



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“Programación y Simulación Virtual de Dispositivos  
Físicos Interactuando Con Robots Industriales”**

Tesis y Examen Profesional

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRISISTA**

PRESENTA:

JOSÉ GUADALUPE CORONA DURÁN

ASESOR: NICOLAS CALVA TAPIA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, autoriza al alumno:  
**JOSÉ GUADALUPE CORONA DURÁN**

Con número de cuenta: **40708803-4** a presentar **LA TESIS:**

**“Programación y Simulación Virtual de Dispositivos Físicos Interactuando Con Robots Industriales”.**

Bajo la asesoría del: **Ing. Nicolás Calva Tapia**

Para obtener el título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Nicolás Calva Tapia	30/I/2014
<b>VOCAL</b>	Ing. Gabriela López Sánchez	25/III/14
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Luis Raúl Flores Coronel	24/III/2014
<b>1er SUPLENTE</b>	Ing. Ángel Rueda Angeles	14/III/14
<b>2do SUPLENTE</b>	Ing. Gilberto Chavarría Ortiz	28/01/2014

Atentamente notificamos su participación en la revisión y evaluación del trabajo para que en un plazo no mayor a 30 días hábiles emita su VOTO APROBATORIO.

U. P. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Enero de 2014.

**L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO**

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, autoriza al alumno:  
**JOSÉ GUADALUPE CORONA DURÁN**

Con número de cuenta: **40708803-4** a presentar **LA TESIS:**

**“Programación y Simulación Virtual de Dispositivos Físicos Interactuando Con Robots Industriales”.**

Bajo la asesoría del: **Ing. Nicolás Calva Tapia**  
Para obtener el título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Nicolás Calva Tapia	30/I/2014
<b>VOCAL</b>	Ing. Gabriela López Sánchez	25/III/14
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Luis Raúl Flores Coronel	24/III/2014
<b>1er SUPLENTE</b>	Ing. Ángel Rueda Angeles	14/III/14
<b>2do SUPLENTE</b>	Ing. Gilberto Chavarria Ortiz	28/01/2014

Atentamente notificamos su participación en la revisión y evaluación del trabajo para que en un plazo no mayor a 30 días hábiles emita su VOTO APROBATORIO.

U. P. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Enero de 2014.

**L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO**

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

Con todo mi amor y agradecimiento para las dos personas que han dado todo porque logre mis sueños, por no dejar que me callera en el camino, por darme ánimos en momentos difíciles y principalmente dar todo por mis hermanos y yo.

Gracias por estar siempre.

Mamá y Papá

# ÍNDICE

## **CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ROBÓTICA**

1.1	Antecedentes	1
1.2	Historia de los Automatas	1

## **CAPÍTULO 2 EL USO DE ROBOTS EN ÁMBITO INDUSTRIAL**

2.1	Introducción.	6
2.2	Clasificación de los Robots.	8
2.3	Robots Industriales.	11
2.4	Tipos de configuraciones	15
2.5	Aplicaciones Industriales	20
2.6	Principios de automatización	30
2.7	Sistemas de Producción	35
2.8	Distribución por Procesos	40
2.9	Distribución por Producto	42

## **CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS FÍSICOS PARA IMPLEMENTAR CELDAS DE TRABAJO**

3.1	Introducción	45
3.2	Sensores	46
3.3	Sistemas de Bandas	52
3.4	Cilindros neumáticos	56
3.5	Modulo de almacenaje de Piezas	63
3.6	Robot ABB IRB 2400 16	66
3.7	Fanuc S 700	67
3.8	Robots Mitsubishi	69
3.9	Robot Stäubli RX130	76
3.10	Robot REIS RV16	79

## **CAPÍTULO 4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN CON COSIMIR**

4.1	Introducción	82
4.2	Estructura de Programa	82
4.3	Métodos de Programación	84
4.4	Flujo de información en un programa de robot Melfa Basic IV y Movemaster Command	86
4.5	Entorno de Cosimir	91
4.6	Posicionamiento y /o dimensionamiento de objetos en el espacio de Cosimir	94
4.7	Movimientos de robot en el espacio (JOINT, XYZ, TOOL)	98
4.8	Asignación de entradas y salida de los dispositivos físicos	101
4.9	Asignación de un nuevo robot al espacio de trabajo y alta en nuevo	102

4.10	Lenguaje de Programación Melfa Basic IV y Movemaster command	112
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>DESARROLLO Y EXPERIMENTACIÓN DE CELDAS VIRTUALES ROBOTIZADAS</b>	
5.0	Introducción	124
5.1	Paletizado	125
5.2	Manipulador de Piezas	132
5.3	Interacción de Robots Mitsubishi	138
5.4	Robots Interactuando con Dispositivos Físicos	147
5.5	Celda con Estructura en Paralelo	152
5.6	Celda con Estructura en Serie	159
5.7	Robots en Equipo Paletizando	167
5.8	Celda de Manufactura Flexible Robotizada	172

## **CONCLUSIÓN**

## **BIBLIOGRAFÍA**

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES GENERALES DE LA ROBÓTICA

### 1.1 Antecedentes

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

### 1.2 Historia de los Automatas

Desde hace cientos de años, se comenzaron a crear autómatas, antecesores de los autómatas actuales; en seguida se muestra una lista de autómatas creados, y que se tienen como referencia para tomarlos como antecesores. Solamente por citar algunos de estos inventos, se mencionan los siguientes:

En 1500 a. C., Amenhotep, hermano de Hapu, construye una estatua de Memon, el rey de Etiopía, que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol al amanecer.

En el 500 a. C., King-su Tse, en China, inventa una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera que saltaba.

Entre el 400 y 397 a. C., Archytar de Tarento construye un pichón de madera suspendido de un pivote, el cual rotaba con un surtidor de agua o vapor, simulando el vuelo. Archytar es el inventor del tornillo y la polea.

Entre el 300 y 270 a. C., Cresibio inventa una clepsidra (reloj de agua) y un órgano que funciona con agua.

Entre el 220 y 200 a. C., Filon de Bizancio inventó un autómata acuático y la catapulta repetitiva.

En el año 206 a.C., fue encontrado el tesoro de Chin Shih Hueng Ti consistente en una orquesta mecánica de muñecos, encontrada por el primer emperador Han.

En el año 62 d. C., Hero de Alejandría hace un tratado de autómatas, un famoso registro de aplicaciones de la ciencia que pueden ser demostrados por medio de un autómata, así como su teatro automático en el cual, las figuras que se encuentran montadas en una caja, cambian de posición ante los ojos de los espectadores: pájaros cantores, trompetas que suenan, medidores de la

fuerza del vapor, animales que beben, termoscopios, sifones y máquinas que operaban con monedas.

Año 335 d. C., Hsieh Fec construye un carro con cuatro ruedas con la figura de Buda, hecha de madera de sándalo.

En el año 700 d. C., Huang Kun construyó barcos con figuras de animales, cantantes, músicos y danzarines que se movían.

En el 770 d. C., Yang Wu-Lien construye un mono que extiende sus manos y dice “¡Limosna!”, guardando su recaudación en una bolsa cuando alcanza un peso determinado.

El príncipe Kaya, hijo del Emperador Kannu, construye en el año 840 una muñeca que derrama agua.

En el 890, Han Chih Ho hace un gato de madera que caza ratas, y moscas tigre que bailan.

El sabio príncipe hindú Bhoja, escribe, en el año 1050, el Samarangana-Sutradhara, que incluye comentarios sobre la construcción de máquinas o yantaras.

Alberto Magno (1204 - 1272) crea un sirviente mecánico.

Roger Bacon (1214 - 1294) construye, después de 7 años, una cabeza que habla.

En el año 1235, Villard' Honnecourt hace un libro de esbozos que incluyen secciones de dispositivos mecánicos, como un ángel autómatas, e indicaciones para la construcción de figuras humanas y animales.

Reloj con forma de gallo que canta en la catedral de Strasbourg, que funcionó desde 1352 hasta 1789.

Leonardo Da Vinci construye en el año 1500 un león automático en honor de Luis XII que actúa en la entrada del Rey de Milán.

Salomón de Caus (1576 - 1626) construye fuentes ornamentales y jardines placenteros, pájaros cantarines e imitaciones de los efectos de la naturaleza.

En 1640, René Descartes inventó un autómatas al que se refiere como “mi hijo Francine”.

En 1662, se abre en Osaka el teatro Takedo de autómatas.

Jacques de Vaucanson, construye el pato, el autómatas más conocido; un pato hecho de cobre, que bebe, come, grazna, chapotea en el agua y digiere su comida como un pato real. Previamente construye un flautista y un tamborilero

en 1738; el primero consistía en un complejo mecanismo de aire que causaba el movimiento de dedos y labios, como el funcionamiento normal de una flauta.

Los Maillardet (Henri, Jean-David, Julien-Auguste, Jacques-Rodolphe) hicieron su aparición a finales del siglo XVIII y principios del XIX, construyen un escritor-dibujante, con la forma de un chico arrodillado con un lápiz en su mano, escribe en inglés y en francés y dibuja paisajes. Construyen un mecanismo “mágico” que responde preguntas y un pájaro que canta en una caja.

Robert Houdini construye una muñeca que escribe. También realiza un pastelero, un acróbata, una bailarina en la cuerda floja, un hombre que apunta con una escopeta y una artista del trapecio.

Thomas Alba Edison construyó en el año 1891 una muñeca que habla.

Como nos podemos dar cuenta, los autómatas construidos hasta este entonces, solamente servían para entretener a propios y extraños, no tenían una aplicación práctica en alguna área en específico. Estas máquinas funcionaban generalmente por medio de movimientos ascendentes de aire o agua caliente. El vertido progresivo de un líquido provocaba rupturas de equilibrio (o bien la caída de un peso) en diversos recipientes provistos de válvulas; otros mecanismos se basaban en palancas o contrapesos. Mediante sistemas de este tipo se construían pájaros artificiales que podían “cantar” o “volar”, o puertas que se abrían solas. Las construcciones de la escuela de Alejandría se extendieron por todo el Imperio Romano y posteriormente por el mundo árabe. En el siglo XIII, Al-Djazari apareció como el heredero de todas ellas con la publicación de su “Libro del conocimiento de los procedimientos mecánicos”

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

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

Existe un miedo a los robots debido a la evolución tan acelerada que se ha proyectado en muchas de las novelas de ciencia-ficción. En la obra de Isaac Asimov, *Yo robot* publicada en 1940, postula tres leyes que los robots deberán de seguir:

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

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

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

El tiempo transcurrido desde entonces ha contemplado un intenso desarrollo de la robótica y, en concreto, de la denominada robótica industrial, de tal forma que los robots, que llegaron a ser considerados como el paradigma de la automatización industrial, se han convertido en nuestros días en un elemento más, e importante, de dicha automatización

El control por realimentación, el desarrollo de herramientas especializadas y la división del trabajo en tareas más pequeñas que pudieran realizar obreros o máquinas fueron ingredientes esenciales en la automatización de las fábricas en el siglo XVIII. A medida que mejoraba la tecnología se desarrollaron máquinas especializadas para tareas como poner tapones a las botellas o verter caucho líquido en moldes para neumáticos. Sin embargo, ninguna de estas máquinas tenía la versatilidad del brazo humano, y no podía alcanzar objetos alejados y colocarlos en la posición deseada.

El desarrollo del brazo artificial multiarticulado, o manipulador, llevó al moderno robot. El inventor estadounidense George Devol desarrolló en 1954 un brazo primitivo que se podía programar para realizar tareas específicas. En 1975, el ingeniero mecánico estadounidense Víctor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stamford, en California, desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (PUMA, siglas en inglés). El PUMA era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance. El concepto básico multiarticulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales.

Al igual que otras muchas ramas de la ciencia y la tecnología, la robótica nacía llena de promesas para un futuro desarrollo rápido e intenso que, en pocos años, habría alcanzado metas que en aquellos momentos correspondían al ámbito de la ciencia ficción. Las aportaciones de una informática en continuo adelanto, junto a las novedosas metodologías de la inteligencia artificial,

permitían prever la disponibilidad, en pocos años, de robots dotados de una gran flexibilidad y capacidad de adaptación al entorno, que invadirían todos los sectores productivos de forma imparable

No obstante lo indicado, la robótica industrial ha alcanzado un elevado grado de madurez, y la compra e instalación de robots industriales en los entornos productivos ha dejado de ser una aventura para convertirse en una opción razonable en muchos contextos de la automatización

El pronóstico es parte de un reciente estudio de Robert Manning, del instituto Atlantic Council, en el que asegura que ya en el año 2030 los robots podrían ayudar a los humanos en todos los quehaceres domésticos.

Los androides participarán en la producción electrónica e incluso en la elaboración de productos alimenticios y bebidas. En la actualidad la mayoría de robots se utilizan en la producción industrial.

Más del 70% se encuentran en plantas de montaje automotriz y en la industria electrónica. En general los robots pueden cumplir una única tarea, aunque han aparecido robots que realizan múltiples trabajos, como por ejemplo el llamado 'Manos', al que se le pueden reprogramar la mano, la muñeca y el codo.

El desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación, el progreso en el campo de la inteligencia artificial y la creación de la economía en línea configuran el escenario ideal para una tercera revolución industrial.

Esta pronta llegada de la robotización se asocia al hecho de que muchos Gobiernos están invirtiendo en este campo: Corea del Sur invierte 100 millones de dólares anuales, Japón destinará 350 millones en los próximos diez años, la Comisión Europea ya desembolsó 600 millones y planea colocar 900 millones más hasta el año 2020. EE.UU., por su parte, dispone de 2.800 millones de dólares para esta ciencia.

Japón mantiene el liderazgo en lo que atañe al uso generalizado de robots en la sociedad. En el país asiático los robots ya pueden reemplazar a pilotos y conductores de auto. Del mismo modo ya han hecho incursiones en la medicina y son capaces de realizar diagnósticos y atender a personas mayores.



## CAPÍTULO 2

### EL USO DE ROBOTS EN ÁMBITO INDUSTRIAL

#### 2.1 Introducción

Se define a un robot como una máquina controlada por una computadora central, programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos, a la vez que interacciona con su entorno, planifica y controla sus acciones. Los robots son capaces de realizar tareas repetitivas de forma más rápida y precisa que los seres humanos.

El diseño de un manipulador robótico se inspira en el brazo humano, aunque con algunas diferencias. Por ejemplo, un brazo robótico puede extenderse telescópicamente, es decir, deslizando unas secciones cilíndricas dentro de otras para alargar el brazo. Las pinzas están diseñadas para imitar la función y estructura de la mano humana. Muchos robots están equipados con pinzas especializadas para agarrar dispositivos concretos, como una gradilla de tubos de ensayo o un soldador de arco.

Las articulaciones de un brazo robótico suelen moverse mediante motores eléctricos. En la mayoría de los robots, la pinza se mueve de una posición a otra cambiando su orientación. Una computadora calcula los ángulos de articulación necesarios para llevar la pinza a la posición deseada, un proceso conocido como cinemática inversa.

Algunos brazos multi-articulados están equipados con servo controladores, o controladores por realimentación, que reciben datos de una computadora. Cada articulación del brazo tiene un dispositivo que mide su ángulo y envía ese dato al controlador. Si el ángulo real del brazo no es igual al ángulo calculado para la posición deseada, el servo controlador mueve la articulación hasta que el ángulo del brazo coincida con el ángulo calculado. Los controladores y las computadoras asociados también deben procesar los datos recogidos por cámaras que localizan los objetos que se van a agarrar o las informaciones de sensores situados en las pinzas que regulan la fuerza de agarre.

Cualquier robot diseñado para moverse en un entorno no estructurado o desconocido necesita múltiples sensores y controles (por ejemplo, sensores ultrasónicos o infrarrojos) para evitar los obstáculos. Los robots como los vehículos planetarios de la NASA necesitan una gran cantidad de sensores y unas computadoras de a bordo muy potentes para procesar la compleja información

que les permite moverse. Eso es particularmente cierto para robots diseñados para trabajar en estrecha proximidad con seres humanos, como robots que ayuden a personas discapacitadas o sirvan comidas en un hospital. La seguridad es un punto esencial en el diseño de robots para el servicio humano.

Actualmente el país más importante en el desarrollo y empleo de la robótica es Japón, cabe mencionar que esta nación después de la guerra ha tenido que trabajar el doble y la sociedad se ha obsesionado con la idea de que las máquinas sean las que realicen todo el trabajo pesado.

En 2008 funcionaban unos 1.035.900 robots en el mundo industrializado. Más de 512,600 se empleaban en Asia / Australia, unos 345.200 en Europa y 176.500 en América. Muchas aplicaciones de los robots corresponden a tareas peligrosas o desagradables para los humanos. En los laboratorios médicos, los robots manejan materiales que conllevan posibles riesgos, como muestras de sangre u orina. En otros casos, los robots se emplean en tareas repetitivas y monótonas en las que el rendimiento de una persona podría disminuir con el tiempo. Los robots pueden realizar estas operaciones repetitivas de alta precisión durante 24 horas al día sin cansarse. Uno de los principales usuarios de robots es la industria automotriz. La empresa General Motors utiliza aproximadamente 16.000 robots para trabajos como **soldadura por puntos, pintura, carga de máquinas, transferencia de piezas y montaje**. El montaje es una de las aplicaciones industriales de la robótica que más está creciendo. Exige una mayor precisión que la soldadura o la pintura y emplea sistemas de sensores de bajo costo y computadoras potentes. Los robots se usan por ejemplo en el montaje de aparatos electrónicos, para montar microchips en placas de circuitos.

Las actividades que entrañan gran peligro para las personas, como la localización de barcos hundidos, la búsqueda de depósitos minerales submarinos o la exploración de volcanes activos, son especialmente apropiadas para emplear robots. Los robots también pueden explorar planetas distantes. La sonda espacial no tripulada Galileo, de la NASA, viajó a Júpiter en 1996 y realizó tareas como la detección del contenido químico de la atmósfera joviana. Ya se emplean robots para ayudar a los cirujanos a instalar caderas artificiales, y ciertos robots especializados de altísima precisión pueden ayudar en operaciones quirúrgicas delicadas en los ojos. La investigación en telecirugía emplea robots controlados de forma remota por cirujanos expertos; estos robots podrían algún día efectuar operaciones en campos de batalla distantes.

En la actualidad los robots se usan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura.

Impulsados principalmente en la industria automotriz en complejas instalaciones y líneas de producción y ensamblaje de piezas automotrices

Las aplicaciones de los robots prácticamente son ilimitadas tan compleja que depende principalmente del proyecto que se desea elaborar. La práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos (soldadura, paletización, etc.) en los que hoy día el robot es sin duda alguna, la solución más rentable.

Junto con estas aplicaciones, ya arraigadas, hay otras novedosas en las que si bien la utilización del robot no se realiza a gran escala, si se justifica su aplicación por las condiciones intrínsecas del medio de trabajo (ambientes contaminados, salas asépticas, construcción, etc.) o la elevada exigencia en cuanto a calidad de los resultados (medicina, etc.). Estos robots se han venido llamando robots de servicio.

## **2.2 Clasificación de los Robots**

La clasificación de los robots se establece de diversas maneras temporalmente, por su funcionalidad, por su geometría, por la inteligencia, por lo que hablar de generaciones de robots se puede plantear desde esos diversos puntos de vista.

Las características con las que se clasifican principalmente los robots son:

- Propósito o función
- Generación del sistema de control.

1. Clasificación basada en su propósito o función:

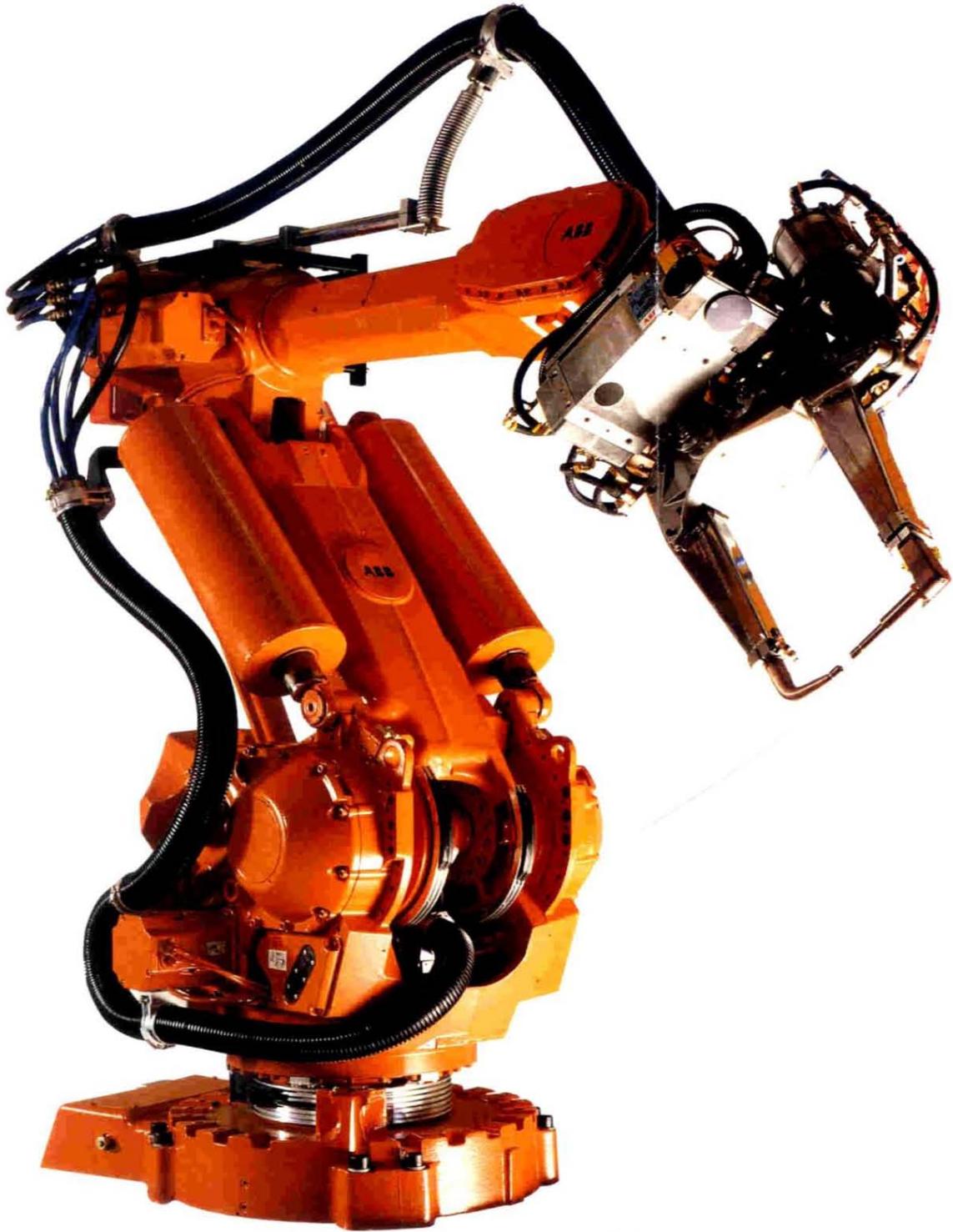
a) Industriales

b) Personales/ Educativos

c) Militares--vehículos autónomos

Los elementos que constituyen un robot industrial son:

- Efectores finales
- Brazos manipuladores
- Controladores
- Sensores
- Fuentes de poder



**Figura 2.2.1.- Robot industrial Empleado para Soldar**

2. Clasificación de los robots basados en las generaciones de los sistemas de control.

**La primera generación:** El sistema de control usado en la primera generación de robots está basado en las “paradas fijas” mecánicamente. Esta estrategia es conocida como control de lazo abierto o control “bang- bang”. Podemos considerar como ejemplo de esta primera etapa aquellos mecanismos de relojería que permiten mover a las cajas musicales o a los juguetes de cuerda. Este tipo de control es muy similar al ciclo de control que tienen algunos lavadores de ciclo fijo. Son útiles para las aplicaciones industriales de tomar y colocar pero están limitados a un número pequeño de movimientos.

**La segunda generación:** utiliza una estructura de control de ciclo abierto, pero en lugar de utilizar interruptores y botones mecánicos utiliza una secuencia numérica de control de movimientos almacenados en un disco o cinta magnética. El programa de control entra mediante la elección de secuencias de movimiento en una caja de botones o a través de palancas de control con los que se “camina”, la secuencia deseada en movimientos. El mayor número de aplicaciones en las que se utilizan los robots de esta generación se da en la industria automotriz, en soldadura, pintado con “espray”. Este tipo de robots constituye la clase más grande de robots industriales en EE.UU., incluso algunos autores sugieren que cerca del 90 % de los robots industriales en EU pertenece a esta 2ª generación de control.

**La tercera generación:** utiliza las computadoras para su estrategia de control y tiene algún conocimiento del ambiente local a través del uso de sensores, los cuales miden el ambiente y modifican su estrategia de control, con esta generación se inicia la era de los robots inteligentes y aparecen los lenguajes de programación para escribir los programas de control. La estrategia de control utilizada se denomina de “ciclo cerrado”

**La cuarta generación:** ya los califica de inteligentes con más y mejores extensiones sensoriales, para comprender sus acciones y el mundo que los rodea. Incorpora un concepto de “modelo del mundo” de su propia conducta y del ambiente en el que operan. Utilizan conocimiento difuso y procesamiento dirigido por expectativas que mejoran el desempeño del sistema de manera que la tarea de los sensores se extiende a la supervisión del ambiente global, registrando los efectos de sus acciones en un modelo del mundo y auxiliar en la determinación de tareas y metas.

## 2.3 Robots Industriales

Un robot industrial es una máquina programable, de uso general que posee ciertas características antropomórficas. En la actualidad la característica antropomórfica más relevante es el brazo mecánico, que se usa en la realización de varias tareas industriales. Las características humanas menos obvias son la capacidad de tomar decisiones, responder a entradas sensoriales y comunicarse con otras máquinas. Estas capacidades permiten a los robots realizar tareas útiles en la industria.

La definición de un robot industrial dada por la Asociación de Industrias en Robótica (RIA) es:

“Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especiales, por movimientos programados para la realización de una variedad de tareas”.

Las Propiedades Esenciales que distinguen a un robot industrial de otras máquinas son:

- Son libremente programables
- Pueden resolver distintas tareas
- Tienen libertad de movimientos en el espacio tridimensional
- Están equipados con pinzas mecánicas o herramientas

En los robots como en cualquier máquina existen características que permiten destacar diferencias y clasificaciones como por ejemplo:

- Tecnología o medio de energía utilizado
- Capacidad de carga
- Grados de libertad o número de ejes
- Tipo de envolvente o campo de acción tridimensional
- Repetitividad

Las características más importantes para que un robot desempeñe la realización de una tarea industrial son:

1. Contar con un mecanismo que les permita posicionarse de manera precisa
2. Contar con una pinza o herramienta que sea capaz de realizar la tarea encomendada
3. Potencia suficiente para manipular las piezas o la herramienta
4. Controles manuales automáticos para la operación del robot
5. Memoria suficiente para almacenar los programas
6. Velocidad de operación al menos igual a la humana

Las necesidades actuales han demandado además los siguientes sistemas:

1. **Percepción:** Capacidad de detectar el entorno y sus cambios mediante sistemas de visión, tacto o fuerza.
2. **Programación de prioridades:** Es la capacidad de planear y dirigir acciones para lograr metas de mayor importancia, a pesar de las perturbaciones presentes en el sistema.

**Anatomía** La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. El cuerpo está unido a la base y el conjunto del brazo esta unido al cuerpo. Al final del brazo esta la muñeca, la cual está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones.

Los movimientos relativos entre los diferentes componentes son proporcionados por las articulaciones. Los nombres de las articulaciones del robot corresponden a las del cuerpo humano, como se hace referencia en la figura 2.3.1.

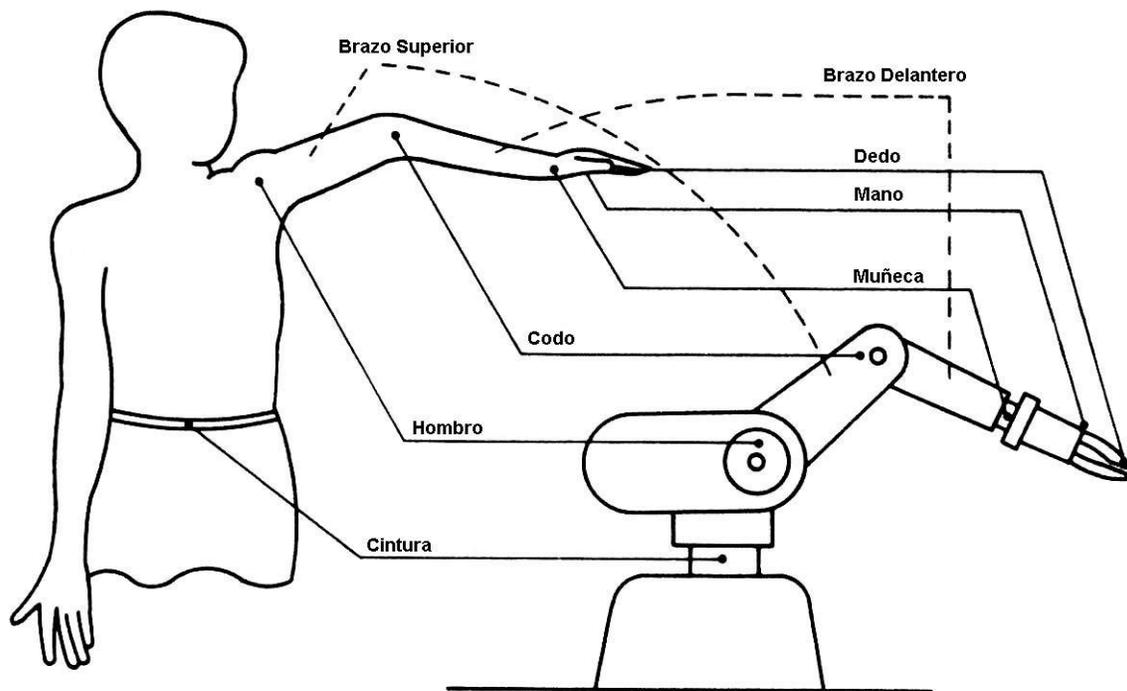


Figura 2.3.1.- Esquema de la Anatomía de un Robot.

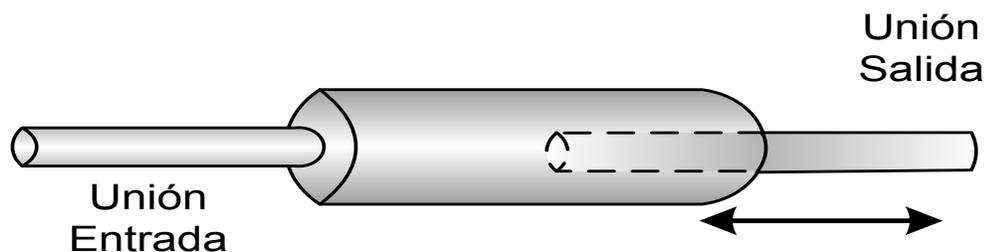
- **Articulaciones y uniones.**

Las articulaciones de un robot industrial son similares a las del cuerpo humano: proporcionan movilidad relativa entre dos partes del cuerpo. Cada articulación provee al robot con un cierto *grado de libertad* de movimiento. En casi todos los casos, solo un grado de libertad está asociado a una articulación. Los robots se clasifican por lo general de acuerdo con el número total de grados de libertad que poseen.

Conectadas a cada articulación hay dos ligas, una llamada liga de entrada y otra conocida como liga de salida. Las ligas son consideradas como componentes rígidos del robot. El propósito de la articulación es proveer movimiento relativo controlado entre la liga de entrada y la liga de salida.

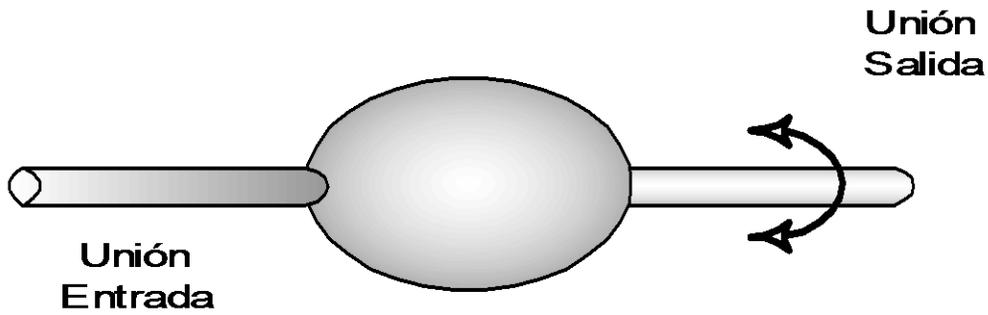
Todos los robots industriales tienen articulaciones mecánicas que pueden clasificarse en cinco tipos, según el movimiento que describen:

1. **Articulación Lineal.** El movimiento relativo entre la liga de entrada y la de salida es un movimiento de deslizamiento lineal, los ejes de ambas ligas son paralelos. Se le conoce también como articulación, la cual se muestra en la figura 2.3.2.



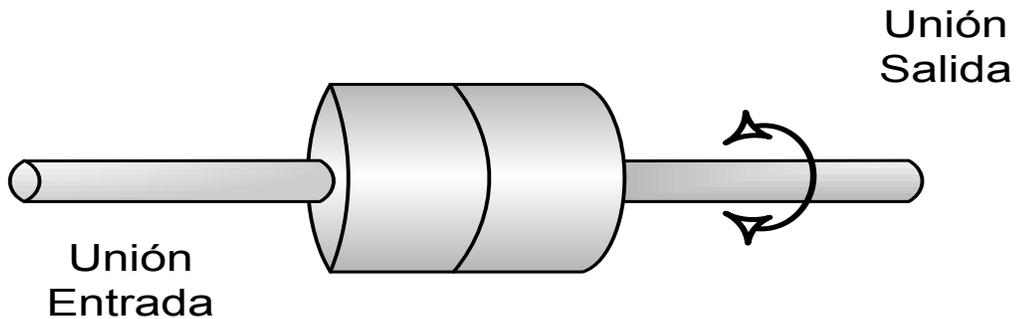
**Figura 2.3.2.- Articulación Lineal**

2. **Articulación Ortogonal.** Es también de deslizamiento lineal, pero las ligas son perpendiculares entre sí durante el movimiento. Este tipo se conoce como articulación **O**.
3. **Articulación Rotacional.** Este tipo provee un movimiento rotacional relativo de la articulación, con el eje de rotación perpendicular a los ejes de las ligas de entrada y salida. Es conocida como articulación **R**, como se indica en la figura 2.3.3.



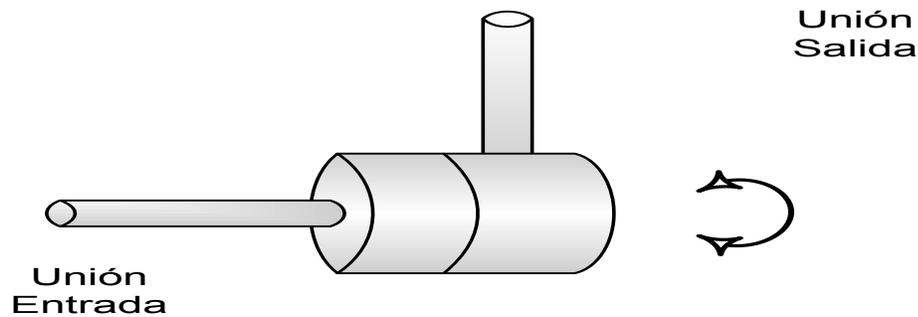
**Figura 2.3.4.- Articulación Rotacional**

4. **Articulación de Torsión.** Esta articulación involucra un movimiento rotacional, pero el eje de rotación es paralelo al eje de las dos ligas. Se le llama también articulación T, y se muestra en la siguiente figura:



**Figura 2.3.5.- Articulación de Torsión**

5. **Articulación de revolución.** En este tipo de articulación, el eje de la liga de entrada es paralelo al eje de rotación de la articulación, y el eje de la liga de salida es perpendicular al eje de rotación. Se le conoce como articulación V, la cual es mostrada en la figura 2.3.6



**Figura 2.3.6.- Articulación de Revolución**

## **2.4 Tipos de Configuraciones**

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

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

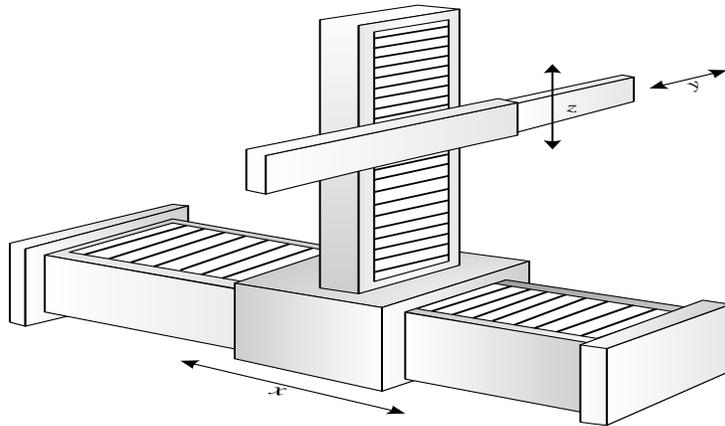
### **1. Configuración Cartesiana:**

Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z, como se indica en la figura 2.4.1.

Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales.

**Interpolación**, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro.

A la trayectoria realizada en línea recta se le conoce como interpolación lineal y a la trayectoria hecha de acuerdo con el tipo de movimientos que tienen sus articulaciones se le llama interpolación por articulación.



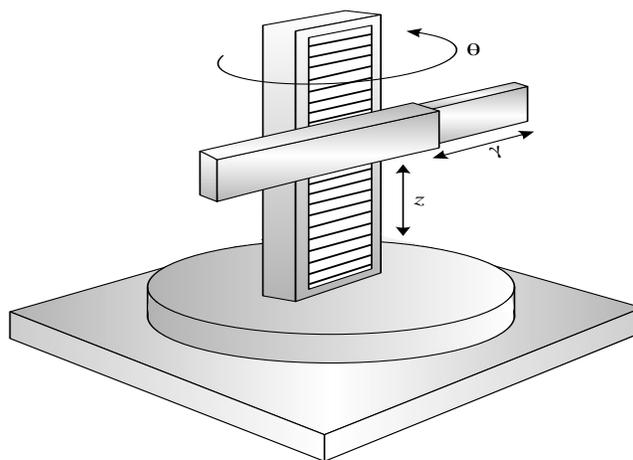
**Figura 2.4.1- Configuración Cartesiana**

## 2. Configuración Cilíndrica

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

El robot de configuración cilíndrica está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación, la cual se ilustra en la figura 2.4.2

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

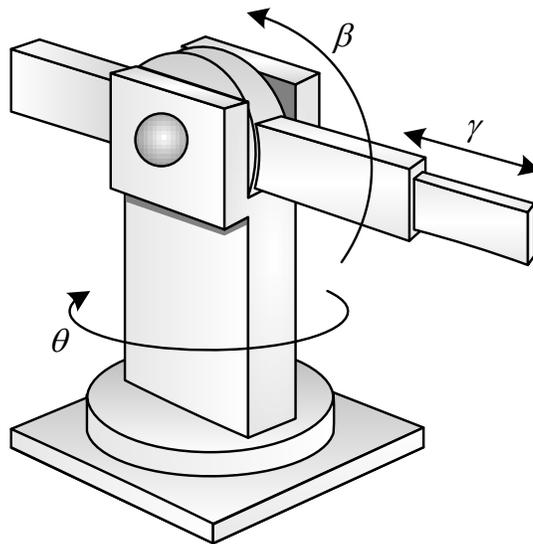


**Figura 2.4.2.- Configuración Cilíndrica**

### 3. Configuración Polar

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

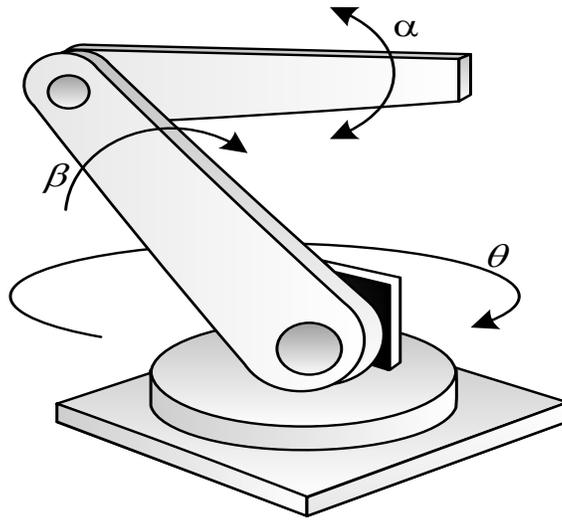
Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción, como se aprecia en la figura 2.4.4



**Figura 2.4.3.-Configuración Polar**

### 4. Configuración Angular o de Brazo Articulado

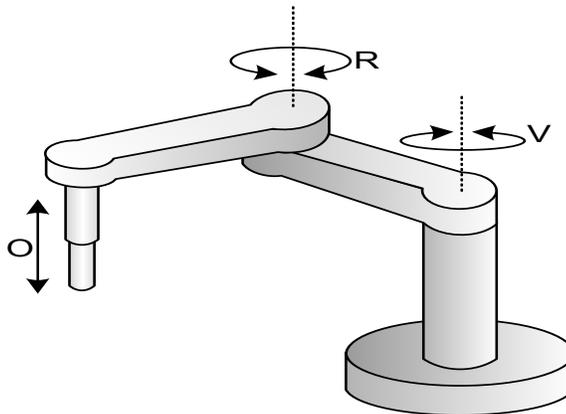
Presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares. Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto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



**Figura 2.4.4.- Configuración Angular**

Además de las cuatro configuraciones clásicas mencionadas, existen otras configuraciones llamadas no clásicas. El ejemplo más común de una configuración no clásica lo representa el robot tipo **SCARA** (**S**elective **C**ompliance **A**ssembly **R**obot **A**rm)

Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración **SCARA** también puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercera articulación).



**Figura 2.4.5.- Robot SCARA**

## **Volumen de Trabajo (Espacio Operativo)**

Para acercarnos más al conocimiento de los robots industriales, es preciso tocar el tema que se refiere al volumen de trabajo y la precisión de movimiento.

Entre las características que identifican a un robot se encuentran su volumen de trabajo y ciertos parámetros como el **control de resolución**, la **exactitud** y la **repetitividad**.

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el efector final.

La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar gripper de distintos tamaños.

Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo regular y volumen de trabajo irregular, tomaremos como modelos varios robots.

La **Federación Internacional de la Robótica (FIR)** estableció en 1998 una clasificación de las aplicaciones de la Robótica en el sector manufacturero

Esta clasificación pretende englobar la mayor parte de los procesos robotizados en la actualidad aunque, como se ha indicado anteriormente, se pueden encontrar aplicaciones particulares que no aparecen de manera explícita en esta clasificación:

- Manipulación
- Soldadura por ( arco, puntos, gas, y láser)
- Aplicación de materiales (Pinturas, Adhesivos y secantes)
- Mecanización (Carga y descarga de máquinas, Corte mecánico, rectificado, desbardado y pulido)
- Otros procesos (Láser, Chorro de agua)
- Manipulación para montaje
- Paletización
- Medición, inspección, control de calidad
- Formación, enseñanza e investigación

## 2.5 Aplicaciones Industriales

La implantación de un robot industrial en un determinado proceso exige un detallado estudio previo del proceso en cuestión, examinando las ventajas e inconvenientes que conlleva la introducción del robot.

Una vez al desarrollar la Será preciso siempre estar dispuesto a admitir cambios en el desarrollo del proceso primitivo (modificaciones en el diseño de piezas, sustitución de unos sistemas por otros, etc.) que faciliten y hagan viable la aplicación del robot.

En cuanto al tipo de robot a utilizar, habrá que considerar aspectos de diversa índole como espacio de trabajo, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc. A continuación se describen algunas de las aplicaciones más comunes de los robots en las industrias de manufactura

- **Soldadura**

La industria automovilística ha sido la gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots instalados hoy día. La tarea robotizada más frecuente dentro de la fabricación de automóviles ha sido, sin duda alguna, la soldadura de carrocerías. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos, como se ilustra en la figura 2.5.1.



**Figura 2.5.1.- Soldadura**

Para ello, se hace pasar una corriente eléctrica elevada y a baja tensión a través de dos electrodos enfrentados entre los que se sitúan las piezas a unir. Los electrodos instalados en una pinza de soldadora, deben sujetar las piezas con una presión determinada (de lo que depende la precisión de la soldadura). Además deben ser controlados los niveles de tensión e intensidad necesarios, así como el tiempo de aplicación. Todo ello exige el empleo de un sistema de control del proceso de soldadura, como se ilustra en la figura 2.5.2



**Figura 2.5.2.- Soldadura (2)**

La robotización de la soldadura por puntos admite dos soluciones: el robot transporta la pieza presentando ésta a los electrodos que están fijos, o bien, el robot transporta la pinza de soldadura posicionando los electrodos en el punto exacto de la pieza en la que se desea realizar la soldadura. El optar por uno u otro método depende del tamaño, peso y manejabilidad de las piezas.

En las grandes líneas de soldadura de carrocerías de automóviles, ésta pasa secuencialmente por varios robots dispuestos frecuentemente formando un pasillo; los robots, de una manera coordinada, posicionan las piezas de soldadura realizando varios puntos consecutivamente.

La gran demanda de robots para la tarea de soldadura por puntos ha originado que los fabricantes desarrollen robots especiales para esta aplicación que integran

en su sistema de programación el control de la pinza de soldadura que portan en su extremo.

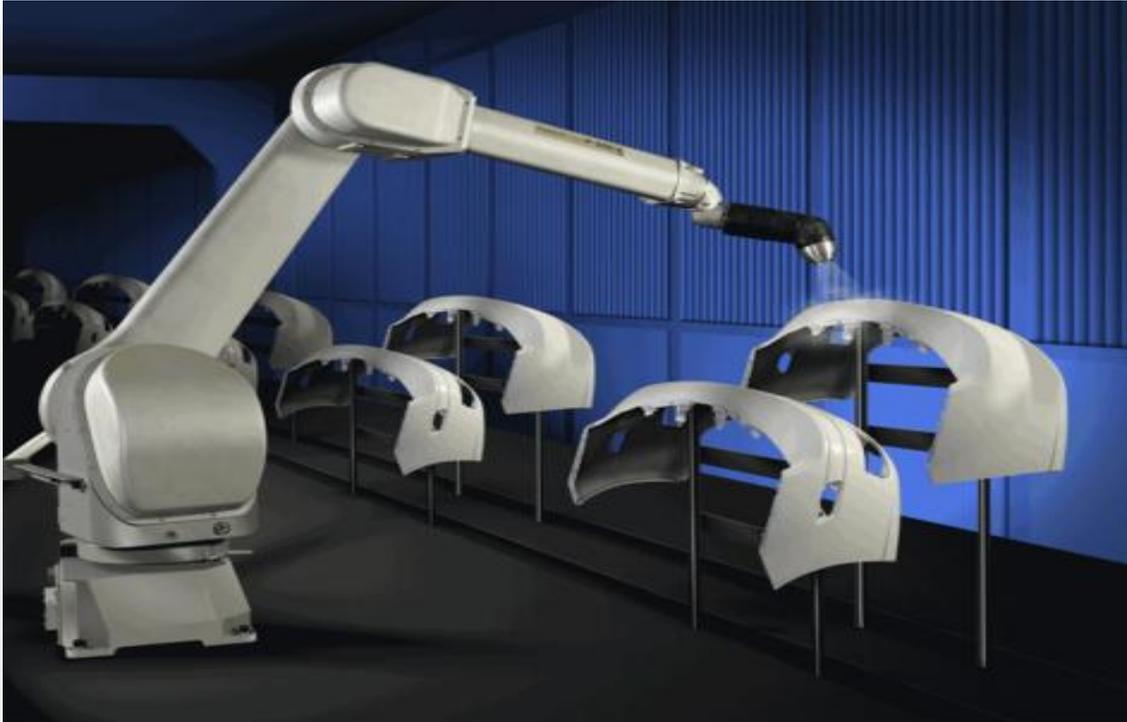
Los robots de soldadura por puntos precisan capacidad de cargas del orden de los 50-100 Kg. y estructura articular, con suficientes grados de libertad (5 o 6) para posicionar y orientar la pinza de soldadura (o pieza según el caso) en lugares de difícil acceso.

- **Aplicaciones de Materiales**

El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación. Tanto en la pintura como en el metalizado, esmaltado o arenado, la problemática a resolver es similar, siendo la primera la que cuenta con mayor difusión. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.

En estos procedimientos se cubre una superficie (de forma tridimensional y en general complicada) con una mezcla de aire y material pulverizada mediante una pistola. Es preciso conseguir una perfecta homogeneidad en el reparto de la pintura, realizándose para ello un control de la viscosidad, de la distancia entre las piezas y la pistola, de la velocidad de movimiento de ésta, del número de pasadas etc. Todos estos parámetros son tradicionalmente controlados por el operario.

Por otra parte el entorno en el que se realiza la pintura es sumamente desagradable y peligroso. En él se tiene simultáneamente un reducido espacio, una atmósfera tóxica, un alto nivel de ruido y un riesgo de incendio. Estas circunstancias han hecho de la pintura y operaciones afines, un proceso de interesante robotización. Con el empleo del robot se eliminan los inconvenientes ambientales y se gana en cuanto a homogeneidad en la calidad del acabado, ahorro de pintura y productividad. Normalmente los robots de pintura son específicos para este fin. Suelen ser robots articulares, ligeros, con 6 o más grados de libertad que les permiten proyectar pintura en todos los huecos de la pieza. Cuentan con protecciones especiales para defenderse de las partículas en suspensión dentro de la cabina de pintura y sus posibles consecuencias (explosiones, incendio, deterioro mecánico). Este mismo motivo origina que, en muchos casos, el accionamiento de los robots de pintura sea hidráulico o, de ser eléctrico, que los cables vayan por el interior de conductos a sobrepresión, evitándose así, el riesgo de explosión, una aplicación típica se muestra en la figura 2.5.3



**Figura 2.5.3.- Aplicación de Materiales**

La característica fundamental de los robots dedicados a estas tareas sea su método de programación por lo que es preciso que cuenten con un control de trayectoria continua, pues no basta con especificar el punto inicial y final de sus movimientos, sino también la trayectoria. El método normal de programación es el de aprendizaje con un muestreo continuo de la trayectoria. El operario realiza una vez el proceso de pintura con el propio robot, mientras que la unidad de programación registra continuamente, y de manera automática, gran cantidad de puntos para su posterior repetición.

