

ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGIAS EN CONTROL DE MOVIMIENTO

**ALVARO FELIPE MARZAN ANILLO
LUIS ANDRES GUTIERREZ MEJIA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE PROGRAMA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. y C.
2012**

ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGIAS EN CONTROL DE MOVIMIENTO

**ALVARO FELIPE MARZAN ANILLO
LUIS ANDRES GUTIERREZ MEJIA**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico,
en el marco del minor en Automatización Industrial**

**Director:
M.Sc Oscar Segundo Acuña Camacho
Magister en Ciencias Computacionales
Especialista en Automatización Industrial
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE PROGRAMA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. y C.
2012**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ciudad y fecha (día/mes/año):

DEDICATORIA

Esta monografía se la dedico a mi madre y a mi hermana, quienes estuvieron conmigo siempre, apoyándome en todo el desarrollo de mi carrera profesional. A ellas con todo mi corazón.

ALVARO FELIPE MARZAN ANILLO

A todos los que nunca dejaron de creer en mí, con todo mi amor.

LUIS ANDRES GUTIERREZ MEJIA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a las personas que han contribuido a este estado del arte:

A M.Sc Oscar Segundo Acuña Camacho, docente de la Universidad Tecnológica de Bolívar, por su constante colaboración.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron al éxito de nuestro proyecto.

CONTENIDO

	Pagina
LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABLAS.....	3
LISTA DE ANEXOS.....	4
GLOSARIO.....	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
1. EVOLUCION HISTORICA DEL CONTROL DE MOVIMIENTO.....	9
1.1. INTRODUCCION.....	9
1.2. PRINCIPIO DE CONTROL POR REALIMENTACIÓN.....	9
1.3. AÑO 1700.....	10
1.4. AÑO 1800.....	11
1.5. AÑO 1900.....	12
1.6. DESCUBRIMIENTO DE LA RETROALIMENTACIÓN O FEEDBACK.....	12
1.7. CONTROL DE MOVIMIENTO DIGITAL.....	13
1.8. PRESENTE.....	14
2. ESTRUCTURAS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MOVIMIENTO.....	15
2.1 INTRODUCCION.....	15
2.2 SOFTWARE DE APLICACIÓN.....	16
2.3 CONTROLADOR DE MOVIMIENTOS.....	17
2.4 DRIVE (AMPLIFICADOR O MANEJADOR).....	18
2.5 ACTUADOR (MOTOR).....	19
2.6 ELEMENTOS MECANICOS.....	20
2.7 DISPOSITIVO DE RETROALIMENTACIÓN (FEEDBACK).....	20
2.8 HMI.....	21
2.9 REDES INDUSTRIALES EN CONTROL DE MOVIMIENTO.....	21

3. MOVIMIENTOS APLICADOS.....	22
3.1 INTRODUCCION.....	22
3.2 MOVIMIENTO EN UN SOLO EJE, PUNTO A PUNTO.....	22
3.3 MOVIMIENTO COORDINADO DE MÚLTIPLES EJES.....	23
3.4 MOVIMIENTO COMBINADO.....	24
3.5 CALCULANDO LA TRAYECTORIA.....	24
3.6 MOVIMIENTO DE CONTORNO.....	25
4. ACTUADORES EN SISTEMAS DE CONTROL DE MOVIMIENTO.....	26
4.1INTRODUCCION.....	26
4.2 DISPOSITIVOS TECNOLOGICOS EN SISTEMAS DE CONTROL DE MOVIMIENTO.....	28
4.3 MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.....	32
4.3.1 Motores SIEMENS ultra eficientes.....	32
4.3.2 Máximo desempeño eléctrico.....	33
4.3.3 Manufactura de precisión.....	33
4.4 ACTUADORES LINEALES.....	36
5. TECNOLOGIAS EN CONTROL DE MOVIMIENTO.....	39
5.1 INTRODUCCION.....	39
5.2 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PC.....	39
5.2.1 Desarrollando sistemas basados en PC.....	39
5.2.2 Controladores.....	41
5.2.3 Funciones del control de movimiento.....	42
5.2.4. Software de Control de Movimientos.....	44
5.2.5 Movimiento en Acción.....	46
5.3 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PLC's.....	48
5.3.1 Composición de un sistema basado en PLC.....	49
5.3.2 Tarjetas PCU.....	50
5.3.3 CPU's inteligentes.....	52
5.3.4 Solución PLC inteligente para control de movimiento CPU317T-2DP para aplicaciones tecnológicas.....	52
5.3.4.1 Diseño.....	53
5.3.4.2 Configuración.....	53
5.3.4.3 Funciones de control de movimiento.....	54
5.3.4.4 Ventajas.....	54
5.3.4.5 Aplicaciones.....	55
5.3.4.6 Conexión de componentes SIMATIC y de accionamiento.....	56
5.4 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PAC's.....	57

5.4.1 La regla del 80-20.....	58
5.4.2 Construyendo un mejor controlador.....	60
5.4.3 Dos acercamientos al software.....	61
5.4.3.1 Software Basado en la Filosofía PLC.....	62
5.4.3.2 Software Basado en la Filosofía PC.....	62
5.5 COMPARACION PAC's Y PLC's.....	63
5.5.1 Diferencia y similitudes entre un PAC's y un PLC's.....	63
5.5.2 Ventajas de los PAC's en la adquisición de datos.....	65
5.5.3 Capacidad de procesamiento.....	65
5.5.4 Ventajas de integración con sistemas administrativos.....	65
5.6 COMPARACION PLC's Y PC's.....	66
5.6.1 Operación.....	68
5.6.2 Robustez.....	69
5.6.3 Utilidad.....	69
5.6.4 Integración de hardware.....	70
5.6.5 Seguridad.....	71
5.6.6 Programación.....	71
6. CONCLUSIONES.....	73
BIBLIOGRAFIA.....	74
ANEXOS.....	78

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Reloj de agua de Ktsibios.....	9
Figura 2. Fabrica automatizada por sistemas de poleas y correas.....	10
Figura 3. Sustitución de las bobinas de una maquina.....	10
Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema de control de movimiento.....	15
Figura 5. NI motion assistant.....	16
Figura 6. Controladores De Movimiento Insertables PCI y PXI de National Instruments.....	18
Figura 7. Drive de potencia de NI.....	19
Figura 8. Motor eléctrico con acople de engranaje.....	20
Figura 9. Codificador de posición con interfaz Ethernet.....	21
Figura 10. Aplicación de movimiento punto a punto de brazo robótico.....	22
Figura 11. Robot de brazo articulado de 6 ejes.....	23
Figura 12. Categorías de motores eficientes SIEMENS.....	35
Figura 13. Principales componentes de un sistema de control de movimiento basado en PC.....	40
Figura 14. Drive de pasos.....	41
Figura 15. Interfaz de Drive Servo de la Serie C con Doble Retroalimentación del Codificador.....	42
Figura 16. Imagen 3D de un movimiento en espiral.....	43
Figura 17. Sistema de tres ejes para inspección de placas.....	44
Figura 18. Display PC industrial.....	45
Figura 19. Brazos robóticos aplicados a la soldadura.....	46
Figura 20. Soldadura al vuelo en banda transportadora.....	47
Figura 21. Sistema de control de movimiento para múltiples ejes basado en PLC con interfaz HMI.....	50

Figura 22. Conexión de la tarjeta posicionadora del PLC con el servodriver.....51

Figura 23. CPU tecnológica de siemens con funcionalidad de control de movimiento integrado.....53

Figura 24. Conexión vía PROFIBUS MPI/DP y PROFIBUS DP(DRIVE) de los componentes a la CPU para funciones tecnológicas.....57

Figura 25. Procesador Intel core 2 extreme.....65

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Características motor DC.....	27
Tabla 2. Características motor AC.....	28
Tabla 3. Dispositivos para funciones tecnológicas.....	29
Tabla 4. Motores ultra eficientes.....	34
Tabla 5. Tabla comparativa entre PLC's y PAC's.....	64
Tabla 6. Tabla comparativa entre PLC's y PC's.....	68

LISTAS DE ANEXOS

	Pagina
ANEXO A. Hoja de especificaciones del drive de pasos.....	78
ANEXO B. Hoja de especificaciones del drive servo.....	79
ANEXO C. Bornes de conexión de la tarjeta NC113.....	80

GLOSARIO

Control realimentado: es una operación que tiende a mantener una relación prescrita de una variable de un sistema con otra, comparando estas funciones y usando sus diferencias como medio de control.

Proceso: es el desarrollo natural de un acontecimiento, caracterizado por una serie de eventos o cambio graduales, progresivamente continuos y que tienden a un resultado final.

Planta: conjunto de piezas de una maquinaria que tienen por objetivo realizar cierta actividad en conjunto. En sistemas de control, por planta se entiende el sistema que se quiere controlar

Perturbaciones: una perturbación es algún suceso que afecta Adversamente el desarrollo de algún proceso. Si la perturbación se genera dentro del sistema, se le denomina perturbación interna, caso contrario la Perturbación es externa.

Sistema: es una combinación de componentes que actúan conjuntamente para lograr cierto objetivo. El concepto de sistema se puede aplicar a fenómenos físicos, biológicos, económicos, sociales y otros.

Variable Controlada (Salida): es la cantidad o condición que se mide y controla.

Variable Manipulada: es la variable que se modifica con el fin de afectar la variable controlada.

Sistema De Control De Lazo Abierto: es un sistema de control en donde la salida no tiene efecto sobre la acción de control. La salida puede ser o no ser medida, pero esa medición no afecta al controlador.

Sistema De Control Realimentado: es aquel sistema de control que utiliza alguna relación entre la variable de salida y alguna variable de referencia, como medio de control.

Procesamiento digital de señales (DSP): es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un conjunto de instrucciones, un

hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad.

Modulación por ancho de pulso (PWM): La modulación por ancho de pulsos de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Firmware: El firmware es un bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo de solo lectura (ROM, EEPROM, flash, etc), que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Está fuertemente integrado con la electrónica del dispositivo siendo el software que tiene directa interacción con el hardware: es el encargado de controlarlo para ejecutar correctamente las instrucciones externas.

RESUMEN

Este trabajo de monografía se encuentra constituido en 6 capítulos, en la cual se encuentra una búsqueda bibliográfica exhaustiva de las tecnologías en control de movimiento desde sus inicios hasta la actualidad.

Más detalladamente se tiene que en el capítulo 1, se muestra la evolución histórica en el control de movimiento desde sus inicios hasta los días de hoy. Luego en el capítulo 2 se encuentra desde los software hasta los hardwares que componen la estructura de un sistema de control de movimiento. Ya en el capítulo 3 se muestran los movimientos existentes en el control de movimiento. También en el capítulo 4 se describe los tipos de actuadores que intervienen en la estructura del control de movimiento. En el capítulo 5 veremos todo lo concerniente sobre las tecnologías viejas y las nuevas. Para terminar en el capítulo 6 se encuentran las conclusiones de esta monografía.

Palabras claves: Tecnología, movimiento, estructura

INTRODUCCION

La automatización industrial ha dado pasos gigantescos entorno a su evolución afectando de manera decisiva el mercado y de esta forma se ha convertido en una prioridad para todo proceso industrial. Cada día esta demanda se va incrementando y exigiendo mayores niveles de tecnologías, en búsqueda del mejoramiento de la rapidez, calidad, la producción industrial, la eficiencia y la seguridad integral de los operarios.

Un ejemplo claro en el desarrollo de la automatización son los sistemas de control de movimiento los cuales se dedican al control de dispositivos o aplicaciones mecánicas, actuando sobre variables específicas como posición, velocidad y frecuencia, su inicio en el sistema aparece con la llegada de los servomecanismos, los sistemas de posición y de seguimiento de trayectorias, buscando soluciones de precisión, sincronización y rapidez. La teoría del control de movimiento ha sido fundamental en el desarrollo actual de la robótica y las maquinas CNC en la industria.

Esta monografía inicia con una reseña histórica de lo que fue y es ahora el control de movimiento, luego una introducción al fundamento de los sistemas de control de movimiento, definiendo su estructura genérica y especificando cada uno sus componentes, además se explicara algunas topologías de movimientos, aplicaciones de control y trayectorias de movimiento.

Existen muchas compañías de sistemas de automatización que ofrecen novedosas tecnologías de control de movimiento integrando software y hardware. Algunos fabricantes destacados como Siemens con SIMOTION, national instruments con control motion y general electric con PAC motion ofrecen múltiples soluciones de acuerdo a la aplicación de movimiento, buscando precisión, sincronización, rapidez y flexibilidad. En este documento se describirán algunas de estas tecnologías como parte del estado del arte del control de movimiento.

La aplicación del principio de realimentación tiene sus comienzos en máquinas e instrumentos muy sencillos, algunos de los cuales se remontan a 2000 años atrás. El aparato más primitivo que emplea el principio de control por realimentación fue desarrollado por un griego llamado Ktsebios aproximadamente 300 años A.C. Se trataba de un reloj de agua como el que se muestra en la figura 1. El cual medía el pasaje del tiempo por medio de un pequeño chorro de agua que fluía a velocidad constante dentro de un recipiente.

El mismo poseía un flotante que subía a medida que el tiempo transcurría. Ktsibios resolvió el problema del mantenimiento del caudal constante de agua inventando un aparato semejante al usado en los carburadores de los motores modernos. Entre el suministro de agua y el tanque colector había una regulación de caudal de agua por medio de una válvula flotante que mantenía el nivel constante. Si el nivel se elevaba, el flotante se elevaba restringiendo el caudal de agua en el recipiente regulador hasta que el flotante volvía al nivel específico.

En el siglo IX el regulador de nivel a flotante es reinventado en Arabia. En este caso se usaba para mantener el nivel constante en los bebederos de agua. En el siglo XVI, en Inglaterra se usaba el principio de realimentación para mantener automáticamente las paletas de los molinos de viento. En el siglo XVII, en Inglaterra se inventaba el termostato que se aplicaba para mantener la temperatura constante de una incubadora.

1.3 AÑO 1700

Está generalmente aceptado que el comienzo de la revolución industrial se inició alrededor de 1760. Por supuesto, esto depende de que se utilice como referencia. El fin de la revolución industrial supuestamente ocurrió hace unos 100 años, aunque mirando a su alrededor hoy en día casi no parece haber terminado. El actual nivel de automatización de la industria supera fácilmente los sueños de los primeros inventores. Los inventores que, en el transcurso de los años 1700 y 1800, generaron avances en la tecnología de la maquinaria y los fundamentos de la creación de la actual industria de control de movimiento.

1.4 AÑO 1800

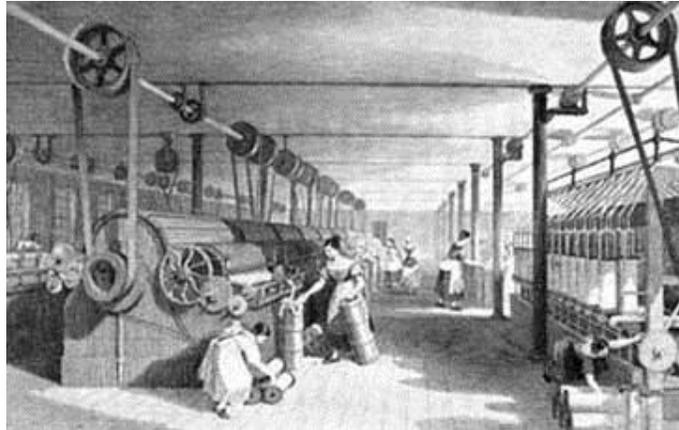


Figura 2. Fábrica automatizada por sistemas de poleas y correas [Fuente: Advanced motion controls (2011)]

El control de movimiento era inexistente y la automatización tomo la forma de los motores de crudo, con trenes controlados por una correa motriz. En la figura 2 se muestra una fábrica automatizada de textil, en la que se empleaba este sistema de poleas y correas. En ese tiempo para el encendido de un edificio industrial se requeriría una gran rueda de agua en el exterior o el vapor del motor en el sótano.



Figura 3. Sustitución de las bobinas de una maquina [Fuente: Advanced motion controls (2011)]

En la figura 3 se puede observar como se sustituye manualmente unas bobinas en una fábrica de textil. Por lo general el tren de transmisión vertical, corre a través de todo el edificio desde una maquina de vapor en el sótano y así transmite poder mecánico a cada piso. En el nivel del suelo la transmisión convierte la potencia desde el tren de transmisión vertical a un tren horizontal que atraviesa el suelo. Cada departamento necesita potencia mecánica la cual es aprovechada por la línea principal con un mecanismo de embrague. Los operadores de maquinas de coser, por ejemplo utilizaban un embrague de pie para realizar el engranaje individual de cada maquina a la fuente de alimentación.

