

A photograph of a grey and black industrial robotic hand on the left, reaching towards a human hand on the right. The background is a light-colored, cracked stone or concrete surface. The text is overlaid on the image.

SESIÓN 6

**AUTOMATIZACIÓN EN LA
MANUFACTURA. PRINCIPIOS Y
ESTRATEGIAS**

1ER SEMESTRE 2011 – UPIITA- IPN

SCIENCEPHOTO LIBRARY

Contenido

Evolución de los sistemas de manufactura

Máquinas de control numérico

Robots

Otros sistemas de automatización

Historia de la automatización

Las primeras plantas de producción se arreglaban de acuerdo a los tipos de máquinas, es decir, a partir de funcionalidad y eran vistas como una extensión de alguna habilidad humana. Los maquinistas eran especializados a una tarea: ebanista, peletero, acerero, fundidor, etc. Los procesos se dividían de acuerdo a las habilidades necesarias para operarlos.

Las primeras fábricas eran localizadas a lo largo de los ríos, donde el agua era usada como fuente de energía para mover ruedas, que a su vez movían grandes ejes de transmisión de movimiento. Una banda desde el eje principal, transmitía el movimiento a cada máquina.

Primera Revolución industrial

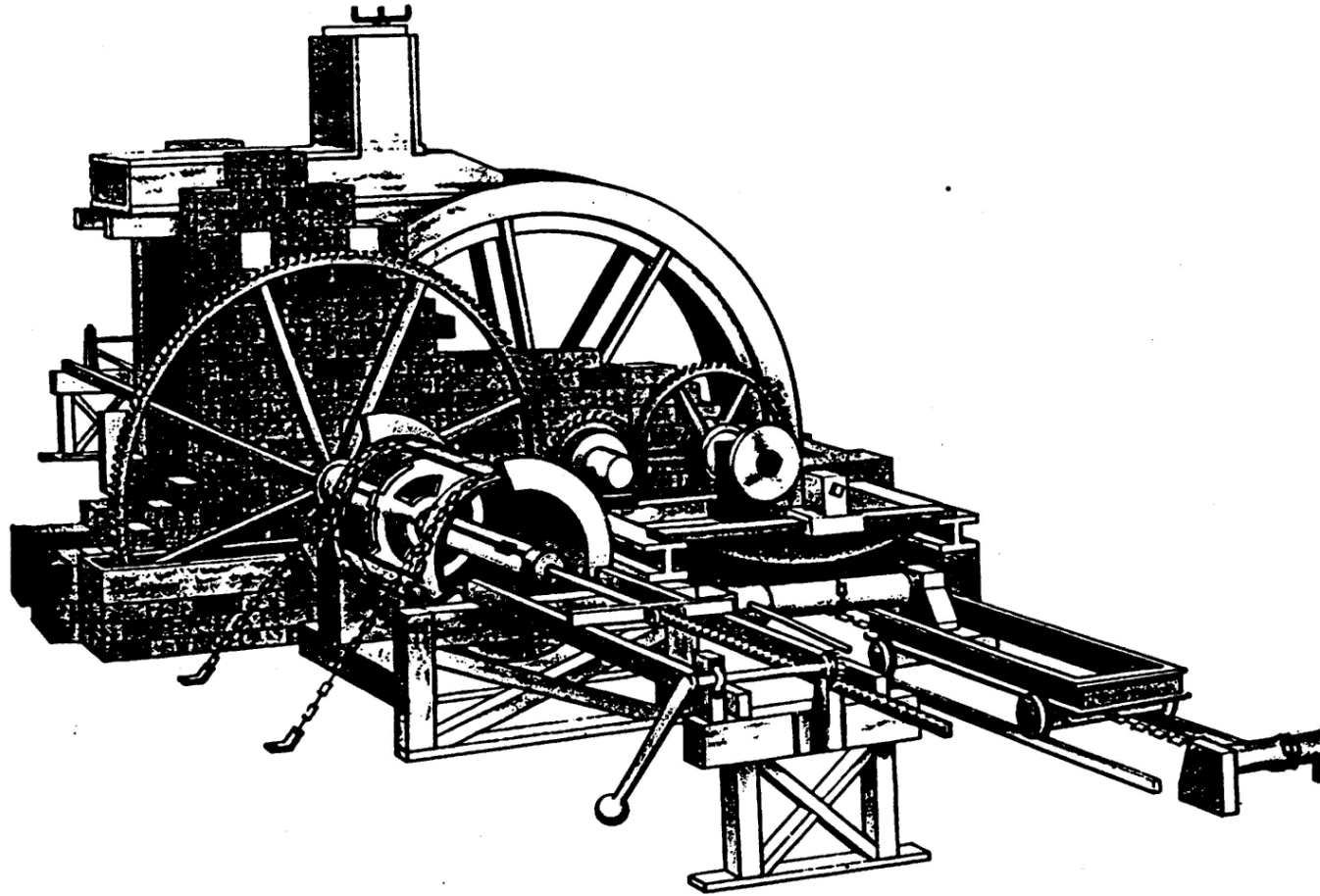
Después surgieron los motores a vapor y eléctricos que reemplazaron a otros tipos de potencia de máquinas, lo cual aumentó enormemente la flexibilidad de la manufactura.

Sin embargo, el arreglo funcional siguió siendo lo que se conoce como un taller de tareas.

El diseño de los primeros sistemas de manufactura estaban basados en funcionalidad.

Durante la primera revolución industrial, el entusiasta “Iron-man” John Wilkinson desarrollo en Inglaterra en 1775 una máquina para maquinar superficies internas cilíndricas usando potencia externa. La máquina usa una barra de perforación extendida a través de la pieza a maquinar y era soportada en el extremo externo con un balero. Máquinas moderna que realizan esta operación, aún usan el mismo diseño básico.





Esta máquina hizo posible el motor de vapor de Watt. Al final de la vida de Wilkinson, su complejo industrial era el mas grande del mundo.

La siguiente máquina herramienta fue hecha en 1794 por Henry Maudslay. Se trataba de un torno con un deslizador práctico para la herramienta de corte. Esta máquina fue la iniciadora de los tornos modernos. Mejoras al diseño fueron hechas por Richard Roberts en 1800 en Manchester.



