 pulsos = \$25,000.00
- ✓ Válvula reguladora de flujo = \$1,258.00
- ✓ Bomba hidráulica = \$9,560.00
- ✓ Reparación del sistema de enfriamiento = \$10,000.00
- ✓ Fusible 30 Amp = \$3,877.80
- ✓ Motor de lubricación (reparación) = \$15,000.00
- ✓ Block de lubricación y manguera = \$2,500.00
- ✓ Bomba de refrigerante Siemens ½ Hp (reparación) = \$15,000.00
- ✓ Válvula check para succión de la bomba = \$755.00
- ✓ Bomba de soluble (reparación) = \$9,000.00
- ✓ Cambio de rodamientos = \$1,000.00

- ✓ Bomba de refrigerante Siemens ½ Hp = \$5,000.00
- ✓ Tarjeta del Eje X PWMC4A (reparación) = \$3,737.00
- ✓ Bomba de lubricación (reparación) = \$9,000.00
- ✓ Encoder del eje Z = \$25,000.00 **TOTAL** = \$153,620.30 en 5 años
Costo x mes = (\$153,620.30 / 5años) (1año / 12 meses)= \$2,560.33

De acuerdo al historial de paros, realicé el estudio de horas en que estuvo parada la máquina 1999 – 2004, para relacionar lo que la empresa dejó de producir todo este tiempo. Variables a considerar:

- Tiempo paros (Horas) = 336 horas en 5 años
- Piezas por Hora = 14 pzas/hr (Estándar)
- Costos

5.8.4 COSTO REAL Y REPARACIÓN DE EQUIPO

Precio de refacciones Eléctricas - Electrónicas	
Descripción	Precio
Ensamble de motor y bomba del hidráulico	20,840.00
Microswitch eléctrico	400.00
Válvula direccional mecánica	755.00
Encoder rotativo marca Heidenhan de 2500 IPR con cable de 5 m axial y conector	5,400.00
Encoder rotativo marca Heidenhan de 5000 IPR con cable de 1 m axial y conector	6,300.00
Conector para servomotor	77.00
Baterías Pila litio 3.6V 1/2 AA	86.09
Baterías Pila litio 3.6V T/AA	108.70
Baterías Pila litio 3.6V T/C	227.83
Reparación de monitor L-516	2,540.00
Potenciómetro MC5168-1K	159.00
Contador 115 VAC	340.00
Selector de 3 posiciones c/retorno manual 1NA-1NC	204.00
Selector de 2 posiciones c/retorno manual 1NA-1NC	204.00
Servicio técnico a máquina	8,000.00
Reparación de tarjeta A20B-1003-0230	2,250.00

Fusible Bussman	3,877.80
Electroválvula hidráulica	2,570.94
Válvula neumática de 5 vías y 2 posiciones	1,258.50
Bomba hidráulica	9,560.00
Sensor inductivo	1,275.00
Reparación de drive marca telemecanique	6,450.00
Reparación de tarjeta de memoria EEPROM	1,822.00
Tarjeta de comunicación	18,857.00
Servo amplificador	4,778.00
Reparación de tarjeta de interface	3,737.00
Fuente de poder	28,750.00
Drive	14,375.00
Servomotor 1326 B-B520E	18,400.00

Fig. 5.10 Costo real del equipo electrónico - eléctrico

5.8.5 COSTO POR COSTO DE OPORTUNIDAD

$$\begin{aligned}
 \# \text{ De piezas que dejó de hacer} &= \# \text{ de horas paro} \times \# \text{ piezas por hora} \\
 &= (336 \text{ horas}/5\text{años}) (1\text{año}/12\text{meses}) \\
 &= 5.6 \text{ horas/mes} \\
 &= (5.6 \text{ horas/mes}) (14 \text{ pzas/hora}) \\
 &= 78.4 \text{ pzas/mes}
 \end{aligned}$$

Precio forja hasta salida

$$\text{Op 280} \text{ ----- } \$261.63 = \$20,511.792 \text{ p/mes}$$

ELIMINACIÓN DE SCRAP

$$\begin{aligned}
 \text{Eliminación de Scrap} &= 5 \text{ piezas/mes} \\
 &= (5 \text{ piezas/mes}) (\$261.63) \\
 &= \$1,308.15 \text{ p/mes}
 \end{aligned}$$