1.5 AÑO 1900

Los ingenieros usaron el impulso de la década de los 1800 para llevar aparatos electrónicos a los consumidores. El invento de Edison de el generador de corriente continua en la década de 1870, el suministro publico de la electricidad y el motor AC de Tesla en la década de los 1880, y el primer taladro eléctrico portátil, en la década de 1890 dio paso a las lavadoras y los refrigeradores dieron luz alrededor de los 1915. En ese momento Henry Ford acababa de producir una línea de producción móvil donde las partes se estandarizaron y se elevo la eficiencia de la fábrica.

1.6 DESCUBRIMIENTO DE LA RETROALIMENTACIÓN O FEEDBACK

Fue en 1927 cuando Harold Black revoluciono las comunicaciones con el concepto de retroalimentación negativa en los amplificadores. Sin embargo, él no fue el primero en cerrar un circuito de retroalimentación, porque los termostatos y los hornos habían sido la regulación de la temperatura ambiente utilizando la retroalimentación desde la década de 1800. James Watt había trabajado en un lazo de retroalimentación mecánico para su máquina de vapor.

Harold Black tuvo una revelación la cual se trataba sobre una parte de la salida de los amplificadores devolverla a la entrada y así podría reducir considerablemente la distorsión de la señal. Poco después del descubrimiento de Black los primeros productos de control de movimiento neumáticos llegaron en la década de 1930 empleando lazo de retroalimentación cerrada.

En este punto el control proporcional integral derivativo (PID) fue solo el inicio de un gran pensamiento universal consciente de la mayor parte del mundo. J.C Maxwell escribió un análisis matemático detallado acerca del PID en el año 1886, pero se tardó más o menos unos 50 años para que los dispositivos electrónicos utilizaran el ajuste del PID. Dentro de los años 40 y 50 marcaron el inicio de grandes avances en el control del PID. Finalmente las personas reconocieron la importancia de los análisis de modelos matemáticos y empieza el desarrollo de la teoría de control como una ciencia. Esta época fue una época difícil para el control PID.

Durante los años 50, 60 y 70 los vuelos espaciales y la guerra ayudo a estimular al desarrollo en la optimización de los algoritmos de control. Dispositivos de estado sólido y la tecnología del motor desarrollada en los años 60, llevo a un punto donde el control PID emigro a los microcontroladores. Varias mejoras y optimizaciones continuaron hasta la década de los 1970 cuando se introdujo la tecnología de conmutación llamada PWM (modulación por ancho de pulso) junto con los motores de imán permanente sin escobillas. El control de movimiento no ha sido el mismo desde entonces.

1.7 CONTROL DE MOVIMIENTO DIGITAL

Durante los últimos 20 años, el DSP, las redes y la tecnología de conmutación PWM han creado un aumento exponencial en el uso del control de movimiento de lazo cerrado. La tecnología de conmutación PWM en los amplificadores y fuentes de alimentación los hicieron más eficientes, bajo consumo de energía y menos transmisión de calor.

Alrededor del año 1990, los productos de control de movimiento basados en DSP comenzaron a permitir perfiles de movimiento sofisticados y la comunicación digital a través de redes en serie. Estos cambios rápidos en la tecnología crearon una crisis en la estandarización de los productos de control de movimiento.

Los protocolos de red tales como Profibus (1989), DeviceNet (1994) y Smart Distributed Systems (1994), por ejemplo trataron de hacerse cargo de la Red de área de control (CAN) del mercado.

Una de las primeras redes, CAN, había estado presente desde mediados de los 80 para la comunicación del automóvil, sino que demostró ser tan versátil que se movió al mundo de la automatización en los años 90.

Sercos salio a principios de los años 90 con su propia capa de hardware y a su vez sus líneas de transmisión en fibra óptica, mientras que otras redes propietarias llegaron con un RS-485 capa de hardware.

1.8 PRESENTE

Hoy en día hay muchas opciones cuando se coloca un sistema en conjunto. Teóricamente el sistema ideal puede ser creado haciendo coincidir la mejor red, el mejor controlador, la mejor unidad servo, el mejor motor y feedback. Sin embargo, este sueño es a menudo difícil de aplicar debido a los problemas de interoperabilidad.

La razón es que los fabricantes de equipos de control de movimiento tienden a desarrollar sus propios sistemas limitando a los usuarios del hardware producido por dicho fabricante. Muchas veces los usuarios encuentran soluciones en paquetes adecuadas para el trabajo, pero muchas veces el usuario no está recibiendo el mejor rendimiento posible.

Los diseñadores de sistemas de control de movimiento son cada vez más exigentes en la disponibilidad de soluciones estándar. Los sistemas basados en estándares permiten a los ingenieros comprar los componentes que satisfagan sus necesidades de rendimiento costo.

2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MOVIMIENTO

2.1 INTRODUCCIÓN

Un sistema de control de movimiento contiene cinco partes esenciales, el dispositivo mecánico que se esta moviendo, el dispositivo de realimentación, el amplificador o drive, el controlador inteligente el software de interfaz de programación y las redes industriales aplicadas en estos sistemas. A continuación se explicara de manera individual cada uno de estos componentes, detallando sus funciones y características. En la figura 4 se muestra en diagrama de bloques lo que sería un sistema de control de movimiento realimentado.

La información aquí registrada es una adaptación del documento fundamentos de control de movimiento cuyo autor es national instrumetns.

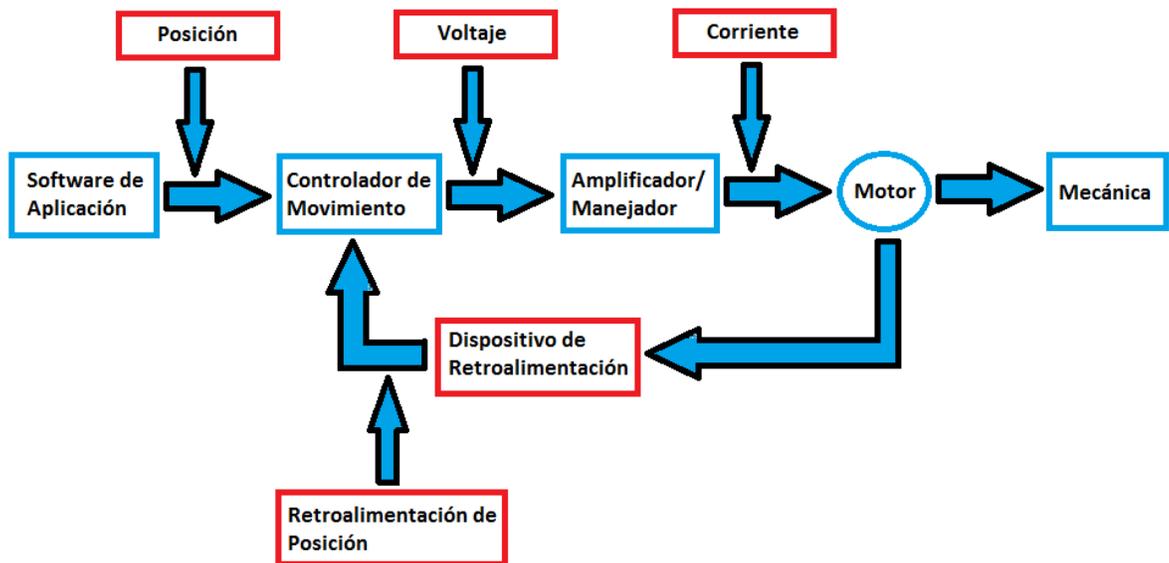


Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema de control de movimiento [Fuente: National instruments (2005)]

2.2 SOFTWARE DE APLICACIÓN

Existen diferentes softwares para el control de movimiento y cada fabricante de estos sistemas utiliza uno específico, sin embargo todos cumplen una tarea principal y es comandar o programar las posiciones a alcanzar y los perfiles de control de movimiento, en la figura 4 se puede observar gráficamente su ubicación en el sistema, este bloque genera una señal que es procesada por el controlador y que contiene el programa con el perfil de movimiento determinado. Fabricantes como national instrument utilizan el software de aplicación labview para cargar los programas en el controlador.

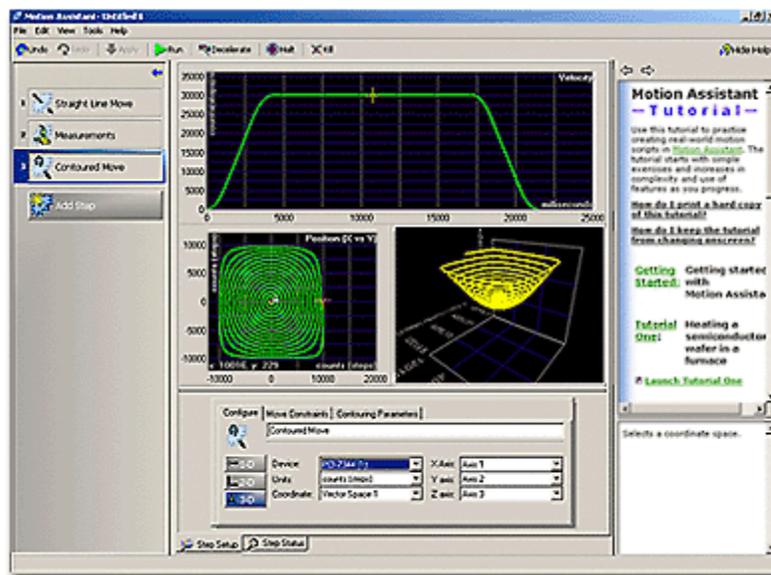


Figura 5. NI Motion Assistant [Fuente: National instruments 2012]

El NI Motion Assistant (Ver figura 5) acelera el desarrollo y prueba de las aplicaciones de movimiento al brindar un entorno interactivo fácil de usar. Puede convertir cualquier aplicación desarrollada usando el código C del NI Motion Assistant o VIS de NI LabVIEW para despliegue final de máquinas, eliminando la necesidad de cualquier programación adicional. El NI Motion Assistant ofrece la habilidad de importar perfiles de movimiento creados en CAD o paquetes de diseño usando formato de archivo DXF. Al usar esta característica con el algoritmo

de contornos inteligentes de patente pendiente, usted puede implementar perfiles de movimiento precisos para aplicaciones de corte y escritura.

2.3 CONTROLADOR DE MOVIMIENTO

Al igual que en el caso de los software de aplicación, existen distintos controladores unos mas eficientes que otros, con funciones adicionales o con mayor capacidad de procesamiento, pero con una función principal, el controlador es el cerebro del sistema, es quien crea las trayectorias a seguir por los motores o actuadores tomando las posiciones requeridas y los perfiles de movimientos a través del software de aplicación.

Como se puede observar la figura 4, el controlador suministra una señal a el drive o manejador, generalmente de ± 10 V, por lo que cuanto mayor sea esta señal el manejador generara mayor potencia y el motor girara con mayor rapidez.

Los computadores tienen la habilidad para tomar las señales desde dispositivos exteriores tales como interruptores o sensores. El controlador se encarga de procesar las señales, hace cálculos basados en las entradas de los sensores y genera una señal de referencia. Esta señal de referencia es usualmente una señal de velocidad para que así le diga al manejador cuanta potencia debe generar. El controlador podría generar una señal de salida para así indicarle al manejador cuanta potencia debe generar para controlar el torque o la posición del eje del motor.

Debido a que la tarea principal del controlador la cual es calcular la trayectoria para cada movimiento especificado, es de vital importancia y a menudo se ejecuta un procesador digital de señales DSP en la misma tarjeta del controlador para prevenir interferencias con la computadora principal. El controlador de movimiento utiliza las trayectorias que calcula para determinar el comando de torque adecuado que debe enviar al amplificador del motor, y así causar movimiento.

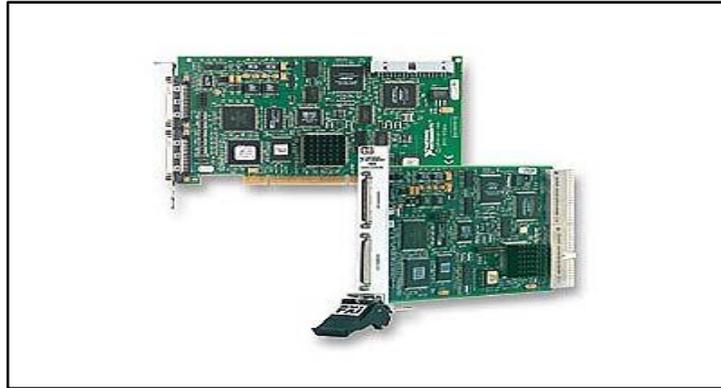


Figura 6. Controladores De Movimiento Insertables PCI y PXI de National Instruments[Fuente: National instruments (2012)]

El controlador de movimiento también debe cerrar el lazo de control PID. Debido a que esto requiere un alto nivel de determinismo y es vital para una operación consistente, el lazo de control generalmente se cierra en la tarjeta misma. Además de cerrar el lazo de control, el controlador de movimiento también ejecuta control de supervisión al monitorizar los límites y los detenimientos de emergencia para garantizar una operación segura. El hecho de que estas operaciones se efectúen en la tarjeta o en un sistema en tiempo real asegura la fiabilidad, el determinismo, la estabilidad y la seguridad de alto nivel necesarios para crear un sistema de control de movimiento funcional.

En la figura 6 se muestra un ejemplo claro de controlador de movimiento, en este caso, las tarjetas PCI y PXI de la serie NI 7330 de National Instruments, las cuales son controladores de movimiento basados en DSP (procesamiento digital de señales) que son programados a través de labVIEW.

2.4 DRIVE (AMPLIFICADOR O MANEJADOR)

Un drive es un convertidor de energía, este puede ser AC o DC. Los drives (también se conocen como manejadores o amplificadores) toman los comandos del controlador y generan la corriente requerida para mover el motor.



Figura 7. Drives de potencia de NI [Fuente: National instruments (2012)]

El drive es la parte del sistema que toma el comando desde el controlador de movimiento. El comando es tomado en forma de señales de voltaje analógico con baja corriente, y convertido a señales de alta corriente para dirigir el motor. Existe una gran variedad de drives de motores; éstos deben coincidir con el tipo de motor específico que dirigen. Por ejemplo, el drive de un motor de pasos se conecta a un motor de pasos y no a un servomotor. Aparte de coincidir con la tecnología del motor, el drive debe proporcionar la corriente de pico, corriente continua y voltaje correctos para dirigir el motor.

Si el drive proporciona demasiada corriente, corre el riesgo de dañar su motor. Si el drive proporciona muy poca corriente, su motor no alcanzará la capacidad de torque completa. Si su voltaje es demasiado bajo, su motor no podrá ejecutar a toda su velocidad. En la figura 7 se muestra un drive de potencia para motores de paso AC P70360 de national Instruments.

2.5 ACTUADOR (MOTOR)

Los motores convierten energía eléctrica en energía mecánica y producen el torque requerido para moverse a la posición deseada estos pueden ser de corriente alterna o directa por ejemplo una bomba hidráulica, además estos son diseñados para proveer el torque de algunos mecanismos. Estos incluyen reglas lineales, brazos robóticos y actuadores especiales. En la figura 8 se muestra a manera de ejemplo, un motor monofásico acoplado a un sistema de engranajes a través del rotor, con el objetivo de crear un par específico a un eje determinado.

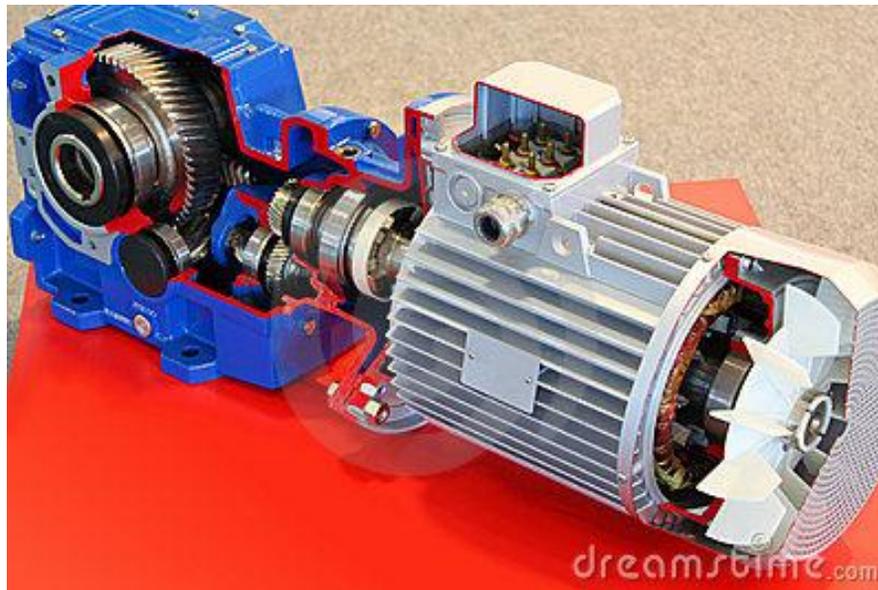


Figura 8. Motor Eléctrico con acople de engranajes [Fuente: Dreamstime (2010)]

2.6 ELEMENTOS MECÁNICOS

Los componentes mecánicos transforman el movimiento del actuador en el movimiento deseado, tales como: engranajes, ejes, tornillo de la bola, las correas, los vínculos, y los rodamientos lineales y de rotación.