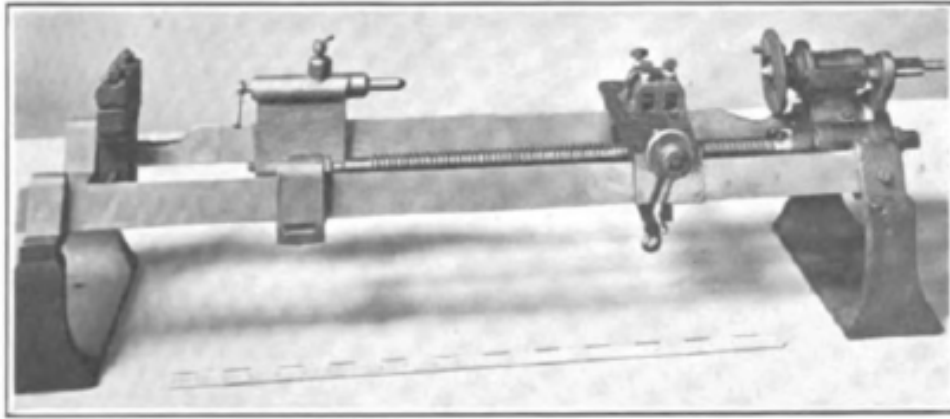


FIGURE 15. MAUDSLAY'S SCREW-CUTTING LATHE
ABOUT 1797

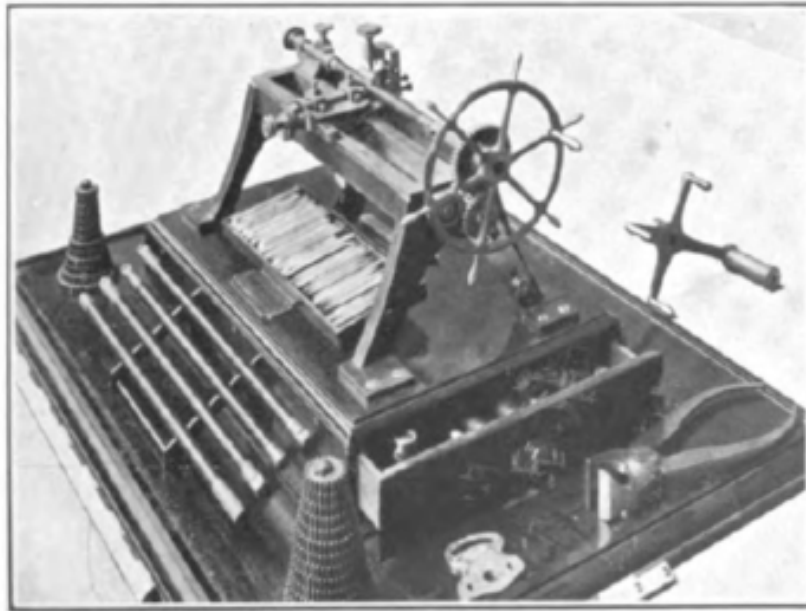
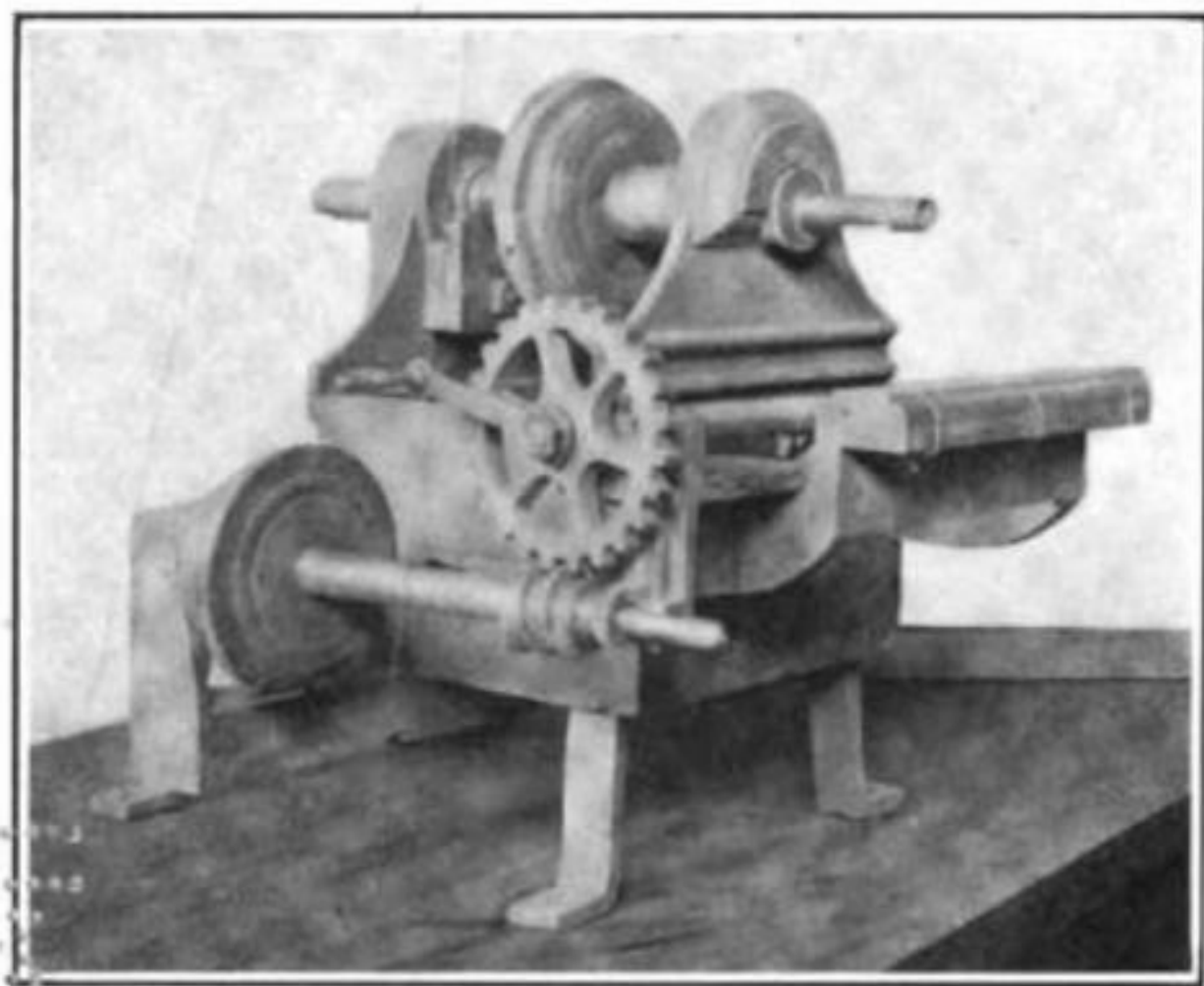


FIGURE 16. MAUDSLAY'S SCREW-CUTTING LATHE
ABOUT 1800

Las primeras cuerdas de tornillo fueron hechas en 1817 por Joseph Whitworth.

La primera fresadora horizontal fue desarrollada en 1818 por Eli Whitney en New Heaven, Connecticut. La máquina podría hacer tanto productos como piezas para poder reproducirse.





Después se desarrollaron productos con piezas intercambiables (el origen de esto fue la demanda para la producción de 10000 piezas de mosquetones para el ejercito norteamericano), y con esto se establece la necesidad de la manufactura de precisión y la medición de la misma.

El siguiente gran paso fue una prensa de perforación usando un alimentador automático desarrollado por James Nasmyth, estudiante de Maudsley, en 1840 en Manchester. Entonces máquinas pulidoras empezaron a surgir en 1880 y la era termina con el surgimiento de las sierras de banda para cortar metal.

Cuando la complejidad del producto aumentó y las fábricas se hicieron mas grandes, departamentos separados empezaron a evolucionar para el diseño del producto, contabilidad y ventas.

Después, en la era de la manufactura científica de Taylor y Gilberth crearon los departamentos de planeación de la producción, calendarización de trabajos y de métodos de mejora.

Automatización de la manufactura

En 1962, Amber & Amber publicaron su “Yardsitck for automation” los niveles de automatización en máquinas.

Se trata de una carta que ellos desarrollaron que ha venido actualizándose y que describe los niveles de automatización ligados al atributo humano que está siendo reemplazado por una máquina. Por lo tanto, el nivel A(0) de automatización, en donde ningún atributo humano ha sido automatizado, cubre desde la era de piedra hasta la era de hierro.

Dos de las máquinas herramienta mas antiguas son dos tornos muy burdos etruscos usados para hacer vasijas de madera alrededor del año 700 A.C.

