



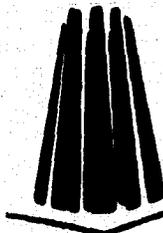
6  
2ij  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**CAMPUS ARAGON**

**"LA REINGENIERIA Y SU APLICACION  
A LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES"**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
**P R E S E N T A N**

**FRANCISCO JAVIER ARELLANO SOTO  
SAUL RUEDA GOMEZ**



**CAMPUS  
ARAGON** SAN JUAN DE ARAGON ESTADO DE MEXICO 1996.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

FRANCISCO JAVIER ARELLANO BOTO  
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 29 de febrero del año en curso, presentada por Saul Rueda Gómez y usted relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirse al trabajo de Tesis denominado "LA REINGENIERÍA Y SU APLICACIÓN A LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 6 de marzo de 1988.  
EL DIRECTOR

  
MONT CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVIATION DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

SAÚL RUEDA GÓMEZ  
PRESENTE

En contestación a su solicitud de fecha 29 de febrero del año en curso, presentada por Francisco Javier Arellano Soto y usted relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirse al trabajo de Tesis denominado "LA REINGENIERIA Y SU APLICACIÓN A LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 6 de marzo de 1966.  
EL DIRECTOR

MARTÍ CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a.

## **AGRADECIMIENTOS:**

**A TODOS LOS PROFESORES:**

**QUIENES HAN PARTICIPADO EN  
NUESTRA FORMACIÓN PROFESIONAL  
COMO UN AGRADECIMIENTO  
PROFUNDO Y SINCERO.**

**EN FORMA MUY ESPECIAL Y DE  
RECONOCIMIENTO AGRADECEMOS AL  
ING. DAVID MOISÉS TERAN PÉREZ POR  
SU APOYO Y ASESORÍA EN LA  
ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO.**

**FRANCISCO JAVIER ARELLANO SOTO**

**SAUL RUEDA GÓMEZ**

## **AGRADECIMIENTO:**

### **A DIOS:**

**A TI SEÑOR PORQUE ERES Y SERÁS MI ROCA Y  
FORTALEZA, PORQUE SIEMPRE EN LOS MOMENTOS EN  
QUE HE QUERIDO DESFALLECER, FUISTE MI ESPERANZA  
Y SOBRETUDO PORQUE CON JUBILO ME HAS PUESTO  
HOY HASTA ESTE SENDERO.**

### **A MIS PADRES Y HERMANOS:**

**PORQUE DESDE PEQUEÑO ME MOSTRARON EL CAMINO,  
UN CAMINO DE FE Y ESPERANZA. POR EL APOYO MORAL  
E INCONDICIONAL QUE SIEMPRE HE RECIBIDO DE  
USTEDES Y POR LA HERENCIA MAS VALIOSA QUE  
PUDIERA RECIBIR EN TODA MI VIDA: AMOR, CARIÑO Y  
COMPRENSIÓN.**

**FRANCISCO JAVIER ARELLANO SOTO.**

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A DIOS:**

**AL SER QUE SIEMPRE A CAMINADO EN MI LADO,  
Y A QUIEN LE DEBO TODA MI VIDA.**

### **A MIS PADRES Y HERMANOS:**

**POR EL GRAN SACRIFICIO QUE REALIZARON Y QUE  
AL FINAL OBTUVIERON UNA GRAN RECOMPENSA.  
A MIS HERMANOS QUE EN LAS BUENAS Y EN  
LAS MALAS TUVE EL APOYO INCONDICIONAL DE  
USTEDES.**

### **A MI ESPOSA:**

**UNA DE LAS PERSONAS MAS IMPORTANTES QUE  
HE LOGRADO CONOCER Y POR DEJARME  
COMPARTIR MI VIDA CON ELLA.  
POR DISFRUTAR CONMIGO MIS DERROTAS Y MIS  
TRIUNFOS Y SOBRE TODO POR SER UNA MUJER  
MUY ESPECIAL EN MI VIDA.**

**SAUL RUEDA GOMEZ.**

# INDICE

JUSTIFICACION .....	5
ANTECEDENTES AL TRABAJO .....	7
PLAN PROPUESTO .....	9
OBJETIVOS .....	12
Objetivo General .....	12
Objetivos Particulares .....	12
CAPITULO I.- INTRODUCCION .....	14
CAPITULO II.- REINGENIERIA .....	33
II.1.- Definición .....	34
II.2.- ¿ Qué es la Reingeniería ? .....	34
II.3.- ¿ Qué no es la Reingeniería ? .....	38
II.4.- Rediseñando Procesos .....	41
II.4.1.- Varios Oficios se Combinan en Uno .....	43
II.4.2.- Los Trabajadores Toman Decisiones .....	45
II.4.3.- Los Pasos del Proceso se Ejecutan en Orden Natural .....	46

II.4.4.- Los Procesos Tienen Múltiples Versiones .....	47
II.4.5.- El Trabajo se Realiza en un Sitio Razonable .....	48
II.4.6.- Se Reducen las Verificaciones y los Controles .....	49
II.4.7.- La Conciliación se Minimiza .....	50
II.4.8.- Un Gerente de Caso Ofrece un Sólo Punto de Contacto .....	51
II.4.9.- Prevalcen Operaciones Híbridas Centralizadas/Descentralizadas .....	52
II.5.- Impacto de la Reingeniería de Proceso .....	53
II.5.1.- Cambian las Unidades de Trabajo: De Departamentos Funcionales a Equipos de Proceso .....	64
II.5.2.- Los Oficinos Cambian: De Tareas Simples a Trabajo Multidimensional .....	56
II.5.3.- El Papel del Trabajador Cambia: De Controlado a Facultado .....	58
<b>CAPITULO III.- SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....</b>	<b>60</b>
-III.1.- Introducción .....	61
III.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos .....	64
III.3.- ¿Pueden las Computadoras Pensar? .....	71
<b>CAPITULO IV.- AUTOMATAS PROGRAMABLES .....</b>	<b>80</b>

IV.1.- Introducción .....	81
IV.2.- Estructura Externa .....	86
IV.3.- Estructura ó Arquitectura Interna .....	88
IV.4.- Robótica .....	95
IV.4.1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot .....	99
IV.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición .....	103

**CAPITULO V.- APLICACION DE LA REINGENIERIA  
A LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES .....** 104

V.1.- Cambio en el Trabajo .....	105
V.2.- Parte de la Cultura Corporativa .....	106
V.3.- Existe un Precio .....	108
V.4.- Administración del Cambio y Funciones Asociadas .....	110
V.5.- Utilizar las herramientas con Regularidad .....	111
V.6.- Cambiar y Ajustar el Negocio .....	112
V.7.- Modificar y Mejorar los Sistemas de Información .....	113
V.8.- Dirigir la Operación .....	114
V.9.- Controlar el Cambio .....	115
V.10.- Coordinar la Información de Cambio .....	115
V.11.- Modelos Manuales y Automatizados .....	117

V.12.- Cambios por Lote .....	119
V.13.- Dirección de Políticas .....	120
V.14.- Las Agendas Ocultas .....	120
V.15.- Controlar las Políticas Desde Arriba .....	121
V.16.- Proyectos Utilizando la Reingeniería Dinámica .....	123
V.17.- Comenzar una Nueva Operación .....	123
V.18.- Crear Modelos Preliminares .....	125
V.19.- Una Visión al Futuro .....	126
V.20.- Un Nuevo Mercado, un Nuevo Mundo .....	127
V.21.- Reingeniería: La Herramienta Fundamental del Cambio .....	129
V.22.- Fases de Estudio en la Elaboración de un Automatismo .....	130
V.23.- Aplicación de la Reingeniería a los Automatas Programables ( PLC ) .....	133
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>144</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>1</b>

## **JUSTIFICACION**

Es de suma importancia, el poder justificar el título del presente trabajo de tesis, debido a que dada la experiencia que adquirimos en esta área y a las necesidades de aplicar correctamente los conceptos de Reingeniería, así como la utilidad de aplicarlos a los Automatas Programables; no debe de haber ninguna ambigüedad en sus aplicaciones y recomendaciones.

Se sabe que los negocios deben mejorar de manera constante, y para mejorar es necesario cambiar., Sin embargo, ¿cómo alcanzar ese cambio?, Existen muchos y diversos puntos de vista con poco terreno en común., Un ejecutivo se enfrenta al reto de hacer cuanto sea necesario para el negocio, sin considerar la disponibilidad de recursos, se podrá e incluso deberá, hacer los cambios que se requieran en ese marco de referencia.

Así mismo, las filosofías del manejo del cambio son diversas; Por su parte, La Ingeniería Industrial considera el negocio como una máquina y enfoca el cambio mediante el diseño de un nuevo modelo mecánico del negocio; Por otro lado, El Desarrollo Organizacional se interesa "per se" en la psicología del trabajo y prepara el cambio mediante la motivación de los trabajadores para que ellos mismos se acoplen con las nuevas metas del negocio; También así Los teóricos de la calidad ven el negocio como una entidad que hace el trabajo, revisa sus resultados realimenta el proceso con esos mismos resultados para así mejorar continuamente; y, La administración general, considera el cambio como cualquier proyecto y lo divide en tareas más pequeñas, distribuyéndolas y siguiendo su progreso sobre diagramas de Gantt que desarrollan el enfoque de "Hágalo así".

Los cambios que debe hacer un negocio, se están tomando más complejos. De ahí que los métodos standar de la administración del cambio, comprobados durante largo tiempo, no puedan enfrentarse a las nuevas complejidades de los grandes procesos de negocios apoyados en las tecnologías que evolucionan con rapidez. Por ello, los enfoques más avanzados ya no pueden considerarse por más tiempo como experimentales ó exóticos, ni para ser abordados sólo por los líderes industriales; Actualmente, estos enfoques son necesarios para garantizar la supervivencia de cada negocio.

## **ANTECEDENTES AL TRABAJO**

Los conceptos de Reingeniería en su entendimiento son relativamente muy nuevos, razón por la cual la bibliografía de consulta no es muy variada, más sin embargo, se pueden establecer criterios de antecedentes para cada uno de ellos.

Vivimos en una época de continuos cambios, la competencia por los mercados en el mundo es cada día más grande, como sucedió en los años 80's, y a partir de entonces la economía global ha venido cambiando y ese cambio prevalecerá, aunque nuevas y vigorosas compañías de Europa y el Oriente, pretenden monopolizar los productos y mercados tradicionales, así como expandir su dominio por todo el mundo.

La clave elemental para una efectiva competición, es que habiliten y comercialicen productos rápidamente. En muchos casos, las empresas de estos países (principalmente orientales) tienen presente incrementar avances en los productos y procesos tecnológicos y, transfieren tecnología de punta de todo el mundo e integran ésta dentro de sus propios negocios; Los grandes consorcios buscan alianzas estratégicas, respaldo técnico, proyectos de desarrollo y equipos de diseño, que les permitan redituar cuantiosas ganancias.

Para que la dirección de una empresa sea efectiva requiere una constante investigación por parte de los directivos acerca de los cambios que acontecen a diario, así como del desarrollo de los productos y procesos tecnológicos. Por ende el desarrollo y crecimiento dependen en gran medida de la habilidad de la directiva y de la aplicación del proceso tecnológico adecuado.

## ANTECEDENTES AL TRABAJO

La Reingeniería es un nuevo enfoque de procesos que verdaderamente encamina a una ventaja competitiva dentro de un intenso mercado global, de acuerdo a lo anterior el empresario se enfrenta a dos opciones: Sobrevivir adecuándose al mercado competitivo y cambiante ó retirarse; ya que solamente los que cuentan con una estructura evolutiva saldrán adelante. De este modo, la Reingeniería da la pauta para continuar en la competencia, porque brinda las herramientas para lograr las mejoras que las empresas de hoy en día requieren.

## **PLAN PROPUESTO**

Se pretende que el presente trabajo, contribuya a la formación de una base sólida en cuanto a los conocimientos que en la actualidad se requieren para actualizar la visión de una empresa y de la cultura general de los profesionales de la Ingeniería. Y para lograr este acervo informativo se ha dividido el presente trabajo en la siguiente estructura:

En lo concerniente al capítulo I, se enfocará a una introducción con la explicación y complejidad del problema que representa en la actualidad la Reingeniería y la utilización de sus estructuras. Esta introducción tendrá un bosquejo histórico de las necesidades que han originado la apremiante aplicación de la Reingeniería, como una posible solución a los problemas que aquejan a los negocios de la actualidad.

El capítulo II contendrá, el análisis cualitativo y cuantitativo de la Reingeniería, comenzando con los conceptos básicos de la Ingeniería Industrial y el método que como solución, ofrece la Reingeniería en la actualidad, entendiendo el concepto, los alcances y las restricciones que la Reingeniería pueda ofrecer a los negocios, sin descuidar aspectos de otras áreas, que se ven involucradas en las empresas.

En lo referente al capítulo III, se establecen los conceptos de la Inteligencia Artificial (IA) y los Sistemas Expertos (SE). El análisis está enfocado directamente a que la Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador digital, mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso de razonamiento humano.

También se contemplan las áreas de estudio donde se aplica la Inteligencia Artificial como son: La búsqueda de soluciones; Los sistemas expertos; El procesamiento en lenguaje natural; El reconocimiento de modelos; La robótica; El "aprendizaje de las máquinas" en la lógica y la incertidumbre junto con la lógica difusa.

En cuanto a los Sistemas Expertos, queda entendido que se emplean para ejecutar una variedad muy complicada de tareas, que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas e intensamente entrenadas en el ramo correspondiente.

En el contenido del capítulo IV, se maneja el análisis muy a detalle de los Automatas Programables. Este análisis está abocado en lo referente a: ¿Qué es?; ¿Cómo funciona?; ¿Qué beneficios se pueden obtener? y; ¿Para qué sirve un Automata Programable dentro de una industria ó para el uso personal?. Ya que como es sabido, la compatibilidad de los recursos e información, es la base de los sistemas basados en computadores y muy en especial para los sistemas configurados con Automatismos. Se pretende que al desarrollar este capítulo, se comprendan los fundamentos reales de los Automatas Programables; y éste deje de ser sólo un tema "oscuro" para cualquier lector.

En el capítulo V, correspondiente a la aplicación de los conceptos de la Reingeniería, se pretende dar un "formato" de cómo y cuándo optimizar un proceso industrial que lleve involucrados implícitamente a los Automatas Programables y los conceptos de los Sistemas Expertos, así mismo, la Inteligencia Artificial y el Control en general.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo, como un parámetro de concordancia entre la teoría desarrollada y el análisis cuantitativo presentado por la experiencia en el manejo de los conceptos analizados. Es de gran importancia considerar, que las conclusiones son el reflejo de lo realizado e investigado, pero no son "leyes establecidas", sino que surgen del desarrollo del mismo trabajo. Por lo tanto, pueden estar sujetas a cuestionamientos, y que sin embargo, son resultado de la viva experiencia.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer y aplicar los fundamentos de la Reingeniería y de la aplicación de la misma a los sistemas basados en Automatas Programables (PLC).

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

- 1.- Explicar el problema de acondicionamiento de la Reingeniería en las empresas, que dentro de su infraestructura están "administradas" y "supervisadas" por Automatas Programables (PLC).
- 2.- Establecer los conceptos de la Reingeniería, para que los usuarios interesados puedan aplicarlos de manera óptima a los negocios, empresas e industrias, que estén administrados por sistemas basados en Automatas Programables (PLC).
- 3.- Conocer la estructura y características de un Sistema Experto y de la Inteligencia Artificial.
- 4.- Establecer el modelo y estructura de los Automatas Programables, como solución a problemas específicos en el área de fabricación, producción y control de calidad en la industria.

## **OBJETIVOS**

---

- 5.- Establecer el modelo de aplicación de los Automatas Programables y de la Reingeniería a la industria, supliendo un sistema basado y administrado por Automatas Programables (PLC).**

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

No es ningún secreto que para alcanzar el éxito en el mundo de los negocios e incluso sobrevivir, es necesario realizar cambios fundamentales en la forma como se dirigen las empresas. En un primer momento se consideró que la automatización por sí sola, era la respuesta, sin embargo, a juzgar por el declive de algunas naciones en el cada vez más competitivo mercado global, es obvio que esa idea fuese reevaluada. ¿Por qué? Porque comenzar por automatizar estructuras y procesos organizacionales ineficientes; equivale a colocar ventanillas eléctricas a un automóvil que necesita la reparación del motor.

Sin lugar a dudas, hoy es el momento de la Reingeniería. En la actualidad es uno de los temas con más debate en el ambiente de oficinas y fábricas en muchos países. La Reingeniería está llegando al punto de ser considerada como la manera de reducir costos, de llegar a tiempo al mercado, de ampliar la satisfacción de los clientes y de incrementar con solidez las ventas, increíble; todo esto al mismo tiempo. Sin embargo, mientras la mayoría de la gente reconoce la necesidad de aplicar este novísimo enfoque y su vasto potencial, difícilmente alguien tiene la clave sobre cómo hacerlo en su propia compañía.

La finalidad de la primera parte de este trabajo, es trumpear con fuerza desde el comienzo y ofrecer a cualquier lector (gerentes de cualquier nivel, directores, ó el simple lector ávido de cultura general), de cualquier empresa, las primeras explicaciones detalladas de los qué, por qué y cómo de la Reingeniería aplicada a los negocios y también ofrece la respuesta real a los siguientes rubros:

- 1.- Construir un modelo del negocio actual, analizarlo y utilizarlo para diseñar nuevos procesos y estructuras organizacionales.

- 2.- Contemplar las diferentes necesidades de cada departamento de una empresa y delinear sus roles en el proceso de la Reingeniería.
- 3.- Posicionar un negocio para reaccionar ante las condiciones y retos cambiantes del mercado.
- 4.- Crear una capacidad propia para el cambio continuo y hacer de éste un amigo, y no un adversario tanto de la gerencia como de los trabajadores.
- 5.- Cultivar un ambiente que fomente y gratifique no sólo la garantía de calidad, sino la " iniciativa " de calidad.
- 6.- Implementar la nueva operación del negocio y la estructura organizacional para minimizar, a la vez, cualquier aspecto de incertidumbre en el lugar de trabajo.
- 7.- Modificar los sistemas tecnológicos que apoyan la nueva estructura.

Todo lo que se necesita para comenzar a realizar cambios fundamentales en las prácticas desactualizadas de costumbre, es voluntad, además de la guía paso a paso con indicaciones precisas y con los puntos de vista del mundo real que aparecen en este trabajo.

Aunque la industria de las computadoras y de los autómatas programables, es muy joven aún, al comparársela con otras industrias (por ejemplo, la automotriz y la del transporte aéreo). Las computadoras han mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo. Durante los primeros veinte años de su existencia, los sistemas de computadoras estuvieron muy centralizados, usualmente en el interior de un cuarto muy grande; Este lugar con frecuencia tenía paredes de vidrio, a través de los cuales los visitantes se quedaban absortos mirando la maravilla electrónica del interior. Se puede decir que una compañía mediana ó una Universidad, podían contar con una ó dos computadoras; en tanto que las instituciones más grandes tenían a lo sumo una docena de ellas. Así que las computadoras en fusión con las comunicaciones han tenido una profunda influencia en la forma en que estos sistemas están organizados.

El concepto de "Centro de Cálculo", como un cuarto con una computadora grande, al cual los usuarios llevaban trabajos para realizar de su departamento, ha llegado a ser obsoleto. Este concepto de sistema no tenía uno; sino al menos dos aspectos deficientes: Primero, el concepto de una sola computadora grande haciendo todo el trabajo y, segundo, la idea de que los usuarios llevaran el trabajo a donde se encuentra la computadora en lugar de llevar la computadora a donde se encuentran los usuarios.

El viejo sistema de tener una sola computadora para satisfacer todas las necesidades de cálculo de una organización se está reemplazando con rapidez por otro que considera un gran número de computadoras separadas, pero interconectadas, que efectúan el mismo trabajo. Estos sistemas se conocen como "Redes de Computadoras".

La necesidad de mantener comunicados los diversos departamentos existentes dentro de una misma empresa ha impulsado a los concedores del mundo de la informática a buscar nuevas alternativas que den respuestas concretas.

Los sistemas de Redes Locales, han dado solución a muchos de los problemas a los que se venían enfrentando quienes tenían a su cargo la responsabilidad del manejo de la información generada dentro de las empresas, y han venido ganando terreno y adquiriendo una importancia tal, que han llegado a ser considerados como el medio más moderno y eficiente para la captación, administración, control e intercambio de datos; además de que es un sistema que permite la máxima explotación de los recursos de la arquitectura (hardware) y la paquetería (software), con que cuenta una empresa ó industria.