Estos elementos son muy importantes dentro del sistema de control de movimiento debido que realizan el trabajo o la aplicación. Podría ser un transportador o una prensa, en la figura 8, se puede ver de color azul el elemento mecánico, en este caso un sistema de engrane, el cual actúa como un reductor de velocidad y proporciona un par a un eje que es perpendicular al rotor del motor.

2.7 DISPOSITIVO DE RETROALIMENTACIÓN (FEEDBACK)

Este dispositivo, usualmente un codificador de cuadratura, mide la posición del motor e informa el resultado al controlador, cerrando por consiguiente el lazo del controlador de movimientos. En algunas aplicaciones de control de movimientos no se requiere un dispositivo de retroalimentación (tal como el control de motores

paso a paso) aunque es vital para los servomotores. En la figura 9 se muestra un tipo de codificador de posición, el cual posee interfaz industrial Ethernet



Figura 9. Codificador de posición con interfaz Ethernet [Fuente: Direct industry (2012)]

2.8 HMI

La mayoría de estos sistemas disponen de una interfaz hombre máquina mediante la cual el operario puede introducir valores de parámetros, estar informado del estado de la máquina (alarmas, avisos), dar órdenes de mando.

2.9 REDES INDUSTRIALES EN CONTROL DE MOVIMIENTO

CANopen fue desarrollada específicamente para el control de movimiento y es a menudo la red de elección debido a su probada fiabilidad en el control de movimiento y es estándar. Power link Ethernet (EPL) es una extensión de Ethernet CANopen aprovecha las tasas altas de conectividad de Ethernet y así poder mantener la capacidad robusta de la comunicación de CANopen.

Los estándares de la red ayudarán a impulsar el desarrollo de los sistemas de control de movimiento a un nivel superior de rendimiento y comodidad. El futuro del control de movimiento tiende a una mejor integración de los componentes del sistema y así facilitar la integración y la programación.

3. MOVIMIENTOS APLICADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las posibles aplicaciones de movimiento en sistemas de control, es decir se exponen los tipos de movimientos y perfiles que se pueden presentar y que se debe manejar para cualquier solución de control de movimiento.

La información aquí registrada es una adaptación del documento fundamentos de control de movimiento cuyo autor es national instruments.

3.2 MOVIMIENTO EN UN SOLO EJE, PUNTO A PUNTO

Uno de los perfiles utilizados con mayor frecuencia es el sencillo movimiento de un solo eje y punto a punto, el cual requiere la posición a la cual se debe mover el eje. A menudo, también requiere la velocidad y la aceleración (generalmente proporcionada por un ajuste predeterminado) a la que usted desea que se realice el movimiento.

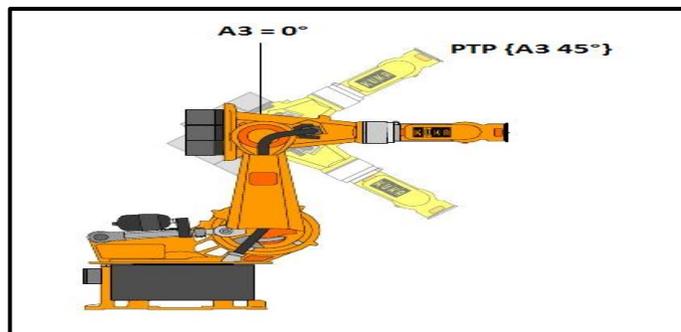


Figura 10. Aplicación de movimiento punto a punto en Brazo Robótico [Fuente: Kuka system software (2010)]

Técnicamente el movimiento punto a punto es la posibilidad de mover la punta de una herramienta (punto central de la herramienta) desde la posición actual hasta la posición de destino programada, en la figura 10 se muestra un ejemplo para

este tipo de movimiento, se tiene un brazo robótico articulado por varios ejes a través de servomotores. Para este caso se aplicó movimiento punto a punto al eje A3 del brazo, programando un desplazamiento angular de 45° siendo 0° el punto actual del eje A3 como lo muestra la figura. Cabe destacar que antes de que se pueda ejecutar un movimiento punto a punto se deben especificar inicialmente en el programa las velocidades y aceleraciones del eje o los ejes a controlar.

3.3 MOVIMIENTO COORDINADO DE MÚLTIPLES EJES

Otro tipo de movimiento es el movimiento coordinado de múltiples ejes, o movimiento de vector. Este movimiento a menudo es punto a punto, pero en un espacio de 2D o 3D. Los movimientos de vector requieren posiciones finales en los ejes X, Y, y/o Z

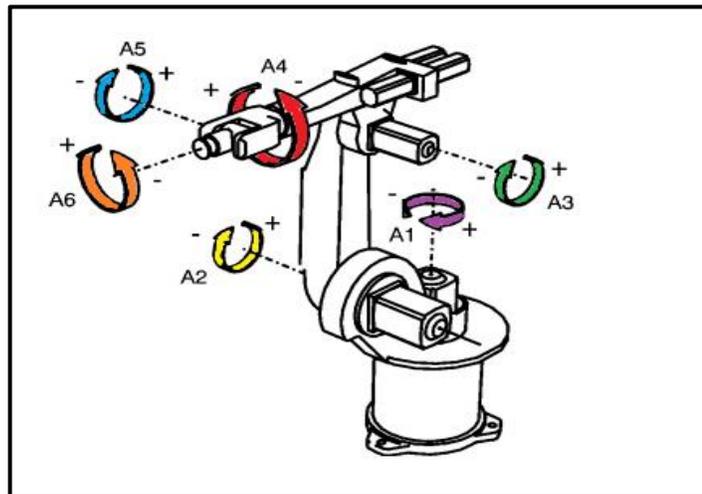


Figura 11: Robot de brazo articulado de 6 ejes [Fuente: Kuka system software (2010)]

El controlador de movimiento también requiere algún tipo de velocidad y aceleración de vector. Este perfil de movimiento se encuentra a menudo en las aplicaciones de tipo XY tales como escaneado y microscopía automatizada.

En la figura 11 se muestra un ejemplo claro en la aplicación de múltiples ejes, se tiene un robot de brazo articulado de 6 ejes, cada eje tiene su sistema de

coordenadas específico en el que se detallan los corrimientos (para los ejes de traslación) y los giros (para los ejes rotatorios) de cada eje de robot.

3.4 MOVIMIENTO COMBINADO

El movimiento combinado implica dos movimientos fusionados por una combinación que causa que los movimientos actúen como uno. Los movimientos combinados requieren dos movimientos y un factor de combinación que especifique el nivel de combinación. La combinación es útil para las aplicaciones que requieren continuidad entre dos diferentes movimientos. Sin embargo, en el movimiento combinado, su sistema no pasa por todos los puntos de su trayectoria original. Si la posición específica a lo largo del camino es importante se considera el movimiento de contorno.

3.5 CALCULANDO LA TRAYECTORIA

La trayectoria de movimiento describe la señal de salida de la placa controladora o el comando hacia el manejador/amplificador, resultando en una acción de motor/movimiento que sigue el perfil. El control de movimientos típico calcula los segmentos de la trayectoria del perfil de movimientos en base a los valores de parámetros que se programan. El controlador de movimientos usa la posición final buscada, la máxima velocidad a obtenerse y los valores de aceleración dados para determinar cuánto tiempo invertirán en los tres segmentos primarios de movimiento, los que incluyen aceleración, velocidad constante y desaceleración. Para el segmento de aceleración de un perfil trapezoidal típico, el movimiento comienza a partir de una posición de parada, o del movimiento previo, y sigue una rampa de aceleración predeterminada hasta que la velocidad alcanza la velocidad buscada para el movimiento.

3.6 MOVIMIENTO DE CONTORNO

Con movimiento de contorno, usted puede proporcionar una búfer de posiciones y crear un camino suave o un trazado a través de ellas. El movimiento de contorno tiene una ventaja sobre el combinado, ya que garantiza que el sistema pasará por cada posición.

4. ACTUADORES EN SISTEMAS DE CONTROL DE MOVIMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN

Antes de entrar en las tecnologías de control de movimiento, es necesario detallar algunas características importantes del elemento actuador, pues estos datos permitirán su adecuada selección, en este caso el motor AC o DC de acuerdo a la aplicación de movimiento que se requiera.

En las tablas 1 y 2 se muestran las características relevantes de los motores DC y el motor AC jaula de ardilla.

La información aquí registrada es una adaptación del documento motors and drives a practical technology guide cuyo autor es Polka.D

Tipos	características	Control motores DC
a. Devanado serie	Alto par de arranque 400 a 500 % a plena carga Aplicaciones <ul style="list-style-type: none"> - Prensas de impresión - Locomotoras eléctricas - Grúas - Extracción de petróleo Regulación de velocidad pobre	Velocidad: cuanto mayor es la cantidad de voltaje aplicado a la armadura, más rápida será la velocidad del motor $S = \frac{V_a - I_a \times R_a}{k_2 \phi}$ <i>S: velocidad en RPM</i> <i>V_a: voltaje de armadura</i> <i>I_a: corriente de armadura</i> <i>k₂: constante de diseño del motor</i> <i>φ: fuerza del flujo de campo</i>
b. Devanado paralelo	El par de arranque puede ser de 250 a 300% del par a plena carga <ul style="list-style-type: none"> - Imprentas - Remontes - Extrusoras de plástico - Cintas transportadoras Regulación aceptable, del 5 al 10% de la velocidad máxima Ofrece el uso de control simplificado para la puesta de marcha atrás	Torque: la cantidad de par motor está relacionada en la siguiente expresión: $T = K_1 \phi I_a$ <i>T: torque desarrollado por el motor</i> <i>I_a: corriente de armadura</i> <i>k₁: constante de diseño del motor</i> <i>φ: fuerza del flujo de campo</i>
c. Devanado compuesto	Ofrece elevado par de arranque 250% permitido	

	Regulación de velocidad estable	
d. Imán permanente	Ofrece un par de arranque del 150% Utilizado en aplicaciones de baja potencia y baja velocidad	
e. Servomotores de imán permanente	Son usados en aplicaciones que requieren una respuesta rápida y precisa de velocidad Poseen dispositivo de realimentación de posición Fabricados para soportar el estrés de la aceleración No tienen fluctuaciones en velocidad	
f. Servomotores sin escobillas	Usan alto par de torsión y aceleración	
g. paso a paso	Ideales para mecanismos que requieran movimiento precisos Capaz de convertir impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos Es controlado por impulsos, procedentes de sistemas lógicos tales como microcontroladores u ordenadores Son ideales en mecanismos que requieran movimientos muy precisos	

Tabla 1. Características motor DC [Fuente: Polka.D (2003)]

Tipos	Características	Control de motor AC
<p>a. Motor jaula de ardilla</p>	<p>Velocidad constante, con alto par de arranque</p>	<p>Velocidad: la velocidad de un motor jaula de ardilla depende de la frecuencia y el número de polos para el cual se enrolla el motor, cuanto mayor sea la frecuencia el motor operara más rápido, a mayor número de polos el motor operara más lento</p> $N = \frac{120 \times F}{P}$ <p><i>N: velocidad de sincronismo RPM</i> <i>F: frecuencia de la fuente de alimentacion</i> <i>P: número de polos del estator</i></p>
		<p>Torque y potencia: Potencia desarrollada por un motor de inducción de corriente alterna</p> <p>Cuanto mayor es el número de polos, será mucho mayor la cantidad de par desarrollado</p> $HP = \frac{T \times N}{5252}$ <p><i>N: velocidad de sincronismo RPM</i> <i>F: frecuencia de la fuente de alimentacion</i> <i>T: torque en lb . ft</i></p>

Tabla 2. Características motor AC [Fuente: Polka.D (2003)]

4.2 DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS EN SISTEMAS DE CONTROL DE MOVIMIENTO

En la tabla 3 podemos encontrar los distintos dispositivos tecnológicos de última generación en el control de movimiento de algunos fabricantes, especificando sus características principales y aplicaciones.

TECNOLOGIA	TIPO	FABRICANTE	CARACTERISTICA	APLICACIONES
<p>Sensor SIMODRIVE</p> 	<p>ENCODER Absoluto e incremental</p>	<p>SIEMENS</p>	<p>ueden ser usados en conjunto con controladores numéricos, PLC's, drives y displays de posición</p> <p>Diseñados para profibus DP</p>	<p>Incorporados en los codificadores optoelectrónicos para la grabación de rutas, ángulos, o velocidades de rotación de las maquinas</p>
<p>Micro Master 420</p> 	<p>DRIVE AC</p>	<p>SIEMENS</p>	<p>Constituye la solución de convertidor de frecuencia o variador ideal</p> <p>Puesta en servicio rápida y sencilla</p> <p>3 entradas digitales libremente parametrizables y aisladas galvánicamente</p> <p>Una entrada analógica (0 V a 10 V, escalable); a elección aplicable como cuarta entrada digital</p> <p>Una salida analógica parametrizable (0 mA a 20 mA)</p> <p>Una salida a relé parametrizable (DC 30 V/5 A carga óhmica; AC 250 V/2 A carga inductiva)</p> <p>Funcionamiento Silencioso del motor gracias a altas frecuencias de</p>	<p>se puede usar en numerosas aplicaciones de accionamiento de velocidad variable</p> <p>idóneo para aplicaciones con bombas, ventiladores y en manutención y transporte</p> <p>Posee un gran margen de tensión de alimentación de la red, lo que permite aplicarlo en todo el mundo.</p>

			<p>pulsación,</p> <p>Ajustable (dado el caso, observar la reducción de potencia)</p> <p>Protección para motor y convertidor.</p>	
<p>SIMOVERT MASTERDRIVES Motion Control</p> 	ONDULADOR	SIEMENS	<p>Se puede conectar a una red de corriente continua con una tensión comprendida entre 510 V y 650 V</p> <p>Con el ondulator se produce, de la tensión continua del circuito intermedio, mediante la modulación de duración de impulsos (PWM),</p> <p>Comunicación con PROFIBUS-DP</p>	<p>Alimentación de accionamientos trifásicos de alta dinámica dentro de una gama de potencias de 2,2 kW a 37 kW.</p> <p>Realización cómoda de puesta en servicio y procesos de diagnóstico</p>
<p>SINAMICS G110</p> 	DRIVE AC	SIEMENS	<p>Funciona con control de frecuencia de voltaje en suministros monofásicos (200 V a 240 V)</p> <p>Diseñado para máxima compatibilidad electromagnética</p> <p>Entrada precisa de valores consigna gracias a entrada analógica de 10 bits de alta resolución (sólo variantes analógicas)</p>	<p>Construido para aplicaciones industriales de accionamientos de velocidad variable</p> <p>bombas, ventiladores y bandas para transporte</p>

			<p>Posibilidad de ajustar el límite inferior de tensión en el circuito intermedio para iniciar un frenado controlado del motor en caso de caída de la red</p> <p>Interfaz serie RS485 (sólo variantes USS) para su integración en sistemas de accionamiento conectados en red</p>	
<p>SIMODRIVE 611U</p> 	DRIVE AC	SIEMENS	<p>Configurable para controles de velocidad / par, así como controles de posición</p> <p>Adecuado para motores síncronos y de inducción</p> <p>Diseño compacto con módulos de 1 eje y 2 ejes</p> <p>Comunicación con PROFIBUS-DP</p>	<p>solución de accionamiento altamente confiable con una significativa base instalada</p> <p>Construido en el posicionamiento punto a punto, cambio de secuencia externo, viajes / posicionamiento a un punto muerto.</p>

Tabla 3. Dispositivos para funciones tecnológicas [Fuentes: Siemens (2012)]

4.3 MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

4.3.1 Motores SIEMENS ultra eficientes

Los ingenieros de Siemens evaluaron cada uno de los componentes que afectan la eficiencia de un motor, y desarrollaron sistemas individuales en los motores que juntos constituyen un sistema completo para maximizar el aprovechamiento energético.