- **Alimentación de máquinas**

La alimentación de máquinas especializadas es otra tarea de manipulación de posible robotización. La peligrosidad y monotonía de las operaciones de carga y descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de

procesado, ha conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres, este tipo de aplicación se muestra en la figura 2.5.4



**Figura 2.5.4.- Extracción de Piezas**

En la industria metalúrgica se usan prensas para conformar los metales en frío o, para mediante estampación y embutido, obtener piezas de complicadas formas a partir de planchas de metal. En ocasiones la misma pieza pasa consecutivamente por varias prensas hasta conseguir su forma definitiva. La carga y descarga de estas máquinas se realiza tradicionalmente a mano, con el elevado riesgo que esto conlleva para el operario, al que una pequeña distracción puede costarle un serio accidente. Estas circunstancias, junto con la superior precisión de posicionamiento que puede conseguir el robot, y la capacidad de éste de controlar automáticamente el funcionamiento de la máquina y dispositivos auxiliares, han hecho que el robot sea una solución ventajosa para estos procesos.

Por otra parte, los robots usados en estas tareas son, por lo general, de baja complejidad, precisión media, número reducido de grados de libertad y de control sencillo, bastando en ocasiones con manipuladores secuenciales. Su campo de acción interesa que sea grande. En cuanto a la carga, varía mucho, pudiéndose necesitar robots con capacidad de carga de pocos kilogramos, hasta de algunos

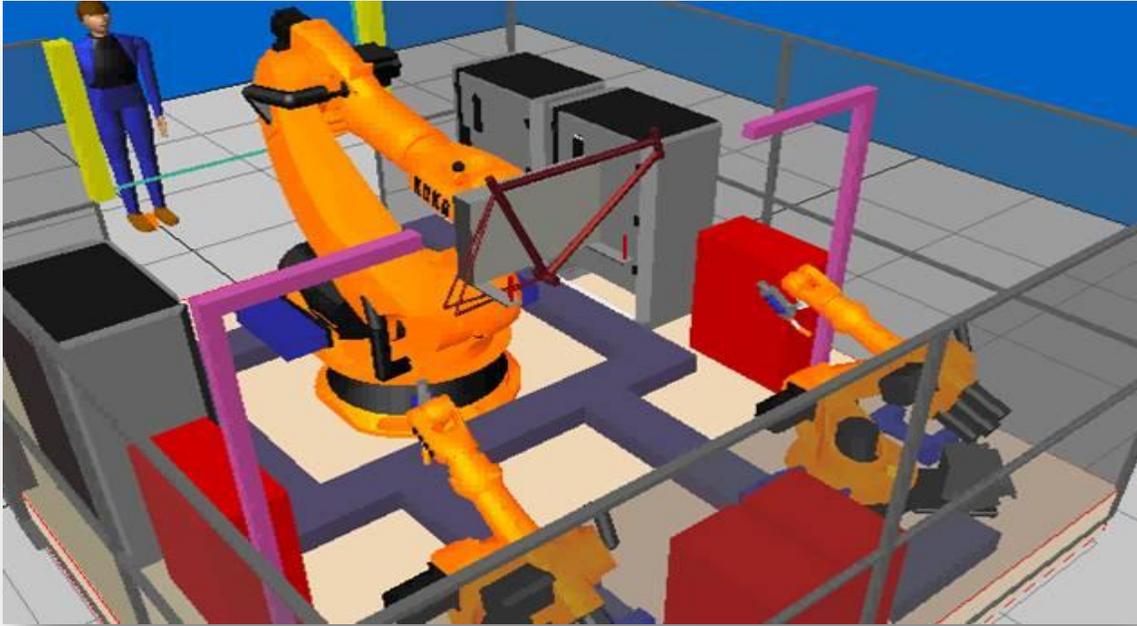
cientos (existen robots capaces de manipular hasta tonelada y media). Las estructuras más frecuentemente utilizadas son la cilíndrica, esférica y articular.

También la cartesiana puede aportar en ocasiones la solución más adecuada. Atención especial merece la aplicación del robot en células flexibles de mecanizado, que han adquirido gran auge en los últimos años. Éstas emplean centros de mecanizado o varias máquinas de control numérico para conseguir complejos y distintos mecanizados sobre una pieza y dar a ésta la forma programada. La capacidad de programación de estas máquinas permite una producción flexible de piezas adaptándose así perfectamente a las necesidades del mercado actual. Estas máquinas emplean diferentes herramientas que se acoplan a un cabezal común de manera automática cuando el proceso de mecanizado lo precisa. Las herramientas a usar en el proceso concreto son almacenadas en tambores automáticos que permiten un rápido intercambio de la herramienta

El robot es el complemento ideal de estas máquinas. Sus tareas pueden comenzar con la recogida de la pieza del sistema de transporte encargado de evacuarlas o para llevarla a otra máquina. Asimismo, el robot puede ocuparse de cargar el alimentador automático de herramientas de la máquina, reponiendo herramientas gastadas o seleccionando las adecuadas para la producción de una determinada pieza

En las células de multiproceso el mismo robot alimenta a varias máquinas o centros de mecanizado. Una misma pieza, transportada por el robot, puede ir pasando de una máquina a otra, incluyendo controles metrológicos de calidad u otras tareas de calibración.

La sincronización de toda la célula (alimentadores, centros de mecanizado, robots, etc.) puede ser realizada por la propia unidad de control del robot que cuenta, por lo general, con gran potencia de cálculo y capacidad de manejo de entradas y salidas.



**Figura 2.5.5.- Sincronía**

En ocasiones estas células cuentan con sistemas multirobot, que trabajan de manera secuencial con la pieza. Hasta la fecha no existen apenas realizaciones prácticas de cooperación de robots de manera coordinada. Las características de los robots para estas tareas de alimentación de máquinas herramientas son por lo general similares a las necesarias para la alimentación de otras máquinas. Las únicas discrepancias estriban en su mayor precisión y capacidad de carga inferior (algunas decenas de kilogramos).

- **Procesado**

Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrenta a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general, una modificación en la forma de la pieza.

El desbardado consiste en la eliminación de rebabas de la pieza de metal o plástico, procedentes de un proceso anterior (fundición, estampación, etc.). Esta operación se realiza manualmente con una esmeriladora o fresa, dependiendo la herramienta de las características del material a desbardar.

Un robot dedicado al desbardado porta la herramienta o la pieza, según la aplicación, haciendo entrar ambas en contacto. La herramienta debe seguir el

contorno de la pieza, que en muchas ocasiones es complejo, con elevada precisión en su posicionamiento y velocidad. Por este motivo se precisan robots con capacidad de control de trayectoria continua y buenas características de precisión y control de velocidad. Además, puesto que las rebabas con que vienen las piezas presentan formas irregulares, conviene que el robot posea capacidad para adaptarse a éstas mediante el empleo de sensores o el desarrollo de un elemento terminal del robot auto adaptable. Parecida al desbardado, en cuanto a necesidades, es la aplicación de pulido, cambiando básicamente la herramienta a emplear. Las necesidades de precisión y de empleo de sensores son tal vez en este caso menos exigentes.

- **Corte**

El corte de materiales mediante el robot es una aplicación reciente que cuenta con notable interés. La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquél sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computador (CAD).

Los métodos de corte no mecánico más empleados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos el robot transporta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando éste sobre la pieza al tiempo que sigue una trayectoria determinada.

El robot porta una boquilla de pequeño diámetro (normalmente de 0.1mm.) por la que sale un chorro de agua, en ocasiones con alguna sustancia abrasiva, a una velocidad del orden de 900 m/s, y a una presión del orden de 4000 kg/cm<sup>2</sup>. El sistema completo precisa de bomba, intensificador, reguladores de presión y electro válvulas. El corte por chorro de agua puede aplicarse a materiales como alimentos, fibra de vidrio, PVC, mármol, madera, goma espuma, neopreno, yeso, tela, cartón, e incluso a metales como aluminio, acero y titanio. En estos casos se añade al agua una sustancia abrasiva.

Las principales ventajas del corte por chorro de agua frente a otros sistemas son:

- no provoca aumento de temperatura en el material
- no es contaminante
- no provoca cambios de color
- no altera las propiedades de los materiales.
- el costo de mantenimiento es bajo.

Los robots empleados requieren control de trayectoria continua y elevada precisión. Su campo de acción varía con el tamaño de las piezas a cortar siendo, en general, de envergadura media (de 1 a 3 metros de radio). En este sentido, como se ha comentado, con mucha frecuencia se dispone al robot suspendido boca abajo sobre la pieza.

Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costos totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances.

Muchos procesos de ensamblado se han automatizado empleando máquinas especiales que funcionan con gran precisión y rapidez. Sin embargo, el mercado actual precisa de sistemas muy flexibles, que permitan introducir frecuentes modificaciones en los productos con unos costos mínimos. Por este motivo el robot industrial se ha convertido en muchos casos en la solución ideal para la automatización del ensamblaje.

En particular, el robot resuelve correctamente muchas aplicaciones de ensamblado de piezas pequeñas en conjuntos mecánicos o eléctricos. Para ello el robot precisa de una serie de elementos auxiliares cuyo costo es similar o superior al del propio robot el uso de sensores es indispensable para la realización de una celda de manufactura automatizada.

Estos sensores son indispensables en muchos casos debido a las estrechas tolerancias con que se trabaja en el ensamblaje y a los inevitables errores, aunque sean muy pequeños, en el posicionamiento de las piezas que entran a formar parte de él. Los robots empleados en el ensamblaje requieren, en cualquier caso, una gran precisión y repetitividad, no siendo preciso que manejen grandes cargas.

- **Paletización**

La paletización es un proceso básicamente de manipulación, consistente en disponer piezas sobre una plataforma o bandeja (pallet). Las piezas en un pallet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión. Los pallets son transportados por diferentes sistemas (cintas transportadoras, carretillas, etc.) llevando su carga de piezas, bien a lo largo del proceso de fabricación, bien hasta el almacén o punto de expedición.

Dependiendo de la aplicación concreta, un pallet puede transportar piezas idénticas (para almacenamiento por lotes por ejemplo), conjuntos de piezas

diferentes, pero siempre los mismos subconjuntos procedentes de ensamblados) o cargas de piezas diferentes y de composición aleatoria (formación de pedidos en un almacén de distribución). Existen diferentes tipos de máquinas específicas para realizar operaciones de paletizado. Éstas frente al robot, presentan ventajas en cuanto a velocidad y costo, sin embargo, son rígidas en cuanto a su funcionamiento, siendo incapaces de modificar su tarea de carga y descarga. Así pues, los robots realizan con ventaja aplicaciones de palatización en las que la forma, número o características generales de los productos a manipular, cambian con relativa frecuencia.

En estos casos, un programa de control adecuado permite resolver la operación de carga y descarga, optimizando los movimientos del robot, aprovechando la capacidad del pallet atendiendo a cualquier otro imperativo.

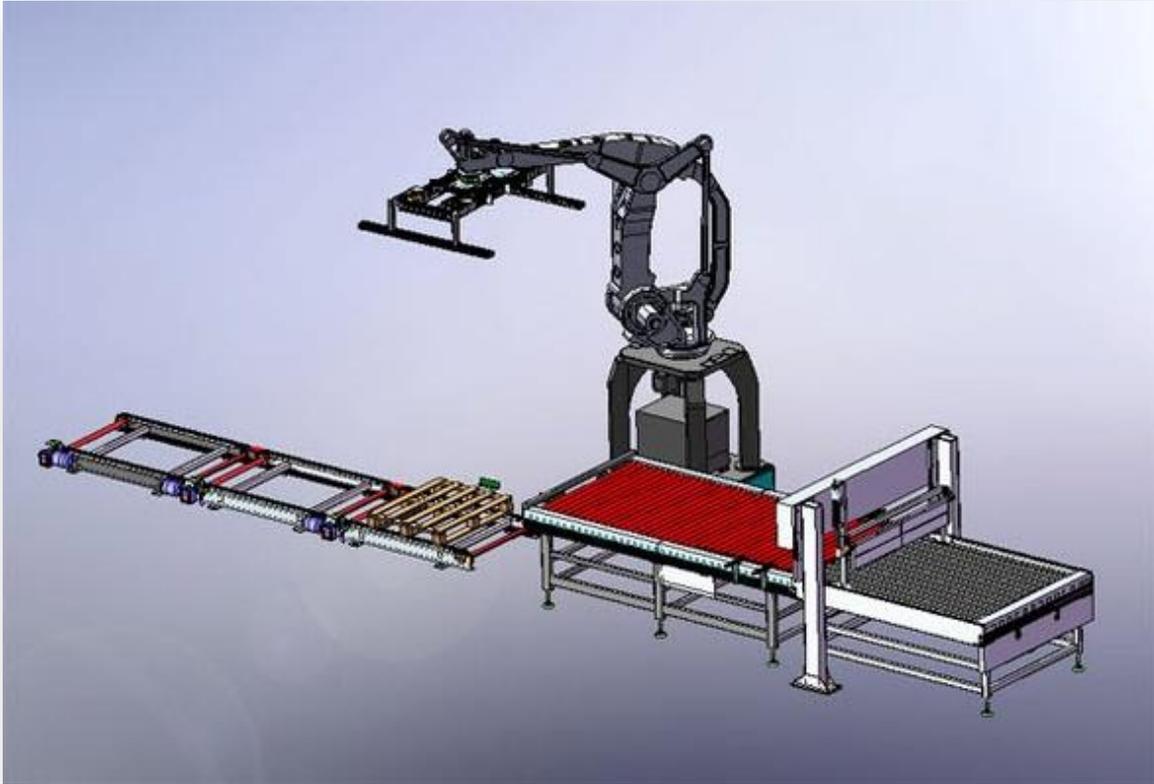
Generalmente, las tareas de palatización implican el manejo de grandes cargas, de peso y dimensiones elevadas. Por este motivo, los robots empleados en este tipo de aplicaciones acostumbran a ser robots de gran tamaño, con una capacidad de carga de 10 a 100 kg. No obstante, se pueden encontrar aplicaciones de paletización de pequeñas piezas, en las que un robot con una capacidad de carga de 5 kg es suficiente.

Las denominadas tareas de pick and place, aunque en general con características diferentes al paletizado, guardan estrecha relación con este. La misión de un robot trabajando en un proceso de pick and place consiste en recoger piezas de un lugar y depositarlas en otro. La complejidad de este proceso puede ser muy variable, desde el caso más sencillo en el que el robot recoge y deja las piezas en una posición prefijada, hasta aquellas aplicaciones en las que el robot precisa de sensores externos, como visión artificial o tacto, para determinar la posición de recogida y colocación de las piezas. Al contrario que en las operaciones de paletizado, las tareas de picking suelen realizarse con piezas pequeñas (peso inferior a 5Kg) necesitándose velocidad y precisión.

Un ejemplo típico de aplicación de robot al paletizado sería la formación de pallets de cajas de productos alimenticios procedentes de una línea de empaquetado. En estos casos, cajas de diferentes productos llegan aleatoriamente al campo de acción del robot. Ahí son identificadas bien por una célula de carga, por alguna de sus dimensiones, o por un código de barras.

Conocida la identidad de la caja, el robot procede a recogerla y a colocarla en uno de los diferentes pallets que, de manera simultánea, se están formando. El propio robot gestiona las líneas de alimentación de las cajas y de pallets, a la vez que toma las decisiones necesarias para situar la caja en el pallet con la posición y

orientación adecuadas de una manera flexible. El robot podrá ir equipado con una serie de ventosas de vacío y su capacidad de carga estaría entorno a los 50kg.



**Figura 2.5.6.- Paletizado**

## **2.6 Principios de automatización**

Refiriéndonos al ámbito industrial puede resumirse a la automatización como el estudio y aplicación de diversas estrategias de control a los procesos industriales, integrando diferentes tecnologías.

La implementación de estas estrategias puede ser llevada a cabo de muy diferentes formas, pero hasta hace algunos años, la práctica común consistía en el control de secuencias de operación en base a bloques de relés y la utilización de módulos especiales para control de variables continuas como la temperatura y tableros indicadores luminosos, para proveer la interfaz con un operador

supervisor. Sin embargo cuando debía cambiarse el proceso, tenían que realizarse modificaciones substanciales en el sistema de control, lo que traía como consecuencia grandes costos y demoras. Si el proceso era tal, que podían ser previsibles algunos cambios periódicos del mismo, este sistema de supervisión y control estaba fuera de consideración, ya que se requería de algún tipo de modificación en el diseño inicial. Así, una secuencia que en un sistema no requería facilidad de modificación, estaba controlado por un bloque de relés, que podía ser gobernado por un secuenciador a levas en un sistema más flexible.

En la década de los setenta, la complejidad y las prestaciones de los sistemas de control se incrementaron gracias al empleo de circuitos integrados y en particular los de tipo programable (sistemas basados en microprocesadores).

Al tiempo que se desarrollaban lo hacían también las computadoras digitales, si bien su empleo en la industria quedaba restringido al control de procesos muy complejos, debido a su elevado costo, necesidad de personal especializado para su instalación, manejo y a la poca facilidad de interconexión (interfaz) con el proceso, donde se manejan habitualmente tensiones y corrientes elevadas, para las cuales no suele estar preparado el computador.

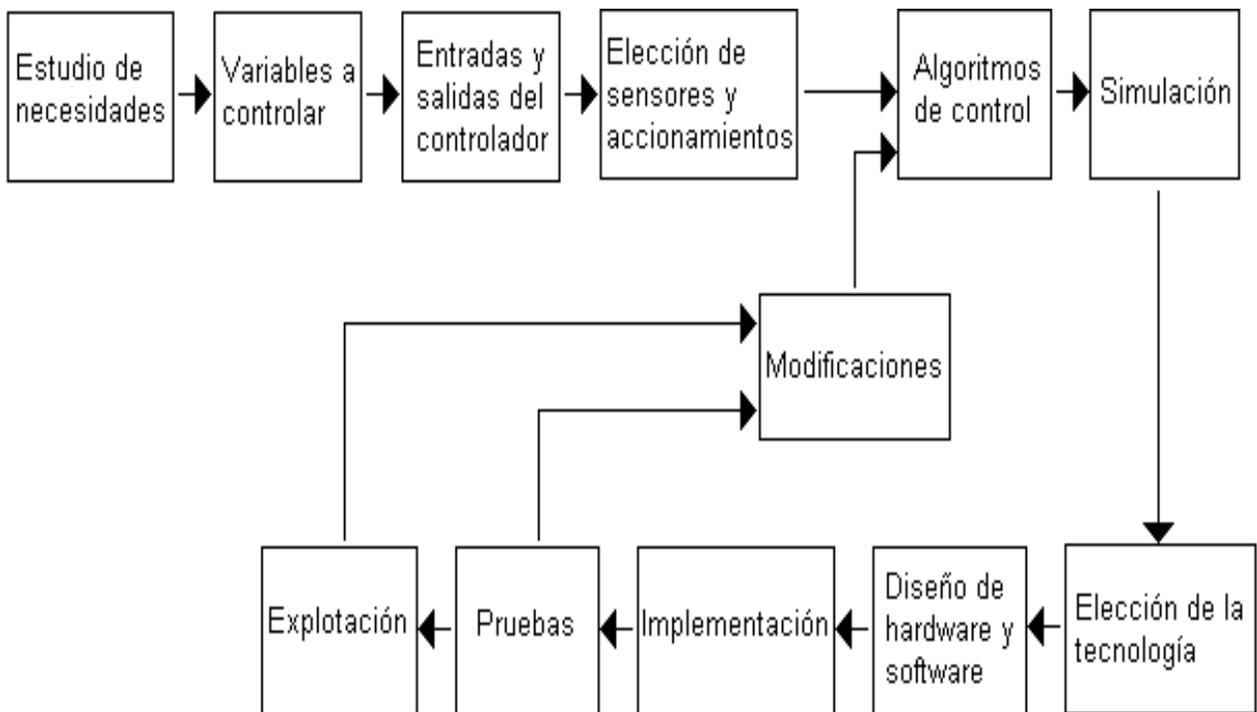
La demanda en la industria de un sistema económico, robusto, flexible, fácilmente modificable, hizo que se desarrollarán los **Autómatas Programables Industriales** abreviadamente **API** o **PLC** (**Controlador Lógico Programable**). Los API aparecieron en Estados Unidos respondiendo a los deseos de la industria automotriz de desarrollar cadenas de fabricación automatizadas que pudieran seguir la evolución de las técnicas y de los modelos fabricados, sustituyendo así a los armarios con relés a causa de su flexibilidad (puesta en acción, evolución) pero también en los automatismos de mando complejo, los costos de cableado y de la puesta a punto eran muy elevados.

El mercado automotriz dio origen a los productos de dos de las más grandes empresas: **Modicon y Allen-Bradley**. Los autómatas actuales han mejorado sus prestaciones respecto a los primeros en muchos aspectos, pero fundamentalmente a base de incorporar un conjunto de instrucciones más potente, mejorar la velocidad de respuesta y dotar al autómata de capacidad de comunicación con diferentes protocolos. El conjunto de instrucciones incluyen actualmente a parte de las operaciones lógicas con bits, temporizadores y contadores, así como otra serie de operaciones lógicas con palabras, operaciones aritméticas, tratamiento de señales analógicas, funciones de comunicación y una serie de funciones de control no disponibles en la tecnología clásica de relés.

En el control automático industrial, La utilización del **PLC** interviene en casi todas la etapas de las operaciones industriales, en ámbitos tan diversos como las industrias de transformación, transporte, máquinas herramientas, celdas de manufactura, robots, etc. Para logara una buena automatización se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Simplificar considerablemente el trabajo del hombre a quien libera de la necesidad de estar permanentemente situado frente a la máquina, pudiendo dedicarse a otras actividades.
- Eliminar las tareas complejas, peligrosas, pesadas o indeseables.
- Facilitar los cambios en los procesos de fabricación permitiendo pasar de una cantidad o de un tipo de producción a otro.
- Mejorar la calidad de los productos al supervisar el propio sistema los criterios de fabricación y tolerancias.
- Incremento de la producción.
- Optimizar material y energía.

La disponibilidad de estos nuevos dispositivos y funciones en el campo del control industrial obliga a replantear la configuración y los propios métodos de diseño de los automatismos, la figura1.3 muestra un diagrama a bloques de los principales pasos a seguir en el desarrollo del proyecto de un sistema automático de control.



**Figura 2.6.1.- Fases de Proyecto de un Sistema de Control**

## ▪ **Automatización**

La automatización tiene que ver con la aplicación de tecnología mecánica, electrónica, y los sistemas computarizados para operar y controlar un proceso de producción.

Dentro de los elementos que se consideran más importantes de la automatización se tienen:

- Las herramientas automáticas para procesar partes.
- Las máquinas automáticas ensambladoras.
- Los robots industriales.
- Las bandas transportadoras y los almacenes automáticos.
- La inspección automática para el control de calidad.
- Los sistemas de control con retroalimentación computarizados.
- Los sistemas computarizados para planeación, recolección de datos y toma de decisiones para soportar las actividades de manufactura.

### • **Principales Tipos de Automatización**

Los sistemas de producción automática se pueden clasificar en tres tipos básicos:

- a. Automatización Fija.
- b. Automatización Programable.
- c. Automatización Flexible.

a. **La Automatización Fija** es un sistema en el cual la secuencia del proceso o ensamble de operaciones está fija por la configuración del equipo. La secuencia de operaciones es simple. Lo que hace que el sistema sea complejo es la integración y coordinación de muchas operaciones en una pieza. Las características típicas de la automatización fija son:

- Alta inversión inicial para los equipos.
- Altos índices de producción.
- Relativa inflexibilidad en la programación de cambios de la producción.

La justificación económica de la automatización fija, es en la fabricación de productos con alta demanda y volumen. El costo inicial de adquirir el equipo se puede dividir en un gran número de unidades, lo que hace que las unidades

producidas puedan tener un costo atractivo comparado con otras alternativas de producción.

Algunos ejemplos de automatización fija incluyen las líneas de ensamble automatizadas, y las máquinas transportadoras de piezas.

- b. **En la Automatización Programable**, el equipo de producción está diseñado con la capacidad de realizar cambios en la secuencia de producción, para poder así acomodar diferentes configuraciones de productos al momento deseado.

Las secuencias de operaciones son controladas por un programa, el cual cuenta con una serie de instrucciones y de esta manera puedan ser leídos e interpretados por la máquina.

Las características típicas de la automatización programable son:

- Alta inversión en equipo general.
- Un índice de producción ligeramente menor que el de la automatización fija.
- Flexibilidad para manejar los cambios de producción.
- Mayor conveniencia para la producción por lotes.

En general la automatización programable se ha usado en producción con volúmenes bajos y medianos. Y en producción principalmente por lotes. Para producir cada nuevo lote, el sistema debe reprogramarse con una nueva serie de instrucciones adecuadas a cada producto.

Algunos ejemplos asociados con la automatización programable son: Las máquinas de control numérico así como los robots industriales.

**La automatización Flexible**, es una extensión de la automatización programable, este tipo de automatización tiene la capacidad de producir una variedad de productos o partes con la ventaja de no perder tiempo entre los cambios de un producto a otro.

Por lo que se dice que este sistema puede producir varias combinaciones y diferentes programaciones para los productos, en lugar de tener que trabajar por lotes diferentes.

Las características típicas de la automatización flexible son:

- Alta inversión por un sistema especializado.
- Producción continua de una diversidad de productos.
- Un índice de producción media.
- Gran flexibilidad para manejar cambios en los diseños de los productos.

La principal diferencia entre la automatización flexible y la programable es la capacidad para cambiar de productos sin perder tiempo. Esta ventaja es muy importante debido a que podemos tener una producción continua sin perder tiempo entre un lote de producción y otro como. Los avances en la tecnología de los sistemas computarizados forman una parte esencial en la automatización flexible.

- Principales Razones para Automatizar

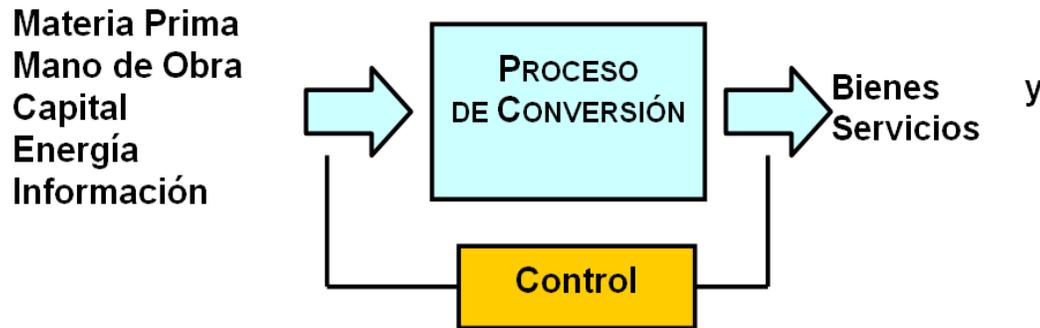
Algunas de las razones principales para automatizar se resumen a continuación:

1. Incrementar la productividad.
2. Menor costo por unidad producida.
3. Reducción del trabajo manual.
4. Tendencia de utilizar menos mano de obra.
5. Mayor Seguridad.
6. Reducción de Desperdicios.
7. Mayor calidad en las piezas producidas.
8. Menor tiempo en el procesamiento de pedidos.
9. Reducción en el nivel de inventarios.
10. Amplia ventaja competitiva.

## **2.7 Sistemas de Producción**

Por lo común se ha pensado que los sistemas productivos son mecanismos destinados a convertir determinada materia prima en materia útil. Se ha puesto en claro que muchas fases de los sistemas productivos se pueden automatizar, que muchas áreas de decisión importantes pueden reducirse a reglas automáticas, y que es posible convertir las computadoras en controladoras de procesos. Pero no podemos suponer que la maquinaria productiva ejecute automáticamente su tarea. Alguien debe diseñar los sistemas productivos como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2.7.1, de información y control necesarios para su operación.

Los productos están hechos gracias a una combinación de labores manuales, maquinaria, herramienta y energía. Este proceso de transformación por lo general incluye una serie de pasos, a los cuales se les conoce como operaciones de producción



### 2.7.1.- Esquema Básico de un Sistema de Producción

#### ▪ Tipos de Producción

Una forma de clasificar las actividades de producción es según la cantidad de productos manufacturados. En esta clasificación podemos encontrar

- A) **Producción en taller.** Se caracteriza por su bajo volumen. Este tipo de producción se da por lo general para cumplir con órdenes específicas de los clientes, y existe una gran variedad de actividades en la planta. Por esto el equipo de producción debe ser flexible y con un propósito general que permita esta variedad de trabajo. Además el nivel de destreza del trabajo de los trabajadores del taller debe ser alto para poder cumplir con un rango muy amplio de actividades. Algunos ejemplos de este tipo de producción pueden ser: vehículos espaciales, aeronaves, herramientas y equipo especiales, así como prototipos de productos nuevos.
  
- B) **Producción por lote.** Esta categoría incluye lotes medianos de un mismo producto. Estos se pueden producir una sola vez o en intervalos de tiempo determinados. El propósito de la producción en lote es satisfacer demandas continuas de un artículo. La capacidad de producción de la planta debe exceder la demanda esperada. En esta categoría se busca tener un inventario de cierto producto, mientras se producen otro tipo de artículos y cuando se termine el inventario del primer producto se fabricara

otro lote. La maquinaria usada en la producción por lotes es de propósito general pero diseñado para cubrir con volúmenes altos. Ejemplos de esta categoría son equipo industrial, muebles, libros, y componentes de muchos productos comunes como electrodomésticos.

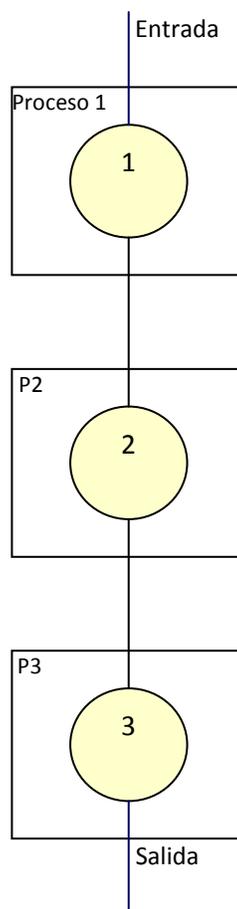
- C) **Producción en masa.** Se entiende como la manufactura especializada continua de productos idénticos. Se caracteriza por índices de producción muy altos, equipo que es completamente dedicado a la manufactura de un producto en particular y un muy alto índice de demanda del producto. Por lo general no solo una máquina está dedicada a un solo producto sino toda la planta. La inversión en maquinaria y herramienta especializada es alta. Se podría decir que las técnicas de producción se transfieren del operador a la máquina, como es de suponerse el nivel de destreza en las labores de producción es menor en esta clase que la necesaria en las dos anteriores.

Otra forma de clasificar a los Sistemas de Producción es por la circulación de los materiales dentro de éste, a medida que se lleva a cabo el proceso de conversión. El grado de continuidad del flujo determina que los sistemas se clasifiquen en:

- **Flujo continuo:** destilerías, fábricas de papel, servicios disponibles las 24 hrs
- **Flujo intermitente:** talleres de reparación de matricería, comidas a domicilio, servicios de salud.
- **Por montaje:** son una combinación de las dos anteriores. Fabricación de automóviles, de electrodomésticos, autoservicios, etc.
- **Por proyecto:** un caso límite de los intermitentes, donde se fabrica de a un producto, generalmente en un lugar determinado, por ejemplo la construcción de un barco, de un edificio, de los servicios de consultoría, etc.

- **Posibles Distribuciones de un Sistema de Producción**

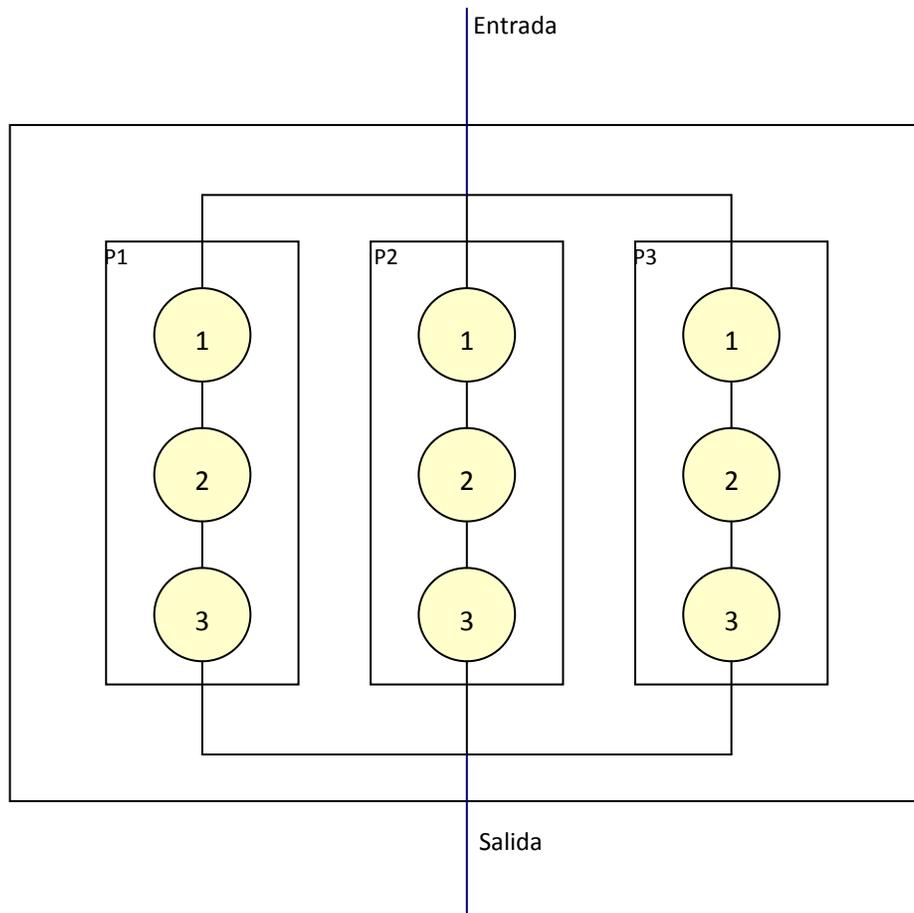
- En serie: El caudal de entrada de cada sistema es el caudal de salida del anterior, y la eficiencia de cada sistema condiciona a la eficiencia del conjunto, es decir, que si uno deja de funcionar, se paraliza toda la producción, este tipo de distribución se muestra en la figura 2.7.2.



**Figura 2.7.2.- Distribución en Serie**

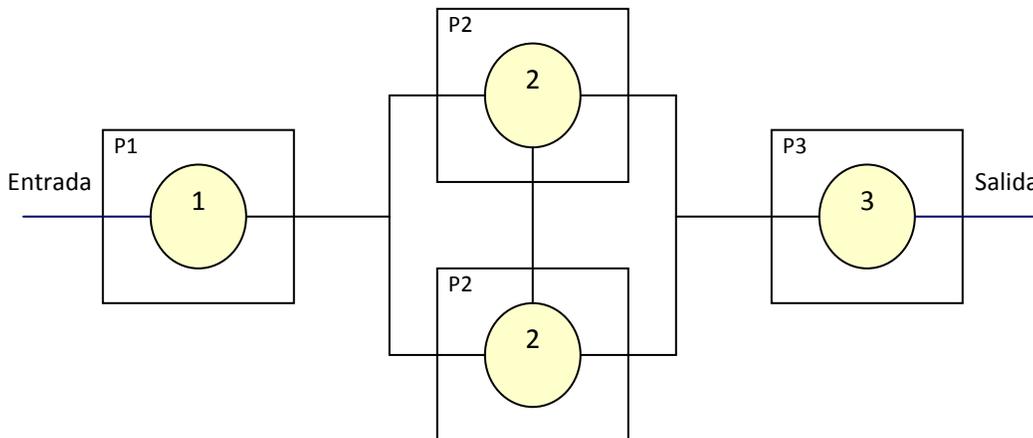
- En paralelo
  - Son “n” sistemas en el que cada uno de ellos realiza todas las operaciones del proceso.
  - El caudal de entrada es el mismo para cada uno de los sistemas.
  - La eficiencia de cada sistema no afecta a la del conjunto.
  - El caudal de salida es la suma del caudal de salida de cada uno

Mostrado este tipo de distribución en la figura 2.7.3.



**Figura 2.7.3.- Distribución en Paralelo**

- Combinada o mixta
  - Es una combinación de los dos sistemas anteriores.
  - Cada parte presenta las características propias de cada esquema particular constitutivo.
  - Es muy utilizada cuando los sistemas laborales no tienen la misma capacidad de producción, por lo que se incorporan sistemas en paralelo, de tal forma de balancear la producción del conjunto, como se indica en la figura 2.7.4.

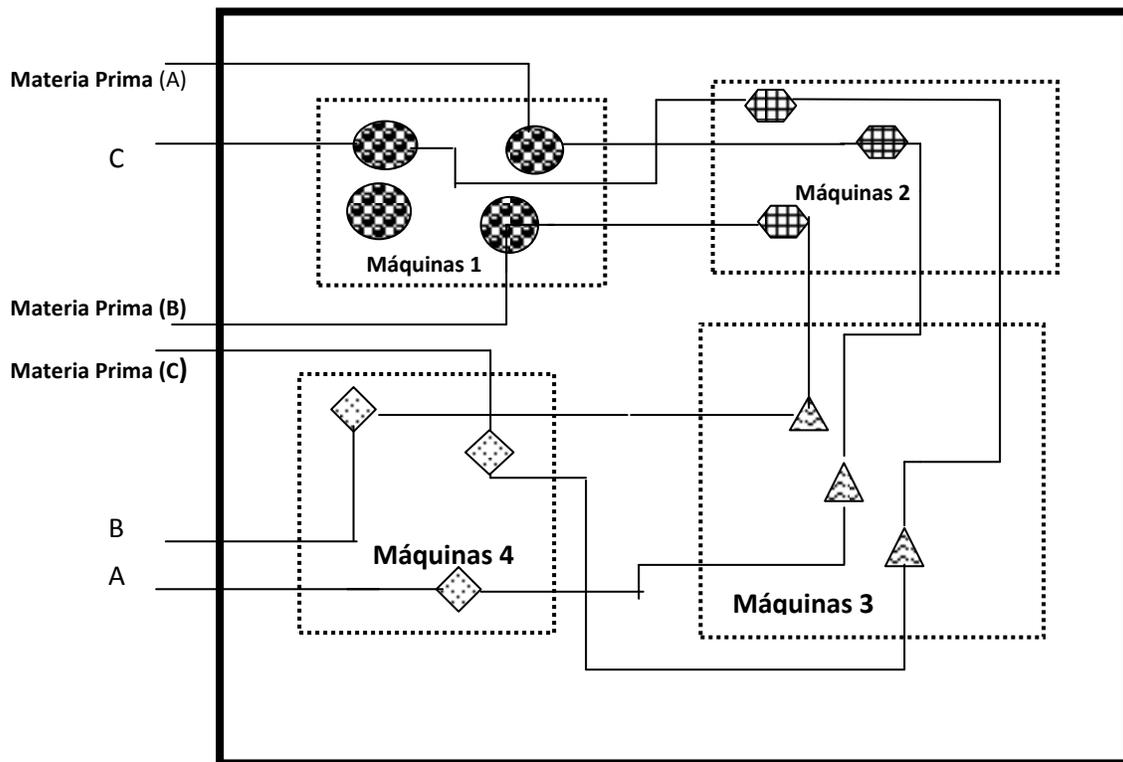


**Figura 2.7.4.- Distribución Mixta**

## 2.8 Distribución por Procesos

Se efectúa agrupando las máquinas o procesos del mismo tipo.

Es un sistema laboral estacionario y se le conoce con el nombre de Fabricación según principio de realización.



**Figura 2.8.1.- Distribución por Procesos**

¿Cuándo conviene usar esta distribución? :

- Cuando se fabrica una gran variedad de productos.
- Cuando se produce en lotes pequeños.
- Cuando la demanda es intermitente.

**Ventajas:**

- Flexibilidad de la producción.
- Menores inversiones en maquinaria.
- Mayor utilización del equipo.
- La producción no se interrumpe por rotura o reparación de una máquina.
- Alta especialización de los operarios en el manejo de las máquinas.
- Mejores posibilidades de aislar y controlar procesos contaminantes o generadores de humos, calor, etc.

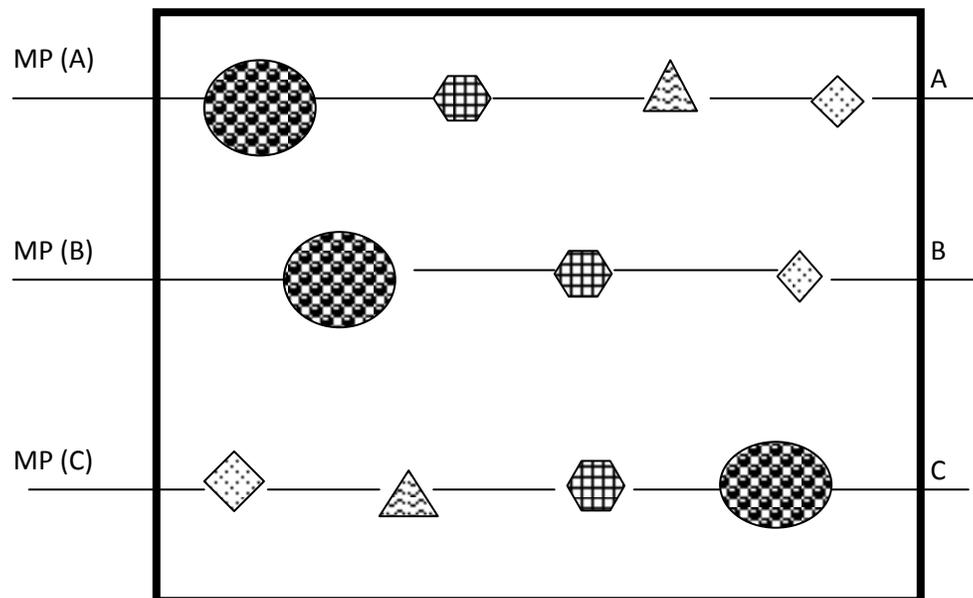
**Desventajas:**

- No existen rutas fijas ni directas.
- Mayor manipulación de materiales.
- Elevada producción en proceso.
- Mayor congestión de rutas y áreas de trabajo.
- Difícil de programar y reprogramar.
- Dificultad para controlar.

## 2.9 Distribución por Producto

La disposición de las máquinas sigue al producto, según la secuencia de las operaciones a realizar para fabricarlo.

También es un sistema laboral estacionario que se conoce con el nombre de Fabricación según el principio de flujo.



**Figura 2.9.1.- Distribución por Producto.**

¿Cuándo conviene usar esta distribución? :

- Cuando la variedad de productos es pequeña
- Cuando se fabrica en grandes volúmenes.
- Cuando la demanda es estable.
- Cuando la línea se puede equilibrar en cuanto al tiempo.

Ventajas:

- Rutas directas
- Menor manipulación de materiales, por lo que se requiere menos espacio físico y menos mano de obra para el transporte.
- Bajo stock en recurso.
- Programación de la producción sencilla.
- La supervisión y el control se simplifican.
- Menor el costo de mano de obra directa por especialización en la operación.

Desventajas:

- Sistema rígido (poca flexibilidad)
- La inversión en el capital fijo es mayor, se pueden necesitar varias máquinas similares en varias líneas.
- La repetición de actividades genera monotonía.
- Equipo especializado.
- La producción se ve interrumpida por la avería de un máquina.

- **Distribución por Posición Fija**

En este tipo de distribución los recursos (operarios, materiales, máquinas, herramientas, etc.) concurren al bien que se produce o al servicio que se presta, por lo que es un sistema laboral móvil. Se utiliza cuando el objeto a elaborar es muy grande, lo que dificulta o torna muy costoso su movimiento.

Ejemplo: la construcción de un barco, de un gasoducto, de un dique, de un edificio, de una autopista, un equipo de intervención quirúrgica, etc.

- **Distribución Celular**

Se usa cuando se fabrican familias de productos. Las células de producción se configuran disponiendo las máquinas necesarias para la elaboración, juntas y en forma de **U**, buscando que el operario las pueda atender simultáneamente, sin necesidad de desplazarse, y con todo al alcance de su mano.

También se pueden utilizar máquinas de control numérico asistidas por computadora, donde el trabajo se controla automáticamente, por medio de un dispositivo que utiliza datos numéricos, que se introducen, generalmente, a medida que transcurre la operación.

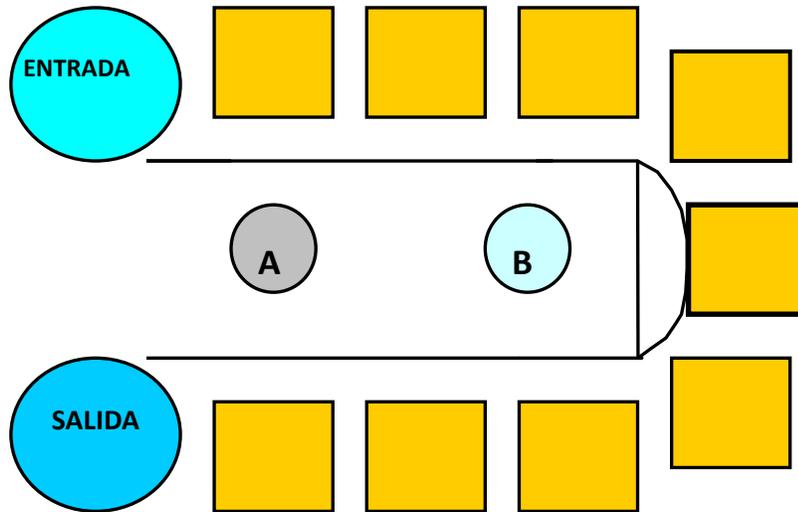


Figura 2.9.2.- Distribución por Células.

- **Producción en Celdas Flexibles**

Consiste en un conjunto de diferentes estaciones de trabajo, que son relativamente independientes, y que se encuentran vinculadas por medio de un control computarizado o robot, realizándose la carga, la operación de las máquinas y el movimiento de los materiales, en forma automática. Este tema de distribución se describe más adelante.

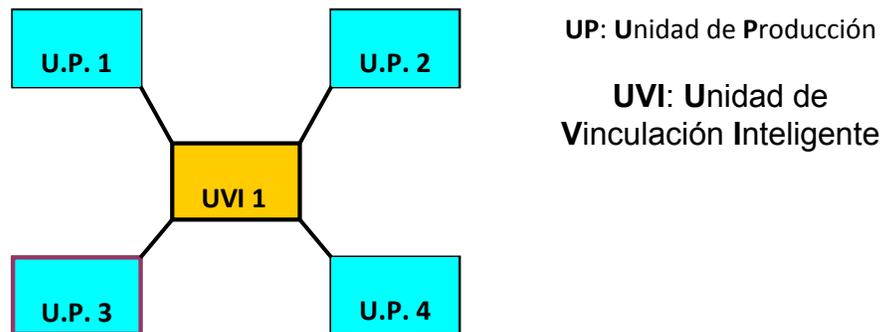


Figura 2.9.3.- Celda de Manufactura Flexible



## CAPÍTULO 3

# CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS FÍSICOS PARA IMPLEMENTAR CELDAS DE TRABAJO

### 3.1 Introducción

En comunicaciones, aviación y astronáutica, se han estado utilizando dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos de guía y los sistemas automatizados de control para efectuar diversas tareas con mayor rapidez y precisión.

La automatización para la industria, es usar tecnología que integre un proceso de control a través de dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en un programa establecido por el integrador para el manejo de algunas variables, mediante su monitoreo y comparación con un valor esperado del proceso; esto se realiza de manera automática, generando en el sistema mayor productividad, confiabilidad, estabilidad y calidad en sus resultados.

Un proyecto de automatización se inicia cuando una empresa identifica una oportunidad de mejora dentro de sus procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Tal oportunidad puede ser un incremento en la producción, el perfeccionamiento en los atributos y cualidades de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores o lo más común, mantener la fabricación y calidad dentro de las normas actuales pero disminuyendo los costos totales asociados a la producción

La automatización de los procesos productivos se establece como una herramienta fundamental que permite a las empresas un desarrollo propio, dinámico y competitivo, facilitando la relación entre las diferentes áreas de la organización o empresa. Por lo que es muy importante encontrar una buena metodología o procedimiento adecuado y eficaz, que permita a la industria regional, automatizar bienes de producción particularmente con el uso de Robots y controladores lógicos programables, sensores y actuadores Actualmente en la industria se una infinidad de dispositivos con características específicas que permiten integrar proyectos en todas las escalas para el cumplimiento de la tarea

## 3.2 Sensores

Un *sensor* es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida que es función de la variable medida, en la figura 3.2.1 se muestran algunos tipos de sensores.

Un **transductor** es un dispositivo que transforma un tipo de energía a otro. Por lo que sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso; implican la ampliación de los sentidos para lograr adquirir un conocimiento de cantidades físicas, que por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Un transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y la salida no deben ser homogéneas.

Actualmente para su estudio los sensores se han clasificado de acuerdo a:

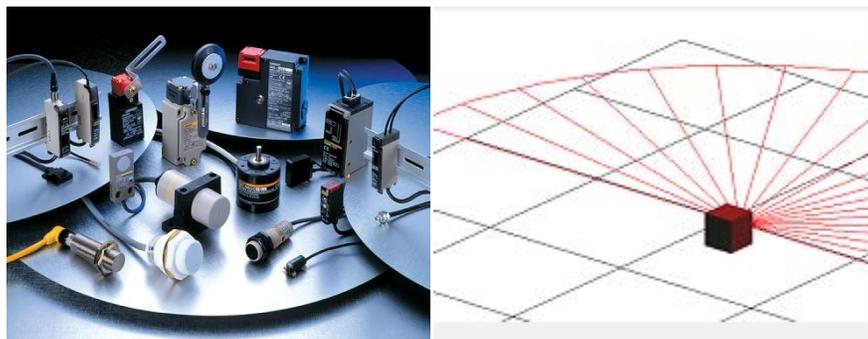
- a. El aporte de energía.
- b. La señal de salida.
- c. El modo de su funcionamiento.
- d. El tipo de entrada-salida.