Otro aspecto importante de considerar es que un sistema de Redes Locales, proporciona al usuario mayor seguridad respecto a los datos almacenados, ya que el acceso a ella ó a los sistemas se lleva a cabo a través de claves (password) personales. Entendiendo como clave (password), la clave de acceso para la generación de aplicaciones del sistema de una empresa (altas, bajas, consultas, reportes, etc.).

Otra ventaja más a considerar, es que los sistemas de Redes Locales permiten la comunicación con máquinas de igual ó de diferentes características. Lo anterior significa flexibilidad y rapidez en la transmisión de información que se tenga que realizar en cualquier momento.

Lo antes expuesto, es lo que hace de las Redes Locales una de las alternativas más aceptadas por los usuarios, para el manejo de información que se genere dentro de cualquier empresa ó industria, además:

- 1.- Las Redes Locales permiten un mejor control e intercambio de información en el mismo Departamento de Sistemas.
- 2.- Las Redes Locales se consideran como una respuesta a las exigencias de los usuarios del Departamento de Sistemas.
- 3.- Las Redes Locales son una solución que permite captar, controlar e intercambiar información en el Departamento de Sistemas.

La gran cantidad de datos que hay que manejar con los avances tecnológicos, han obligado al hombre a buscar nuevas opciones, que le permitan realizar sus actividades con menos tiempo y esfuerzo posible y, con los mejores resultados. La informática es una respuesta a estas exigencias y dentro de la misma, la utilización de las Redes Locales adquieren una importancia primordial.

Desde el punto de vista de los beneficios que se tienen al ser usuario de una Red de Computadoras, es el acceso a Internet. Por definición, Internet es una Red de Computadoras a nivel mundial que contiene un vasto repertorio de información y recursos a los que se puede tener acceso desde una computadora. Con el empleo de los vastos recursos de Internet es posible comunicarse con personas de cualquier parte del mundo y comentar el tema que se desee. Además se puede transferir archivos desde prácticamente cualquier computadora y estar en contacto con personas con las que se tengan intereses afines.

Al hablar de Internet como una Red de Redes, esto significa que es posible establecer comunicación con cualquiera de las miles de redes distribuidas por todo el mundo (como mínimo se cuentan más de 21 000 redes integradas).

La información es el verdadero tesoro de Internet. Hay información disponible sobre prácticamente cualquier asunto imaginable. El problema muchas veces, es encontrarla; pero lo importante a entender es que esa información ahí está y se puede revisar una vez hecho el contacto con Internet.

Considerando que los Automatas Programables (PLC), forman parte de un sistema de cómputo que los controla y administra, es menester entender los conceptos fundamentales de Redes de Computadoras. Ya que mediante las topologías de Redes de Área Local (LAN), es posible que un proceso industrial, por ejemplo; se controle con una topología de bus, posteriormente se integren todas las redes industriales en una topología de anillo y, finalmente a todos los corporativos del grupo en una topología de estrella; para la compartición de recursos. De ahí, la importancia de conocer las Redes de computadoras y los conceptos del Control Distribuido.

De la Ingeniería Industrial, se analizarán algunos conceptos de su desarrollo como son:

La Ingeniería Industrial, ha sido definida como "La aplicación de los procedimientos de dirección técnica a todos los actores (incluyendo el factor humano) que intervienen en la fabricación y distribución de los productos y aplicación de los servicios".

En 1943 el comité de racionalización del trabajo de la división de dirección de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (SAIM), trató de definir los límites del campo de actuación de la Ingeniería Industrial. Puede decirse que el problema de esta definición, no ha sido resuelto todavía y mientras permanezca sin resolver, será motivo de desconcierto, tanto para los estudiantes de esta área como para los Ingenieros.

Los orígenes de este desconcierto son indudablemente históricos. Un grupo de competentes ingenieros estadounidenses, fue el que dió impulso al movimiento hacia el estudio científico de la dirección de empresas, considerando como tal "Un conjunto sistematizado de conocimientos del que se pueden deducir ciertos principios generales". Este grupo incluye a Federico Winslow Taylor, Lawrence L. Gantt, Frank Bunker, Lillian Moller Gilberth, Harrington Emerson y otros, cuyo trabajos empezó a tomar cuerpo a principios del siglo XX. Estuvieron animados e inspirados por la ayuda generosa de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La sociedad recibió con agrado la participación de los jefes de empresa en sus discusiones y no confinó sus procedimientos exclusivamente a problemas técnicos. De este modo, la sociedad dió a los iniciadores de la moderna dirección de empresas, la única plataforma disponible entonces para su fin, rindiendo, al hacerlo así, un inmenso servicio a toda la industria mundial.

Por otra parte, el actual desconcierto mundial es un inconveniente, tanto para los Ingenieros como para la dirección de las empresas. Los responsables de la organización ó planificación de los negocios ó empresas son los únicos que comprenden claramente la rapidez con que las ambigüedades semánticas se convierten en acciones solapadas e interrupciones de la cooperación humana.

Los encargados de la formación de los Ingenieros hallan igualmente entorpecida su labor por la incertidumbre sobre la extensión de su asignatura y por la necesidad educativa de concretar, dentro de un saturado curriculum, conceptos de contenido vago y aún sin definición completa, tales como la terminología "Ingeniería Administrativa". Cuando Taylor y sus colegas pensaron por primera vez en un título para designar el complejo de las nuevas ideas que habían desarrollado, le llamaron "Dirección Científica". Esta frase se hizo impopular rápidamente. Ni a las grandes empresas, ni a Wall Street le gustó la utilización de dicha terminología, porque el Juez Luis D. Brandeis la esgrimió como argumento para combatir el caso de los salarios base que los ferrocarriles de la Easter. A los representantes de los trabajadores tampoco les agradó, porque estaban convencidos de que sería utilizado como argumento para combatir a los obreros, por otro lado en una resolución de la American Federation of Labor, al referirse al método Taylor lo presenta como un esquema diabólico para la reducción del ser humano a máquina.

Como era de esperar los que estaban convencidos de la validez de las ideas de Taylor buscaron para ellas una frase menos contundente que describiera su contenido. En consecuencia muchos años después de su muerte todavía se hacía referencia a la "Solución Ingeniería", y a otra combinación gramatical similar para indicar la revolución mental que representaban los nuevos conceptos sobre la dirección de empresas.

Después de la muerte de Taylor, incluso poco antes; numerosas personas adoptaron la profesión (en la que él fue el primer exponente), de asesores ó consejeros de empresas industriales que deseaban mejorar sus métodos. Inicialmente, la mayoría de estos profesionales se autodenominaron Ingenieros Industriales. Dado que muchos de ellos ya poseían formación de Ingenieros, y fueron situados en general en las funciones de fabricación.

Esto fue bastante razonable en los comienzos. Pero a medida que se fue ampliando el concepto "dirección", tales consejeros tuvieron que tratar toda clase de problemas económicos, para muchos de los cuales, la formación de ingenieros, no era obligatoriamente la más apropiada, sino que en ciertos casos era absolutamente necesario conocer otras disciplinas diferentes. Es evidente que constituye una mixtificación de la terminología el denominar "Ingenieros Industriales" a los profesionales cuya función principal en las empresas es el desarrollo de los modernos conceptos de selección y manejo de personal, así como la introducción de los perfeccionamientos estadísticos de la evaluación de precios.

En tercer lugar cuando la idea de aplicar los razonamientos científicos a los problemas de dirección en empresas, comenzó a tomar incremento; dichas empresas se enfrentaron con el serio problema de implantar la plana mayor de sus cuadros de dirección. Ampliamente, el grupo más numeroso de personal disponible en la industria con adecuada situación científica, eran los Ingenieros. Por ello, ocurrió que hombres dotados de la formación de Ingeniero, fueron de hecho, utilizados en una gran variedad de tareas que no requerían dicha preparación técnica como base para su ejecución; pero para las cuales el poseer una formación básica en alguna rama de la ciencia y, generalmente, cierta habilidad matemática, les daba ciertas ventajas.

Además la expansión de la investigación y el rápido desarrollo de aparatos e ingenios en campos, tales como la electrónica, aumentó rápidamente el número de los problemas de dirección, que requerían un equipo mecanizado para su solución. La utilización de maquinaria no quedó relegada exclusivamente a los talleres. Un Contable moderno, Banquero ó Director de Personal necesita primeramente dominar los principios y técnicas de su propia profesión.

Pero sin necesidad de ser efectivo en la aplicación práctica de estos principios y técnicas; necesitará utilizar equipos que requieran habilidad ingenieril y ciertos conocimientos técnicos para su instalación y entrenamiento.

La Ingeniería tiende a penetrar más y más en todas las funciones de la dirección, pero esto no significa que una completa formación ingenieril, sea un requisito previo indispensable para el correcto desempeño de todas estas funciones, ni de manera alguna la disciplina fundamental necesaria para ello.

Hacia la mitad del siglo XX había 50 ó más campos especializados dentro del área de la estricta Ingeniería técnica. Todos los matices de actividad de una empresa pueden agruparse para nuestro estudio en tres grupos claramente definidos:

- 1.- Las actividades que fueron consideradas dentro del campo profesional del Ingeniero, antes de surgir la idea de la dirección científica, por lo que ya requerían una adecuada formación técnica. En ellas se incluyen la investigación y el desarrollo de los recursos naturales; mecanizado de materiales metalúrgicos; desarrollo, instalación y entrenamiento en aparatos mecánicos, fuerza motriz aplicada para su impulsión y conveniencia esencial de su uso; el dotar a las instalaciones de aire, calor, agua, luz y fuerza motriz y, finalmente la mejora de dichas instalaciones.

Estas actividades están englobadas en las terminologías de Ingeniería de investigación, Ingeniería de estructuras, Ingeniería de conservación y entrenamiento de las instalaciones.

- 2.- Actividades pertenecientes a alguna de las restantes funciones de la empresa (contabilidad, personal, organización y otras semejantes), que requieren principalmente una formación en la disciplina básica directamente aplicable a aquella función; pero con respecto a las que se ha encontrado convenientemente emplear ingenieros, bien para utilizar y mantener el equipo mecánico, bien por tratarse de las únicas personas disponibles, que poseyendo los conocimientos prácticos para la administración de la empresa, disponen además de una sólida formación científica. En este grupo de actividades se incluyen también el control de presupuestos, costos, análisis de organización y administración de jornales.
  
- 3.- Aquellas que, sin ocuparse directamente de la instalación y mantenimiento de los equipos mecánicos, están directamente relacionados con el uso efectivo de los mismos; por lo tanto, en el aspecto científico de ellas depende la adaptación de equipos científicos al elemento humano dentro del complejo de la empresa. Para desempeñar de manera efectiva tales actividades es preciso poseer bastos conocimientos teóricos y prácticos de ingeniería; lo que requiere, según parece plenamente probado hasta ahora, una completa formación técnica como ingeniero y su respectiva experiencia en la práctica profesional.

Este grupo abarca desde la distribución de planta de oficinas, métodos y planificación de trabajo, reducción de costos de los materiales y mano de obra, simplificación y normalización, hasta el análisis de los salarios base y control de calidad.

La característica común que distingue estas actividades es la de que se ocupan principalmente en la utilización efectiva del equipo mecánico, precisando, por lo tanto, un conocimiento básico de los principios en que se basa el trabajo de dicho equipo, independientemente de la función a la cual ha sido aplicado. A este tercer grupo de actividades puede aplicarse con mayor propiedad el título de Ingeniería Industrial.

Si se acepta la prectada definición de la Ingeniería Industrial, son necesarias dos condiciones más:

En primer lugar si se quieren evitar las discrepancias internas acerca de la autoridad y competencia, ha de entenderse que la creación de un departamento de Ingeniería Industrial no elimina la diferenciación básica funcional comúnmente aceptada hasta ahora en la organización de empresas. El que tal departamento se ocupe por ejemplo, de la simplificación de los procesos de manufactura, no le capacita para pedir la eliminación de ciertos productos, basándose sólo en conveniencias de fabricación, pero sin tener nada en cuenta las consideraciones del mercado.

La inclusión de los métodos de planificación de oficinas y equipos dentro del campo de la Ingeniería Industrial, al que indudablemente pertenecen, no autoriza al ingeniero industrial a asumir las responsabilidades del director de oficina. En relación con las otras funciones especializadas, su trabajo debe desarrollarse con carácter auxiliar de servicio, so pena de exponerse, al fracaso de su misión.

En segundo lugar un gran sector de la industria está ligado a la técnica comercial. En este aspecto, puede ser indispensable una formación básica de ingeniería para el conocimiento general de la empresa y, por lo tanto, para el desempeño más efectivo de las funciones de dirección, de la misma manera que un conocimiento básico de química ó ferrocarriles puede ser necesario a la dirección en estas industrias. Esto no significa, que la formación ingenieril propiamente dicha, sea un factor esencial en el desempeño de las funciones de dirección. Las dos condiciones deben ser desglosadas:

Por una parte, la formación básica indispensable para el conocimiento general de una industria, a la cual se añade, como complemento, la capacidad de dirección; por la otra, los conocimientos intrínsecos de dirección. Algunos ingenieros fracasan al no hacer esta distinción, imaginándose que su formación técnica como ingenieros, les dota automáticamente de los conocimientos necesarios para desempeñar la dirección. La carencia de estos conocimientos les produce su fallo profesional.

Si el término Ingeniería Industrial se utiliza en el sentido antes indicado, puede parecer natural suponer que sus orígenes coincidieron con el comienzo de la Revolución Industrial; es decir, que tan pronto como el hombre, compaginando sus eficiones mecánicas con cierta inclinación científica, llegó a ponerse en contacto con los problemas de dirección, comenzó a aplicar métodos analíticos completados con experiencias racionales, a los problemas de la organización humana, que hasta entonces había sido gobernada casi exclusivamente por la costumbre. Existe cierta evidencia de que debió desarrollarse así.

El primer impacto de la Revolución Industrial tuvo lugar en la industria textil algodonera Británica. Al comienzo del siglo XVIII, dispositivos mecánicos utilizando únicamente el agua como fuerza motriz, comenzaron a reemplazar a los antiguos tornos de hilar y telares de mano. Uno de los hombres más sobresalientes de este período fue Sir Richard Arkwright.

Su nombre está íntimamente asociado con la invención de un sistema de hilar que solucionó las limitaciones de las máquinas de hilar de Hargreaves, de las que el hilo obtenido solamente podía ser utilizado como trama. No obstante poco más de medio siglo después, un especialista muy documentado en la evolución industrial, sugirió en sus escritos que la reputación de Arkwright como inventor era errónea, sobresaliendo por el contrario como director.

Es fácil suponer que con la utilización del vapor como fuerza motriz, los procesos técnicos pudieron acelerarse. Afortunadamente, debido a una conservación poco corriente de los primeros archivos industriales, tenemos un completo y documentado informe asociado al nombre de James Watt. El no fue desde luego; el creador de la máquina de vapor, pero su invención del condensador independiente mejoró tanto el viejo motor de Newcomen (que había mantenido el primer puesto durante la primera mitad del siglo XVIII) que lo convirtió virtualmente en una nueva máquina. Watt obtuvo una primera patente en 1769.

En 1775 se aseguró una nueva patente por veinticinco años y se asoció durante el mismo período con Matthew Boulton, fabricante de adornos de metal trabajado, establecido en la comarca de Birmingham.

Boulton fue, sin duda alguna, un notable y emprendedor Director de Empresa. Su factoría de Soho, fundada en 1762, estaba llena de inventos mecánicos superiores en cantidad, variedad y simplicidad a los de cualquier otro fabricante de fama mundial existente en aquella época.

Su labor más importante fue la creación de un cuerpo de delineantes altamente especializados, cuyo trabajo era mucho más preciso que el de los que normalmente trabajaban por aquella época en la industria del hierro existente en el centro de Inglaterra. En 1770 dispuso que semanalmente tendrían lugar reuniones entre los socios y los directores de Soho, para examinar el estado de la organización de la empresa, precios y cualquier otro asunto relacionado con la fabricación; que los asuntos referentes al comercio exterior deberían ser sometidos a discusión, para establecer una política económica, y que las cartas importantes solamente serían contestadas en estas reuniones.

El período crítico fue durante los treinta años transcurridos desde 1882 a 1912. En este período se fueron perfilando gran número de tendencias que gradualmente fueron trazando los hilos de lo que se llamaría Dirección:

- 1.- Los Ingenieros que habían llegado a ser propietarios y Directores, aconsejaron a sus discípulos que prestaran más atención a los aspectos financieros de la Empresa.
- 2.- Los Ingenieros comenzaron a interesarse en los sistemas de salarios con incentivos, fundamentados en los fracasos experimentados en la partición de los beneficios.
- 3.- Los Ingenieros y Contadores fueron coincidiendo cada vez más en sus ideas.

- 4.- Los ingenieros dedicaron más atención a los formularios necesarios para el control de la producción.
- 5.- La obra de F. W. Taylor, estimuló el interés en el estudio de tiempos de las operaciones.
- 6.- F. B. Gilberth había iniciado independientemente sus experiencias sobre el estudio de movimientos.
- 7.- H. L. Gantt hizo resaltar la importancia de la Jefatura, y de prestar mayor atención al factor humano en las distintas actividades de la industria.
- 8.- Los primeros psicólogos de la industria, comenzaron a mostrar cómo la más joven de las ciencias inductivas podía ser aplicada al trabajo industrial.

La gran contribución de Taylor a ese respecto, por lo que es llamado "Padre de la Dirección Científica", estriba en el hecho de que, con la sola excepción del grupo Ocho, fue el primero en percibir la interconexión entre estas diferentes iniciativas y tratar de integrarlas dentro de un concepto unificado: La filosofía de la dirección.

Taylor reconoció la importancia del método, sin embargo, la publicidad dada a la organización científica de la dirección en el caso de los salarios base de la Easton en 1911, y los espectaculares resultados obtenidos por la combinación del estudio de tiempos con el procedimiento de salarios con incentivo, hizo que muchos de sus seguidores perdieran de vista la importancia de sus métodos. Desde 1910 a 1930, los grupos interesados en el estudio de los métodos se consideraron en oposición respecto a los interesados en el estudio de tiempos.

El crecimiento de los sindicatos durante los años 30's, redujo en los trabajadores el temor a la reducción en el salario base. Podían oponerse a los cambios injustificados en los tiempos tipo. Las ganancias se elevaron, esto sirvió de estímulo para que la dirección se preocupase más en el estudio de los métodos.

En 1932 el término "Ingeniería de Métodos", quedó definido con las siguientes palabras: "La Ingeniería de Métodos, es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el mejor método, y más rápido para realizar toda la operación necesaria".

Dado que la naturaleza humana se opone siempre a los cambios, el trabajo de este tipo, aunque profundamente deseable en el aspecto social; había de crear medidas de resistencia, tanto por parte de los trabajadores como por parte de sus superiores. Esto podía evitarse si los métodos eran estudiados y mejorados antes de iniciarse el trabajo, y no después.

Al comprender la ciencia, pensó en considerar la sugerencia inicialmente establecida por F. Taylor; el establecimiento de tiempos tipo predeterminados para cada elemento de cualquier operación. Si tales tiempos tipo, podían ser establecidos, el Ingeniero Industrial tendría una herramienta con la cual establecer el tiempo necesario para la ejecución de una serie de movimientos y cronometrar el tiempo empleado en ellos por un cierto operario.

Fue el concepto de los movimientos elementales universales de Gilberth, el que suministró el factor necesario para dar cuerpo a la idea de Taylor. En consecuencia, sería únicamente necesario:

- 1.- **Determinar un método para cualquier operación.**
- 2.- **Descomponer este método en sus movimientos elementales.**
- 3.- **Aplicar los tiempos predeterminados a cada elemento.**
- 4.- **Hacer la suma de los tiempos para llegar así a obtener el tiempo de la operación completa.**

**Todos estos pasos podían ser estudiados en el laboratorio, antes de que ningún operario fuese requerido para realizarlo.**

**CAPITULO II**

**REINGENIERIA**

### **II.1.- Definición.**

**REINGENIERIA** es un término que se usa cada vez más entre empresarios, y tiene ya un lugar común en la literatura técnica de la administración. Pero, ¿qué es? y ¿para qué sirve?

Se debe empezar por definir el concepto de Reingeniería que es "La revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento tales como: Costos, calidad, servicio y rapidez".