Reducción de calor El calentamiento excesivo del motor es una de las principales causas de la reducción de eficiencia y vida útil del motor. El avanzado sistema de enfriamiento desarrollado para sus nuevos motores se basa en minimizar o evitar la presencia de fuentes de calentamiento dentro del motor, disipando rápidamente cualquier calor residual.

Este sistema altamente refinado incluye:

- Un diseño único de carcasa con aletas cuenta con una mayor superficie para disipar el calor en forma más eficiente que un diseño convencional con carcasa de fundición gris o de lámina rolada. Para aplicaciones de uso general, estos motores con carcasa de fundición de aluminio ofrecen una excepcional disipación de calor, especialmente en comparación con diseños de lámina rolada.
- Ventilador de policarbonato con gran capacidad de flujo y un capuchón con un diseño único de aberturas radiales aseguran un flujo de aire óptimo.
- Un momento de inercia bajo de los componentes rotativos reducen las pérdidas por ventilación y fricción.
- Estator y rotor diseñados para trabajar en conjunto con el fin de agilizar la eliminación de calor del interior de la carcasa.

4.3.2 Máximo desempeño eléctrico

El avanzado diseño electromagnético de estos motores optimiza el uso de energía dentro del motor para lograr una máxima eficiencia. Las innovaciones incluyen:

- Un sistema de aislamiento NEMA Clase F no higroscópico con incremento de temperatura Clase B @ 1.0 F.S. Este sistema consta de 100% de fibra de poliéster o una hoja aislante fibra de vidrio, esto combinado con un alambre magneto del tipo HEAVY, una capa de poliéster tereftálico y una sobre-capa de poliamidaimida garantizan una eficiencia eléctrica excepcional.
- Una gran precisión del entrehierro minimiza las pérdidas por armónicas en el rotor y en el estator.
- El diseño único de rotor de fundición de cobre utilizado en los motores Ultra-Eficientes NEMA Premium de Siemens ofrece un desempeño eléctrico excepcional.

4.3.3 Manufactura de precisión

La manufactura de esta nueva línea de motores con tolerancias menores a lo normal (alta precisión) asegura eficiencias máximas consistentes.

- Para reducir las pérdidas por corrientes parásitas dentro de nuestros motores, las herramientas y procesos empleados para fabricarlos fueron desarrollados para garantizar desempeños consistentes con altos grados de precisión.
- Todos los rotores están dinámicamente balanceados antes del ensamblado para minimizar la fricción y mejorar la eficiencia así como prolongar la vida útil de los rodamientos.
- Los escudos están maquinados con precisión para una alineación exacta del rotor, del rodamiento y de la carcasa, para así mantener al mínimo el nivel de pérdidas por fricción que le restan eficiencia al motor.

En la tabla 4 se muestran algunos de estos motores detallando sus características:

MOTORES ULTRA-EFICIENTES DE SIEMENS SUPERAN LOS ESTÁNDARES DE EFICIENCIA

Motores con carcasa de fundición de aluminio GP100A & GP100A+



Los motores con carcasa de fundición de aluminio son ligeros y sin embargo resistentes reducen de manera significativa el consumo de energía eléctrica y ayudan a recuperar la inversión en menor tiempo gracias a su ahorro de energía. Son la opción correcta para reemplazar motores de lámina rolada en una gran variedad de aplicaciones de uso general.

Motores con carcasa de fundición gris GP100 & GP100+



Los motores de uso general son la solución ideal para el ahorro de energía eléctrica en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo equipos para el manejo de materiales, bombas, ventiladores, compresores, empaquetado y otras aplicaciones industriales.

Motores de uso severo SD100 IEEE841



Es el mejor de los motores NEMA. Ha sido diseñado para superar los estándares de la norma IEEE 841-2001 en cuanto a eficiencia, desempeño, construcción, operación con variador de frecuencia y mayor vida útil en las aplicaciones más demandantes. El excelente diseño de ingeniería y la construcción robusta de este motor están respaldados con una garantía de 5 años.

<p>Motores de uso severo SD100 & SD100</p> 	<p>Estos motores son ideales para aplicaciones en los procesos químicos más exigentes, y en aplicaciones de minería, fundición, pulpa y papel, manejo de desechos y petroquímica. Están disponibles con una amplia selección de modificaciones para las diversas aplicaciones. Son robustos, y tienen un desempeño operativo eficiente, que es lo que Usted espera de Siemens</p>
---	---

Tabla 4 Motores ultra eficientes [Siemens motores NEMA [2012]]

En la figura 12 se muestran las curvas de eficiencia vs potencia de los motores eléctricos ofrecidos por SIEMES, como se puede observar, los motores ultra eficientes representados por la curva verde superan los niveles de eficiencia del resto de categorías.

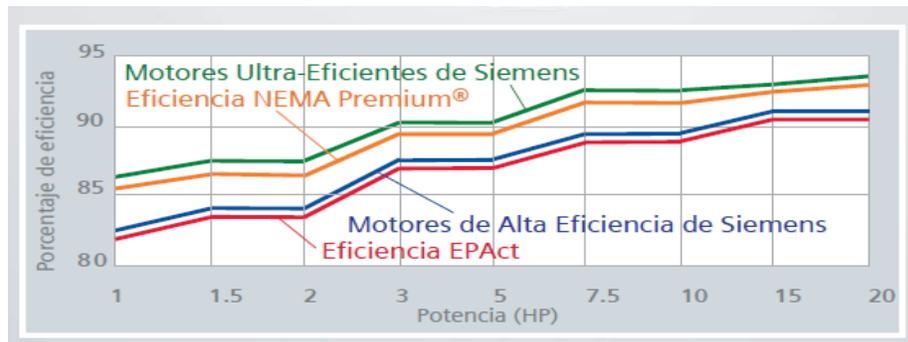
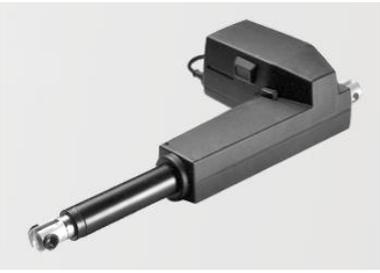


Figura 12. Categorías de motores eficientes de SIEMES [Fuente: Siemens motores NEMA (2012)]

4.4 ACTUADORES LINEALES

Otro tipo de actuadores en los sistemas de control de movimiento son de tipo lineal, en la tabla 5 podemos ver algunas de las tecnologías en actuadores lineales que nos ofrece el mercado.

Tipo	Fabricante	Características y aplicaciones
<p data-bbox="298 268 620 298">Actuador lineal LA22</p> 	<p data-bbox="753 268 834 298">LINAK</p>	<p data-bbox="951 268 1482 420">LA22 es un actuador en línea especialmente diseñado con una pequeña dimensión global para el uso fácil en Automatización Industrial, Maquinaria Agrícola y aplicaciones de rehabilitación.</p> <p data-bbox="951 457 1482 609">Gracias a sus reducidas dimensiones exteriores y el diseño lineal, LA22 es muy adecuada para aplicaciones donde el espacio de instalación es limitado, tales como las sillas de ruedas electricas.</p>
<p data-bbox="298 697 620 726">Actuador lineal LA12</p> 	<p data-bbox="753 697 834 726">LINAK</p>	<p data-bbox="951 697 1482 848">Gracias al pequeño tamaño y rendimiento excepcional, el actuador LA12 proporciona una alternativa práctica y económica a los sistemas neumáticos tradicionales y los motores reductores</p>
<p data-bbox="298 1108 620 1138">Actuador lineal LA31</p> 	<p data-bbox="753 1108 834 1138">LINAK</p>	<p data-bbox="951 1108 1482 1205">El actuador LA31 es un actuador muy silencioso y potente diseñado para una variedad de aplicaciones.</p> <p data-bbox="951 1243 1482 1423">Debido a su alta capacidad de diseño y clase de protección IPX6 es ideal para aplicaciones industriales. Las diversas combinaciones de motor, paso del husillo y el ojo vástago de pistón ofrece un gran número de soluciones.</p>

<p>Actuador Roto-Lineal Eléctrico</p> 	<p>HAYDON</p>	<p>Los actuadores duales del movimiento de HAYDON se basan en diseños únicos, patentados e incorporan la tecnología probada del motor de Haydon.</p> <p>En ciertos usos, se requiere para tener movimiento rotatorio y lineal. Tal uso, por ejemplo, consiste en la cosecha y la colocación robóticas de los componentes donde puede ser requerido para mover axialmente un componente a una posición de la inserción y después para girar el componente para atornillarlo en el lugar.</p> <p>La unidad rotatoria lineal permite diseño de sistema simplificado y una reducción en el número de componentes. Es ideal para el uso en los usos ajustados que requieren dos grados de libertad exactos, movimiento controlable, equipo de la selección y del lugar, robótica, y una amplia gama de la instrumentación.</p>
<p>Actuador Lineal Paso A Paso</p> 	<p>HAYDON</p>	<p>La serie de Haydon LC15 por las soluciones del movimiento de Haydon Kerk es un actuador lineal miniatura del motor de pasos de 15m m con un incremento del paso de .00079 (.02m m) por paso. Éste es el actuador lineal disponible en el comercio más pequeño del motor de pasos del mundo.</p> <p>Los usos incluyen la instrumentación médica, el mobiliario de oficinas, las aplicaciones, las ópticas, la automatización de la maquinaria y otros dispositivos automatizados que requieren los movimientos lineares accionados por control remoto exactos en un tamaño del paquete muy pequeño. Las versiones lineares externas están también disponibles a petición.</p>

<p>Actuador Lineal Paso A Paso Programable</p> 	<p>HAYDON</p>	<p>La impulsión de IDEA es una impulsión electrónica y una unidad de control completamente programable que utiliza un interfaz utilizador gráfico patente-pendiente intuitivo (GUI). La impulsión de la IDEA es también integrada disponible con un actuador lineal del motor de pasos, combinando el motor, la capacidad lineal de la traducción, y de la programación en un solo paquete compacto.</p>
---	---------------	--

Tabla 5. Actuadores lineales de ultima tecnología [Fuente: Direct industry (2012)]

5. TECNOLOGIAS EN CONTROL DE MOVIMIENTO

5.1 INTRODUCCIÓN

Durante años, la industria confió en sistemas basados en PLCs y controles de movimientos propietarios, sin embargo un creciente número de ingenieros están hoy volcándose a las soluciones de control de movimientos basados en PC para automatizar procesos fabriles y ensayar maquinaria.

El rendimiento de las computadoras personales mejora regularmente y así los científicos e ingenieros pueden integrar fácilmente la tecnología de control de movimiento basada en PC con otros sistemas de medición, tales como visión y adquisición de datos. De manera entonces que la nueva tecnología ahorra dinero y provee una flexibilidad adicional.

A continuación se detallan de manera individual estos dos tipos de tecnologías mas una tercera de control de movimiento, evidenciando sus componentes principales, ventajas y aplicaciones.

La información aquí registrada es una adaptación del documento PACs para Control Industrial, inside machines PC vs PLC, la nueva tecnología en automatización cuyos autores son siemens, national instruments, beckhoff.

5.2 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PC

5.2.1 Desarrollando sistemas basados en PC

Cuando se desarrolla un sistema de movimiento basado en PC, la primera tarea es seleccionar los componentes adecuados. En la figura 13 se puede apreciar con más detalle cada uno de los componentes que conforman el sistema de control basado en PC, se tiene el computador o el PC con el software de interfaz instalado, las tarjetas de control, el drive de potencia, señales de entrada, salida y motores.

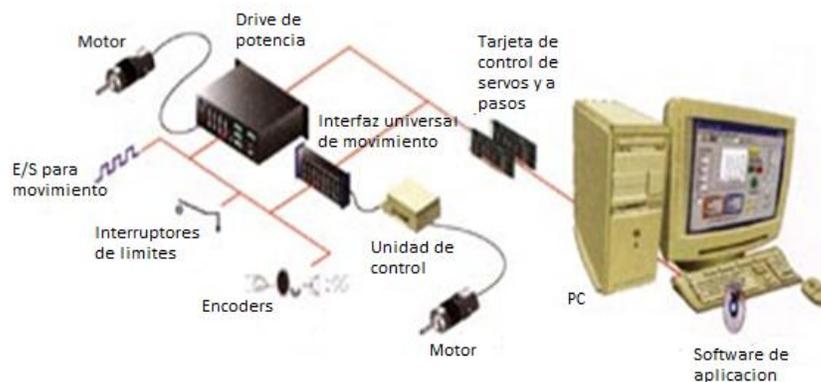


Figura 13. Principales componentes de un sistema de control de movimiento basado en PC [Fuente: Tracnova (2011)]

Elementos comunes en un sistema de control basado en PC

- Rodamientos mecánicos y accesorios
- Motores o actuadores
- Manejadores o amplificadores
- Controladores
- Software que hace de interface con el controlador

Del mismo modo que en los sistemas tradicionales de control de movimientos, habrá que diseñar y construir rodamientos y accesorios mecánicos que se ajusten al marco de trabajo mecánico. Una vez que éste se halla en su lugar, entonces puede instalarse el motor o el actuador. Cada sistema de movimiento, tanto sea un pequeño elemento piezoeléctrico o un gran actuador hidráulico, requiere algo que se mueva.

Los manejadores obtienen su alimentación de una placa de control de movimiento o un controlador, que es el cerebro que dirige todos los movimientos. En el pasado, los ingenieros y científicos controlaban sistemas de movimiento utilizando PLCs; estos sistemas eran confiables aunque difíciles de programar y estaban generalmente limitados en su rendimiento. La aproximación basada en PC es más flexible y a menudo facilita obtener un mejor rendimiento.

5.2.2 Controladores

El mercado actual ofrece una amplia selección de controladores de movimiento, con una gran variedad de precios y posibilidades. Los controladores de movimiento van desde los de baja gama a los de alta gama. Es importante conocer sus diferencias antes de decidir cuál satisficará las necesidades del cliente.

Controladores de movimiento Baja Gama: Estos controladores como podemos ver en la figura 14 permiten mover un motor de una posición a la otra, son más baratos y no tienen numerosas características adicionales. Muchas veces, este movimiento punto a punto será todo lo que se necesita para la aplicación. Se puede ver sus especificaciones técnicas en el anexo A



Figura 14. Drive de pasos [Fuente: National instruments (2012)]

Controladores de movimiento de Alta Gama: Estos controladores como podemos apreciar en la figura 15 trabajan mejor para aplicaciones más complejas debido a que ofrecen su propio conjunto de características especiales. Con un controlador de movimiento de alta gama se pueden realizar diferentes tipos de perfiles de movimiento, tales como interpolación lineal y perfilado (contouring). Se puede ver en sus especificaciones en el anexo B.



Figura 15. Interfaz de Drive Servo de la Serie C con Doble Retroalimentación del Codificador [National instruments (2012)]

5.2.3 Funciones del control de movimiento

Existe una variedad de funciones del control de movimientos que satisfacen diferentes necesidades. Por ejemplo, con la programación a bordo disponible ahora en algunos controladores de alta gama, se pueden escribir y descargar programas que se ejecutan en el procesador del controlador en lugar de la computadora servidora. Esto alivia la tarea de esa computadora y libera su procesador para que se ocupe de otras tareas. También ayuda a alcanzar el determinismo en el medio ambiente de la aplicación.

Otra función del control de movimiento, *contouring*, permite especificar puntos arbitrarios y hacer que el controlador calcule la trayectoria a través de esos puntos. Existe un software en el mercado con el cual se pueden configurar una variedad de perfiles de movimiento para diferentes curvas de nivel y formas, como podemos ver en la figura 16 es una representación 3D de un perfil de movimiento complejo que muestra un sistema moviéndose en un espiral logarítmico en los ejes X y Y mientras se mueve hacia arriba y hacia abajo sobre el eje Z.