**Figura 3.2.1.- Sensores**

- a) Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en *moduladores y generadores*.
  - **Los sensores moduladores o activos**, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida.
  - **Los sensores generadores o pasivos**, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.
- b) Según su señal de salida, los sensores se pueden clasificar en analógicos y digitales.

- **Los sensores analógicos**, la salida varía a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, “casi digitales”, por la facilidad con que se pueden convertir en una salida digital.
- **Los sensores digitales**, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requiere de conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad y mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés, en la figura 3.2.2 se muestran algunos sensores físicos.



**Figura 3.2.2.- Tipos de Sensores Físicos**

- c) Según el modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación.
- Los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil.
  - En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo. Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

- d) Según el tipo de entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, primer orden, segundo orden, o de orden superior
- El orden está con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control en lazo cerrado

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de Energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de Salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de Posición
Modo de Operación	De Reflexión De Comparación	Acelerómetro de Deflexión

- **Sensores Capacitivos**

Entre las aplicaciones más inmediatas de los sensores capacitivos, están la medida de desplazamientos lineales y angulares, y los detectores de proximidad. Estos últimos tienen un alcance superior al doble de los detectores inductivos, y se pueden aplicar no sólo a metales sino también a dieléctricos como papel, madera, vidrio y plástico. Pueden detectar incluso a través de una pared o caja de cartón. Los sensores capacitivos permitirán la medida de cualquier magnitud que se pueda convertir en un desplazamiento, como pueden ser la presión, la fuerza o par, o la aceleración. Otra de las aplicaciones muy frecuentes, además de las medidas de desplazamientos, es la medida de nivel de líquidos conductores y no conductores (aceite, gasolina).

**Inductivos:** Los sensores inductivos son capaces de detectar a distancia objetos metálicos que atraviesan su campo magnético. Se utilizan principalmente para medir el desplazamiento y posición, y generalmente como detectores de proximidad de objetos metálicos férricos, en particular en entornos industriales, con polvo y vibraciones. En éstas condiciones, tanto los interruptores electromecánicos como los detectores ópticos, tienen escasa fiabilidad. Un tipo de aplicación distinta es la medida de espesores. Se basa en medir el flujo magnético, que varía en función del espesor de la pieza, pues la reluctancia varía según las dimensiones del camino que recorre el flujo y se puede hacer que éstas dependan del espesor.

**Bimetálicos:** Estos dispositivos se emplean en el margen de  $-75$  a  $+540$  °C y en particular desde  $0$  a  $300$  °C. Se emplean como actuadores para abrir o cerrar contactos y para protección en interruptores térmicos de circuitos eléctricos. Otras aplicaciones que no son de medida son: la compensación térmica en dispositivos mecánicos sensibles a la temperatura y la detección de incendios.

**Presión:** Los sensores de presión se utilizan para medir la presión en líquidos o gases, particularmente en el control de procesos.

**Fuerza y Par:** Al aplicar un esfuerzo mecánico a un elemento elástico inmóvil, éste se deforma hasta que las tensiones generadas por la deformación igualan las debidas al esfuerzo aplicado. El resultado es un cambio en las dimensiones del elemento, que si tiene una forma apropiada puede ser proporcional al esfuerzo mecánico.

- **Sensores Resistivos**

Los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Ello se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material. Para la clasificación de los diversos sensores de esta clase se toma como criterio el tipo de magnitud física medida. El orden seguido es el de variables mecánicas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas.

**Ultrasonido:** Las aplicaciones de los ultrasonidos a la medida de magnitudes físicas están normalmente relacionadas con su velocidad, su tiempo de propagación y, en algunos casos, con la atenuación o interruptor de haz propagado. Una de las aplicaciones más extendidas son los caudalímetros ultrasónicos, en particular los basados en el efecto de Doppler. En las aplicaciones basadas en el tiempo de propagación de radiación, normalmente en forma de pulso estrecho. El objeto puede ser líquido, sólido, granular o polvo y en cualesquiera propiedades eléctricas y ópticas.

La reflexión de ultrasonidos en la interface aire-líquido o aire-grano se emplea para medir el nivel de líquidos en un depósito o granos en silos.

Los detectores de proximidad basados en ultrasonidos emplean emisores de pulsos que se propagan en un haz cónico estrecho y se reflejan hacia el receptor. Se emplean para distancias de  $0.255$  a  $13\text{m}$ . Se emplean para enfoque automático en cámaras fotográficas y de video, para evitar colisiones entre vehículos guiados automáticamente y para medir distancias y grosor en robots.

**Fibra Óptica:** El desarrollo de la tecnología de la fibra óptica en el ámbito de las comunicaciones, ha llevado a un nivel de conocimientos que ha permitido aplicarla a sensores basados en fibras ópticas, prácticamente desconocidos antes de 1977.

Algunas de las ventajas que explican el rápido desarrollo de los sensores basados en fibras ópticas, son su mayor sensibilidad respecto a otras técnicas de medida, la versatilidad en las disposiciones geométricas posibles, la capacidad de detección de múltiples magnitudes físicas y químicas, la tolerancia de condiciones ambientales difíciles como pueden ser campos electromagnéticos intensos, temperaturas elevadas o medios corrosivos, y por supuesto, su compatibilidad con sistemas de telemetría basados en fibras ópticas.

**Opto eléctricos:** El cuerpo de este tipo de sensor contiene tanto el elemento emisor como el receptor. El emisor emite un haz de luz infrarroja modulada. El objeto detectado refleja una parte del haz con lo que es activado el receptor. La distancia de conmutación es de máxima 600mm, dependiendo de la capacidad de reflexión de la superficie.

**Barrera de Luz:** El emisor irradia luz infrarroja que llega al receptor. Si se interrumpe el haz de luz, el sensor conmuta. Si los objetos que se detectan son transparentes, es posible regular la sensibilidad dentro de determinados límites mediante un potenciómetro.

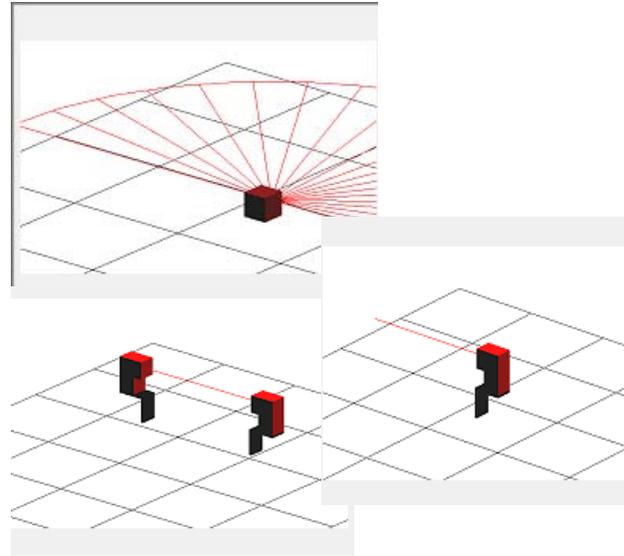
**Barrera de Reflexión:** El emisor irradia luz roja que es reflejada por un reflector a una distancia máxima de 2m. Si se interrumpe el haz de luz, el sensor conmuta.

- **Características de Sensores en Cosimir**

En Cosimir están disponibles distintos sensores, cada uno con características específicas las cuales son tomadas del dispositivo real, como se muestra en la figura 3.2.3 algunos sensores virtuales.

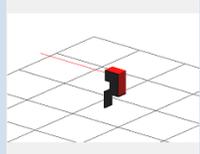
Los sensores están disponibles en la librería Miscellaneous Sensors y son los siguientes:

- 2D Scanner
- Color sensor
- Light Barrier
- Optical Distance Sensor
- Proximity Sensor (Capacitive)
- Proximity Sensor (Inductive)
- Sensor HN24MGV
- Sensor IFS579



**Figura 3.2.3.- Sensores en Cosimir**

Algunas de las características se muestran en la siguiente tabla.

Sensor	Outputs	Descripción	Imagen
Sensor Color	Out_red	Salida , detección de pieza roja	
	Out_green	Salida , detección de pieza Verde	
	Out_blue	Salida , detección de pieza Azul	

### 3.3 Sistemas de Bandas

Estos sistemas son usados cuando los materiales deben ser movidos en relativamente grandes cantidades entre sitios especificos en una ruta arreglada. La mayoría de los sistemas de bandas son alimentados por una fuente de poder para poder mover las cargas sin embargo hay sistemas que utilizan la gravedad para lograr que la carga viaje de un punto elevado a otro por debajo. Con respecto a las características anterior las bandas tienen los siguientes atributos:

- Por lo general mecanizadas y algunas veces automatizadas.
- Están fijas para establecer las rutas.
- Pueden estar montadas en el piso o bien elevadas.
- Casi siempre se limitan a llevar un flujo en un solo sentido.
- Mueven cargas discretas, aunque algunas se pueden usar para cargas continuas o pesadas.
- Pueden usarse sólo para la entrega del material, como para la entrega más el almacenamiento de éste.

Una característica común de las bandas con fuente de poder es que el mecanismo guía está construido dentro de la propia ruta, es decir, los contenedores individuales no tienen alimentación propia, en la figura 3.3.1 se muestra un sistema de bandas de transportación.



**Figura 3.3.1.- Sistema de Bandas**

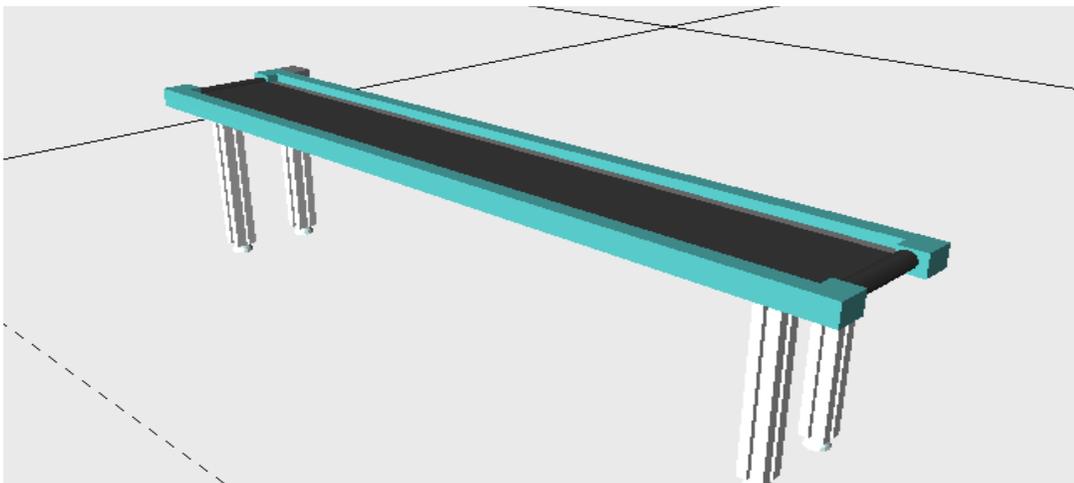
- **Tipos de Bandas**

Se podrían clasificar como sigue:

- a) **Bandas de Rodillos.** Es un tipo muy común. La ruta consiste en una serie de tubos (rodillos) que son perpendiculares a la dirección del viaje. Estos rodillos se sostienen en un marco que eleva el camino del nivel del piso, pueden ser desde unos cuantos centímetros hasta metros. Por los rodillos se transportan plataformas o carritos. Las bandas de rodillos pueden funcionar por gravedad o con una fuente de poder, se pueden usar para llevar cargas entre operaciones de manufactura, de un almacén a otro o bien en aplicaciones de distribución.
- b) **Bandas con Cinturón.** Se pueden encontrar de dos formas diferentes: Con cinturón liso para plataformas, partes e incluso algunos materiales pesados o bien con cinturón de textura para materiales pesados. El material es colocado en la superficie del cinturón y se transporta por la ruta establecida. El cinturón se encuentra alrededor de un marco que cuenta con rodillos colocados a cierta distancia. Este mecanismo es el que logra que el cinturón se mueva.
- c) **Bandas con Cadenas.** Están construidas por cadenas que llevan arreglos sobre y por debajo de engranes. Estos engranes son alimentados por una fuente de poder y se encuentran al final de la ruta establecida. Puede haber una o varias cadenas operando en paralelo para formar la banda. Las cadenas viajan por canales que proporcionan el soporte, ya sea que éstas se deslicen por el canal o bien se muevan sobre rodillos. Las cargas por lo general van sobre las cadenas, algunas veces se utilizan barras que sobresalen entre las cadenas para empujar la carga.
- d) **Banda Elevada:** Esta banda consta de un riel elevado por el cual circulan carros en los cuales se cuelga la carga. Estos carros van espaciados unos del otro y se mueven por una cadena o cable, el cual está unido a una rueda que provee el movimiento al sistema. El sistema es un sistema cerrado que da vueltas y cambia de elevación. De cada uno de los carros cuelgan ganchos, canastas o cualquier tipo de receptor que lleva la carga. Este tipo de banda es usada en fábricas para mover partes y ensamblajes, entre grandes departamentos de producción.

- e) **Bandas de Remolques en Piso:** Estas bandas hacen uso de carros con ruedas que se mueven por medio de cadenas o cables que circulan en canales dentro del piso. Al cable o cadena se le llama remolque. Las rutas de todo el sistema las definen los canales y los cables; se pueden colocar interruptores a lo largo de la ruta para proporcionarle flexibilidad. Los carros usan clavijas que se insertan en la cadena para poder ser remolcados, esto también permite que los carros se desenganchen (para las tareas de carga, descarga, así como para poder sacar al carro de la ruta).
  
  - f) **Bandas de Carros por Vías:** Estos sistemas consisten en carros que viajan por una vía con dos rieles. La vía está colocada en un marco que la soporta a unos cuantos centímetros del nivel del suelo. Los carros se mueven por medio de un tubo que gira en medio de los dos rieles. Una rueda guía se sujeta a la parte baja de los carros, ésta rueda lleva cierto ángulo con respecto al tubo que gira, lo que permite el movimiento. La velocidad del carro se controla por medio del ángulo que la rueda guía lleva con respecto al tubo. Una de las ventajas de este sistema es la precisión de posición de los carros, esto permite su utilización para la colocación del material durante la producción.
- **Conveyor Belt**

El Conveyor Belt es la banda transportadora disponible como elemento virtual en Cosimir, es un elemento físico de mucha importancia, considerando la versatilidad en la industria por la facilidad de integrar a celdas automatizadas.



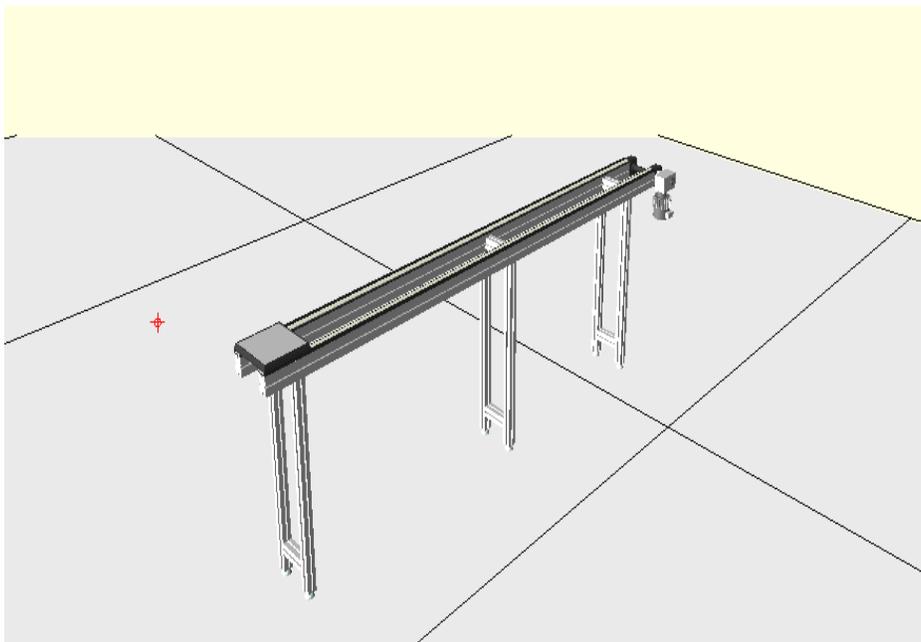
**Figura 3.3.2.- Conveyor Belt**

Las características del Conveyor Belt son las siguientes:

Dispositivo		
Conveyor belt		
Tipo	Nombre	Descripción
Inputs	BeltOn	Encender Banda
	PartAtEnd	Sensor de presencia de objetos al final de la banda
Outputs	BandBackwards	Regresar banda a posición Inicial

- **Conveyor Belt 2**

La característica de Conveyor Belt 2, es que dispone de una plataforma, en lugar de una banda, esta condición permite poder trasladar una cierta cantidad de objetos al mismo tiempo como un pallet, como se observa en la figura 3.3.3



**Figura 3.3.3.- Conveyor Belt 2**

Las características del Conveyor Belt 2, son las siguientes:

Dispositivo		
Conveyor belt 2		
Tipo	Nombre	Descripción
<b>Inputs</b>	BeltOn	Encender Banda
<b>Outputs</b>	PartAtEnd	Sensor de presencia de objetos al final de la banda
	BandBackwards	Regresar banda a posición Inicial

### 3.4 Cilindros neumáticos

Un número creciente de empresas industriales están aplicando la automatización de su maquinaria mediante equipos neumáticos, lo que, en muchos casos, implica una inversión de capital relativamente baja.

Los elementos neumáticos pueden aplicarse de manera racional para la manipulación de piezas, incluso puede decirse que este es el campo de mayor aplicación. Tomando como base la función de movimiento, hay que resaltar la extensa gama de elementos sencillos para la obtención de movimientos lineales y rotativos

Para dar una idea general de las posibilidades de aplicación de la neumática se puede hablar de varios procesos industriales. La cantidad de aplicaciones se ve aumentada constantemente debido a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. La constante evolución de la electrónica e informática favorece la ampliación de las posibilidades de aplicación de la neumática.

Un criterio muy importante es la existencia de compresor, si este existe la elección del sistema neumático tiene muchas más posibilidades. Esto es especialmente importante para procesos de especialización no técnicos tales como la agricultura, jardinería, etc.

A continuación una lista de algunos sectores industriales donde se aplica la neumática:

- Agricultura y explotación forestal
- Producción de energía
- Química y petrolífera
- Plástico
- Metalúrgica
- Madera
- Aviación

Aplicaciones en manipulación Al hablar de manipulación, se hace referencia a las diferentes acciones a que está sometido un elemento para que adopte unas determinadas posiciones dentro de un proceso de producción. La palabra manipulación proviene de “accionar con la mano”, pero en los procesos de producción se sigue utilizando aunque la acción se produzca mecánicamente. La mano humana es un elemento muy complejo que puede realizar funciones diversas.



**Figura 3.4.1.- Cilindro de Simple**

Un elemento mecánico de trabajo solo puede realizar algunas funciones que realiza la mano, esto da como consecuencia de que, para obtener un proceso de trabajo automático, son necesarios varios elementos mecánicos de manipulación. En un dispositivo cualquiera deben montarse tantos elementos de trabajo como operaciones individuales deba realizar dicho dispositivo. Esta es una de las razones por la cual se utilizan mucho los sistemas neumáticos para la manipulación. Un cilindro neumático, como se muestra en la figura 3.4.1 y con él el elemento de trabajo, pueden montarse directamente donde se precise la fuerza y el movimiento. El cilindro neumático se transforma así en un músculo de la mano mecánica.

- **Simbología Neumática**

En este apartado daremos la simbología básica de algunos elementos neumáticos para que el lector se familiarice con ella. El objetivo de la presente recomendación es definir los símbolos utilizados en los esquemas de representación de sistemas hidráulicos, neumáticos y accesorios empleados para la transmisión de la energía.

La utilización de estos símbolos no impide que también se empleen otros símbolos utilizados principalmente para las tuberías en otras técnicas.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados. 

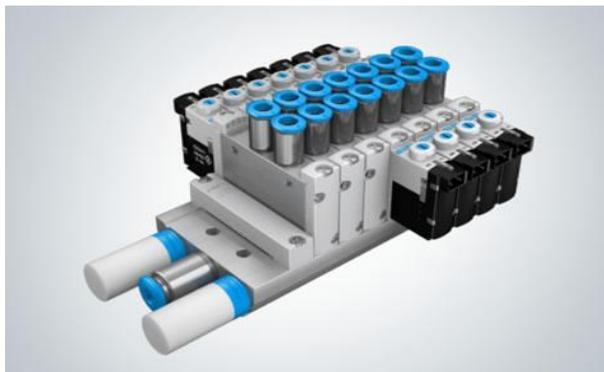
La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica el número de posiciones de la válvula distribuidora. 

El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).

Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido. 

Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales. 

La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. 



**Figura 3.4.2.- Módulo de Electro Válvulas**

## Transformación



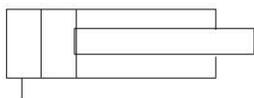
**Compresor**



**Bomba de vacío**



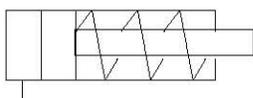
**Origen de presión**



**Cilindro de simple efecto, regreso por fuerza exterior**



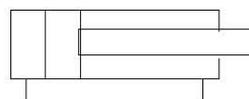
**Motor neumático con dos sentidos de giro**



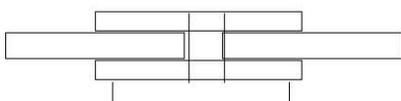
**Cilindro de simple efecto, regreso por resorte interior**



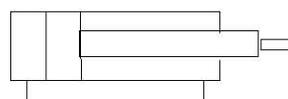
**Motor neumático con un sentido de giro**



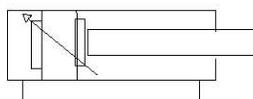
**Cilindro de doble efecto**



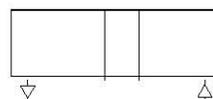
**Cilindro de doble efecto con doble vástago**



**Cilindro diferencial**

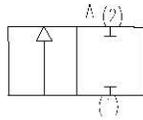


**Cilindro de doble efecto con amortiguación Regulable en ambos sentidos**

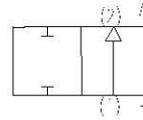


**Convertidor de presión**

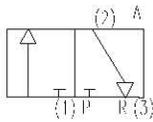
## Válvulas de paso



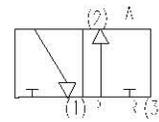
**Válvula 2/2 vías  
normalmente  
cerrada**



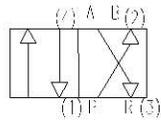
**Válvula 2/2 vías  
normalmente  
abierta**



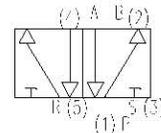
**Válvula 3/2 vías  
normalmente  
cerrada**



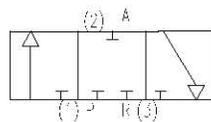
**Válvula 3/2 vías  
normalmente  
abierta**



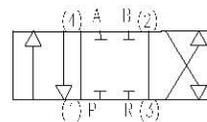
**Válvula 4/2 vías**



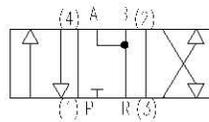
**Válvula 5/2 vías**



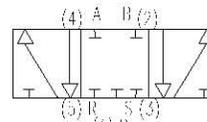
**Válvula 3/3 vías  
normalmente  
cerrada**



**Válvula 4/3 vías  
normalmente  
cerrada**

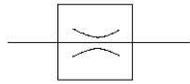


**Válvula 4/3 vías  
posición central  
con ductos de  
trabajo a escape**

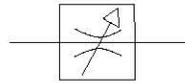


**Válvula 5/3 vías  
posición central  
cerrada**

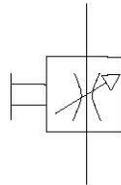
## Válvulas de control de flujo y de bloqueo



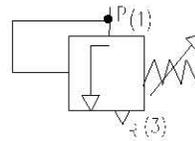
**Estrangulación  
no regulable**



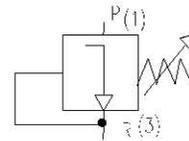
**Regulador de  
fluido  
bidireccional**



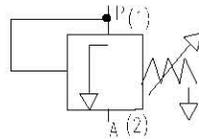
**Regulador  
accionado  
manualmente**



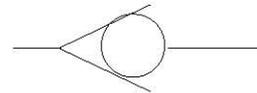
**Limitador de  
presión**



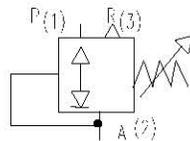
**Regulador de  
presión  
sin escape**



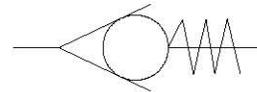
**Distribuidor de  
secuencia**



**Check  
antirretorno  
sin resorte**

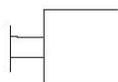


**Regulador de  
presión  
con escape**

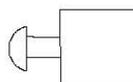


**Check  
antirretorno  
con resorte**

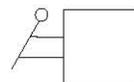
## Elementos de mando y sensores



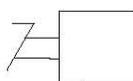
**General**



**Botón-pulsador**



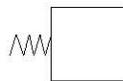
**Palanca**



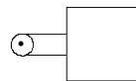
**Pedal**



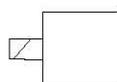
**Leva**



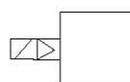
**Resorte**



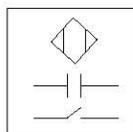
**Rodillo**



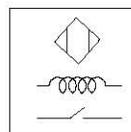
**Bobina con 1  
señal de  
accionamiento**



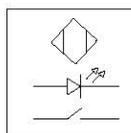
**Bobina y  
servopilotaje**



**Sensor  
capacitivo**

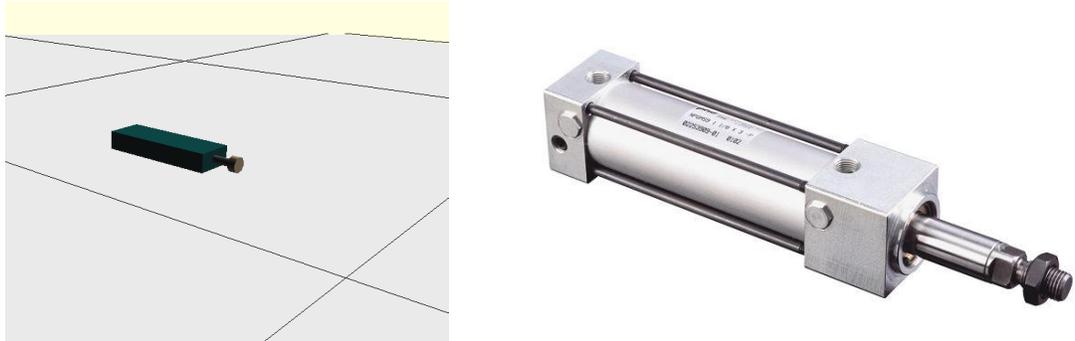


**Sensor  
inductivo**



**Sensor  
óptico**

- **Two way push cylinder**



**Figura 3.4.3.- Two Way Push Cylinder**

Las características del dispositivo físico, que se muestran en la figura 3.4.3 son las siguientes:

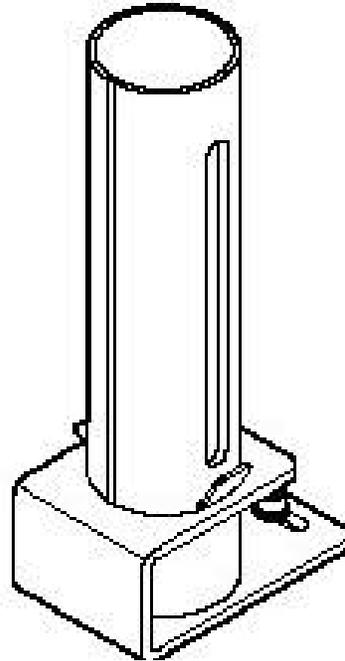
<b>Dispositivo</b>		
<b>Two way push cylinder</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>Inputs</b>	MoveIn	Activar Salida del Pistón
	MoveOut	Activar retorno del Pistón
<b>Outputs</b>	MovedIn	Señal de pistón extendido
	MovedOut	Señal de pistón retraído

### **3.5 Módulo de almacenaje de Piezas**

En la industria es muy importante disponer de dispositivos físicos adicionales para cumplir tareas específicas dentro de una celda de trabajo, en la mayoría de los casos puede realizarse de manera manual , pero debido a que un proceso automatizado generalmente es aplicando a grandes volúmenes, el tener disponibles alimentación de piezas, materiales y piezas manufacturadas se vuelve indispensable.

Un robot dispone de una determinada cantidad de entradas y salidas que permite interactuar con estos tipos de dispositivos

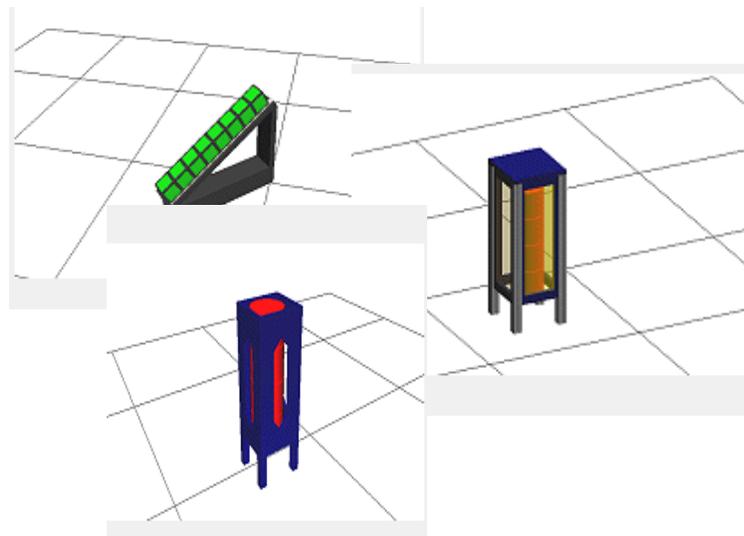
El módulo almacén disponible en Cosimir se utiliza para almacenar piezas redondas para poder ejemplificar en un sistema de manufactura, es posible trabajar hasta 8 piezas en cualquier orden en el cilindro almacén, mostrado en la figura 3.5.1



**Figura 3.5.1.- Almacenamiento de Piezas**

Los Módulos de almacenaje de piezas disponibles son los siguientes:

- Gravity Feeder
- Parts Feeder 1
- Parts Feeder 2

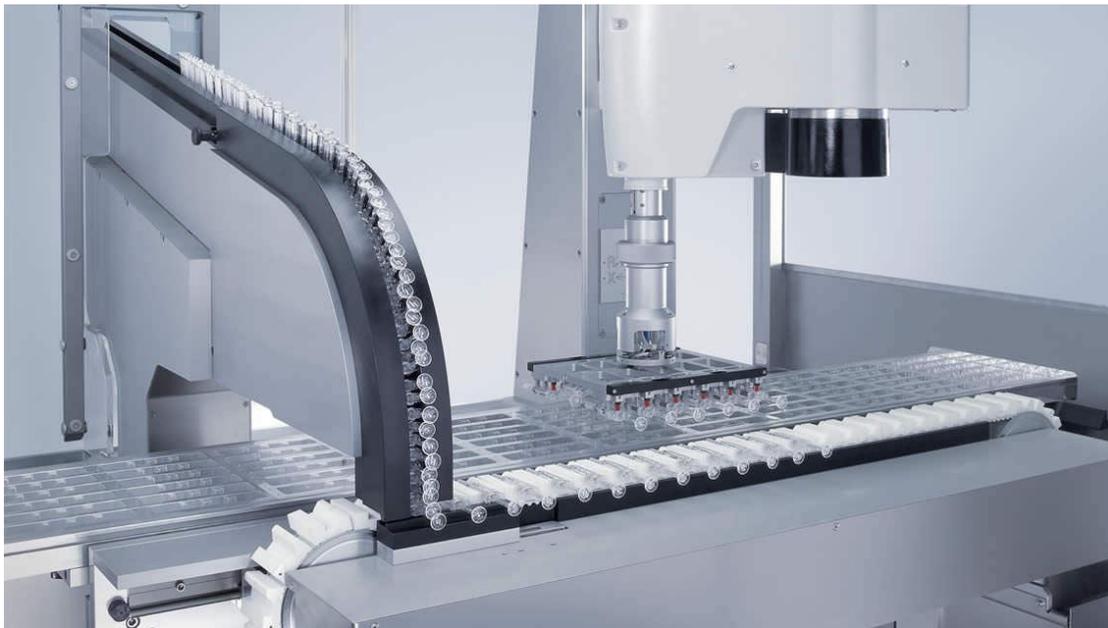


**Figura 3.5.2.- Alimentadores de Piezas en Cosimir**

El funcionamiento de los tres dispositivos es el mismo, el control del robot mandará una señal para que la pieza caiga a la pesa para ser manipulada por otro dispositivo

Dispositivo		
Gravity feeder		
Tipo	Nombre	Descripción
Inputs	NextPart	Siguiente Pieza
Outputs	PartAvailable	Pieza disponible o habilitada

En la figura 3.5.3 se muestra una imagen de un alimentador de piezas real de jeringas desechables.



**Figura 3.5.3.- Alimentador automático de jeringas**

### 3.6 Robot ABB IRB 2400 16

Aplicaciones Principales:

- Soldadura de Arco
- Paletizado
- Manipulación de Objetos

Especificaciones:

Altura: 1.55 m

Base del Robot: 723x600 mm

Peso del Robot: 380 kg

Carga útil: 20 Kg

Número de ejes: 6

Repetitividad: 0.11, 0.15

Montaje: directo en piso, pared o techo



Figura 3.6.1 Robot ABB

Rango de Operación

Eje 1 360°

Eje 2 210°

Eje 3 125°

Eje 4 400°

Eje 4 Option Unlimited

Eje 5 240°

Eje 6 800°

Eje 6, Option Unlimited

Velocidades:

Eje 1 150°/s 90° \*\*

Eje 2 150°/s 90° \*\*

Eje 3 150°/s 90° \*\*

Eje 4 360°/s

Eje 5 360°/s

Eje 6 450°/s

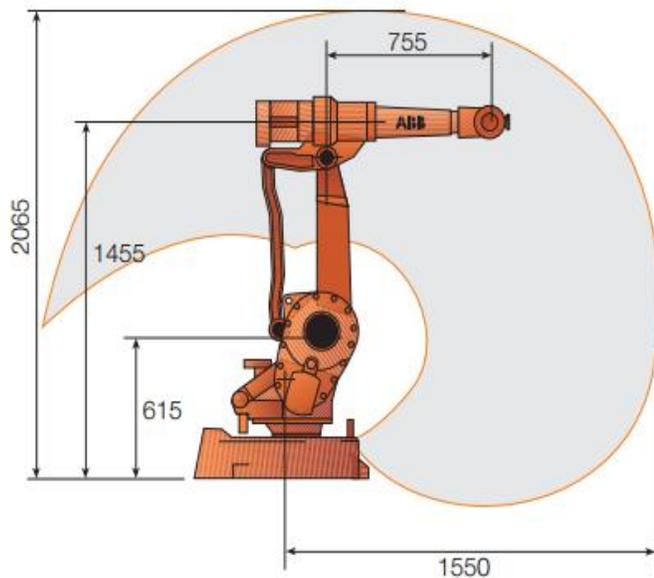


Figura 3.6.2.- Dimensiones de Robot ABB

### 3.7 Fanuc S 700

Aplicaciones Principales:

Ensamble, Dispensado de Materiales, carga y descarga, Remoción de Materiales, Paletizado, Transferencia de Partes, Captura/Empaque de Productos, Soldadura por Punteo

Especificaciones:

Altura: 1.87 m

Peso del Robot: 500 kg

Carga útil: 30 Kg

Número de ejes: 6

Repetitividad: 0.2 mm

Montaje: directo en piso

Rango de Operación

Axis 1 380°

Axis 2 180°

Axis 3 390°

Axis 4 380°

Axis 5 240°

Axis 6 390°

Velocidades:

Axis 1 120°/s

Axis 2 105°/s

Axis 3 105°/s

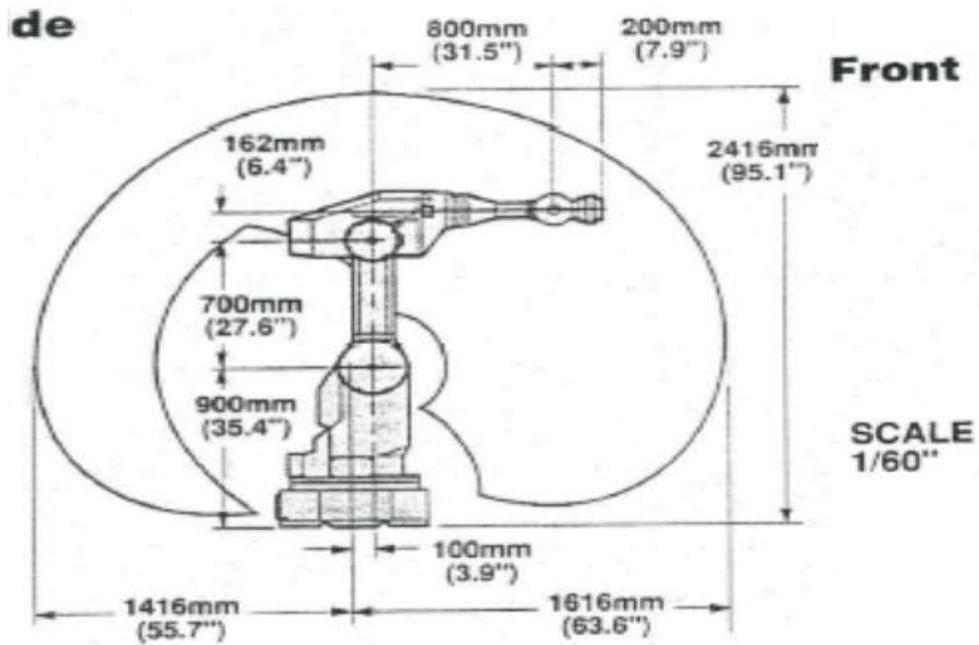
Axis 4 180°/s

Axis 5 180°/s

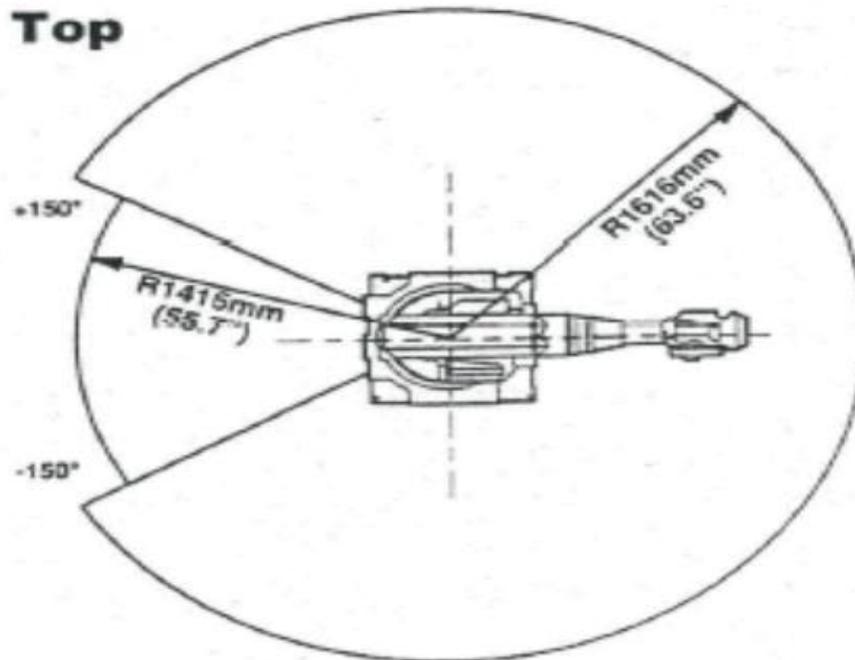
Axis 6 240°/s



Figura 3.7.1.- Robot Fanuc S 700



**3.7.2.- Dimensiones del Robot Fanuc S 700**



**Figura 3.7.3.- Rango de Operación del Robot S- 700**

### 3.8 Robots Mitsubishi

- **ROBOT RV-2AJ**

Aplicaciones Principales:

Es ideal en las aplicaciones en las que hay que ejecutar tareas de manipulación o de montaje en un espacio muy reducido. Los robots son adecuados para tareas de manipulación en máquinas, como por ejemplo en equipamiento automatizados de laboratorio. Proporcionan un rendimiento excelente en su trabajo con máquinas o incluso dentro de las mismas para la manipulación de las piezas puede emplearse o bien una pinza eléctrica o bien hasta dos pinzas neumáticas. Los tubos neumáticos integrados en el interior del brazo del robot hacen muy sencilla la conexión del aire comprimido para las pinzas.

Si se desea un espacio de trabajo mayor manteniendo las dimensiones compactas, el robot MELFA puede instalarse también en un eje lineal al igual que el resto de los robots.

Gracias a su compacto diseño y su alcance de aprox. 400 mm, estos robots de 5 y 6 ejes se emplean en muchas aplicaciones en las que resulta necesaria la instalación directa de pequeños robots junto al sistema o incluso dentro del mismo. Las tareas de manipulación para la colocación o retirada de piezas pequeñas representan el punto fuerte de estos robots compactos. Otros campos de aplicación son el control de calidad y la manipulación de pruebas en laboratorios, especialmente en el sector médico.



**Figura 3.8.1.- Robot RV-2AJ**

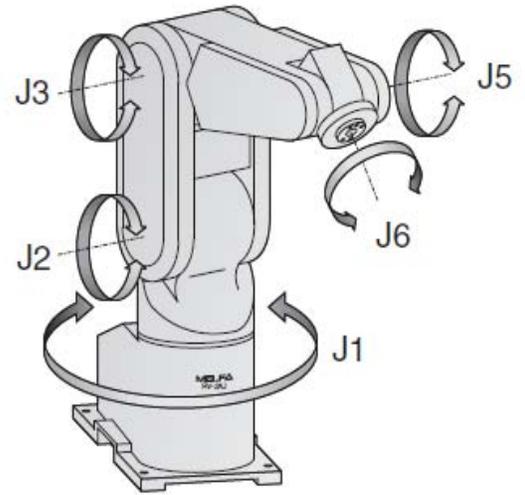
Especificaciones:  
 Grados de Libertad: 5  
 Montaje: Suelo o techo  
 Construcción: Brazo articulado vertical  
 Detección de posición: codificador de valor absoluto

Rango de movimiento  
 Cuerpo (J1): 300 ° (-150 hasta +150)  
 Hombro (J2): 180 ° (-60 hasta +120)  
 Codo (J3): 230° ( -110 HASTA - 120°)  
 Giro antebrazo (J4): -----  
 Inclinación Muñeca (J5): 180° (-90 hasta +90)  
 Giro muñeca ( J6): 400° (-200 hasta +200)

Velocidad de Movimiento

Cuerpo (J1)	180
Hombro (J2)	90
Codo (J3)	135
Giro antebrazo (J4)	
Inclinación Muñeca (J5)	180
Giro muñeca (J6)	210

Velocidad máxima resultante	mm/s	2200
Fuerza de elevación Valor Nominal		1.5 Kg
Fuerza de elevación Valor Máximo		2 Kg



RV-2AJ

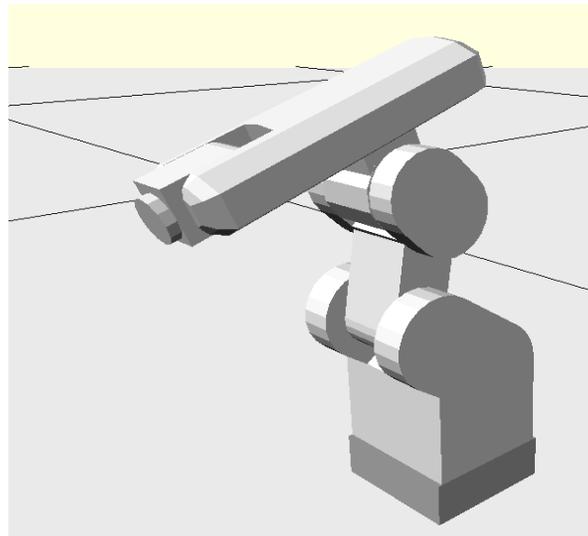
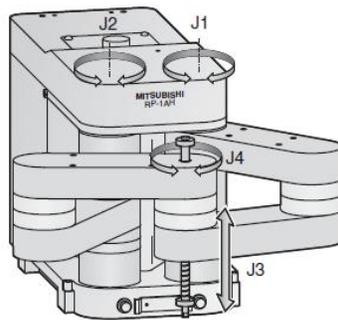


Figura 3.8.2.- Robot Mitsubishi



- **Robots Industriales RP-1AH,RP-3AH y RP-5AH**

Para aplicaciones que requieren una mayor capacidad de carga o un mayor alcance, es posible elegir entre los tipos de robot RP-3AH y RP-5AH, con una capacidad de carga de 3 kg y 5 kg y un alcance de 335 mm y 453 mm, respectivamente.



**Figura 3.8.5.- Robots**

Mayor eficacia en la producción Gracias a sus reducidas dimensiones y a su alta precisión, los puntos fuertes de un robot RP se encuentran sin duda en algunas aplicaciones en el campo del micro manipulación.

Aplicaciones típicas son el micro ensamblaje o el montaje y la soldadura de platinas (técnica SMD) para la fabricación de dispositivos electrónicos corrientes tales como teléfonos móviles.

En comparación con máquinas automatizadas rígidas, estos robots son mucho más versátiles y ofrecen un máximo de flexibilidad que permite obtener un aumento significativo de la eficacia productiva.

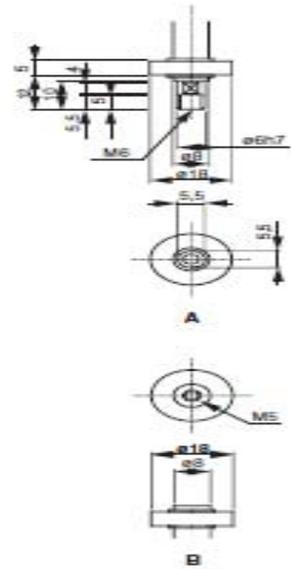
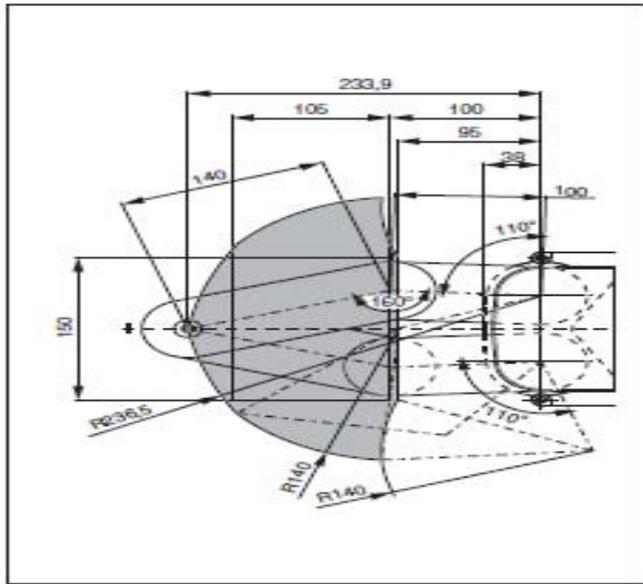
El RP-1AH se encuentra en su elemento en todas las aplicaciones en las que resulta necesario manipular elementos de forma rápida y precisa. Con una superficie de emplazamiento de tan solo aprox. 200 x 160 mm, este robot tiene un alcance de 236 mm y puede colocar piezas rápidamente con una precisión de 0,005 mm.