### **II.2.- ¿ Qué es la Reingeniería ?**

El término Reingeniería fue creado por consultores de Empresas Estadounidenses, que tuvieron que conducir cambios muy profundos en negocios que empezaban a presentar una crisis económica, ó bien; falta de competitividad ante la feroz acometida de los Japoneses y de las Empresas Europeas. Para lograr el cambio, los consultores tuvieron que hacer un replanteamiento general de todo el funcionamiento de dichas empresas para poder modernizarlas, sin incrementar la calidad del producto y de los servicios ofrecidos. Por lo mismo, la Reingeniería es el rediseño de todos los procesos del negocio; lo que implica reinventar la organización, sin detener la marcha de la Empresa. Se puede decir que es una metamorfosis organizacional.

Una transformación de esta naturaleza, será insuperable para muchos que se resisten al cambio. Se tiene miedo al cambio y sobre todo al amenazante; es decir, a aquel que se considera peligroso, porque rompe un "status quo", con el que todos nos hemos acostumbrado a vivir.

Esta ansiedad no es exclusiva del directivo, ni del propietario de los negocios; también lo padece la fuerza de trabajo, y en ocasiones es la que más detiene los cambios, ya que puede sentir miedo a que las nuevas maneras de hacer los negocios y los procesos no funcionen, a perder su empleo, ó bien que no tengan la posibilidad de aprender las nuevas formas de trabajo.

El miedo al cambio opera a nivel subconsciente generando estrés, y éste genera conflictos entre los grupos informales de trabajadores a nivel de politiquería. Lo primero que se tiene que entender, es que esta metamorfosis no es de mentiras ó utópica; es real y ante los hechos sólo queda hacerle frente; ó bien comenzar la retirada que permita asegurar parte del patrimonio. Esto último no es el camino correcto a los que verdaderamente tiene tipo empresarial, ya que los verdaderos emprendedores han hecho su negocio casi de la nada, ó por lo menos han salido de fuentes temporales y tienen suficiente ingenio para adaptarse a las nuevas circunstancias. Aunque el panorama se presenta muy difícil, los empresarios tienen que cuestionarse y definirse sin dejar que las circunstancias los rebasen; el miedo y la mediocidad pueden mezclarse.

Lo que queda a los negocios que desean el cambio difícil y no la retirada, es evitar ser invadidos por la parálisis paradigmática; que no es otra cosa que aferrarse al pasado con falsos argumentos, como negarse a aceptar que la computadora es útil en el control de operaciones de un pequeño negocio, creer que las técnicas de calidad total sólo operan en Japón, sostener que la teoría administrativa no aporta nada a la práctica de las Pequeñas Empresas, que la mano de obra está muy viciada, que la capacitación no sirve ó que quita el tiempo, que el empleado capacitado por la empresa lo primero que hace es irse a otro empleo, etc.

El cambio no llega sólo en el momento de actuar rápido. La Reingeniería ayuda a desarrollar habilidades para el cambio de procesos de trabajo y para vencer actitudes negativas y cuestionar paradigmas que han funcionado como únicos modos de hacer las cosas. Entre las Empresas que requieren de la Reingeniería, existen tres tipos:

Las primeras son compañías que se encuentran en graves dificultades. Estas no tienen más remedio. Si los costos están en un orden de magnitud superior al de los de sus competidores ó a lo que permite su modelo económico, si su servicio a los clientes es sumamente malo y éstos se quejan abiertamente, si el índice de fracasos con sus productos es dos, tres ó cinco veces superior al de la competencia; en otras palabras, si necesita mejoras inmensas; esa compañía necesita Reingeniería.

En segundo lugar están las compañías que todavía no se encuentran en dificultades, pero cuya administración tiene la previsión de detectar que se avecinan problemas. Por el momento, los resultados financieros pueden parecer satisfactorios, pero hay nubes en el horizonte que amenazan con las bases del éxito de la empresa: Nuevos competidores, requisitos ó características cambiantes de los clientes, un ambiente reglamentario ó económico distinto. Estas compañías tienen la visión de empezar a rediseñarse antes de caer en la adversidad.

El tercer tipo de compañías que emprenden la Reingeniería lo constituyen las que están en óptimas condiciones. No tienen dificultades visibles ni ahora, ni en el horizonte, pero su administración tiene aspiraciones y energía. Las compañías de este tipo ven la Reingeniería como una oportunidad de ampliar su ventaja sobre los competidores. De esta manera, buscan levantar más aún la barrera competitiva y hacerles la vida más difícil a todos los demás.

Indudablemente, rediseñar desde una posición de fortaleza es una cosa difícil de emprender.

Se pueden explicar las diferencias que hay entre estos tres tipos de empresas de la siguiente manera: Las de la primera categoría están desesperadas; han chocado contra una muralla y están heridas en el suelo. Las de la segunda categoría siguen corriendo a alta velocidad pero la luz de los faros no permite ver un obstáculo que se les viene encima. Las compañías de la tercera categoría salieron a pasear una tarde clara y despejada sin ningún obstáculo a la vista. Qué buena oportunidad para detenerse a levantar una muralla para cerrarles el paso a los demás.

### **II.3. - Qué no es la Reingeniería.**

Las personas que sólo conocen de oídas la Reingeniería y las que apenas se han enterado del concepto; suelen saltar irreflexiblemente a la conclusión de que es más ó menos lo mismo que otros programas de mejoras de negocios con las que ya están familiarizadas. O bien piensan, que es lo mismo que reestructurar ó algún otro remedio comercial del mes. Nada de eso, la Reingeniería tiene poco ó nada en común con tales programas y se diferencia en forma significativa aún de aquellos con los cuales tiene alguna premisa común.

En primer lugar, a pesar del papel destacado de la informática en la Reingeniería; ya debe estar bien claro que la Reingeniería no es automatización. Automatizar los procesos existentes con la informática es como pavimentar los caminos de herradura. La automatización simplemente ofrece maneras más eficientes de hacer lo que no se debe hacer.

Tampoco se debe confundir la Reingeniería con la llamada Reingeniería de Software; a menudo, no produce otra cosa que sofisticados sistemas computarizados que automatizan procesos obsoletos. La Reingeniería no es reestructurar, ni reducir. Estos no son más que eufemismos por reducir la capacidad para hacer frente a la demanda actual disminuida. La Reingeniería es hacer más con menos.

Rediseñar una organización tampoco es lo mismo que reorganizarla, reducir el número de niveles ó hacerla más plana; aunque la Reingeniería sí puede producir una organización más plana. Los principales problemas que enfrentan las compañías no provienen de su estructura organizacional, sino de la estructura de sus procesos. Superponer una nueva organización sobre un proceso viejo es vaciar vino avinagrado en botellas nuevas.

Las compañías que seriamente se empeñan en acabar las burocracias, están tomando el rábano por las hojas. La burocracia no es el problema. Por el contrario, la burocracia ha sido la solución durante los últimos doscientos años. La burocracia es el pegamento que sostiene unida la corporación. El problema subyacente para el cual ella ha sido y seguirá siendo la solución, es el de procesos fragmentados. La manera de eliminar la burocracia y aplanar la organización, es rediseñar los procesos de manera que no estén fragmentados. Es entonces cuando la compañía se las podrá arreglar sin burocracia.

La Reingeniería tampoco es lo mismo que mejora de calidad, ni gestión de calidad total, ni ninguna otra manifestación del movimiento contemporáneo de calidad. Desde luego los problemas de calidad y la Reingeniería comparten temas comunes. Ambos reconocen la importancia de los procesos, y ambos empiezan con las necesidades del cliente, del proceso y trabajan de ahí hacia atrás. Sin embargo, los dos programas también difieren fundamentalmente. Los programas de calidad trabajan dentro del marco de los procesos existentes de una Compañía y buscan mejorarlos por medio de lo que los Japoneses llaman "Kaizen", ó mejora incremental ó continua. El objetivo es hacer lo que ya se está haciendo, pero haciéndolo mejor. La mejora de calidad busca el mejoramiento incremental del desempeño del proceso.

La Reingeniería como se ha visto, busca avances decisivos, no mejorando los procesos existentes, sino descartándolos por completo y cambiándolos por otros enteramente nuevos. La Reingeniería implica igualmente, un enfoque de gestión del cambio diferente del que necesitan los programas de calidad. Finalmente, se debe volver a la definición original de la Reingeniería: Empezar de nuevo.

La Reingeniería es volver a empezar, con una hoja de papel en blanco. Es rechazar las creencias populares y los supuestos recibidos. Es inventar nuevos enfoques de la estructura del proceso que tienen poca ó ninguna semejanza con los de épocas anteriores. Fundamentalmente, es hacer dar marcha atrás a la Revolución Industrial. La Reingeniería rechaza los puentes inherentes al paradigma industrial de Adam Smith: La división del trabajo, las economías de escala, el control jerárquico y todos los demás instrumentos de una economía en sus primeras etapas de desarrollo. La Reingeniería es buscar nuevos modelos de organización. La tradición no cuenta para nada. La Reingeniería es un nuevo comienzo.

#### **II.4.- Rediseñando Procesos.**

Ya debe estar claro que un proceso rediseñado es muy distinto de un proceso tradicional. Pero ¿cómo es exactamente un proceso rediseñado? No se puede dar una única respuesta a esta pregunta, porque los procesos rediseñados toman muy diferentes formas; sin embargo, sí se puede decir mucho acerca de las características que los tipifican.

Al observar y tomar parte en los proyectos de Reingeniería se aprecian semejanzas notables entre los diversos procesos, semejanzas que van más allá de los tipos de industria y aún de la identidad de un proceso particular. Mucho de lo que se aplica a una Compañía de automóviles que ha rediseñado sus procesos se aplica igualmente a una Compañía de seguros ó a un minorista.

Que unos mismos temas aparezcan en diversas Compañías que han emprendido la Reingeniería no debe sorprender, puesto que la forma de esas Compañías, lo mismo que la forma de organización industrial tradicional, se deriva de unas pocas premisas fundamentales. El modelo industrial descansa en la premisa básica que los trabajadores tienen pocas destrezas y poco tiempo ó capacidad para capacitarse. Esta premisa inevitablemente exige que los oficios y las tareas que se les asignen sean muy sencillas.

Además, Adam Smith sostenía que la gente trabajaba más eficientemente cuando sólo tiene que realizar una tarea fácil. Sin embargo, las tareas sencillas exigen procesos complejos para integrarlas. Durante doscientos años, las Compañías han aceptado los inconvenientes, las ineficiencias y los costos que traen los procesos complejos, a fin de cosechar los beneficios de las tareas simples.

En la Reingeniería se pasa de cabeza el modelo industrial. Se dice que para hacer frente a las demandas contemporáneas de calidad, servicio, flexibilidad y bajo costo, los procesos deben ser sencillos. La necesidad de sencillez produce consecuencias enormes en cuanto a la manera de rediseñar los procesos y de darle forma a las organizaciones. Se anotan a continuación algunos temas recurrentes, que se encuentran con frecuencia en los procesos de negocios rediseñados.

#### *II.4.1.- Varios Oficios se Combinan en Uno.*

La característica más común y básica de los procesos rediseñados es que desaparece el trabajo en serie. Es decir, muchos oficios ó tareas que antes eran distintos se integran y comprimen en uno sólo. No siempre es posible comprimir todos los pasos de un proceso largo en un sólo oficio ejecutado por una sola persona. En algunas situaciones (por ejemplo entrega del producto), los diversos pasos deben ejecutarse en localidades distintas. En tales casos, la Compañía necesita diversas personas cada una de las cuales maneja una parte del proceso. En otros casos, no puede resultar práctico enseñarle a una sola persona todas las destrezas que necesitaría para ejecutar la totalidad del proceso.

Para evitar los pases laterales, se ha organizado lo que se conoce como un "Equipo de Caso", que entre ellas reúnen todas las destrezas necesarias para atender una solicitud de instalación. Los miembros de este equipo "ad hoc", que antes trabajaban en distintos departamentos y en diferentes localidades geográficas, fueron reunidos en una sola unidad y se les asignó la responsabilidad de la instalación total del equipo. Si bien los pases entre los mismos miembros del equipo pueden crear algunos errores y demoras, son insignificantes en comparación con los problemas que causaban los pases laterales a través de las líneas organizacionales. Tal vez lo más importante es que hoy todos saben quien tiene la responsabilidad de que una solicitud se atienda rápidamente y con precisión. Los beneficios de los procesos integrados, de los trabajadores de caso y de los equipos de caso son enormes. Eliminar pases laterales significa acabar con los errores, las demoras y las repeticiones que ellos crean.

Un proceso a base de trabajadores de caso funciona diez veces más rápidamente que el trabajo en serie al cual reemplaza. Los procesos integrados han reducido también costos de administración indirecto. Como los empleados encargados del proceso asumen la responsabilidad de ver que los requisitos del cliente se satisfagan a tiempo y sin defectos, necesitan menos supervisión. En cambio, la Compañía estimula a estos empleados para que encuentren formas innovadoras y creativas de reducir continuamente el tiempo del ciclo y los costos, y producir al mismo tiempo un producto ó servicio libre de defectos.

#### **11.4.2.- Los Trabajadores Toman Decisiones.**

Las Compañías que emprenden la Reingeniería no sólo comprimen los procesos horizontalmente, confiando tareas múltiples y secuenciales a trabajadores de caso ó a equipos de caso, sino también verticalmente. Compresión vertical significa que en aquellos puntos de un proceso en que los trabajadores tenían que acudir antes al superior jerárquico, hoy pueden tomar sus propias decisiones.

En lugar de separar la toma de decisiones del trabajo real, la toma de decisiones se convierte en parte del trabajo. Los trabajadores mismos realizan hoy aquella parte del oficio que antes ejecutaban los gerentes. Con el modelo de producir en serie, el supuesto tácito es que las personas que realmente ejecutan el trabajo no tienen ni tiempo, ni inclinación a hacer seguimiento ni control y que carecen de los conocimientos necesarios para tomar decisiones. La práctica industrial de construir estructuras administrativas jerárquicas se desprende de este supuesto.

Contadores, auditores y supervisores comprueban, registran y controlan el trabajo. Los gerentes supervisan a las abejas trabajadoras y atienden a las excepciones. Este supuesto y sus consecuencias tienen que ser descartados. Entre los beneficios de comprimir el trabajo tanto vertical como horizontalmente se cuentan: Menos demoras, costos indirectos más bajos, mejor reacción de la clientela y más facultades para los trabajadores.

### ***II.4.3.- Los Pasos del Proceso se Ejecutan en Orden Natural.***

Los procesos rediseñados están libres de secuencias rectilíneas; se pueden explotar la precedencia natural del trabajo, más bien que la artificial impuesta por la linealidad. Por ejemplo en un proceso convencional, la persona 1 tiene que completar la tarea 1 antes de pasar los resultados a la persona 2 que hace la tarea 2. Pero si ¿la tarea 2 se pudiera realizar al mismo tiempo que la tarea 1? La secuencia lineal de tareas impone una precedencia artificial que demora el trabajo.

En los procesos rediseñados, el trabajo es secuenciado en función de lo que es necesario hacerse antes ó después. Por ejemplo, en una compañía manufacturera se requerían cinco pasos desde el recibo de un pedido hasta la instalación del equipo solicitado. El primer paso era determinar los requisitos del cliente; el segundo traducirlos a códigos internos del producto; el tercero remitir la información codificada a distintas plantas y bodegas; el cuarto recibir y ensamblar los componentes; el quinto entregar e instalar el equipo. Una organización distinta ejecutaba cada paso.

#### ***II.4.4.- Los Procesos Tienen Múltiples Versiones.***

La cuarta característica común de la Reingeniería de procesos se denomina final de la estandarización. Los procesos tradicionales tenían por objetivo suministrar producción masiva para un mercado masivo. Todos los insumos se manejaban de idéntica manera, de modo que las compañías podían producir bienes ó servicios exactamente uniformes. En un mundo de mercados diversos y cambiantes esa lógica es obsoleta. Para hacer frente a las demandas del ambiente contemporáneo, se necesitan múltiples versiones de un mismo proceso, cada una sintonizada con los requisitos de diversos mercados, situaciones ó insumos. Es más: Estos nuevos procesos tienen que ofrecer las mismas economías de escala que se derivan de la producción masiva.

Los tradicionales procesos únicos para todas las situaciones son generalmente muy complejos, pues tienen que incorporar procedimientos especiales y excepciones para tomar en cuenta una gran variedad de situaciones. En cambio un proceso de múltiples versiones es claro y sencillo porque cada versión sólo necesita aplicarse a los casos para los cuales es apropiada. No hay casos especiales ni excepciones.

#### **II.4.5.- El Trabajo se Realiza en un Sitio Razonable.**

Un tema recurrente en los procesos rediseñados es el desplazamiento del trabajo a través de fronteras organizacionales. En las organizaciones tradicionales, el trabajo se organiza en torno a los especialistas y no solamente en los talleres. Los contadores saben llevar cuentas y los empleados de compras saben hacer pedidos de manera, que cuando el departamento de contabilidad necesita lápices, el departamento de compras se los compra.

Este departamento busca a los vendedores, negocia precios, coloca los pedidos, inspecciona los artículos y paga las facturas, y finalmente el departamento de contabilidad recibe sus lápices; a menos que el proveedor aprobado no los tenga y entonces el departamento de compras resuelve cambiarlos por bolígrafos.

En otras palabras, después de la Reingeniería, la correspondencia entre procesos y organizaciones puede parecer muy distinta de lo que era antes. El trabajo se desplaza a través de fronteras organizacionales para mejorar el desempeño global del proceso.

Gran parte del trabajo que se hace en las Compañías consiste en integrar partes del trabajo relacionadas entre sí y realizadas por unidades independientes. La reubicación del trabajo a través de fronteras organizacionales, como se ve en los casos anteriores, elimina la necesidad de dicha integración.

#### ***II.4.6.- Se Reducen las Verificaciones y los Controles.***

La clase de trabajo que no agrega valor y que se minimiza en los procesos rediseñados es el de verificación y control; ó para decirlo con más precisión, los procesos rediseñados hacen uso de controles solamente hasta donde se justifican económicamente.

Los procesos convencionales están saturados de pasos de verificación y control que no agregan valor, pero se incluyen para asegurar que nadie abuse del proceso. Por ejemplo, en un sistema de compras, el departamento de compras verifica que la persona que solicita un artículo, sea una persona autorizada para adquirir lo que está pidiendo, por la suma y cantidad especificada, y comprueba que el presupuesto del departamento alcance para pagar la cuenta. Todo esto encaminado a verificar que el personal de la Compañía no compre lo que no debe y deba comprar. Otra opción a lo anterior es evitar los manejos dudosos que en un departamento se pueden dar como son: Comprar mucho (generalmente más de lo que se consume racionalmente), sólo por obtener una dádiva adicional del proveedor hacia el comprador; comprar a un sólo proveedor (ya que este monopolio sólo favorece al comprador que en cada adquisición se lleva una dádiva); renegociar (generalmente sin autorización de la Compañía) los adeudos con el proveedor con la finalidad de también obtener alguna dádiva adicional, etc. Todo lo anterior es real y presupone tener un buen sistema de control que sea confiable, y que difícilmente pueda ser captado por la mafia existente en el departamento de compras.

#### **11.4.7.- La Conciliación se Minimiza.**

Otra forma de trabajo que no agrega valor y que los procesos rediseñados minimizan, es la conciliación. Lo logran disminuyendo el número de puntos de contacto externo que tiene un proceso, y con ello reducen las probabilidades de que se reciba información incompatible que requiere conciliación.

Administrar inventarios es un delicado número de equilibrio. Si se tienen existencias muy pequeñas, los clientes se disgustan y se pierden ventas; y si son muy grandes, los costos de financiamiento y almacenamiento son altos. Pero existe una razón de peso para este rubro y es la seguridad. En la medida que se tenga un control de ingresos y egresos de productos del almacén, se podrá establecer la verdadera venta y además se controlará el robo "hormiga" tan característico en almacenes importantes (en cuanto a cantidad de producto almacenado), lo que a la larga implica una fuga muy importante de recursos que degradablemente no se puede controlar tan fácilmente. Es por esta razón, importante el tener una conciliación constante y segura (nuevamente evitar que se relacione con la mafia del almacén), que garantice que todo opera de forma normal.

#### *II.4.8.- Un Gerente de Caso Ofrece un Sólo Punto de Contacto.*

El empleo de una persona que se denomina "Gerente de Caso", es otra característica recurrente que se encuentra en los procesos rediseñados. Este mecanismo resulta útil cuando los pasos del proceso son tan complejos ó están dispersos que es imposible integrarlos en una sola persona ó incluso en un pequeño grupo.