Orden de automatización	Atributo humano remplazado	Ejemplos
A(0)	Ninguno: palanca, tornillo, polea, pinzas	Herramientas manuales máquinas manuales
A(1)	Energía: músculos remplazados con potencia	Máquinas y herramientas con potencia, fresadora de Whitney
A(2)	Destreza: Auto-alimentación	Ciclos simples automáticos
A(3)	Diligencia: Repite ciclos automáticamente, pero sin alimentación	Repetición de ciclos, control numérico en lazo abierto, tornillos automáticos, líneas de transferencia
A(4)	Juicio: Retroalimentación de la posición	Lazo cerrado, control numérico, automedición y ajuste,
A(5)	Evaluación: Control adaptivo, análisis deductivo, retroalimentación del proceso	Control por computadora, modelos de proceso requeridos para análisis y optimización
A(6)	Aprendizaje: Por experiencia	Autoprogramación limitada, algo de inteligencia artificial, sistemas expertos
A(7)	Razonamiento: Muestra intuición, se relaciona con las causas y efectos	Razonamiento inductivo, Inteligencia artificial avanzada en software de control.
A(8)	Creatividad: Realiza diseño sin asistencia	Originalidad
A(9)	Dominio: Supermáquina, comanda a otros	La máquina es el maestro (Hall en 2001, una odisea en el espacio, o Watson de IBM - 2011)

En resumen, hay ocho tipos de máquinas que surgen de la primera revolución industrial: Tornos, Fresadoras, prensas de perforación, puntear, maquinado de agujeros, moler, aplanadora (afiladora), pulidora, serradora. Este es el primer nivel de automatización A(1).

El nivel A(2) comenzó cuando se volvieron de un solo ciclo y auto alimentadas, demostrando destreza. La máquina se carga con una pieza y el ciclo inicia con la acción de un trabajador. Cuando completa su ciclo, la máquina se detiene automáticamente.

El nivel A(3) requiere que la máquina repita su ciclo automáticamente, estas máquinas son de lazo abierto, no usan de retroalimentación y son controlados internamente con una leva o externamente con un programa o computadora.

Los niveles A(3), A(4) y A(5) son superimpuestos a las máquinas de nivel A(2).

El nivel A(3) incluye robots, sistemas de control numérico (NC) sin retroalimentación y diversas máquinas de propósito general.

El nivel A(4) de automatización requiere que el juicio humano ser remplazado por una capacidad en la máquina para medir y comparar resultados con una posición o tamaño deseados y realizar ajustes para minimizar errores. A esto se llama Retroalimentación o control en lazo cerrado.

La primera máquina controlada numéricamente fue desarrollada en 1952 y tenía un control de posición. Para 1958, el primer centro de maquinado controlado por numéricamente estaba siendo promovido por Kearny and Trecker. Era un centro de maquinado con diferentes funciones: fresado, taladro, golpeo y maquinado de agujeros. Dentro de los primeros 10 años de desarrollo, el control numérico pasó a ser hecho por computadoras, pasado a ser CNC.

El nivel A(5) requiere que la máquinas realicen una evaluación del proceso en sí. Entonces, la máquina debe de conocer los múltiples factores en los cuales el rendimiento del sistema es evaluado de acuerdo a la actual serie de parámetros de entrada contra las salidas del proceso. Entonces determina como cambiar las entradas para optimizar el proceso. Esto se llama control adaptivo.


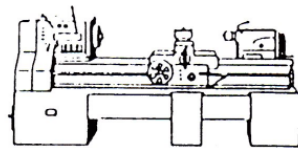
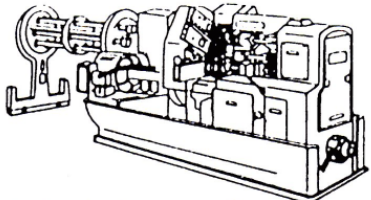
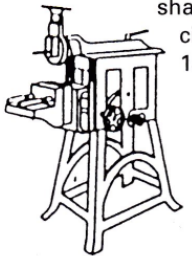
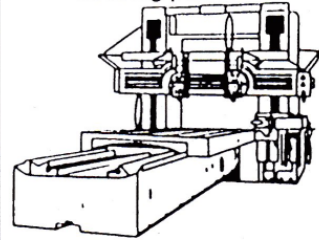
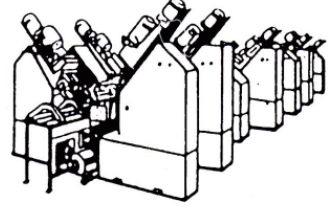
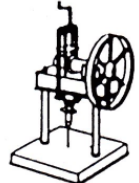
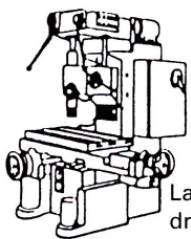
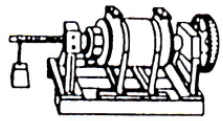
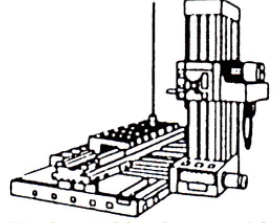
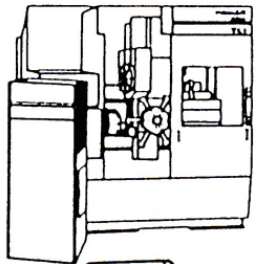
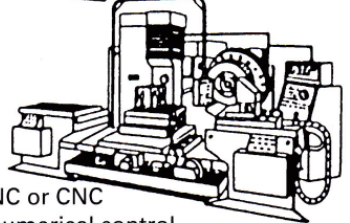
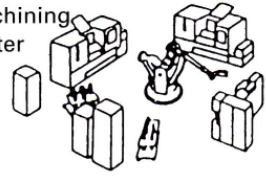
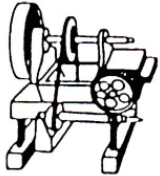
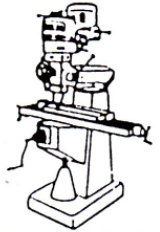
Existen algunos ejemplos de nivel de automatización A(5) de máquinas en pisos de fábricas y pocos en el nivel A(6), en donde incluye sistemas expertos en la toma de decisiones.

Niveles A(6) y A(7) son temas de investigación a nivel mundial, mientras que los niveles A(8) y A(9) aún están en el reino de la ciencia ficción.