Este robot es por lo tanto una de las soluciones más adecuadas para aplicaciones “pick and place”

Característica/función	Especificaciones				
	RP-1AH	RP-3AH	RP-5AH		
Grados de libertad (número de ejes)	4				
Montaje	Montaje en el suelo				
Sistema de accionamiento	Servo AC				
Detección de posición	Encoder de valor absoluto				
Frenos	Todos los ejes				
Peso manipulable	Valor nominal	0,5	1,0	2,0	
	Valor máximo	1,0	3,0	5,0	
Rango de movimientos	Ancho x largo	mm	150 x105 (formato DIN A6)	210 x148 (formato DIN A5)	297x210 (formato DIN A4)
	Vertical	mm	30	50	
	Giro	grados	±200		
Velocidad máxima	J1/J2	grados/s	480	432	
	J3	mm/s	800	960	
	J4	grados/s	3000	1330	
Momento de inercia nominal	Muñeca	kgm <sup>22</sup>	$3,10 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-3}$	$3,20 \times 10^{-3}$
Repetibilidad posicionamiento	Dirección X, Y	mm	±0,005	±0,008	±0,01
	Dirección Z	mm	±0,01		
	Dirección de giro muñeca	grados	±0,02	±0,03	
Temperatura ambiente		°C	0 hasta 40		
Peso		kg	12	24	25
Cableado de herramienta	8 entradas/8 salidas				
Presión de alimentación neumática	MPa (bar)	0,5 ± 10 % (5 ± 10 %)			
Tubo neumático para herramienta	—				
Controlador del robot	CR1				

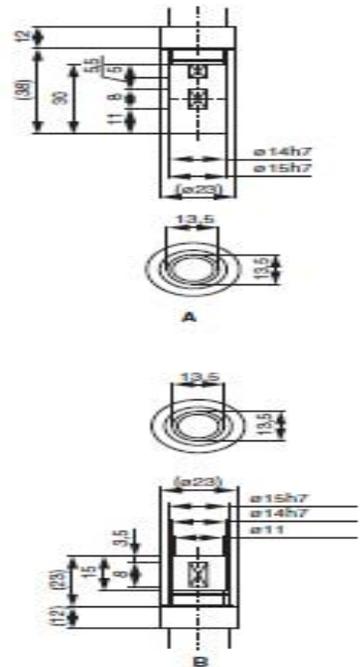
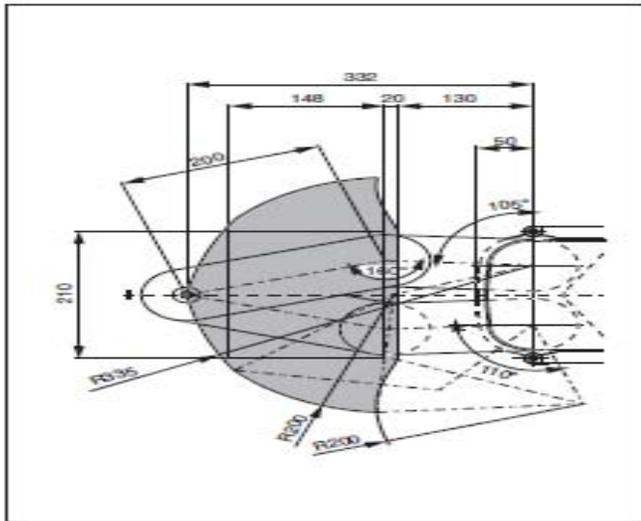
**Figura 3.8.6.- Especificaciones Robots SCARA**

**RP-1AH**



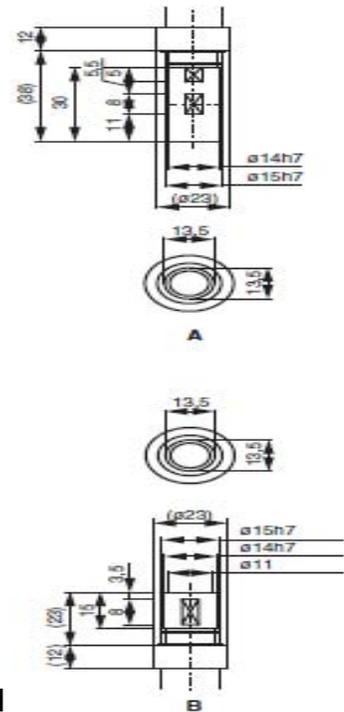
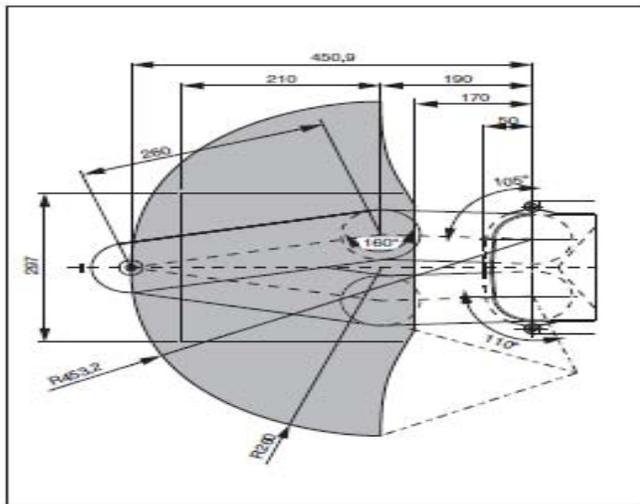
**Figura 3.8.7.- Dimensiones Robots SCARA RP-1AH**

**RP-3AH**



**Figura 3.8.8.- Dimensiones Robots SCARA RP-3AH**

**RP-5AH**



**Figura 3.8.9.- Dimensiones Robots SCARA RP-5AH**



**Operación en Espacio Reducido**



**Ejes de Movimiento de la serie RP-AH**

**Figura 3.8.10.- Robots SCARA RP**

### 3.9 Robot Stäubli RX130

Robot de transferencia giratoria diseñado para carga/descarga de máquina herramienta en la carga y descarga de máquinas herramienta. A sido desarrollado para sistemas en todo tipo de máquinas, incluidos tornos de husillo individual, husillo gemelo y múltiples husillos, máquinas de transferencia giratoria y de transferencia lineal, centros de mecanizado, centros de roscado, máquinas para pulir, máquinas para rectificar, máquinas de corte y máquinas bruñidoras, entre muchas otras.

La carga/descarga se realiza con un agarrador doble. Las características incluyen una estación para colocar y recoger piezas intermedias, con alimentación y retirada de piezas a través de una cinta transportadora. El tiempo del ciclo de la máquina es de tan solo 90 segundos.

Aplicaciones:

Alimentación

Carga de Máquina Herramienta

Mecanizado

Pintura

Industria de Plástico

Características

Peso máxima 10 kg

Peso Nominal 6 kg

Distancia (Entre eje 1 y 6) 2185 mm

Número de grados de libertad 6

Repetitividad - ISO 9283  $\pm 0,05$  mm

Rango de Movimiento

Eje 1 (A)  $\pm 160^\circ$

Eje 2 (B)  $\pm 137,5^\circ$

Eje 3 (C)  $\pm 150^\circ$

Eje 4 (D)  $\pm 270^\circ$

Eje 5 (E)  $+120^\circ/-105^\circ$

Eje 6 (F)  $\pm 270^\circ$  (2)

Distancia Máxima entre Ejes:

Eje 1 and 5 2100 mm

Eje 1 and 5 432 mm

Eje 2 and 5 582 mm

Eje 3 and 5 1125 mm



Figura 3.9.1.- Robot Staubli

### Velocidad Máxima

- Eje 1 278°/s
- Eje 2 278°/s
- Eje 3 356°/s
- Eje 4 409°/s
- Eje 5 480°/s
- Eje 6 1125°/s

Peso de Robot 245 kg

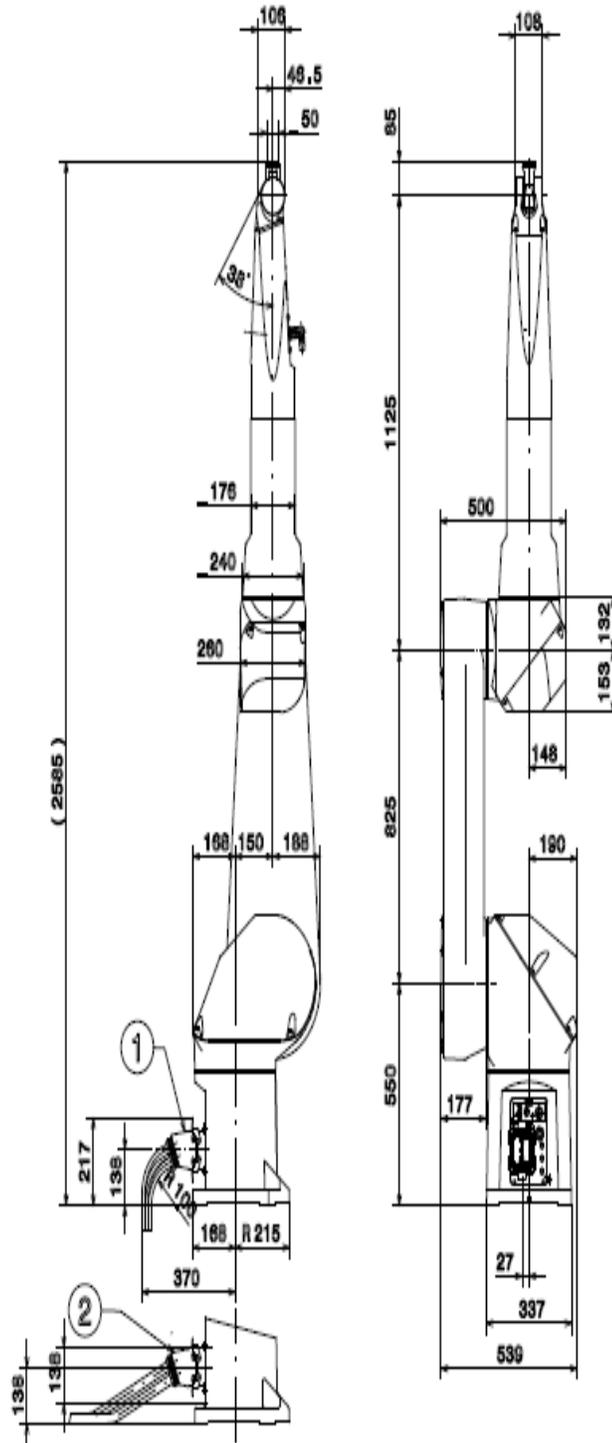
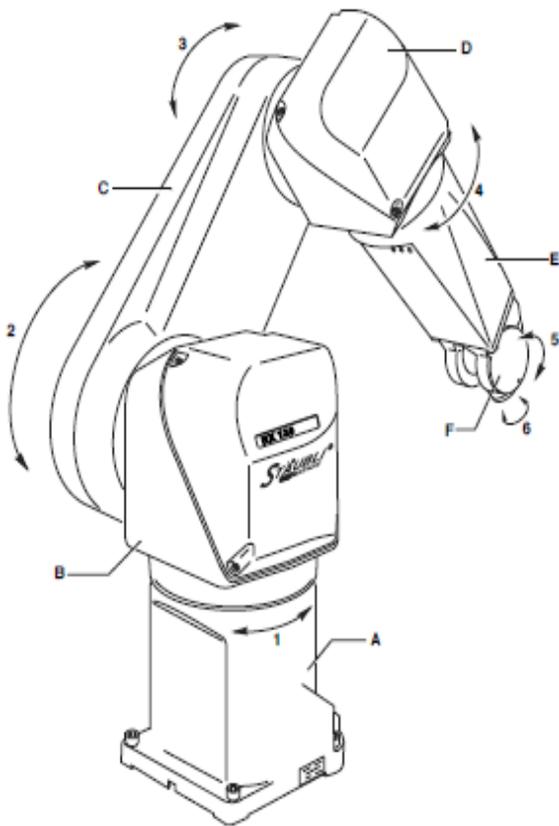


Figura 3.9.1.- Características del Robot Staubli

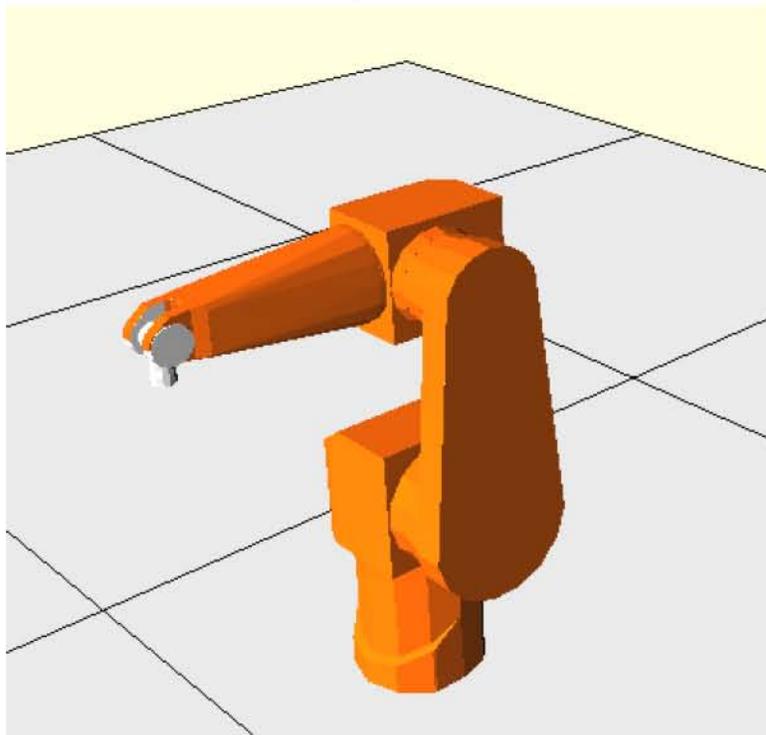
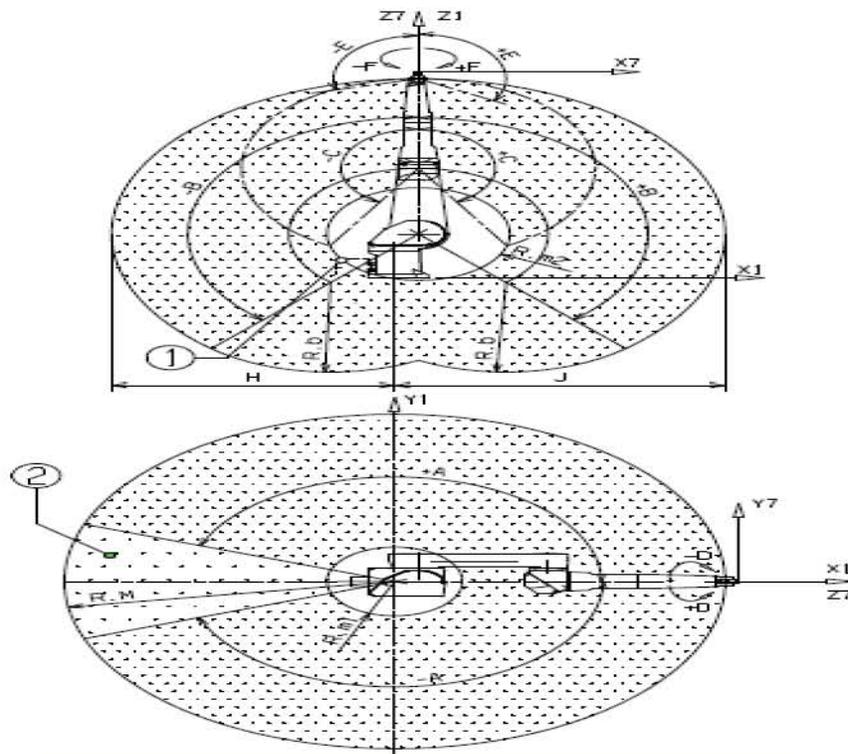


Figura 3.9.2.- Características del Robot Staubli

### 3.10 Robot REIS RV16

Las series de robot de brazo articulado es el más importante robot cinemático para el uso de la industria. Como los robots universales de 6 ejes con velocidades de ruta altas y sobre grandes áreas de trabajo son especialmente adecuados para las altas demandas de tareas relacionadas con rutas. El diseño basado en FEM y CAD destaca debido a que este tiene un comportamiento dinámico y estático excelente, en las figuras siguientes se muestran sus formas y características.

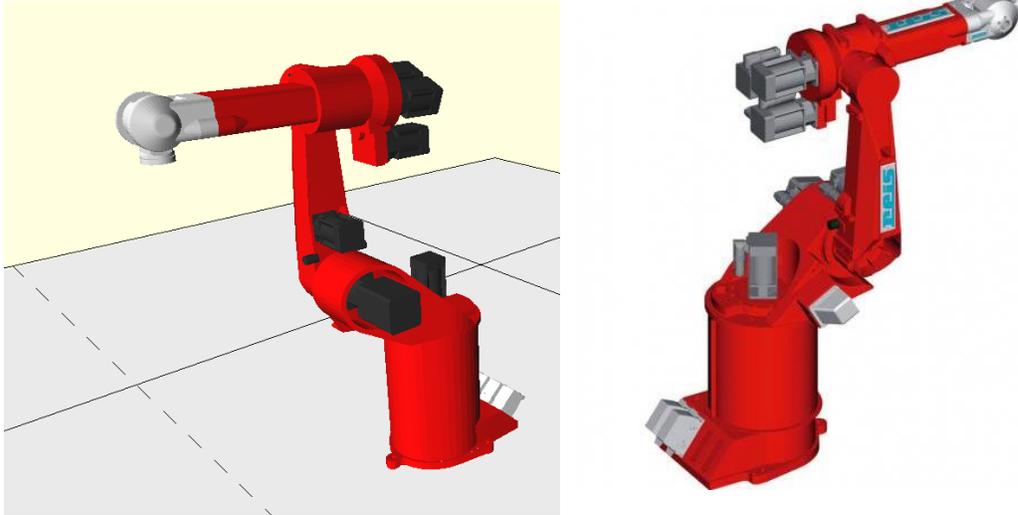
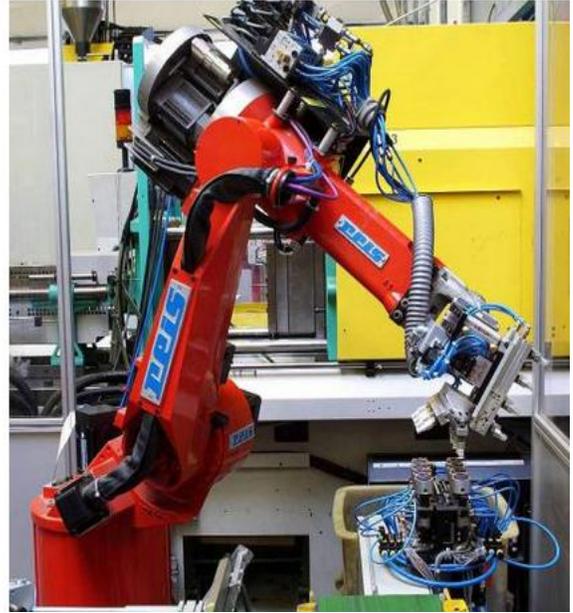


Figura 3.10.1.- Robot Reis RV 16 en cosimir

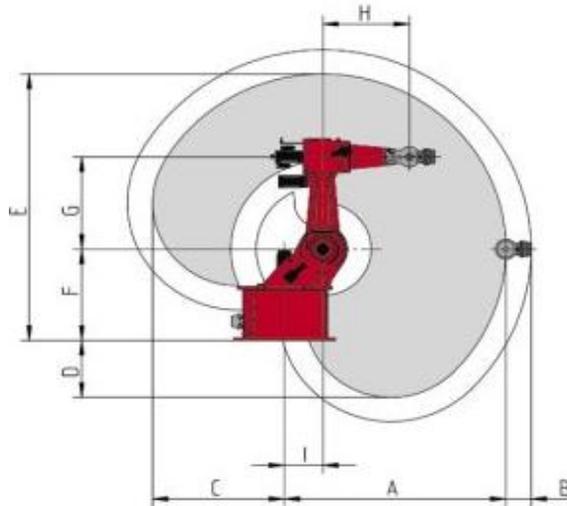


Figura 3.10.2.- Robot Reis RV 16 Industrial

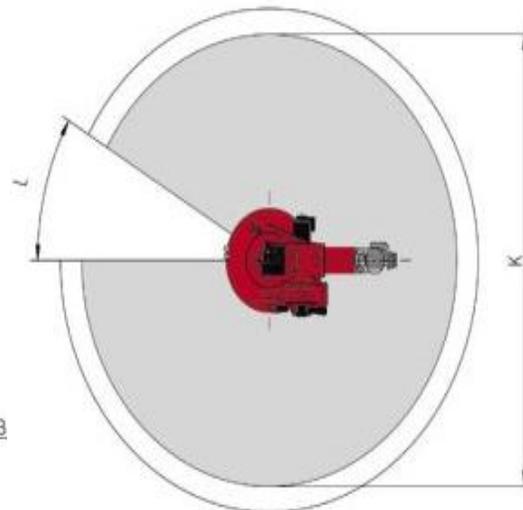


**Figura 3.10.3.- Robot Reis RV 16 en Industrias**

Vista lateral / Vista lateral



Vista de cima / Vista en plata



**Figura 3.10.4.- Robot Reis RV 16 Dimensiones**

Tipo / Tipo	RV10-6	RV20-6	RV20-16	RV30-16	RV30-26	RV16L
Modelo / Modelo						
Carga máxima / Carga máxima	6 kg	6 kg	16 kg	16 kg	26 kg	16 kg
Carga adicional no eixo 3 / Carga adicional sobre eje 3	10 kg	10 kg	10 kg	20 kg	20 kg	20 kg
Velocidades / Velocidades (°/s)						
Eixo / Eje 1	200	200	200	165	165	120
Eixo / Eje 2	165	165	165	165	165	105
Eixo / Eje 3	150	150	150	150	150	120
Eixo / Eje 4	450	450	450	450	300	270
Eixo / Eje 5	450	450	450	450	300	270
Eixo / Eje 6	600	600	500	500	400	400
Área de trabalho / Dimensiones						
A (mm)	1500	1700	1500	2100	1850	2300
B (mm)	90	90	100	100	200	100
C (mm)	824	953	753	1273	1023	1455
D (mm)	781	981	781	1257	1007	764
E (mm)	1620	1820	1620	2255	2005	2820
F (mm)	400	400	400	475	475	870
G (mm)	640	640	640	800	800	1080
H (mm)	580	780	580	980	730	870
I (mm)	280	280	280	320	320	350
K (mm)	3000	3400	3000	4200	3700	4600
L (°)	0	0	0	0	0	30
Movimentos possíveis / Movilidad (°)						
Eixo / Eje 1	360	360	360	360	360	330
Eixo / Eje 2	215	205	205	210	210	195
Eixo / Eje 3	270	270	270	270	270	270
Eixo / Eje 4	420	420	420	420	420	420
Eixo / Eje 5	246	246	246	246	250	246
Eixo / Eje 6	720	720	720	720	720	720
Repetitividade / Repetibilidad (mm)	± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,08	± 0,08	± 0,1
Potência elétrica conectada / Potencia de conexión (KVA)	2,3	2,5	2,5	2,7	3,7	6,7
Peso sem o quadro de comando / Peso sin armario eléctrico (kg)	200	216	220	360	400	1010
Áreas de aplicação / Aplicaciones						
Soldas de trajetória / Soldadura por arco	●	●	●	●	●	●
Solda ponto / Soldadura por punto						
Cortes térmicos / Corte térmico, rebarbado			●	●	●	●
Rebitagem / Remachado, atornillado y otras tecnologías de unión						
Automação de fundição sob pressão / Automatización en fundición inyectada	●	●	●	●	●	●
Automação de fundição de coquilhas / Automatización en fundición en coquilla	●	●	●	●	●	●
Manuseio, paletização / Manipulación, paletización	●	●	●	●	●	●
Interligações, alimentação / Carga y descarga de máquinas, encadenamiento	●	●	●	●	●	●
Vedar, aplicar produtos, colar / Aplicación de sellantes, colas y otros componentes				●	●	●
Montagem / Montaje, ensamblaje	●	●	●	●	●	●
Automação de injetoras de plástico / Automatización de inyección de plástico	●	●	●	●	●	●

Figura 3.10.5.- Robot Reis RV 16 Especificaciones



## **CAPÍTULO 4**

### **LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN CON COSIMIR**

#### **4.1 Introducción**

La aplicación y rentabilidad del robot en una celda de trabajo depende de la utilización adecuada de los métodos de programación.

El objetivo de la programación de robots es el de transferir un movimiento complejo al controlador, empleando con simples instrucciones y métodos de programación para automatizar el proceso deseado.

Se puede comparar los métodos de programación de robots, con aquellos que utilizan los equipos de control numérico, pero los requerimientos técnicos son mayores en los robots industriales, por lo tanto, la adopción de programación de control numérico no es razonable.

Adicionalmente, los fabricantes de robots ofrecen diferentes controladores con interfaces no estándar, especialmente con respecto a la programación. Por lo tanto, no hay solamente un lenguaje de programación para todos los robots, la implementación de programas de robots, está enfocada solamente a los lenguajes MELFA-BASIC. El cual es utilizado por todos los robots modernos de Mitsubishi y comandos Movemaster para los modelos anteriores.

Un programa de robot es usualmente un conjunto de declaraciones y comandos. Estos incluyen comandos de: movimiento, comunicación, y para ajustar parámetros en el controlador. Además los lenguajes de programación modernos tienen una estructura modular, los cuales son fáciles de usar.

#### **4.2 Estructura de Programa**

Un programa incluye información para la ejecución de tareas. Esta información puede ser dividida en datos y comandos, usualmente, los datos usados para la tarea no están en el programa, sino llegan de diferentes fuentes, como se muestra en la figura 4.2.1 y 4.2.2. Indicándose la estructura y los componentes del software del robot.

- Memoria de datos (listas de posición)
- Sistemas de medición (sensores táctiles)
- Entrada del usuario (caja de enseñanza T/B)

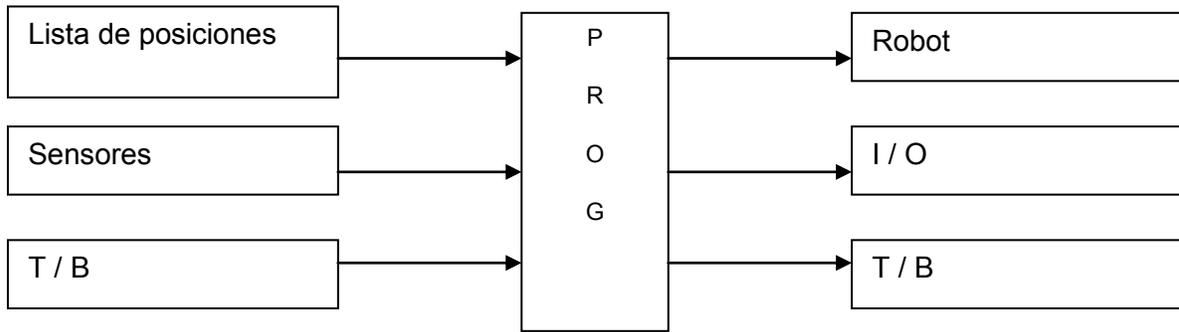


Figura 4.2.1.- Software del Robot.

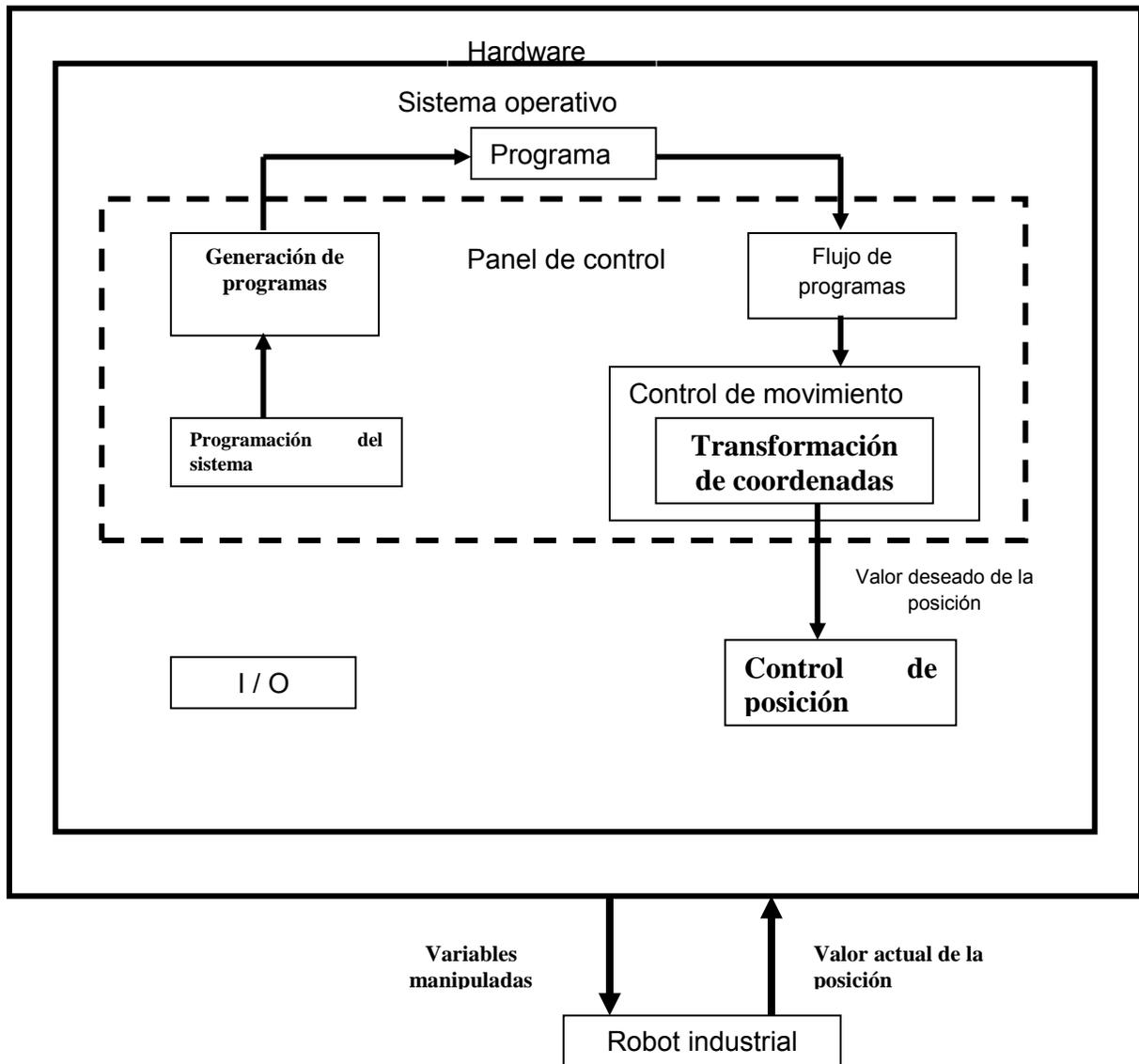
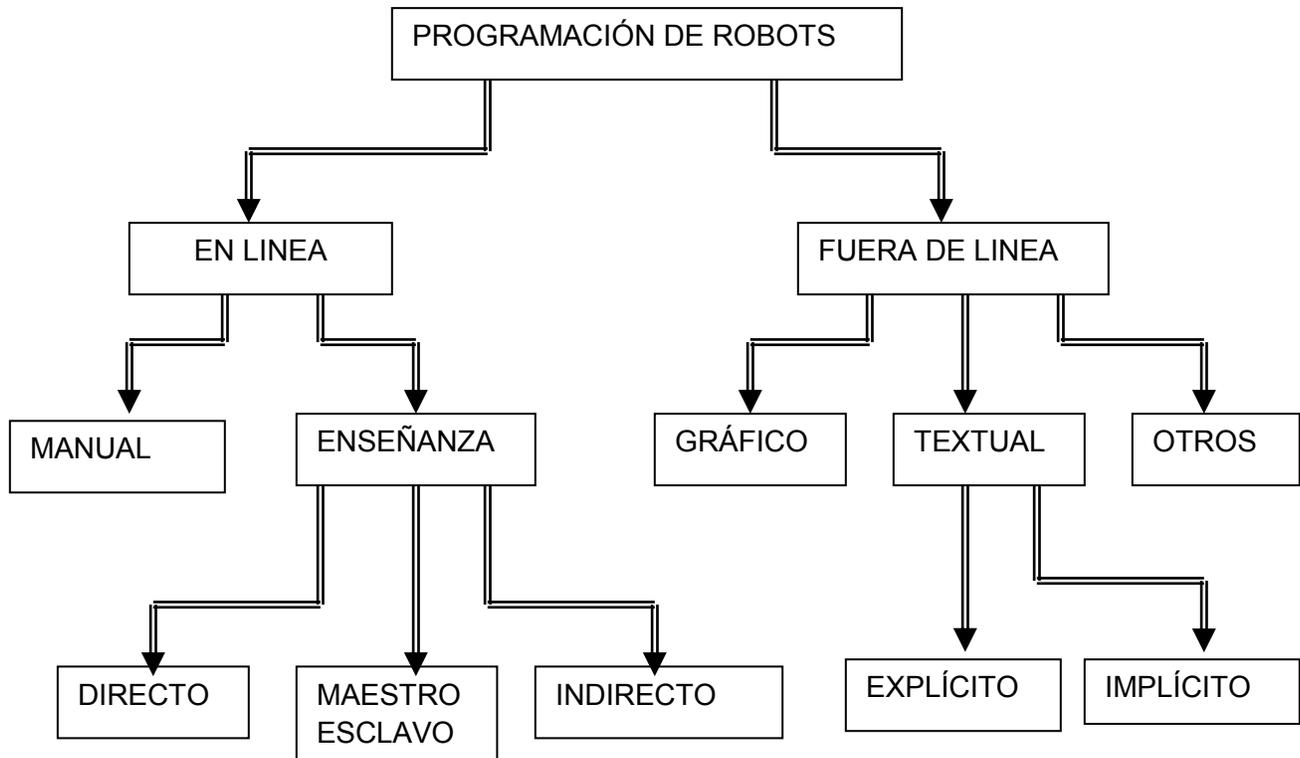


Figura 4.2.2.- Componentes del Software del Robot

### 4.3 Métodos de Programación

Se puede clasificar los métodos de programación de los robots, como se indica en la figura 4.3.1.



**Figura. 4.3.1 Métodos de Programación de Robots.**

- **Operación y Programación**

Existen Varios métodos de operar o programar, cada una ofrece diferentes facilidades. Hemos visto que la programación la podemos dividir en:

En línea (On-line) y Fuera de línea (Off-line)

La programación **en Línea** se realiza por medio de la comunicación constante entre el programador o el teclado remoto enviando las instrucciones al control del robot, al teclado remoto se le conoce también como **teach-box** o **teach-pendant**.

La ventaja de este tipo de programación reside en el hecho de que el proceso de programación es claramente entendible y puede aprenderse fácilmente, así como la interacción del término efector final y los periféricos.

La desventaja de este tipo de programación es que para edición y modificación del programa tanto el robot como los periféricos no están disponibles para el proceso de producción, lo cual incrementa los costos de programación.

Esta programación en línea se subdivide en la programación por Auto aprendizaje (Teach-in) y por Reproducción (Play-back)

- **Programación para Auto aprendizaje**

Con la programación **Teach-in** o también llamada “ir y registrar”, el robot industrial se mueve por medio del teclado remoto. Los encoders de desplazamiento miden las coordenadas de los puntos memorizados. Los datos de posiciones suministrados se reconocen por medio de un número y bajo este número puede llamarse cuando sea posible mandar al robot a esa posición. Dado que el robot se mueve a baja velocidad cuando se hace funcionar manualmente, los datos relativos a la velocidad de desplazamiento, deberán añadirse al programa posteriormente. Dependiendo del robot esto se podrá hacer con un Panel de Programa o una PC.

- **Programación por Reproducción de Recorrido**

La programación **Play-back** o también llamada “recorrer registrando”, se utiliza particularmente para procesos de pintura por pulverización. Con este método, el brazo se conduce físicamente a lo largo del recorrido de la trayectoria deseada. Aquí la precisión del proceso de recubrimiento y la calidad de pintado, dependen muchísimo de los conocimientos técnicos, del “saber hacer” y de la habilidad del operador que realiza la reproducción.

La programación **fuera de línea** se refiere a la programación que se realiza de manera independiente de la celda del robot, esto quiere decir que no es necesario tener un robot para programar. De esta forma la célula robotizada puede seguir en producción con su programa actual mientras se realizan las modificaciones o se está desarrollando un nuevo programa.

Esta programación fuera de línea puede subdividirse en Programación Textual y Programación asistida gráficamente.

- **Programación Textual**

Con la programación Textual, los programas se introducen línea por línea en una PC. Este tipo de programación requiere un elevado grado de abstracción por parte del programador, ya que no tiene ninguna referencia física de la célula del robot. Debe conocer las coordenadas de todos los puntos y posiciones a alcanzar, esto prácticamente es imposible.

- **Programación asistida Gráficamente**

La programación Asistida Gráficamente une a la edición de la secuencia de movimientos textualmente, el tener que generar un diagrama tridimensional en un sistema CAD que contenga todos los elementos con las dimensiones reales, que existen en el espacio operativo del robot, y estén ubicados exactamente en las mismas posiciones.

De estas formas el programador tiene la posibilidad de grabar las posiciones que físicamente no posee.

Al tener esta información en la PC, se utiliza un programa que tiene la capacidad de visualizar tanto la celda como al robot mismo, además de poder generar junto con el movimiento del robot, la información de las coordenadas recorridas por cada uno de los ejes del robot.

#### **4.4 Flujo de Información en un Programa de Robot en Melfa Basic IV y Movemaster Command**

El objetivo de la programación de robots es el de transferir un movimiento complejo al controlador, empleando con simples instrucciones y métodos de programación para automatizar el proceso deseado.

Se puede comparar los métodos de programación de robots, con aquellos que utilizan los equipos de control numérico, pero los requerimientos técnicos son mayores en los robots industriales, por lo tanto, la adopción de programación de control numérico no es razonable.

Adicionalmente, los fabricantes de robots ofrecen diferentes controladores con interfaces no estándar, especialmente con respecto a la programación. Por lo tanto, no hay solamente un lenguaje de programación para todos los robots, la implementación de programas de robots, está enfocada solamente a los lenguajes MELFA-BASIC. El cual es utilizado por todos los robots modernos de Mitsubishi y comandos Movemaster para los modelos anteriores.

Un programa de robot es usualmente un conjunto de declaraciones y comandos. Estos incluyen comandos de: movimiento, comunicación, y para ajustar parámetros en el controlador. Además los lenguajes de programación modernos tienen una estructura modular, los cuales son fáciles de usar.

La implementación de robots en las diversas aplicaciones en la industria mundial se ha convertido en una rama muy importante en los últimos años en la cual existe una gran variedad de modelos y sistemas robotizados como también una gran cantidad de empresas que los proveen. Estas empresas tienen a su disposición software de modelado que les permite simular la manera en que una aplicación robotizada funcionará dentro de una planta de producción automatizada, para facilitar de esta manera la tarea de toma de decisiones y elegir o no la adecuación o creación de un sistema robotizado.

Para tal efecto, el software de simulación permite mostrar de manera gráfica y simulada como quedará un sistema de producción, incluyendo obviamente dentro de líneas de producción brazos robóticos que ejecutarán operaciones de ensamble, soldadura, pintura, moldeado, transferencia de materiales, clasificación de piezas, etc.

El software Cosimir Educativo fue diseñado por la marca Festo con la finalidad de modelar, diseñar y simular sistemas de producción robotizados.

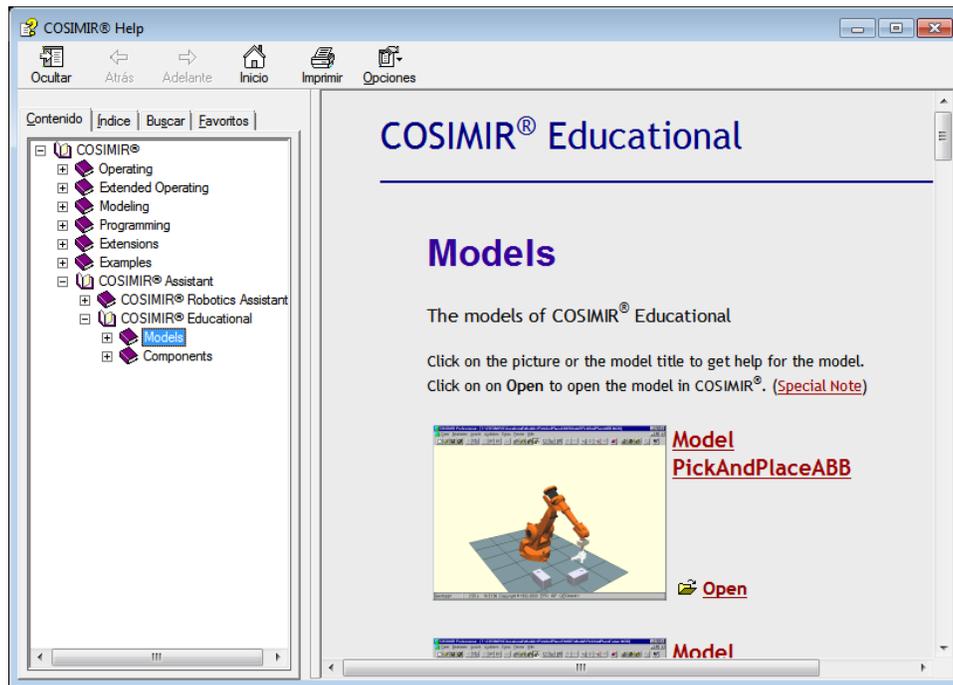
Posee una amigable interface de diseño y programación que permite un fácil manejo y simulación de dispositivos físicos que incluye este software el cual cuenta con una librería de elementos que contiene modelos de robots, pinzas, herramientas, alimentadores neumáticos, sensores, PLC's, etc.

Estos dispositivos virtuales poseen propiedades que pueden ser fácilmente modificadas algunas de estas propiedades son la dimensión del objeto, posición que va a tener el objeto dentro del entorno de trabajo y color del objeto pero el funcionamiento es basado en los dispositivos físicos existentes en la industria actual.

- **Creación de un nuevo proyecto**

Primero se debe ejecutar el Software Cosimir, siempre que inicie un nuevo proyecto se debe tener en cuenta que para la versión educativa no es posible guardar la simulación, es decir, si el programa se cierra, tendrá que iniciar nuevamente la construcción de la celda.

Cada vez que se ejecute el software aparecerá la ventana de ayuda como se muestra en la figura 4.4.1

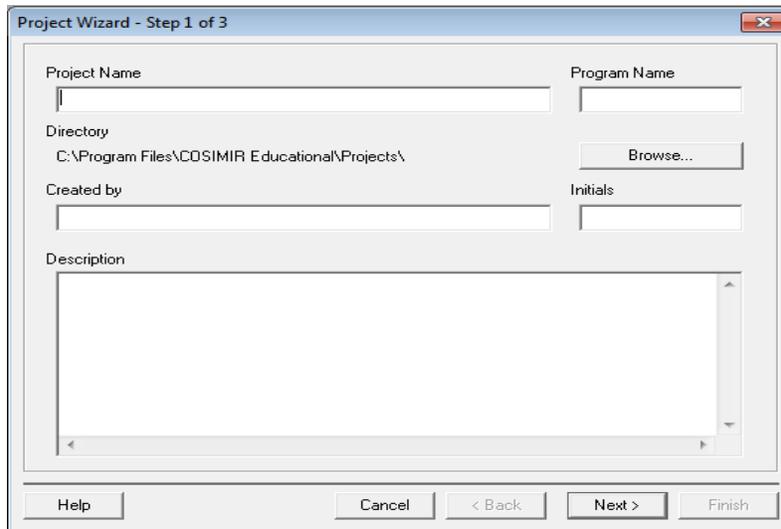


**Figura 4.4.1.- Ventana de Ayuda (COSIMIR Help)**

- **Interface de usuario**

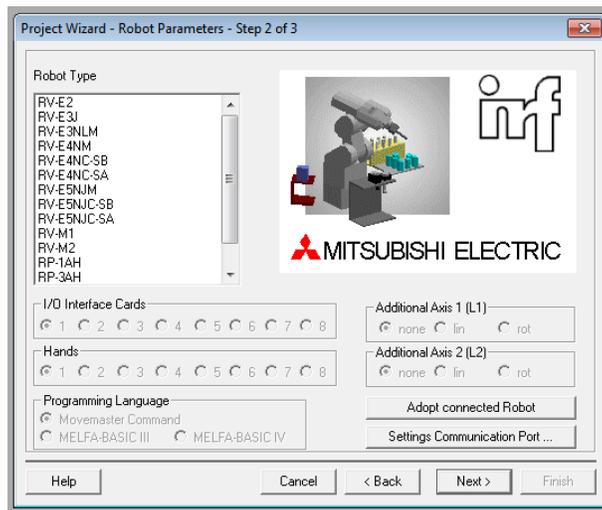
Aparece en el centro de la pantalla la ventana Project Name – Step 1 of 3 , en esta pantalla se asigna el nombre del proyecto a realizar , una vez colocado el nombre en la celda Project Name, dar clic en el recuadro next para que se despliegue la siguiente pantalla.

Nota: tome en cuenta que el nombre queda registrado en el historial del programa, por lo que no es posible crear dos o más proyectos con el mismo nombre .Figura 4.4.2.

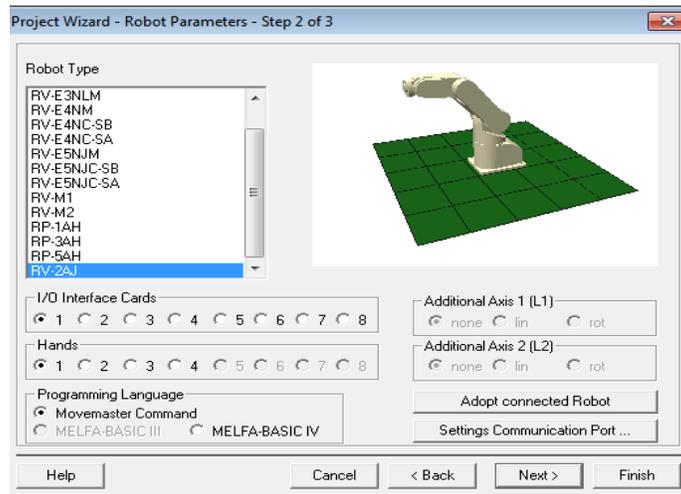


**Figura 4.4.1.- Project Wizard Step 1 of 3**

En la siguiente pantalla con el nombre Project Name – Step 2 of 3, en la cual se elige el robot primario de la celda de trabajo, debe de considerar, el objetivo del proyecto, el tipo de robot a utilizar para la ejecución de la tarea y el lenguaje de programación del robot, esto se muestra en la figura 4.4.3

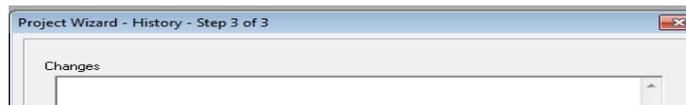


**Figura 4.4.3.- Project Wizard Step 2 of 3**



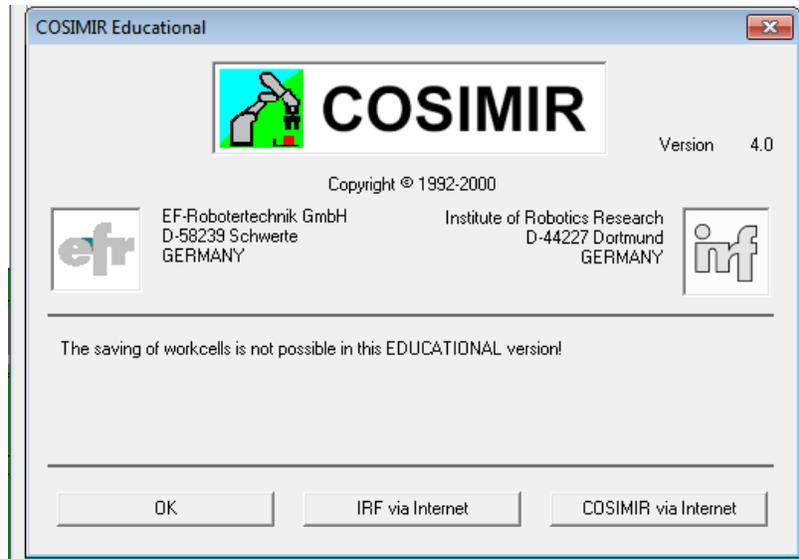
**Figura 4.4.3.- Elección de Robot**

Una vez especificado el robot se despliega la pantalla Project Wizard –History – step 3 of 3 donde solo se requiere dar clic en finalizar (Finish) para que quede creado el proyecto.



**Figura 4.4.4.- Project Wizard –History – step 3 of**

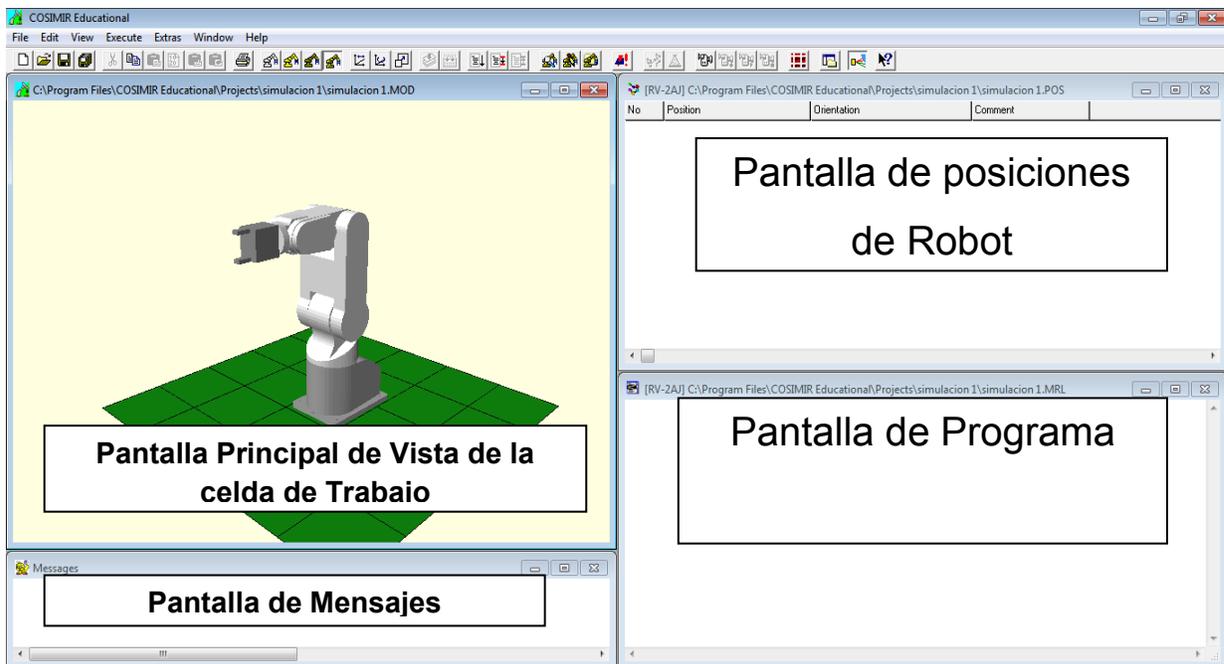
Una vez creado el proyecto, se despliega una pantalla de Cosimir con el Mensaje **“The saving is not Possible in this EDUCATIONAL versión!”** como se muestra en la Figura 4.4.5 que indica que no es posible salvar el proyecto en la versión educacional de cosimir, es decir una vez cerrado el proyecto no guardará cambio alguno.



**Figura 4.4.5.- Mensaje de Cosimir Educacional**

#### 4.5 Entorno de Cosimir

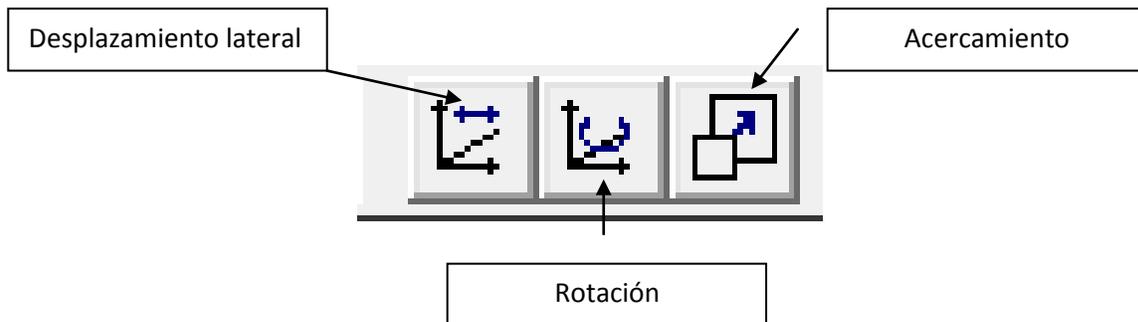
Cosimir cuenta con 4 pantallas, cada una con funciones específicas las cuales se describen a continuación:



**Figura 4.5.1.- Pantallas Principales de Cosimir**

En esta pantalla se visualizan gráficamente cada uno de los dispositivos que integra la celda de manufactura, esta pantalla es muy importante ya que puede seleccionar el tipo de vista en el que quiere visualizar los objetos y dispositivos para el cumplimiento de la tarea, es de suma importancia para visualizar los movimientos de los robots dentro del espacio de trabajo , con el fin de obtener posiciones del efector final lo mas exactas posibles

En esta pantalla están disponibles tres tipos de movimientos que sirven como herramienta para la visualización del proyecto disponible en cualquier punto del plano, como se muestra en la figura 4.5.2

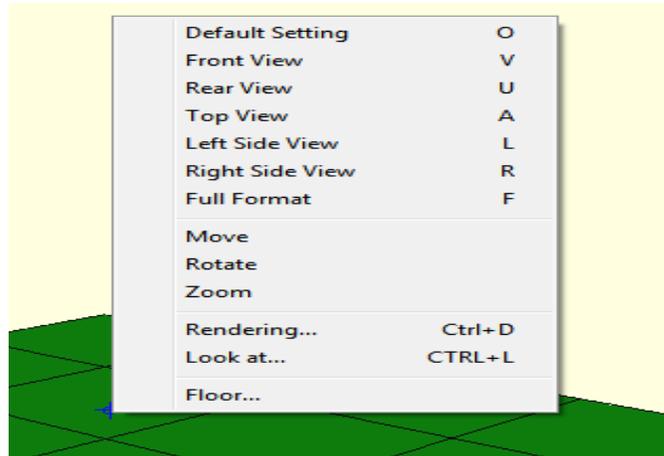


#### 4.5.2.- Movimientos en el Plano

Otras de las opciones que se tienen en esta pantalla es la posibilidad de cambiar las dimensiones y el color del piso, muy importante para una celda de trabajo con amplia cantidad de dispositivos físicos

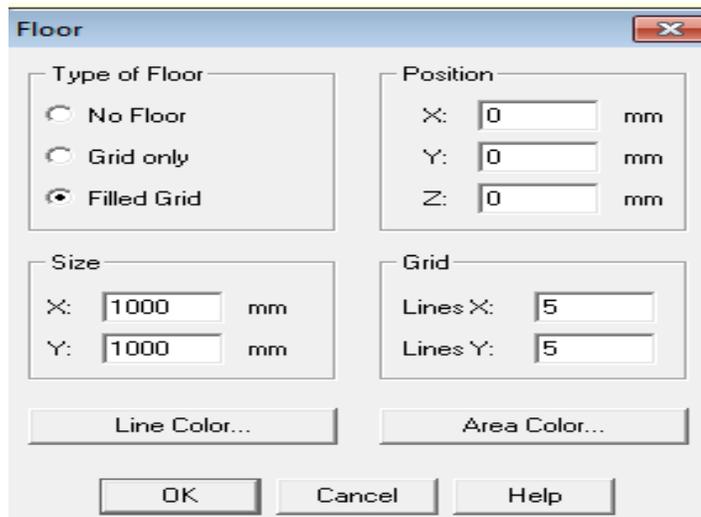
Para cambiar las dimensiones del piso se siguen los siguientes pasos:

- Clic derecho sobre cualquier punto de la pantalla, se desplegará una pantalla con diversas opciones, se da clic en floor , como se indica en la figura 4.5.3



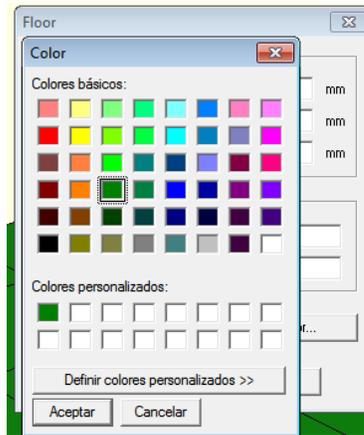
#### 4.5.3.- Opciones Pantalla Principal

- Se despliega un apantalla con el título de Floor en la casilla Size podrá modificar las dimensiones del piso, ya que predeterminado se encuentra X= 1000mm y Y= 1000mm, como se indica en la figura 4.5.4



#### 4.5.4.- Opciones Floor

Nota: en esta misma pantalla pero en el recuadro de color área podrá modificar el color del piso al color de su agrado, como se muestra en la figura 4.5.5.



#### 4.5.5.- Color

#### **Pantalla de Programa**

La finalidad de esta pantalla es permitir al usuario digitar la secuencia de comandos para la ejecución de la tarea que se pretende realizar.

En ella se tiene que detallar cual será la secuencia que seguirá el robot y los dispositivos físicos, por lo es que de suma importancia tener claro cada uno de los pasos, si la secuencia no es correcta la tarea no se realizará de la forma esperada.

#### **Pantalla de posiciones de Robot**

En ella se encuentran capturadas cada uno de las coordenadas de las pociones que tomará el robot para la ejecución de la tarea como para la manipulación de piezas y movimientos planeados del robot la pantalla se observa en la figura 4.5.1

#### **Pantalla de Mensaje**

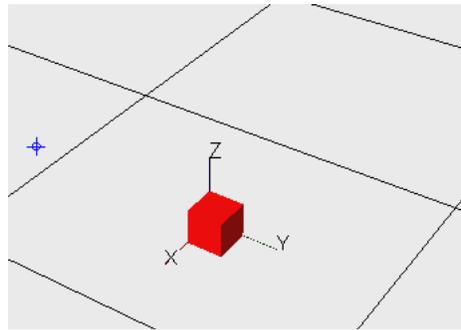
Esta pantalla despliega mensajes correspondientes a la celda como compilación y errores, si el programa presenta errores el programa no se compilará y el proyecto no se ejecutará.

### **4.6 Posicionamiento y/o dimensionamiento de objetos en el espacio de Cosimir**

En Cosimir es posible modificar algunas características de los dispositivos físicos con el cual interactúa como el tamaño y color.

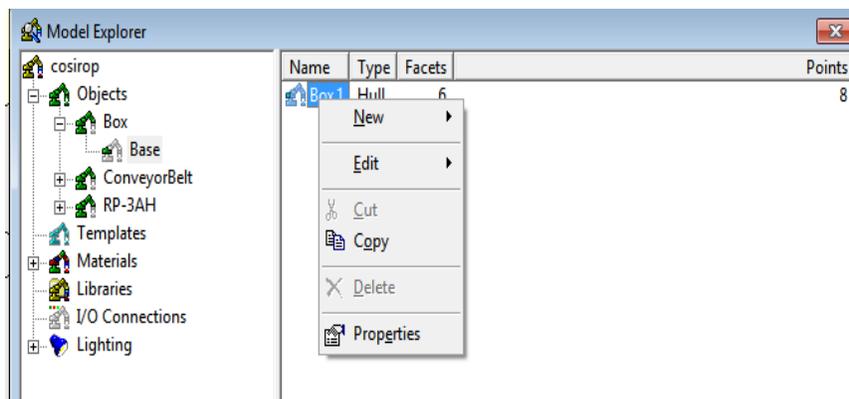
En el caso de objetos que utilizamos como las cajas la modificación se realiza de la siguiente manera:

- Uno de los casos más recurrentes es la utilización de las cajas que utilizamos como mesas ó soporte de algunos dispositivos físicos, de manera predeterminada el objeto tiene las dimensiones X: 100 mm, Y: 100 mm, Z:100 mm, como se muestra en la figura 4.6.1



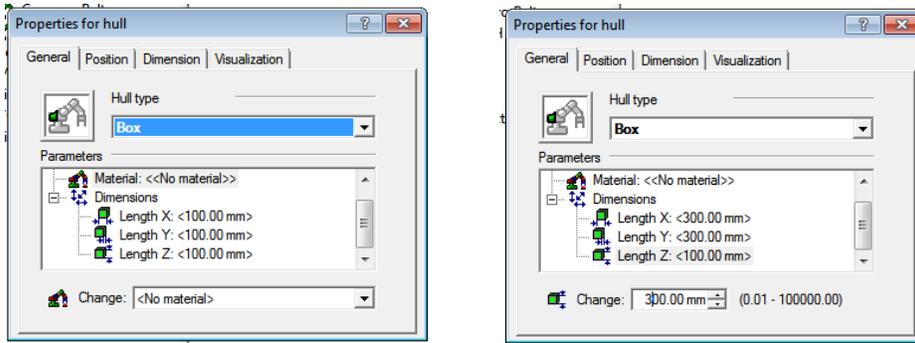
**Figura 4.6.1.- Box**

Para modificarlos despliegue la pantalla Model Explorer, seleccione el objeto, despliegue los contenidos del objeto hasta que aparezca base, en la ventana del lado derecho posicione el cursor y despliegue las propiedades el objeto con clic derecho, como se muestra en la figura 4.6.2.



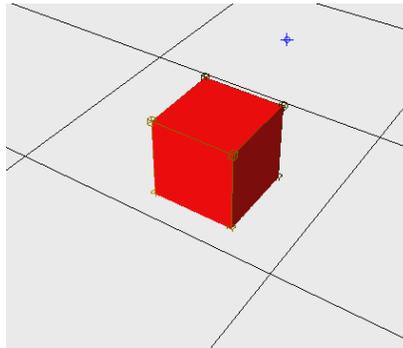
**Figura 4.6.2.- Propiedades del Objeto**

Aparecerá la pantalla Propiedades for hull , en esta pantalla se muestra el nombre del objeto y sus características generales, las cuales puede modificar hasta dar la dimensión que se requiere por ejemplo X=300 mm , Y=300 mm y Z=300 mm, como se indica en la figura 4.6.2



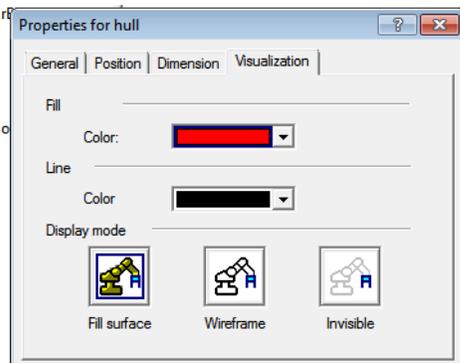
**Figura 4.6.3.- Cambio de dimensión de una caja ( Box )**

El objeto cambiara sus dimensiones en el plano una vez cerrada la ventana, esto se aprecia en la figura 4.6.4.

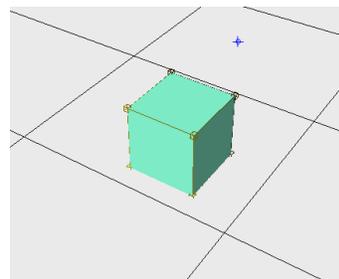


**Figura 4.6.4.- Visualización Después del Cambio**

Para realizar el cambio de color, cambie a la pestaña visualización en la pantalla Properties for hull y seleccione el color que requiera para la aplicación, el objeto cambiara de color al cerrar la pantalla, como se indica en las figuras 4.6.5 y 4.6.6

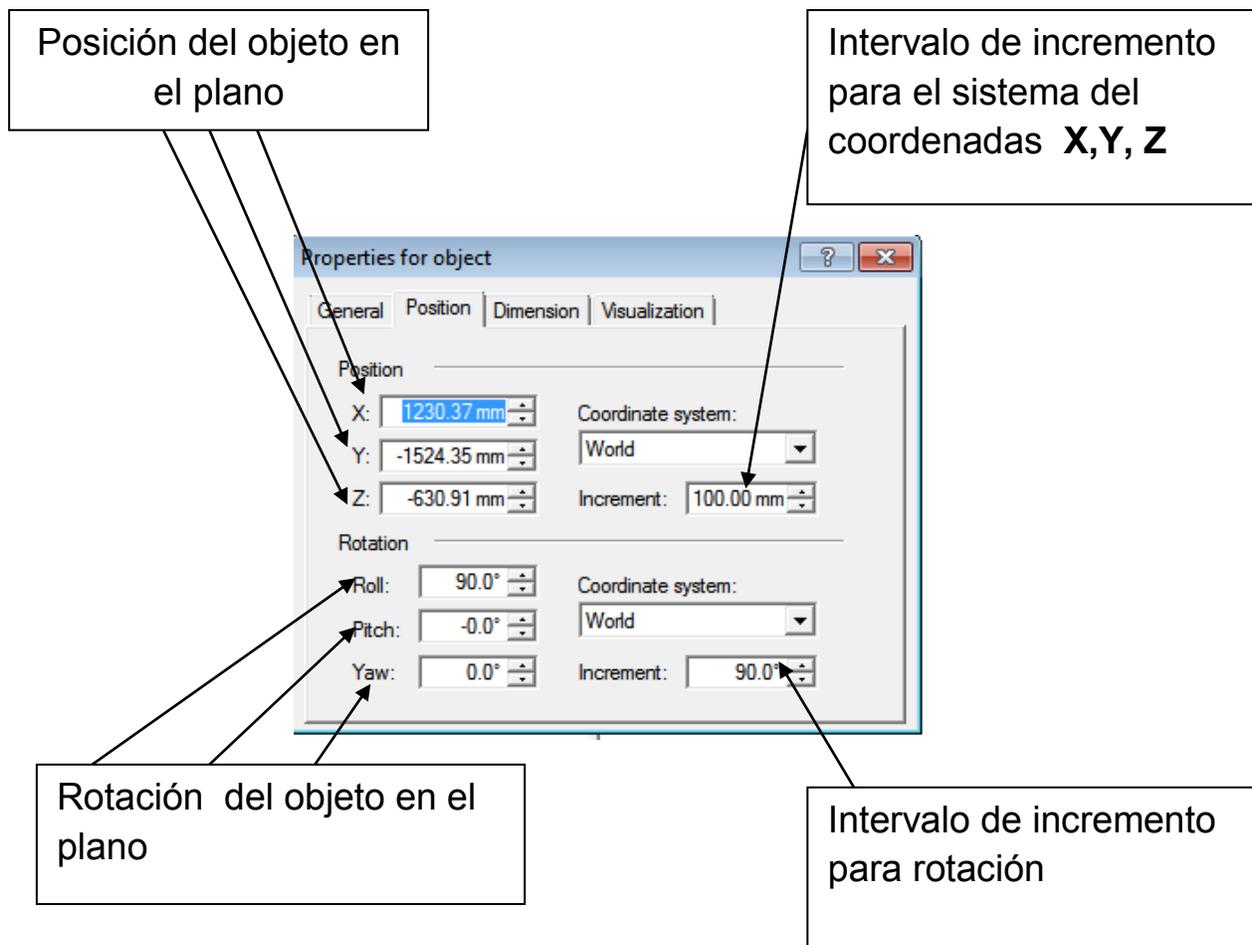


**Figura 4.6.5.- Properties for hull**



**Figura 4.6.6.- Visualización después del cambio de color**

Para el posicionamiento de los objetos en el espacio de trabajo se requiere seleccionar el objeto y modificar las coordenadas donde se requiere colocar, esto aplica para todos los dispositivos disponibles en Cosimir, la modificación de las coordenadas está disponible en la pantalla Properties for object, las pantallas tienen las siguientes características como se indica en la figura 4.6.7.



**Figura 4.6.7.- Pantalla para modificación de coordenadas**

#### 4.7 Movimientos del robot en el espacio con (JOINT, XYZ, TOOL)

- **JOINT:** Se mueve cada una de sus articulaciones por separado, siendo este movimiento el más sencillo y de mayor alcance por tener menores restricciones de trayectoria. Puede intercalarse entre brazo izquierdo o brazo derecho, esto se muestra en la figura 4.7.1

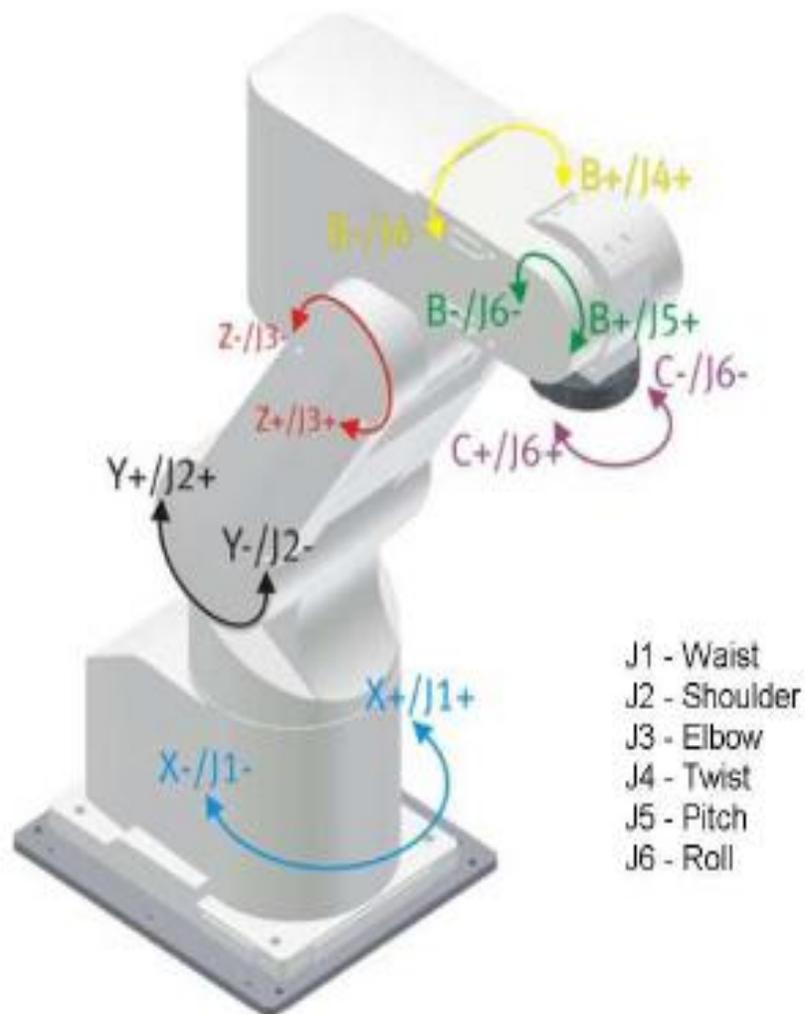


Figura 4.7.1.- Movimiento Joint

- **XYZ:** Sigue la muñeca del robot una trayectoria demarcada por los ejes cartesianos que se encuentran enclavados en la base del tronco del robot, en paralelo con las líneas de contorno del tronco del robot, como se indica en la figura 4.7.2

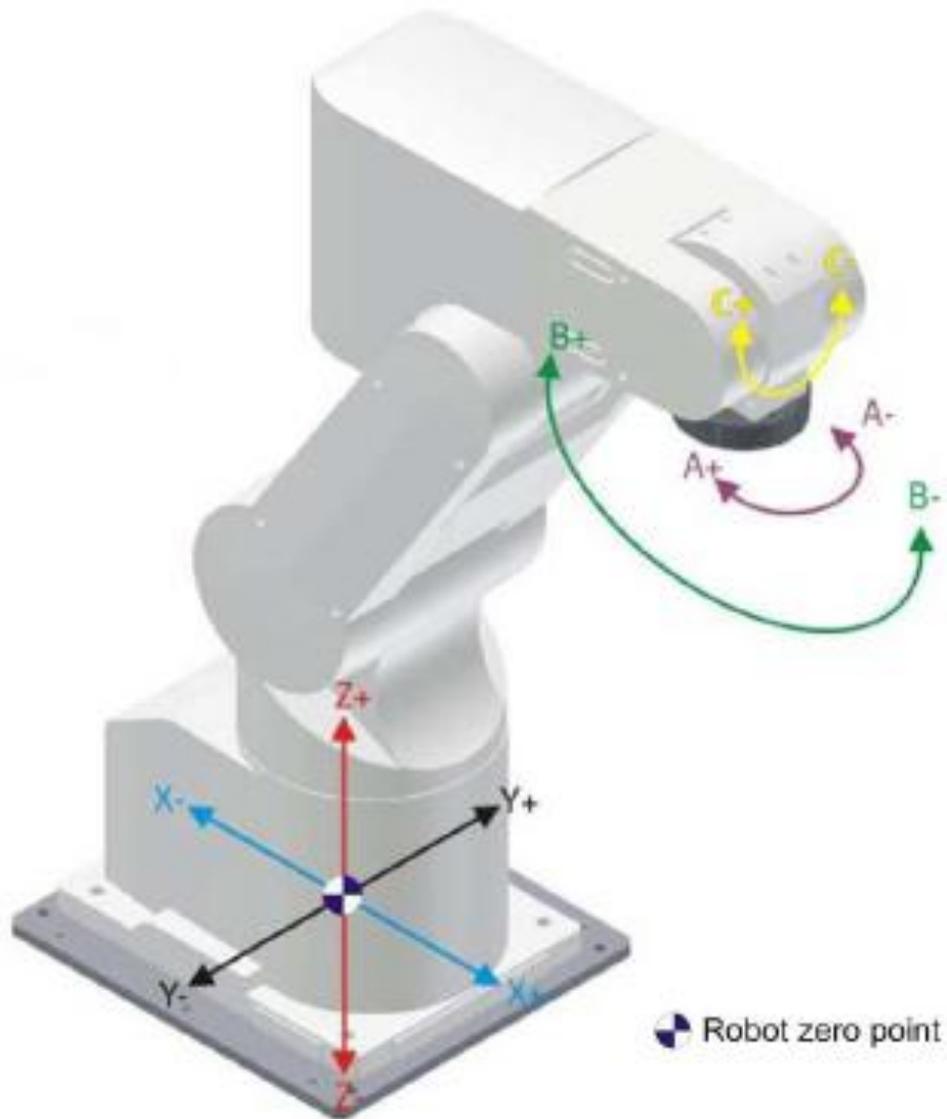


Figura 4.7.2.- Movimiento XYZ

- **TOOL:** Sigue la muñeca del robot una trayectoria demarcada por los ejes cartesianos que se encuentran enclavados en la misma muñeca del robot ó herramienta (tool); por lo que se puede mover la muñeca de posición así también los ejes son arrastrados con ella, la cual se indica en la figura 4.7.3

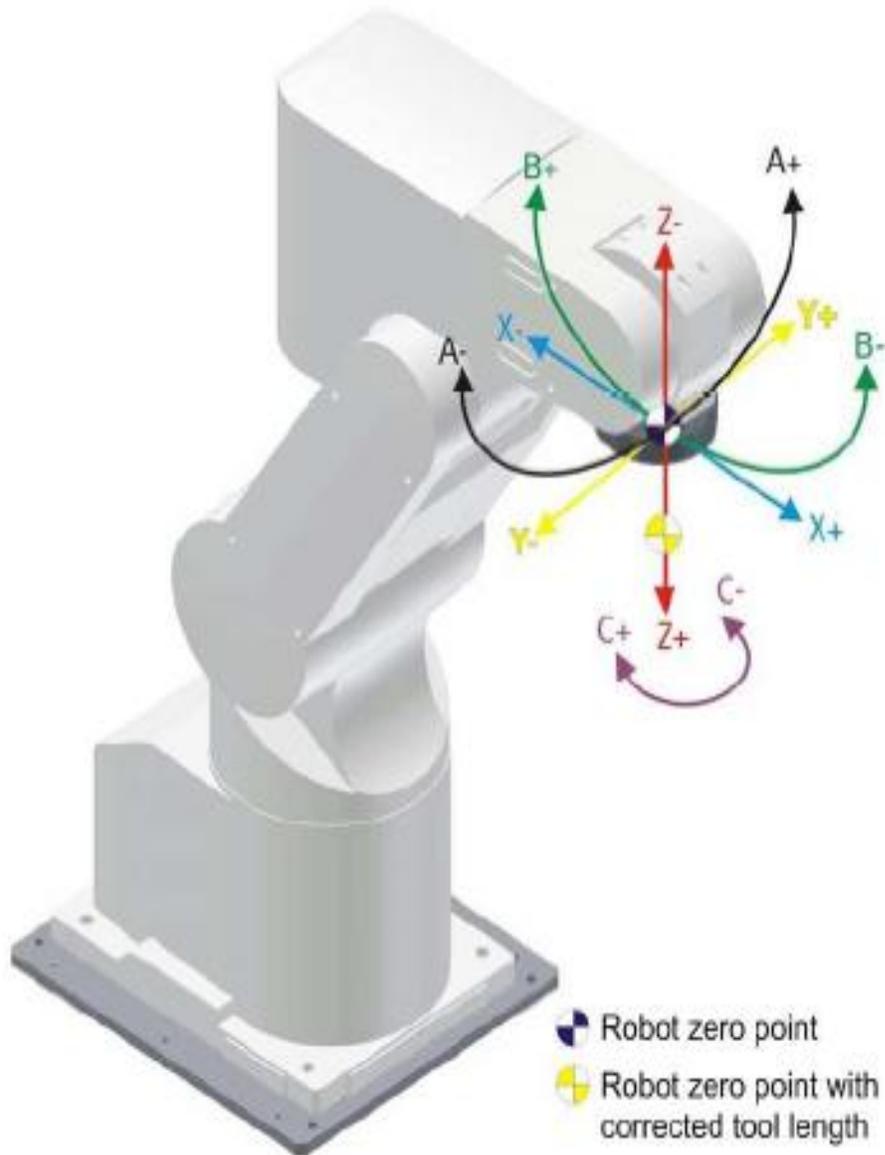


Figura 4.7.3.- Movimiento TOOL

## 4.8 Asignación de entradas y salida de los dispositivos físicos

Para la asignación de las entradas y salidas digitales se deben considerar la función que tiene cada dispositivo en particular, ya que para cada dispositivo físico contenido en Cosimir, tiene características específicas, que son tomadas del dispositivo real .

Para el caso de las salidas del dispositivo físico, las entradas son direccionadas a las salidas, y las salidas a las entradas del robot

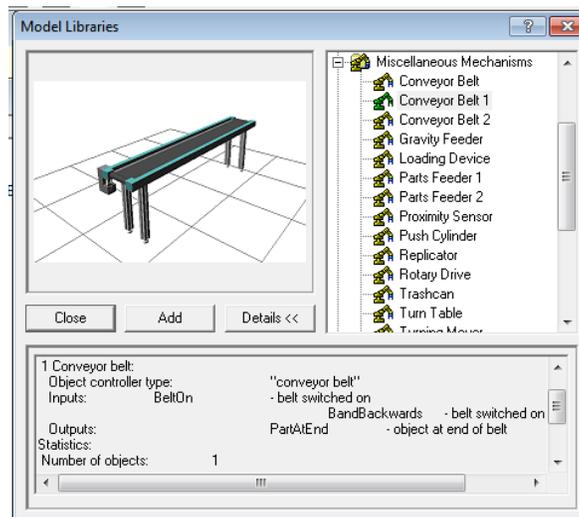
En cada dispositivo se encuentran especificadas sus entradas y salidas, y son visibles al agregar cada dispositivo.

Por ejemplo en la figura 4.8.1 se muestra:

El dispositivo físico **Conveyor Belt 1**, el cual cuenta con las siguientes características:

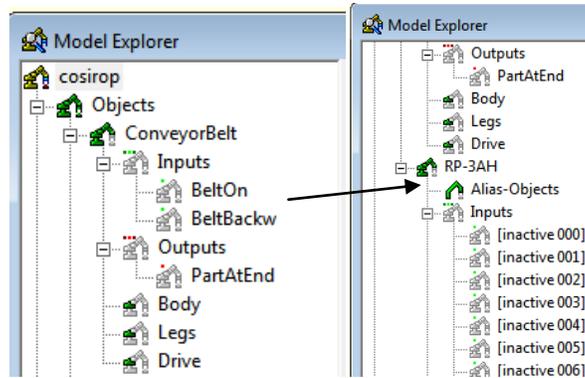
Inputs: BeltOn Banda encendida

Outputs: PartAend Objeto al final de la banda.



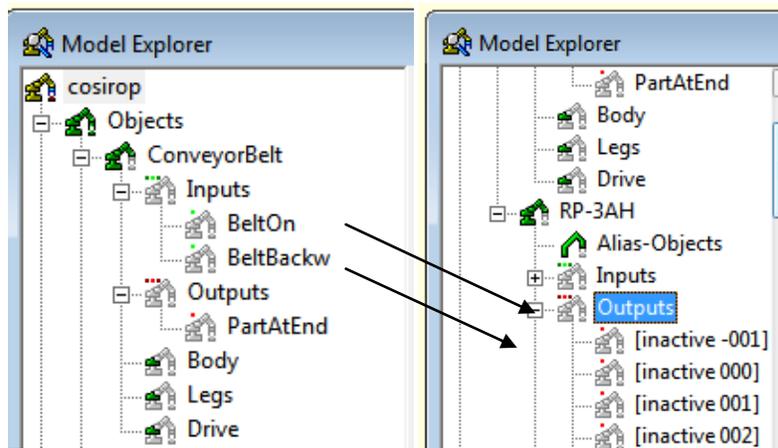
4.8.1.- Características de Conveyor Belt

Las salidas del dispositivo físico son direccionadas a las entradas del robot con el cual está interactuando, en el caso de las salidas de los dispositivos pueden ser asignadas a varios robots e incluso a otros dispositivos, como se precia en la figura 4.8.2.



#### 4.8.2.-Direccionamiento de Salidas

Las entradas de los dispositivos físicos son direccionadas a las salidas del robot con el cual interactúa, las entradas solo pueden ser asignadas exclusivamente para una salida del robot y no permitirá más conexiones.

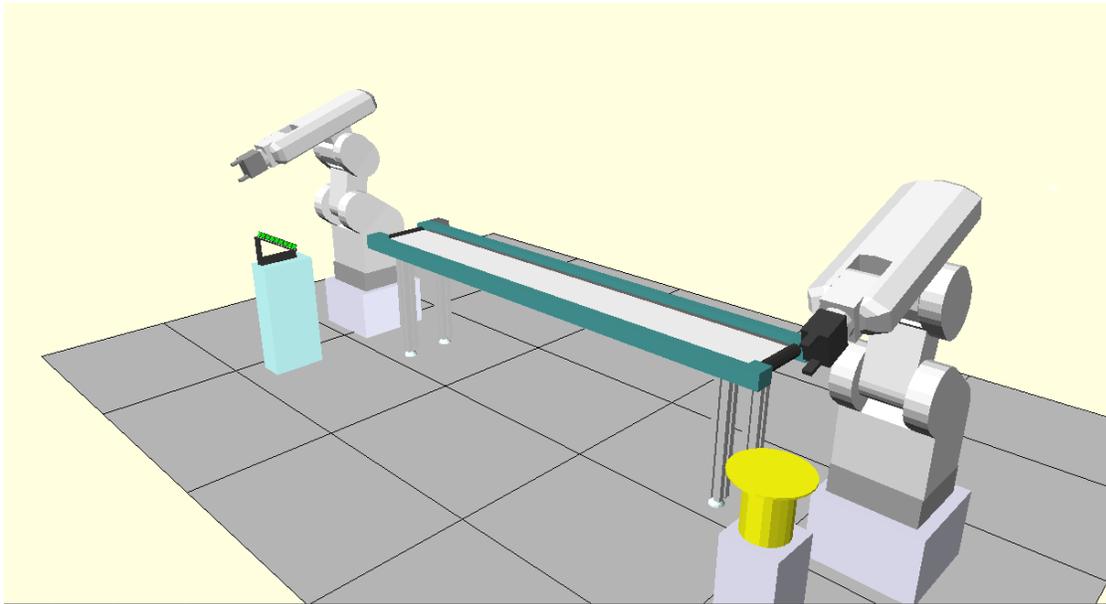


#### 4.8.3.- Direccionamiento de Entradas

### 4.9 Asignación de otro robot al espacio de trabajo y alta en nuevo

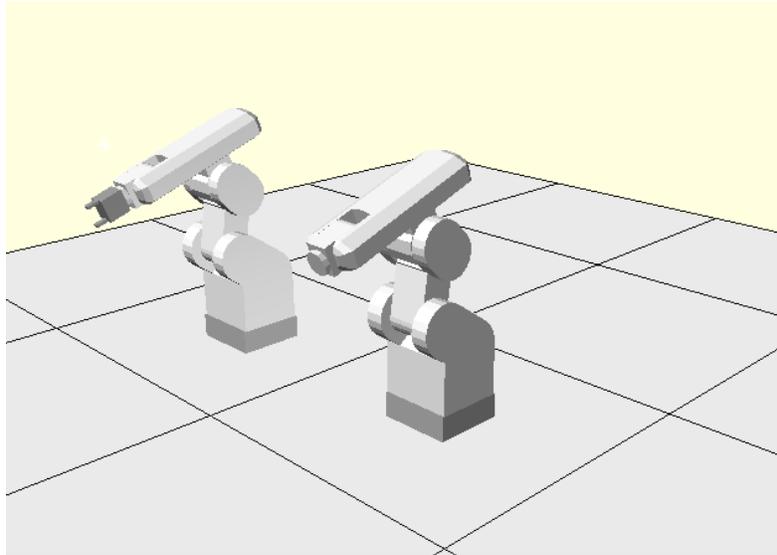
El poder asignar al proyecto un robot, te da la posibilidad de poder disponer de distintos equipos de características similares o diferentes si así se requiere para la ejecución de una tarea, en el ámbito industrial es muy común encontrar una línea de manufactura donde cada uno de los robots tienen una tarea asignada, en caso que una secuencia se interrumpa, todas las tareas posteriores se cancelaran hasta que se reanude la tarea que quedó pendiente

En el caso de Cosimir, a partir de las funciones de los dispositivos físicos los robots ejecutarán tareas en una secuencia asignada por el usuario, es decir, los robots ejecutan las tareas bajo condiciones específicas. Por ejemplo: se disponen dos robots de características similares, la tarea de uno de los robots es colocar las piezas sobre la banda transportadora, encenderla y trasladar la pieza al otro extremo, el otro robot tiene la tarea de colocar la pieza sobre la mesa giratoria, la condición para este caso es esperar la pieza hasta que esté en el extremo de la banda, en base al programa, el robot no operará hasta que se cumpla esa condición como se muestra en la figura 4.9.1



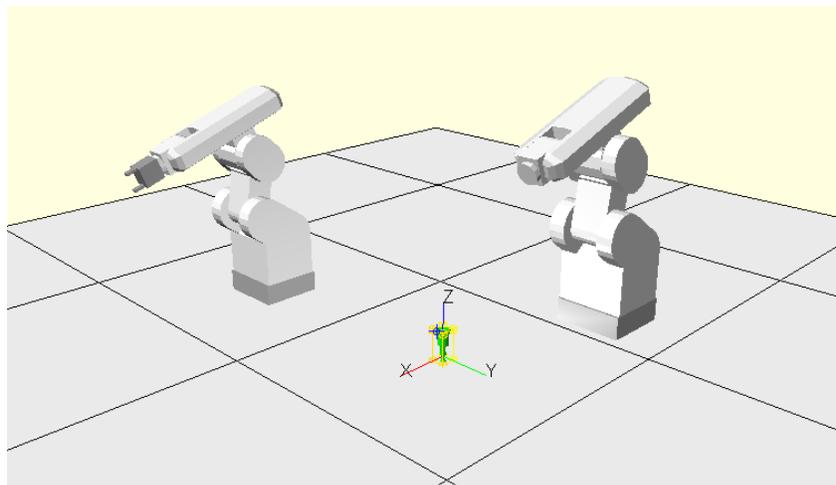
**Figura 4.9.1.- Ejemplo de Proyecto con Dos Robots**

Primero hay que agregar al espacio de trabajo los robots, como se muestra en la figura 4.9.2.



**Figura 4.9.2.- Visualización de Dos Robots**

Obsérvese en la figura 4.9.3, que el robot no tiene acoplado un efector final, por lo que se recomienda agregar inmediatamente para que éste se adapte sobre la brida en el robot.

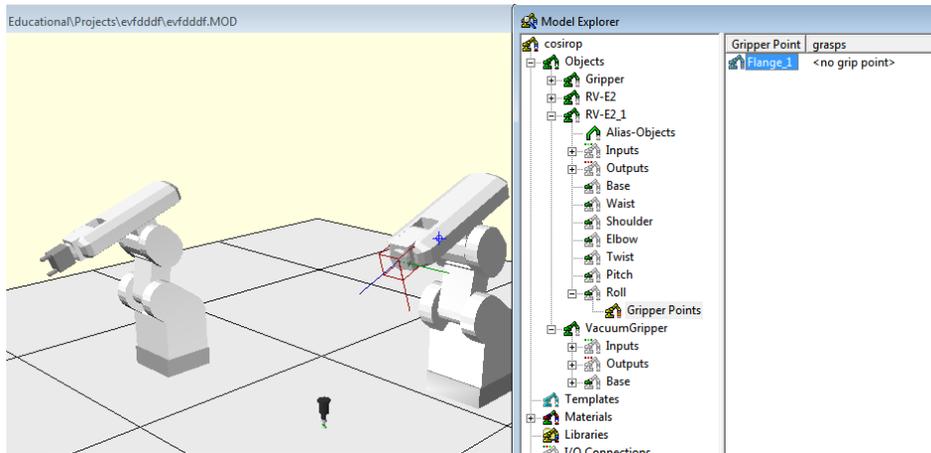


**Figura 4.9.3.- Posición de Gripper en el Espacio**

En el caso de que no se posicione en el robot, es necesario asignar desde la ventana de Model Explorer:

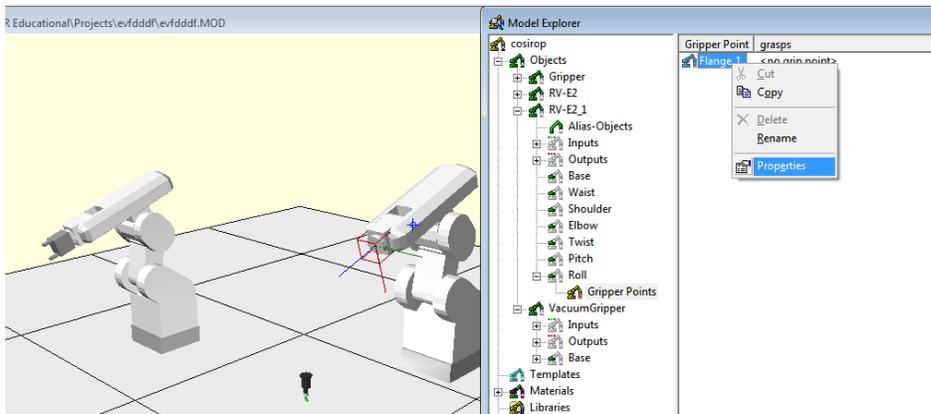
Como primer paso, elija el gripper que requiere para la aplicación, tomaremos como ejemplo una ventosa neumática (Vacuum Gripper).

Seleccione desde Model Explorer el robot en el cual vinculará el efector final, despliegue la pestaña, despliegue la pestaña de roll, seleccione Gripper point, como se muestra en la figura 4.9.4



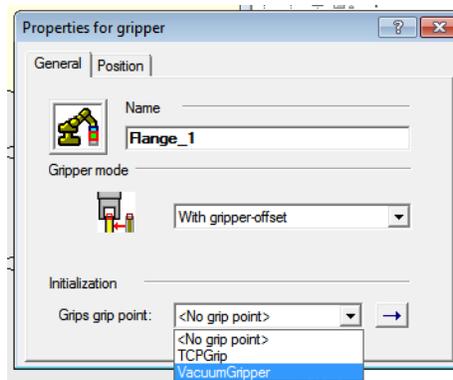
**Figura 4.9.4.- Gripper Points.**

En la columna del lado derecho seleccione Flange\_1, y despliegue sus propiedades, como se muestra en la figura 4.9.5



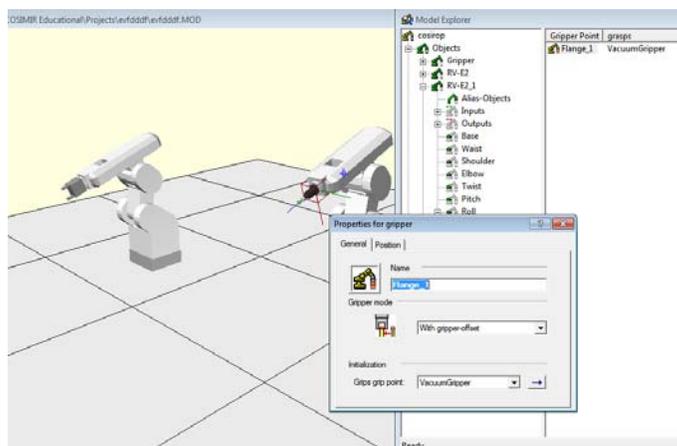
**Figura 4.9.5.- Flange\_1**

En la ventana de propiedades, seleccione general y elija el efector final que corresponde al robot, esto se observa en la figura 4.9.6



**Figura 4.9.6.- Elección de Gripper**

Note que el efector final se coloca automáticamente en el robot que asignó, pero aun no es posible operarlo ya que aun no está dado de alta en el robot, por lo que es necesario asignarle las entradas y salidas para su correcto funcionamiento.



**Figura 4.9.7.- Posición de Gripper**

Las características del efector final son las siguientes:

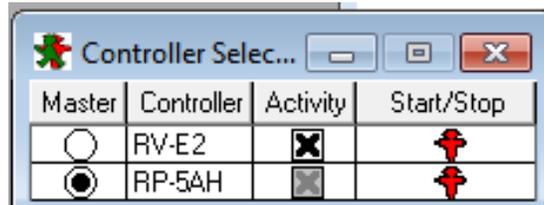
Inputs: Grasp

Outputs: State

Para su correcto funcionamiento, se recomienda dar de alta en la opción cero en el robot. Y renombrar la conexión en base al robot que se encuentra.

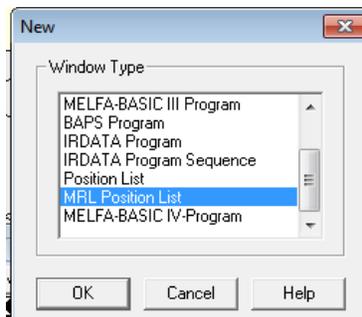
Una vez vinculado el efector final, es necesario agregar una lista de posiciones y un archivo de programa en blanco. Despliegue el controller selection (Barra de

herramientas \Execute\ controller\ selection), en el cual es visible los robots que están disponibles en la celda de trabajo, esto se aprecia en la figura 4.9.8



**Figura 4.9.8.- controller selection**

Seleccione el robot al cual se le asignará lista de programa y lista de posiciones, despliegue la ventana new disponible en la barra de herramientas, elija MRL Position List, para la asignar el listado de posiciones del robot, (MRL, es el formato en el que guardan las posiciones en Cosimir), esto se muestra en las figuras 4.9.9 y 4.9.10

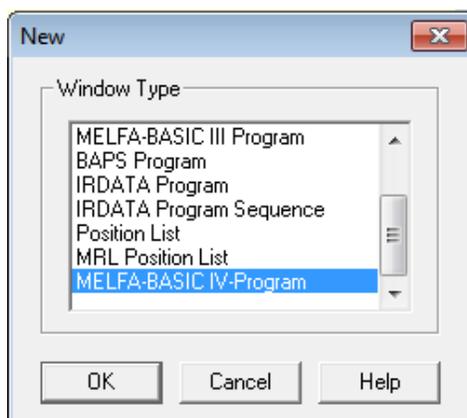


**Figura 4.9.9.- Selección de Position List**



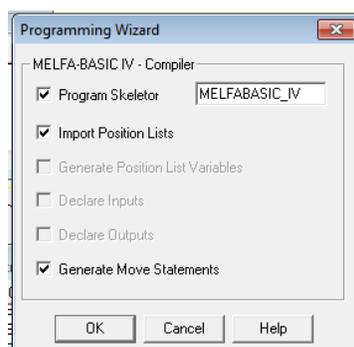
**Figura 4.9.10.- Despliegue de pantalla Position List**

Al igual que la lista de posiciones, seleccione el lenguaje de programación para el robot, por ejemplo Melfa Basic IV, como se muestra en la figura 4.9.11



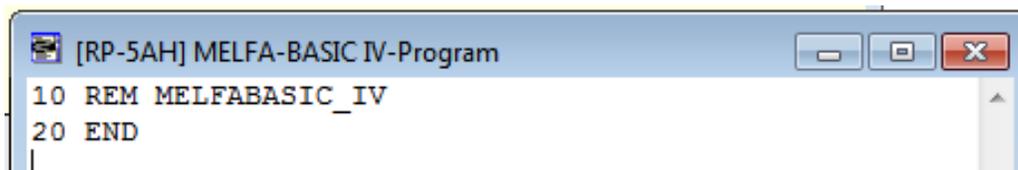
**Figura 4.9.11.- Selección de Programa**

Por último se requiere realizar la compilación del programa, se recomienda el uso de programming Wizard... (Edit\ programming Wizard...), el cual desplegará la línea principal y la línea final necesarias para que opere correctamente el robot. Una vez ejecutado aparece la pantalla programming Wizard..., note que tiene seleccionado en Program Skeletor el lenguaje de programación asignado al robot



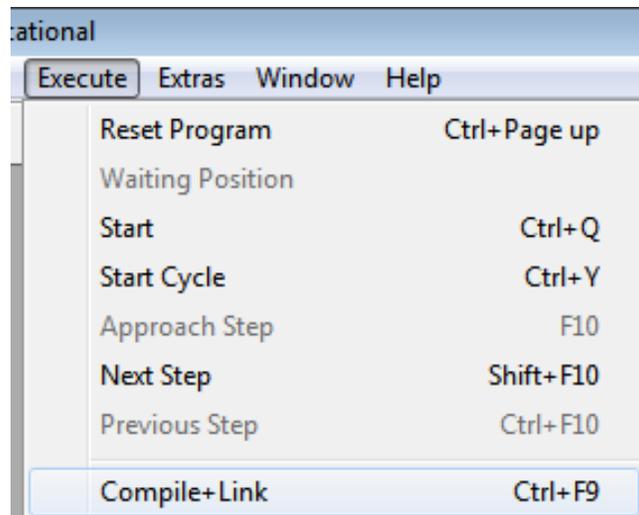
**Figura 4.9.12.- Programming**

Se desplegaran las siguientes líneas del programa



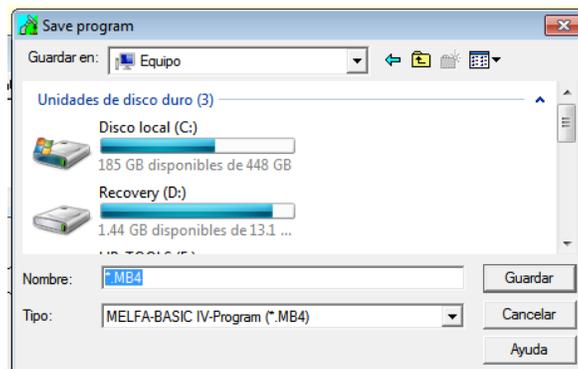
**Figura 4.9.13 Líneas Generadas por Programming Wizard...**

Una vez completado elija la opción compile + link, disponible en el menú Execute



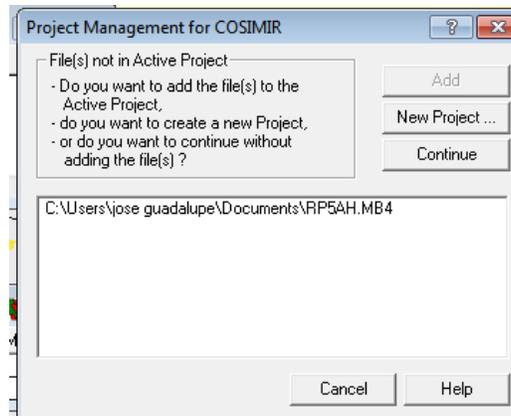
**Figura 4.9.14.- Compilaciones de programa**

Se despliega el cuadro de dialogo Save program, en el cual se le asigna la ruta y la extensión del programa.



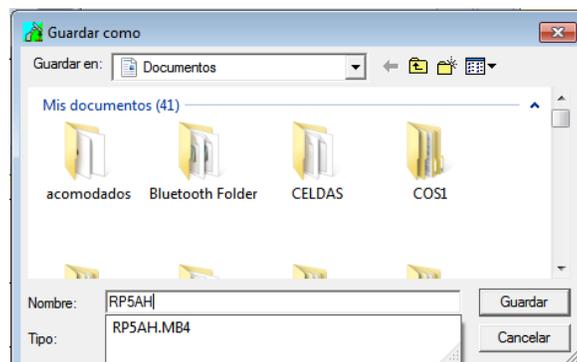
**Figura 4.9.15.- Ruta de Programa**

Una vez asignada la ruta se despliega la ventana Project Management for COSIMIR, elija la opción New Project...



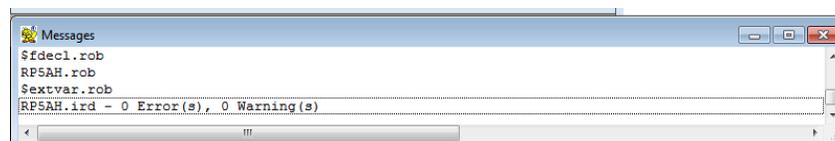
**Figura 4.9.16.- New Project**

Se despliega el cuadro de dialogo Guardar como, es necesario asignar nombre, se recomienda utilizar el nombre del robot.



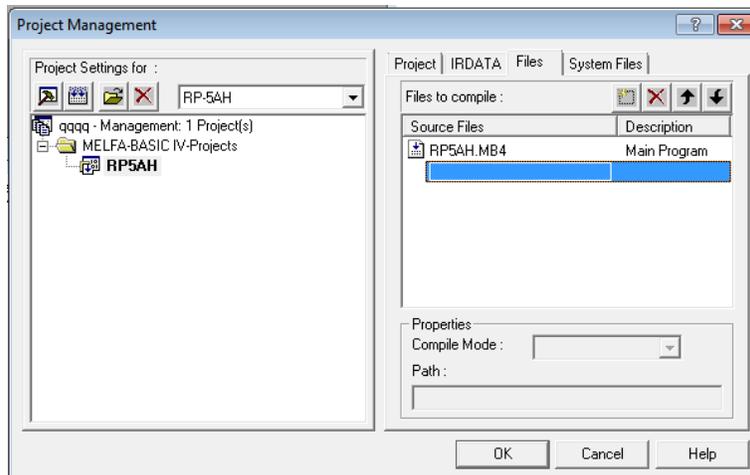
**Figura 4.9.17.- Guardar nuevo proyecto**

En caso de algún error en la compilación aparecerá en la ventana de mensajes.



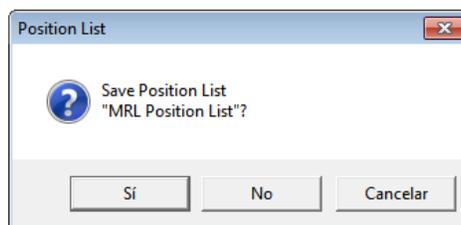
**Figura 4.9.18. Despliegue de mensaje de compilación**

Ejecute el Project Management, elija el robot que asignó y seleccione la pestaña File, el cual hasta el momento solo tiene asignado el programa principal y aun no tiene la lista de posiciones, el robot no operara si no tiene ambos archivos



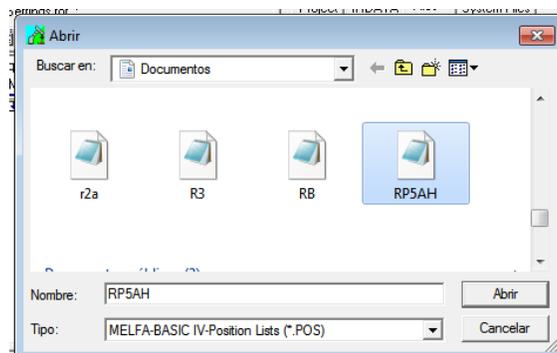
**Figura 4.9.19.- Project Management**

Para asignar el archivo de posiciones, cierre la ventana de posiciones, aparecerá la ventana siguiente:



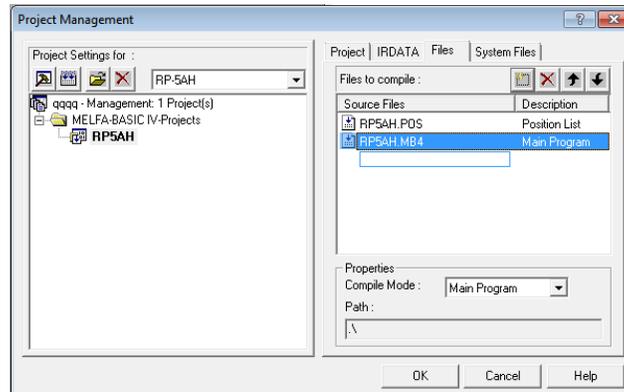
**Figura 4.9.20.- Position List**

Posteriormente le pedirá la ruta donde desea guardar la lista de posiciones, asegure que esta se encuentre en la carpeta específica del proyecto del nuevo robot.



**Figura 4.9.21.- Guardar position List**

En el cuadro de dialogo Project Management, elija la opción de agregar archivo y seleccione el archivo con la extensión .pos, dar clic en compilar para que la lista de posiciones quede anclada al robot.



**Figura 4.9.22.- Finalizada la asignación del nuevo proyecto**

Una vez hecho esto el robot queda disponible en el proyecto.

#### **4.10 Lenguaje de Programación Melfa Basic 4 y Movemaster Command**

El lenguaje de programación Melfa Basic IV es una estructura de funciones disponibles, basado en el lenguaje BASIC estándar, constituye el aspecto fundamental de los comandos propios de BASIC que es capaz de procesar para los robots disponibles en Cosimir.

El entorno de Melfa basic IV está diseñada de tal forma que no se requerían conocimientos avanzados en el lenguaje Basic tradicional.

El lenguaje de programación Movemaster commad, es un lenguaje estándar que es posible encontrar en la industria. Este leguaje es muy simple e intuitivo a la hora de realizar la programación de un robot y listar las condiciones de operación para la ejecución de tareas e interacción con dispositivos físicos.

##### **Instrucciones básicas**

Las instrucciones básicas en Cosimir le permiten realizar proyectos tan complejos como el usuario requiera, es necesario tomar en cuenta que cada comando tiene una función específica con características únicas.

A continuación se enlista algunos de los comandos más útiles para este lenguaje.

## Lista de comandos Melfa Basic IV

Clase	Comando	Función
Variables del estado del Robot	P_TOOL	Mantiene la longitud actual de la herramienta
	M_SPD	Mantiene la velocidad actual (lineal / interpolación circular)
Funciones	ABS	Produce el valor absoluto
	VAL	Convierte una serie de caracteres en un valor numérico
	ATN	Calcula el arco tangente
	STR\$	Convierte una expresión con valor numérico en una serie de caracteres en decimal
	ZONE	Verifica el área de la posición actual
Operaciones	P1=P1*P2	Cálculo relativo de los datos de posición
	M1=M1*M2	Multiplicación de una variable numérica
	P1.X=10	Operación del elemento del dato de posición
Bifurcación condicional	SELECT CASE	Más de una rama de condición
	ON GOSUB	Valor de la rama de condición
	WHILE WEND	Repetir con condición
Aceleración óptima / Control de deceleración	LOADSET	Estableciendo la condición de carga
		Válida/inválida establecimiento óptimo de aceleración /deceleración
Clase	Comando	Función
Control flotante (en el sistema de coordenadas XYZ)	CMP POS	Control de cumplimiento
	CMPG	Control de fuerza
Ejecución paralela (multitarea)	XRUN, XSTP, XRST, XLOAD	Ejecución paralela de otras tareas, paros, restablecimientos y cargas
Transportación (especificaciones especiales)	TRKON, TROFF	Valida- ON /invalida la transportación
	TRBASE	Establece la base de coordenadas de la transportación

Tipo	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)
<b>Control de la Posición y Operación</b>	Interpolación articulada	Movimiento a la posición designada mediante la interpolación articulada	MOV P1
	Interpolación lineal	Movimiento a la posición designada mediante la interpolación lineal	MVS P1
	Interpolación circular	Movimiento a lo largo de un arco designado (punto de inicio, punto medio, punto de inicio) mediante una interpolación circular tridimensional (360°)	MVC P1,P2,P1
		Movimiento a lo largo de un arco designado (punto de inicio, punto medio, punto final) mediante una interpolación circular tridimensional.	MVR P1,P2,P3
		Movimiento a lo largo de un arco sobre el lado opuesto del arco designado (punto de inicio, punto de referencia, punto final) mediante una interpolación circular tridimensional	MVR2 P1,P9,P3
		Movimiento a lo largo de un arco fijo (punto inicial, punto final) mediante una interpolación circular tridimensional	MVR3 P1,P9,P3
		Designación de velocidad	Designa la velocidad para varias operaciones de interpolación con un porcentaje (0.1% unidad).
	Designa la velocidad para una interpolación conjunta con un porcentaje (0.1% unidad).		JOVRD 100
	Designa la velocidad para la interpolación circular y lineal con un valor numérico (0.1mm / s unidad).		SPD 123.5
	Designa el tiempo de aceleración / deceleración como un porcentaje con respecto a una predeterminada aceleración / deceleración (1% unidad)		ACCEL 50,80
	Ajuste automático de la aceleración / deceleración de acuerdo a un parámetro establecido		OADL 1,5,20
	Fija la mano y condiciones de trabajo para el ajuste automático de la aceleración /deceleración		LOADSET 1,1

Tip o	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)
<b>Control de la Posición y Operación</b>	Operación	Agrega un proceso incondicional a la operación	WTH
		Agrega un proceso condicional a la operación	WTHIF
		Designa una operación suave	CNT 1,100,200
		Designa las condiciones de posición con un No. de pulsos	FINE 200
		Cambia el servo on / off para todos los ejes	SERVO OFF
		Limita la operación de cada eje tal que el torque designado no se exceda	TORQ 4,60
	Control de Posición	Designa los datos de la conversión de la base	BASE P1
		Designa los datos de conversión de la herramienta	TOOL P1
	Control Flotante	La rigidez del brazo del robot es bajada y suavizada (Sistema coordinado XYZ)	CMP POS .00000011
		La rigidez del brazo del robot es bajada y suavizada (Sistema coordinado articulado)	CMP JNT .00000011
		La rigidez del brazo del robot es bajada y suavizada (Sistema coordinado de herramienta)	CMP TOOL .00000011
		La Rigidez del brazo del robot regresa al estado normal	CMP OFF
		La Rigidez del brazo del robot es designada	CMPG 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0, 1.0,1.0,1.0
	Pallet	Define la pallet	DEF PLT 1,P1,P2,P3,P4,5,3, 1
		Opera el punto de posición de la rejilla del pallet	PLT 1,M1

Tipo	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)
<b>Mando del Programa</b>	Bifurcación	Ejecuta un bloque de programa correspondiente al designado por una expresión dada.	SELECT CASE 1 CASE2 END SELECT
		Dirige el proceso del programa a la siguiente línea	SKIP
	Subrutina	Ejecuta una subrutina designada (dentro del programa)	GOSUB 200
		Regresa de la subrutina	RETURN
		Ejecuta un programa designado	CALLP "P10",M1,P1
		Define el argumento del programa ejecutado a través del comando CALLP	FPRM M10,P10
		Ejecuta una subrutina designada correspondiente a una expresión dada	ON M1 GOSUB 100, 200, 300
	Interrupción	Define las condiciones y el proceso de la interrupción	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Activa /desactiva la interrupción	ACT 1=1
		Define la línea de inicio de un programa a ejecutar cuando una interrupción es generada por la línea	ON COM(1) GOSUB 100
		Habilita la interrupción para la comunicación con la línea	COM(1) ON
		Deshabilita la interrupción para la comunicación con la línea	COM(1) OFF
		Detiene la interrupción en la comunicación con la línea	COM(1) STOP
		Espera	Designa el tiempo de espera, con base de tiempo en segundos
	Espera hasta que la variable obtiene el valor designado		WAIT M_IN(1)=1
	Paro	Detiene la ejecución del programa	HLT
		Genera un error. Durante la ejecución del programa, paro o "servo OFF" puede ser designado	ERROR 9000
	Fin	Fin de la ejecución del programa	END

Tipo	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)
Brazo	Abrir la mano	Abre la mano designada	HOPEN 1
	Cerrar la mano	Cierra la mano designada	HCLOSE 1
Ejecución Paralela	Designación del mecanismo	Adquiere el mecanismo el No. De mecanismo designado	GETM 1
		Distribuye al mecanismo el No. De mecanismo designado	RELM 1
	Selección	Selecciona el programa para la ranura designada	XLOAD 2, "P102"
	Activar / Desactivar	Lleva una ejecución paralela de salida del programa designado	XRUN 3,!00",0
		Detiene la ejecución paralela del programa designado	XSTP 3
		Regresa a la línea de ejecución del programa principal designado y mantiene habilitada la selección del programa	XRST 3
Entrada /salida	Asignación	Define las variables de entrada y salida	DEF IO PORT1=BIT,0
	Entrada	Recupera de la señal de entrada de propósito general	M1=IN 1
	Salida	Llama la señal de salida de propósito general	OUT 1=0
Otros	Definición	Define el valor de la variable, entero o número real	DEF INT KAISUU
		Define la variable como cadena de caracteres	DEF CHAR MESSAGE
		Define el esquema de la variable (3 posibles dimensiones)	DIM PDATA(2,3)
		Define la variable de la articulación	DEF JNT TAIHI
		Define la posición de la variable	DEF POS TORU
		Define la función	DEF FNTASU(a,B)=A+B

<b>Tipo</b>	<b>Clase</b>	<b>Función</b>	<b>Formato de entrada (ejemplo)</b>
<b>Otros</b>	Limpiar	Limpia la señal de salida de propósito general, variables del programa, variables entre programas, etc.	CLR 1
	Archivo	Abrir un archivo	OPEN "COM1:" AS # 1
		Cerrar un archivo	CLOSE # 1
		Datos de entrada desde un archivo	INPUT # 1,M1
		Imprimir datos de salida de un archivo	PRINT # 1,M1
	Comentarios	Describe un comentario	REM "ABC"
	Etiquetas	Indica el destino de la bifurcación	*SUB1
<b>Mando del programa</b>	Bifurcación	Bifurcación incondicional al lugar designado	GOTO 120
		Bifurcación conforme a las condiciones designadas	IF IN1=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
		Repite hasta que las últimas condiciones designadas sean satisfactorias	FOR M1=1 to 10 NEXT
		Repite mientras que las condiciones designadas sean satisfactorias	WHILE M1<10 WEND
		Bifurcación correspondiente al valor designado de la expresión	ON M1 GOTO 100,200,300

## Comandos de programación Movemaster Command

Tip o	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)	
Control de la posición y Operación	Interpolación articulada	Mueve a la variable de posición designada con interpolación articulada	MO 1	
		Mueve a la posición designada con la interpolación conjunta articulada	MP 100,200,125,3,0,90	
		Mueve a la posición obtenida por la suma dos variables de posición	MA 1,2	
		Gira la articulación por el ángulo especificado de la actual posición	MJ 10,20,0,0,0,0	
		Mueve los ejes por la cantidad designada de la actual posición	DJ 1,15	
		Mueve una distancia especificada de la actual posición	DW 100,80,0	
		Mueve al siguiente nivel de la actual posición	IP	
		Mueve al anterior nivel de la actual posición	DP	
		Mueve a una posición separada por la distancia designada (+/-) en dirección del eje Z de coordenadas de la herramienta desde la posición designada	MT 1,-50	
		Mueve al origen del eje designado en los parámetros	NT	
		Mueve a la posición origen especificada por el usuario	OG	
		Interpolación lineal	Mueve a la posición de la variable designada mediante interpolación lineal	MS 1
			Mueve a la distancia especificada de la actual posición	DS 10,20,0
	Continúa moviendo la posición de la variable con interpolación lineal entre dos variables de posición designadas		MC 10,20	
	Mueve a una posición separada por la distancia designada (+/- dirección) en dirección del eje Z de las coordenadas de la posición de la variable designada		MTS 1,-50	

Tipo	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)	
Control de la posición y Operación	Interpolación Circular	Mueve a la largo de un arco designado (punto inicial, punto transitorio, punto final) con una interpolación circular 3D.	MR 1,2,3	
		Mueve con interpolación circular, con los datos de posición de 2 comandos MRA designados previamente	MRA 4	
	Designación de velocidad	Establece el ajuste de la velocidad en el programa (0.1% unidad)	OVR 100	
		Designa el nivel de velocidad y la proporción de aceleración /deceleración para varias operaciones de interpolación	SP 25,H	
		Designa la velocidad, la constante de tiempo, la proporción de aceleración / deceleración y especificaciones CNT aceptadas en una interpolación lineal o circular	SD 123,5,50,50,0	
	Control de posición	de	Establece la longitud en el extremo de la mano (de la herramienta)	TL 128
			Designa la matriz para la herramienta	TLM 0,0,128,0,0,0
			Espera una posición de todos los ejes de los anillos en pulsos fijados en el interior	PW 10
			Suma $\pm 360$ grados al eje actual R y rescribe la posición	JRC + 1
			Memoriza la actual posición como un número de posición	HE 1
			Memoriza la actual posición como el origen	HO
			Coloca los valores designados de coordenadas (x, y, z, a, b, c) en la variable de posición designada	PD 1, 100, 200, 300, 0 , 90, 0
			Borra la posición de la variable entre dos posiciones	PC 1,20
			Cambia la "postura" del robot en posición designada	CF 1, R, A, F

Tip o	Clase	Función	Formato de entrada (ejemplo)
de y Control Posición	Pallet	Define el pallet	PA 1,5,3
		Opera el número de rejillas (puntos) de la posición designada del pallet, y la sustituye dentro variable de posición correspondiente .	PT 1
Control del programa	Bifurcación	Salto a la línea número	GT 120
		Salta al número de línea si el valor del registro interno igual al valor especificado	EQ 20, 120 EQ "OK", 120
		Salto al número de línea si el valor del registro interno no es igual al valor especificado	NE 20, 120 NE "NG", 120
		Salto a la línea número, si el valor del registro interno/ cadena es más grande que el valor especificado /cadena	LG 20, 120 LG "NG", 120
		Salto al número de línea si el valor del registro interno es más pequeño que el valor especificado	SM 20, 120 SM "NG", 120
		Salta al número de línea por el estado del bit del registro interno	TB +5,100
		Salta al número de línea por la señal externa de la entrada de la señal del estado del bit	TBD +5, 100
		Repite el lazo especificado por el comando NX	RC 8
		Especifica el rango de un lazo en un programa por el comando RC	NX
		Subrutina	Ejecuta la subrutina de la línea designada en el programa
	Regresa de la subrutina (El regreso a la número de línea designado)		RT RT 200
	Interrupciones	Valida la interrupción por el bit designado por la terminal entrada externa, la línea de interrupción, designa el método	EA +16,100,1
		Deshabilita las interrupciones del bit de la señal de entrada externa	DA 16
	Espera	Detiene la operación por un tiempo designado (0.1 seg. Unidad)	TI 50

o	Tip	Clase	Función	Formato de entrada (Ejemplo)
Control del programa	Selección		Selecciona el programa	N 1
	Inicio		Ejecuta el programa entre los números de líneas designadas	RN 10, 50
	Paro		Detiene el programa	HLT
	Fin		Termina el programa	ED
Brazo	Abrir		Abre la mano especificada	GO
	Cerrar		Cierra la mano especificada	GC
	Pasos		Define la fuerza de sujeción de la mano motorizada y el tiempo de apertura y cierre.	GP 40,30,50
			Coloca la mano en un estado habilitado / deshabilitado cuando el comando "PD" es ejecutado	GF 1
Entrada /salida	Entrada		Obtiene la señal desde una entrada externa	ID
	Salida		Salida de datos a una señal externa	OD 20
			Salida del valor del contador a una señal externa	OC 1
			Fija el estado del bit de la señal de salida	OB +16
Operación	Adición		Suma el valor designado al valor del registro interno	ADD 10
			Suma 1 al número designado del contador	IC 5
			Suma el valor de la coordenada a la variable de posición previamente designada	SF 1,2
	Sustracción		Resta el valor designado del valor del registro	SUB 10
			Resta 1 al número del contador	DC 5
	Multiplicación		Multiplica el valor designado por el valor del registro interno	MUL 2
	División		Divide el valor interno del registro por un valor designado	DIV 10
AND		AND lógica del valor del registro interno por un valor designado	AN 7	

Tipo	Clase	Función	Formato de entrada (Ejemplo)
Operación	OR	OR lógica del valor del registro interno por un valor específico	OR 3
	XOR	OR exclusiva lógica del valor del registro interno por un valor específico	XO 2
Sustitución	Sustitución	Sustituye un valor designado (cadena de caracteres) en el contador designado	SC 1,10 SC \$1, "OK"
		Sustituye el valor de la posición por otra variable de posición	PL 1,2
		Sustituye el valor del registro interno (Cadena de caracteres) en el número del contador designado	CL 1
		Coloca el valor del número del contador designado en el registro interno	CP 1
	Intercambio	Intercambia el valor de las coordenadas de dos posiciones	PX 1,2

## CAPÍTULO 5

### DESARROLLO Y EXPERIMENTACIÓN DE CELDAS DE MANUFACTURA ROBOTIZADAS

#### 5.0 Introducción

En este capítulo se presentan los proyectos desarrollados para trabajo de tesis relacionados con el control, programación y simulación virtual de diversos dispositivos físicos interactuando con los robots. Estos casos de estudio implementados en forma virtual, pretenden mostrar algunas de las aplicaciones más comunes que se encuentren en el entorno industrial, utilizando varios robots con diferente estructura y características, así como algunos de los dispositivos dinámicos, tales como: alimentadores por gravedad, cilindros de doble efecto, bandas transportadoras, mesas giratorias, manipuladores y sensores. Así como también se anexan otros objetos para estructurar algunas estaciones de trabajo, y posteriormente integrar una celda más completa, como la celda de manufactura flexible robotizada. En la cual, se utilizan los lenguajes de programación Melfa Basic IV y Movemaster command para la realización de la tarea de control planeada.

A continuación se indican los 8 proyectos desarrollados:

- Paletizado
- Manipulador de piezas
- Interacción de robots Mitsubishi
- Robots interactuando con dispositivos físicos
- Celdas con estructura en serie
- Celdas con estructura en paralelo
- Robots en equipo paletizando
- Celda de manufactura flexible robotizada

Finalmente en la contraportada de esta tesis, se integra un disco que contiene la simulación virtual de estos proyectos realizados, en los que se muestra el control de la ejecución completa de cada una de las tareas implementadas en dichos casos analizados.

## 5.1 Paletizado

En la actualidad los robots industriales son utilizados de manera extensa en aplicaciones de paletización, la cual resulta muy rentable en el sector industrial.

Un ejemplo típico es el acomodo de productos en serie, como alimentos enlatados o en industrias donde se busca optimizar el espacio disponible.

En este proyecto se plantea una de las tantas formas en las que un robot industrial manipula un conjunto de objetos que coloca sobre una superficie y realiza un acomodo clásico de paletización implementándose en dos programas de distintas en la ejecución de la tarea.

El robot RV-2AJ utiliza un Gripper electroneumático como efector final.

a) Listado de los dispositivos físicos y objetos empleados la implementación a realizar

- Robot RV-2AJ
- Box ( 4 Piezas)
- Feeder2 (2 piezas)
- Two Way Cylinder (2 Piezas)

b) Ubicación de los dispositivos y objetos en el espacio de trabajo.

- RV-2AJ:

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>RV-2AJ</b>	0.00	0.00	200.00	0.00	0.00	0.00

- Box ( 4 Piezas):

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>Box</b>	-200.00	-140.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	200.00
<b>Box_1</b>	200.00	-100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	300.00
<b>Box_2</b>	-310.00	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	100.00	300.00
<b>Box_3</b>	-310.00	-300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	100.00	300.00

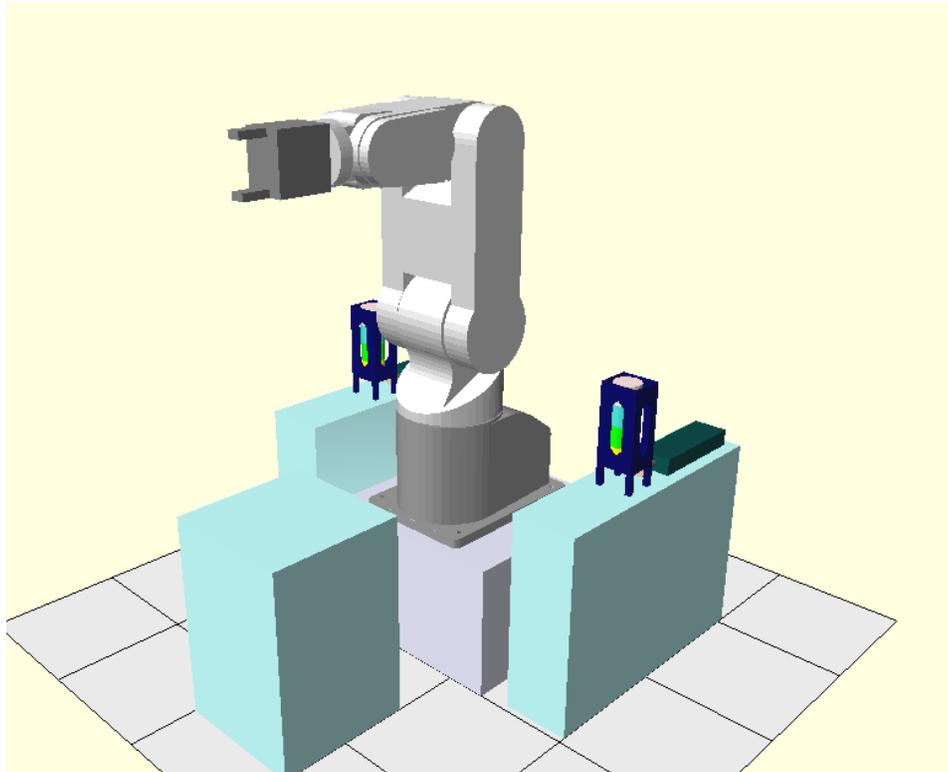
- Feeder2 (2 piezas)

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Feeder2</b>	-69.14	260.00	300.00	0.00	0.00	0.00
<b>Feeder2_1</b>	-69.14	-240.00	300.00	0.00	0.00	0.00

- Tow Way Cylinder (2 Piezas)

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Two Way Cylinder</b>	-145.42	256.41	300.00	0.00	0.00	0.00
<b>Two Way Cylinder_1</b>	-150.00	-250.00	300.00	0.00	0.00	0.00

El plano de distribución del robot, alimentadores y objetos se muestra en la figura 5.1.1



**Figura 5.1.1.- Distribución de Robot y Alimentadores**

a) Asignación de entradas y salidas de los dispositivos físicos virtuales al robot RV- 2AJ

Dispositivo	Outputs	Inputs	Index
Feeder2	ANextPart	APartAvailable	001
Two Way Cylinder	AMoveOut	AmovedOut	002
	AMoveIn	AmovedIn	003
Feeder2_1	ATurnOnce	BStandingStill	005
Two Way Cylinder_1	BMoveOut	BmovedOut	006
	BMoveIn	BmovedIn	007

b) Las posiciones que tomara el robot para cumplir con la tarea del paletizado son las siguientes:

No	Posición			Orientación			
23	232.23	80.85	138.47	16.14	179.65	R	A
13	230.92	79.51	111.62	16.14	179.65	R	A
22	377.25	81.07	138.80	14.46	179.65	R	A
12	376.49	79.51	111.62	16.14	179.65	R	A
20	377.69	- 78.82	138.44	16.14	179.62	R	A
10	376.49	- 80.99	111.62	16.14	179.62	R	A
21	220.74	- 79.40	139.13	16.14	179.61	R	A
11	219.50	- 80.99	111.62	16.14	179.61	R	A
25	27.40	- 251.65	109.47	118.98	179.65	R	A
24	27.40	- 250.24	109.47	118.98	179.65	R	A
18	26.18	- 250.06	139.47	118.98	179.65	R	A
17	25.98	250.24	111.25	- 86.71	179.61	R	A
16	25.98	250.24	218.92	- 86.71	179.61	R	A
26	253.78	- 2.09	256.83	3.85	179.61	R	A
14	- 0.43	253.79	256.83	- 86.71	179.61	R	A
15	355.00	0.00	550.00	0.00	90.00	R	A

### Descripción del funcionamiento.

El robot RV-2AJ tomará las piezas de los alimentadores de gravedad, y las coloca sobre la caja frente a él, en forma de Pallet.

El pallet es un arreglo matricial que hace referencia a cuatro posiciones, tomando estas como los límites para posicionar al gripper del robot sin exceder las dimensiones establecidas. Las posiciones del pallet deben ser grabadas en una determinada secuencia, tal como se indica en la figura 5.1.2

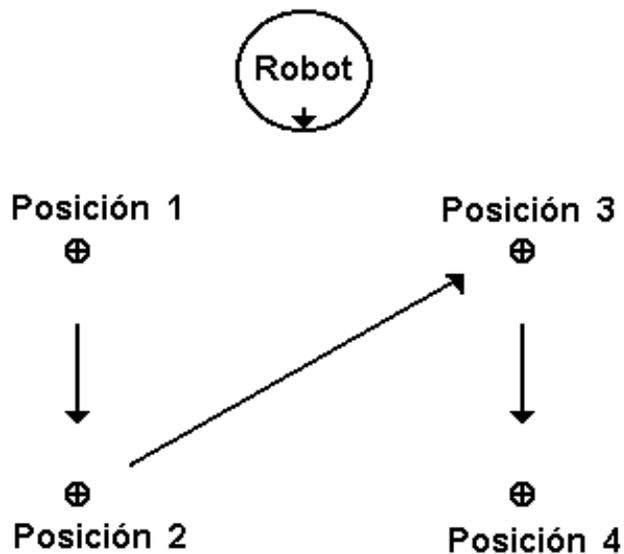


Figura 5.1.2.- Secuencia para Grabar las Posiciones

c) Programa de Robot RV-2AJ

A continuación se muestran dos opciones a la solución de la tarea planeada

**Opción A:** para esta solución se toma en cuenta un solo pallet, por lo que para la segunda estiba se hace referencia a la misma:

- Lenguaje de Programación: Movemaster Command

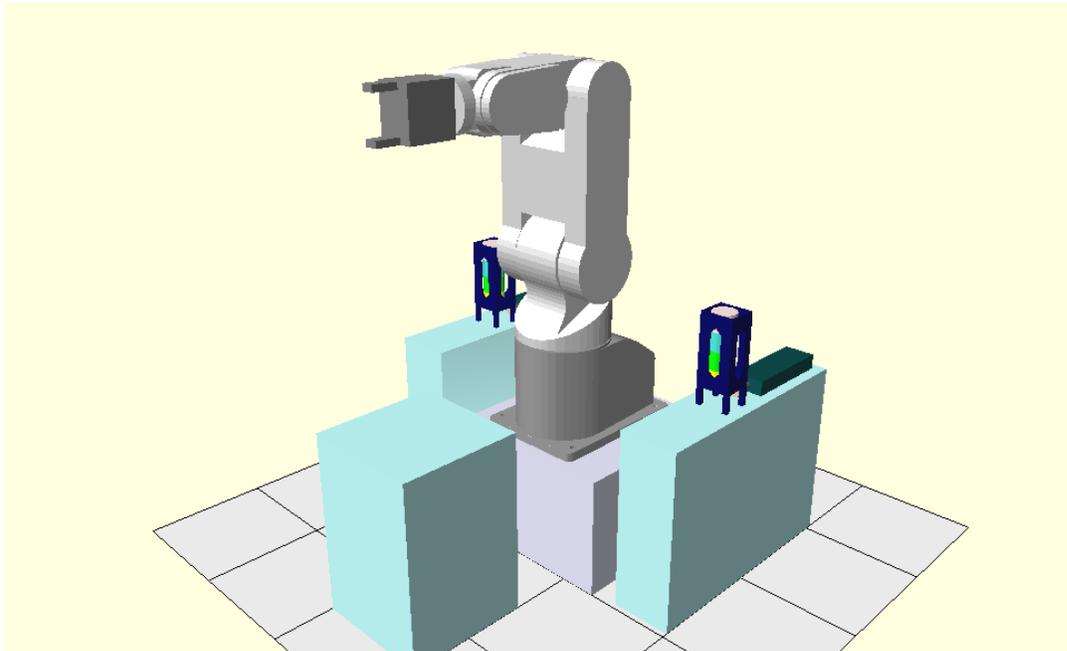
10 SP 30	240 TBD -2,240	470 OB -4
20 PA 1,2,2	250 OB -2	480 OB +5
30 GS 200	260 OB +3	490 TBD -5,490
40 GS 350	270 TBD -3,270	500 OB -5
50 GS 200	280 OB -3	510 OB +6
60 GS 380	290 MO 16	520 TBD -6,520
70 GS 200	300 MO 26	530 OB -6
80 GS 360	310 GC	540 MO 25
90 GS 200	320 MO 16,C	550 MO 26,C
100 GS 380	330 MO 26,C	560 GC
110 GS 450	340 RT	570 RT
120 GS 580	350 SC 11,0	580 SC 11,0
130 GS 450	360 IC 11	590 IC 11
140 GS 610	370 SC 12,0	600 SC 12,C
150 GS 450	380 IC12	610 IC 12
160 GS 590	390 PT 1	620 PT 1
170 GS 450	400 MT 1, -30,C	630 MT 1 , -60,C
180 GS 610	410 MO 1,C	640 MT 1, -30,C
190 GS 680	420 GO	650 GO
200 OB +1	430 MT 1, -30	660 MT 1, -60
210 TBD -1,210	440 RT	670 RT
220 OB -1	450 OB +4	680 ED
230 OB +2	460 TBD -4,460	

**Opción B:** para esta solución se toma como referencia un pallet individual para cada estiva, es decir, que cada cama es un pallet independiente.

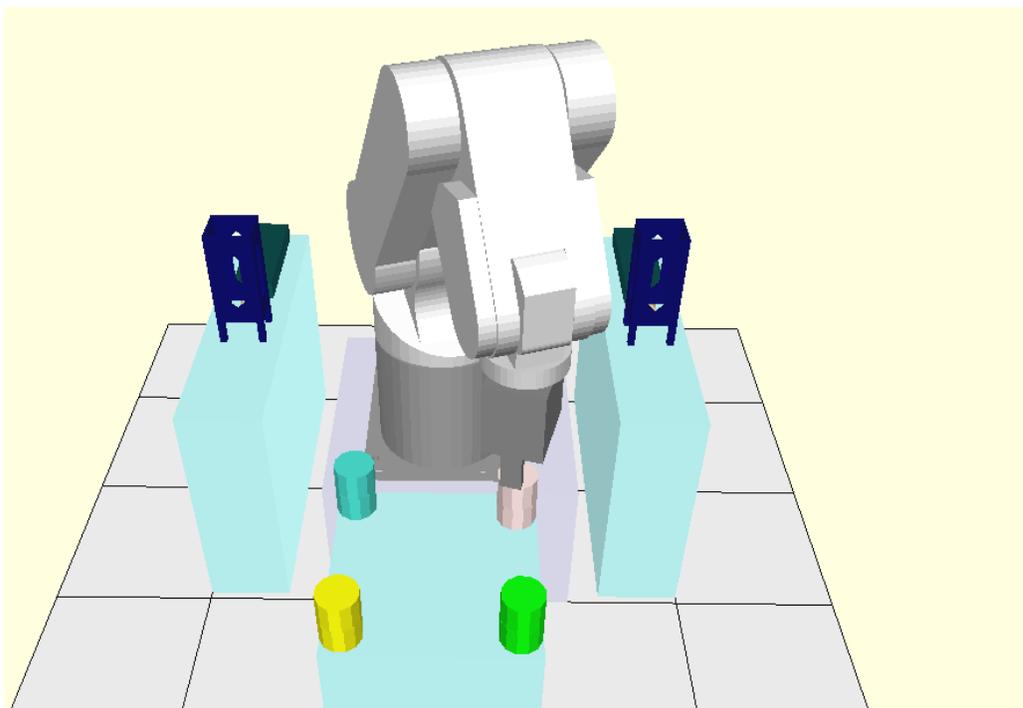
- Lenguaje de Programación: Movemaster Command

10 SP 30	240 OB +2	490 TBD -4,490
20 PA 1,2,2	250 TBD -2,250	500 OB -4
30 GS 210	260 OB -2	510 OB +5
40 GS 360	270 OB +3	520 TBD -5,520
50 GS 210	280 TBD -3,380	530 OB -5
60 GS 390	290 OB -3	540 OB +6
70 GS 210	300 MO 16	550 TBD -6,550
80 GS 370	310 MO 17	560 OB -6
90 GS 210	320 GC	570 MO 25
100 GS 390	330 MO 16,C	580 MO 26,C
	340 RT	590 GC
110 PA 2,2,2	350 RT	600 RT
120 GS 480	360 SC 11,0	
130 GS 610	370 IC 11	610 SC 21,0
140 GS 480	380 SC 12,0	620 IC 21
150 GS 640	390 IC 12	630 SC 22,0
160 GS 480	400 PT 1	640 IC 22
170 GS 620	410 MT 1,-30,C	650 PT 2
180 GS 480	420 MO 1,C	660 MT 2, -30,C
190 GS 640	430 GO	670 MO 2,C
200 GS 710	440 MT 1,-30	680 GO
	450 RT	690 MT 2,-30
210 OB +1	460 GS 480	700 RT
220 TBD -1,220	470 GS 710	710 ED
230 OB +1	480 OB +4	

En la figura 5.1.3 y 5.1.4 se muestran dos perspectivas de la ejecución de la celda robotizada, para ambos listados de programa es la misma ejecución gráfica.



**Figura 5.1.3.- Inicio de Ejecución de la Celda Robotizada**



**Figura 5.1.4.- Final de Ejecución de la Celda Robotizada**



## 5.2 Manipulador de Piezas

En cosimir está disponible un manipulador Rótico de piezas, el cual es posible utilizar en tareas donde se requiera trasladar de un lado a otro un objeto , en la industria se puede encontrar de diferentes formas para aplicaciones pero el funcionamiento es muy similar en todos los casos, en la figura 5.2.1 se muestra el manipulador virtual

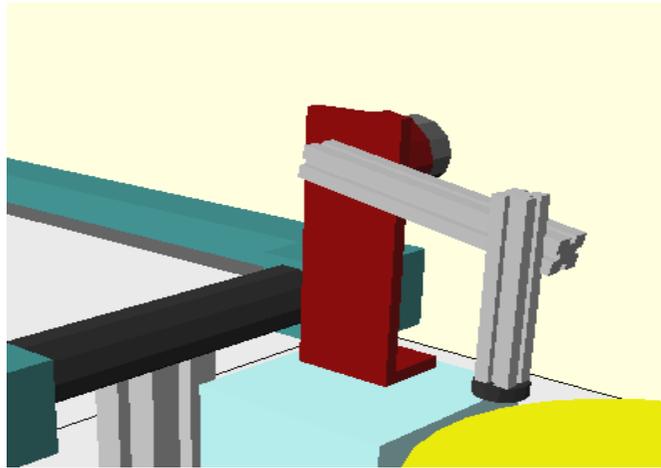


Figura 5.2.1- Manipulador Turning Mover

Lista de los dispositivos físicos y objetos que se van a utilizar en la ejecución de la tarea de manipulación planeada:

- Robot RV-2AJ
- Box ( 4 Piezas)
- ConveyorBelt
- Feeder1
- Two Way Cylinder
- Turning Mover
- Turn Table

a) Ubicación de los dispositivos físicos y objetos en el plano de distribución.

- RV-2AJ:

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>RV-2AJ</b>	-350.68	-759.80	400.00	0.00	0.00	0.00

- Box ( 4 Piezas):

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>Box</b>	-660.14	1054.35	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00
<b>Box_1</b>	657.41	-1158.96	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	450.00
<b>Box_2</b>	-122.34	1234.94	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	150.00	310.00
<b>Box_3</b>	-112.39	992.02	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	464.00

- ConveyorBelt

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>ConveyorBelt</b>	125.69	-818.58	0	90.0°	0.00	0.00

- Feeder2

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Feeder1</b>	-413.42	-1067.50	450.00	0.00	0.00	0.00

- Two Way Cylinder

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Two Way Cylinder</b>	-488.12	-1068.76	450	0.00	0.00	0.00

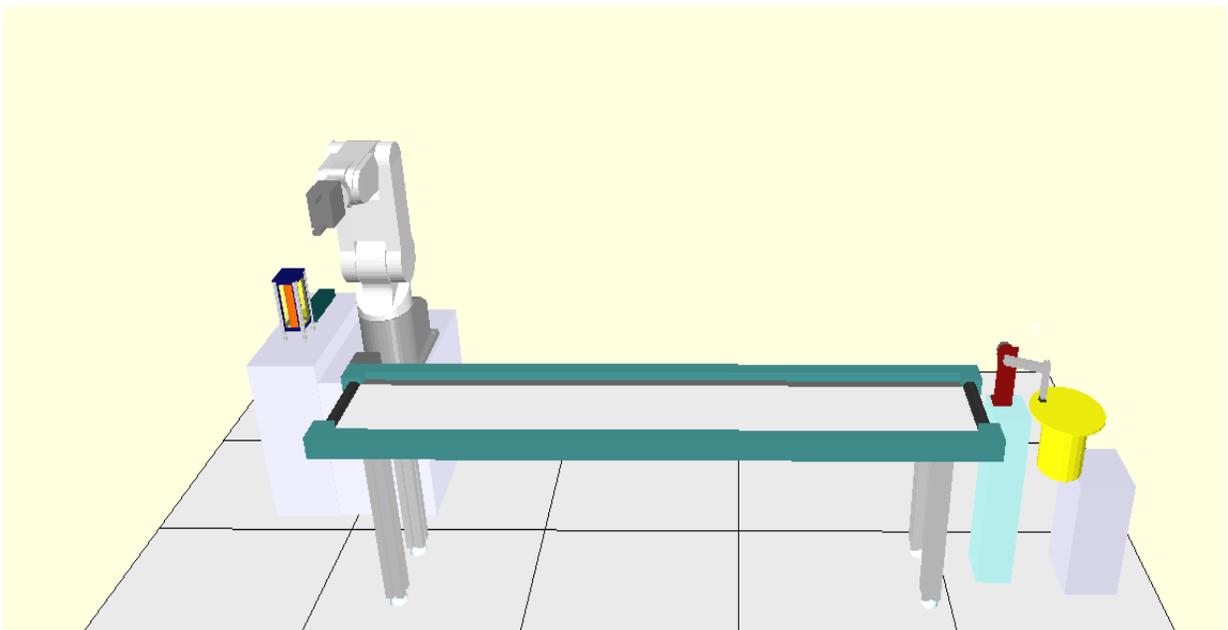
- Turning Mover

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Turning Mover</b>	-67.34	1052.11	464.00	-180	0.00	0.00

- Turn Table

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Turn Table</b>	-49.45	1198.97	310	0.0	0.00	0.00

El plano de distribución se muestra en la figura 5.2.2



**Figura 5.2.2.- Distribución de la celda Automatizada**

b) Asignación de entradas y salidas de los dispositivos físicos virtuales al robot RV-2AJ

Dispositivo	Outputs	Inputs	Index
<b>Feeder2</b>	ANextPart	APartAvailable	1
<b>Two Way Cylinder</b>	AMoveOut	AMovedOut	2
	AMoveIn	AMovedIn	3
<b>Conveyor Belt</b>	ATurnOnce	BStandingStill	4
<b>Turning Mover</b>	AAtPositionA	AToPositionA	5
	AAtPositionB	AToPositionB	6
		Grip	7
		Release	8
<b>Turne Table</b>	AStanding Still	ATurne Once	9

c) Las posiciones que tomará el robot, para implementar el control , programación y simulación virtual del paletizado, son las indicadas en la tabla siguiente:

No	Posición			Orientación			
<b>P3</b>	318.1	53.4	182.1	-60	180	R	A
<b>P2</b>	318.1	53.4	92.6	-60	180	R	A
<b>P1</b>	43.3	-308.7	58	32	180	R	A
<b>P4</b>	355	0	550	0	90	R	A

### Descripción del funcionamiento de la celda.

El robot RV-2AJ controla la señales del dispositivo alimentador de piezas la pieza es empujada hasta la zona de operación del robot, éste toma la pieza y la coloca sobre la banda al llegar al extremo , el manipulador la toma y coloca sobre una mesa giratoria que es activada por cada pieza que coloca sobre ella.

La tarea culmina cuando las 4 piezas disponibles en el alimentador están sobre la mesa giratoria con una separación de 45°

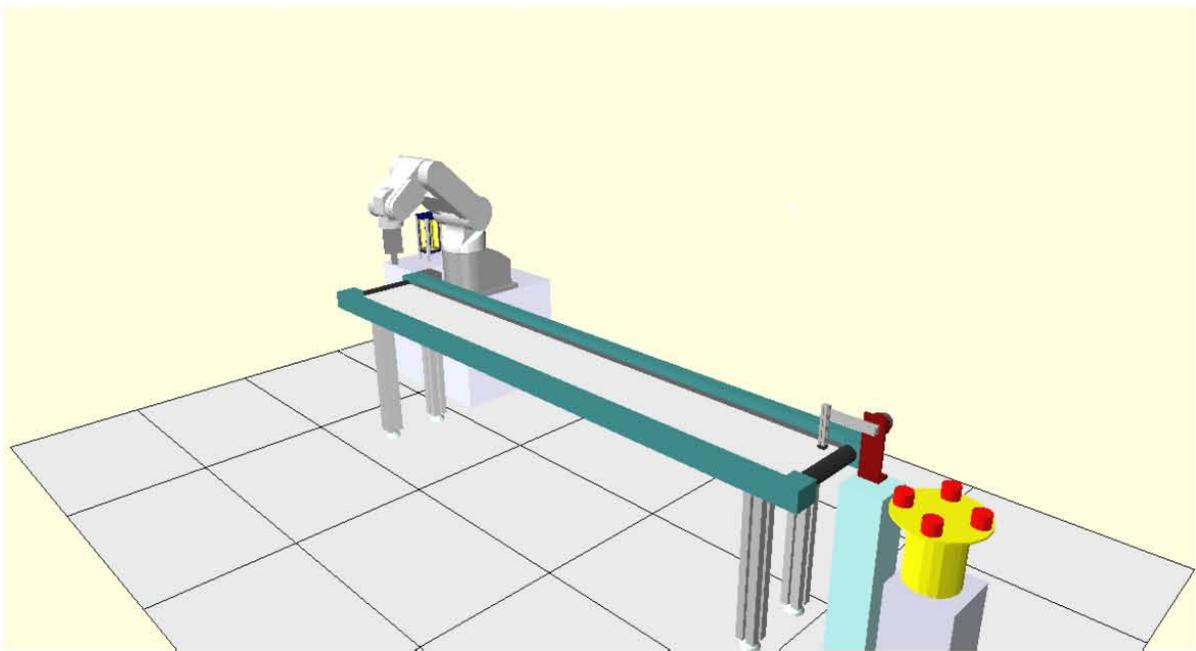
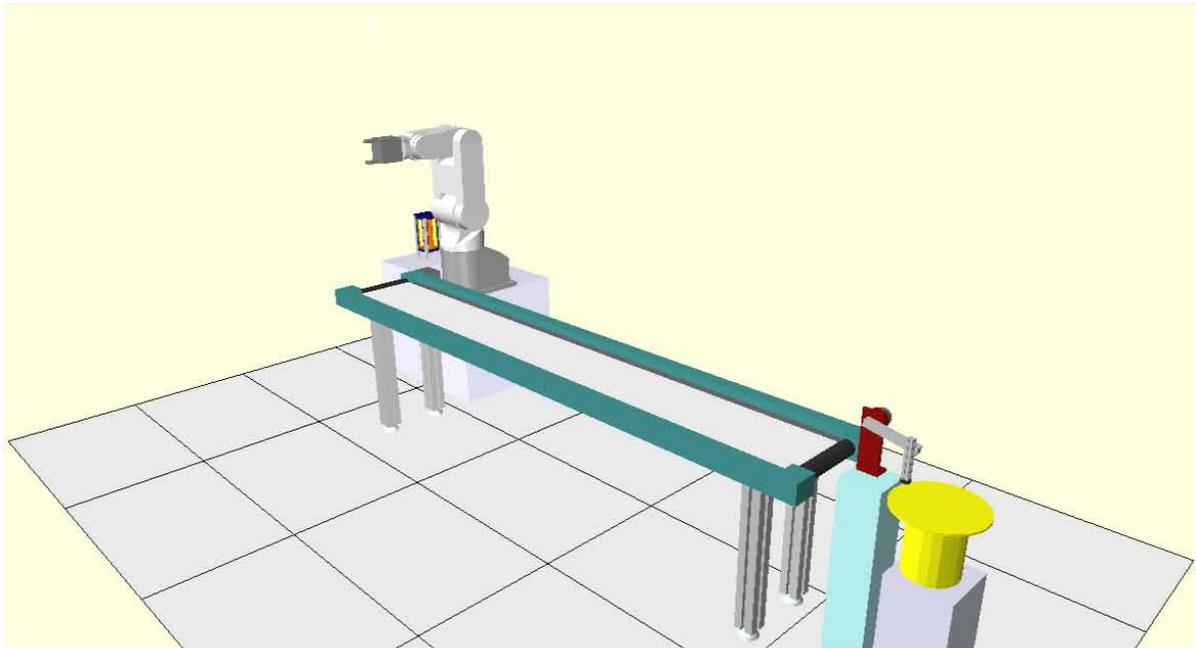
d) Programa de Robot RV\_2AJ

A continuación se proporciona el listado del programa, a una posible solución a la tarea que realiza el robot en conjunto con los dispositivos físicos virtuales.

- Lenguaje de Programación: Movemaster Command

10 SP 30	160 OB -3	320 OB +6
11 RC +4	170 MT 1,-30	330 TBD -6,330
20 OB +5	180 MO 1	340 OB -6
30 TBD -5, 30	190 GC	350 OB -7
40 OB -5	200 MT 1,-50, C	360 OB +8
50 OB +6	210 MO 3, C	370 OB +5
60 TBD -6, 60	220 MO 2, C	380 TBD -8,370
70 OB -6	230 GO	390 OB -5
80 OB +1	240 MO 3	400 OB -8
90 TBD -1, 90	250 OB+4	410 OB +9
100 OB -1	260 TBD -4,260	420 TBD -9,420
110 OB +2	270 OB -4	430 OB -9
120 TBD -2,120	280 OB +5	440 NX
130 OB -2	290 TBD -5, 290	450 ED
140 OB +3	300 OB -5	
150 TBD -3,150	310 OB +7	

En la figura 5.2.3 se muestran dos perspectivas de la ejecución de la tarea en celda automatizada, para ambos listados de programa es la misma ejecución virtual.



**Figura 5.2.3.- Inicio y Culminación de la Ejecución de la Celda**

### 5.3 Interacción de Robots Mitsubishi

La posibilidad de poder disponer de robot de distintas características en una sistema de producción es de gran importancia en la industria. Los robots han sido concebidos y diseñados para satisfacer de forma óptima los requerimientos de prácticamente todas las aplicaciones industriales, proporcionando además la flexibilidad necesaria para una rápida y sencilla reconfiguración de las tareas de producción.

Los robots Mitsubishi están disponibles en los modelos y clases de potencia más diversos:

Robots SCARA y robots de brazo articulado con entre 4 y 6 ejes. Con capacidad de carga de 1 kg a 12 kg, con radio de acción desde 150 mm hasta 1.385 mm

Listado de los dispositivos físicos y objetos empleados para el cumplimiento de la tarea.

- Robot RV – E2
- Robot RP – 5AH
- Robot RV – E3J
- Box ( 7 Piezas)
- Conveyor Belt
- Feeder2 (2 piezas)
- Two Way Cylinder (2 Piezas)
- Sensor Color
- Turne Table
- Vacuum Gripper

a) Ubicación de los objetos y dispositivos físicos en el espacio de trabajo

- Robot RP-5AH

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
RP-5AH	15.63	1257.25	619	0.00	0.00	0.00

- Robot RV – E2

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
RV-E2	697.63	263.8	120	180.0°	0.00	0.00

- Robot RV – E3J

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
RV-E3J	228.5	-1051.31	300	90.0°	0.00	0.00

- Box

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Dimensión (X)	Dimensión (Y)	Dimensión (Z)
Box	600.00	-1,092.00	0.00	400.00	300.00	600.00
Box_1	-505.02	-1,097.41	0.00	400.00	300.00	600.00
Box_2	150.00	1,499.00	0.00	120.00	120.00	328.00
Box_3	-192.68	1,137.94	0.00	240.00	220.00	610.00
Box_4	640.00	-350.00	0.00	120.00	120.00	328.00
Box_5	90.00	-1,210.00	0.00	300.00	300.00	300.00
Box_6	382.75	-688.80	0.00	300.00	300.00	120.00

- Conveyor Belt

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
ConveyorBelt	382.75	-688.80	0.00	90°	0.00	0.00

- Feeder2

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
Feeder2	770.74	-920.02	600	0.00	0.00	0.00
Feeder2_1	-231.37	-926.77	600	0.00	0.00	0.00

- Sensor Color

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
Sensor Color	80.00	252.00	508.00	0.00	90.0°	0.00

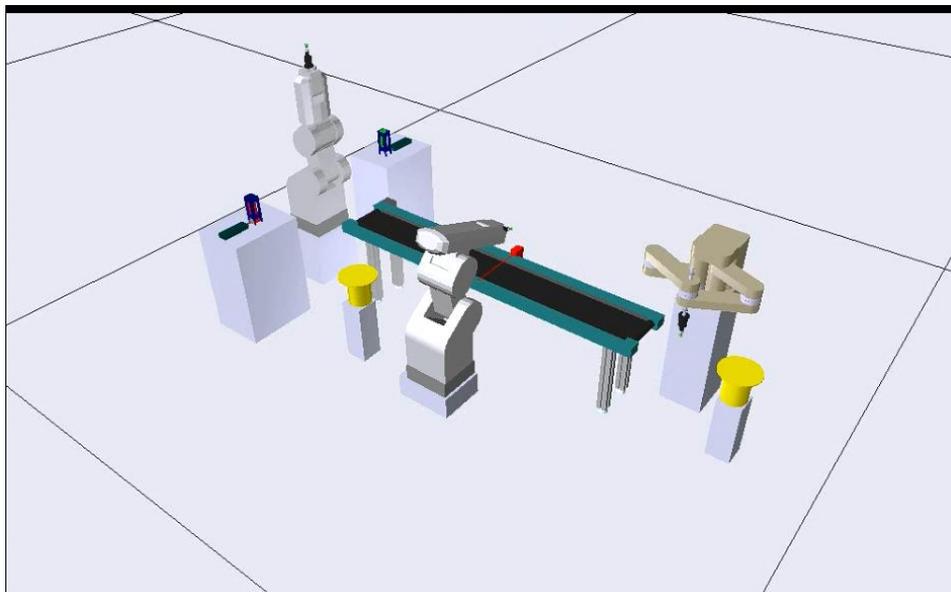
- Turn Table

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
Turn Table	211.03	1,548.12	328.06	0.00	0.00	0.00
Turn Table_1	677.52	-278.41	328.06	0.00	0.00	0.00

- Two Way Cylinder

Componente	Posición (X)	Posición (Y)	Posición (Z)	Rotación (Roll)	Rotación (Pitch)	Rotación (Yaw)
TwoWayCylinder	826.44	-927.26	600.00	-180.0°	0.00	0.00
TwoWayCylinder_1	-306.62	-937.81	600.00	0.00	0.00	0.00

La distribución de la celda automatizada se muestra en la figura 5.3.1



**Figura 5.3.1.- Distribución de la celda Robotizada**

b) Asignación de entradas y salidas de los dispositivos virtuales para los robots:

Componente	Entradas del RV-E3J	Salidas del RV-E3J	No. de E/S
<b>VacuumGripper_2</b>	AState	AGrasp	000
<b>Feeder2</b>	APartAvailable	ANextPart	001
<b>TwoWayCylinder</b>	AMovedOut	AMoveOut	002
	AMovedIn	AMoveOut	003
<b>ConveyorBelt</b>	APartAtEnd	ABeltOn	004
		ABeltBackw	005
<b>Feeder2_1</b>	BPartAvailable	BNextPart	006
<b>TwoWayCylinder_1</b>	BMovedOut	BMoveOut	007
	BMovedIn	BMoveIn	008
<b>Sensor Color</b>	Aout_red		009
	Aout_green		010
	Aout_blue		011

Componente	Entradas del RV-E2	Salidas del RV-E2	No. de E/S
<b>VacuumGripper_1</b>	CState	CGrasp	00
<b>Sensor Color</b>	Aout_green		001
<b>Turn Table_1</b>	BStandingStill	BTurnOnce	002

Componente	Entradas del RP-5AH	Salidas del RP-5AH	No. de E/S
<b>VacuumGripper</b>	BState	BGrasp	000
<b>ConveyorBelt</b>	APartAtEnd		001
<b>Turn Table</b>	AStandingStill	ATurnOnce	002

c) Las posiciones que tomará el robot para cumplir con la tarea del paletizado son las siguientes:

- Robot RV – E 2

No	Posición			Orientación			
3	480.8	21.3	391.1	180	-1	180	R,A,N,O
6	23.8	463.3	482.1	180	-1	-120	R,A,N,O
5	23.8	463.2	394.7	180	-1	-120	R,A,N,O
4	94.3	548.2	394.7	180	-1	-120	R,A,N,O
2	480.8	21.3	456.1	180	-1	180	R,A,N,O
1	570.5	0	567	-180	70	-180	R,A,N,O

- Robot RV – E3J

No	Posición			Orientación			
2	120.9	-426.4	395.2	66	179		R,A,O
4	433.1	12.6	212	-10	179		R,A,O
1	433.1	12.6	395.2	-10	179		R,A,O
3	120.9	426.4	330.3	66	179		R,A,O
6	111.9	365.4	412.4	-28	180		R,A,O
5	111.4	365.4	331.1	-28	180		R,A,O

- Robot RP – 5AH

No	Posición			Orientación			
P5	198	-196.3	148.2	0	0	0	L,B,F
P1	198	0	138.2	0	0	0	L,B,F
P7	198	215.2	119.7	0	0	0	L,B,F
P6	198	215.2	147.1	0	0	0	L,B,F
P4	198	-196.3	118.6	0	0	0	L,B,F

d) Asignación de entradas y salidas de los dispositivos físicos con los robots

Componente	Entradas del RV-E3J	Salidas del RV-E3J	No. de E/S
<b>VacuumGripper_2</b>	AState	AGrasp	000
<b>Feeder2</b>	APartAvailable	ANextPart	001
<b>TwoWayCylinder</b>	AMovedOut	AMoveOut	002
	AMovedIn	AMoveOut	003
<b>ConveyorBelt</b>	APartAtEnd	ABeltOn	004
		ABeltBackw	005
<b>Feeder2_1</b>	BPartAvailable	BNextPart	006
<b>TwoWayCylinder_1</b>	BMovedOut	BMoveOut	007
	BMovedIn	BMoveIn	008
<b>Sensor Color</b>	Aout_red		009
	Aout_green		010
	Aout_blue		011

Componente	Entradas del RV-E2	Salidas del RV-E2	No. de E/S
<b>VacuumGripper_1</b>	CState	CGrasp	00
<b>Sensor Color</b>	Aout_green		001
<b>Turn Table_1</b>	BStandingStill	BTurnOnce	002

Componente	Entradas del RP-5AH	Salidas del RP-5AH	No. de E/S
<b>VacuumGripper</b>	BState	BGrasp	000
<b>ConveyorBelt</b>	APartAtEnd		001
<b>Turn Table</b>	AStandingStill	ATurnOnce	002

Descripción del funcionamiento de la celda.

El robot RV-E3J tomará las piezas de los alimentadores de gravedad, las cuales coloca sobre la banda, previamente se realiza cambio de color de las piezas para cada alimentador.

El robot RV – E 2 selecciona las piezas de un color en específico y las coloca en la mesa giratoria que se encuentra ubicada a su costado mediante la ventosa neumática que dispone; la selección se realiza mediante el sensor que activa las funciones de dicho programa.

El robot Scara RP – 5AH , toma las piezas que no son detectadas por el sensor y las coloca encima de la mesa giratoria que esta enfrente de la banda transportadora

Los programas de los robots finalizan cuando las 8 piezas estan colocadas sobre las mesas giratorias.

e) El listado de los programas para cada uno de los robots son los siguientes:

Robot RV-E3J

Lenguaje de Programación: Movemaster Command

1 SP 30	150 OB +0	330 OB -6
2 RC +4	160 TI 5	340 OB +7
20 OB +1	170 MO 2	350 TBD -7,350
30 TBD -2, 60	180 MO 1	360 OB -7
40 OB -1	190 MO 4	370 OB +8
50 OB +2	200 TI 5	380 TBD -8,380
60 TBD -3, 90	210 OB -0	390 OB -8
70 OB -2	220 TI 5	400 MO 6
80 OB +3	230 MO 1	410 TI 5
90 TBD -3,-90	240 OB +4	420 MO 5
100 OB -3	250 TBD -4,250	430 TI 5
110 MO 2	290 NX	450 OB +0
120 TI 5	300 RC +4	460 TI 5
130 MO 3	310 OB +6	470 MO 6
140 TI 5	320 TBD -6,320	480 MO 1

490 MO 4	520 MO 1	550 OB -4
500 OB -0	530 OB +4	560 NX
510 TI 5	540 TBD -10,540	570 ED

Robot RV-E2

Lenguaje de Programación: Movemaster Command

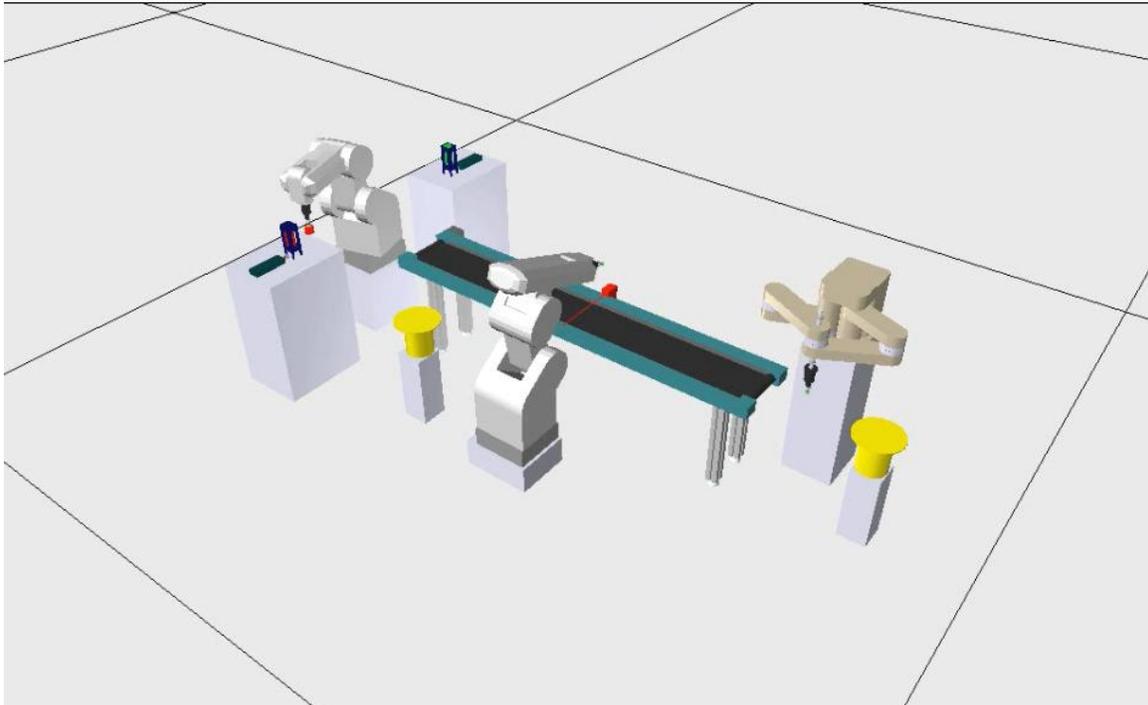
10 SP 30	80 TI 3	170 OB +2
15 RC +4	90 MO 2	180 TBD -2,180
20 MO 1	110 MO 6	185 OB -2
30 TBD -1,30	120 TI 5	190 MO 1
40 MO 2	130 MO 5	200 NX
50 TI 5	140 TI 3	210 ED
60 MO 3	150 OB -0	
70 OB +0	160 MO 6	

Robot RP-5AH

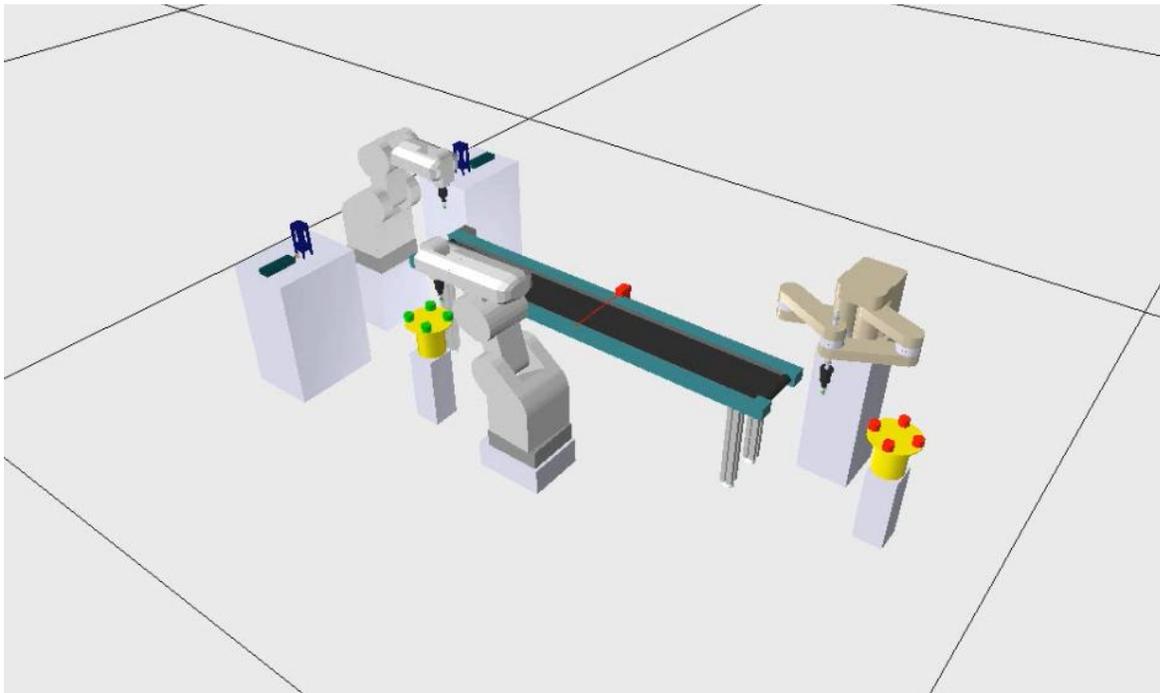
Lenguaje de Programación: Melfa Basic IV

10 REM MELFABASIC IV	140 M_OUT (0) =0
20 OVRD 100	150 MOV P6
25 JOVRD 100	160 DLY 1
26 DLY 1	170 M_OUT (2)=1
30 DEF INTE CONT	180 DLY 1
40 DLY 1	190 IF M_IN (2)= 1 THEN 195 ELSE
50 IF M_IN (1) =1 THEN 60 ELSE 40	180
60 MOV P5	195 M_OUT (2) = 0
70 MOV P4	200 CONT = CONT +1
80 M_OUT (0) =1	205 MOV P1
90 MOV P5	210 IF CONT = 4 THEN GOTO 220
130 MOV P6	ELSE 40
135 MOV P7	220 END

A continuación se muestran 2 perspectivas de la ejecución de la celda robotizada, para ambos listados de programa es la misma ejecución gráfica



**Figura 5.3.2.- Inicio de Operación de la Celda**



**Figura 5.3.3.- Ejecución de la celda finalizada**





## 5.4 Robots Interactuando con Dispositivos Físicos

En este proyecto se implementa el uso de dos robots para la ejecución de una determinada tarea, en el ámbito industrial es indispensable contar con sistemas autónomos, capaces de interactuar entre sí para cumplir con ciertos objetivos, tal es el caso de una línea de ensamblaje automatizada, donde requiere que los robots ejecuten una tarea específica a la vez para un fin común.

a) Listado de los dispositivos físicos y objetos empleados para el cumplimiento de la tarea:

- RV-E2
- RV-E2\_1
- Box ( 4 piezas)
- Conveyor Belt
- Gravity Feeder
- Turn Table

b) Ubicación de los objetos en el espacio de trabajo

- **RV-E2 y RV-E2\_1**

Robot	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
RV-E2	50.24	-1,105.78	200.00	0.00	0.00	0.00
RV-E2_1	53.60	1,276.40	200.00	0.00	0.00	0.00

- **Box**

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
Box	450.00	-1,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	100.00	440.00
Box_1	-100.00	-1,255.78	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	200.00
Box_2	-100.00	1,130.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	200.00
Box_3	490.00	1,130.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	150.00	300.00

- **Conveyor Belt**

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Conveyor Belt	234.34	-834.34	0.00	90.00	0.00	0.00

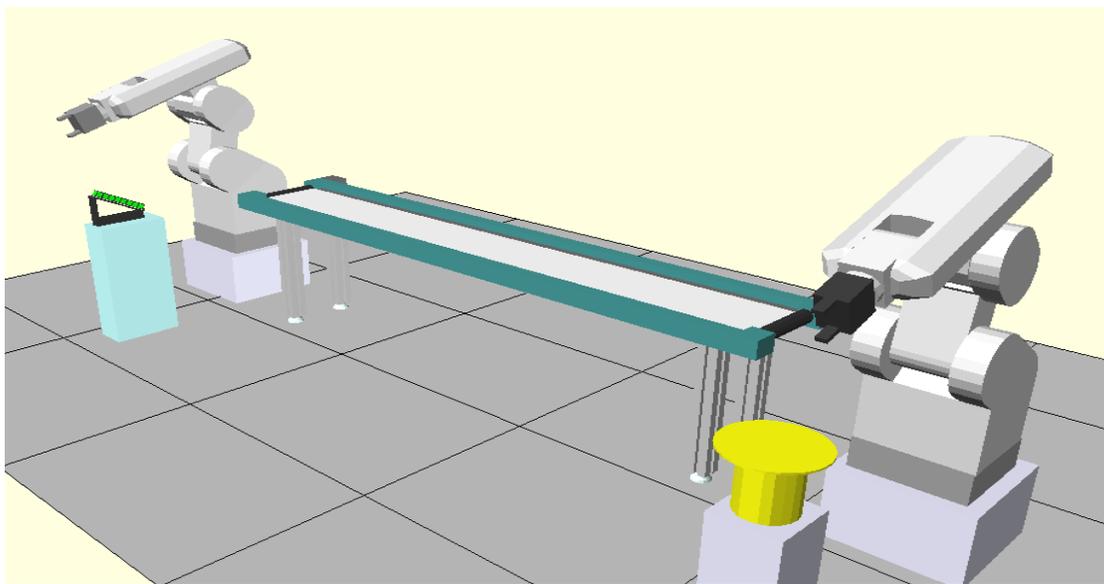
- **Gravity Feeder**

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Gravity Feeder	489.50	-974.09	440.00	0.00	0.00	0.00

- **Turn Table**

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
TurnTable	560.00	1,200.00	300.00	0.00	0.00	0.00

Una vez que se posicionan los dispositivos físicos y objetos, la distribución de la celda se muestra en la figura 5.4.1.



**Figura 5.4.1.- Plano de distribución de la celda**

c) A continuación se muestra la asignación de entradas y salidas de los dispositivos físicos para cada robot,

ROBOT	Dispositivo	Outputs	Inputs	Index
RV-E2	FeederGrav	ANextPart	Aparteavailable	00
	ConveyorBelt	AbeltOn	ApartAtEnd	001
		ABeltBackw		002
RV-E2_1	Agripper_1	Aclose	AisClosed	00
	ConveyorBelt_1	AbeltOn	BpartAtEnd	001
	TurnTable	BTurnOnce	BstandingStill	002

d) Asigne las posiciones requeridas a cada uno de los robots, para la manipulación de los objetos e Interacción con los dispositivos físicos.

- Posiciones asignadas al Robot RV-E2

No	Posición			Orientación						
3	442.62	148.60	278.79	152.81	-0.74	89.54	R	A	N	O
2	434.80	148.42	298.10	152.81	-0.74	89.54	R	A	N	O
6	24.46	396.35	312.01	180.00	1.50	-89.78	R	A	N	O
5	24.46	396.35	286.62	180.00	1.50	-89.78	R	A	N	O
4	-1.84	478.48	453.74	-180.00	28.45	-89.78	R	A	N	O
1	574.84	0.00	565.45	-180.00	69.99	-180.00	R	A	N	O

- Posiciones asignadas al Robot RV-E2

No	Posición			Orientación						
5	434.02	- 63.98	319.03	- 176.04	0.34	77.76	R	A	N	O
4	434.02	- 63.98	271.54	- 176.04	0.34	77.76	R	A	N	O
3	19.71	- 376.79	296.12	- 178.05	0.14	- 2.87	R	A	N	C
2	19.71	- 376.79	339.33	- 178.05	0.14	- 2.87	R	A	N	C
1	18.36	- 381.27	375.26	- 176.04	0.34	- 2.86	R	A	N	O

**La descripción del proyecto desarrollado es la siguiente:**

El Robot RV-E2 toma las piezas del dispositivo alimentador las cuales son colocadas sobre la banda transportadora que traslada las piezas al final de la banda, una vez en la orilla el robot RV E2 \_ 1 colocara las piezas en la mesa giratoria, esta gira para poder tomar la pieza siguiente, una vez que la mesa giratoria tiene 4 piezas, el robot RV E2 \_ 1 procede a colocar las 4 piezas restante encima de las que ya están. La ejecución termina cuando todas las piezas del alimentador están en la mesa giratoria.

- e) A continuación se enlistan los programas para cada uno de los robots incluidos en este proyecto , en este caso ambos robots utiliza lenguaje de programación Movemaster Command

Robot: RV- E2 \_1

Lenguaje de Programación: MOVEMASTER

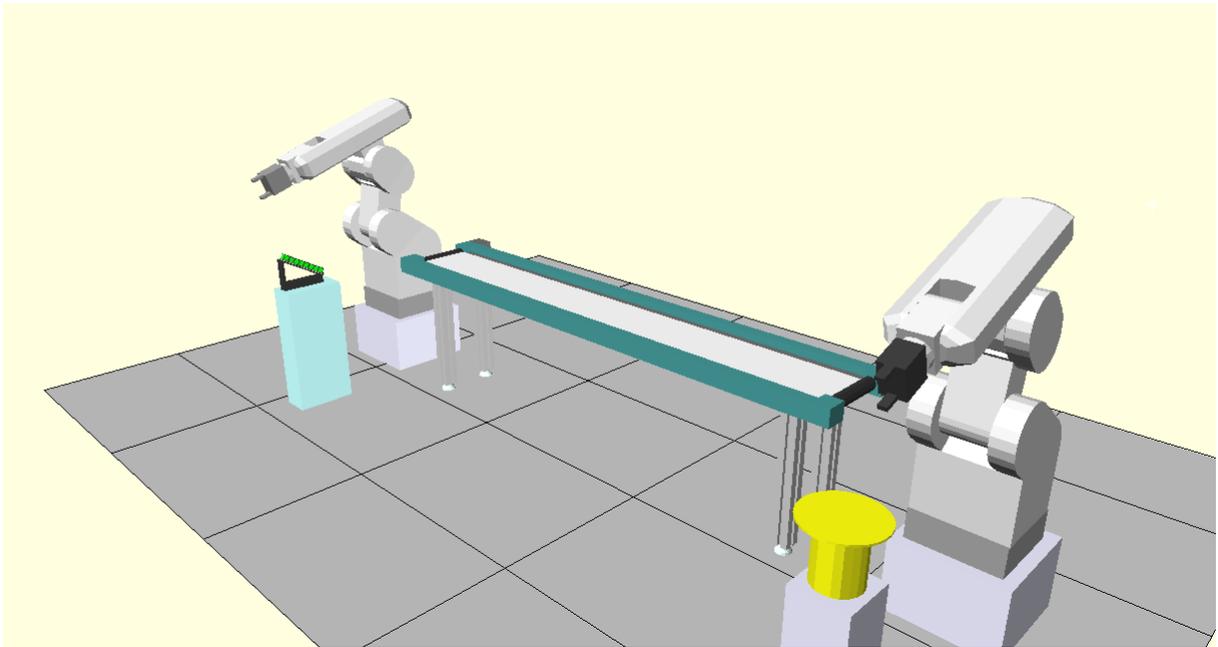
RV- E2 _1	90 MO 4	190 MT 4,-20
10 SP 30	100 OB -0	200 OB +2
15 RC +4	110 MO 5	210 MO 5
20 TBD -1,20	120 MO 5	220 OB +2
30 MO 1	130 MO 1	230 TBD -2,230
40 MO 3	140 MO 3	240 OB -2
50 OB +0	150 OB +0	250 NX
60 MO 1	160 MO 1	1230 ED
80 MO 5	180 MO 5	

Robot: RV- E2 \_1

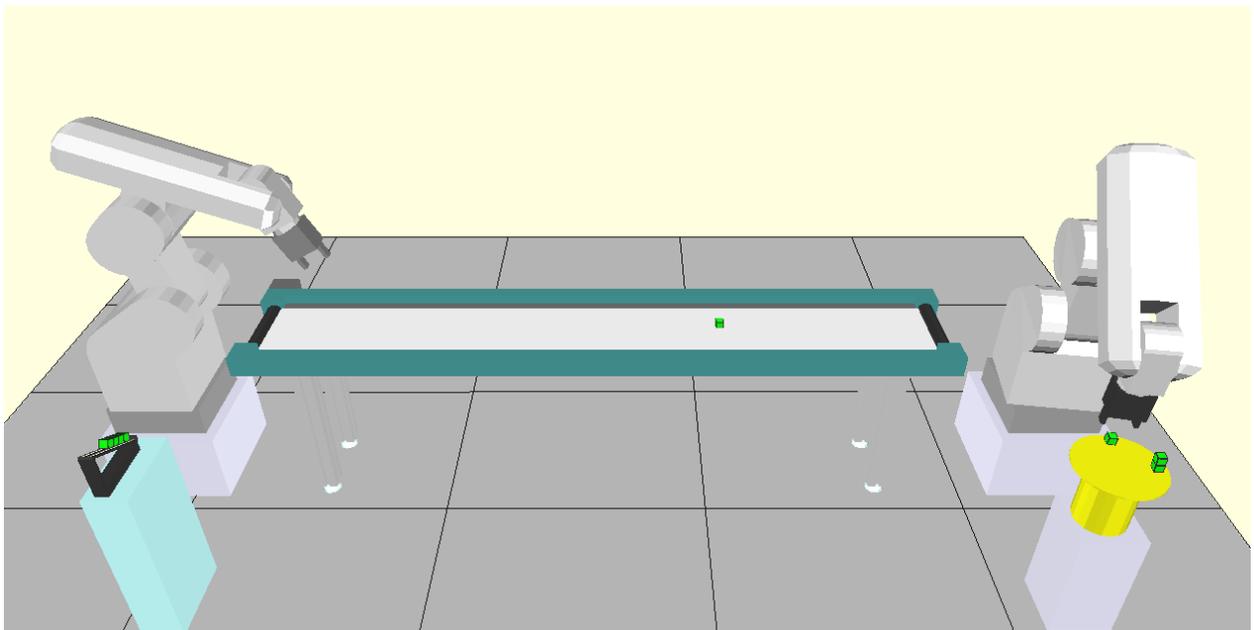
Lenguaje de Programación: MOVEMASTER

10 SP 30	150 GC	210 MO 4
15 RC +8	160 MO 2, C	220 OB +1
20 OB +0	170 MO 4, C	230 TBD -1,230
30 TBD -0 ,30	175 MO 6, C	240 OB -1
40 OB -0	180 MO 5, C	250 NX
130 MO 2	190 GO	260 ED
140 MO 3	200 MO 6	

- En la figura 5.4.3 y 5.4.3 se muestra una selección de imágenes de la ejecución de la tarea



**Figura 5.4.2.- Inicio de la Simulación Virtual**



**Figura 5.4.3.- Operación de la Simulación Virtual (2)**



## 5.5 Celda con Estructura en Paralelo

En el desarrollo de la siguiente celda robotizada se integra dos robots de distintas marcas, disponibles en Cosimir Educativa seleccionados por sus características similares para interactuar con dispositivos físicos dispuestos en una celda en paralelo le permite interactuar en la implementación de la celda a desarrollar.

a) a continuación se enlistan los robots y dispositivos físicos que se requieren posicionar en el espacio de trabajo

- REIS\_RV16
- STAEUBLI\_RX130
- BOX (4 Piezas)
- CONVEYOR BELT (2 Piezas)
- FEEDER 1 (2 Piezas)
- TURN TABLE (2 Piezas)
- TWO WAY CYLINDER (2 Piezas)

b) Colocación de los objetos y dispositivos físicos en el espacio tridimensional.

- REIS\_RV16 y STAEUBLI\_RX130

Robot	Posición del objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>REIS_RV16</b>	-135.73	1,253.91	0.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>STAEUBLI_RX130</b>	-111.59	-1,393.93	500.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Box

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>Box</b>	611.65	-1,546.58	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	700.00
<b>Box_1</b>	-126.45	-1,566.58	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	700.00
<b>Box_2</b>	463.00	1,005.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	400.00
<b>Box_3</b>	-832.00	998.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	400.00

- ConveyorBelt

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>ConveyorBelt</b>	-485.13	-1,090.86	0.00	90.00	0.00	0.00
<b>ConveyorBelt_1</b>	607.20	-109.86	0.00	90.00	0.00	0.00

- Feeder1

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Feeder1</b>	753.00	-1,461.00	700.00	0.00	0.00	0.00
<b>Feeder1_1</b>	-971.00	-1,461.00	700.00	0.00	0.00	0.00

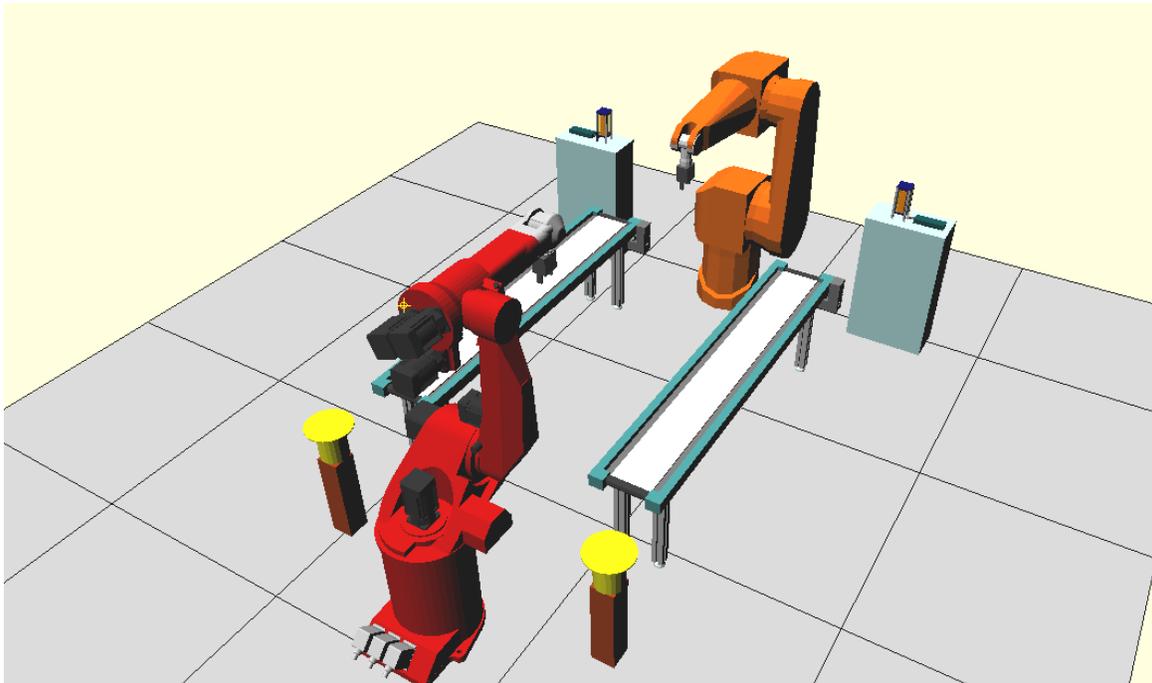
- TurnTable

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>TurnTable</b>	518.86	1,046.32	400.00	0.00	0.00	0.00
<b>Turn Table_1</b>	-781.14	1,043.32	400.00	0.00	0.00	0.00

- TwoWayCylinder

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>TwoWayCylinder</b>	824.01	-1,461.53	700.00	-180.00	0.00	0.00
<b>TwoWay Cylinder_1</b>	-1,045.90	-1,461.53	700.00	0.00	0.00	0.00

Terminada de integrar los dispositivos físicos y objetos que constituyen esta celda en paralelo robotizada la distribución de los elementos se muestra en la figura 5.5.1.



**Figura 5.5.1. Plano de Distribución de la Celda Paralelo Robotizada**

c) Asignacion de las entradas y salidas de los dispositivos fisicos que interactuan con los robots

Robot	Dispositivo Virtual	Outputs	Inputs	Index
<b>REIS_RV16</b>	Gripper_1	Aclose	BIsColsed	000
	ConveyorBelt_1	-	ApartAtEnd	001
	TurnTable	ATurnOnce	AStandingStill	002
	ConveyorBelt		BpartAtEnd	003
	TurnTable_1	BTurnOnce	BStandingStill	004
<b>STEAUBLI_RX13 0</b>	Feeder1	AClose	Aisclosed	000
	Feeder1	ANextPart	APartAvailabl e	001
	TwoWayCylinder	AMoveOut	AmovedOut	002
		AMoveIn	AmovedIn	003
	ConveyorBelt_1	AbeltOn	ApartAtEnd	004
		ABeltBackw		005
	Feeder1_1	BNextPart	BPartAvailabl e	006
	TwoWay Cylinder_1	BMoveOut	BMovedOut	007
		BMoveIn	BMovedIn	008
	ConveyorBelt	BbeltOn	BpartAtEnd	009

d) Se enlista las posiciones para cada Robot que integra la celda, que permite interactuar con los dispositivos físicos, para realizar: el control, programación y simulación virtual de la ejecución de la tarea.

- Robot STAEUBLI\_RX130

No	Posición			Orientación						
5	494.37	-1844.91	930.02	-179.28	-0.32	-90.5	L	B	F	O
4	494.37	-1844.91	721.32	-179.28	-0.32	-90.5	L	B	F	O
3	494.37	-1844.91	692.93	179.81	-0.77	-10.6	L	B	F	O
2	-265.00	-2411.17	974.70	180.00	-2.36	-90.0	L	B	F	O
8	316.19	-1383.00	560.75	-180.00	0.00	-90.0	R	A	N	O
11	-1019.26	-1844.71	703.20	178.56	1.27	176.6	L	B	F	O
10	-1019.26	-1844.71	718.15	178.56	1.27	176.6	L	B	F	O
9	-898.30	-1737.05	964.01	179.20	-2.38	176.6	L	B	F	O
7	316.19	-1383.00	477.43	-180.00	0.00	-90.0	R	A	N	O
13	-814.56	-1395.97	539.35	-180.00	0.00	-90.0	R	A	N	O
12	-814.56	-1395.97	489.00	-180.00	0.00	-90.0	R	A	N	O
1	-265.00	-1152.45	942.00	180.00	0.00	-90.0	R	A	N	O

- Robot REIS RV16

No	Posición			Orientación						
6	523.06	964.90	574.02	-180.00	92.13	0.00	R	A	F	O
4	-661.66	657.75	511.73	180.00	90.00	0.00	R	A	F	O
5	-661.66	657.75	689.90	180.00	90.00	0.00	R	A	F	O
3	468.24	652.25	584.63	-180.00	92.13	0.00	R	A	F	O
8	-782.38	968.47	600.42	-180.00	90.00	0.00	R	A	F	O
7	-782.38	968.47	580.89	-180.00	90.00	0.00	R	A	F	O
2	468.24	652.25	502.70	-180.00	92.13	0.00	R	A	F	O
1	-135.73	433.91	1123.00	180.00	90.00	0.00	R	A	F	O

## Descripción de la Celda Paralelo Robotizada

El robot STEAUBLI\_RX130 toma las piezas que son empujadas hacia su área de operación mediante cilindros neumáticos ubicados en el lado derecho e izquierdo, las piezas son colocadas sobre las bandas transportadoras, las cuales son transportadas al otro extremo de la bandas, la tarea del robot REIS\_RV16 es colocar las piezas que llegan al final de la banda las cuales son colocadas sobre mesas giratorias ubicadas en la misma dirección que las banda.

La ejecución de la celda termina cuando las 8 piezas son colocadas sobre las 2 mesas giratorias.

e) Listado de los programas para la simulación de la Celda Paralelo Robotizada

- Robot STAEUBLI\_RX130  
Lenguaje de Programación : Movemaster command

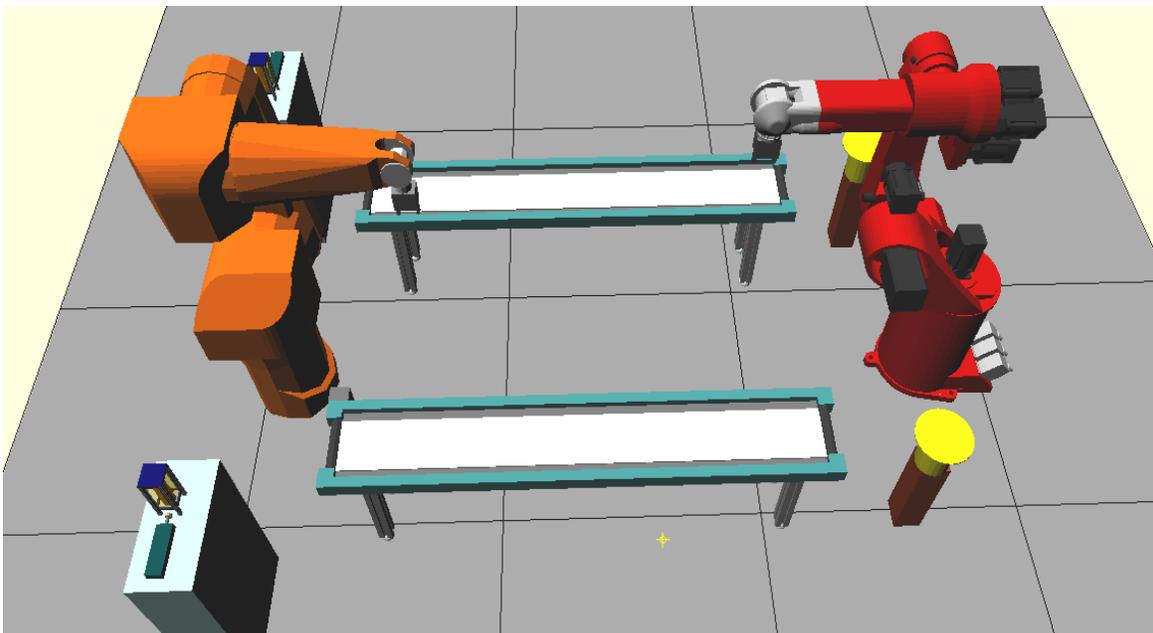
10 SP 30	160 MO 5	330 OB -8
11 RC +4	170 MO 8	340 MO 9
20 MO 1	180 MO 7	350 MO 10
30 OB +1	190 OB -0	360 MO 11
40 TBD -1,40	200 MO 8	370 OB +0
50 OB -1	205 MO 1	380 MO 10
60 OB +2	210 OB +4	390 MO 12
70 TBD -2,70	220 TBD -4,220	400 OB -0
80 OB -2	230 OB -4	410 MO 13
90 OB +3	250 OB +6	415 MO 1
100 TBD -3,100	260 TBD -6,260	420 OB +9
110 OB -3	270 OB -6	430 TBD -9,430
120 MO 5	280 OB +7	440 OB -9
121 TI 3	290 TBD -7,290	450 NX
130 MO 3	300 OB -7	460 ED
140 OB +0	310 OB +8	
150 TI 20	320 TBD -8,320	

- Robot REIS RV16

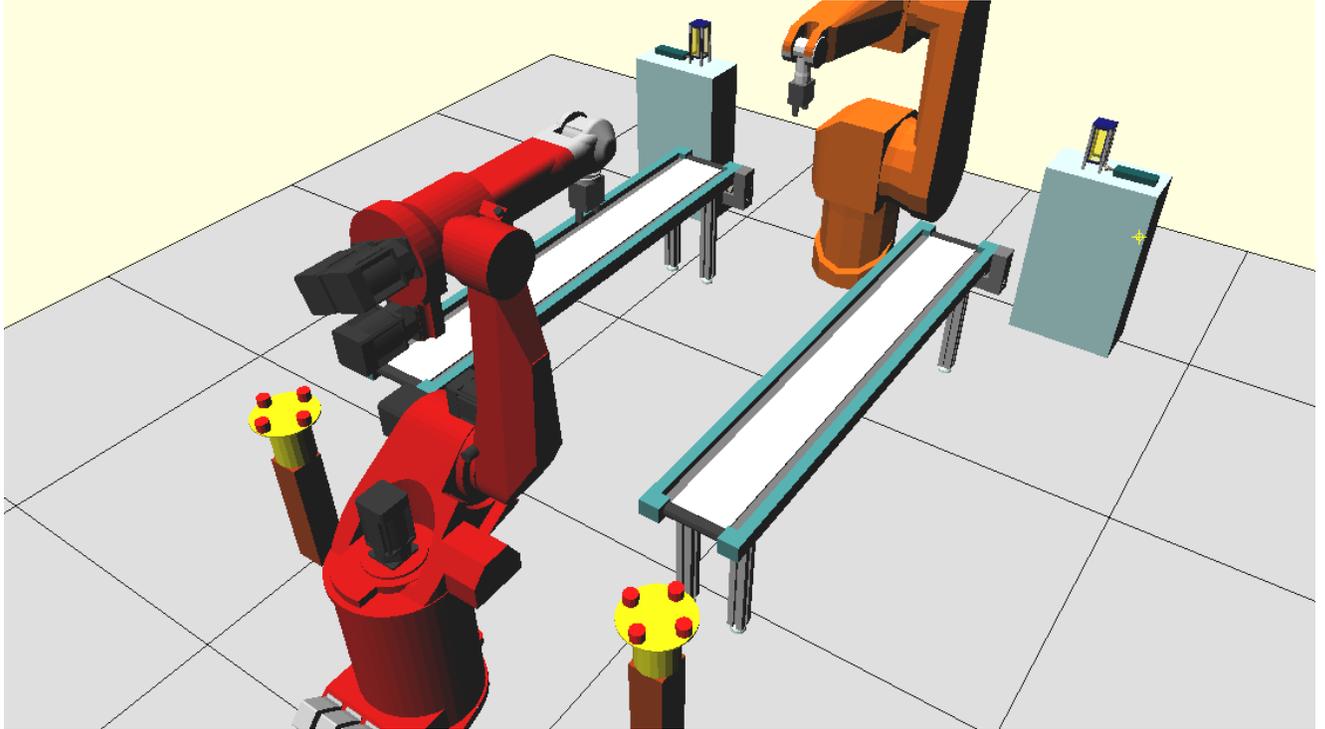
Lenguaje de Programación : Movemaster command

10 SP 30	100 OB -0	200 MO 8
11 RC +4	110 MT 4,-40	210 MO 7
20 MO 1	115 MO 1	220 OB -0
30 TBD -1,30	120 OB +2	230 MO 8
40 MO 3	130 TBD -2,130	240 OB +4
50 MO 2	140 OB -2	250 TBD -4,250
60 OB +0	150 TBD -3,150	260 OB -4
70 MO 3	160 MO 5	270 MO 1
75 TI 3	170 MO 6	280 NX
80 MT 4, -30	180 OB +0	290 ED
90 MO 4	190 MO 5	

En la figura 5.5.2 y 5.5.3 se muestran dos imágenes de la simulación de la celda robotizada:



**Figura 5.5.2.- Imagen Lateral de Ejecución de Simulación**



**Figura 5.5.3.- Vista de la Simulación al Finalizar la Tarea**





## 5.6 Celda con Estructura en Serie

a) Listado de los dispositivos físicos y objetos empleados para la ejecución de la tarea:

- RV-E2
- Box
- Conveyor Belt
- Feeder1
- Turning Mover
- Turn Table
- Two Way Cylinder

b) Ubicación de los objetos en el espacio de trabajo

- RP-3AH

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
RP-3AH	-132.72	1921.07	615	0	0	0

- RP-5AH

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
RP-5AH	-190	-120	616	0	0	0

- RV-E2

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
RV-E2	-18.31	-2331.86	300	90	0	0

- **Box**

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>Box</b>	356.29	-2359.9	0	0	0	0	400	300	600
<b>Box_1</b>	-782.83	-2370.04	0	0	0	0	400	300	600
<b>Box_2</b>	-80	-120	0	0	0	0	150	150	324
<b>Box_3</b>	-70	1,930.00	0	0	0	0	150	150	324
<b>Box_4</b>	-153.96	-2,398.39	0	0	0	0	300	300	300
<b>Box_5</b>	-330	-190.00	0	0	0	0	150	200	616
<b>Box_6</b>	-300	1,820.00	0	0	0	0	150	200	615

- **Conveyor Belt**

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>ConveyorBelt</b>	173.46	-2078.46	0	90	0	0
<b>ConveyorBelt_1</b>	177.87	71.39	0	90	0	0

- **Feeder1**

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Feeder1</b>	-539.44	-2209.12	600	0	0	0
<b>Feeder1_1</b>	510.25	-2194.55	600	0	0	0

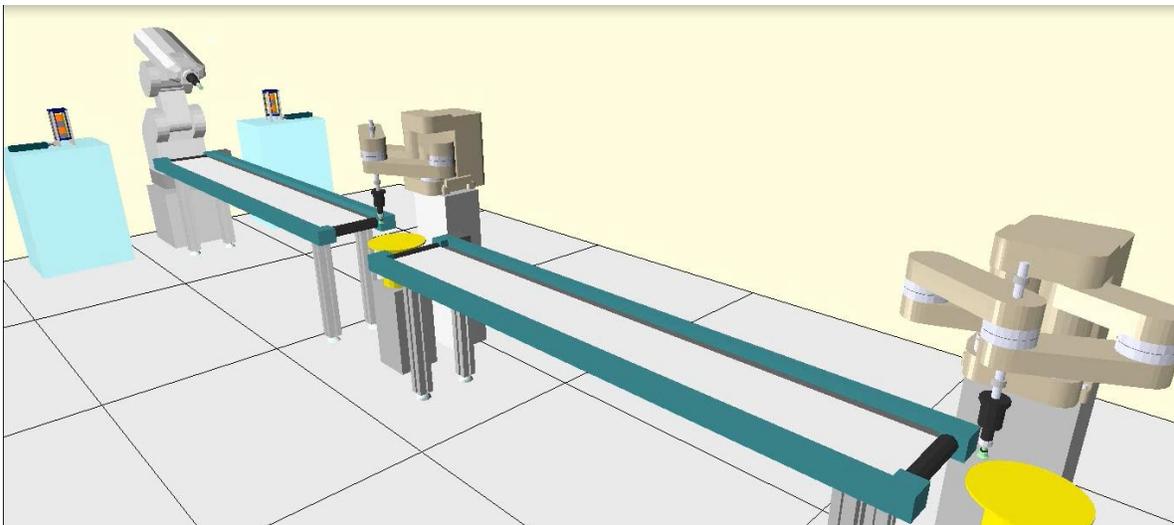
- **TurningMover :**

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Turn Table</b>	0	-40	324	0	0	0

- Two Way Cylinder

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Two Way Cylinder	-611.99	-2208.29	600	0	0	0
Two Way Cylinder_1	585.1	-2193.44	600	180	0	0

Una vez que se haya terminado de integrar los diferentes elementos, la celda quedará como se muestra en la figura 5.6.1.



**Figura 5.6.1.- Distribución de la Celda Serie Robotizada**

c) Asignación de entradas y salidas de los diferentes elementos que integran la celda de trabajo

Robot	Dispositivo Virtual	Outputs	Index	Inputs	Index
RP-3AH	VacuumGripper_2	Cstate	0	CGrasp	0
	ConveyorBelt_1	CPartAtEnd	1		1
	TurnTable_1	BStandingStill	2	BTurnOnce	2
RP-5AH	VacuumGripper	Bstate	0	BGrasp	0
	ConveyorBelt	ApartAtEnd	1		1
	TurnTable	AStandingStill	2	ATurnOnce	2
	ConveyorBelt_1	CPartAtEnd	3	CBeltOn	3
RE-E2	VacuumGripper_1	AState	0	AGrasp	0
	Feeder1	APartAvailable	1	ANextPart	1
	TwoWayCylinder	AMovedOut	2	AMoveOut	2
	TwoWayCylinder	AmovedIn	3	AMoveIn	3
	ConveyorBelt	ApartAtEnd	4	ABeltOn	4
	Feeder1_1	BPartAvailable	5	BNextPart	5
	TwoWayCylinder	BMovedOut	6	BMoveOut	6
	TwoWayCylinder	BmovedIn	7	BMoveIn	7

d) Asignación de Posiciones que adoptarán los robots para tomar las piezas del alimentador y la colocación de ellas en la banda transportadora. Las posiciones son Las siguientes:

Posiciones para Robot RV-E2:

No	Posición					Orientación					
3	430.93	-	211.52	164.51	-	1.11	179.88	R	A	N	O
		27.74									
2	123.60	416.63	330.25	- 114.59	-	1.11	179.88	R	A	N	O
5	138.57	-	330.45	96.04	-	1.11	179.88	R	A	N	O
		422.59									
4	138.57	-	394.40	96.04	-	1.11	179.88	R	A	N	O
		422.59									
1	123.60	416.63	433.26	- 114.59	-	1.11	179.88	R	A	N	O

Posiciones para Robot RP-3H:

No	Posición			Orientación						
6	207.55	277.56	119.90	0	0	0	L	B	F	C
5	207.55	277.56	144.98	0	0	0	L	B	F	C
4	198.04	0	118.64	0	0	0	L	B	F	C
3	198.04	0	138.40	0	0	0	L	B	F	C
2	198.04	- 211.32	145.71	0	0	0	L	B	F	C
1	198.04	- 211.32	119.79	0	0	0	L	B	F	C

Posiciones para Robot RP-5H:

No	Posición			Orientación						
3	150.967	-104.29	147.489	0	0	0	L	B	F	C
5	150.967	0	146.716	0	0	0	L	B	F	C
4	150.967	0	119.295	0	0	0	L	B	F	C
2	150.967	-104.29	119.295	0	0	0	L	B	F	C
1	150.967	0	138.4	0	0	0	L	B	F	C

Descripción del funcionamiento de la celda

El Robot RV-E2, toma las piezas de cada uno de los alimentadores, posteriormente son colocados sobre la banda transportadora, una vez que las piezas se encuentran en el final de la banda el robot RP-5AH, coloca las piezas de color azul sobre la mesa giratoria y las rojas sobre la banda transportadora en el otro extremo, una vez que las piezas rojas están en el otro extremo de la banda, el robot RP-3AH coloca las piezas sobre una mesa giratoria que se encuentra en el otro extremo del robot, este ciclo se ejecuta 4 veces y termina cuando las piezas rojas y azules están sobre las mesas giratorias.

e) Programa de los robots para la solución de la tarea

- Robot RV E2

Lenguaje de programación: Movemaster Command

10 SP 30	30 TBD -1, 30	60 TBD -2, 60	90 TBD -3, 90
15 RC +4	40 OB -1	70 OB -2	100 OB -3
20 OB +1	50 OB +2	80 OB +3	110 MO 1

120 MO 2	210 OB -4	270 OB -6	370 MO 3
130 OB +0	220 NX	280 OB +7	380 OB -0
140 MO 1	225 RC +4	290 TBD - 7,290	390 MT 3,-50
150 MT 3, -50	226 OB +5	300 OB -7	400 OB +4
160 MO 3	230 TBD - 5,230	320 MO 4	410 TBD - 4,410
170 OB -0	240 OB -5	330 MO 5	420 OB -4
180 MT 3, -50	250 OB +6	340 OB+0	430 NX
190 OB +4	260 TBD -6, 260	350 MO 4	440 ED
200 TBD - 4,200		360 MT 3,-50	

- **Robot RP-5AH**  
**Lenguaje de programación: Melfa Basic IV**

10 REM MELFABASIC_IV	140 MOV P3
20 OVRD 100	150 M_OUT (2) = 1
30 JOVRD 100	160 IF M_IN (2) = 1 THEN 170 ELSE 150
40 DEF INTE CONT	170 M_OUT (2)= 0
50 DLY 1	250 DLY 1
60 IF M_IN (1)=1 THEN 70 ELSE 50	260 IF M_IN (1)= 1 THEN ELSE 250
70 MOV P2	270 MOV P2
80 MOV P1	280 MOV P1
90 M_OUT (0) = 1	290 M_OUT (0) = 1
100 MOV P2	300 MOV P2
110 MOV P3	320 MOV P5
120 MOV P4	330 MOV P6
130 M_OUT (0) =0	

```
340 M_OUT (0) = 0
350 MOV P5
360 M_OUT (3) = 1
370 IF M_IN (3)= 1 THEN 375 ELSE
360
```

```
375 CONT = CONT +1
380 IF CONT =4 THEN GOTO 390
ELSE 50
390 END
```

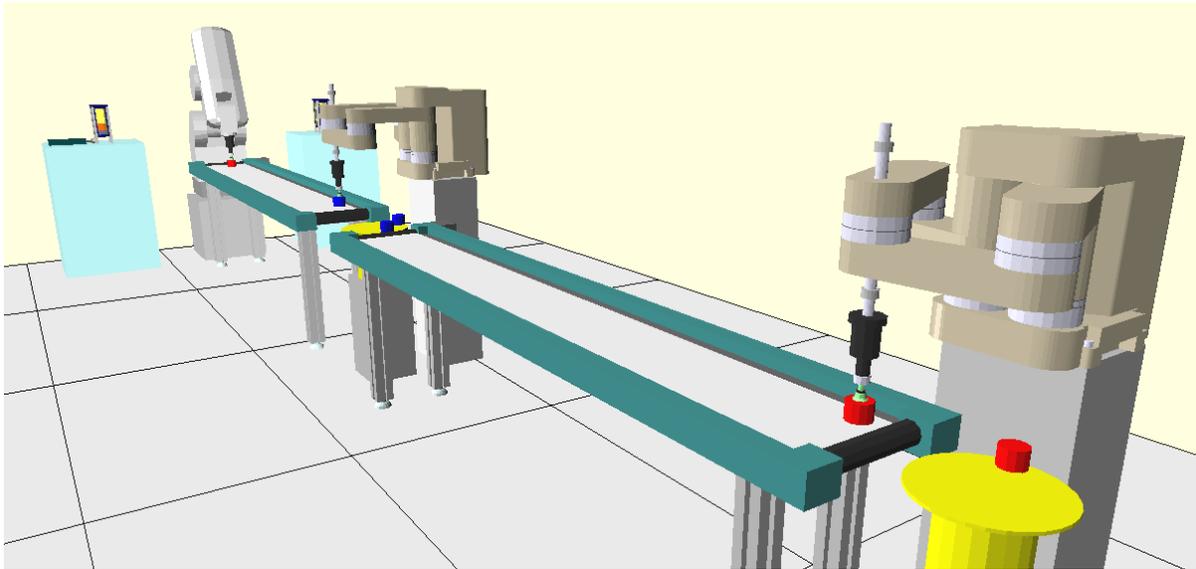
- **Robot RP-3AH**

**Lenguaje de programación: Melfa Basic IV**

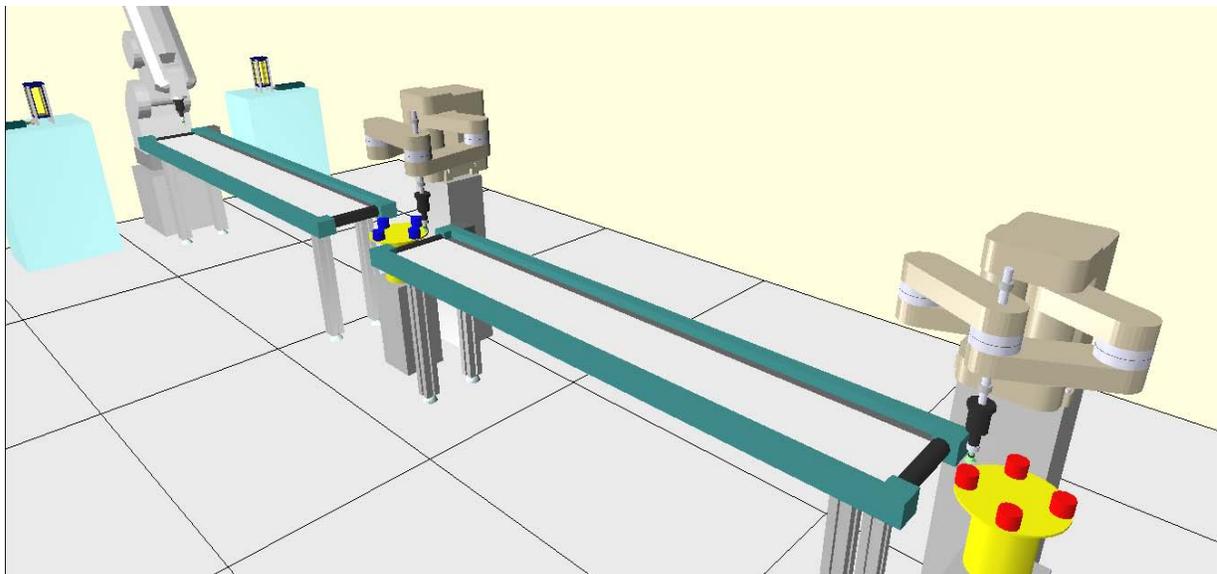
```
10 REM MELFABASIC_IV
20 OVRD 100
30 JOVRD 100
40 DEF INTE CONT
50 DLY 1
60 IF M_IN (1) = 1 THEN 70 ELSE 50
70 MOV P3
80 MOV P2
90 M_OUT (0) =1
100 MOV P3
110 MOV P1
```

```
120 MOV P4
130 M_OUT (0) = 0
140 MOV P1
150 M_OUT (2) = 1
160 IF M_IN (2) = 1 THEN 170 ELSE
150
170 M_OUT (2) = 0
375 CONT = CONT +1
380 IF CONT = 4 THEN GOTO 400
ELSE 50
400 END
```

La ejecución de la celda virtual se muestra en las siguientes imágenes:



**Figura 5.6.2.- Operación de la celda virtual**



**Figura 5.6.3.- Culminación de la tarea en la celda virtual**

## 5.7 Robots en Equipo Peletizado

En el siguiente proyecto se busca ejemplificar el uso de Robos articulados con la que permiten controlar una banda transportadora que son posibles encontrar en la industria en cada uno de sus extremos. En este caso se utiliza un robot ABB IRB2400\_18 para manipular los objetos que se colocaran sobre la banda transportadora y el robot Fanuc S700 para manipular las pieza y colocarlas en los lugares previamente establecidos, hay que resaltar que ambos robots son muy comunes en la industria automatizada en la actualidad en industrias donde se requiere gran alcance de manipulación.

a) Lista de los robos y dispositivos virtuales que integran la celda de trabajo:

- Robot ABB\_IRB2400\_18
- Robot FANUC\_S700
- Box (6 Piezas)
- Conveyorbelt 2

b) Disposición de los robots , dispositivos virtuales y objetos en el lay Out:

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>ABB_IRB2400_18</b>	1,443.01	-1,184.95	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>FANUC_S700</b>	-1,779.91	823.48	0.00	-90.00	0.00	0.00

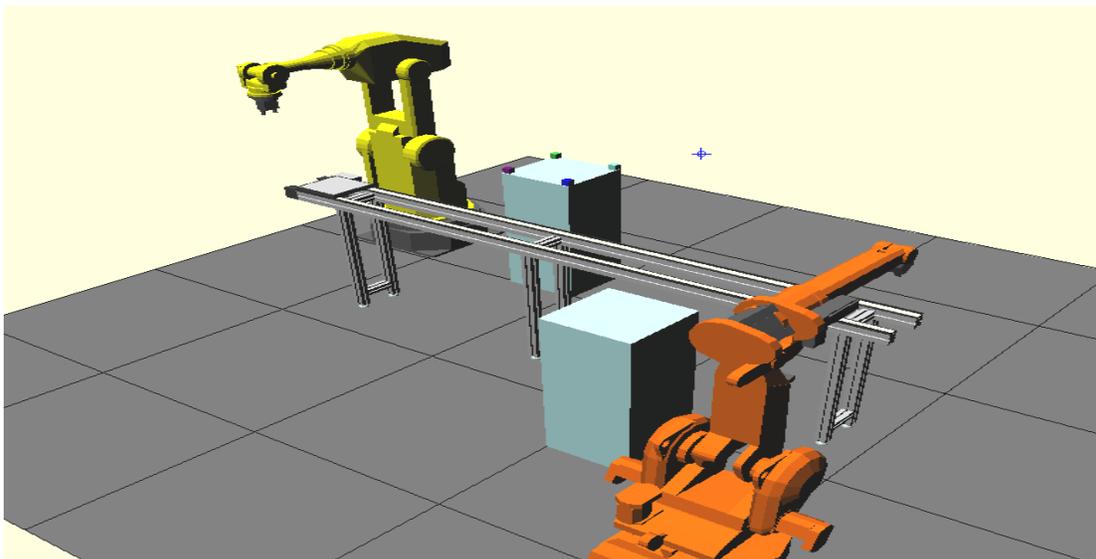
- Box

Dispositivo	Posición del objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
<b>Box</b>	493.92	-898.03	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	1,000.00
<b>Box_1</b>	-898.03	487.50	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	1,000.00
<b>Box_2</b>	-499.22	533.48	1,001.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Box_3</b>	-499.69	833.52	1,001.45	179.69	0.40	-0.40	40.51	40.52	40.62
<b>Box_4</b>	-855.04	532.88	1,001.45	179.69	0.40	-0.40	40.51	40.52	40.62
<b>Box_5</b>	-855.76	879.71	1,001.45	179.69	0.40	-0.40	40.51	40.52	40.62

- Conveyorbelt 2

Dispositivo	posición del objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>Conveyorbelt 2</b>	-1,500.00	-250.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Una vez integrados todos los componentes de la celda virtual , los cuales están dispuestos como se indican en la figura 5.7.1



**Figura 5.7.1.- Disposición de los Objetos en la celda Robotizada**

- c) Conexiones virtuales de los dispositivos físicos disponibles con los robots virtuales

Robot	Dispositivo Virtual	Outputs	Inputs	Index
<b>FANUC_S700</b>	Gripper_1	AClose	Blsclosed	000
	ConveyorBelt_1		ApartAtEnd	001
<b>ABB_IRB2400_18</b>	Gripper_2	BClose	Blsclosed	000
	ConveyorBelt	AbeltOn	ApartAtEnd	002

d) Listado de las posiciones que adoptaran los robots para la manipulación de los objetos y la ejecución de la tarea empleada.

- Robot ABB\_IRB2400\_18 :

No	Posición					Orientación				
7	978.83	-40.28	1010.15	-179.71	-0.64	175.25	R	A	N	O
9	967.12	143.15	1010.15	-179.71	-0.64	175.25	R	A	N	O
8	1155.13	143.15	1010.15	-179.71	-0.64	175.25	R	A	N	O
6	1155.13	-40.52	1010.15	-179.71	-0.64	175.25	R	A	N	O
4	503.74	746.47	1136.59	-179.31	-0.15	174.50	R	A	N	O
2	501.02	744.27	1148.63	-179.31	-0.15	174.50	R	A	N	O
1	1074.82	0.00	1291.75	-180.00	32.70	-180.00	R	A	N	O

- FANUC S700

No	Posición					Orientación				
9	-878.66	860.63	1012.81	-180.00	0.00	-91.04	R	A	N	O
8	-878.66	513.24	1012.81	-180.00	0.00	-91.04	R	A	N	O
7	-522.58	513.24	1012.81	180.00	0.00	-91.04	R	A	N	O
3	-522.58	863.27	1012.81	-180.00	0.00	-91.04	R	A	N	O
6	-1272.05	-31.22	1005.26	180.00	0.00	90.00	R	A	N	O
5	-1272.05	-206.81	1005.26	180.00	0.00	90.00	R	A	N	O
4	-1456.69	-217.63	1005.26	180.00	0.00	90.00	R	A	N	O
2	-1456.69	-29.76	1005.26	-180.00	0.00	90.00	R	A	N	O
1	-1779.91	-76.52	1455.00	180.00	0.00	90.00	R	A	N	O

e) Listado de programas

Robot: Abb ABB\_IRB2400\_18

Lenguaje de Programación: Movemaster Command

10 SP 30	70 MT 6, -40	140 MT 4, +40
20 MO 1	80 MO 6	150 OB +0
30 MT 2,-40	90 OB -0	160 MT 2,-80
40 MO 4	100 MT 6,-40	170 MT 7,-80
50 OB +0	120 MO 1	180 MO 7
60 MT 2, -40	130 MT 2,-80	190 OB -0

200 MT 7,-40	290 OB -0	380 MO 9
220 MO 1	300 MT 8,-40	400 MT 9,-40
230 MT 2,-120	320 MO 1	410 MO 1
240 MT 4, +80	330 MT 2,-160	420 OB +2
250 OB +0	340 MT 4, +120	430 TBD -2,430
260 MT 2,-120	350 OB +0	440 OB -4
270 MT 8,-120	360 MT 2,-160	450 ED
280 MO 8	370 MT 9,-160	

- Robot: Fanuc S700  
Lenguaje de Programación: Movemaster Command

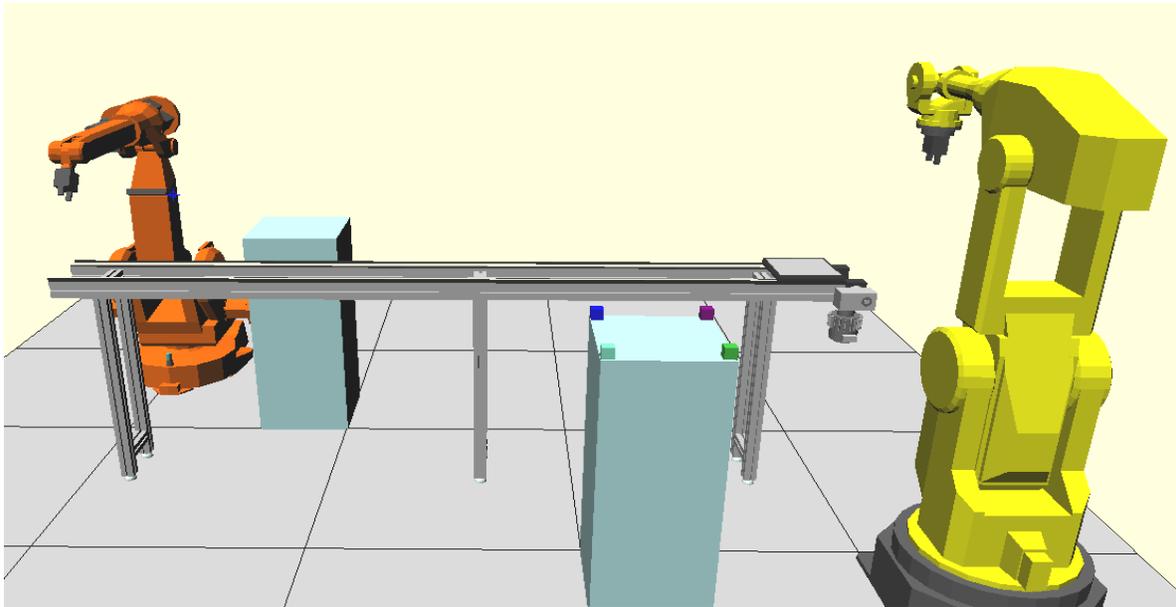
10 SP 30	160 MT 4, -100	300 MO 1
20 TBD -1, 20	170 MT 7, -40	320 TBD -1,320
30 MT 2, .40	180 MO 7	330 MT 6,-40
40 MO 2	185 OB -0	340 MO 6
50 OB +0	190 MT 7, -40	350 OB +0
60 MT 2, -100	200 MO 1	360 MT 6,-100
70 MT 3,-40	220 TBD -1,220	370 MT 9, -40
80 MO 3	230 MT 5,-40	380 MO 9
85 OB -0	240 MO 5	385 OB -0
90 MT 3,-40	250 OB +0	390 MT 9,-40
100 MO 1	260 MT 5,-100	400 MO 1
120 TBD -1,20	270 MT 8,-40	410 ED
130 MT 4, -40	280 MO 8	
140 MO 4	285 OB -0	
150 OB +0	290 MT 8,-40	

#### Descripción de funcionamiento:

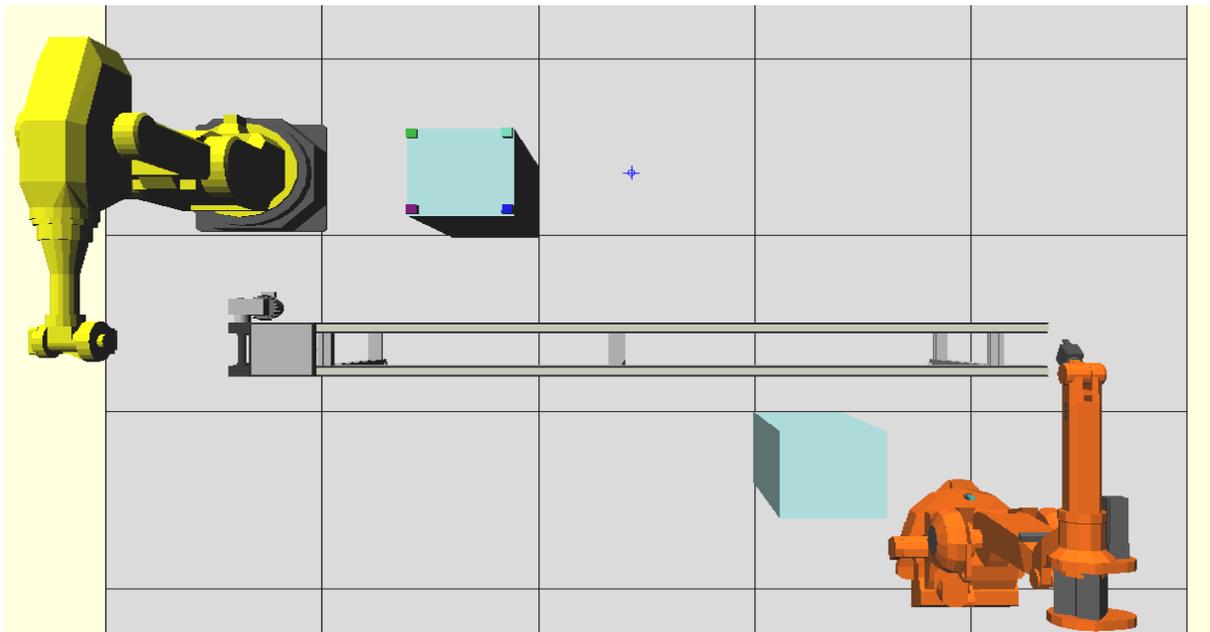
- El robot Abb ABB\_IRB2400\_18 toma las piezas que esta estibadas a su lado y las coloca sobre la plataforma de la banda , cada pieza en una esquina
- Una vez que las cuatro piezas están colocadas sobre la plataforma, son trasladadas al otro extremo.
- El Robot Fanuc S700 coloca las piezas que están sobre la plataforma en una caja colocada a su lado

- La ejecución termina cuando las 4 piezas son retiradas de la plataforma de la banda transportadora

Se muestran dos imágenes de referencia de la tarea ejecutada en la figura 5.7.2 y 5.7.3 :



**Figura 5.7.2.- Ejecución de la celda de trabajo**



**Figura 5.7.3.- Ejecución de la celda de trabajo (Vista superior)**



## 5.8 Celda de Manufactura Flexible Robotizada

En este proyecto se busca implementar algunos de los casos más comunes que se pueden encontrar en el ámbito industrial construido por 6 robots de características específicas cada uno, algunos acoplados con efector final un gripper y otros con ventosa neumática como elemento de sujeción y además de estos dispositivos que se integran para estructurar la celda de manufactura flexible, se utilizan los lenguajes de programación Melfa Basic 4 ó Movemaster.

a) Listado de los dispositivos físicos y objetos

- ABB\_IRB2400\_18
- FANUC\_S700
- REIS\_RV16
- RP-3AH
- RP-5AH
- RV-E2
- Box ( 8 Piezas)
- Conveyor belt ( 3 Piezas)
- Feeder2 ( 3 Piezas)
- Turn Table
- TwoWay Cylinder ( 3 Piezas)

b) Colocación de los objetos y dispositivos físicos en el plano

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>ABB_IRB2400_18</b>	-552.99	185.96	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>FANUC_S700</b>	1,514.81	-1,241.76	0.00	90.00	0.00	0.00
<b>REIS_RV16</b>	-1,881.93	228.73	0.00	90.00	0.00	0.00
<b>RP-3AH</b>	777.24	1,257.44	621.00	-90.00	0.00	0.00
<b>RP-5AH</b>	-1,474.50	1,074.60	621.00	0.00	0.00	0.00
<b>RV-E2</b>	-1,535.86	-1,118.97	300.00	0.00	0.00	0.00

- Box

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación			Dimensiones del Dispositivo		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw	X	Y	Z
Box	861.87	-553.27	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	400.00	700.00
Box_1	1,336.34	-402.24	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	400.00	700.00
Box_2	367.49	-26.99	0.00	0.00	0.00	0.00	500.00	500.00	700.00
Box_3	1,835.89	-568.91	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	400.00	700.00
Box_4	760.00	990.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	330.00
Box_5	-1,700.00	930.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	621.00
Box_6	-1,690.00	-1,270.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	300.00
Box_7	-2,100.00	-500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	700.00

- Conveyor belt

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Conveyorbelt	688.09	-935.62	0.00	180.00	0.00	0.00
Conveyorbelt_1	1,108.77	-906.63	0.00	90.00	0.00	0.00
Conveyorbelt_2	-1,102.90	919.28	0.00	0.00	0.00	0.00

- Feeder2:

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Feeder2	1,018.11	-394.84	700.00	0.00	0.00	0.00
Feeder2_1	1,483.48	-243.44	700.00	0.00	0.00	0.00
Feeder2_2	-1,978.03	-414.63	700.00	0.00	0.00	0.00

- Turne Table

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
Turn Table	884.88	1,110.81	330.00	0.00	0.00	0.00

- Two Way Cylinder:

Dispositivo	Posición del Objeto			Rotación		
	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
<b>TwoWayCylinder</b>	1,008.65	-338.07	700.00	-90.00	0.00	0.00
<b>TwoWayCylinder_2</b>	1,975.39	-335.85	700.00	-90.00	0.00	0.00

Una vez que se haya terminado de integrar los diferentes elementos que la constituyen , quedará como se indica en la figura 5.8.1

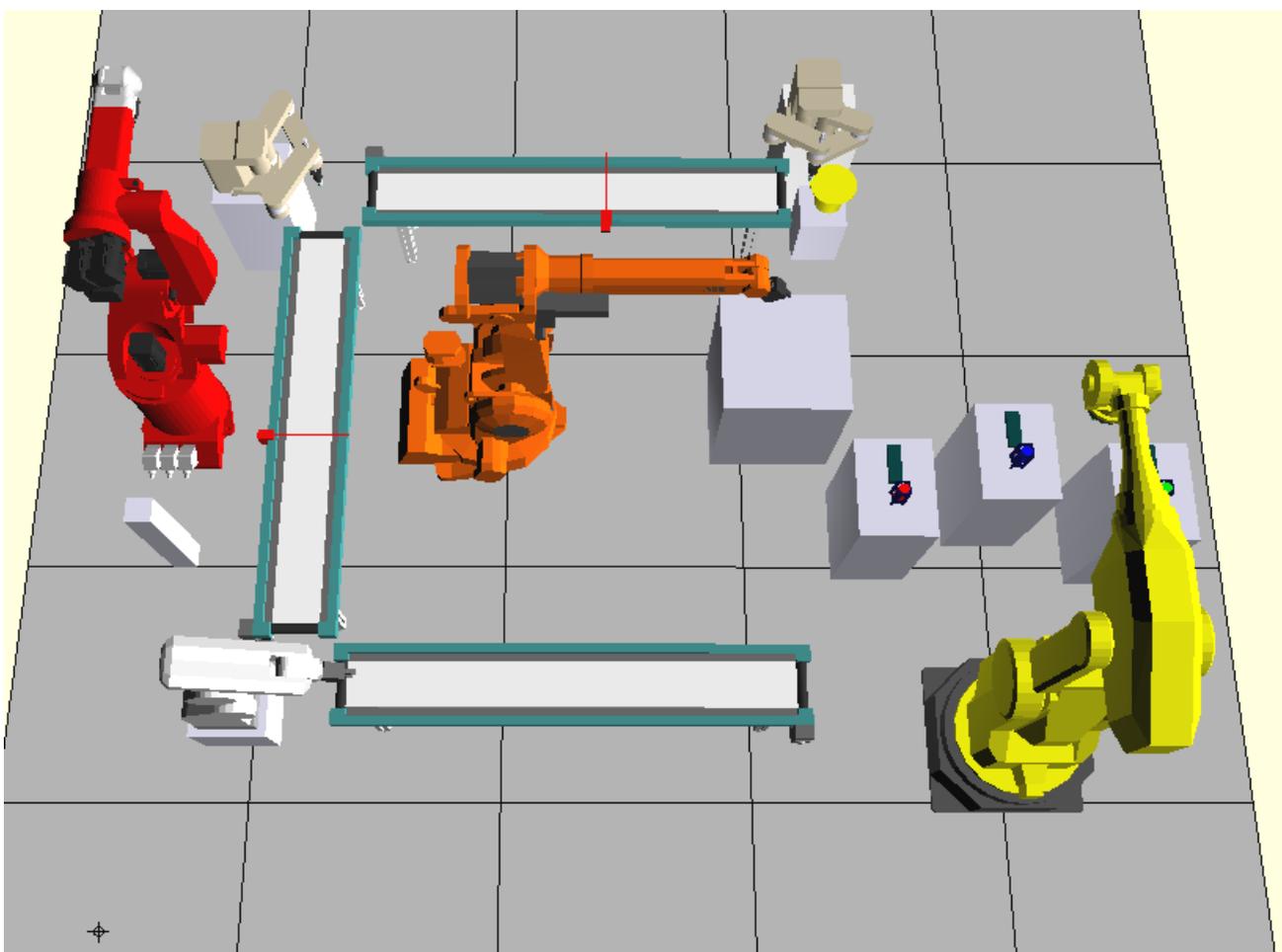


Figura 5.8.1. Plano de distribución de la celda robotizada

c) Asignación de entradas y salidas de los diferentes elementos con los robots que integran la celda de trabajo:

Robot	Dispositivo Virtual	Outputs	Inputs	Index
ABB_IRB2400_18	Gripper	DClose	DisColsed	00
	SensorColor		Aout_blue	001
FANUC_S700	VacuumGripper_1	Agrasp	Astate	00
	Feeder2	ANextPart	APartAvalible	001
	TwoWayCylinder	AMoveOut	AMovedOut	002
		AmoveIn	AMovedIn	003
	ConveyorBelt	ABeltOn	APartEnd	004
	Feeder2_1	BNextPart	BPartAvalible	005
	TwoWayCylinder_1	BMoveOut	BmovedOut	006
		BmoveIn	BmovedIn	007
	Feeder2_2	CNextPart	CPartAvalible	008
	TwoWayCylinder_2	CMoveOut	CmovedOut	009
CmoveIn		CBmovedIn	010	
REIS_RV16	Gripper_1	FClose	FIsColsed	00
	SensorColor_1		Aout_green	001
RP-3AH	VacuumGripper_2	Agrasp	Astate	00
	ConveyorBelt_2		CPartEnd	001
	TurneTable	ATurneOnce	AStandingStill	002
RP-5AH	VacuumGripper	Dgrasp	Dstate	00
	ConveyorBelt_1		BPartEnd	001
	ConveyorBelt_2	CBeltOn	CPartEnd	002
	SensorColor		Aout_blue	003
RV-E2	Gripper_2	AClose	AlsColsed	00
	ConveyorBelt		APartEnd	001
	ConveyorBelt_1	BBeltOn	BPartEnd	002

d) Las posiciones de los robots para la simulación virtual de la tarea establecida e interacción con los dispositivos que integran la celda de trabajo robotizada

- REIS\_RV16

No	Posición			Orientación						
7	-1829.10	-448.83	725.57	180.00	0.00	117.91	R	A	F	O
6	-1276.37	-82.17	510.04	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O
5	-1276.37	-71.97	510.04	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O
4	-1278.76	-84.43	510.04	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O
3	-1278.76	-84.43	705.20	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O
2	-1298.26	-128.70	747.17	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O
1	-1063.92	171.65	1123.00	180.00	0.00	176.01	R	A	F	O

- ABB\_IRB2400\_18

No	Posición			Orientación						
4	467.89	914.28	506.31	-179.98	-0.91	-95.02	R	A	N	O
12	960.65	245.29	724.66	-179.98	-0.91	-163.36	R	A	N	O
10	1401.02	245.29	724.66	-179.98	-0.91	-163.36	R	A	N	O
11	1401.02	-194.28	724.66	-179.98	-0.91	-163.36	R	A	N	O
13	953.98	-194.28	724.65	-179.98	-0.91	-163.36	R	A	N	O
3	467.89	914.28	552.68	-179.98	-0.91	-95.02	R	A	N	O
2	528.58	833.55	1261.75	-180.00	5.03	-122.38	R	A	N	O

- RP-5AH

No	Posición			Orientación						
P4	449.67	26.20	118.33	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P3	449.67	26.20	148.17	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P2	199.39	-235.73	118.32	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P1	199.39	-235.73	147.89	0.00	0.00	0.00	L	B	F	

- RP-3AH

No	Posición			Orientación						
P4	157.93	-127.47	144.41	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P6	150.97	44.97	121.97	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P5	150.97	44.97	146.18	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P3	157.93	-127.47	122.74	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P2	160.48	-71.21	147.59	0.00	0.00	0.00	L	B	F	
P1	150.97	0.00	138.40	0.00	0.00	0.00	L	B	F	

- RV-E2

No	Posición			Orientación						
3	477.46	31.62	207.44	-180.00	0.00	-180.00	R	A	N	O
2	477.46	31.62	247.98	-180.00	0.00	-180.00	R	A	N	O
6	260.72	325.74	243.31	180.00	0.00	-132.92	R	A	N	O
5	260.72	325.74	211.98	180.00	0.00	-132.92	R	A	N	O
4	362.91	339.97	444.62	180.00	0.00	-132.92	R	A	N	O
1	379.40	0.00	444.62	-180.00	0.00	-180.00	R	A	N	O

- FANUC\_S700

No	Posición			Orientación						
3	1007.43	-509.67	722.61	180.00	0.00	-62.46	R	A	N	C
8	1472.92	-358.17	864.45	180.00	0.00	-62.46	R	A	N	C
7	1472.92	-358.17	722.38	180.00	0.00	-62.46	R	A	N	C
6	1256.05	-509.31	923.47	-180.00	0.00	-62.46	R	A	N	C
2	1007.43	-509.67	923.47	180.00	0.00	-62.46	R	A	N	C
5	564.75	-1088.08	683.96	180.00	0.00	-22.90	R	A	N	C
4	564.75	-1088.08	503.43	180.00	0.00	-22.90	R	A	N	C
11	1975.47	-503.28	722.32	180.00	0.00	-130.68	R	A	N	C
10	1978.85	-502.43	923.47	180.00	0.00	-130.68	R	A	N	C
9	2006.41	-498.98	923.47	-180.00	0.00	-130.68	R	A	N	C
1	1514.81	-341.76	1455.00	180.00	0.00	-90.00	R	A	N	C

e) El listado de los programas para cada uno de los robots integrados en la celda de trabajo son los siguientes:

- Robot: RP-5AH

Lenguaje de Programación: Melfa Basic IV

10 REM MELFABASIC_IV	221 CONT = 0
11 OVRD 100	240 DLY 1
12 JORD 100	250 IF M _ IN (1) = 1 THEN 260
20 DEF INTE CONT	ELSE 240
21 CONT = 0	260 MOV P1
40 DLY 1	270 MOV P2
50 IF M _ IN (1) = 1 THEN 60 ELSE	290 M _ OUT (0) = 1
40	300 MOV P1
60 MOV P1	310 MOV P3
70 MOV P2	320 MOV P4
90 M_OUT (0) = 1	330 M _ OUT (0) = 0
100 MOV P1	340 MOV P3
110 MOV P3	345 M _ OUT (2) = 0
120 MOV P4	350 M _ OUT (2) = 1
130 M_OUT (0) = 0	360 IF M _ IN (3) = 1 THEN 365
140 MOV P3	ELSE 350
140 M_OUT (2) = 1	365 M _ OUT (2) = 0
156 MOV P1	375 CONT = CONT + 1
175 CONT = CONT + 1	380 IF CONT = 4 THEN 1120 ELSE
180 IF CONT = 4 THEN 221 ELSE 40	240
	1120 END

- Robot: FANUC\_700

Language de Programación: Movemaster Command

10 SP 30	105 OB -3	170 OB - 0
20 RC + 4	110 MO 2	180 MO 5
25 TI 20	115 OB - 3	190 OB +4
30 OB + 1	120 MO 3	210 NX
40 TBD -1, 40	125 TI 10	215 TI 20
50 OB - 1	130 OB + 0	220 RC + 4
60 OB + 2	140 MO 2	230 OB +5
70 TBD -3, 70	145 TI 15	240 TBD -5, 240
80 OB -2	150 MO 5	250 OB -5
90 OB + 3	155 TI 5	260 OB +6
100 TBD - 3, 100	160 MO 4	270 TBD -6, 270

280 OB -6	390 OB +4	510 MO 10
290 OB + 7	400 TBD -4,400	515 TI 10
300 TBD -7, 300	410 TI 20	520 MO 11
305 OB -7	411 TI 20	530 OB + 0
310 MO 8	414 NX	540 MO 10
315 TI 20	420 RC + 4	545 TI 10
320 MO 7	430 OB +8	550 MO 5
330 OB + 0	440 TBD -8, 440	555 TI 10
340 MO 8	450 OB -8	560 MO 4
345 TI 10	460 OB +9	570 OB -0
350 MO 5	470 TBD -9, 470	580 MO 5
355 TI 10	480 OB -9	590 OB + 4
360 MO 4	490 OB +10	610 NX
370 OB -0	500 TBD -10, 500	1120 ED
380 MO 5	505 OB -10	

- Robot: ABB\_IRB2400\_18  
Lenguaje de Programación: Movemaster Command

10 SP 30	100 GS 1130	310 SC 12, 0
15 PA 1, 2, 2	220 TBS -1, 220	320 IC 12
30 GS 220	230 MO 2	330 PT 1
40 GS 290	240 MO 3	340 MT 1, -30
45 GS 220	245 MO 4	350 MO 1
50 GS 320	250 OB +0	360 OB -0
60 GS 220	260 MO 3	370 MT 1, -30
70 GS 300	270 RT	380 MO 2
80 GS 220	290 SC 11, 0	390 RT
90 GS 320	300 IC 11	1130 ED

- Robot: RP-3AH

Lenguaje de Programación: Melfa Basic IV

```

10 REM MELFABASIC_IV
11 OVRD 100
12 JORD 100
20 DEF INTE CONT
21 CONT = 0
40 DLY 1
50 IF M _ IN (1) = 1 THEN 60 ELSE
40
60 MOV P4
70 MOV P3
90 M _ OUT (0) = 1
100 MOV P5
110 MOV P6
120 MOV P6
130 M _ OUT (0) = 0
140 MOV P5
145 M _ OUT (2) = 0
150 M _ OUT (2) = 1
175 CONT = CONT + 1
180 IF CONT = 4 THEN 1120 ELSE
40
1120 END

```

- Robot: RV – E2

Lenguaje de Programación: Movemaster Command

```

10 SP 30
15 RC + 8
20 TBD -1, 20
30 MO 1
40 MO 2
50 MO 3
60 OB +0
70 MO 2
80 MO 1
90 MO 6
100 MO 5
110 OB – 0
120 MO 6
130 OB +2
135 MO 1
136 TI 10
140 NX
215 RC +4
220 TBD -1, 220
230 MO 1
240 MO 2
250 MO 3
260 OB +0
270 MO 2
280 MO 1
290 MO 6
300 MO 5
310 OB -0
320 MO 6
330 OB + 2
340 TBD -3,340
350 OB -2
360 OB TI 20
500 NX
1120 ED

```

- Robot: REIS \_ RV 16

Lenguaje de Programación: Movemaster Command

```

10 SP 30
20 GS 120
30 GS 180
40 GS 120
50 GS 230
60 GS 120
70 GS 280
80 GS 120
90 GS 330
100 GS 1120
120 MO 1
130 TBD -1,130

```

140 MO 3	270 RT
150 MO 6	280 MT 7,-120
170 MO 3	290 MT 7,-60
175 MO 3	300 OB -0
180 MT 7, -60	310 MT 7,-120
190 MO 7	320 RT
220 OB -0	330 MT 7,-150
210 MT 7,-60	340 MT 7,-90
220 RT	350 OB -0
230 MT 7,-90	360 MT 7, -150
240 MT 7,-30	370 RT
250 OB -0	1120 ED
260 MT 7, -90	

El funcionamiento de la celda virtual es la siguiente:

1. Para el control de la ejecución de la tarea que debe realizar dicha celda robotizada el robot fanuc 700 toma las piezas de los alimentadores (cada alimentador almacena 4 piezas de distintos colores), las cuales coloca sobre la banda transportadora.
2. El robot RV-E2 toma las piezas que llegan al final de la banda, las piezas las coloca sobre la segunda banda transportadora.
3. El robot RP-5AH toma las piezas de la segunda banda y las coloca sobre una tercera banda y las transportara hasta el final.
4. Las piezas en color rojo se coloca sobre la mesa giratoria (el robot RP-3AH las toma de tercera banda transportadora) la mesa girará 45° cada vez que sea colocada una pieza hasta que contenga las 4 piezas
5. El robot ABB\_IRB2400\_18 toma las piezas en color azul que detecta el sensor
6. El Robot Reis V16 toma las piezas de color verde y las colocara en forma de estiba en la caja a un lado de la banda transportadora
7. La ejecución de la celda termina cuando las 12 piezas han sido colocadas en sus lugares asignados para cumplir con la tarea asignada.

En las figuras 5.8.3 y 5.8.4 se muestran dos imágenes de la ejecución de la simulación virtual de la tarea planeada con la celda robotizada

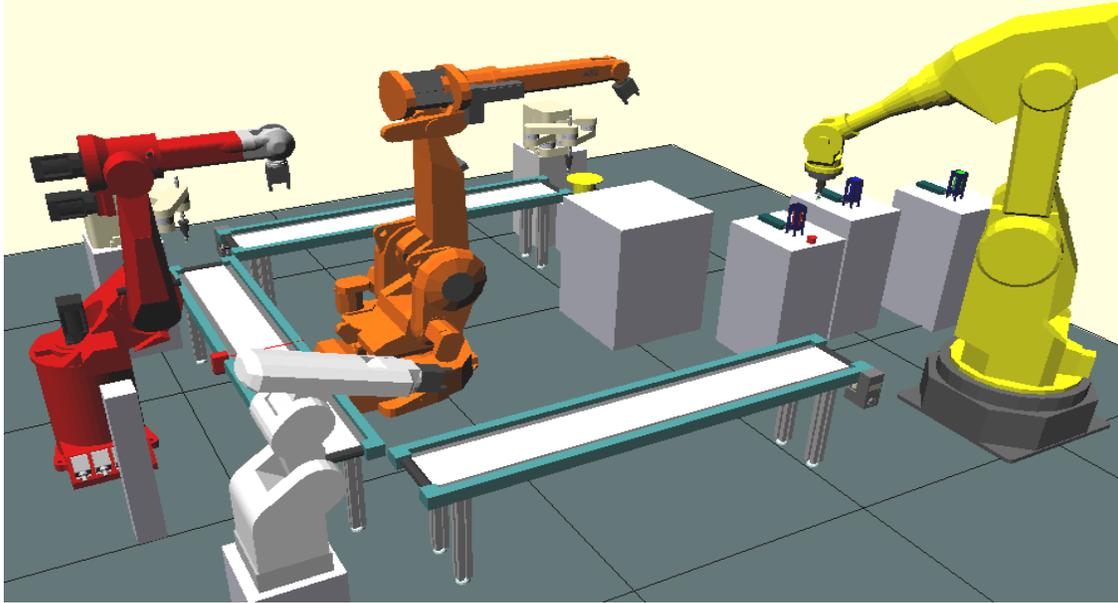


Figura 5.8.3. Imagen de la ejecución de la simulación virtual

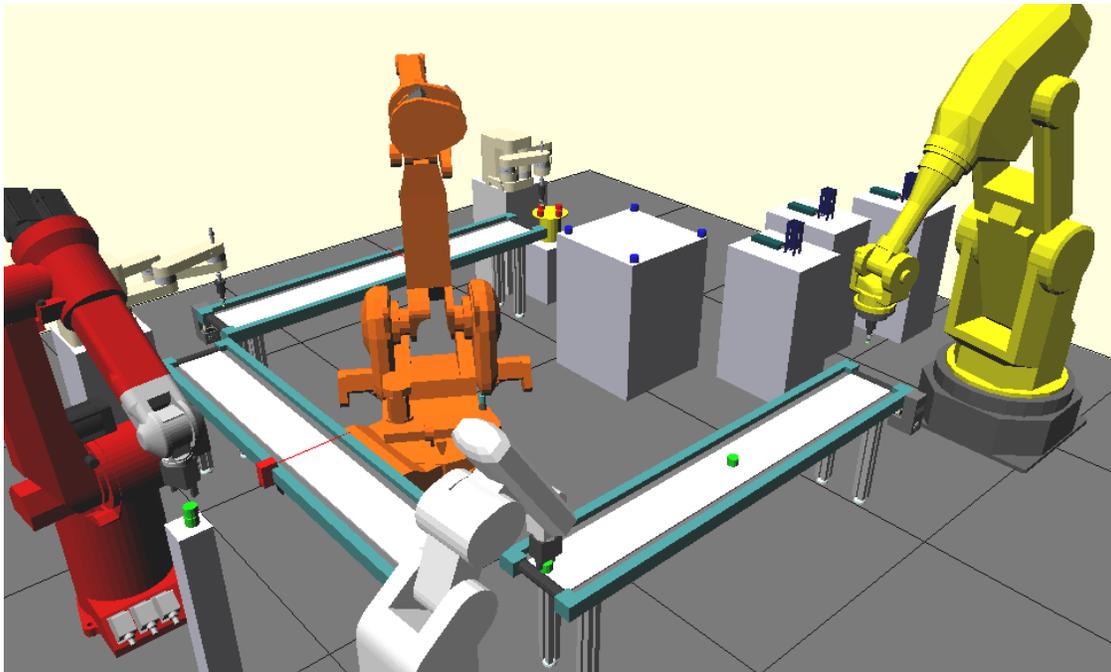


Figura 5.8.4. Imagen de la ejecución de la simulación virtual



## Conclusión

Actualmente los robots industriales ocupan un lugar destacado en la automatización de procesos de diversos niveles de complejidad, en donde las exigencias de fiabilidad, eficiencia y la interfaz hombre – máquina logran a través de la simulación grafica virtual en su espacio de trabajo en línea y/o fuera de línea.

Debido a esto, la robótica industrial repercute en el desarrollo de todas las ramas de un sistema automatizado, en áreas de la ingeniería para la implementación de u sistema automatizado en áreas como: sensores, actuadores, interconexiones entre dispositivos , coordinación con otro robot , comunicación entre robots , desarrollo de software y lenguajes de programación por que los fabricantes de robot se han enfocado en el tema de de alcanzar un estándar sobre lenguajes de programación , sin necesidad de un software especifico para cada tecnología, considerando la necesidad de hacer más fácil, seguro y eficiente. En la integración de todos aquellos dispositivos en aplicaciones robotizadas.

En este sentido la programación fuera de línea cumple un papel decisivo , que no ocupa tiempo de trabajo del robot, es asistida de la simulación gráfica y de elementos como: el posicionamiento relacional que facilita la obtención de posiciones y orientaciones que ha de alcanzar el robot. Por lo que el software Cosimir cubre las necesidades para la realización de celdas automatizadas, el cual sirve como una ayuda a la programación en tareas como un sistema autónomo de diversos niveles de complejidad, siendo actualmente estas una de las técnicas con éxito en la mayoría de las aplicaciones siendo la industria automotriz el sector con mayor auge en este campo.

Por lo tanto, al realizar esta tesis relacionada con el control, programación y simulación de celdas de manufactura robotizada, permitió familiarizarse con la utilización de algunos dispositivos físicos en su integración con diversas características. Por lo cual se logra obtener un conocimiento solido sobre el uso de interfaz grafica en la interacción entre equipos periféricos y robots.

Por lo que se considera de suma importancia contar con un software practico y útil en el cumplimiento de tareas comunes en la industria donde el cumplimiento de tareas sean realizadas en el entorno del uso de la robótica.

Finalmente espero que este material resulte de gran utilidad, para todos aquellos lectores que hagan uso de él, ya que se incluye un disco con todas las simulaciones de las tareas de control implementadas en este trabajo de integración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Implementación virtual de una celda de trabajo robotizada.  
Nicolás Calva Tapia, Gabriela López Sánchez, José G. Corona Durán  
Séptimo congreso científico tecnológico  
UNAM-FESC, 2012
- Industrial Robotics: Programming, Simulation and Applications  
Edited by Low Kin Huat, 2007
- Industrial Robotics: Theory, Modelling and Control  
Edited by Sam Cubero. 2007
- Robotics: Modelling, Planning and Control , Bruno Siciliano , Lorenzo Sciavicco ,  
Luigi Villani , Giuseppe Oriolo  
ED. Springer ,2009
- Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control  
Second Edition  
Reza N. Jazar  
ED. Springer, 2007
- Fundamentos de Robotica  
Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñil , Carlos Balaguer Rafael Arcacil  
ED. Mc Graw-Hill ,1997
- Melfa Industrial Robots Instruction Manual Controller  
Mitsubishi Electric Industrial Automation , 2002
- Movemaster Commands Robots Instruction Manual Controller  
Mitsubishi Electric Industrial Automation , 2002
- Robot Brains: Circuits and Systems for Conscious Machines  
Pentti O. Haikonen Nokia Research Center, Finland , 2007
- Robot Dynamics and Control  
Second Edition  
Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, 2004
- Grippers in Motion  
The Fascination of Automated Handling Tasks

- Implementación Virtual de una Celda de Trabajo Robotizada , 7º Congreso Científico Tecnológico , FESC- UNAM  
Calva Tapia Nicolás, López Sánchez G. Corona Durán José G. 2012
- Simulación de robots Industriales, Curso para Docentes, UNAM FESC.  
Calva Tapia Nicolás, López Sánchez G , 2006