Actuando como amortiguador entre el complejo problema y el cliente, el gerente de caso se comporta hacia el cliente como si fuera responsable de la ejecución de todo el proceso, aún cuando en realidad no lo es. Para desempeñar este papel, es decir para poder contestar las preguntas del cliente y resolverle sus problemas este gerente necesita acceso a todos los sistemas de información que utilizan las personas que realmente ejecutan el trabajo, y la capacidad de ponerse en contacto con ellas, hacerles preguntas y pedirles ayuda adicional cuando sea necesario.

Con frecuencia se les llama "Facultados" a estos gerentes representantes de servicio a clientes (RSC); para distinguirlos de los tradicionales RSC que suelen ser personas de escasa información y menos autoridad y experiencia. Los RSC facultados; idealmente, sí pueden hacer que las cosas se hagan. Aunque aquí, es posible que se confunda el concepto de facultado con experto; se debe hacer la aseveración de que no son lo mismo y no representan ambigüedad en ningún caso, ya que son entidades independientes.

#### **11.4.9.- Prevalen Operaciones Híbridas Centralizadas/Descentralizadas.**

Las Compañías que han rediseñado sus procesos tienen la capacidad de combinar las ventajas de la centralización, con las ventajas de la descentralización en un mismo proceso.

La informática les permite a las Empresas funcionar como si sus distintas unidades fueran completamente autónomas, y al mismo tiempo la organización disfruta de las economías de escala que crea la centralización. Por ejemplo, armar a los vendedores de computadoras portátiles conectadas por Módems inalámbricos con una oficina central ó con la sede corporativa; les dé a estos trabajadores acceso instantáneo a la información que se guarda ahí. Al mismo tiempo, controles incorporados a la programación electrónica que ellos utilizan para redactar contratos de compra-venta, eviten que los vendedores manejen precios fuera de lo autorizado por la empresa, especifiquen el tiempo de entrega en condiciones que la empresa no pueda cumplir ó cualquier otra condición (algún descuento adicional al originalmente pactado) que la empresa no respete posteriormente. Con esta tecnología, las Compañías pueden rediseñar el proceso de ventas de modo que se elimine la maquinaria burocrática de las oficinas regionales, se aumente la autonomía y las facultades de los vendedores; y al mismo tiempo se refuerce el control que la Empresa tiene sobre precios y condiciones de venta.

### ***11.5.- Impacto de la Reingeniería de Procesos.***

Se ha insistido repetidas veces en que la Reingeniería implica el rediseño radical de los procesos. Pero si bien se empieza por rediseñar los procesos, no se termina ahí. Los cambios fundamentales en los procesos producen consecuencias en muchos otros aspectos de una organización; en realidad en toda ella.

Cuando se rediseña un proceso, oficios que eran estrechos y orientados a una tarea pasan a ser multidimensionales; individuos que antes hacían lo que se les ordenaba, toman ahora decisiones por sí mismos. El trabajo en serie desaparece. Los departamentos funcionales pierden su razón de ser. Los gerentes dejan de actuar como supervisores y se comportan más bien como entrenadores. Los trabajadores piensan más en las necesidades de sus clientes y menos en las de sus jefes. Actitudes y valores cambian en respuesta a nuevos incentivos. Casi todos los aspectos de la organización se transforman, a menudo tanto que no se reconocerían. Ahora se examinarán más detenidamente el tipo de cambio que ocurre cuando una Compañía rediseña sus procesos, es decir, aplica Reingeniería.

**11.5.1.- Cambian las Unidades de Trabajo: De Departamentos Funcionales a Equipos de Proceso.**

Lo que hacen realmente las Compañías que rediseñan es volver a juntar el trabajo que Adam Smith y Henry Ford dividieron en diminutas fracciones hace tantos años. Una vez reestructurado, los equipos de proceso (grupos de personas que trabajan juntas para realizar un trabajo total), resultan ser la manera lógica de organizar al personal que realiza el trabajo.

Los equipos de proceso no incluyen representantes de todos los departamentos funcionales interesados, sino que reemplazan la antigua estructura departamental. Si bien hay diversas clases de equipo de procesos, en este apartado hay que referirse a algo muy particular cuando se usa el término "Equipo".

Plénesse en el paso de un pedido a través de una organización. Todos estos casos los manejan distintas personas, pero esas personas no están integradas organizacionalmente. Están dispersas por toda la Compañía en los funcionales: Diferentes departamentos, grupos, divisiones, etc.

Este fraccionamiento crea muchos problemas, pero en particular, fomentan metas incongruentes entre las distintas personas que intervienen. A una, tal vez le preocupa la rotación de inventario, mientras que otra se concentra en el tiempo de entrega.

Un método alternativo es tomar a las mismas personas que hoy manejan el pedido, ó el nuevo producto, ó la reclamación; pero en lugar de separarlas en departamentos, reunirías en un equipo. No se modifica necesariamente lo que hacen, pero se disponen las cosas para que lo hagan conjuntamente y no por separado, y en distintos puntos de la Compañía.

En cierto modo sólo se está volviendo a reunir a un grupo de trabajadores que han sido separados artificialmente por la organización. Cuando se vuelven a juntar, se llaman "Equipos de Proceso". En otros términos, un equipo de procesos es una unidad que se reúne naturalmente para completar todo un trabajo y un proceso.

### **11.5.2.- Los Oficios Cambian: De Tareas Simples a Trabajo Multidimensional.**

Las personas que trabajan en equipos de proceso encontrarán su trabajo muy distinto de los oficios a los que estaban acostumbrados. El trabajo en serie, sea de oficina ó de taller, es muy especializado; es la repetición de la misma tarea. Puede exigir cierto entrenamiento en un oficio, como insertar un componente en un tablero de circuito impreso; hasta puede requerir un alto nivel de educación; un grado universitario en Ingeniería Mecánica por ejemplo, para diseñar obturadores de cámara fotográfica. Pero cuando están realizando trabajo de tareas, ni el trabajador de líneas de montaje, ni el Ingeniero Mecánico necesitan (ni les importa) conocer todo el proceso de fabricar toda la cámara.

Los trabajadores de equipos de proceso que son responsables colectivamente de los resultados del proceso, más bien que individualmente responsables de una tarea, tienen un oficio distinto. Comparten con sus colegas de equipo la responsabilidad conjunta del rendimiento del proceso total, no sólo de una pequeña parte de él.

No solamente ponen en juego día tras día una gama más amplia de destrezas sino que tienen que pensar en un cuadro más amplio. Aunque no todos los miembros del equipo realizan exactamente el mismo trabajo, la línea divisoria entre ellos se desdibuja. Todos los miembros del equipo tienen por lo menos algún conocimiento básico de todos los pasos del proceso y probablemente realizan varios de ellos.

Cuando el trabajo se vuelve más multidimensional, también se torna más sustantivo. La Reingeniería no sólo elimina el desperdicio sino también el trabajo que no agrega valor.

La mayor parte de la verificación, la espera, la conciliación, el control y el seguimiento (trabajo improductivo que existe por causa de las fronteras que hay dentro de una organización y para compensar la fragmentación del proceso); se eliminan con la Reingeniería, lo cual significa que la gente destinará más tiempo a hacer trabajo real.

### **II.5.3.- El Papel del Trabajador Cambia: De Controlado a Facultado.**

Una Compañía tradicional orientada a las tareas, contrata personal y espera que éste siga las reglas. Las Compañías que se han rediseñado, no buscan empleados que sigan reglas; quieren gente que haga sus propias reglas. Cuando la administración confía a los equipos la responsabilidad de completar un proceso total, necesariamente tiene que otorgarles también la autoridad para tomar las medidas conducentes.

Los que trabajan en un proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas. A los trabajadores de equipos de proceso se les permite y se les exige que piensen, se comuniquen y obren con su propio criterio y tomen decisiones.

Los equipos sean de una persona ó de varias, que realizan trabajo orientado al proceso, tienen que dirigirse a sí mismos. Dentro de los límites de sus obligaciones para con la organización deciden cómo y cuándo se ha de hacer el trabajo. Si tienen que esperar la dirección de un supervisor y sus tareas, entonces no son equipos de proceso. Si los oficios en procesos rediseñados no requieren que el trabajador siga reglas, sino que ejerce su propio criterio a fin de hacer lo que debe hacer; entonces los empleados necesitan suficiente educación para discernir ¿qué es lo que deben hacer?. Las Compañías tradicionales hacen hincapié en entrenar a los empleados. En las que se han rediseñado el énfasis se traslada a educar. El entrenamiento aumenta las destrezas y la competencia, y les enseña a los empleados el "cómo" de un oficio; la educación aumenta su perspicacia y la comprensión les enseña el "por qué"

La Reingeniería entra a un cambio tan grande en la cultura de una organización como en su configuración estructural. Exige que los empleados creen profundamente que trabajan para sus clientes, no para sus jefes. Esto lo crearán sólo en el grado en que los refuercen las prácticas de recompensas de la Compañía.

**CAPITULO III**

**SISTEMAS EXPERTOS E  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

### *III.1.- Introducción.*

El manejo automático de equipos para el hogar, la escuela y la industria es particularmente útil para tareas peligrosas, repetitivas, tediosas ó simples. En la industria se emplean máquinas que cargan, descargan, soldan, cortan ó moldean con el fin de conseguir precisión, seguridad, economía y productividad. El empleo de computadores integrados a máquinas que realizan tareas como lo hace un ser humano, fue previsto por diversos autores.

Los robots son computadores programables integrados en máquinas. Con frecuencia sustituyen la labor humana en tareas repetitivas específicas. Algunos dispositivos tienen incluso mecanismos antropomorfos; incluyendo algunos que reconoceríamos como brazos mecánicos, muñecas y manos. Un robot se define como un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover materiales peligrosos, partes, herramientas ó dispositivos especiales a través de movimientos variables programados para realizar diversas tareas. La capacidad de un robot es que sea programable, lo que permite utilizarlo en nuevas tareas.

Algunas aplicaciones de los robots, tienen requisitos para los cuales un computador digital es el método más apropiado de control de la célula de trabajo. Al hacer referencia a la utilización de un computador dedicado (generalmente un minicomputador ó un computador) en lugar de la computadora que se utiliza como la unidad de control del robot. En casos donde un computador es el controlador de la célula de trabajo, se debería utilizar ó en serie con un Automata Programable (AP) ó como un sustituto de éste.

La computadora podría efectuar otras funciones en la planta y así se prepararía para controlar a la célula del robot en un modo de operación de tiempo compartido. También la computadora probablemente formaría parte como un componente de una red de computadoras jerárquicas en la fábrica, conectadas en su parte final a los Automatas Programables, y/o controladores de robots en la célula, y conectadas hacia arriba al siguiente nivel jerárquico en la planta.

Los Automatas Programables son dispositivos especializados que se diseñan para comunicarse con procesos industriales. Se proporcionan con puertos de Entrada/Salida que pueden ser cableados directamente a los elementos de la planta. Esto es una ventaja sobre el computador digital, ya que se deben realizar disposiciones especiales para comunicar el computador a los equipos industriales en la célula. Sin embargo, el AP tiene ciertas limitaciones en procesamiento de datos y lenguaje de programación que dan al computador una ventaja de aplicaciones que necesitan estas capacidades. Algunos ejemplos de las clases de características de aplicaciones de robot que podrían tender a favorecer el uso de computadoras para el control de célula de trabajo incluirían las siguientes:

- 1.- Casos en los que existe alguna célula cuyas operaciones se deben coordinar y significantes cantidades de datos se deben comunicar entre ellos.
- 2.- Células en las cuales el problema de detección y recuperación de error constituye una parte importante de la codificación que se debe programar en la operación de la célula de trabajo.

- 3.- Cuando algunos productos diferentes se hacen sobre la misma línea de producción automatizada, las operaciones en las diferentes estaciones se tienen que coordinar y secuenciar adecuadamente. Los computadores estarían bien adecuados a las tareas de procesamiento de datos que se necesitan en este tipo de aplicación. En casos donde las líneas de producción se utilizan para operaciones de ensamble, los diversos tamaños y estilos de las piezas componentes se deben clasificar y adaptar al modelo particular que está siendo ensamblado en cada estación de trabajo respectiva, a lo largo de la línea.
  
- 4.- Situaciones en las cuales se requiere un alto nivel de planificación de la producción en control de inventarios en la operación de la célula. Otra vez, este tipo de función de procesamiento de datos podría requerir la utilización de una computadora además de, ó como un sustituto de un Automata Programable.

Las diferencias entre los computadores digitales y los Automatas Programables, son principalmente, diferencia en aplicación, más que diferencia en tecnología básica. El AP puede, de hecho, considerarse como una forma especializada de computador digital con características dedicadas para el control de Entrada/Salida de elementos industriales. Las tecnologías de los dos tipos de control son bastante similares.

**III.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.**

La Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador digital, mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso de razonamiento humano.

Sólo unos pocos de los acontecimientos que han ocurrido ó ocurrirán en el último cuarto de este siglo tendrán un efecto tan profundo y duradero sobre la vida humana, como lo es la creación de máquinas inteligentes. La introducción de computadores y robots inteligentes y autónomos provocará un cambio fundamental en nuestra sociedad. Para entender su importancia es conveniente que se lleguen a entender dos puntos fundamentales.

Lo primero es que prácticamente todos los usos y aplicaciones de las computadoras y de la automatización, en general a la industria; están estrechamente relacionados con los principios básicos en que se fundó la Revolución Industrial. Más específicamente, el uso de las computadoras y de la Automatización ha reemplazado a aquellos trabajadores que desempeñaban labores poco cualificadas y repetitivas.

El segundo punto a tener en cuenta es que la introducción de una Automatización Inteligente, provocará una segunda Revolución Industrial. No obstante, en esta revolución, los trabajadores que serán reemplazados por las máquinas pertenecerán a un nivel medio, donde entrarían todos aquellos trabajos que exigen la toma de decisiones meditadas (pero, quizá, ninguna inventiva).

Hasta hace poco, mucha gente ha observado el campo de la Inteligencia Artificial (IA); como el lado oscuro de la ciencia informática; creían que, al igual que el Doctor Frankenstein de Mary Shelley, intentaba crear la vida; los programadores de IA trabajaban para crear pensamiento. Los investigadores en Inteligencia Artificial fueron, a veces, paradójicamente considerados como la "élite" y los "fanáticos" de la ciencia informática. Cuidadosos de evitar referencias a IA, e incluso por su catalogación de programadores empleados, cuando se les forzaba a dar una visión de la viabilidad ó practicidad de una máquina inteligente, normalmente solían argumentar que... "aún quedaban muchas investigaciones por hacer", y que... "en un futuro próximo habrá importantes descubrimientos, pero por el momento, lo alcanzado no es aún mencionable ¡La imagen de la Inteligencia Artificial ha cambiado de una vez por todas!"

Es difícil especificar una fecha exacta del comienzo de lo que normalmente se denomina Inteligencia Artificial (IA).

Las primeras computadoras eran en realidad, máquinas que tenían que ser literalmente renovadas en su totalidad, para resolver problemas diferentes. El almacenamiento de programas permitía a la computadora cambiarse rápida y fácilmente con sólo ejecutar un nuevo programa. Esta capacidad implica que una computadora podría ser capaz de cambiar su propia función, es decir, ¡aprender ó pensar!

El campo de la IA, se compone de varias áreas de estudio. De ellas se listan las más importantes y son:

- 1.- Búsqueda (de soluciones).

- 2.- Sistemas Expertos.**
- 3.- Procesamiento en Lenguaje Natural.**
- 4.- Reconocimiento de Modelos.**
- 5.- Robótica.**
- 6.- Aprendizaje de las Máquinas.**
- 7.- Lógica.**
- 8.- Incertidumbre y "Lógica Difusa".**

Algunas de las áreas representan aplicaciones finales, tales como los **Sistemas Expertos**; otras como el procesamiento del lenguaje natural y la **búsqueda de soluciones**, son bloques de la IA que se añaden a otros programas para llevar a cabo su realización.

Cuando se hace referencia a la IA, el término **búsqueda** se refiere a la **búsqueda de soluciones a un problema**. (No significa encontrar una información específica dentro de una base de datos). Los **Sistemas Expertos**, son el primer producto de la IA viable comercialmente. Un Sistema Experto tiene dos atributos especiales y principales. Primero, le permite introducir información sobre un tema en una computadora. A esta información se le suele llamar **base de conocimiento**. En segundo lugar, le permite interrogar a esta base de conocimiento y luego actúa como si fuese un experto en la materia, que es en definitiva la razón de su nombre.

Para muchos investigadores en IA, el procesamiento del lenguaje natural (conocido como PLN), es uno de los fines principales que la IA debe alcanzar porque permite a la computadora la entrada del lenguaje humano de forma directa.

El mayor obstáculo para alcanzar esta meta es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos. Además tenemos el problema de que la computadora sea consciente de la información contextual que pueda aparecer en cualquier situación que no sea de las más simples.

El reconocimiento y relación de modelos es importante para varias aplicaciones, incluidas la robótica y el procesamiento de imágenes. Por ejemplo, cuando se dá una imagen de TV digitalizada, ¿cómo puede determinar la computadora dónde termina un objeto y empieza otro, ó si un objeto está sobre otro?

Al igual que el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento y relación de modelos es necesario para que una computadora se interrelacione con el mundo humano.

Aplicado a la robótica, la IA ayuda a que una computadora controle el movimiento usando un razonamiento especial. Para los robots industriales como los utilizados en el ensamblaje de automóviles, los problemas para la IA aparecen al tratar de suministrarles un movimiento natural ó preciso dentro de un conjunto de posiciones concretas. Los robots autónomos tienen mayores problemas para desenvolverse en un mundo humano; con sus obstáculos, sucesos inesperados y cambios de ambiente.

Una de las áreas más importantes de la IA es la del aprendizaje mecánico. Esta área trata de hacer que los programas aprendan de sus propios errores, en base a la observación y a la autoevaluación. El aprendizaje mecánico significa simplemente hacer que la computadora sea capaz de beneficiarse de su propia experiencia. De los muchos productos de la IA de importancia práctica, están aquellos que pueden usarse para estudiar la corrección lógica de un argumento aplicando unas reglas lógicas generales. En este contexto, la palabra argumento hace mención a las distintas afirmaciones conectadas de manera lógica para alcanzar un fin. Esto incluye pruebas matemáticas, lógica formal y lógica silogística ó filosóficas. La mayoría de las decisiones que se toman, están basadas en un conocimiento incorrecto.

Por ejemplo; cuando se compra una casa, no se sabe que todas las cañerías funcionan correctamente, etc. La decisión de comprar se basa en la suposición de que hay una cierta probabilidad ó posibilidad de que todo se encuentre en perfectas condiciones. El que una computadora pueda pensar de la misma manera implica el uso de la lógica incierta (es decir, la toma de decisiones basadas en una información incompleta ó probable).

A continuación se enlistan los principios fundamentales en que se basa la IA, y éstos son:

**Principio 1.0.-** Las técnicas de la IA intentan en forma explícita, trasladar el proceso de razonamiento hacia el programa.

**Principio 1.1.-** Un Sistema Experto (SE), se dedica a un problema de un área específica. No se intenta enfocar las capacidades humanas en todas las áreas.

**Principio 1.2.-** Habitualmente se espera de una persona un desempeño aceptable, pero no se le exige una solución óptima en todos los casos.

**Principio 1.3.-** Un SE busca una solución satisfactoria, tal que sea lo suficientemente buena para hacer el trabajo, aunque no sea la óptima.

**Principio 1.4.-** El nivel de exactitud y precisión que exige una solución satisfactoria se dictamina por el dominio del problema.

Uno de los más importantes acontecimientos dentro de la IA ocurrió en los años sesenta, pero pasó virtualmente desapercibido en los Estados Unidos de América; hasta la década de los ochenta. Este fue la creación del PROLOG en 1972, obra de Alain Colmerauer en Marseille, Francia. Al igual que LISP; PROLOG era un lenguaje diseñado para ayudar a resolver problemas relativos a la IA; al contrario de LISP, posee un gran número de características especiales, tales como una base de datos incorporada y una sintaxis, bastante simple. En esencia, hacia 1980, el LISP era el lenguaje de la IA elegido en los Estados Unidos de América, mientras que PROLOG tenía el mismo estatus en Europa. Sin embargo, en 1981, esta situación cambió tras el anuncio de los japoneses de que usarían PROLOG como base de sus computadoras de la "Quinta Generación", una de la de mayor oferta.

Lo que hace a PROLOG importante en la historia de la IA es el hecho de que reuniera un conocimiento más profundo del proceso de pensamiento de lo que lo hacía el LISP. Por ejemplo, PROLOG contiene la posibilidad de una base de datos incorporada y rutinas de retroseguimiento, siendo ambas necesarias en muchas situaciones en resolución de problemas.

Aunque PROLOG ha ido ganando popularidad en los Estados Unidos de América desde 1981, aún no está claro si se convertirá en el primer lenguaje de investigación de IA en EUA.

Actualmente, el énfasis en el campo de la IA pasa de la investigación a la aplicación. Este cambio significa que las técnicas de IA desarrolladas en el laboratorio usando un lenguaje de investigación, necesitarán hacerse efectivas usando diversos lenguajes de ámbito general para resolver aplicaciones reales.

### III.3.- ¿ Pueden las Computadoras Pensar ?

Antes de que pueda explorar el ámbito de la IA a través de su programación, debe entender lo que significa para una computadora el hecho de pensar. El concepto de una computadora pensante implica que una computadora está ejecutando un programa pensante. Para esta discusión y en vista a mantenemos compatibles con términos tradicionales, se hablará de programa pensante como un programa inteligente. Sin embargo, hay una gran discusión acerca de si los programas son inteligentes ó no, y consecuentemente, si las computadoras pensantes existen. No es fácil de establecer este debate, ya que todo depende de la forma en que se interprete la definición de "inteligencia". Hay argumentos convincentes (y algunas veces emocionales), que apoyan cada punto de vista. Una pregunta que surge en este debate es cómo un programa inteligente se diferencia de uno "no - inteligente". Este apartado explora varios de estos argumentos, sin embargo, queda a cada persona decidir su propia concepción.

Determinar lo que se considera como programa inteligente implica conocer el significado de inteligencia. Se define el término "inteligencia", como la capacidad de comprender hechos y proposiciones, sus relaciones y razonamientos. Esta definición nos lleva a una pregunta: ¿Qué significa razonar? En este contexto, significa "pensar". Hace mucho tiempo se consideraba que la gente no podía explicar "cómo" pensaba, pero podía decir "lo que pensaba". El hecho es que la gente realmente no puede entender cómo piensa. (Si lo hiciera, no sería pues tan difícil hacer que una computadora pensase).

Si se mantuviera una interpretación estricta de la definición de inteligencia, podría argumentar que "todos" los programas son inteligentes. Considérese lo siguiente: La primera parte de la definición de inteligencia es la capacidad de comprender los hechos, las propuestas y sus relaciones. Las computadoras están increíblemente bien diseñadas para llevar a cabo estos tipos de trabajos. Por ejemplo, una base de datos relacional puede almacenar información (comprender), aceptar preguntas (proposiciones), y como su nombre implica, representar relaciones.

Ciertamente, algunos tipos de información, tales como las imágenes visuales, son mucho más difícil de comprender para una computadora que cualquier otros, pero la definición de inteligencia no exige que la comprensión se lleve a cabo de una manera determinada (sólo exige que la comprensión tenga lugar). Por tanto, lo que una computadora hace normalmente (unir, almacenar y acceder a la información), satisface la primera exigencia de la inteligencia. Sin embargo, ¿puede la base de datos "razonar", estos hechos? (que es la segunda exigencia de la inteligencia). Quizá la respuesta depende de lo que alguien considere como definición correcta de "razonar". Si la manipulación de la información de la base de datos (el acto de buscar, clasificar, procesar las preguntas, archivar, etc.) puede ser llamado "razonamiento", entonces cualquiera puede afirmar que la base de datos es un programa inteligente. Esto implica que la mayoría de los programas de computadoras son inteligentes. Recuerde que precisamente la mayor parte de los programas de computadoras manipulan la información de una manera lógica y razonable. Por tanto, esta forma de razonamiento debe ser clasificada como inteligencia.

Para mucha gente, esta conclusión es difícil de aceptar. Implica que virtualmente todos los programas pertenecen al campo de la Inteligencia Artificial (una implicación que no se ajusta a la verdad).

Su intuición y experiencia en ejemplos específicos de programas basados en IA le dice que hay una diferencia. Pero, ¿cuál es? Si intenta justificar su incapacidad para aceptar que una base de datos relacional es un programa pensante, se podría decir que no puede serlo porque se cree que lo que el programa de base de datos hace, no es similar al concepto de pensamiento humano. Sin embargo, el lector se encuentra entonces con el hecho de que "exactamente la misma labor" realizada por un empleado de archivos, exige obviamente inteligencia por parte de dicho empleado. He aquí la paradoja: Si el programa de base de datos lleva a cabo esta labor, entonces no está pensando; aunque, si una persona realizara esta función se diría que piensa. Este problema surge debido a nuestro propio orgullo. Como ser humano, preferiría pensar que es su cerebro lo que le hace especial, es decir, que el género humano tiene el monopolio del pensamiento cognitivo. Puede quizá, admitir que los mamíferos superiores pueden pensar e incluso razonar, a niveles muy elementales, pero los humanos van más allá. Sin embargo, que una simple máquina pueda pensar, a cualquier nivel, es una idea incómoda. Tanto es así que, cuando algún brillante programador crea un programa inteligente, la tendencia general es decir, ¡bueno, no es realmente inteligente!

Es sólo que "actúa de forma inteligente". No decir esto, sería admitir que se ha perdido el monopolio humano sobre el pensamiento. Hay otra forma de ver el problema. Uno podría decir que un perro bien adiestrado es inteligente si le trae a su dueño el periódico del jardín. Alguien incluso diría, que su hijo de un año es bastante inteligente si puede hacer lo mismo. Aunque en realidad no es tan difícil construir un robot controlado por computadora que fuera capaz de realizar la misma función. Sin embargo, la mayoría de la gente no se inclinaría a decir que el robot era inteligente por el simple hecho de que pudiera traerles el periódico de la mañana.

La razón para este prejuicio estriba en que la mayoría de la gente diría que un robot que trae el periódico es simplemente una máquina que ejecuta un programa creado por un programador, y que el robot no "piensa" cuando realiza esta tarea, sino que simplemente la "hace".

El ejemplo del robot y el periódico también suscita un problema diferente que lleva de vuelta al hecho de que las personas no saben cómo piensan. Debido a que el programa para traer el periódico del jardín es fácil de comprender, la tendencia es a decir que el programa no puede ser inteligente "porque" se puede entender. A esto es a lo que suele llamarse principio mágico: A nivel emocional, la mayoría de la gente considera que el proceso del pensamiento es algo mágico. Debido a que la gran mayoría no entiende los procesos del pensamiento, incorrectamente se asume que cualquier mecanismo construido y dominado por el hombre no puede ser inteligente, puesto que su inteligencia es, en definitiva, la de aquel que la construyó. Esencialmente, creen que la creación es siempre inferior a su creador.

Además, existe la cuestión fundamental de la libre voluntad. A través de la historia, el pensamiento ha estado siempre relacionado con el concepto de libre voluntad: Sólo un ente con la "voluntad de pensar" puede pensar. Descartes, el famoso filósofo del siglo XVII, proclamó que el pensamiento probaba su propia existencia cuando escribió la famosa afirmación filosófica "pienso, luego existo". Lo que hace a este concepto problemático es que, en el ejemplo del robot y el periódico, parece que tanto el niño como el perro eligen traer el periódico (como algo opuesto a hacer cualquier otra cosa); pero debido a que el robot "está programado" para hacer esto (verdaderamente, debe traer el periódico, porque es su programa) no puede hacer otra cosa.

Sin embargo, ¿puede una computadora "elegir" alguna vez algo? No hay duda de que esta pregunta será una de las cuestiones fundamentales tanto filosóficas, como legales en el siglo XXI.

Esta pregunta puede rápidamente polarizar a un gran número de programadores. Hay muchos programadores que piensan con firmeza que "una máquina es una máquina": Una computadora no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que una computadora pueda elegir hacer algo y, más específicamente, pensar. Este es un argumento bastante convincente. Sin embargo, otros programadores que sostienen posturas opuestas pueden ser más persuasivos. Imagine que una computadora está controlando el peso de una carga de ladrillos sobre un camión. Cuando el peso de la carga sobre el camión alcanza un cierto punto, la computadora cierra el peso de ladrillos. ¿Decidió la computadora para el proceso de carga? ¡Sí! La computadora controlaba de forma clara la situación y "decidió" parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si la computadora no hizo la elección, entonces ¿quién la hizo? Los defensores de este argumento afirman que la capacidad de la computadora para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿Es una computadora capaz de pensar? Como han demostrado los ejemplos que se acaban de analizar, hay opiniones fuertemente contrastadas. Lo más convincente es decir que el debate aún continúa. Sin embargo, es posible que el lector ya se haya formado su propia opinión. En este momento, mucha gente está convencida de que es imposible determinar si una computadora puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que una computadora siga un comportamiento similar al de una persona.

La clave es que algunos programas "parecen" claramente inteligentes (y, en verdad, son la base de la IA). Las dificultades mostradas en el párrafo anterior, están en realidad, relacionadas con el error en la apreciación del concepto "inteligencia". Lo que las definiciones del diccionario olvidan, es el hecho de que el término "inteligencia" implica inteligencia humana. Esta asociación implícita hace difícil admitir la posibilidad de que una máquina puedan pensar ó que un programa de computadora pueda ser inteligente por el hecho de que la mayoría de los programas no realizan la misma labor, igual que lo hace una persona.

Por otra parte, cuando esta implicación desaparece, es fácil decir que los programas inteligentes no existen. Si se entiende esta diferencia, la definición de un programa inteligente aparece instantáneamente. Para que un programa sea inteligente se requiere que "actúe" inteligentemente, esto es, que debería actuar como un ser humano. Sus procesos de pensamiento no tienen por qué ser siempre iguales a los de cualquier persona. Por tanto, aquí hay una definición de programa inteligente:

"Un programa inteligente es aquel que muestra un comportamiento similar al de un humano que se enfrenta a un mismo problema. No es necesario que el programa resuelva, ó intente resolver, el problema de la misma forma que lo haría un humano".

De hecho, el programa no tiene por qué pensar como un ser humano, aunque parezca pensar como tal. (Después de todo, hay personas que no piensan siempre de la misma manera). Por tanto, se puede concluir diciendo, que un programa inteligente en cierto modo muestra un comportamiento inteligente casi-humano, mientras que los programas no inteligentes no lo hacen.

En lo referente a los Sistemas Expertos, se puede mencionar lo siguiente:

Los Sistemas Expertos, se emplean para ejecutar una variedad muy complicada de tareas, que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas intensamente entrenadas.

Un Sistema Experto, es una aplicación informática que soluciona problemas complicados que de otra manera exigirían ampliamente la pericia humana. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de conocimientos e inferencias.

Internamente, un SE ideal se puede caracterizar como un sistema que comprende:

- Amplio conocimiento específico a partir del campo de interés.
- Aplicación de técnicas de búsqueda.
- Soporte para análisis heurístico.
- Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos ya existentes.
- Procesamiento de símbolos.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento.

Los principios básicos en los que se basan los SE se enumeran a continuación:

- Principio 1.0.-** La potencia de un experto se debe más al conocimiento amplio del área específica que a la comprensión del desempeño genérico de un experto.
- Principio 1.1.-** La selección del esquema de representación del conocimiento es una de las decisiones más críticas en el diseño de un SE.
- Principio 1.2.-** El proceso de buscar los conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos, constituye un elemento clave del procesamiento de un sistema experto.
- Principio 1.3.-** La selección del paradigma de inferencia considerando la explosión combinatoria, influye fuertemente en el desempeño global de un SE.
- Principio 1.4.-** En un SE ideal, el motor de inferencia nunca debería necesitar de modificaciones.
- Principio 1.5.-** La credibilidad que se le concede a un SE depende de la habilidad del SE para explicar su propio proceso de razonamiento.

En menos de cinco años, la Inteligencia Artificial ha pasado de ser un pequeño aspecto de la ciencia informática a ser quizás la aportación más importante a la informática desde el transistor.

**Este rápido cambio se basa en cuatro factores fundamentales: El éxito de los Sistemas Expertos, que fueron los primeros productos de la Inteligencia Artificial de auténtico impacto comercial; el bien conocido compromiso de los japoneses con la Inteligencia Artificial; la lenta pero firme integración de las técnicas de Inteligencia Artificial en las aplicaciones existentes y, finalmente, el hecho de que ha llegado la hora de la Inteligencia Artificial.**

**CAPITULO IV**

**AUTOMATAS PROGRAMABLES**

#### *IV.1.- Introducción.*

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) ó **Autómata Programable (AP)**; a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico ó electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: Series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

El PLC, por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software, amplia continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se dá fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por lo tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación ó alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
  
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.

- **Procesos secuenciales.**
- **Maquinaria de procesos variables.**
- **Instalaciones de procesos complejos y amplos.**
- **Verificación de programación centralizada de las partes del proceso.**

A continuación se enumeran ejemplos de aplicación general, que pueden ser los siguientes:

**1.- De maniobra de máquinas:**

- a). **Maquinaria industrial del mueble y madera.**
- b). **Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.**
- c). **Maquinaria en la industria del plástico.**
- d). **Máquinas-herramienta complejas.**
- e). **Maquinaria en procesos textiles y de confección.**
- f). **Maquinaria de ensamble.**
- g). **Máquinas de transferencia.**

**2.- Maniobra de instalaciones:**

- a). Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- b). Instalaciones de seguridad.
- c). Instalaciones de frío industrial.
- d). Instalaciones de almacenamiento y trasvase de cereales.
- e). Instalaciones en plantas embotelladoras.
- f). Instalaciones en la industria de automoción.
- g). Instalaciones de tratamientos térmicos.
- h). Instalaciones de plantas depuradoras de residuos.
- i). Instalaciones de cerámica.

**3.- Señalizaciones y control:**

- a). Verificación de programas.
- b). Señalización del estado de procesos.

A continuación, se analizarán las ventajas e inconvenientes del PLC, y son:

Las condiciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

- 1.- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
  - a). No es necesario dibujar el esquema de contactos.
  - b). No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
  - c). La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- 2.- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado, ni añadir aparatos.
- 3.- Mínimo espacio de ocupación.
- 4.- Menor costo de mano de obra de la instalación.

- 5.- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos Automatas Programables, pueden detectar e indicar averías.
  
- 6.- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.
  
- 7.- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
  
- 8.- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina ó sistema de producción.

Los inconvenientes del PLC, se puede mencionar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en ese sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede ser ó no un inconveniente, según las características del automatenio en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el  $\mu P$ , es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por lo tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir por uno ú otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurar una decisión acertada.

#### **IV.2.- Estructura Externa.**

La estructura externa ó configuración externa de un Automata Programable (PLC); se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques ó elementos en que está dividido, etc. Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que perteneciese: Americana ó Europea. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- a). **Estructura compacta.**- Este tipo de PLC, se distingue por presentar en un sólo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, Entradas/Salidas, etc.

En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: Unidad fija ó enchufable directamente en el PLC; enchufable mediante cable y conector, ó la posibilidad de ambas conexiones. Si la unidad de programación es sustituida por una PC, se encuentra en la posibilidad de que la conexión del mismo será mediante cable y conector. El montaje del PLC al armario que ha de contenerlo se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: Carril DIN, placa perforada, etc.

- b). **Estructura modular.**- La estructura de este tipo de PLC se divide en módulos ó partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que se denominan Americana y Europea:

- **Estructura Americana.**- Se caracteriza por separar las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario ó de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de E/S en los bloques ó tarjetas necesarias.
- **Estructura Europea.**- Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: Fuente de poder, CPU, Entradas/Salidas, etc. La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción de los mismos se hace bien sobre carril DIN ó placa perforada, bien sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

### IV.3.- Estructura ó Arquitectura Interna.

Los PLC se componen esencialmente de tres bloques, tal como lo presenta la fig. IV.1.

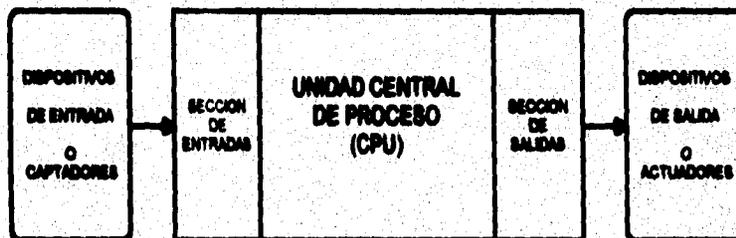


Fig. IV.1.- Automata Programable Básico ( PLC )

Dentro del bloque de análisis anterior, se deben especificar los siguientes elementos que lo configuran:

- a). La Sección de Entradas.- Mediante una interfase, adapta y codifica de forma comprensible por la UPC las señales procedentes de los dispositivos de entrada ó captadores, esto es, pulsadores, finales de carrera, sensores, etc.; también tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

b.) **La Unidad Central de Proceso (CPU).**- Es la unidad de inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

c.) **La Sección de Salidas.**- Mediante la interfase trabaja de forma inversa a la de entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la UPC, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida ó actuadores, como lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc., aquí también existen unas interfaces de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

Con las partes descritas, se puede decir que se tiene un PLC; pero para que sea operativo son necesarios otros elementos tales como:

- **La unidad de alimentación.**
- **La unidad ó consola de programación.**
- **Los dispositivos periféricos.**
- **Interfaces.**

En la fig. IV.2, se han incluido de manera explícita todos estos elementos.

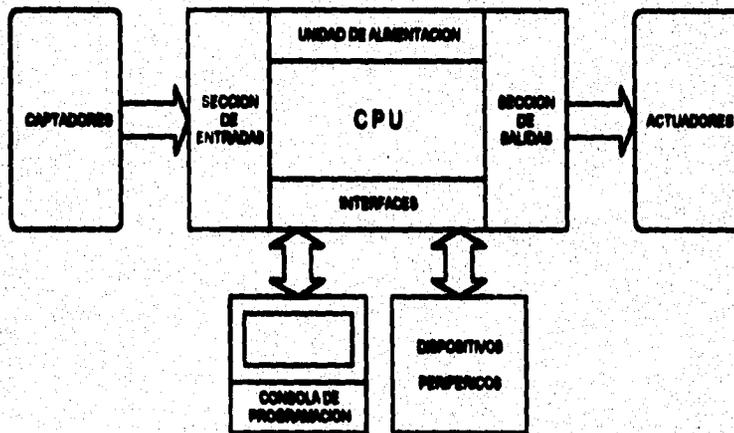


Fig. IV.2.- Autómata Programable (PLC), con sus periféricos y unidad de alimentación.

- d). La Unidad de Alimentación.- Adapta la tensión de red de 127 V y 60 Hz (en América) ó de 220 V y 50 Hz (en Europa); a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del PLC, así como a los dispositivos de entrada: 24 V por ejemplo. cc

- e). **La Unidad de Programación.**- Se ha dicho que la UPC elabora las salidas en función de los estados de las entradas y de las instrucciones del programa de usuario, pero, ¿cómo accede el usuario al interior de la UPC para cargar en memoria su programa? La respuesta es mediante la unidad de programación. En los PLC más sencillos es un teclado con un "Display" similar a una calculadora que cuando se quiere cargar un programa en la UPC se acopla a ésta mediante un cable y un conector, ó bien mediante un enchufe directo a la UPC.
- f). **Periféricos ó Equipos Periféricos.**- Son aquellos elementos auxiliares, físicamente independientes del PLC, que se unen al mismo para realizar su función específica y que amplían su campo de aplicación ó facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración, ni en la ejecución del programa.
- g). **Interfaces.**- Son aquellos circuitos ó dispositivos electrónicos que permiten la conexión a la UPC de los elementos periféricos descritos.