Máquinas de control numérico

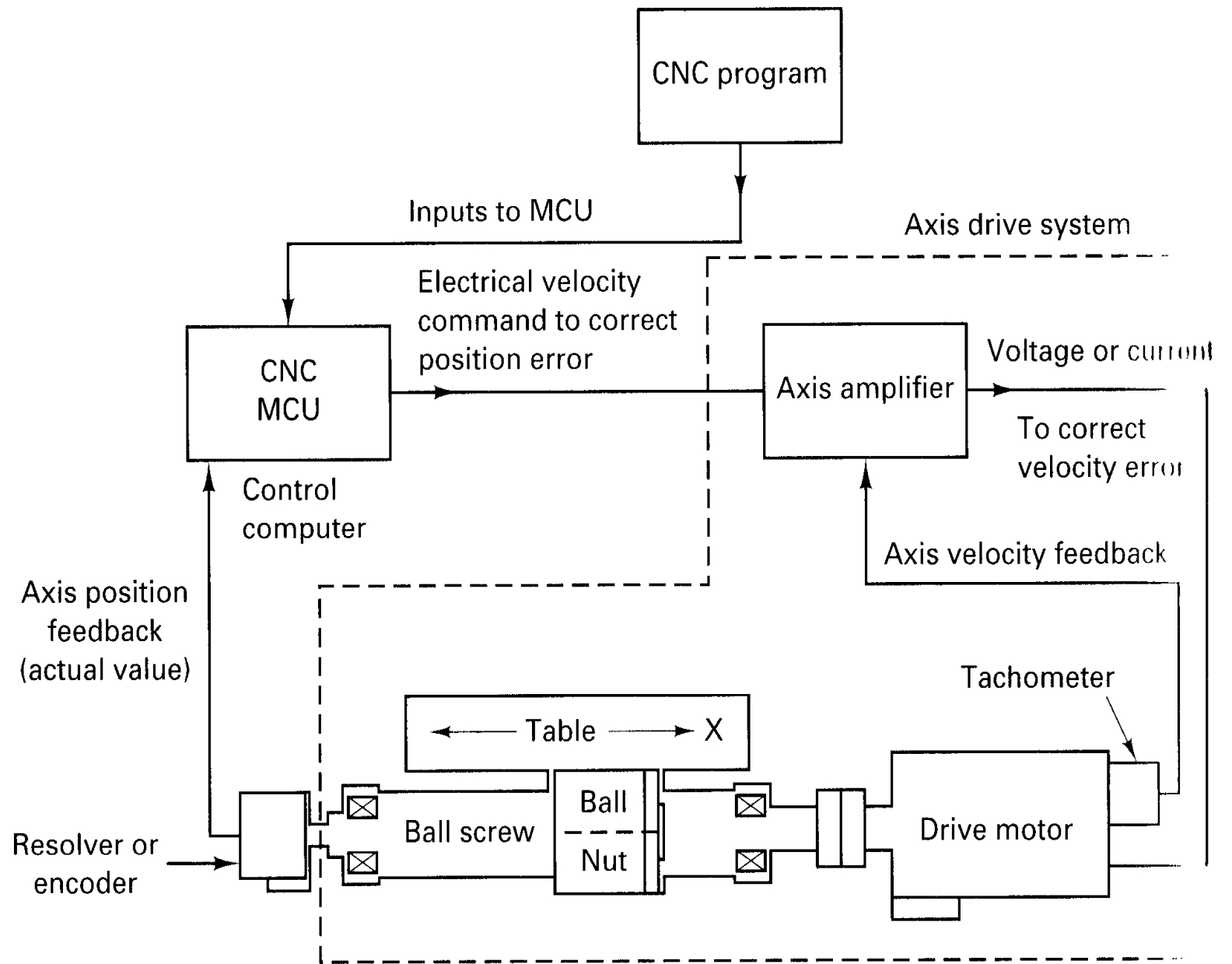
El control numérico surgió a principios de los 50s, se hizo realidad el hecho de controlar una máquina herramienta a partir de números y de manera digital. En 1968 surgieron los controles numéricos se implementaron en procesos de manufactura de manera simultánea, creándose lo que se conoce como un centro de maquinado.

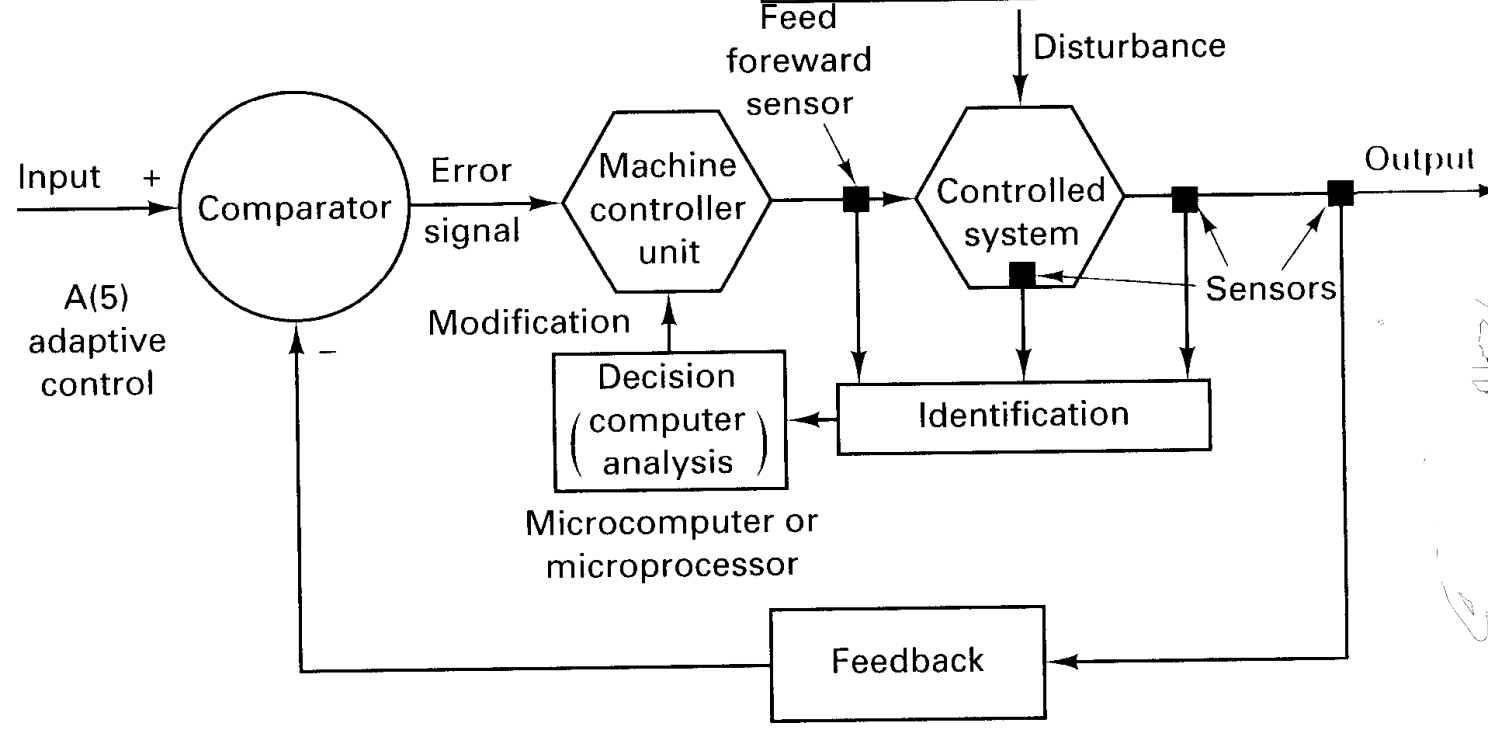
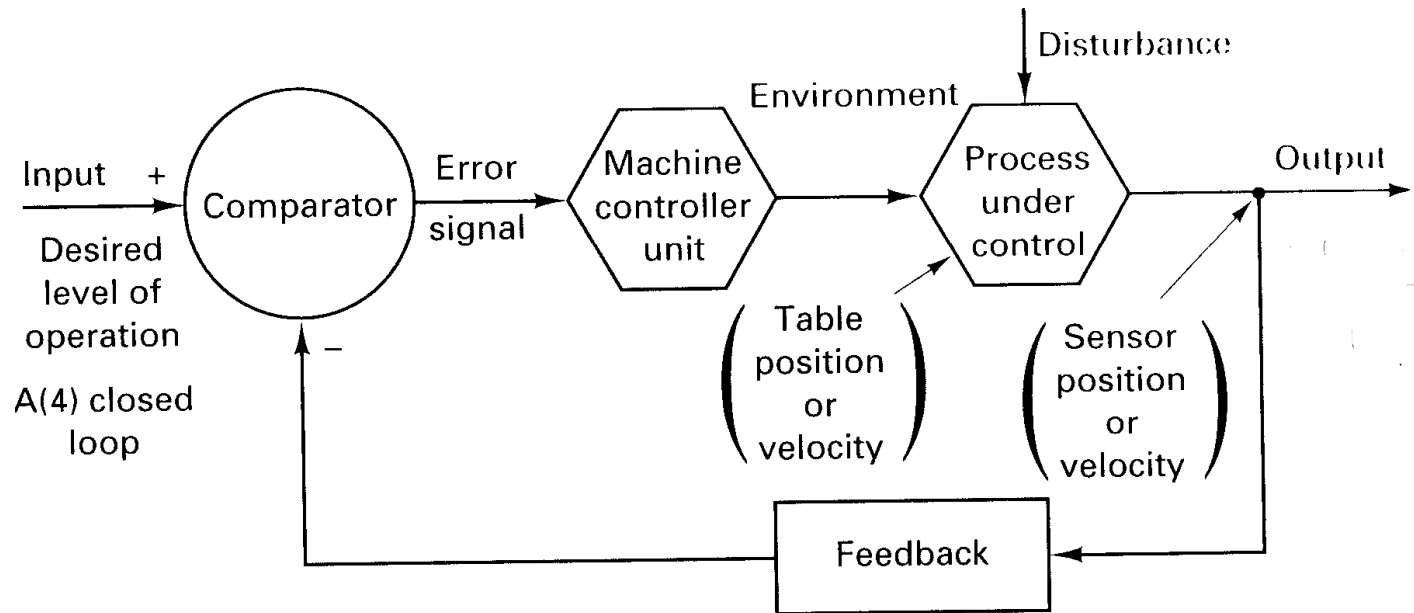
Control Numérico por Computador, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control) (también Control Numérico Continuo Continuous Numerical Control), a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