COSTO POR SERVICIO EXTERNO

7 Veces en 5 años

$$\begin{aligned}
 \text{Costo por servicio externo} &= (7/5\text{años})(1\text{año}/12 \text{ meses}) \\
 &= 0.117 \text{ p/mes} \\
 &= (0.117 \text{ p/mes})(\$9,000.00) \\
 &= \$1,053.00 \text{ p/mes}
 \end{aligned}$$

TOTAL DE GASTOS POR MES = \$25,433.272 mes

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Q &= (\text{Invertido/mes}) / (\text{gastos/mes}) \\
 Q &= (\$251,817.79 \text{ mes}) / (\$25,433.272 \text{ mes}) \\
 Q &= 9.901
 \end{aligned}$$

La inversión se recupera aproximadamente en 10 meses y si es factible realizarla.

5.9 PROPUESTAS

A continuación se muestran 2 propuestas que se realizaron a los distintos proveedores con el objetivo de ver cuál es la más viable y rentable.

Después de hacer el análisis de las propuestas se elegirá la más conveniente para nosotros y se presentará a la gerencia la cual tendrá la última palabra para la conclusión del proyecto, que es la automatización. Después se hará el planteamiento con producción para ver en cuanto al tiempo que va a permanecer parada la máquina, el cual varía de 1 a 2 meses respectivamente.

La primera propuesta se muestra a continuación:

PROPUESTA N ° 1 “IG ELECTRICIDAD Y CONSTRUCCIONES”

RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS

Parte	Cantidad	Descripción
1	1	Controlador Programable controllogix

2	1	Módulo de 16 entradas 24VDC
3	1	Módulo de 16 entradas 127VDC
4	1	Módulo para control de posición 2 ejes
5	1	Fuente de poder para controllogix
6	1	Chasis para 7 módulos de entradas/salidas
7	1	Módulo de 16 salidas 127 VAC
8	1	Terminal de conexión para módulos de E/S
9	1	Panelview 600
10	1	Interface analogical
11	1	Servomotor 460 VAC. Mod 530
12	1	Servomotor 460 VAC. Mod 420
13	2	Cable de potencia para motor
14	2	Cable para servomotor retroalimentación
15	1	Módulo para 1 eje 5Kw
16	1	Módulo para 1 eje 3Kw
17	1	Módulo analógico
18	1	Módulo para motor de DC
19	1	Ingeniería en programación
20	1	Mano de obra en desconexión, instalación y cableado.
21	1	Material misceláneo para la correcta instalación y cableado de los equipos

DIAMANTADOR. ASÍ COMO EL MISMO GABINETE DE FUERZA Y SUS ACCESORIOS

e).- Tiempo de entrega de 30 a 45 días después de haber recibido su pedido.

f).- Vigencia de cotización: hasta Septiembre 08 del 2004

g).- Este precio incluye capacitación en arranque y 30 días en desperfectos de mano de obra. Los equipos a insta-

lar, tienen garantía de 1 año con el fabricante.

h).- Este precio incluye:

- Desmantelamiento de equipo existente
- Suministro y colocación de equipo nuevo
- Programación de equipo.
- Pruebas y puesta en marcha.
- Capacitación y operación a su personal

Sin otro particular por el momento y agradeciéndoles de antemano las atenciones que le sirvan

tomar a la presente
me despido de Usted, en espera de vernos favorecidos con su amable pedido.

Atentamente,

Ing. Iván Granados Baeza

CONCLUSIONES Y BENEFICIOS

Se hace una inversión inicial de \$ 30,551.00 dólares Americanos con los cuales se obtiene:

1. Equipo moderno con tecnología ampliamente conocida como Allen Bradley.
2. Equipos familiarizados con su personal de mantenimiento lo que permitirá reducción de costos por contratación de personal externo.
3. Partes de repuesto casi inmediatas.
4. Reducción de costos por paro de máquina, para conseguir repuestos ya difícil de conseguir de los controles originales de la máquina.
5. Monitoreo de fallas con mayor rapidez, logrando reducir los tiempos de paro de la máquina.
6. Cuenta con un panel a color lo que permite al personal de producción y mantenimiento visualizar el proceso de la máquina y la comunicación hombre-máquina más fácil.
7. Mejor control del proceso obteniendo mayor habilidad de la máquina.