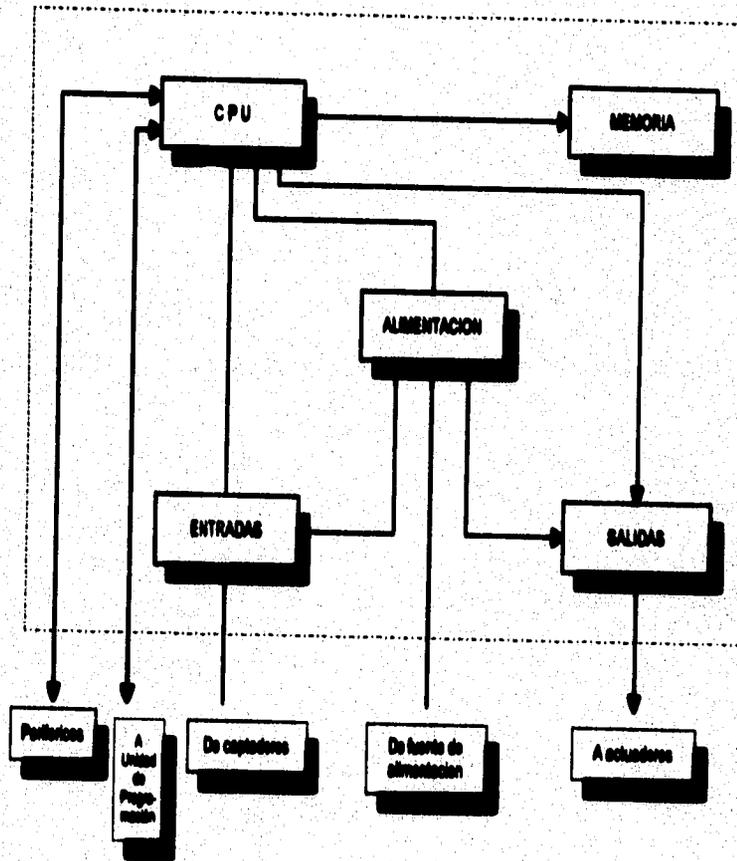


Fig. IV.3.- Esquema de bloques simplificado de interconexión de un PLC.

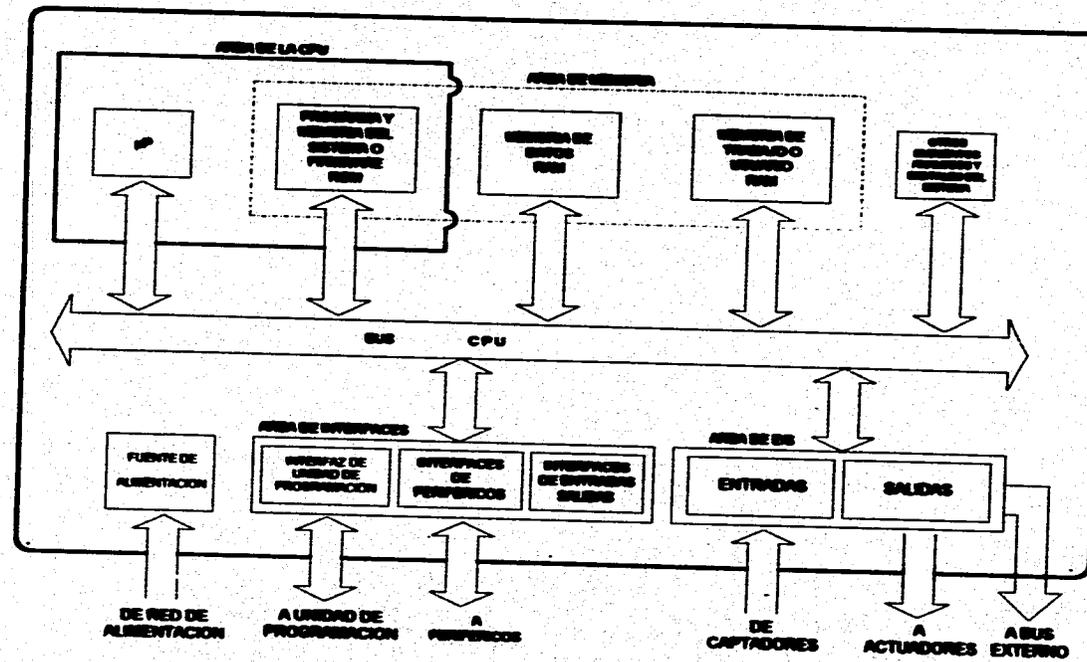


Fig. IV.4.- Arquitectura de un PLC.



#### **IV.4.- Robótica.**

La robótica es una ciencia aplicada que ha sido considerada como una combinación de tecnología de las máquinas-herramienta y de la informática. Comprende campos tan aparentemente diferentes como son diseño de máquinas, teoría de control, microelectrónica, programación de computadoras, inteligencia artificial, factores humanos y teoría de la producción. El sector de investigación y desarrollo está procediendo en todas estas áreas para mejorar la forma en que los robots trabajan y "piensan". Es probable que los esfuerzos de investigación den lugar a futuros robots que hagan que las máquinas actuales parezcan bastante primitivas. Los avances en tecnología ampliarán la gama de las aplicaciones industriales de los robots.

Los campos técnicos anteriormente citados son muy interdependientes en la manera en que se utilizan en robótica. Para poder apreciar la tecnología de la robótica y su programación debe conocerse la forma en que los robots se aplican en la industria. Para comprender el empleo de sensores en robótica hay que estar familiarizado con la forma en que se programan los robots. Para comprender el uso de un efector final debe conocerse que una función fundamental de un robot es manipular piezas y herramientas.

Para describir la tecnología de un robot, se tiene que definir una diversidad de características técnicas relativas a la forma en que está construido el robot, y a la manera en que opera.

Los robots trabajan con sensores, herramientas y pinzas, y deberán definirse esos términos. La programación del robot, se realiza de varias formas. Los robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los robots utilizados en las fábricas actuales están montados sobre una base que está sujeta al suelo. El cuerpo está unido a la base y el conjunto del brazo está unido al cuerpo. Al final del brazo está la muñeca.

La muñeca está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones. Los movimientos relativos entre los diversos componentes del cuerpo, brazo y muñeca son proporcionados por una serie de articulaciones.

Estos movimientos de las articulaciones suelen implicar deslizamientos ó giros. El cuerpo, el brazo y el conjunto de la muñeca se denomina, a veces, el manipulador.

Unida a la muñeca del robot va una mano. El nombre técnico aplicado a la mano es "efector final". El efector final, no se considera como parte de la anatomía del robot.

Las articulaciones del cuerpo y del brazo del manipulador se emplean para situar el efector final y las articulaciones de la muñeca del manipulador se utilizan para orientar dicho efector final.

Los robots industriales están diseñados para realizar un trabajo productivo. El trabajo se realiza permitiendo que el robot desplace su cuerpo, brazo y muñeca mediante una serie de movimientos y posiciones. Unido a la muñeca está el efector final, que se utiliza por el robot para realizar una tarea específica. Los movimientos del robot pueden dividirse en dos categorías generales: Movimientos de brazo y cuerpo, y movimientos de la muñeca. Los movimientos de articulaciones individuales asociados con estas dos categorías se denomina, a veces, por el término "grado de libertad", y un robot típico industrial, está dotado de cuatro a seis grados de libertad.

Los movimientos del robot se realizan por medio de articulaciones accionadas. Tres articulaciones suelen estar asociadas con la acción del brazo y del cuerpo, y dos ó tres articulaciones se suelen emplear para accionar la muñeca.

Para la conexión de las diversas articulaciones del manipulador se emplean unos elementos rígidos denominados uniones. En cualquier cadena de unión-articulación-unión, se llama unión de entrada al eslabón que está más próximo a la base en la cadena. La unión de salida es la que se desplaza con respecto a la entrada. Las articulaciones utilizadas en el diseño de robots industriales, suelen implicar un movimiento relativo de las uniones contiguas, movimiento que es lineal ó rotacional. Las articulaciones lineales implican un movimiento deslizante ó de translación de las uniones de conexión. Este movimiento puede conseguirse de varias formas (por ejemplo, mediante un pistón, un mecanismo telescópico y el movimiento relativo a lo largo de un carril ó vía lineal).

Las articulaciones del brazo y del cuerpo están diseñadas para permitir al robot desplazar su efector final a una posición deseada dentro de los límites del tamaño del robot, y de los movimientos de las articulaciones. Para robots de configuración polar, cilíndrica ó de brazo articulado, los tres grados de libertad asociados con los movimientos del brazo y del cuerpo son:

- 1.- **Transversal vertical.**- Es la capacidad para desplazar la muñeca hacia arriba ó abajo para proporcionar la postura vertical deseada.
- 2.- **Transversal radial.**- Implica la extensión ó retracción (movimiento hacia adentro ó afuera) del brazo desde el centro vertical del robot.
- 3.- **Transversal rotacional.**- Es la rotación del brazo alrededor del eje vertical.

**IV.4.1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot.**

Los robots industriales disponibles en el mercado pueden clasificarse en cuatro categorías, según sus sistemas de control. Las cuatro categorías son:

- 1.- Robot de secuencia limitada.
- 2.- Robots de reproducción con control punto a punto.
- 3.- Robot de reproducción con control recorrido continuo.
- 4.- Robots inteligentes.

De las cuatro categorías, los robots de secuencia limitada representan el control de nivel más bajo, y los robots inteligentes el más sofisticado.

Los robots de secuencia limitada no utilizan servocontrol para indicar las posiciones relativas de las articulaciones. En cambio, se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de sus articulaciones. El establecimiento de las posiciones y las secuencias de estos topes implica una puesta a punto mecánica del manipulador en lugar de una programación del robot en el sentido habitual del término.

Con este método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse a sus límites de desplazamientos extremos. Esto tiene el efecto de limitar severamente el número de puntos distintos que pueden especificarse en un programa para estos robots.

La secuencia en la que se reproduce el ciclo de movimiento se define mediante un conmutador paso a paso, una placa de clavijas "pegboard", u otro dispositivo de secuenciamiento. Este dispositivo que constituye el controlador del robot, señaliza cada uno de los actuadores particulares para que operen en la sucesión adecuada. No suele existir ninguna realimentación asociada con un robot de secuencia limitada para indicar que se alcanzó la posición deseada. Cualquiera de estos tres sistemas de impulsión puede utilizarse con este tipo de sistema de control; sin embargo, la impulsión neumática parece ser el tipo utilizado con mayor frecuencia. Las aplicaciones para este tipo de robot suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de "coger y situar".

Los robots de reproducción utilizan una unidad de control más sofisticada, en la que una serie de posiciones ó movimientos son "enseñados" al robot, registrados en memoria y luego repetidos por el robot bajo su propio control. El término "reproducción" es descriptivo de este modo operativo general. El procedimiento de enseñar y registrar en memoria, se conoce como la programación del robot.

Los robots de reproducción suelen tener alguna forma de servocontrol para asegurar que las posiciones conseguidas por el robot son las posiciones que se le "enseñaron".

Los robots de reproducción pueden clasificarse en dos categorías: Robot punto a punto (PTP) y robot de trayectoria continua (CP). Los robots punto a punto son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados y acciones afines. Al robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control del robot. Durante la reproducción, el robot se controla para desplazarse desde un punto a otro en la secuencia adecuada. Los robots punto a punto no controlan la trayectoria tomada por el robot para pasar de un punto al siguiente. Si el programador quiere ejercer una cantidad limitada de control sobre la trayectoria seguida, debe realizarlo mediante la programación de una serie de puntos a lo largo de la trayectoria deseada. El control de la secuencia de posiciones es bastante apropiado para muchas clases de aplicaciones, incluyendo las máquinas de carga y descarga, y la soldadura por puntos.

Los robots de trayectoria continua son capaces de realizar ciclos de movimiento, en los que se controla la trayectoria seguida por el robot. Esto suele realizarse efectuando el desplazamiento del robot a través de una serie de puntos próximos, que describen la trayectoria deseada.

Los puntos individuales se definen por la unidad de control y no por el programador. El movimiento en línea recta es una forma común de control de trayectoria continua para los robots industriales. El programador especifica el punto inicial y el punto final de la trayectoria, y la unidad de control calcula la secuencia de puntos individuales que permiten al robot seguir una trayectoria de línea recta. Algunos robots tienen capacidad para seguir una trayectoria curva suave, definida por un programador que desplaza manualmente el brazo a través del ciclo de movimiento deseado.

Para conseguir un control de trayectoria continuo más allá de una extensión limitada se exige que la unidad de control sea capaz de almacenar un gran número de posiciones de puntos individuales que definen la trayectoria curva compuesta. Actualmente, esto implica el empleo de una computadora digital (se suele utilizar un  $\mu P$  como unidad central de proceso para la computadora) como unidad de control del robot. El control CP se requiere para algunos tipos de aplicaciones industriales, tales como revestimiento por pulverización y soldadura por arco.

Los robots inteligentes constituyen una clase cada vez más numerosa de los robots industriales, y capacidad no sólo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino para interactuar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en una computadora digital ó dispositivo similar. Los robots inteligentes pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el lugar de trabajo. Pueden tomar decisiones lógicas basadas en los datos del sensor recibidos desde la operación. Los robots de esta clase tienen capacidad para comunicarse, durante el ciclo de trabajo, con los operadores humanos ó con sistemas basados en computadora. Los robots inteligentes se suelen programar utilizando un lenguaje similar al inglés, y un lenguaje simbólico no muy diferente a un lenguaje de programación de computadora. En realidad, las clases de aplicaciones que se realizan por robots inteligentes se basan en el empleo de un lenguaje de alto nivel para realizar las actividades complejas y sofisticadas que pueden ser ejecutadas por estos robots. Aplicaciones típicas de los robots inteligentes son las tareas de montaje y las operaciones de soldadura por arco.

#### *IV.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.*

Una característica del robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador del robot se refiere al desplazamiento del extremo de la muñeca en respuesta a una fuerza ó torsión que se ejerza sobre él. Un valor alto de esta característica significa que la muñeca se desplaza en una gran magnitud como respuesta a una fuerza relativamente pequeña. A veces se utiliza el término "elástico" para describir un robot con un alto valor de esta característica. Si tiene un valor bajo significa que el manipulador es relativamente rígido y no se desplaza en una magnitud significativa.

El control coordinado de fuerza y posición del manipulador de un robot es una característica direccional. Es decir, será mayor en determinadas direcciones que en otras, debido a la construcción mecánica del brazo.

Se trata de una característica importante puesto que reduce la precisión de movimiento del robot bajo carga. Si el robot está manipulando una carga pesada, el peso de la carga hará que se desvíe el brazo del robot. Si el robot está presionando una herramienta contra una pieza de trabajo, la fuerza de reacción de la pieza puede producir una desviación del manipulador. Si la programación del robot para la situación final en su efector ha sido hecha en condición de descarga, si la exactitud de la posición es importante para la aplicación, cuando trabaje en condición de carga puede ver degradado su rendimiento debido precisamente a esa característica.

**CAPITULO V**

**APLICACION DE LA  
REINGENIERIA A LOS  
AUTOMATAS  
PROGRAMABLES**

### *V.1.- Cambio en el Trabajo.*

Muchas prácticas nuevas se crearán en un negocio al trabajar en el paradigma cambiante, ya que la verdadera naturaleza del negocio puede alterarse al considerar el cambio como una ventaja. Las continuas modificaciones que una compañía debe llevar a cabo, no se efectuarán simplemente por el hecho de cambiar, sino que se realizarán para mejorar. El propósito último del cambio, es aumentar la ventaja competitiva y cuando esta meta se expresa con claridad, el cambio puede dirigirse y la participación de toda la compañía puede enfocarse con precisión. La mejor manera de lograr que los trabajadores vean el cambio es a través de su objetivo más importante: Ganar. El uso de la Reingeniería sobre una base continua depende, de establecer este punto de vista y, además, de la aplicación eficaz de la administración del cambio.

La primera consideración que se debe plantear al utilizar la Reingeniería dinámica aplicada a los negocios, es dónde y cómo se adaptan las funciones de la administración del cambio y de la Reingeniería en la Corporación. Sin más gasto de tiempo que el necesario, se requiere que la función de administración del cambio influya en todos los departamentos de la Compañía, manteniendo el seguimiento de casi todos los aspectos operacionales, identificando los problemas y las oportunidades para mejorar, y administrando todos los proyectos de cambio.

**V.2.- Parte de la Cultura Corporativa.**

El primer lugar de la Compañía en donde se implementa el nuevo paradigma cambiante no tiene que ver con una parte específica sino con toda ella; es decir con la cultura corporativa. Convencer a todos en la Empresa de que el cambio no es una amenaza, se convierte de inmediato en una de las grandes ventajas del nuevo enfoque, puesto que cuando no se le teme, el cambio se convierte en el centro de los esfuerzos corporativos; en una fuerza dinamizadora, y se ve como una oportunidad para controlar el destino de la Compañía. La energía empleada en defenderse del cambio, puede canalizarse para mejorar el negocio y la estructura de los métodos donde se utilizan los Automatas Programables, de esta manera las ideas para mejorar provendrán de todos los niveles de la organización, incluyendo las de diseño, producción y control de calidad. En esencia, existen tres etapas para hacer que el paradigma cambiante forme parte de la cultura corporativa. En el esfuerzo corporativo inicial de posicionamiento, la administración de mayor nivel deberá:

- 1.- Solicitar la confianza de los trabajadores.
- 2.- Dirigir de manera abierta el proceso de Posicionamiento/Reingeniería.
- 3.- Establecer cambios especiales de políticas para proteger a los trabajadores; por ejemplo, un nuevo sistema de categorías del trabajo que permita al personal movilizarse libremente.

La segunda y más importante consideración recomienda que todas las promesas se mantengan durante el primer esfuerzo de Reingeniería y continúen con optimismo en todos los esfuerzos subsiguientes. Si se tienen que hacer reducciones de personal, éstas deben hacerse de inmediato manteniéndoles visiblemente separadas del esfuerzo de Reingeniería.

La tercera consideración plantea que la infraestructura de posicionamiento que incluye el grupo de Reingeniería permanente; las herramientas y los datos de negocios de la guía básica deben ser visibles y accesibles a toda la fuerza laboral. Así, cada integrante de la Compañía estará animado a confiar en los procesos de cambio y participará en ellos. Con el tiempo, el proceso de cambio se sentirá como propio y el personal confiará en él.

### **V.3.- Existe un Precio.**

Estas nuevas capacidades no son gratuitas; es evidente que se deben realizar inversiones iniciales y, además, existe un precio por mantener la maquinaria del cambio en orden. El costo y los factores organizacionales relacionados con estos esfuerzos deberán mantenerse en un nivel bajo, no sólo para mantener los costos sino para prevenir que ellos configuren sus propias burocracias.

El primer requerimiento es el de una nueva posición ejecutiva, jefe del cambio, para dirigir este proceso, el esfuerzo de posicionamiento y los proyectos de Reingeniería. Se recomienda que este cargo reporte al director ejecutivo ó al director de operaciones, de manera que tal cargo se incluirá en interacciones de alto nivel y, además, no desarrollará una orientación de desequilibrio hacia alguno de los aspectos del negocio. Por ejemplo, si el cargo reporta ante el director financiero, puede perder su orientación operacional. De otra parte, el jefe del cambio debe comprender la tecnología utilizada en la empresa.

El segundo requisito es contar con un grupo permanente de Reingeniería, el equipo de posicionamiento responsable de la recopilación inicial y el mantenimiento de los datos de la guía básica corporativa y de las herramientas de Reingeniería. La velocidad con la que se desarrolle el proceso de Reingeniería depende del éxito de estos esfuerzos.

Además, los integrantes de este grupo conforman un conjunto de expertos de Reingeniería que aporta personal al equipo de cambio de cada nuevo proyecto; finalmente, deberán tener diferentes conocimientos en campos analíticos y algunos de ellos deberán contar con una larga experiencia en la Compañía.

Los costos iniciales y de mantenimiento de las herramientas son un tercer y último costo infraestructural. En este sentido se adelantarán, posiblemente, mejoras a las nuevas versiones de las diferentes herramientas tecnológicas y, quizás, se dispondrá de un mayor número de nuevas herramientas de Reingeniería. La mayor parte de estos instrumentos serán computadores personales y el software correspondiente. Los costos serán menores, en comparación con el apoyo que brindarán y la retribución potencial de la Reingeniería en sí misma.

**V.4.- Administración del Cambio y Funciones Asociadas.**

En una Compañía, la instalación de la administración del cambio no requerirá una gran organización ni gastos enormes. Sin embargo, deberá conducir a una nueva función que será tan importante para la Compañía como sus otras funciones de relevancia. Al mantener los costos y el tamaño del grupo de Reingeniería tan bajos como sea posible, será difícil justificar su posición de igualdad con contabilidad ó, inclusive, con las operaciones de negocios, aunque todas las funciones de la administración del cambio dependerán de esta relación.

Otro factor crítico para la viabilidad de la administración del cambio guarda relación con el hecho de que éste se utilice, si se presentan períodos muy largos entre los proyectos de cambio ó no hay proyectos; cada proyecto nuevo requerirá un gran esfuerzo de iniciación y los beneficios del cambio continuo se perderán.