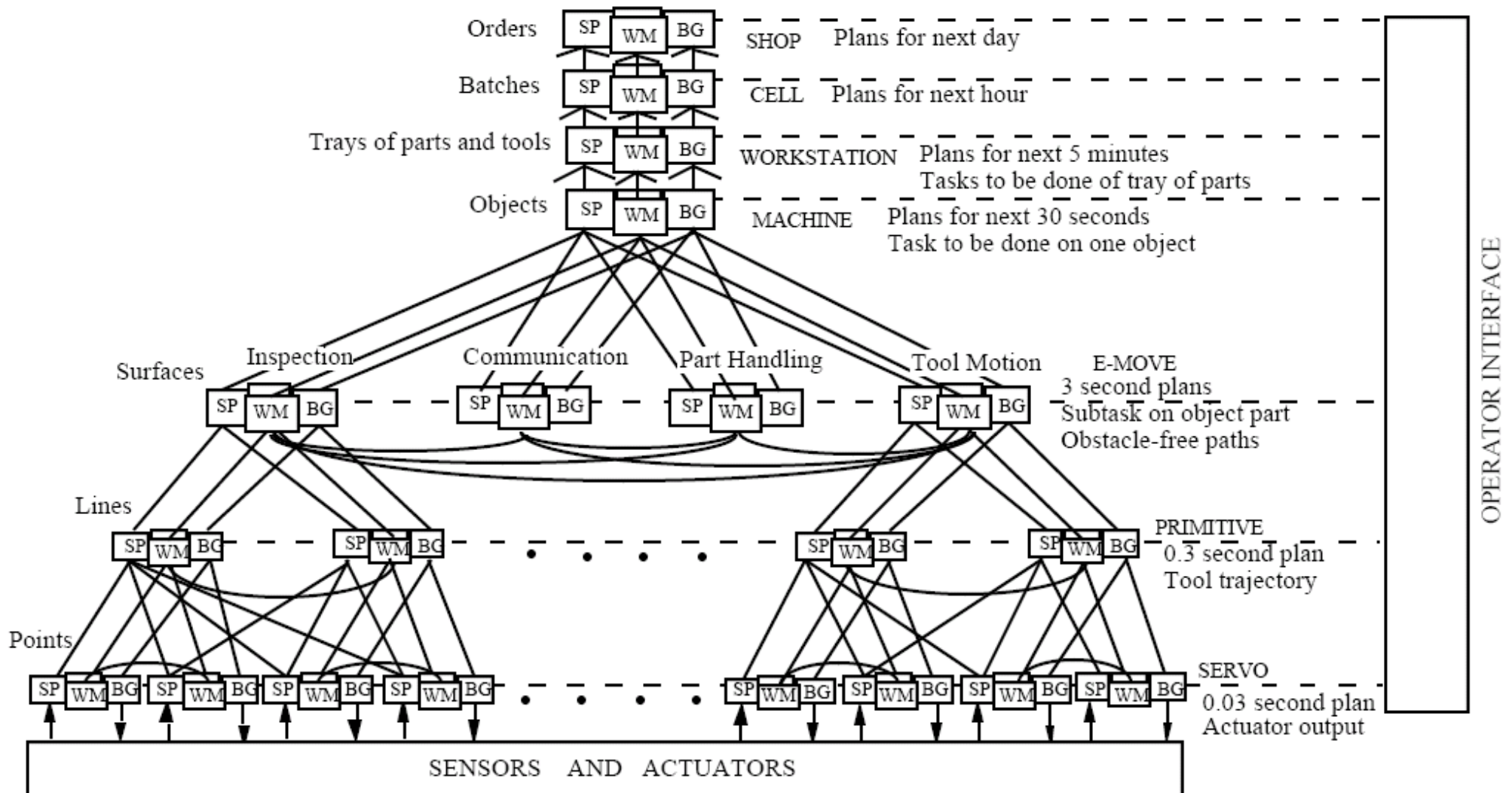
<p>A(1) Powered machine tools of the 1st industrial revolution</p>	<p>A(2) Single-cycle semi-automatic and self-feeding machines of mass production era</p>	<p>A(3) Automatic repeat cycle machine tools with open loop control</p>
 <p>Engine lathe built by Pratt & Whitney circa 1865</p>	 <p>Engine lathe</p>	 <p>Multi-spindle automatic screw machine</p>
<p>First powered shaper circa 1851</p> 	<p>Double cut double housing planer</p> 	<p>Repeat cycle machines</p>  <p>Transfer machine</p>
 <p>James Nasmyth's drill press (circa 1840) with automatic power feed</p>	 <p>Layout drilling machine</p>	<p>A(4) Automatic self-measuring and adjusting machine tools with feedback. Closed loop control</p>
 <p>John Wilkerson's boring mill (1775). Used to bore cylinders for James Watt's steam engine</p>	 <p>Horizontal boring machine</p>	 <p>NC turret lathe</p>  <p>NC or CNC numerical control machining center</p>  <p>Robot and NC machines in cellular manufacturing layout</p>
 <p>Eli Whitney's milling machine (1818). Used in production of muskets</p>	 <p>Bridgeport Series 1 milling machine</p>	

Esencialmente, un Control Numérico se trata de una computadora simple manejando una máquina convencional de maquinado. Esta integración ha resultado en un nivel 4 de automatización, es decir, la adición de un control en lazo cerrado de manera digital.

La diferencia entre un nivel de automatización nivel 4 y nivel 5 es el grado de inteligencia en la retroalimentación







Control en un CNC

Ventajas del control numérico

1. **Flexibilidad** – es fácil cambiar de una parte a otra o cambiar partes de diseño
2. **Capacidad de proceso superior.** Las máquinas se construyen con mayor exactitud y precisión, resultando en mayor calidad y mejor repetibilidad.
3. **Mayores ritmos de producción.** Alimentaciones y velocidades óptimas puede ser determinadas para cada operación, con menos tiempo dedicado en funciones que no sean de corte.
4. **Menores costos por herramental.** Dispositivos de sujeción o elementos especiales pueden no ser necesarios. Se pueden usar elementos de uso general.
5. **Menor tiempo crítico.** Los programas pueden prepararse en menor tiempo que con herramientas convencionales. También menor tiempo de instalación es requerido.
6. **Menos instalaciones de la pieza de trabajo.** Se pueden realizar mas operaciones a la vez sobre la pieza de trabajo.

7. Mejor utilización de la máquina. Se facilita la reducción de los tiempos muertos de la máquina, los movimientos automáticos pueden planearse para mejorar el proceso.