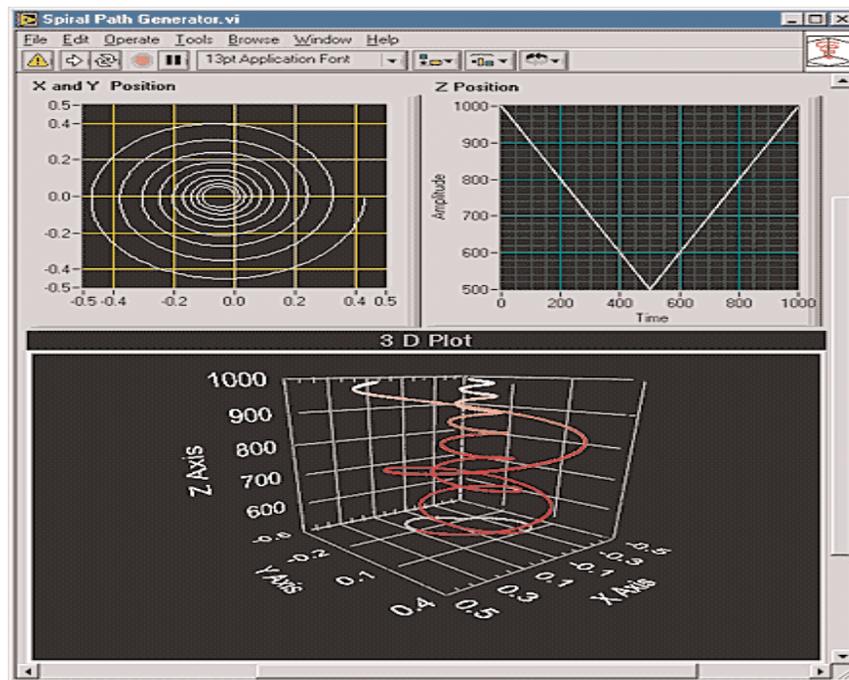


Figura 16. Imagen 3D de un movimiento en espiral [National instruments (2005)]

Ejemplos de aplicaciones incluyen el etiquetado, corte con láser y enrollados. También se puede utilizar el *contouring* para aplicaciones especiales, tales como el maquinado complejo CNC, simulación de terremotos o de vuelos utilizando cinemática paralela precalculada.

Si no se requieren las trayectorias complejas que provee el *contouring*, se pueden aprovechar las interpolaciones lineal y circular. La interpolación lineal extiende el movimiento punto a punto para trabajar con dos o más ejes. Para hacer esto, se debe especificar un destino tanto en el espacio 2D como el 3D.

Al comienzo del movimiento dos de los tres ejes comienzan y paran al mismo tiempo, dibujando una trayectoria directa a su destino. Sin la interpolación lineal, la trayectoria resultante será impredecible debido a que los ejes no están coordinados.

La interpolación circular coordina múltiples ejes. Los controladores pueden crear trayectorias suaves y circulares, libres de errores de cuerdas. Combinando las interpolaciones circular y lineal, se pueden producir trayectorias complejas.

Además de la programación a bordo, el *contouring* y el movimiento coordinado, los controladores de movimiento basados en PC pueden proporcionar otras funciones que le brindan mayor flexibilidad y rendimiento al sistema de control de movimientos.

Con el *blending*, por ejemplo, se puede hacer una suave transición de un perfil de movimiento a otro sin parar. El rodamiento electrónico ayuda a configurar un eje esclavo para que corra con una relación de rodamiento con respecto a cualquier eje maestro especificado o un codificador como podemos ver en la figura 17 un sistema de tres ejes usa un controlador de movimiento para mover la cámara a la misma velocidad que la cinta transportadora para inspeccionar las placas. Los controladores con entradas y salidas analógicas digitales pueden adquirir y producir señales analógicas y digitales o controlar componentes del mismo tipo.



Figura 17. Sistema de tres ejes para inspección de placas [National instruments (2005)]

5.2.4. Software de Control de Movimientos

Otra parte importante adicional de un sistema de control de movimiento basado en PC es el software que integra todos los componentes. Una ventaja del sistema de control de movimiento basado en PC sobre los sistemas propietarios cerrados es que los controladores de los primeros a menudo poseen funcionalidad de control de movimiento incorporada, permitiendo al usuario tener más tiempo para invertir en el desarrollo del software de comando y monitoreo y proveyendo un controlador de display basado en PC (ver figura 18).

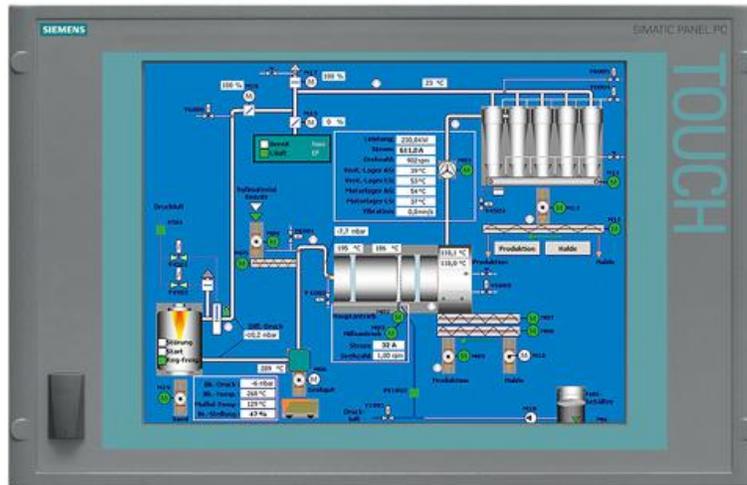


Figura 18. Display PC industrial [Siemens (2012)]

Un software adaptable en controladores de movimiento significa que la aplicación es compatible con diferentes tipos de motores, incluyendo los diferentes motores paso a paso y servo. A medida que se generan nuevas versiones del software, no hay necesidad de invertir en nuevo hardware, en lugar de eso simplemente se puede actualizar a la versión de software más reciente. Esta compatibilidad hacia atrás preserva la inversión en el software, ahorrando tiempo y dinero. Este software también debería ser compatible con importantes entornos de software de aplicación.

La facilidad de uso es un factor importante cuando se instala y configura un sistema de control de movimientos basado en PC. Por ejemplo, algunos software permiten verificar el número de ranura y probar los recursos asignados cuando se instala el controlador de movimiento. Luego, simplemente se ejecutan las rutinas de inicialización para inicializar y verificar el sistema. Con esta metodología se puede operar y verificar el sistema de control de movimiento antes de hacer cualquier programación.

Otra consideración a tener en cuenta al elegir el software de control de movimientos es su habilidad para verificar cada componente del sistema sin crear programas personalizados. Utilizando un medio ambiente configurable, se puede fácilmente ensayar y configurar el sistema sin programación alguna. Algunos de los parámetros de configuración y ensayo incluyen: configuración de conmutación

límite, tipos de motor, trayectorias, velocidad y aceleración. Una vez que los parámetros son cargados, se puede almacenar la configuración para utilizarla en las aplicaciones.

5.2.5 Movimiento en Acción

Numerosas aplicaciones requieren movimientos de selección y colocación. Los fabricantes frecuentemente tratan de ganar la mayor velocidad posible en estas aplicaciones, en la figura 19 se puede apreciar una de esas aplicaciones en la industria automotriz. Un movimiento coordinado con interpolación lineal ayuda a optimizar estas operaciones hallando la mínima distancia entre los lugares de traslado.

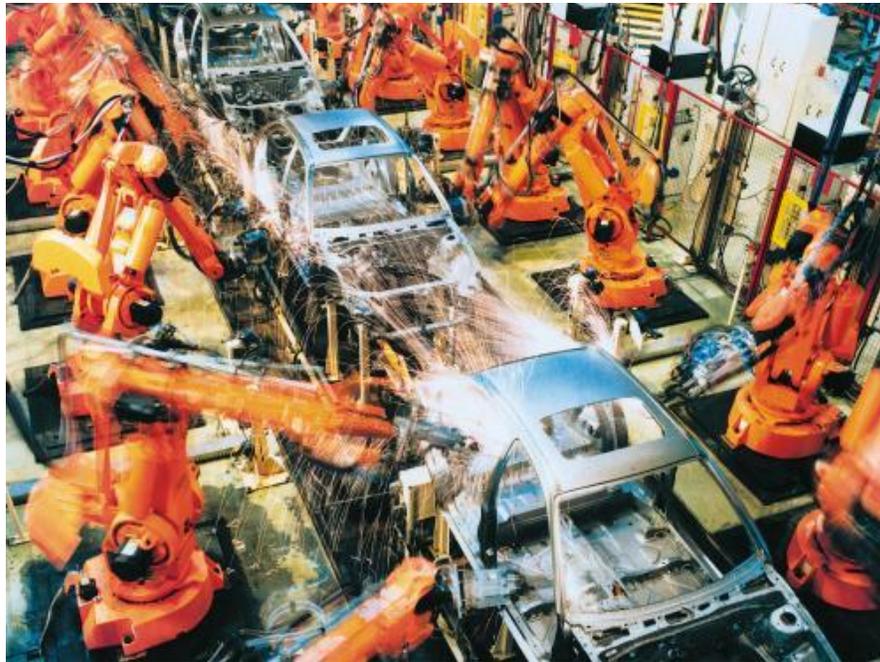


Figura 19. Brazos robóticos aplicados a la soldadura [Roboticaelectrónica (2012)]

El control de movimiento basado en PC es útil también en aplicaciones que involucran una soldadura al vuelo. En este caso, la maquinaria debe soldar una parte a medida que se mueve sobre una cinta transportadora. El controlador de movimiento dirige el soldador y usa el rodamiento electrónico para sincronizar el

soldador con la cinta transportadora de modo tal que ambas se muevan a la misma velocidad. El rodamiento es activado y desactivado al vuelo a fin de que el soldador se sincronice con la siguiente parte. Cuando se usa de esta manera, el rodamiento electrónico hace que el proceso sea más rápido debido a que no se debe parar la parte para ser soldada como se puede observar en la figura 20.

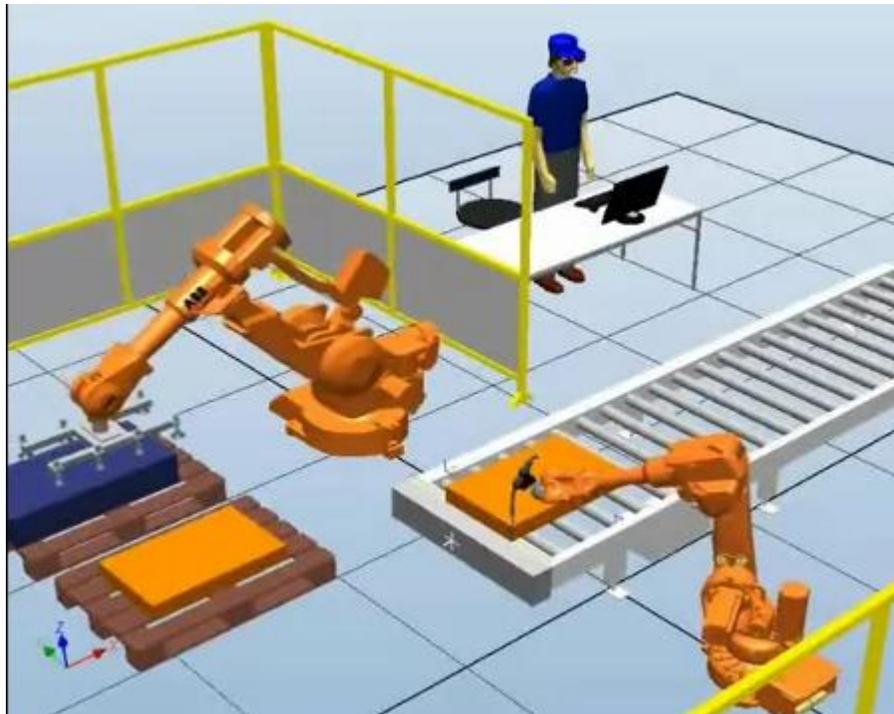


Figura 20. Soldadura al vuelo en banda transportadora [Robotestudio (2012)]

La fibra óptica es otra área donde el control de movimiento basado en PC - a menudo utilizando un controlador de alta gama - satisface la necesidad de una mayor productividad y flexibilidad. Por ejemplo, una compañía de comunicaciones llamada LightPath Technologies (Albuquerque, NM), desarrolló un sistema para fundir una lente de gradium a una fibra. Utilizando un sistema de control de movimiento combinado con sistemas de visión y adquisición de datos, los ingenieros de la compañía fueron capaces de realizar el posicionamiento necesario, la fusión y los cortes en un medio ambiente limpio.

La alineación de precisión es un área donde el control de movimiento entra en juego. El temporizado y la sincronización son áreas críticas en el proceso de alineación de fibras. Gracias a la sincronización de tiempo real entre el control de

movimiento y la adquisición de datos, las fibras pueden alinearse con mayor precisión, mejorando la producción total. Un bus de sistema de integración en tiempo real (RTSI) puede utilizarse para coordinar diferentes elementos de un sistema de control de movimiento basado en PC. Utilizando el RTSI, las placas de movimiento pueden compartir señales digitales de alta velocidad con adquisición de datos, adquisición de imágenes o placas de entradas y salidas digitales sin requerir cableado externo y sin consumir ancho de banda en el bus del servidor.

5.3 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PLC's

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) continúan evolucionando a medida que las nuevas tecnologías se añaden a sus capacidades. El PLC se inició como un remplazó para los bancos de relevos. Poco a poco, las matemáticas y la manipulación de funciones lógicas se añadieron. Hoy en día son los cerebros de la inmensa mayoría de la automatización, procesos y máquinas especiales en la industria. Los PLCs incorporan ahora más pequeños tamaños, más velocidad de las CPU y redes y tecnologías de comunicación diferentes.

Se puede pensar en un PLC como un pequeño computador industrial que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial. En su esencia, un PLC mira sensores digitales y analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo de milisegundos.

Mientras los PLCs son muy buenos con el control rápido de información, no comparten los datos y las señales con facilidad. Comúnmente los PLCs intercambian información con paquetes de software en el nivel de planta como interfaces maquina operador (HMI) o Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). Todo intercambio de datos con el nivel de negocios de la empresa (servicios de información, programación, sistemas de contabilidad y análisis) tiene que ser recogido, convertido y transmitido a través de un paquete SCADA.

Típicamente en la mayoría de PLCs, las redes de comunicación son exclusivas de la marca y con velocidad limitada. Con la aceptación de Ethernet, las velocidades

de comunicación de la red han aumentado, pero todavía a veces usan se usan protocolos de propiedad de cada marca.

En general, los PLC son cada vez más rápidos y más pequeños y como resultado de esto, están ganando capacidades que solían ser dominio exclusivo de la computadora personal (PC) y de las estaciones de trabajo. Esto se traduce en manejo datos críticos de manera rápida que se comparte entre el PLC en el piso de la fábrica y el nivel de negocios de la empresa. Ya no se trata de los PLCs antiguos que únicamente controlaban salidas a partir de una lógica y de unas entradas.

5.3.1 Composición de un sistema basado en PLC

Los sistemas de control basados en PLC's siguen siendo los mas confiables aun con la aparición de los PC debido a su alta eficiencia en ambientes industriales en todo tipo de aplicaciones de automatización incluyendo el ámbito del control de movimiento.

Los sistemas PLC se componen o contienen los mismos elementos básicos que posee un sistema basado en PC, se tiene el controlador en este caso el PLC, el dispositivo de realimentación o sensor de posición, el drive o convertidor de energía para accionar el actuador y el software de aplicación en el que se carga el programa específico para determinada aplicación de movimiento, todos estos elementos comunicados sobre determinada red industrial seleccionada

En la figura 21 se muestra un sistema de control de movimiento utilizando la tecnología del PLC para el control de posición de múltiples ejes.