Esta es una función reciente para los negocios y la utilización de un grupo interno en la dirección es aún más nueva. Por ello, la mayor parte de la Reingeniería se ha hecho con una orientación considerable por parte de asesores. Sin embargo, un ambiente de cambio no se puede dirigir a largo plazo desde el exterior de la Compañía, sobre todo si es consciente que resulta difícil obtener una ventaja competitiva continua únicamente con la consultoría, ya que ésta es un servicio que se vende a todos. En consecuencia, el establecimiento de un grupo corporativo interno de Reingeniería es una piedra angular del paradigma cambiante.

***V.5.- Utilizar las Herramientas con Regularidad.***

El primer proyecto corporativo de Reingeniería hará más que abrir un nuevo terreno. Para este primer esfuerzo se adquirirán y pondrán en uso todas las herramientas (tales como los sistemas de computación) y las técnicas requeridas para continuar el cambio. A fin de reutilizar las herramientas si en verdad se emplea la metodología de la Reingeniería dinámica aplicada a los negocios, sólo es necesario dejarlas en su sitio al final del primer proyecto y establecer la infraestructura como se ha descrito.

### **V.6.- Cambiar y Ajustar el Negocio.**

El principal uso de los modelos y otra información de cambio que mantiene el equipo de posicionamiento será el de apoyar los futuros esfuerzos de Reingeniería. Algunos de los proyectos tendrán cambios mayores y otros, ajustes menores. Sin embargo, en algunos casos las operaciones de negocios pueden ajustarse sin proyectos de Reingeniería, con la ayuda de esta información de cambio y la herramientas de Reingeniería de la Compañía.

Los modelos mantendrán el seguimiento de muchos de los parámetros de trabajo de los negocios; por ejemplo, la duración de cada proceso se almacenará en la base de datos. Si un proceso puede mejorarse, los modelos demostrarán el impacto, aún si no se necesita ningún cambio en el flujo de trabajo. Si el tiempo de un proceso puede reducirse mediante un simple cambio en la calidad de un elemento de suministro, entonces no se necesitará la Reingeniería; no obstante, la administración querrá conocer los resultados y compararlos con el costo del cambio.

El cambio de los modelos en estos esfuerzos menores sirve para mantener los datos actualizados, familiarizar al personal con el proceso de cambio y aportar un valioso apoyo de decisión.

*V.7.- Modificar y Mejorar los Sistemas de Información.*

Los métodos de la Reingeniería dinámica aplicada a los negocios se utilizan para confundir sistemas de información y, además, pueden emplearse para mantenerlos. Aún cuando los sistemas de información no se generen con la herramientas de Reingeniería, las herramientas pueden ser útiles para determinar los requerimientos destinados a la ampliación de los sistemas.

Cuando se utilizan sistemas antiguos, la Reingeniería y las herramientas CASE pueden aportar totalmente sistemas nuevos a un costo más bajo que es necesario para mantener y ampliar los sistemas existentes sólo por algunos años. Los costos de mantenimiento son muy altos para los sistemas contruidos con las mejores tecnologías disponibles hace unos pocos años; por ello, los sistemas más antiguos son casi imposibles de mantener. La combinación de Reingeniería y herramientas CASE puede constituir el apoyo de computación, por una fracción de los costos de las tecnologías más antiguas, y con menores costos de mantenimiento. Esta capacidad pondrá el desarrollo de los sistemas de aplicaciones sobre una ruta renovada en los negocios y permitirá que se satisfagan muchas demandas para el apoyo de computación.

**V.6.- Dirigir la Operación.**

Las herramientas y los modelos de Reingeniería se convertirán en elementos valiosos para la administración, aportarán tanto la documentación de las operaciones que no existe en el común de los negocios como los estándares de desempeño que pueden utilizar para medir la eficiencia.

Los Gerentes innovadores encontrarán otros usos para los modelos de posicionamiento si se les permite el acceso a éstos. Por ejemplo, los modelos del proceso podrían utilizarse para rastrear la producción de pedidos individuales a medida que las etapas de trabajo avances a través de la Compañía.

Además, los modelos del proceso pueden emplearse para entrenar a los Directivos y al Personal; es más, los modelos sustentan el entrenamiento especial del personal capacitándolo para apoyar las contingencias de los procesos alternos y facilitando su transferencia. Lo mismo puede hacerse con respecto a la habilidad de la Compañía para rotar a los Gerentes. Claro está que el uso diario de las herramientas de Reingeniería aumenta su eficacia en los proyectos de cambio y fortalece la confianza de la Compañía en sus capacidades.

**V.9. - Controlar el Cambio.**

Es obvio que el cambio debe controlarse; cuando se adopta un ambiente de cambio continuo, la administración misma del cambio se ve modificada. Las metas, áreas en las cuales el cambio continuo presenta problemas especiales; por fortuna, estos problemas pueden controlarse con los métodos de posicionamiento y Reingeniería.

**V.10. - Coordinar la Información de Cambio.**

Un ambiente positivo de cambio implica un acceso rápido a la información de cambio: La información que el posicionamiento reúne y mantiene.

¿Cómo hace el grupo de administración del cambio para recopilar esta información, mantenerla y dejarla a disposición de todos en la Compañía?

Estos datos se analizan, se organizan y se incluyen en bases de datos automáticas, y una parte de ellos pasa al equipo de cambio de Reingeniería cuando el proceso de Reingeniería comienza.

La guía básica del posicionamiento permanecerá a disposición de la Compañía como información de referencia para el proyecto de Reingeniería, pero sólo el equipo de proyecto estará en capacidad de cambiar los datos relacionados con el trabajo que se está haciendo. Cuando el equipo del proyecto desarrolle nuevos modelos de la operación, debe numerarlos según la versión del proyecto y colocarlos en el índice.

Al final del proyecto de Reingeniería, el equipo de posicionamiento practica una revisión final. El diseño diseñado se convierte en el "cómo construir" diagramas de proceso y se regresa al control del grupo de administración del cambio con los nuevos números de la versión de producción, anotándose también las fechas exactas de los nuevos diseños.

Cuando los procesos están en producción en estos datos pueden esperarse cambios de rutina, los cuales se recopilan en el momento en que todas las transacciones de cambio pasan a través del equipo de cambio; actividad que en casi toda su totalidad puede estar automatizada. Para evitar conflictos, el equipo de cambio y no el grupo permanente de administración de cambio, controla estas modificaciones continuas más pequeñas. En los cambios rutinarios siempre se anota la fecha de realización ya que, de esta forma, las bases de datos de la información acerca del proceso brindan una imagen instantánea de la Compañía y se convierten en una información para Auditoría.

La calidad total de los datos se controla con las entradas y se revisa periódicamente mediante la verificación de los modelos contra los procesos reales y las fuentes de datos primarios, mecanismo que brinda bases de datos de alta calidad e informes confiables.

### **V.11.- Modelos Manuales y Automatizados.**

En Reingeniería no hay nada que no se pueda hacer con lápiz y papel; inclusive, los métodos de la Reingeniería dinámica aplicada a los negocios no necesariamente requieren automatización. Sin embargo, como los avances se suceden de manera continua, cada vez será más benéfico utilizar algo de apoyo de este tipo. Al emplear modelos en papel se dificulta volver a trabajar en forma extensiva los procesos, limitando la calidad del trabajo de diseño. Además es poco probable que una organización mantenga archivos actualizados en papel porque su reutilización será poco práctica y, en esencia, el paradigma cambiante será insostenible.

La automatización de Reingeniería está aún en una etapa incipiente. En 1993, aparte del sistema PAR, ningún otro producto de software apoyó la administración del cambio y el diseño de Reingeniería; incluso, este mismo sistema no cuenta con su propio software interno de administración de proyecto ni genera en forma directa los sistemas de computación para apoyar los nuevos procesos de negocios. En consecuencia, los grupos de administración del cambio en la actualidad se ven obligados a utilizar más de un sistema; por fortuna, los sistemas disponibles funcionan bien entre sí.

La herramienta automatizada básica es el procesador de palabras que se convierte en la mejor opción cuando cuenta con una interfase gráfica de usuario (GUI), ya que parte del trabajo de Reingeniería necesitará de gráficas por computador. Se incluyen los procesadores de palabras que corran en: Microsoft, Windows, IBM OS/2, Nexty Apple Macintosh.

Quando se utilizan los BAM ó cualquier otro método gráfico, el diseño gráfico de los flujos de proceso puede hacerse en un computador personal con sistemas de diseño gráfico, herramientas CASE ó en el sistema PAR. Las herramientas de diseño gráfico no tienen la capacidad para rediseñar las conexiones que mantienen los flujos, de manera, que son la alternativa menos atractiva. Las herramientas CASE que buscaron ayudar al diseño de los sistemas de computación constituyen una mejor opción, dado que desde un flujo del programa ó un diagrama de flujo de datos tiene muchas de las características de un diagrama de flujo de trabajo ó VAM. Las herramientas CASE cuestan mucho más que el software de diseño gráfico, pero para el equipo de Reingeniería valen su precio adicional. Hoy en día, CASE no almacena muchos de los datos del cambio y no asocia esos datos con los diagramas de proceso. Una importante facilidad que brindan muchas herramientas CASE es el acceso compartido que permite la disponibilidad de datos en Redes Locales ó en Mainframes para un uso más amplio.

Los proyectos de Reingeniería, especialmente, los muy grandes, pueden querer usar cualesquiera de los varios paquetes de software de administración del proyecto (Microsoft Project, Lotus Agenda y Simantec Time Line) para apoyar la planeación, localización de recursos y supervisión. Un requerimiento adicional para la automatización es la generación de aplicaciones de sistemas de software con el fin de apoyar los nuevos procesos diseñados por la Reingeniería; algunas herramientas CASE también cuentan con esta capacidad, aunque con ciertas limitaciones. Si el trabajo de sistemas se ejecuta en apoyo de la Reingeniería, el Departamento de Servicios de Información, deberá tener las mismas herramientas CASE que utiliza el equipo de cambio.

### **V.12.- Cambios por Lote.**

Aunque lo ideal sería tener la capacidad de realizar los cambios en forma continua, no es posible la realización de cambios subestanciales sobre una base temporal de horas ó de días. Si no hay tiempo entre las modificaciones de un proceso dado, no habrá oportunidad ni tiempo para evaluar tales cambios y aprender cómo operar en los nuevos ambientes, impidiéndose cualquier trabajo; de esta manera, la Compañía generará todo su tiempo y recursos haciendo cambios. Además, los cambios pequeños y frecuentes son difíciles de controlar y pueden salir de producción si no se trabajen suficientemente.

Para evitar los problemas asociados con cambios constantes y sin control, las modificaciones menores que sucedan con frecuencia pueden acumularse en lotes de cambios y realizarse en momentos predeterminados. Cada proceso mayor deberá contar con sus propios lotes y éstos deberán estar dispuestos en intervalos en la totalidad de la Compañía, de modo que tales modificaciones no sucedan al mismo tiempo a menos que exista una razón opcional para hacerlo.

Los lotes de cambios impactarán y repercutirán más allá de los procesos que se modifiquen, y los cambios de procesos cruzarán líneas organizacionales. Como resultado, las técnicas de Reingeniería serán necesarias para coordinar la implementación de los lotes de cambios.

#### **V.13.- Dirección de Políticas.**

Las políticas y la competencia interna se presentan en todas las Compañías. En la actualidad, la dirección de la políticas, (es decir, la reorientación de la atención y energía gastadas en luchas internas hacia el uso productivo) es uno de los problemas más difíciles de enfrentar en los negocios establecidos. Sin embargo, resolver este problema es esencial para el éxito de la Reingeniería, puesto que los resultados de una acción política negativa pueden destruir cualquier esfuerzo de Reingeniería.

#### **V.14.- Las Agendas Ocultas.**

La principal consecuencia de la política y los intereses personales es la "agenda oculta", es decir, los planes privados del conspirador corporativo que influyen con rapidez en la Reingeniería cuando los administradores y, posiblemente, los miembros del equipo ven oportunidades para sí mismos y comenzar a transformar el proyecto para adecuarlo a sus propósitos particulares. Además, cuando las agendas ocultas entorchocan, surgen conflictos, ya que al no ser capaces de apoyar sus actuaciones con sus verdaderos motivos es frecuente que los instigadores de estas agendas se ingenien razonamiento complejos. La solución de estos problemas puede causar retrasos significativos y perjudicar los intereses de la Compañía.

Infortunadamente, los administradores que presentan esta conducta no pueden excluirse del proyecto de Reingeniería sin perder el beneficio de su conocimiento y su compromiso con los cambios que se van a realizar. El único remedio es una acción rápida y dirigida por la Directiva de mayor rango.

**V.15.- Controlar las Políticas Desde Arriba.**

En la Compañía, solamente los niveles de administración más elevados tienen el respaldo y las habilidades necesarias para controlar las políticas, el mejor enfoque para lograr este control es el que utilizan los entrenadores deportivos:

- 1.- Enfatizar y practicar el trabajo de equipo.
- 2.- Reconocer y recompensar el trabajo de equipo.
- 3.- Reconocer y sancionar de inmediato los comportamientos contrarios al trabajo de equipo.

Los Presidentes de la mayor parte de las Compañías saben cómo se muestra el comportamiento político. Las respuestas efectivas pueden tomar diferentes formas: Desde una charla tranquila hasta una censura pública; por ejemplo, una práctica anti-trabajo de equipo muy conocida consiste en quejarse de un colega ante un directivo de muy alto nivel, sin tratar de resolver el problema primero con la persona señalada. Así, un ejecutivo puso en práctica reenviar memorándums de quejas al gerente a quien se acusaba en los mismos, mientras enviaba un mensaje normal al remitente. La presión debe mantenerse en un nivel elevado y todos los ejecutivos de mayor rango deberán practicarla para alcanzar un cambio verdadero, especialmente en las compañías donde la política es parte de la cultura.

La mayor parte de los ejecutivos con más experiencia saben quién causa los perjuicios más graves alentado por su egoísmo. En algunos casos este comportamiento se excusa como una consecuencia natural de un alto nivel de motivación y se acepta porque va acompañada de altos niveles de desempeño. Algunos gerentes de mayor rango consideran benéfica la competencia interna, pues creen que se encuentra bajo control y que el resultado es un aumento del desempeño. Sin embargo, si se ejerciera un control mayor, las políticas disminuirían pero el desempeño no. La misma gente estaría involucrada y estos energéticos, ambiciosos, y quizá despiadados gerentes continuarían realizando sus mejores esfuerzos para triunfar.

***V.16.- Proyectos, Utilizando la Reingeniería Dinámica.***

Los métodos de Reingeniería pueden utilizarse, además, para el lanzamiento de proyectos en donde no existen procesos que sirvan como guía básica; casos que aunque parecen simples, presentan algunos aspectos especiales.

***V.17.- Comenzar una Nueva Operación.***

Los nuevos procesos de negocios no se ven complicados con las anteriores inversiones y formas de realizar el trabajo, lo cual se aporta ciertas ventajas. De hecho, uno de los objetivos de la Reingeniería es dar a los negocios establecidos las ventajas de los nuevos; sin embargo, las ventajas atribuidas a un nuevo negocio por lo general se hacen con referencia a los que han tenido éxito, desconociendo los que han fracasado. Un enorme porcentaje de Compañías no sobrevivirán a los dos primeros años de trabajo sino realizaran muchas tentativas de negocios. La baja capitalización es una de las causas que comúnmente se cita y que no puede recibir ayuda de la Reingeniería; no obstante, ésta puede ayudar con un amplio rango de otros problemas relacionados con aspectos del proceso de negocios.

Un problema que deben enfrentar tanto los nuevos negocios como los nuevos procesos en negocios ya establecidos es el hecho de no comenzar desde una base sólida como la que produce un estudio de factibilidad. Debido a esta falta de conocimiento es posible diseñar un nuevo proceso que, simplemente, no funcionará. En gran medida, la Reingeniería de los viejos procesos se protege de esta posibilidad al contar con información con el desempeño y los requisitos provenientes de un proceso que funciona como punto de partida. Existen varias formas para ayudar a garantizar la factibilidad.

- 1.- Algunos miembros del equipo de diseño deben tener experiencia en los procesos de negocios que se van a diseñar.
- 2.- Se deben consultar los estudios publicados con respecto a la experiencia de otras Compañías.
- 3.- En los procesos pueden vincularse asesores profesionales con experiencia.

Sin embargo, el enfoque más efectivo es utilizar el proceso de cambio continuo, en el cual se espera que el diseño final que se implemente produzca resultados que se documentarán y medirán. Si el proceso no produce los resultados esperados, se le podrá aplicar el proceso de Reingeniería y volverlo a implementar, corrigiendo cualquier problema observado.

**V.18.- Crear Modelos Preliminares.**

La creación de los Diagramas de la Actividad de Negocios (BAM) ó modelos de flujo de trabajo a partir de una base clara no deberá presentar ningún problema especial, pues al igual que como los esquemas producidos a partir de los procesos existentes, éstos se desarrollarán de arriba hacia abajo mediante la división de las tareas generales en niveles de mayor detalle. Sin embargo, cuando se diseñan sin un proceso real, los niveles más bajos no pueden reflejar especificaciones de trabajo razonables para el personal que debe desempeñar la labor; con el fin de reducir el riesgo de diseñar un trabajo que no pueda implementarse, es aconsejable pormenorizar los detalles, tratar de realizar un organigrama y, después, rediseñar los diagramas detallados de la actividad a partir de los aspectos que han sido descubiertos.

De nuevo, la constitución del equipo y la Reingeniería continua pueden emplearse para crear un proceso de prueba y ajustarlo luego con base en los resultados. Un equipo flexible no deberá tener problemas para aceptar la evaluación continua y las modificaciones de sus propios procesos de trabajo. El estímulo y el optimismo naturales asociados con los esfuerzos de lanzamiento deberán aportar un alto nivel de cooperación y motivación para este esfuerzo.

### **V.10.- Una Visión del Futuro.**

La posibilidad de que hacia el futuro se presenten más cambios que en el pasado reciente puede alterarse. Si el futuro será tan diferente que no pueda esperarse ninguna predicción para presentar siquiera un riesgo razonable, entonces, ¿Cómo puede elaborar un plan?, ¿Cómo se puede esperar que los preparativos otorguen ventajas?, ¿Es el camino más seguro invertir en oro y esperar?

La respuesta sugiere que, incluso si el ritmo de cambio aumenta, la dirección de los eventos futuros no es completamente impredecible. Desde el punto de vista de los negocios, sólo existen tres escenarios importantes:

- 1.- La completa aniquilación de la humanidad (el escenario pesimista).
- 2.- Un gran cambio en tecnología, pero mínimo en la sociedad (el Status-quo).
- 3.- Un gran cambio en la sociedad para lograr lo mejor (el escenario optimista).

El escenario pesimista parece haber desaparecido como el final de la guerra fría y el status-quo definitivamente está cambiando; el futuro muy probablemente estará entre el status-quo y un gran mejoramiento de la sociedad. Parte de este mejoramiento involucrará a los negocios que podrán sacar ventaja de esta situación; en fin, aquellos que se preparen no estarán desperdiciando su esfuerzo.

**V.20.- *Un Nuevo Mercado, un Nuevo Mundo.***

Todos los negocios se mueven hacia un nuevo mundo estén ó no preparados para ello; esta nueva era no está restringida a los negocios, por el contrario, parece que a partir de los eventos del pasado reciente, los negocios aumentarán su influencia. Toda la actividad militar del periodo de la guerra fría no decidió los temas de su tiempo; al final, la economía y el comercio sometieron la fuerza, la ideología y la política. En el mundo aún existen conflictos, eso es seguro; sin embargo, parecen desvanecerse por la influencia del deseo universal de superarse, de mejorar, de lograr la excelencia; en una palabra, ganar. Esta situación le da a la humanidad la oportunidad que nunca se le había presentado en los 6,000 años de historia de la civilización; a partir del clima social y político actual, puede crecer la primera civilización mundial.

Las grandes civilizaciones del pasado han concentrado la atención: Egipto, Grecia, Roma, China, el Imperio Británico y, para algunos Estados Unidos de América; han sido las naciones en un mundo mayor. Las razones de su grandeza han sido una fuente de meditación y estudio, pero es muy probable que sea el ambiente, y no individuos aislados, el que se encuentre detrás del crecimiento de cada una de las grandes culturas del mundo. El ambiente mundial de hoy puede contener los ingredientes básicos para una gran civilización: Primero, no existe un gran conflicto polarizado para frustrar la cooperación y el comercio internacionales; segundo, hay crecimiento en el sentido de que ahora se están realizando esfuerzos serios para lograr que la generalidad de las naciones se desarrolle por sí misma.

El espectacular crecimiento de Japón, Singapur y Corea del Sur ha demostrado que para un gobierno y una acción social eficaces, es posible crear imperios comerciales a partir de países pequeños y aislados por la guerra en donde el papel del gobierno parece apoyar los negocios privados globalizados en una forma nueva y más eficaz.

La propiedad y el control del gobierno no son parte de estas historias de éxito pero la cooperación y los incentivos, sí. Estas naciones han dado un vistazo al futuro; aunque sus métodos específicos pueden no ser transferibles a otras sociedades, sus principios sí lo serán. Uno de estos principios considera que la competición en los negocios es una base productiva para la interacción social.

**V.21.- Reingeniería: La Herramienta Fundamental del Cambio.**

La Reingeniería es al mismo tiempo la herramienta fundamental y la última del cambio, ella dirige el proceso de negocios, instrumento de realización del trabajo con la gente ó con las máquinas. En su estado presente ayuda a ajustar los negocios a partir del antiguo paradigma industrial hacia uno nuevo de servicio e información. En el futuro, continuará moviendo el negocio, de un paradigma hacia el siguiente.

Cuando se utiliza, la Reingeniería realiza por sí misma varios cambios paradigmáticos. Los negocios están pasando por uno de ellos, pero en el horizonte se vislumbra el menos uno más: El segundo cambio paradigmático que utiliza el cambio continuo para alcanzar ventaja competitiva.

Las oportunidades de los negocios continuarán creciendo si se tienen en cuenta que de uno ú otro modo, la relación entre gobierno e industria mejorará en todas partes; además, las conexiones entre negocios, educación, ciencia, tecnología, gobierno, mano de obra y servicios financieros se convertirán en el soporte mayor del éxito en la empresa. La mayor parte del beneficio de estas mejoras llegará a los negocios sin mucho esfuerzo. Sin embargo, los negocios que ganarán el máximo serán aquellos que puedan asimilar la tecnología más reciente y tomar ventaja de las oportunidades con el mínimo retraso. Serán los negocios que se preparen a sí mismos para cambiar.

**V.22. - Fases de Estudio en la Elaboración de un Automatismo.**

Para el desarrollo y elaboración de un automatismo, por el técnico ó equipo encargado de ello, es necesario conocer previamente los datos siguientes:

- a).- Las especificaciones técnicas del sistema ó proceso a automatizar y su correcta interpretación.
  
- b).- La parte económica asignada para no caer en el error de elaborar una buena opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.
  
- c).- Los materiales, aparatos, etc., existentes en el mercado que se van a utilizar para diseñar el automatismo. En este apartado es importante conocer también:
  - Calidad de la información técnica de los equipos.
  
  - Disponibilidad y rapidez en cuanto a recambios y asistencia técnica.

A continuación se va a estudiar cada uno de los apartados descritos:

a).- **Estudio Previo.**- Es importante antes de acometer cualquier estudio medianamente serio de un automatismo, el conocer con el mayor detalle posible las características, el funcionamiento, las distintas funciones, etc., de la máquina ó proceso a automatizar; esto se obtiene de las especificaciones funcionales, ésta es la base mínima a partir de la cual se puede iniciar el siguiente paso, es decir; estudiar cuáles son los elementos más idóneos para la construcción del automatismo.

b).- **Estudio Técnico-Económico.**- Es la parte técnica de especificaciones del automatismo: Relación de materiales, aparatos, su adaptación al sistema y al entorno en el que se haya inscrito, etc.

También aquí se ha de valorar la parte operativa del comportamiento del automatismo en todos sus aspectos, como mantenimiento, fiabilidad, etc. Es obvio que la valoración económica, que será función directa de las prestaciones del mismo, ha de quedar incluida en esta parte del estudio.

c).- **Decisión Final.**- En el apartado anterior, se han debido estudiar las dos posibilidades ú opciones tecnológicas generales posibles: Lógica cableada y lógica programada. Con esta información y previa elaboración de los parámetros que se consideren necesarios tener en cuenta, se procede al análisis del programa.

Los parámetros que se deben valorar para una decisión correcta pueden ser muchos y variados, algunos de los cuales serán específicos en función del programa concreto que se va a resolver, pero otros serán comunes, tales como los siguientes:

- Ventajas e inconvenientes que se le asignan a cada opción en relación a su fiabilidad, vida media y mantenimiento.
- Posibilidades de ampliación y de aprovechamiento de lo existente en cada caso.
- Posibilidades económicas y rentabilidad de la inversión realizada en cada opción.
- Ahorro desde el punto de vista de necesidades para su manejo y mantenimiento. Una vez realizado este análisis sólo queda adoptar la solución final elegida.

**V.23.- Aplicación de la Reingeniería a los Automatas Programables (PLC), Industriales.**

Después de varios años, el Automata Programable (PLC), se implanta en las industrias más variadas, y la tarea que efectúa se extiende a la mayoría de las áreas de la técnica industrial, desde la máquina más simple hasta el proceso más evolucionado. Existen más de 2000 modelos en el mercado mundial. Un mercado Europeo en plena expansión con una tasa de crecimiento de un 60%. Estas son las cifras que mueven el entorno familiar de los que tienen por misión la formación en automática.

Su área de actuación está llegando a ser muy amplia, ya que el Automata debe sustituir a los equipos cableados de pequeña entidad utilizando los relevadores electromagnéticos, ó bien sustituyendo a los ordenadores que regulan una fabricación muy compleja. El espíritu inventivo de los constructores soluciona este problema por el equipamiento de modelos tan distintos que es difícil de clasificar, así como descubrir los lenguajes de programación del proceso como el ORGANIGRAMA y el GRAFCET. Por este motivo, el objetivo de la Reingeniería aplicada a los Automatas Programables; es consolidar información y hacer una síntesis del estado actual de este arte; tanto a nivel tecnológico como a nivel metodológico. Estos métodos son independientes de la tecnología; ya que teniendo en cuenta la orientación de esta tesis, se enfoca la atención hacia una metodología simple, pero rigurosa, en la elaboración de organigramas y de su Programación sobre los Automatas Programables (PLC) Industriales.

Hoy en día estos "Métodos Herramientas" son usados por el creciente número de industriales, tanto constructores de materiales de automatismo, como usuarios y creadores de sistemas industriales automatizados, pequeños, medianos ó grandes. Dirigida a una utilización racional de los "Métodos Herramientas" (grafcet y organigrama), la puesta en funcionamiento de los Sistemas en base a Microprocesadores, permite un proceso importante hacia una producción automatizada más ejecutable y mejor vivida por todas las personas a las que les concierne: Creadores, realizadores, usuarios, mecánicos, ejecutivos, directores, etc.

En la enseñanza técnica, el Grafcet y el Organigrama, son recomendados por los directivos pedagógicos, tratando de que los jóvenes directivos tengan la oportunidad de escoger a los mejor preparados en el área de automatización y robótica. Además, es importante señalar que el objetivo fundamental de la Reingeniería es comenzar de nuevo; por lo tanto, se requiere que el personal asignado al uso de los Automatas Programables, conozca los principios básicos de la Inteligencia Artificial (IA), los Sistemas Expertos (SE), y los Automatas Programables (PLC); junto con técnicas básicas del Control y de la Electrónica.

Por lo tanto, se puede establecer que, en un corto espacio de tiempo, la Industria va a contar con un joven personal técnico apto para utilizar estas herramientas, a la vez simples, potentes y rigurosas.

Dentro del rubro de perfeccionar los procesos y de entender mejor el concepto de Reingeniería, se debe ahora entender (y muy bien), lo referente a la "Calidad" y cómo expresarla en los Automatas Programables.

Por eso ahora se analizará este nuevo concepto: Calidad significa para cada persona algo diferente. Para armonizar estos puntos de vista, la definición de calidad debe incluir varios elementos. Además, la definición será útil en la medida en que se haga consenso al respecto. Hoy en día, las compañías comienzan los programas de Reingeniería y de Calidad, sin una comprensión clara de lo que ésta última significa dentro de su industria ó actividad particulares. Si esto sucede, el esfuerzo puede resquebrajarse fatalmente.

Cualquier equipo de personas de una Compañía, sus clientes y sus competidores son el mejor grupo para definir la calidad. En la realidad, ninguno de sus tres componentes puede realizar en forma individual el trabajo. Esta definición práctica de calidad debe contener parámetros específicos en dos niveles.

Los gerentes de la Compañía deben establecer el primer nivel mediante el marco de referencia de la calidad, con base en el conocimiento que tienen de su mercado, sus clientes y sus competidores.

En el segundo nivel debe definirse la calidad para cada línea del negocio desde la posición del cliente, los empleados, la administración y lo que está haciendo la competencia. Al igual que la mayor parte de acciones en el paradigma cambiante, la definición de calidad debe ser un objetivo en movimiento: Variará de manera constante según las perspectivas que incluya este cambio.

Esta condición tiene implicaciones de gran alcance cuando operaciones, producción, estrategia y necesidades de servicio dependen directamente de la definición y tienen necesidad de cambiar para responder a los ajustes de la misma.

En consecuencia, es necesario revisarla cada trimestre como mínimo, para permanecer atentos a las demandas del mercado. El mejoramiento continuo de la calidad, es un proceso mediante el cual la calidad mejora constantemente. De acuerdo con los principios de W. Edwards Deming, la calidad sólo puede elevar como parte de un mejoramiento en curso de los procesos de trabajo de una Compañía.

Esto exige la comprensión de los procesos de la Empresa y la implementación de una iniciativa de calidad total, que incluye un compromiso para el mejoramiento continuo de la calidad en el nivel más alto de la Compañía, la distribución organizada de los recursos de la misma, la educación necesaria para modificar la cultura corporativa y la instauración de la calidad como la primer meta empresarial.

Por lo tanto, dentro del contexto de los Automatas Programables (PLC), y su relación con la Reingeniería; trata en primera instancia el hacer asequibles los conocimientos de la Industria, para después, comenzar de cero a proponer las mejoras y cambios que permitan optimizar al negocio y dé la mejor calidad en su ámbito productivo. Esto sólo se puede lograr una vez conocidos y manejados de forma eficiente, los conceptos relacionados a ellos.

Aunque existen muchas perspectivas y la literatura sobre este tema es abundante, pocas organizaciones han establecido un verdadero programa para el mejoramiento de la calidad. Entre las razones que la mayor parte de las empresas argumenta, la principal guarda relación con la carencia de la infraestructura necesaria para establecer un programa de calidad total. El punto de partida de cualquier iniciativa en este sentido es comprender la operación del negocio como una realidad existente en donde es necesario resolver los problemas en base a los PLC y la Reingeniería. Esta comprensión no puede quedar en un nivel conceptual; todos los gerentes saben básicamente cómo debe trabajar la Compañía y cómo se coordinan las operaciones de la misma. No obstante, pocos son los que conocen los detalles sobre como funcionan realmente las operaciones, lo que hace cada departamento, cada persona y el modo como se acoplan.

Se considera que para lograr un buen desempeño en un programa de calidad total, los gerentes y los trabajadores deben entender la operación a un nivel muy detallado (esto es; conocer los aspectos de la Reingeniería, la Inteligencia Artificial, los Sistemas Expertos y la arquitectura detallada de los Automatas Programables). Para dirigir los temas y evaluar los cambios propuestos necesitan toda la información disponible orientada a resolver las interrogantes de quién, qué, cuándo, dónde y por qué.

Además, de la operación se deben entender los sistemas de apoyo, producción y comunicación. Sólo cuando se aprecie este conjunto como un todo, podrá comprenderse la operación y controlarse el cambio dentro de ella. La comprensión de los procesos es vital, más aún cuando casi siempre se encuentran fragmentados y divididos entre varios departamentos.

Se sabe que, debido a las relaciones entre los procesos, un cambio en cualquier parte de éstos puede afectar a muchos otros. Sin comprensión, ¿qué puede cambiarse con seguridad? Los proyectos que no se basan en un verdadero entendimiento del proceso y sus interrelaciones pueden incidir en forma parcial en el todo. En consecuencia, no pueden orientar los problemas y las oportunidades para mejorar todas las partes de un proceso, tampoco predecir el resultado de un cambio ni anticiparse el efecto de onda.

En la actualidad, la mayoría de iniciativas de calidad no apoyan factores clave en este concepto. La mayor parte de las empresas y firmas de consultoría enfocan las iniciativas de calidad como un esfuerzo de un sólo paso que, una vez implementado, debería brindar calidad por muchos años. Además, los esfuerzos se han orientado por departamentos y no por procesos. Por último, muchos esfuerzos continúan utilizando la medición de calidad como base para la misma.

Actuar dentro del paradigma cambiante, pone de presente estos problemas y permite a una Compañía instituir un programa de iniciativa de calidad total. Cuando una operación se establece para cambiar de manera permanente, la evaluación de los procesos y sus respectivos productos puede utilizarse para alimentar un programa continuo de mejoramiento de procesos. Este programa proporciona un vehículo para evaluar todos los hallazgos de valoración de la calidad, las ideas para mejorar, las soluciones a los problemas, los cambios en el mercado y las nuevas regulaciones. Al utilizar modelos de simulación, todas las ramificaciones de estos motivos pueden valorarse para seleccionar las mejores alternativas.

Cuando el movimiento hacia una operación se basa en un mejoramiento continuo de la calidad, se utiliza una serie de pequeños enfoques para aumentarla. Los procesos cambian a través del tiempo y no como resultado de una acción única. El mejoramiento continuo de la calidad es entonces, un compromiso para cambiar en una forma controlada directamente desde el punto que se adoptó.

## **CONCLUSIONES**

A manera de conclusiones para el presente trabajo se puede mencionar lo siguiente:

Considerando la Reingeniería, se puede decir que al someter un proceso a rediseño; se observa que los cambios que se producen son espectaculares; por lo que podemos manifestar que, la Reingeniería es un enfoque de procesos que proporciona una nueva opción para lograr la productividad que los actuales tiempos demandan.

Desafortunadamente, en la época actual que se vive en México existe una profunda crisis económica de muy difícil solución a corto plazo. Las Empresas mexicanas se encuentran en una franca desventaja con respecto a las transnacionales; por lo que las empresas nacionales, tienen verdadera voluntad y necesidad de realizar cambios fundamentales en sus operaciones, se encuentran dispuestas a efectuar cambios radicales, están convencidas de que las condiciones cambiantes del comercio mundial, requieren dejar atrás antiguos procesos que fueron buenos en su tiempo; pero que en este momento, no subsanan la problemática de competitividad, ni proporcionan una vía rápida de solución para los problemas que enfrentan.

La Reingeniería sin embargo da la solución y mejoras para todos los procesos involucrados en cualquier problemática.

## CONCLUSIONES

---

La aplicación de la Reingeniería en la realidad no es muy difícil de entender; lo verdaderamente difícil es tratar de cambiar la mentalidad de quienes siguen atados a los procesos innovados en el pasado y que fueron redituables al pasado. Se piensa que en un futuro no muy lejano se hablarán dos tipos de Empresas: Las que aplicaron la Reingeniería y tiene éxito, y las que fracasaron, que por supuesto no aplicaron la Reingeniería.

También hay que considerar por su prioridad lo siguiente, y que se denomina: "Factor Humano". El cual no puede ser secundario a ningún otro factor de la Empresa. El éxito de la misma dependerá del desempeño de sus trabajadores, no importa el tamaño de esa fuerza laboral. Si bien no es muy común encontrar una organización que emplee algunas personas que aporten menos de sí mismas de lo que reciben en razón de su esfuerzo; cualquier Empresa para sobrevivir sólo tolerará un mínimo porcentaje de estas personas, ya que en todos los casos un trabajador de bajo rendimiento puede afectar en alguna medida el desempeño de todo el grupo. La Reingeniería entonces, debe ponerse a funcionar en el negocio que se basa en el nivel de desempeño de sus trabajadores. El proceso de Reingeniería puede incluso depender más del desempeño de cada quien, si se diseña un proceso basado en la experiencia particular de cada trabajador, de esta forma se podrá lograr un proceso de negocio más eficiente que el anterior.

Los supuestos acerca de la administración de personal abundan más que los temas organizacionales, ya que dichos supuestos reciben mayor incidencia de aspectos emotivos. La administración presume que cualquier posición es importante y que entre las responsabilidades más relevantes de un gerente está el reto de obtener el máximo de cada persona.

## CONCLUSIONES

Sin embargo, los gerentes presumen que es imposible alcanzar consistentemente el 100 % de rendimiento en los trabajadores; ya sea en forma individual ó colectiva. Con frecuencia, el personal considera hipócrita y falaz este planteamiento, en especial cuando la gerencia afirma que sus empleados son el Activo más importante de la Compañía; pero los trata como si no tuvieran ningún valor. Muchos gerentes intentan impresionar a sus superiores con actitudes recias, en particular, cuando manifiestan el deseo de despedir a los trabajadores por cualquier razón que parezca benéfica para la Empresa.

Un amplio espectro de temas sobre el personal y su administración puede surgir a partir del proyecto de Reingeniería: Necesidad de vincular personal, entrenarlo, reubicarlo laboralmente, transferirlo, reestructurar partes de la organización, retirarlo ó asesorarlo. Por lo común, las únicas funciones regulares del departamento de recursos humanos que no se esperarían, son las acciones disciplinarias; a menos que el proyecto esté pésimamente proyectado. La importancia de los recursos humanos para el éxito del proyecto de Reingeniería hace que esta área deba recibir atención desde el inicio mismo del proyecto.

La participación del Departamento de Personal, puede ayudar a identificar problemas mientras se cuenta con tiempo para solucionarlos sin retrasar el proyecto, además, aporta información relacionada con la planta de personal y ayuda a rediseñar los procesos de negocios; obviamente, resulta muy deseable que los nuevos procesos sean compatibles con las políticas corporativas de personal.

## **CONCLUSIONES**

Sorprende que con frecuencia, los planes que cuentan con la ayuda del "staff" de administración del personal se ajusten con facilidad a la política corporativa, mientras que aquellos que la excluyen casi nunca lo logran. Si dentro del departamento de Recursos Humanos la Compañía cuenta con expertos en desarrollo de la organización, éstos podrán ser útiles en el diseño del proceso de negocios y en la dirección de los aspectos de la implementación.

Los temas que el proyecto de Reingeniería enfrentará pueden no salir a la superficie hasta cuando se haya esquemático un nuevo diseño del proceso de negocios; en este momento, se hará evidente la necesidad de trasladar las destrezas del personal actual a los nuevos requerimientos del trabajo.

Este aspecto es el elemento inicial de una formidable lista de muchos otros. Finalmente, los automatismos son dispositivos que permiten a las máquinas ó a las instalaciones funcionar automáticamente. Un automatismo bien concebido permite:

- 1.- Simplificar considerablemente el trabajo del hombre a quien libera de la necesidad de estar permanentemente situado frente a la máquina, pudiendo dedicarse a otras actividades más nobles.
- 2.- Eliminar las tareas complejas, peligrosas, pesadas ó indeseables, haciéndolas ejecutar por la máquina.

## **CONCLUSIONES**

---

- 3.- Facilitar los cambios en los procesos de fabricación, permitiendo pasar de una cantidad ó de un tipo de producción a otro.**
- 4.- Mejorar la calidad de los productos al supervisar la propia máquina los criterios de fabricación, y las tolerancias que serán respetadas a lo largo del tiempo.**
- 5.- Incrementar la producción y la productividad.**
- 6.- Economizar material y energía.**
- 7.- Aumentar la seguridad del personal.**
- 8.- Controlar y proteger las instalaciones y las máquinas.**

## **BIBLIOGRAFIA**

### **"STRATEGIC TECHNOLOGY MANAGEMENT, SYSTEMS FOR PRODUCTS AND PROCESSES"**

**David I. Cleland.**

**Edit. Amecom. 1º Edt.**

### **"PROCESS INNOVATION: REENGINEERING THROUGH INFORMATION TECHNOLOGY"**

**Thomas Davenport.**

**Edit. Harvard Business School.**

### **"REENGINEERING THE CORPORATION"**

**Michael Hammer.**

**Edit. Harper Business. 1º Ed.**

**"REINGENIERIA"**

Daniel Morris.                      Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

**"AUTOMATAS PROGRAMABLES"**

Alejandro Porras Crisdo.            Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

**"PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS"**

David W. Forston.                    Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

**"UTILIZACION DE C EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL"**

Schildt.                                Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

**"AUTOMATAS PROGRAMABLES"**

André Simon.                         Edit. Paraninfo. 1º Edic.