8. Reducción de inventario. El nivel general de inventario podría reducirse si las partes pueden manejarse en pequeñas cantidades.

9. Reducción en el espacio requerido. Menores tamaños de lotes podrían reducir el espacio requerido por la máquina, especialmente en celdas de manufactura.

10. Menor residuo. Los errores de operación pueden reducirse substancialmente.

11. Menor habilidad es requerida del operador. Los programas de control han facilitado mucho el uso de los NC.

12. Manufactura de geometrías únicas.

Consideraciones económicas del control numérico

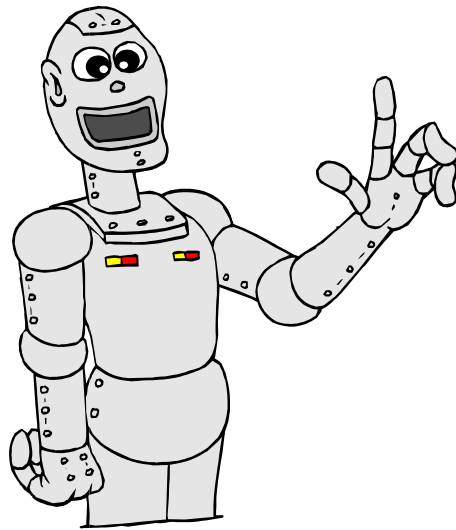
La mayor desventaja del control numérico es su alto costo inicial. Esto significa que deben de justificarse muy bien desde el punto de vista económico.

El retorno de la inversión de máquinas de Control Numérico puede provenir de diferentes fuentes que las máquinas convencionales.

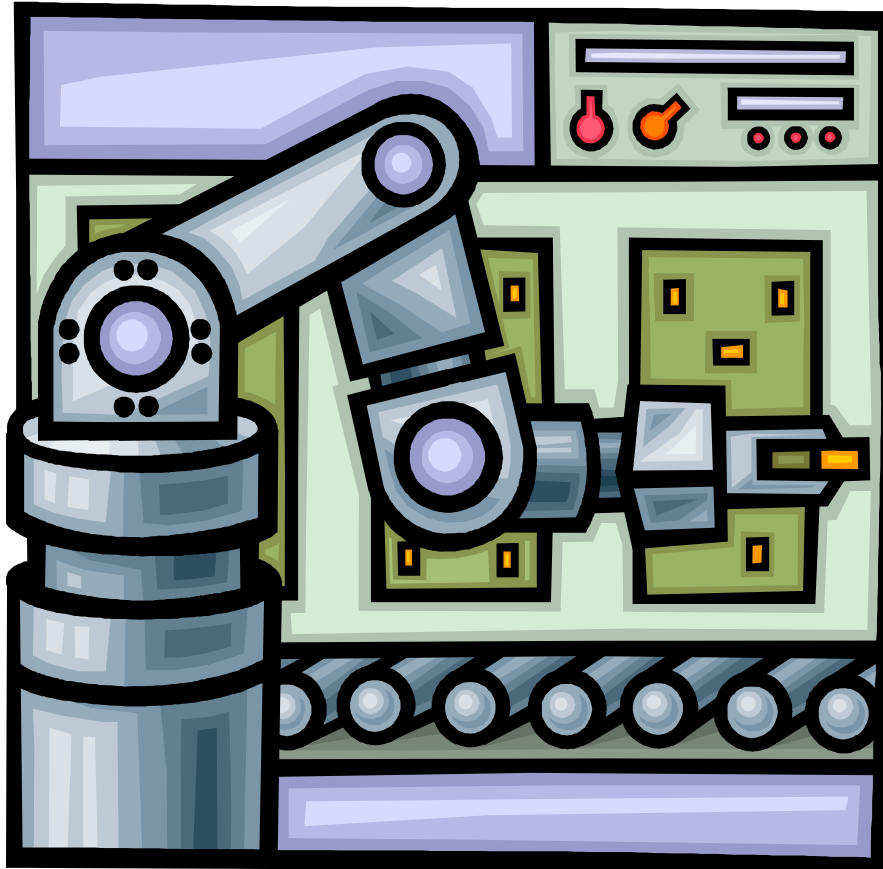
Al inicio, se debe de examinar el impacto en el diseño, ingeniería de manufactura, instalación, reducción de tamaño de lotes, y calidad para agrupar los beneficios económicos.

Como todo equipo industrial, las máquinas de control numérico requieren de mantenimiento.

ROBOTS INDUSTRIALES



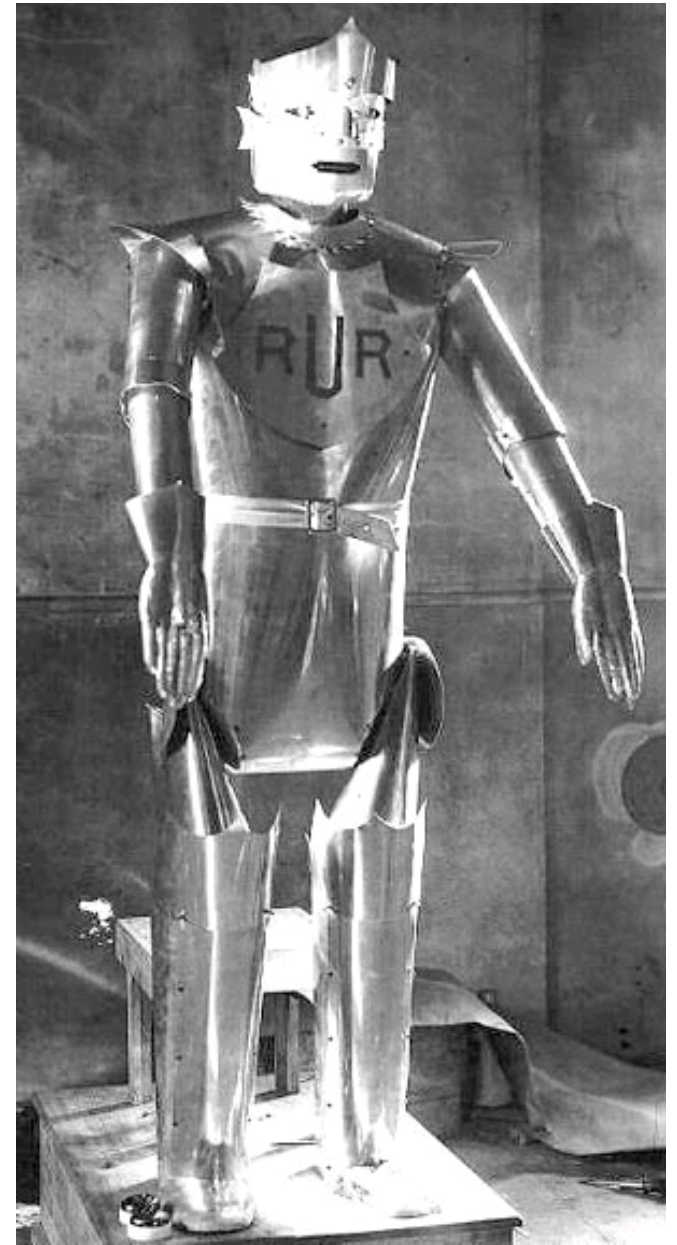
Los robots son los 'trabajadores de cuello de acero'.



La definición del Instituto norteamericano de robótica es:

“ Un robot es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para manejar materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos programables para la realización de una variedad de tareas”

La palabra robot fue acuñada por Karel Capek en su obra de teatro R.U.R (Rossum's Universal Robots). El término se deriva del checo que denomina 'trabajador'



Los primeros robots industriales fueron desarrollados por George Devol, que trabajó para Remington-Rand en los 50's. Sus patentes derivaron en el primer robot comercial de la compañía Unimate.