PROPUESTA N ° 2 “HEXACONTROL, S.A. DE C.V.”**Automatización creativa a su servicio****Propuesta:****RECTIFICADORA DE 2 EJES****PLANTA II**

Cantidad	Descripción	Precio
1	Procesador Logix5550	4,569.50
1	Chasis 7 Slots	301.18
1	Fuente de poder	549.08
1	Módulo Servo Control 2 ejes	1,594.13
1	Conector RTB	46.00
1	Módulo 16 Entradas digitales a VDC	214.00
1	Conector RTB	34.00
1	Módulo 16 Salidas digitales a Rel	382.00
1	Conector RTB	34.00
2	Servodrive Ultra3000 (5Kw, 440 VAC)	3,258.00
2	Servomotor 115 Lb-in, 3000 RPM	3,498.00
2	Cable de retroalimentación 9m	650.00
2	Cable de potencia 9m	600.00
1	Panel View Plus 1000	3,199.00
TOTAL (USD)		18,928.89
1	Procesador 5/04	1,429.00
1	Chasis 7 slots	273.00
1	Fuente de poder	382.00
1	Módulo 16 Entradas	320.00
1	Módulo 16 Salidas	340.00
1	Módulo DeviceNet 1 port	953.00
1	Servodrive Ultra5000 (5Kw) DeviceNet	3, 838.00
2	Servomotor 115 lb-in, 300 RPM	3, 498.00
2	Cable de alimentación 9m	650.00
2	Cable de potencia 9m	600.00
1	Panel-view Plus 1000	3, 199.00
TOTAL (USD)		15,482.00

Nota: Sólo se estima el control general de los servomotores, falta el equipo para arrancar los demás motores, solenoides, válvulas, lámparas. Drives de VDC y controlador de motor de pasos.

Av. Tecnológico -# 29, int 101. Zona Centro. C. P. 76000.

Tel / Fax: 01 (442) 2 16 65 24. Email: hexacontrol@prodigy.net.mx

E	Sim	C	Elemento	Marca	S
	1M	1	Wheel Motor 20 HP, 1800 RPM, 220 VAC 3F		
		3	Fusibles	GouldShawmut	
1		1	Contactora	AllenBradley	1
1		1	Protección	AllenBradley	
	2M	1	Coolant Motor 1/3 HP, 1800 RPM, 220 VAC 3F		
		3	Fusibles	GouldShawmut	
1		1	Contactora	AllenBradley	1
1		1	Protección	AllenBradley	
	3M	1	Trabon Lube Motor, 1/4 HP, 1200 RPM, 220 VAC 3F		
		3	Fusibles	GouldShawmut	
1		1	Contactora	AllenBradley	1
1		1	Protección	AllenBradley	
	4M	1	Hidraulic Motor Pump, 3/4 HP, 1200 RPM, 220 VAC 3F		
		3	Fusibles	GouldShawmut	
1		1	Contactora	AllenBradley	1
1		1	Protección	AllenBradley	
	5M	1	Work Motor 3 HP, 0 - 2700 RPM, VDC		
		2	Fusibles		
2		1	Drive DC	Baldor	3
	6M	1	Stepper Motor	PacificScientific	
		2	Fusibles	GouldShawmut	
1		1	Controlador stepper	PacificScientific	1

		motor			
	7M	1	Triung Crossfeed Motor		
		2	Fusibles		
2		1	Drive DC	Baldor	3
	8M	1	Table Servo Motor	AllenBradley	
		3	Fusibles 8 Amp	GouldShawmut	
5		1	UltraDrive 440 VAC, 5kW	AllenBradley	
		1	Power cable	AllenBradley	
		1	Feedback Cable	AllenBradley	
	9M	1	Wheel slide Servo Motor		
		3	Fusibles 8 Amp		
5		1	UltraDrive 440 VAC, 5kW		
		1	Power cable		
		1	Feedback Cable		
23					11
Total entradas discretas				Total salidas discreta	

Conclusiones

De las dos cotizaciones antes mencionadas recomendé la N° 2, ya que de acuerdo a las necesidades de operación de la máquina reúne todos los requisitos para su operación y control, como se aprecia en su cotización y además el equipo contemplado en la otra cotización es similar a esta, sólo que aparte también es más viable en cuanto al precio.

ANTES	DESPUÉS
- Costo de oportunidad	- Cero paros
- Costo por servicio externo	- Cero Scrap
- Costo de refacciones	- Cero refacciones
- Tiempo espera	- Cero tiempo extra
- Scrap	- Cero servicios externos
- Tiempo extra	- Mantenimiento planeado cada 3 meses
- Mantenimiento emergente	- Cero variación de medida
- Variación de medida	

PRINCIPALES PROVEEDORES ELECTRÓNICOS Y ELÉCTRICOS

- CESEEL Central de servicios electrónicos
- Rexroth Bosch Group
- FANUC American Corporation
- NOVATEC Suministros Eléctricos
- TEXAS GULF SALES CO
- HERMOS
- GICELO Sistemas
- DYMEI
- SINCI Servicios de ingeniería en control e instrumentación
- NEUCONTROL

- SERVI ELECTRONICA
- GLEASON
- BALLUFF
- HOBBY ELECTRONICA
- AMBAR

RESULTADOS

Se logró obtener un sistema de mantenimiento predictivo, mediante la aplicación de mantenimiento planeado y autónomo en su fase básica logrando disminuir los emergentes.

El resultado del retrofit de la máquina rectificadora WARNER & SWASEY que se va a tomar como prototipo para la realización de la misma reestructuración electrónica de las 6 máquinas del mismo modelo fue todo un éxito, gracias a la investigación de la factibilidad operativa y técnica de la máquina, historial de paros, gastos y análisis de costo-beneficio. Se analizaron las diferentes propuestas y se escogió la más viable y factible a la vez. Se presentará el proyecto a la gerencia de Planta 2, la cual decidirá la aprobación y marcha a la reestructuración electrónica, la cual se llevará a cabo siendo aprobado éste.

A continuación citaremos algunas recomendaciones para el área de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones para el área de mantenimiento:

- Mayor control en las herramientas de trabajo general y personales, es decir manuales técnicos, equipo electrónico, equipo mecánico.
- Mayor capacitación a los técnicos electromecánicos en cuanto al área electrónica, conocimiento de PLC's, Control Numérico.
- Que exista más equipo de cómputo para monitoreo del sistema actualmente usado 7i para órdenes de trabajo.
- Mantener un sistema computacional de trabajo más estable y no se asemeje con una moda, es decir el cambio tan radical del mp2 al 7i para órdenes de trabajo.
- Mantenimiento preventivo constantemente, así evitar el mantenimiento emergente. Es decir, seguir aplicando el autónomo en las máquinas.
- Procrear una mejor cultura por parte de los operadores de producción para operar de manera correcta las máquinas que son sus herramientas de trabajo.
- Atacar las fallas de raíz y evitar otras fallas o consecuencias mayores.
- Limpieza de los sensores, enconders, servos y piezas movibles.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) HEINEMANN, Jean, ***Programmable logic***, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos 1998, p.p 854.
- 2) JONES, Flynn y Seiger, ***Personal Robotics***, Estados Unidos, 2000, p.p 617.
- 3) RIDLEY, Jones, ***Mitsubishi FX PLC's*** , Editorial Prentice Hall, Estados Unidos, 2003, p.p 753.
- 4) SHAKEY, John, ***Ramblin's Robots***, Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos 2004, p.p 852

Otras fuentes

<http://www.automationdirect.com/static/manuals/d006usermsp/d006usermsp.html>

<http://www.uco.es/dptos/electro/electronica/links/Automatizacion/>

<http://www.lt-automation.com/>

<http://www.control-automatico.net/>