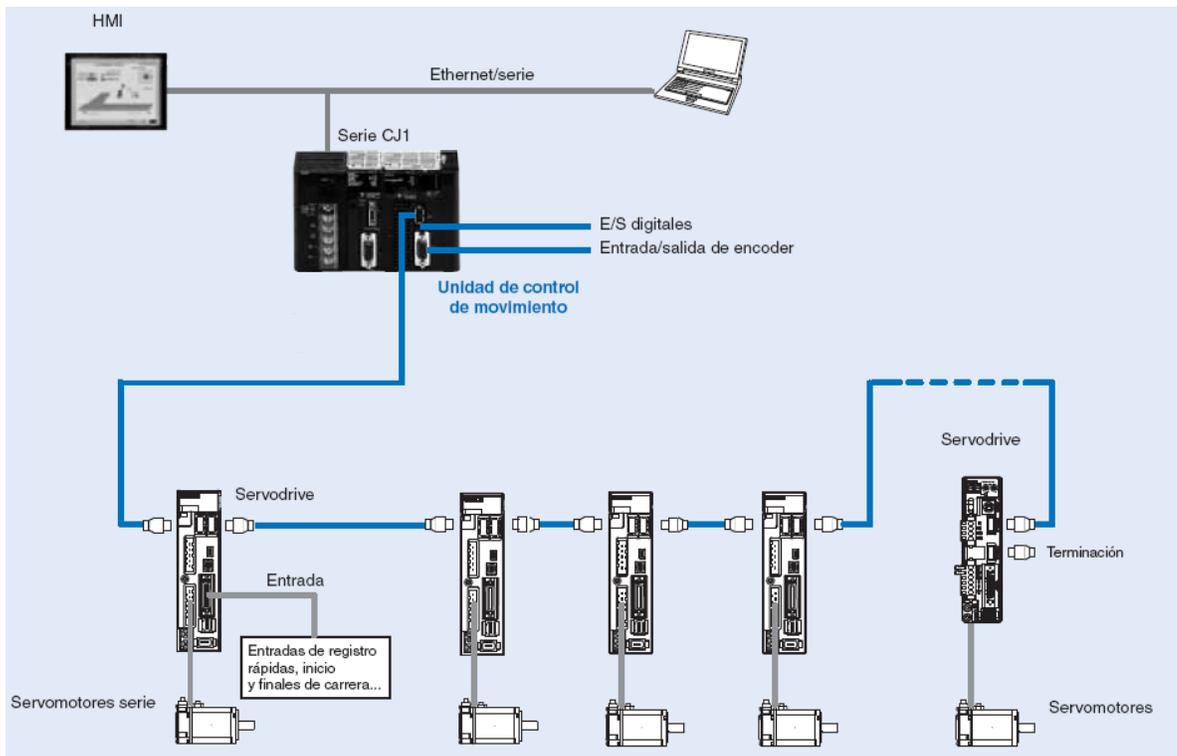


Figura 21. Sistema de control de movimiento para múltiples ejes basado en PLC con interfaz HMI [Fuente: Omron (2012)]

En la figura 21, se puede observar en la parte superior la red que compone la gestión de datos; el ordenador y la interfaz HMI, en este caso es Ethernet, en la parte intermedia se encuentra el PLC con los módulos de E/S y comunicación dispuestos, en la parte inferior se halla la red que comunica los servodrives y finalmente los servomotores. Los sistemas PLC para control de movimiento necesitan de un módulo o tarjeta para generar las señales de mando apropiadas para el drive o servodrive.

5.3.2 Tarjetas PCU

Las tarjetas PCU (Position Control Units) trabajan con trenes de pulsos a su salida por lo que se pueden aplicar a servodrivers de entrada de pulsos ó a drivers de motores paso a paso. El lazo de control es abierto/semicerrado, es decir, la posición se controla por el número de pulsos de entrada al servodrivers y NO por la realimentación a la tarjeta de posición.

5.3.3 CPU's inteligentes

Las CPU's inteligente son una nueva tecnología integrada en PLC,s que permiten hacer uso de funciones tecnológicas incluyendo el control de movimiento, su utilización reduce gastos en inversión debido a que se evita la compra de módulos de funciones inteligentes para tareas tecnológicas adicionales o de control de movimiento. En aplicaciones multi eje reduce los gastos de adquisición y contribuye a ahorrar significativamente gastos de gestión de almacén y reduce el número de repuestos.

Y, no menos importante, la aplicación de una CPU para funciones tecnológicas disminuye también los requisitos de espacio, con lo que puede recurrirse posiblemente a un armario eléctrico de menor tamaño.

De los fabricantes de esta tecnología se detallara a manera de ejemplo una de las CPU's ofrecidas por siemens

5.3.4 Solución PLC inteligente para control de movimiento CPU317T-2DP para aplicaciones tecnológicas

Esta tecnología permite resolver extensas tareas de control y requisitos de control de movimiento simples a medios, su configuración y programación se realiza exclusivamente con las herramientas habituales en SIMATIC. No se requiere un lenguaje específico para control de movimiento ni hardware adicional se puede observar el hardware en la figura 23



Figura 23. CPU tecnológica de Siemens con funcionalidad de control de movimiento integrado [Fuente: Siemens (2005)]

5.3.4.1 Diseño

La CPU317T-2DP como se puede ver en la figura 23 es perfecta para aplicaciones tecnológicas ya que incluye entradas y salidas digitales así como dos puertos PROFIBUS, es decir, esta preparada para cualquier conexión. Para control dinámico de movimiento, particularmente de varios ejes individuales acoplados, se soporta la función de equidistancia y el modo isócrono de PROFIBUS. Las entradas y salidas locales se usan para señales de función tecnológica como detección de punto de referencia o levas rápidas,

5.3.4.2 Configuración

Los accionamientos se configuran y parametrizan de forma interactiva a través de nuevos diálogos intuitivos de STEP 7. En ellos es posible crear ejes, definir valores prefijados y límites o ajustar funciones de monitorización. También se incluyen herramientas para diagnóstico y puesta en servicio.

5.3.4.3 Funciones de control de movimiento

Las secuencias de movimiento se programan utilizando llamadas de función desde el programa de usuario del PLC. Para ello pueden aplicarse todos los lenguajes conocidos (KOP, FUP, AWL) de STEP 7 y todas las herramientas de ingeniería de la gama. Los bloques para control de movimiento están basados en la norma internacional PLC open (task force motion control). De esta forma se basan en un estándar internacional, lo que simplifica la ingeniería y el servicio técnico.

5.3.4.4 Ventajas

Las CPUs tecnológicas son CPUs de la gama SIMATIC estándar, por lo que pueden usarse sin más los programas S7-300 existentes. Sólo existe un programa de usuario SIMATIC S7 para las funciones PLC habituales y las tareas de control de movimiento.

Con ello disminuye el número de interfaces y se reducen los trabajos de programación. Junto a las probadas potentes funciones de diagnóstico SIMATIC se dispone además de herramientas de puesta en marcha adicionales para control de movimiento (p. ej. memoria trace de tiempo real).

Toda la configuración – de los accionamientos hasta el PLC pasando por el control de movimiento – se realiza con STEP 7. Para ello se aplican los conocidos lenguajes STEP 7 (KOP, FUP, AWL) y, opcionalmente, todas las herramientas de ingeniería (p. ej. S7-SCL, S7-GRAPH, CFC). No se requiere aprender un lenguaje de programación adicional para la tarea de control de movimiento, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero. Y para la programación pueden aprovecharse los conocimientos en S7 existentes, lo que elimina las barreras de iniciación.

Todas las funciones tecnológicas se configuran mediante diálogos simples y fáciles de usar. Allí se realizan todos los ajustes necesarios como p. ej. la entrada de los datos mecánicos, la selección del accionamiento y los ajustes de los reguladores. Esto ahorra tiempo y facilita la introducción a los usuarios novatos sin conocimientos del sistema.

Los bloques para control de movimiento de las CPUs de funciones tecnológicas cumplen la especificación de PLCopen (Task Force Motion Control). De esta forma se basan en un estándar internacional, lo que simplifica la ingeniería y el servicio técnico.

5.3.4.5 Aplicaciones

Las CPUs para funciones tecnológicas 315T-2DP ó 317T-2DP tienen la plena funcionalidad de las potentes CPUs estándar 315-2DP ó 317-2DP.

Estas CPUs incluyen funciones tecnológicas integradas así como periferia de E/S rápida para funciones tecnológicas. De ahí que las CPUs para funciones tecnológicas del S7-300 ofrezcan un gran número de aplicaciones nuevas; preferentemente en máquinas donde se reúnen alta potencia de PLC y, al mismo tiempo, requisitos de control de movimiento, como por ejemplo

Líneas de mecanizado/montaje

- Máquinas continuas
- Aplicaciones de envasado
- Aplicaciones de plgado y envoltura
- Cizalla volante
- Deplegador de cartones
- Máquinas etiquetadoras
- Avance por rodillos
- Pórticos simples sin interpolación

Las CPUs tecnológicas son ideales para controlar movimientos acoplados entre varios ejes. Además de posicionamiento exacto de ejes individuales son posibles secuencias de movimientos complejos y sincronizados como vínculos con una maestro virtual o real, sincronismo de engranajes, levas y corrección por marcas impresas.

5.3.4.6 Conexión de componentes SIMATIC y de accionamiento

Las CPUs para funciones tecnológicas disponen de dos puertos PROFIBUS integrados:

- Puerto MPI/DP, parametrizable como interface MPI o DP (maestro o esclavo)
- DP (DRIVE) para conectar componentes de accionamiento, también con comportamiento isócrono

El puerto MPI/DP sirve para conectar otros componentes SIMATIC, p.ej. PG, OP, PLCs S7 y periferia descentralizada. Operando como puerto DP es posible instalar redes de gran extensión

La interfaz DP(DRIVE) como se puede observar en la figura 23 está optimizada para conectar accionamientos vía PROFIBUS, soportándose todos los tipos importantes de accionamientos de Siemens. El comportamiento isócrono permite dominar con alta calidad también operaciones rápidas.

De este modo, resulta una sólida combinación compuesta de un PLC con extensas funciones de control de movimiento y potentes accionamientos conectados a PROFIBUS de forma descentralizada. En la figura 24 se muestra la conexión de lo que sería un sistema de control movimiento utilizando la CPU inteligente para funciones tecnológicas.

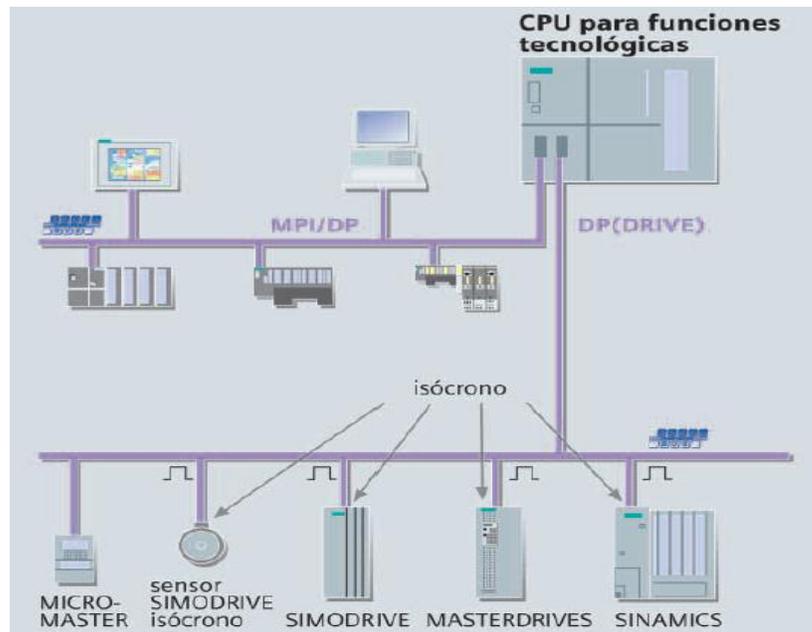


Figura 24. Conexión vía PROFIBUS MPI/DP y PROFIBUS DP (DRIVE) de los componentes a la CPU para funciones tecnológicas [Fuente: Siemens (2005)]

5.4 CONTROL DE MOVIMIENTO BASADO EN PAC's

Con el gran número actual de vendedores produciendo Controladores de Automatización Programable que combinan tanto funcionalidad de PC y confiabilidad de un PLC, la incorporación de PACs a sistemas de control es cada día más frecuente.

Por más de una década se ha tenido el debate acerca de las ventajas y desventajas de utilizar PLCs comparados con el control basado en PCs. A medida que se incrementan las diferencias entre las PCs y PLCs, con los PLCs utilizando el hardware de anaqueles (COTS) y sistemas PC incorporando sistemas operativos en tiempo real, una nueva clase de controladores, el PAC se torna en un emergente.

PAC, el nuevo acrónimo, creado por la Corporación de Investigación de Automatización (ARC), significa Controlador de Automatización Programable y es utilizado para describir una nueva generación de controladores industriales que combinan la funcionalidad PLC y PC. El acrónimo PAC es utilizado por vendedores tradicionales PLC para describir los sistemas de alto desempeño.

5.4.1 LA REGLA DEL 80-20

Durante las tres décadas después de su introducción, los PLCs han evolucionado para incorporar E/S analógicas, comunicación sobre redes, nuevos estándares de programación como IEC 61131-3. Sin embargo, los ingenieros crean un 80 por ciento de aplicaciones industriales con E/S digital, unos cuantos puntos analógicos E/S, y técnicas de programación sencillas. Los expertos de ARC, Corporación de Desarrollo Venture (VDC), y el entrenamiento en línea para PLCs fuente para PLCS.net estima que:

- 77% de los PLCs son utilizados en pequeñas aplicaciones (menos de 128 E/S).
- 72% de los PLC son E/S digital.
- 80% de los retos de las aplicaciones PLC son resueltas con un conjunto de 20 instrucciones lógicas tipo escalera.

Debido a que el 80 por ciento de las aplicaciones industriales son resueltas con herramientas tradicionales, hay una gran demanda para PLCs de bajo costo. Esto a desatado el incremento de los micro PLCs de bajo costo con E/S digital que utilizan lógica tipo escalera. También ha creado una discontinuidad en la tecnología del controlador, donde 80 por ciento de las aplicaciones requieren controladores sencillos, de bajo costo y el 20 por ciento apenas empujan las capacidades de sistemas de control tradicionales. Las aplicaciones que encajan en este 20 por ciento son construidas por ingenieros que requieren mayores razones de ciclo, algoritmos de control avanzados, y una mejor integración con la red empresarial.

En los 80s y 90s, el 20 por ciento de las PCs evaluaban el control industrial. La PC proveía las capacidades de software para desempeñar tareas avanzadas, ofreciendo una programación gráfica y ambiente del usuario ricos, además de utilizar componentes COTS permitiendo que los ingenieros de control tomaran ventaja de las tecnologías desarrolladas para otras aplicaciones. Estas tecnologías incluyen procesadores de punto flotante, buses E/S de alta velocidad, como PCI y Ethernet, almacenamiento de datos no volátiles, y herramientas de software de desarrollo gráfico. La PC también proporciona flexibilidad no paralela, software de alta productividad, y hardware avanzado de bajo costo.

Sin embargo, las PCs aún no resultaban ideales para aplicaciones de control. Aunque muchos ingenieros utilizaban la PC al incorporar funcionalidad avanzada, como el control y simulación análoga, conectividad de base de datos, funcionalidad basada en web, y comunicación con dispositivos de terceros, el PLC aún controlaba las funciones. El principal problema de control basado en PC era que las PCs estándar no estaban diseñadas para ambientes rugosos.

La PC presentaba tres retos principalmente:

Estabilidad: Seguido, el propósito de los sistemas operativos de las PCs no era lo suficientemente estable para el control. Las instalaciones controladas por la PC eran Estabilidad: forzadas a manejar choques de sistemas y reiniciaciones no planeadas.

Confiabilidad: Con dispositivos magnéticos en rotación y componentes no industriales, como fuentes de potencia, las PCs eran más propensas a las fallas.

Ambiente de programación no familiar: Los operadores de la planta necesitan la habilidad para manejar sistemas para mantenimiento o problemas de disparo. Utilizando la lógica tipo escalera, se puede forzar manualmente un carbón a un estado deseado, y rápidamente reparar el código afectado para estabilizar al sistema. Sin embargo, los sistemas PC requieren que los operadores aprendan nuevas herramientas avanzadas.

Aunque algunos ingenieros utilizan computadoras industriales especiales con hardware rugoso y sistemas operativos especiales, la mayoría de ellos evitaban el uso de PCs para el control debido a los problemas de confiabilidad de las PC. Aunado a esto, los dispositivos utilizados en una PC para diferentes tareas de automatización, como E/S, comunicaciones, o movimiento, pueden tener diferentes ambientes de desarrollo.

Así que el 20 por ciento platicado vivía sin confiabilidad no fácilmente logrado con un PLC o unía un sistema que incluía un PLC para la porción de control del código y una PC para funcionalidades más avanzadas. Esta es la razón que muchos pisos de fábricas utilizan PLCs en conjunto con la entrada de datos con PCs, conectándose a los escáneres de código de barras, insertando información en bases de datos, y publicando datos en la Web.

El mayor problema con este tipo de configuraciones es que estos sistemas son difíciles de construir, difíciles de dispararse y mantenerse. El ingeniero en sistemas frecuentemente se enfrenta a la inevitable tarea de incorporar hardware y software de distintos proveedores, lo cual presenta reto pues el equipo no está diseñado para trabajar en conjunto.

5.4.2 CONSTRUYENDO UN MEJOR CONTROLADOR

Sin ninguna clara solución de PC o PLC, los ingenieros trabajan de cerca con aplicaciones complejas con proveedores que puedan desarrollar nuevos productos. Hacían la petición de combinar habilidades de software avanzadas de la PC con la confiabilidad del PLC. Estos usuarios guiados ayudaron a desarrollar de guía de productos para compañías de control basado en PC y PLC.

Las capacidades de software no solamente requerían software avanzado, también un incremento de la capacidad de hardware de controladores. Con la declinación en la demanda de componentes PC a nivel mundial, muchos proveedores de semiconductores comenzaron a rediseñar sus productos para aplicaciones industriales. Los proveedores de control están incorporando ahora versiones industriales de procesadores de puntos flotantes, DRAM, dispositivos de almacenamiento en estado sólido como CompactFlash, y chips de Ethernet rápidos a productos de control industrial. Esto permite que los proveedores desarrollen software más potente con la flexibilidad y uso de sistemas de control basados en PC que se ejecutan en sistemas operativos en tiempo real para aumentar confiabilidad.

Los nuevos controladores, diseñados para solucionar las necesidades del 20 por ciento, combinan las mejores características del PLC con las mejores características de PCs. Los analistas industriales en ARC nombraron a estos dispositivos Controladores de Automatización Programable, o PACs. En su estudio de “Visión General a Nivel Mundial de Controladores Lógicos Programables”, ARC identificó cinco características PAC esenciales. Estos criterios caracterizan la funcionalidad del controlador al definir las capacidades del software:

Funcionalidad Multi Dominio. Al menos 2 plataformas sencillas de proceso lógico, en movimiento, control PID y programas. Exceptuando algunas variaciones en E/S para señalar protocolos específicos como SERCOS; lógica, movimiento, proceso, y PID son simplemente una función del software. Por ejemplo, el control

de movimiento es un software de control en ciclos que lee entradas digitales de un codificador de cuadratura, desempeña ciclos de control análogo, y entrega una salida de señal análoga para controlar un programa.

Plataforma de desarrollo multi disciplinaria sencilla incorporando etiquetado común y una sola base de datos para tener acceso a todos los parámetros y funciones. Debido a que los PACs están diseñados para aplicaciones más avanzadas como los diseños multidominios, requieren de software mucho más avanzado. Para que el diseño del sistema sea eficiente, el software debe estar integrado en un paquete en vez de presentar distintas herramientas de software las cuales no están creadas para trabajar entre si.

Herramientas de software que permiten el diseño del proceso de flujo a través de varias máquinas o unidades de proceso, en conjunto con IEC61131-3, guía al usuario, y administración de datos. Otro componente que simplifica el diseño del sistema son las herramientas de desarrollo gráfico de alto nivel que ayudan a traducir el concepto del proceso de ingeniería al código que actualmente controla la máquina.

Arquitecturas modulares, abiertas esas aplicaciones que reflejan la industria desde planos de máquinas en la industria a operaciones unitarias en plantas de proceso. Debido a que todas las aplicaciones industriales requieren configuración significativa, el hardware debe ofrecer modularidad para que el ingeniero pueda escoger y elegir los componentes apropiados. El software debe habilitar que el ingeniero adicione y remueva módulos para diseñar el sistema requerido.

Emplear estándares reales para interfaces y lenguajes de red, etc., como búsquedas TCP/IP, OPC & XML, y SQL. La comunicación con las redes empresariales son críticas para los sistemas de control modernos. Aunque los PACs incluyen un puerto Ethernet, el software para comunicación es la clave para evitar conflictos de integración con el resto de la planta.

5.4.3 Dos acercamientos al software

Mientras que el software es la clave de diferenciación entre los PACs y PLCs, los proveedores varían su aproximación al proveer el software más avanzado. Típicamente inician con su software de control existente y trabajan para agregar funcionalidad, confiabilidad, y facilidad de uso requerido para programar los PACs.

Generalmente, esto crea dos campos de proveedores de software PAC: aquellos con marco de referencia en control de PLCs y aquellos con marco de referencia en PCs.

5.4.3.1 Software Basado en la Filosofía PLC

Los proveedores de software PLC tradicionales comienzan otorgando una arquitectura de escaneo confiable de fácil uso trabajando para adicionar una nueva funcionalidad. El software PLC sigue un modelo general es entradas de escaneo, código de control en ejecución, salidas actualizadas, y funciones de desempeño internas.

Un ingeniero de control se preocupa solamente por el diseño del código de control debido a que los ciclos de entrada, y ciclos internos se encuentran escondidos. Con la mayor parte del trabajo hecho por el proveedor, la arquitectura de control estricta hace más fácil y rápida la creación de sistemas de control.

La rigidez de estos sistemas también elimina la necesidad de que el ingeniero de control entienda por completo la operación de bajo nivel del PLC para crear programas confiables. Sin embargo, la arquitectura de escaneo rígido, principal fortaleza de un PLC, puede hacerla también inflexible.

La mayoría de los proveedores de PLCs crean software PAC al adicionar a la arquitectura de escaneo existente una nueva funcionalidad como la comunicación Ethernet, control de movimiento, y algoritmos avanzados. Sin embargo, mantienen típicamente la apariencia y sensación familiar de la programación PLC así como las fortalezas inherentes en control y lógica. Los resultados son generalmente un software PAC diseñado para cubrir las especificaciones típicas de aplicaciones como los son la lógica, movimiento, y PID, pero es menos flexible para aplicaciones hechas a la medida como la comunicación, lectura de datos, y control de algoritmos específicos.

5.4.3.2 Software Basado en la Filosofía PC

Los vendedores de software PC tradicionales comienzan con un lenguaje de programación muy flexible y con propósitos generales, las cuales proveen un acceso profundo al trabajo interno del hardware. Este software también incorpora

flexibilidad, determinismo, y arquitecturas de control ya definidas. Aunque los ingenieros pueden crear la estructura del escáner provista al programador PLC, no son inherentes al software de control basado en PCs.

Esto hace que el software PC extremadamente flexible y bien preparado para aplicaciones complejas que requieren estructuras avanzadas, técnicas de programación, o control del nivel del sistemas aunque más difícil para aplicaciones sencillas.

El primer paso para estos vendedores es proveer confiabilidad y determinismo, las cuales no están siempre disponibles en un sistema operativo de propósito general como lo es Windows. Esto se logra a través de sistemas operativos en tiempo real (RTOS) como Phar Lap de Ardenne (antes Venturcom) o VxWorks de Wind River. Estos RTOSs proporcionan la capacidad de controlar todos los aspectos del sistema de control, desde las razones de lectura y escritura E/S a la prioridad de hilos individuales presentada en el controlador.

Estos vendedores entonces adicionan abstracciones y estructuras de lectura/escritura E/S para hacer más fácil la construcción de aplicaciones de control confiables. El resultado es un software flexible para control a la medida, acceso a datos, y comunicación pero carente de arquitecturas de programación PLC familiares, haciendo que el desarrollo de aplicación sea cada vez más demandado.

5.5 COMPARACION PAC's Y PLC's

5.5.1 Diferencia y similitudes entre un PAC's y un PLC's

Los PACs y PLCs tienen varias cosas en común. Internamente, ambos incluyen una fuente de potencia, un CPU, un plano trasero o dispositivo de E/S, y módulos. Tienen registros de memoria que reflejan los canales de E/S individuales en los módulos. Sin embargo, las siguientes diferencias resultan muy significativas.

5 características principales en los PAC:

- Funcionalidad de dominio múltiple, al menos dos de lógica, movimiento, control PID, y proceso en una sola plataforma

- Plataforma de desarrollo sencillo de disciplina múltiple incorporando etiquetas comunes y una base de datos sencilla para tener acceso a todos los parámetros y funciones
- Herramientas de software que permiten diseñar flujo del proceso a través de varias máquinas o unidades de proceso, junto con el IEC 61131-3, guía del usuario y administración de datos
- Arquitecturas modulares, abiertas que reflejan las aplicaciones industriales a partir de un despliegue de maquinaria en fábricas en plantas de proceso
- Uso de estándares de la industria para interfaces en red, lenguajes, etc., como búsquedas TCP/IP, OPC y XML, y SQL

En la tabla 5 se puede observar una clara comparación entre los PLC's y PAC's

Características	PLC	PAC
Soportar shocks eléctricos y vibración	Si	Si
Seguridad y estabilidad	Si	Si
Rangos de temperatura industriales	Si	Si
Trabajo en tiempo real	Si	Si
Entradas de fuente de poder redundantes	Si	Si
Procesador de punto flotante	No	Si
Memoria no volátil	No	Si
Conectividad a Ethernet vía WEB	No	Si
Capacidad de administración de recursos	No	Si
Capacidad ilimitada de lazos de control	No	Si

Tabla 5. Tabla comparativa entre PLC's y PAC's [Fuente: Beckhoff (2008)]

5.5.2 Ventajas de los PAC's en la adquisición de datos

Una ventaja de los PAC al compararse con los PLCs, son la habilidad para procesar y desempeñar medidas complejas. Con esta característica, puede combinar diferentes sistemas de adquisición de datos como frecuencias, formas de onda, voltajes, corrientes, control de movimiento e incluso, adquisición de imágenes. Esto crea un nivel sin precedentes de manipulación y estandarización en términos del tipo de señales que pueden manipularse y procesarse. Los PACs ofrecen cientos de funciones para procesar, analizar y extraer información de estas señales.

5.5.3 Capacidad de procesamiento

Las plataforma PACs ofrece procesadores de ultima generación como podemos ver en la figura 25, intel Core 2 Dou o incluso Core Quad de punto flotante, y proporciona la habilidad para ejecutar cientos de iteraciones y cálculos PID simultáneamente, además de otros controles robustos como redes neuronales o lógica difusa.



Figura 25. Procesador Intel core 2 extreme [Fuente: Beckhoff (2008)]

5.5.4 Ventajas de integración con sistemas administrativos

Usted puede conectarse a aplicaciones empresariales y almacenar datos en bases de datos o redes corporativas ODBC/SQL activadas. Además, puede utilizar OPC para integrarse y comunicarse con sistemas de software y hardware de terceros. Los PAC's automáticamente publican sus datos de E/S a un servidor OPC localizado en la computadora tipo servidor usada para configurar el banco de E/S.

La mayoría de los paquetes de software SCADA para Windows soportan OPC, y la mayoría de los proveedores de hardware de E/S industrial proporcionan servidores de OPC para su hardware.

Esto hace más sencilla la integración de los PACs con una gran variedad de hardware de E/S industrial como lo son los controladores lógicos programables (PLCs) y otros dispositivos industriales. Usted puede utilizar un paquete SCADA de terceros o el Módulo de Registro de Datos y Control. Los módulos de administración de los PACs proporciona herramientas incluidas para administración de datos, lectura de datos automatizados, acceso a alarmas y eventos, tendencias históricas y en tiempo real, redes y seguridad. Estas herramientas le permiten desarrollar rápidamente aplicaciones de monitoreo distribuidos.

De esta manera, procesos creados con los sistemas PACs son de fácil monitoreo y fácil modificación por usuarios autorizados ya sea directamente de la unidad de control, o a través de un computadora en red ejecutando un software que soporta los protocolos y tecnologías de comunicación estándares para la industria.

A nivel de administración de nodos y centralización de plantas se generan algoritmos complejos que requieren ejecutarse en conjunto con el resto de la planta. Para estas aplicaciones, los PACs están mejor equipados debido a su configuración y manipulación flexible, así como el amplio rango de medidas que pueden desempeñar.

5.6 COMPARACION PLC's Y PC's

Una de las decisiones mas cruciales en la fase inicial de diseño de una maquina es la selección del sistema de control. Dado que los controladores lógicos programables (PLC) se introdujeron por primera vez en la década de 1970, y han dominado el proceso y los mercados de automatización.

Durante años, el PLC ha liderado el camino para los avances en el control de máquinas de automatización. De los controles pequeños que se utilizan en la industria del automóvil pasar a la gran escala de controladores que ejecutan fábricas enteras, el PLC fue el controlador principal en la elección.

Sin embargo a partir de la década de 1990, el PC ha venido trabajando con éxito en su camino en los mercados como la velocidad del procesador y el aumento del área de distribución, esto a disminuido el costo de estos componentes.

El número de aplicaciones que utilizan un PC va en aumento, provocando un desarrollo acelerado y así poco a poco eliminando la línea entre las dos tecnologías. Hace diez años, para decidir qué tipo de controlador se utilizaría podría haber sido una opción clara, hoy en día ya no lo es.

El PLC se ha desarrollado como una alternativa mas ágil, flexible y confiable para cambiar las cajas y los paneles de relés. Se dedicó solamente a tareas específicas en la fábrica, su lenguaje y estructura se modelaron alrededor de los interruptores y circuitos relés que se remplazaban. Además, tenía que mantener su solidez y rendimiento constante en los entornos más exigentes que contenían niveles relativamente altos de interferencia electromagnética (EMI), la contaminación y las vibraciones. Al pasar el tiempo, el PLC a evolucionado para incluir las avanzadas capacidades de control de movimiento, proporcional-integral-derivativo del proceso de control PID, y la seguridad integrada, al mismo tiempo la adopción de algunas de las características de PC, como por ejemplo un servidor web y utilidades de red.

El PC, por otro lado, sirve a un nivel superior en el ámbito de la maquinaria. Se utiliza sobre todo para cálculos complejos, supervisión, medición y redes de fábrica, así como una interfaz de usuario en el PLC

El PC con el tiempo evolucionó para incluir la funcionalidad del PLC, al mismo tiempo contiene sus capacidades básicas. Además, el PC se ha convertido en un controlador más robusto, lo que le permite operar en los ambientes hostiles, donde los PLC sólo podían operar.

Una mayor convergencia de las tecnologías es evidente en un análisis de sus arquitecturas de control. Con la adición de una tarjeta PCI, controladores de hardware y software, un ordenador puede servir como un autómeta.

Además, la adición de un núcleo de tiempo real puede habilitar el PC para procesar algoritmos multitarea y un control más críticos. Por otro lado, hay PLCs con un ordenador incorporado que sólo requieren un teclado y el ratón. En la tabla 6 se puede ver una clara comparación entre PLC's y PC's.

Características	PLC	PC
Soportar shocks eléctricos y vibración	Si	No
Seguridad y estabilidad	Si	No
Rangos de temperatura industriales	Si	No
Trabajo en tiempo real	Si	No
Entradas de fuente de poder redundantes	Si	No
Procesador de punto flotante	No	Si
Memoria no volátil	No	Si
Conectividad a Ethernet vía WEB	No	Si
Capacidad de administración de recursos	No	Si
Capacidad ilimitada de lazos de control	No	Si

Tabla 6. Tabla comparativa entre PLC's y PC's [Fuente: Beckhoff (2008)]

5.6.1 Operación

Cuando se analiza el funcionamiento del sistema, se centra en cómo el sistema va a funcionar y cómo las instrucciones y las tareas se procesan. El PLC estándar incorpora un sistema operativo en tiempo real (RTOS) con un procesador dedicado que garantiza un alto grado de fiabilidad del sistema de control.

Además, dado que el PLC solo se ocupa de la automatización y/o proceso, no es necesario para ejecutar otras funciones, como programas de antivirus o actualizaciones del sistema.

Un PC con un kernel en tiempo real o sistema operativo (SO) en tiempo real se puede lograr el mismo grado de fiabilidad del control como un PLC. De experiencias anteriores con la PC en el hogar y en la oficina, los usuarios pueden desconfiar de los calabozos de la PC (las denominadas "pantallas azules").

Sin embargo, estos calabozos podrían ocurrir en cualquier sistema operativo, incluyendo un PLC, si el software del sistema operativo no está manejando correctamente las prioridades. Para uso industrial, el software que se ejecuta en el PC está dedicado a la automatización y por lo tanto, tendrá una mínima

posibilidad de los calabozos. Incluso si un bloqueo se produce, el núcleo en tiempo real no se ve afectado y continúa la operación.

Funcionamiento en tiempo real es un concepto relativo que significa cualquier tarea se garantiza que se maneja dentro de un tiempo determinado. Sincronizar movimiento y/o control PID avanzado requiere un alto nivel de determinismo en tiempo real.

5.6.2 Robustez

La robustez del controlador se refiere a su durabilidad en entornos diversos. El estándar del PLC fuera de la plataforma no tiene partes móviles, por lo que puede soportar condiciones adversas para millones de ciclos. Un PC estándar contiene partes móviles, tales como ventiladores o unidades de disco duro, y es menos adecuado para entornos con niveles altos de vibración.

Sin embargo, los PCs industriales (IPC) ofrecen opciones tales como unidades de estado sólido y la refrigeración sin ventiladores. Estas opciones hacen un PC tan duradero como un autómata, capaz de soportar las más duras condiciones industriales o ambientales. PLC y PC han convergido en esta área, pero el PC requiere opciones adicionales para igualar un estándar PLC.

5.6.3 Utilidad

Otro factor a considerar es la facilidad y el costo de mantenimiento, que puede ser medido por los costos de reparación y sustitución durante la vida del controlador. Para un PLC, los dispositivos externos se pueden sustituir con facilidad mientras el sistema está en funcionamiento. Por otra parte, el diseño compacto hace fácil los cambios en el hardware. Esto ahorra costos, ya que reduce el tiempo de inactividad de la máquina. También es posible realizar un intercambio en caliente con un PC, pero sólo para USB u otros dispositivos periféricos externos. Si el PC tiene un diseño más modular, tal como un estante o sistema de montaje en panel, el tiempo de reposición es más cercano al de un PLC.

Es útil ser capaz de cambiar fácilmente un sistema o sus componentes y tener un fondo de recursos o repuestos con disponibilidad a largo plazo. En algunas industrias, "copia exacta" las políticas requieren la disponibilidad a largo plazo. Es más fácil poner en práctica la copia exacta de un PLC ya que el hardware y el firmware no cambian tan rápidamente como para un PC.

5.6.4 Integración de hardware

Todo ingeniero aprecia la gran variedad de opciones en la selección del sistema de control del hardware, ya que siempre hay una necesidad de elementos adicionales tales como periféricos, memoria y una interfaz de usuario. Tanto el PLC y PC tienen la capacidad de controlar una multitud de dispositivos que utilizan las redes de comunicación industrial. Algunas de las redes más conocidas son SERCOS, Profibus, DeviceNet y CAN-Bus, así como sus contrapartes basadas en Ethernet, tales como SERCOS III, PROFINET, EtherNet / IP y EtherCAT

Aunque el PLC y el PC puede ofrecer una gran variedad de opciones de bus de campo, el PLC tiene muchas de estas opciones incorporadas, mientras que los PC y los IPCs algunos necesitan tarjetas adicionales y controladores para proporcionar una oferta similar. Sin embargo, además de las redes de bus de campo típicas, el PC está equipado con una gama más abierta y flexible de las interfaces, tales como USB, FireWire, serial, Ethernet inalámbrica, etc

Esto le da al usuario acceso a mas dispositivos de la plataforma para manejar tareas que un PLC por lo general no podría manejar, como un avanzado sistema de alta resolución de imagen, donde las imágenes se pueden almacenar, analizar, comparar y posiblemente archivar. Un PC se adapta bien para estas tareas avanzadas, debido a la cantidad de memoria requerida, un PLC tendría tanto almacenamiento limitado como capacidad de procesamiento.

Para algunas aplicaciones, la interfaz del usuario es un componente esencial en la máquina. El PC tiene una interfaz de usuario integrada, mientras que el PLC necesita una o todas de las siguientes opciones para el funcionamiento primario: interruptores, panel del operador, o un PC industrial.

Así, mientras que el PLC puede interactuar con los dispositivos a través de bus de campo y realizar operaciones complejas, todavía necesita un PC para manejar las

exigentes tareas de memoria y hacer conexiones a otros dispositivos en el sistema.

5.6.5 Seguridad

De Seguridad se ocupa principalmente la protección del sistema de archivos y aplicaciones. Esto tiene dos aspectos: el acceso no autorizado, la prevención del mundo exterior (por ejemplo, ataques de virus, malware, etc) y limitar el acceso del usuario (como la restricción de los derechos de usuario, archivos ocultos, etc.)

Tradicionalmente, un PLC está menos expuesto a acceso no autorizado desde el mundo exterior. Debido a su sistema operativo específico, hay muy pocos casos conocidos de los ataques de virus en los PLC. Sin embargo, esto no significa que los PLCs son inmunes a los virus.

Desde los autómatas han disfrutado de un estatus libre de virus durante años, no hay manera estándar de detectar y eliminar un virus si llegara a ocurrir. Aunque el PC es mucho más susceptible a ataques de virus que un PLC, estrictas medidas de seguridad pueden ser invocadas para reducir significativamente las amenazas potenciales, y el software estándar para detectar y eliminar virus. PLC y PC ofrecen diferentes niveles de acceso de los usuarios para mantener el contenido como seguro o abierto.

5.6.6 Programación

La funcionalidad del dispositivo es tan bueno como el programa que se ejecute en él. Por lo tanto, el entorno de programación y el lenguaje son cruciales para el rendimiento óptimo de la máquina. Una diferencia principal entre las soluciones basadas en PLC y el PC es cómo se ejecuta el código.

Un PLC mezcla la exploración base y la ejecución del programa por eventos, mientras que el software de PC solo suele ser controlada por eventos. La ejecución basada en el barrido del programa de control puede tomar más tiempo debido a que el sistema necesita completar las acciones de mayor prioridad en el primer ciclo.

Lo mismo vale para el lenguaje de programación: PLCs se programan utilizando idiomas especificados en la norma IEC 61131-3 idiomas proveedores (lógica de escalera, lista de instrucciones, etc), o de propiedad. Controles basados en PC pueden usar lenguajes de programación como C / C + + /. NET.

6. CONCLUSIONES

- Utilizando una metodología basada en PC para el control de movimiento, se puede ganar flexibilidad en los procesos de automatización y ensayo. No sólo se puede ajustar el sistema para cumplir con necesidades específicas de movimiento sino que se lo puede reformular para futuras aplicaciones sin tener que reinvertir en un nuevo sistema.
- En estos días se cuenta con múltiples opciones para el desarrollo de un sistema en el control de movimiento ya sea para un determinado proceso o planta que puede ser desde el uso de simples arrancadores de motores de inducción con variadores o drives de potencia, hasta sistemas completos con muchas características o funciones definidas como es la integración de PLC's, PC's, PAC's y servo controladores comunicados con redes como Ethernet o CAN, el punto es que todo depende de los requerimientos del problema de control y del capital que se tenga para invertir.
- Los PLC's son adecuados para realizar una automatización completa a nivel de la fábrica, celda o proceso. Sin embargo, a nivel de un sensor o actuador y aún a nivel de procesos, a menudo hay mediciones y algoritmos complejos que necesitan ejecutarse junto con el resto de la planta. Los PACs están mejor equipados para estas aplicaciones debido a su configuración flexible y la posibilidad de personalización, así como también por el amplio rango de mediciones que pueden realizar, incluyendo el control de movimientos.
- Aunque los sistemas PLC's en comparación con los PC's son de alguna manera más complejos y costosos los PLC's se utilizan y se seguirán usando debido a su confiabilidad y capacidad de trabajar en ambientes agresivos donde se es expuesto a diferentes tipos de perturbaciones.

BIBLIOGRAFIA

ADVANCED MOTION CONTROLS (2011): "Historia del control de movimiento" [en línea] Disponible en internet <<http://www.a-m-c.com/university/history.html>>

NATIONAL INSTRUMENTS (2012): "Fundamentos de control de movimiento"[en línea]. Disponible en internet <<http://www.ni.com/white-paper/3367/es#toc3>>.

NATIONAL INSTRUMENTS (2005): "Fundamentos de control de movimiento" [versión PDF en línea]. Disponible en internet: <<http://www.tracnova.com/tracnova-pub/Fundamentos%20de%20Control%20de%20Movimientos.pdf>> .p.1-9.

POLKA.D (2003): "Motors and Drives A Practical Technology Guide" 1st Ed. ISA, 2003. 385p.

NATIONAL INSTRUMENTS (2005): "Control de movimiento basado en PC"[versión PDF en línea]. Disponible en internet <http://infoplcn.net/files/documentacion/motion_control/infoPLC_net_Tracnova_Control_Movimiento_basado_en_PC.pdf>.p. 1-4

ROCATEK (2010): "Que es un PLC" [versión PDF en línea]. Disponible en internet <http://www.rocatek.com/forum_plc1.php> .p. 1-2

ETITUDELA (2011) "Servoaccionamientos" [versión PDF en línea]. Disponible en internet <<http://www.etitudela.com/celula/downloads/servoaccionamientos.pdf>>

SIEMENS (2005): "CPUs S7-300 para funciones tecnológicas" [versión PDF en línea]. Disponible en internet <<http://www.proatec.com.mx/s7317t.pdf>> .p. 1-4

SIEMENS (2003): "CPU 317T-2 DP para aplicaciones" [versión en PDF en línea]. Disponible en internet <<http://www.proatec.com.mx/s7317t.pdf>> .p.2-4

NATIONAL INSTRUMENTS (2012): "PACs para Control Industrial, el Futuro del Control"[versión PDF en línea]. Disponible en internet <ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut_5948.pdf>.p. 1-5

CONTROL ENGINEERING (2005): "Inside Machines PC Versus PLC: Comparing Control Options" [en línea] Disponible en internet <<http://www.controleng.com/single-article/inside-machines-pc-versus-plc-comparing-control-options/9bf8690c6f23b11370bec90b52cb15c9.html>>

BECKHOFF (2008): “La nueva tecnología en automatización” [en línea] Disponible en internet

<<https://logicelectronic.com/BECKHOFF/Que%20es%20un%20PAC.htm>>

NATIONAL INSTRUMENTS (2012): “Software de Movimiento Interactivo y Configurable” [Versión PDF en línea] Disponible en internet

<<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/11091>>

NATIONAL INSTRUMENTS (2012): “Controladores de movimiento” [en línea]

Disponible en internet < <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/3809> >

NATIONAL INSTRUMENTS (2012): “Drive de potencia de pasos y servo” [Versión en línea] Disponible en internet

<<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/3810>>

DREAMSTIME (2010): “Motor eléctrico con los engranajes” [Versión en línea]

Disponible en internet < <http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-libre-de-regal%C3%ADas-motor-el%C3%A9ctrico-con-los-engranajes-image15781265>>

DIRECT INDUSTRY (2012): “Codificador rotativo absoluto con interfaz Ethernet”

[Versión en línea] Disponible en internet < <http://www.directindustry.es/prod/fraba-posital/codificadores-rotativos-absolutos-con-interfaz-ethernet-15172-795005.html>>

KUKA SYSTEM SOFTWARE (2010): “Programación de movimiento” [Versión PDF en línea] Disponible en internet

<<http://es.scribd.com/doc/88469829/48/Movimientos-punto-a-punto-PTP> > .p. 69

KUKA SYSTEM SOFTWARE (2010): “Programación de movimiento” [Versión PDF en línea] Disponible en internet

<<http://es.scribd.com/doc/88469829/48/Movimientos-punto-a-punto-PTP> > .p. 59

ZULUAGAJUAN (2010): “Motor de arranque” [Versión en línea] Disponible en

internet < <http://zuluagajuan.blogspot.com/>>

MICROCON (2011): “Servo DC típico” [Versión en línea] Disponible en internet <

<http://www.microcontechologies.com/MDM-5000%20High%20Energy%20Brushless%20Servo%20Motor.htm>>

ESO (2012):"Motor paso a paso" [en línea] Disponible en internet <<http://www.eso.org/public/outreach/eduoff/cas/cas2004/casreports-2004/rep-035/image05.jpg>>

CIFP-MANTENIMIENTO (2011):"Rotor de un motor de inducción" [en línea] Disponible en internet <http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=9&id_sec=3>

IKKARO (2010):"Despiece de un rotor de rotor sin anillos" [en línea] Disponible en internet <<http://www.ikkaro.com/book/export/html/85>>

SAPIENSMAN (2009):"Motor de induccion monofásico de dos polos" [en línea] Disponible en internet <http://www.sapiensman.com/electrotecnia/motor_electrico1.htm>

TRACNOVA (2011):"Control de movimiento" [en línea] Disponible en internet <<http://www.tracnova.com/control%20de%20movimiento.htm>>

NATIONAL INSTRUMENTS (2012):"Drive de pasos" [en línea] Disponible en internet <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/209239>>

NATIONAL INSTRUMENTS (2012):" Interfaz de Drive Servo" [en línea] Disponible en internet <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/206349>>

ROBOTICAMECATRONICA (2012):"Los robots en la industria" [en línea] Disponible en internet <<http://roboticamecatronicamgj.blogspot.com/>>

ROBOTESTUDIO (2012):"Soldadura de placa al vuelo" [en línea] Disponible en internet <<http://www.youtube.com/watch?v=71096OP7H1w> >

OMRON (2012): "Unidad de control de movimiento trajexia" [versión PDF en línea]. Disponible en internet <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdownloads.industrial.omron.eu%2F%2FIAB%2FProducts%2FMotion%2520and%2520Drives%2FMotion%2520Controllers%2FPLC%2520Based%2FTrajexia%2520PLC%2FI54E%2FI54E-ES-03%2BCJ1W-MCH_72%2BDatasheet.pdf&ei=jfyRUK-NM4Ts9ATNyoDoCw&usq=AFQjCNEeRSxU8JsaljVue8hWiatVBuMwJw> .p. 1

ETITUDELA (2009):"Servo accionamientos" [PDF en línea] Disponible en internet <<http://www.etitudela.com/celula/downloads/servoaccionamientos.pdf>>

Siemens (2012):"Monitor industrial" [figura jpg] Disponible en internet <<https://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/Pages/ProductData.aspx?nodeID=10073660&catalogRegion=WW&language=es&tree=CatalogTree®ionUrl=/#activetab=order&>>

ANEXO A

RESUMEN DE ESPECIFICACIONES	
General	
Producto	NI 9501
Familia de Productos	Control de Movimiento
Formato Físico	CompactRIO
Numero de parte	779767-01
Sistema Operativo/Objetivo	Real Time
Soporte para LabVIEW RT	Si
Conector de E/S	Terminales de tornillo
Hardware de Movimiento	Etapa de potencia
Numero de ejes	1
Tipo de Motor/Eje	pasos
DRIVE	
Habilidad de Control FPGA	Si
Micropasos	Si
Rango Máximo de Micropasos	256
Detección de Bloqueo sin Codificador	No
Conectividad Directa	Si
Filtrado Antiresonancia	No
Especificaciones Físicas	
Longitud	6,9 cm
Ancho	2,3 cm
Altura	8,1 cm
Temperatura de Operación	-40 °C
Temperatura de Operación	70 °C

ANEXO B

RESUMEN DE ESPECIFICACIONES	
General	
Producto	NI 9516
Familia de Productos	Control de Movimiento
Formato Físico	CompactRIO
Numero de parte	780112-01
Sistema Operativo/Objetivo	Real Time
Soporte para LabVIEW RT	Si
Conector de E/S	D-Sub 15 pines
Hardware de Movimiento	Interfaz de conectividad
Numero de ejes	1
Tipo de Motor/Eje	brushless servo, brushed servo
DRIVE	
Interpolación Lineal	Si
Interpolación Circular	Si
Interpolación Esférica	No
Interpolación Helicoidal	Si
Combinación	Si
Tipo de perfil	Curva S, Trapezoidal
Contornos	Si
Giro electrónico	Si
Levas	Si
Motion Profile Import from CAD .dfx file	No
Programación interna	No
Comunicación para motores Servo sin Escobillas	No
Captura de Posición	Único
Puntos de Paro	único, periódico
Control PID	Si
Tipo de Retroalimentación	doble decodificador
Especificaciones Físicas	
Longitud	71,25 mm
Ancho	22,86 mm
Altura	88,11 mm
Temperatura de Operación	-40 °C
Temperatura de Operación	70 °C

ANEXO C

A1 Alimentación	24 Vcc, positivo
A2 Alimentación	0 Vcc, negativo (masa)
A3 No usado	
A4 No usado	
A5 Salida	Salida de pulsos para giro a derecha
A6 Salida	Salida de pulsos para giro a derecha con 1,6 K Ω de resistencia
A7 Salida	Salida de pulsos para giro a izquierda
A8 Salida	Salida de pulsos para giro a izquierda con 1,6 K Ω de resistencia
A9 No usado	
A10 Salida	Error de contador de salida
A11 Salida	Error de contador de salida de 1,6 K Ω de resistencia
A12 Entrada	Entrada de posición completa
A13 No usado	
A14 Entrada	Común de alimentación de posición de origen
A15 Entrada	Positivo (24 Vcc) de alimentación de posición de origen
A16 Entrada	Positivo (5 Vcc) de alimentación de posición de origen
A17 No usada	
A18 No usada	
A19 Entrada	Interrupción de señal
A20 Entrada	Entrada de paro de emergencia
A21 Entrada	Entrada de proximidad al origen
A22 Entrada	Entrada de límite de giro a derechas alcanzado
A23 Entrada	Entrada de límite de giro a izquierdas alcanzado
A24 Entrada	Común de Entradas