Una característica fundamental de los robots es su repetibilidad de operación de movimiento en el tiempo justo. Propiedad de suma importancia en las celdas de manufactura.

Los componentes básicos de un robot industrial son:

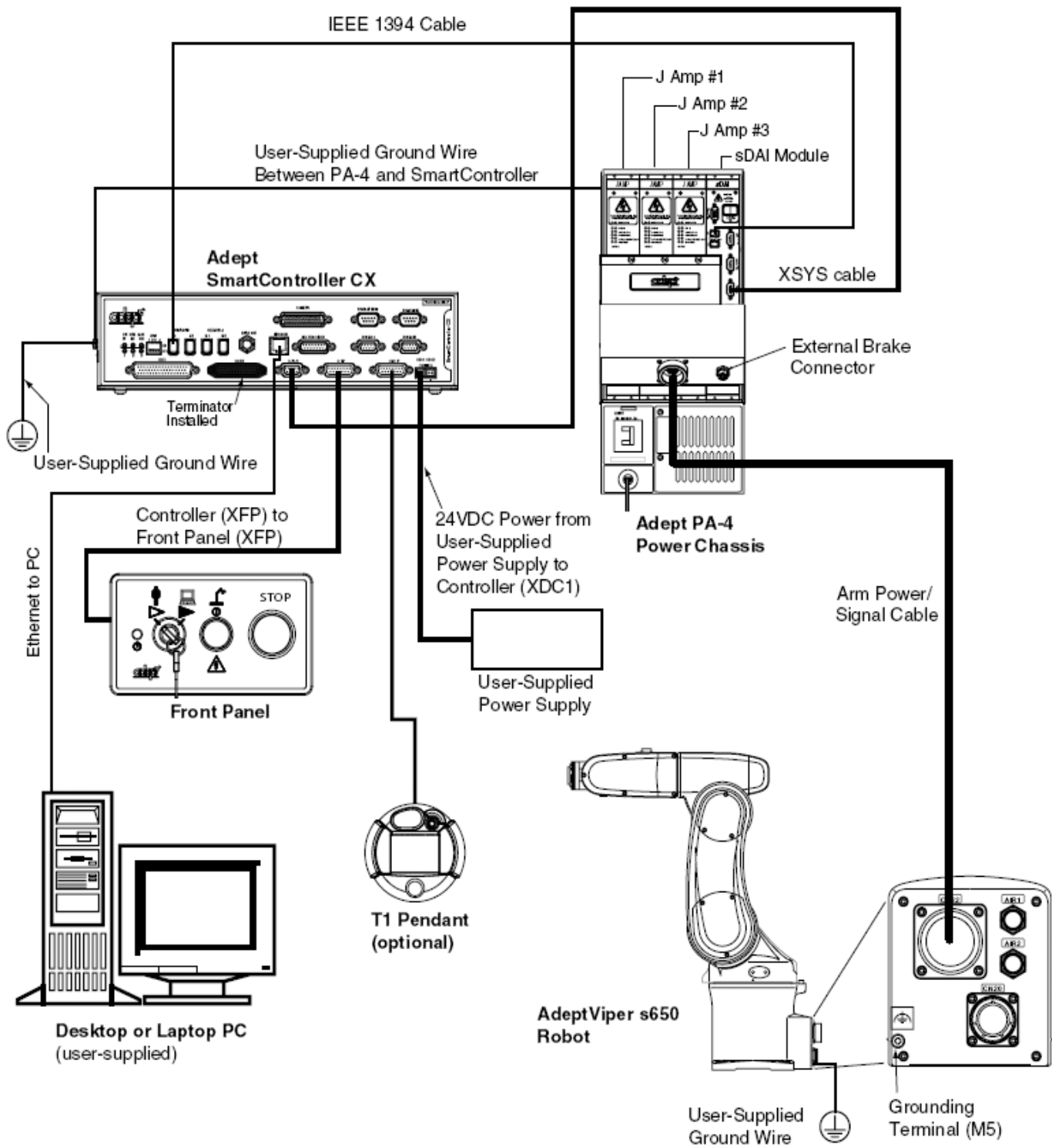
1. **El manipulador:** La unidad mecánica, a menudo llamada el “brazo”, que es el mecanismo del robot. Está compuesto de eslabones y uniones con actuadores para conducir el mecanismo directamente o indirectamente a través de engranes, cadenas o tornillos de bolas.

2. **Dispositivos de retroalimentación.** Traductores que registran la posición o la velocidad de varios eslabones y juntas y transmiten esta información al controlador en alguna forma digital o analógica.

3. **Efecto final.** La mano, gripper o herramienta colocada en la parte final del robot para realizar las operaciones para las cuales se programa el robot.

4. **El controlador.** Es el cerebro del robot que dirige los movimientos del manipulador. En robots de alto nivel, se pueden usar computadoras para tal acción. La función del controlador es iniciar y terminar el movimiento, almacenar datos de posición y secuencias de movimientos, y ser la interfase con el mundo exterior: otras máquinas u operadores humanos.

5. **Alimentación de potencia.** Puede ser eléctrica, neumática o hidráulica que es usada y generada por esta etapa, de forma que llegue en la forma que el manipulador la requiera.





Los robots de tipo A3 se denominan usualmente de tipo Pick-and-place, y son capaces solo de realizar movimientos simples repetitivos y muchos son neumáticos solo con sensores de paro de trayectorias.

Los robots A4 tienen muchos mas sensores que proveen de una retroalimentación de la posición para dirigir servomotores en la secuencia de movimientos deseada con alta precisión y repetibilidad.

Robots de nivel A5 incorporan capacidad sensorial visual y táctil, además de poderosas computadoras para realizar el cálculo requerido. Estos robots se usan particularmente en situaciones de ambiente variable.

Aplicaciones de los robots industriales

[Ver videos](#)

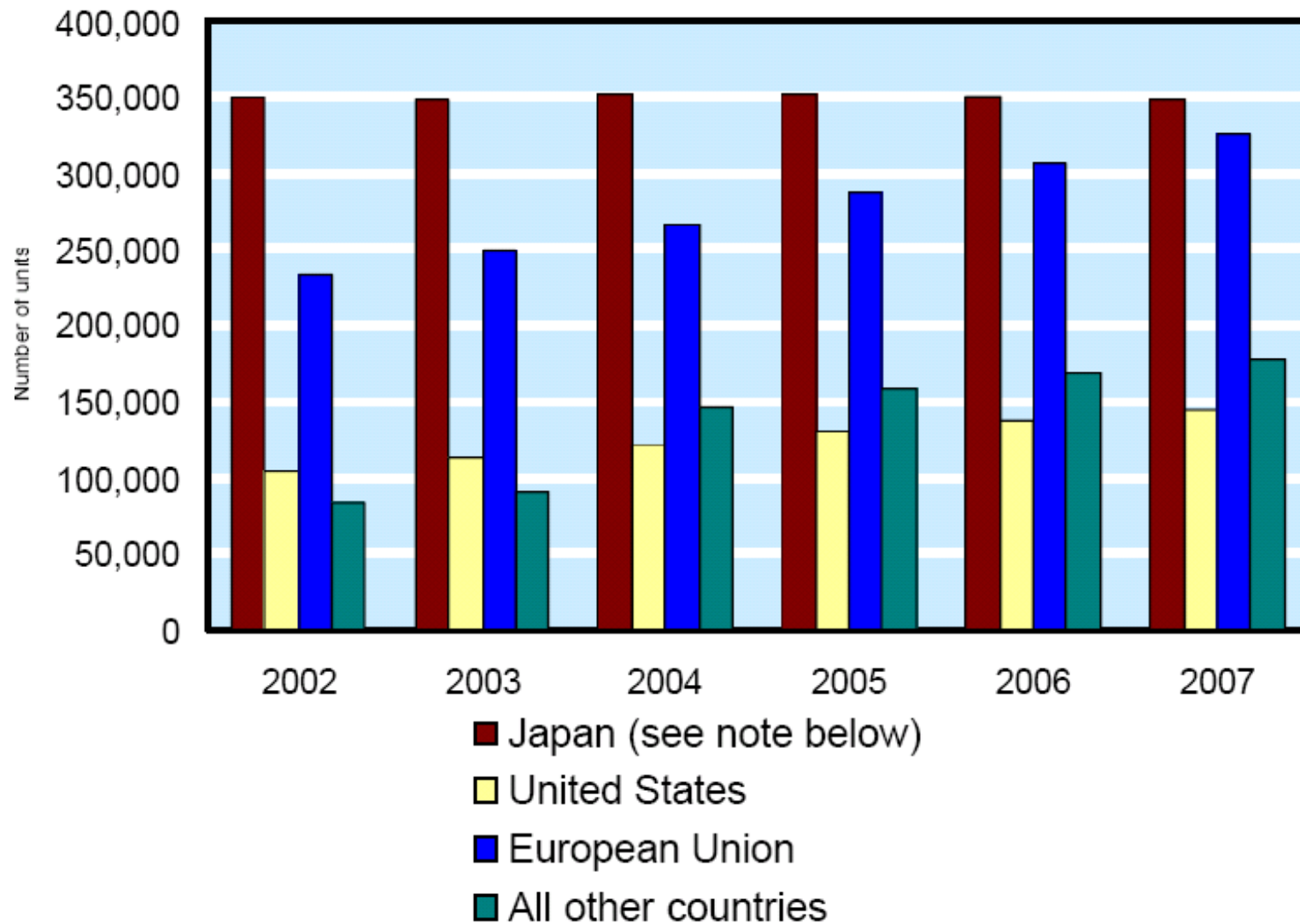
Economía de robots programables

Usualmente, el uso de robots programables implica menor depuración del proceso de manufactura y un menor ritmo de obsolescencia. Un robot puede exceder hasta las 80000 hrs de vida de operación, lo que también podría justificar el alto costo de inversión de un sistema robótico.

General Electric estimó que

Año	Razón por trabajo humano	Razón por trabajo robot
1964	US\$4.00 por hora	US\$4.00 por hora
1979	US\$15.00 por hora	US\$4.80 por hora
1985	US\$20.00 por hora	US\$5.50 por hora

Impacto de los robots industriales a nivel mundial



Ver Gráficas

Otras áreas sujetas a automatización

Transportadores de material.

Manejo de documentos e información

Inspección y control de calidad



H

MAINFRAME / NETWORK

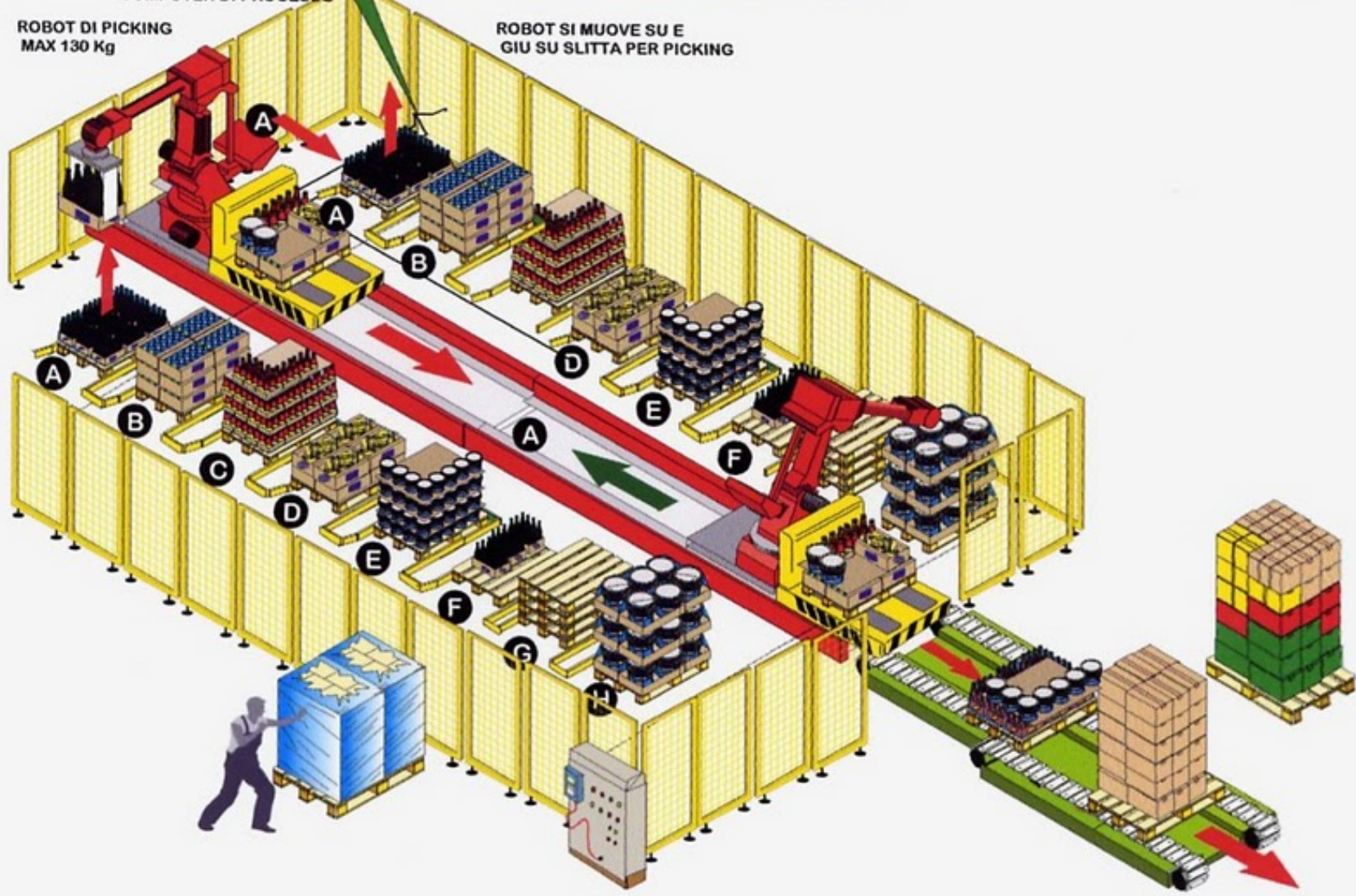


SISCODATA AUTOPICKER PROJECT

COMPUTER DI PROCESSO

ROBOT DI PICKING
MAX 130 Kg

ROBOT SI MUOVE SU E
GIU SU SLITTA PER PICKING



Conclusiones

Vimos una breve introducción histórica de la automatización de máquinas.

Abordamos generalidades del control numérico.

Se hizo una descripción de los robots industriales y su impacto.

Trabajo en Casa

Investigue mas sobre los tipos de máquinas de control numérico y robots. Particularmente, sus configuraciones y aplicaciones particulares.

Revise la forma en que un robot se programa e integra a un proceso de manufactura

Bibliografía

G. Amber & P. Amber, Anatomy of automation,
Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1962

DeGarmo, E. Paul, Black J.T. Y Kohser, Ronald
A., materials and processes in manufacturing.
Prentice Hall. 1997

Siguiente sesión

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA