

Práctica 1

Definición de herramientas con RobotStudio.

Creación de mecanismos.

Manejo de entradas y salidas digitales.

Programación básica de trayectorias

Julio S. Lora Millán

Juan Alejandro Castaño Peña

Diego Martín Martín

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
2. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UN ELEMENTO TERMINAL ESTÁTICO	4
2.1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN BÁSICAS.....	4
2.2. CONFIGURACIÓN DE LA HERRAMIENTA EN EL CONTROLADOR	6
2.3. EJERCICIO ENTREGABLE: CREACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE SOLDADURA.....	8
3. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UNA PINZA SUJECCIÓN MEDIANTE MECANISMO	9
3.1. DISEÑO DE LA PINZA DE SUJECCIÓN. CREACIÓN DE MECANISMO.....	9
3.2. CONTROL DE UN MECANISMO MEDIANTE E/S DIGITALES DE LA ESTACIÓN.....	11
3.3. CONFIGURACIÓN DE LA ACCIÓN DE COGER Y DEJAR UN OBJETO	12
4. CONFIGURACIÓN DE OBJETIVOS (ROBTARGETS) Y GENERACIÓN DE TRAYECTORIAS.....	13
EJERCICIOS ENTREGABLES: HERRAMIENTAS CON MECANISMOS Y ACCIONES.....	15
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	17

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En esta práctica 1 abordaremos la definición y configuración de elementos terminales y herramientas para nuestros robots con ABB RobotStudio. En concreto, aprenderemos a:

- Diseñar y configurar un elemento terminal estático y asociarlo a la brida del robot, y a realizar movimientos con respecto al nuevo sistema de referencia terminal
- Diseñar herramientas de sujeción (grippers) basadas en cadenas cinemáticas móviles (mecanismos).
- Configurar las salidas digitales necesarias para accionar los mecanismos creados.
- Simular el agarre de pieza con las nuevas herramientas creadas.
- Utilizar las herramientas terminales preconfiguradas disponibles en las librerías de ABB (Figura 1).
- Configurar posiciones y programar trayectorias básicas basadas en movimientos lineales entre puntos de paso.

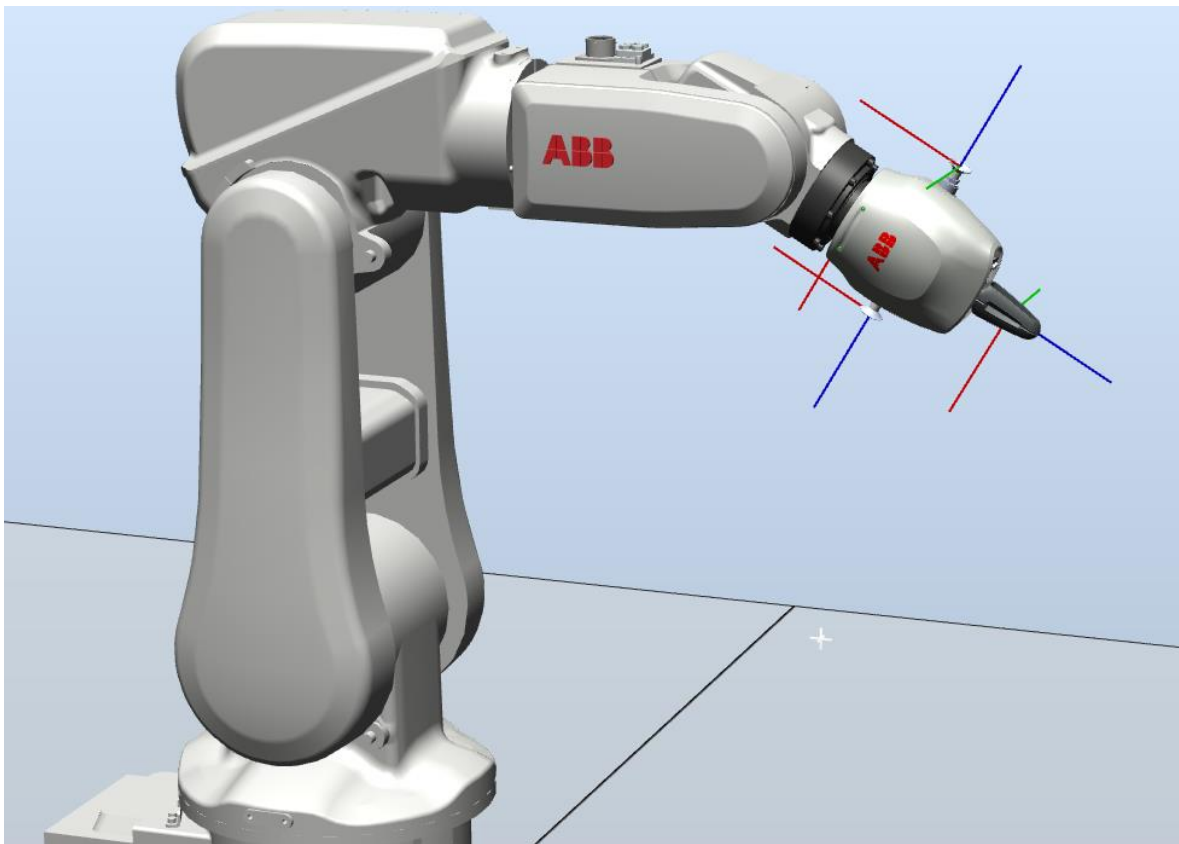


Figura 1. Robot ABB IRB 120 configurada con la herramienta terminal del robot colaborativo ABB YuMi (formada por una pinza lineal y dos ventosas de vacío) [1]

2. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UN ELEMENTO TERMINAL ESTÁTICO

2.1. Diseño y configuración básicas

Nuestra primera tarea será diseñar un elemento terminal o herramienta estática, configurarla, situarla en la brida del robot y realizar los movimientos aprendidos en la práctica anterior (eje a eje, lineal, reorientación) utilizando ahora el **nuevo sistema de referencia situado en el Tool Center Point o TCP** de la herramienta.

1. Crea un proyecto nuevo e inserta un robot ABB IRB 120 y un controlador como hicimos en la práctica anterior
2. Mide el diámetro de la brida del robot utilizando la herramienta de medir diámetro disponible en el “Grupo Medir” de la vista central de RobotStudio (Figura 2)

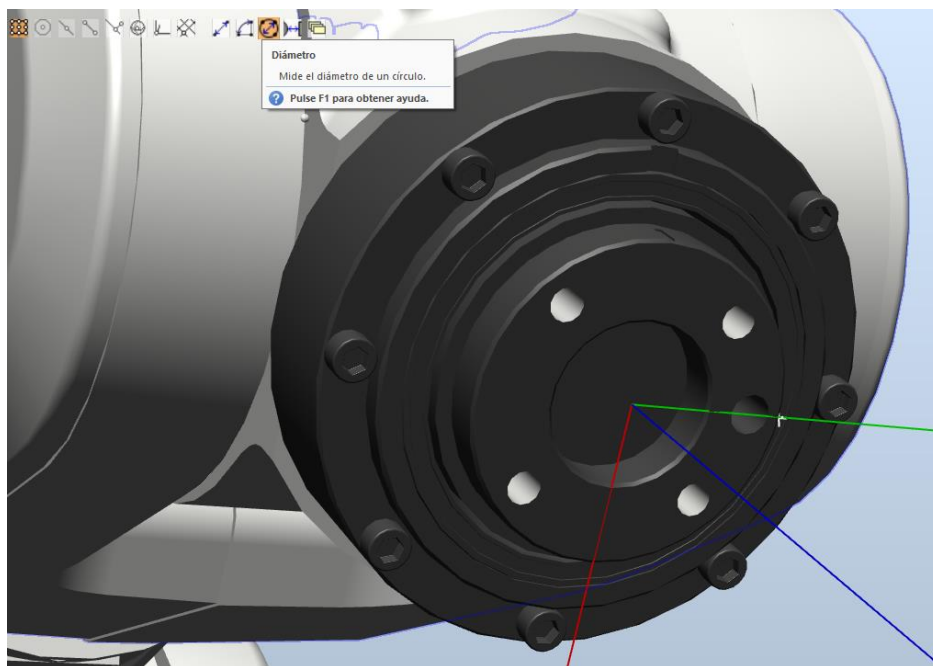


Figura 2. Brida del robot ABB IRB 120. Herramienta “Medir diámetro” seleccionada

3. Oculta el robot temporalmente la unidad mecánica del IRB 120 y utiliza las herramientas de la pestaña “Modelado” para crear una **pieza piramidal de base cilíndrica** similar al que aparece en la Figura 3.
 - a. El diámetro inferior deberá ser igual al diámetro de la brida.
 - b. El resto de cotas puedes elegir las libremente.
 - c. Ten en cuenta que la parte superior de dicha herramienta no es cónica y que debe ser una única pieza, no dos piezas por separado.

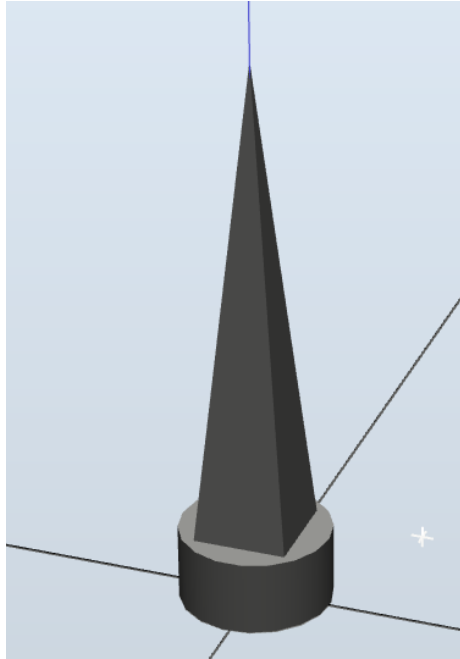


Figura 3. Diseño de pieza piramidal de base cilíndrica que usaremos para crear una herramienta

4. Utiliza la opción “Crear Herramienta” de la pestaña “Modelado” (menú “Mecanismo”) y especifica los **parámetros de dicha herramienta** (dando valores inventados pero realistas para la misma):
 - a. **Nombre:** “Herramienta_piramidal” o similar.
 - b. **Componente:** usar existente.
 - c. **Masa, Centro de gravedad, Momento de inercia.**
 - d. **Posición y Orientación del único TCP de la herramienta**, que estará situado en extremo de la pirámide y cuyo eje de aproximación coincidirá con el eje de la pieza. Para especificar el extremo del cono puedes utilizar sus coordenadas o alguna de las herramientas gráficas de ajuste del punto final disponibles en la vista 3D.
6. Actualiza la posición de la herramienta y **sítuala sobre la brida (Link 6) del robot**. La manera más sencilla de hacerlo es arrastrando el mecanismo “Herramienta” con el ratón y soltándolo sobre el mecanismo del robot en la pestaña “Diseño” de la derecha (Figura 4).
7. Guarda la herramienta como **biblioteca** (botón derecho del ratón sobre el mecanismo en la vista Diseño). Comprueba que una vez guardada aparece bajo el menú Importar Biblioteca → Solución Biblioteca (biblioteca particular de la solución creada)
8. Realiza movimientos del eje 6 del robot (eje a eje), de traslación lineal y de reorientación utilizando las herramientas de “Mano alzada” de RobotStudio.

Modifica el sistema de referencia (Mundo, Herramienta Activa) y compara los resultados de los diferentes movimientos.

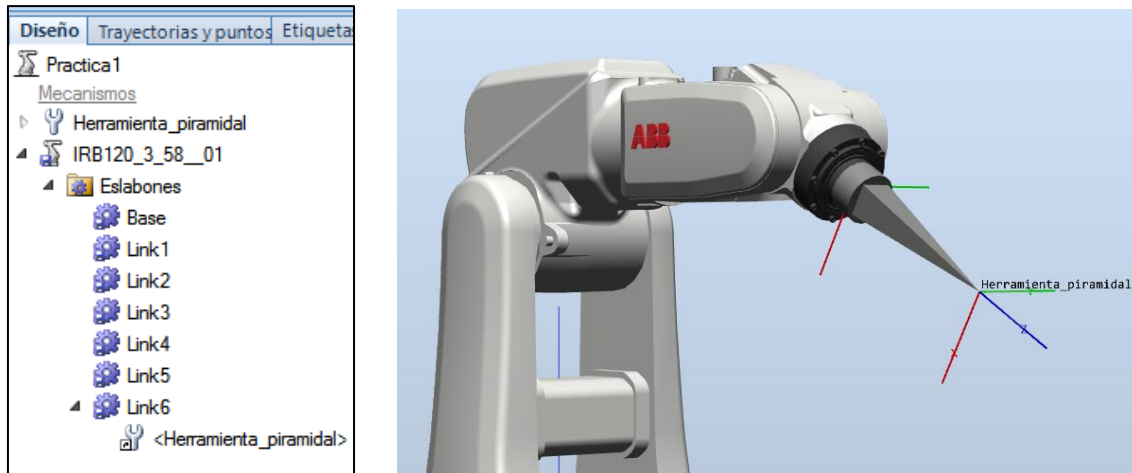


Figura 4. Herramienta piramidal una vez situada sobre la brida del robot

2.2. Configuración de la herramienta en el controlador

Si abres el FlexPendant virtual, seleccionas el menú *Movimiento* (Jogging) e intentas repetir los movimientos anteriores con el Joystick, verás que el elemento terminal que acabamos de crear no aparece en el apartado “Herramienta”.

Para que aparezca y se pueda utilizar en la elaboración de programas RAPID de movimiento, vamos a aprender a definirla como haríamos en el robot real, es decir, **usando el FlexPendant** y siguiendo estos pasos:

1. Movimiento → Herramienta → Nuevo. Dale un nombre y elige Ámbito = Global, Almacenamiento = Persistente (Figura 5).



Figura 5. Definición de una nueva herramienta desde el FlexPendant virtual

- Define las propiedades de la herramienta desde Editar → Cambiar valor. Podrás modificar los campos que aparecen en color verde (Figura 6). Repite los valores que diste en el apartado anterior.

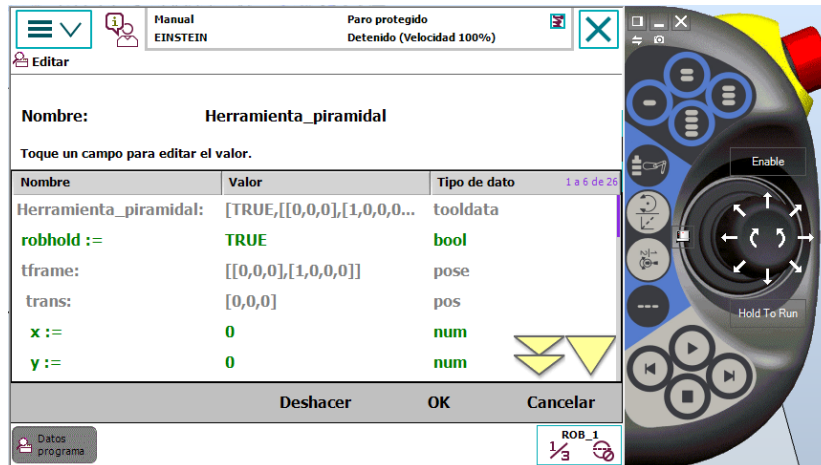


Figura 5. Modificación de los valores de la herramienta desde el FlexPendant virtual

- Comprueba que ya puedes realizar movimientos lineales y de reorientación con el FlexPendant virtual eligiendo la nueva herramienta.
- Vuelve a la ventana principal de RobotStudio, selecciona la pestaña “Controlador” y abre el Modulo1 dentro de RAPID (a la izquierda). ¿De qué forma aparece la herramienta creada en el código RAPID? Llamaremos dato tipo “tooldata”.

Antes de finalizar esta sección, consulta el manual del controlador ABB IRC5 (sección Programación y pruebas → Herramientas) y comprueba cómo se utilizan las **opciones adicionales para definir una herramienta** que aparecen en Movimiento → Herramienta → Editar → Definir (Figura 7). Las necesitas para realizar el ejercicio entregable.

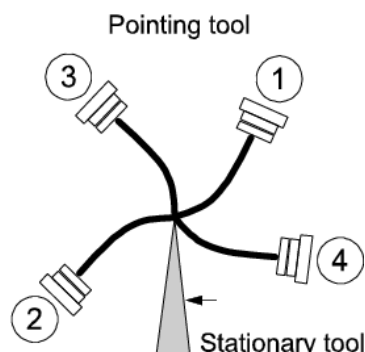


Figura 7. Definición de una nueva herramienta utilizando diferentes reorientaciones de su TCP sobre un punto fijo marcado mediante una herramienta vertical estática acabada en punta.

Terminamos esta sección añadiendo que existe un procedimiento adicional para sincronizar los objetos de la estación con el controlador, a través de **Posición Inicial → Sincronizar**

2.3. Ejercicio entregable: creación de una herramienta de soldadura

Ejercicio entregable 1 (3 puntos). Creación de una herramienta de soldadura.

1. Sigue los pasos vistos en los apartados anteriores y crea una nueva herramienta estática de soldadura similar a la que se observa en la Figura 7. Elige sus dimensiones para que su aspecto final parecido al de la figura (no hace falta que sea igual).
2. Realiza movimientos de traslación lineal y reorientación con respecto al TCP en RobotStudio (a “Mano Alzada”) y comprueba que la configuración es correcta.
3. Cuando lo sea, guarda la herramienta como biblioteca (archivo .rslib). Comprueba que la herramienta esté situada en el origen, no en el aire.
4. Crea una pieza estática cónica situada en el suelo y configura la herramienta desde el FlexPendant virtual utilizando el **método de los cuatro puntos** visto en el apartado anterior (Figura 6). Graba una secuencia de vídeo con audio donde expliques:
 - a) Los pasos que has seguido para realizar esta configuración.
 - b) Varios movimientos de reorientación donde se compruebe la correcta definición de la misma.

NOTA: Si te aparece un error de calibración al final no hace falta que repitas el vídeo (es un fallo de precisión de RobotStudio). En ese momento, configura la herramienta editándola en el FlexPendant (Figura 5) y realiza con ella los movimientos de reorientación pedidos.

ENTREGA en el AULA VIRTUAL: Un archivo comprimido por cada grupo que contenga:

- a) Fichero .rslib de la herramienta
- b) Vídeo con audio explicativo de creación de la herramienta con el Flexpendant mediante el método de los 4 puntos + reorientaciones.

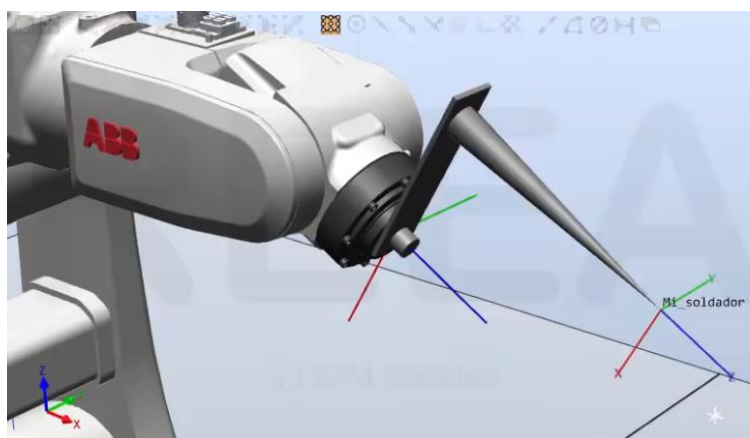


Figura 7. Herramienta estática de soldadura del ejercicio entregable 1

3. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UNA PINZA DE SUJECCIÓN MEDIANTE MECANISMO

En este apartado vamos a aprender a trabajar con herramientas que contienen mecanismos, es decir, cadenas cinemáticas formadas por eslabones y articulaciones que permiten, por ejemplo, realizar tareas de sujeción por prensión (*grasping*) para las aplicaciones típicas de los robots manipuladores conocidas como “coger y dejar” (*Pick and Place*)

3.1. Diseño de la pinza de sujeción. Creación de mecanismo

En primer lugar, utiliza las herramientas de modelado para **diseñar una pinza de sujeción** con dos dedos enfrentados similar a la que aparece en la Figura 8.

- La pinza debe constar de tres piezas separadas (base, dedo izquierdo, dedo derecho). Puedes utilizar colores diferentes para distinguir los dedos. Puedes usar las dimensiones que te parezca, siempre que la base tenga 60 mm o más de largo.
- La unión con la brida del robot debe tener el diámetro adecuado para el ABB IRB 120.

Anota las dimensiones que has utilizado en cada pieza, las necesitaremos más adelante.

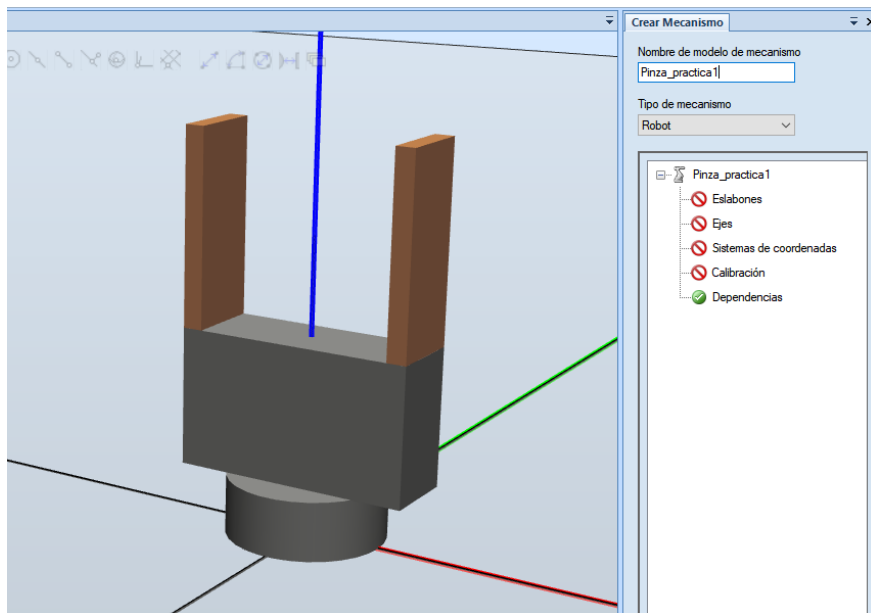


Figura 8. Diseño de pinza de agarre en RobotStudio, e inicio de la creación del mecanismo (derecha)

Una vez diseñada, debemos ir a Modelado → Crear Mecanismo y configurar el mismo introduciendo los datos adecuados en todos los apartados, que son (Figura 9):

1. **Tipo de mecanismo:** Herramienta. Darle un nombre descriptivo.
2. **Eslabones:** define tres eslabones, uno para cada pieza.

3. **Ejes:** Configura dos ejes prismáticos, uno para cada dedo, que permitan el movimiento en el eje X de cada dedo por separado hasta el centro de la pinza (sin solapamiento). Es importante que estés pendiente de que la orientación del eje sea la correcta (movimientos desde 0 hasta valores positivos en cada eje)
4. **Datos de herramienta (TCP, masa, CG):** Define la situación del TCP, dale un nombre al sistema de referencia, y configura el resto de parámetros de la pinza de manera realista (masa, centro de gravedad, etc).
5. **Calibración:** En este apartado no hace falta realizar ninguna modificación
6. **Dependencias:** Crea una dependencia donde el eje izquierdo dependa del eje derecho (principal), con un factor 1.00. Así moveremos los dos dedos a la vez.

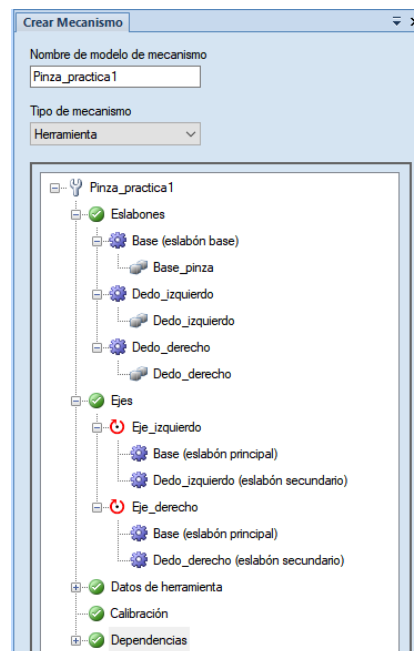


Figura 9. Fases de creación de un mecanismo en RobotStudio

Compila el mecanismo cuando todos los apartados estén bien configurados y observa cómo dicho mecanismo aparece en el árbol de diseño, bajo la etiqueta Mecanismos. Realiza un movimiento del eje del mecanismo y comprueba que la configuración realizada es correcta. Para terminar este apartado:

1. Para que podamos controlar la pinza desde una señal digital vamos a **definir dos posiciones preconfiguradas**, una para la pinza abierta y otra para la pinza cerrada hasta que la distancia entre dedos sea exactamente de 40 mm (Pose Cerrada_40).
2. Define los **tiempos de transición** entre las dos poses creadas, para que el movimiento entre ellas sea realista (gradual). Puedes utilizar un valor de 0.5 s.

Cuando termines, guarda el mecanismo Pinza creado como biblioteca.

3.2. Control de un mecanismo mediante E/S digitales de la estación

Para que la herramienta creada pueda ser utilizada por el robot es necesario que asociemos las dos posiciones preconfiguradas a una **salida digital del controlador**. El valor de dicha salida (0 ó 1) se podrá modificar desde los programas de movimiento en lenguaje RAPID mediante las instrucciones *Reset* y *Set*.

Recordemos que el controlador ABB IRC5 posee una tarjeta DSQC 652 con 16 entradas y salidas digitales a una tensión por defecto de 24 V (Figura 10).

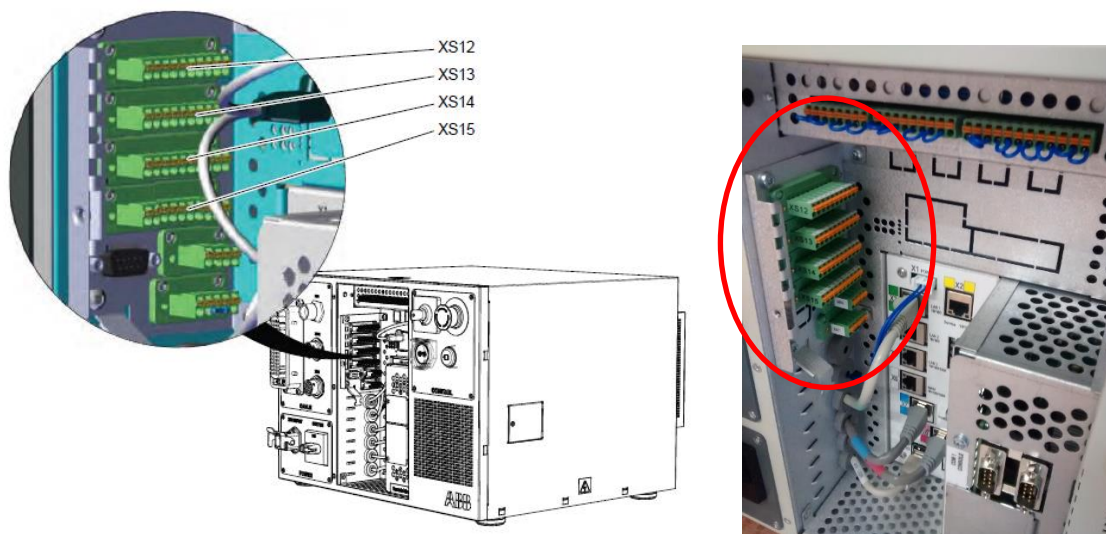


Figura 10. Situación de la tarjeta de E/S digitales DSQC 652 en el controlador AB IRC5 del robot

Este proceso en RobotStudio consta de dos partes:

1. **Creación de la señal digital de salida, de nombre "DO_Pinza"** en la pestaña Controlador → Configuración → I/O System. En el apartado *Signal*, define una nueva, de tipo "Digital Output", con *Access Level* igual a "All".
2. **Asociación de la señal de salida a un evento de simulación.** Para ello debes ir a Simulación → Configurar → Añadir Evento y crear dos eventos de tipo "Mover mecanismo hasta pose".
 - Cuando **DO_Pinza sea 0 (False)**, se debe mover el mecanismo Pinza hasta la posición Abierta.
 - Cuando **DO_Pinza sea 1 (True)**, debes mover el mecanismo Pinza hasta la posición Cerrada_40.

Para que te sea más fácil realizar esta parte, consulta el **vídeo** que encontrarás en el Aula Virtual donde se explican todos los pasos.

Una vez configurados los dos eventos, sitúa la herramienta en la brida del robot, ve a Simulador → Simulación de E/S y comprueba que puedes abrir y cerrar el mecanismo al modificar el valor haciendo clic en la señal digital creada (Figura 11)

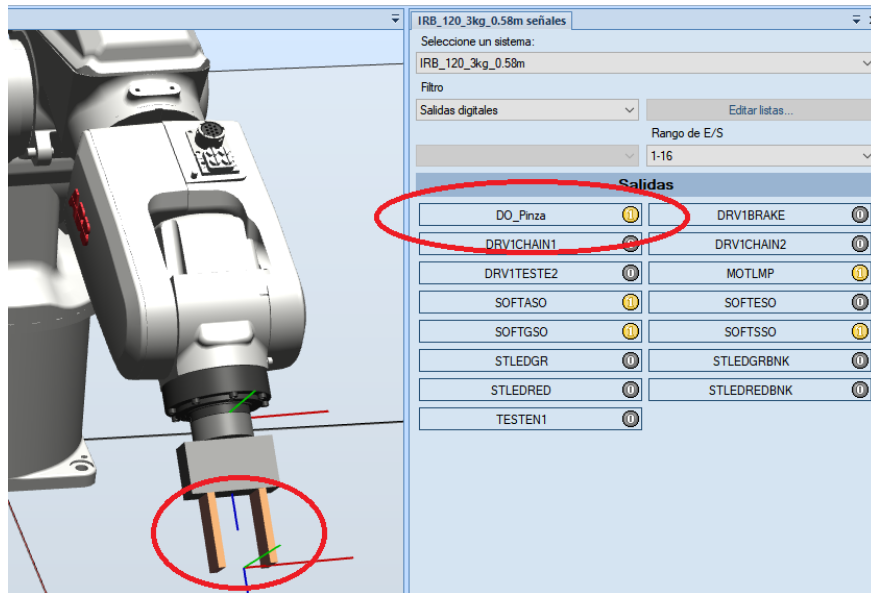


Figura 11. Comprobación del cierre de la pinza cuando la señal DO_Pinza está a 1

3.3. Configuración de la acción de coger y dejar un objeto

Por último, necesitamos configurar dos acciones adicionales que permitan que los **objetos se conecten y desconecten de la pinza al abrir y cerrar** la misma. Dichas acciones se configuran dentro de los eventos creados para abrir y cerrar en función del valor de la señal digital. Entonces:

1. Ve al menú “Gestor de Eventos” de la pestaña *Simulación*, selecciona el evento relacionado con el cierre de la pinza y **añade una acción de tipo “conectar objeto”**. Selecciona el objeto más cercano, y conéctalo a la herramienta, conservando su posición (Figura 12)
2. De manera equivalente, añade una acción de “desconectar objeto” al evento de abrir la pinza.

Tras estos pasos la pinza quedará completamente configurada para realizar tareas de “coger y dejar”. En el siguiente apartado programaremos nuestra primera trayectoria para comprobar el correcto funcionamiento de la configuración que hemos realizado.

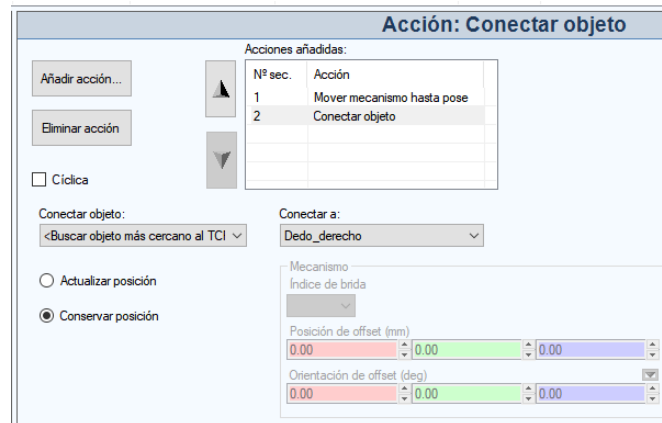


Figura 12. Acción de conectar objeto añadida al Evento de Abrir Pinza (DO_Pinza = 1)

4. CONFIGURACIÓN DE POSICIONES y PROGRAMACIÓN BÁSICA DE TRAYECTORIAS.

En esta sección **programaremos una trayectoria de movimiento entre puntos sencilla** que nos permita comprobar el funcionamiento de la pinza. Para ello:

1. Primero crearemos un cubo utilizando las herramientas de modelado cuyo tamaño coincida con la dimensión de la pinza en su posición de “cerrada” (40 mm).
2. Mueve el robot eje a eje hasta que lo sitúes en una posición similar a la de la Figura 13, que denominaremos **posición “Home”**.

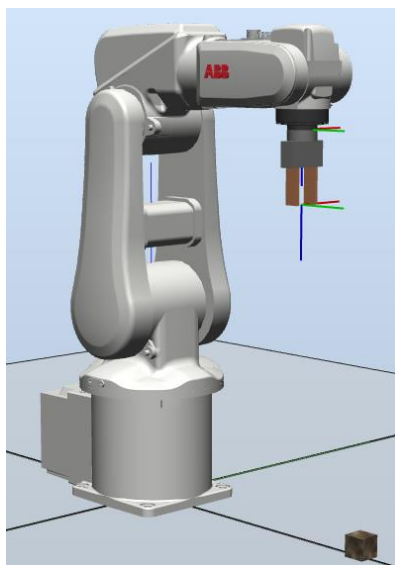


Figura 13. Posición Home (todos los ejes se encuentran a 0° menos los números 5 y 6, que están a 90°)

3. Ve a Posición Inicial → Programación de trayectorias → Programar posición y crea un **Objetivo de Posición**, que aparecerá en el árbol de “Trayectorias y puntos” de la aplicación, dentro de la carpeta “Objeto de trabajo y puntos”. Denomínalo “Home”. En esta práctica usaremos siempre el objeto de trabajo Wobj0 (programación de posiciones con respecto al “objeto de trabajo” de la base del robot)
4. Crea otra Posición llamada “Posicion_coger” en el centro de gravedad del cubo creado (hay una herramienta específica para ello en la vista principal). Sitúa la herramienta pinza sobre el mismo y **comprueba su orientación**, rotándola hasta que se encuentre en una posición similar a la figura 14.
5. Haz clic sobre las posiciones creadas y observa que el robot se sitúa en ellas adecuadamente (usando el botón derecho → Ver robot en posición).

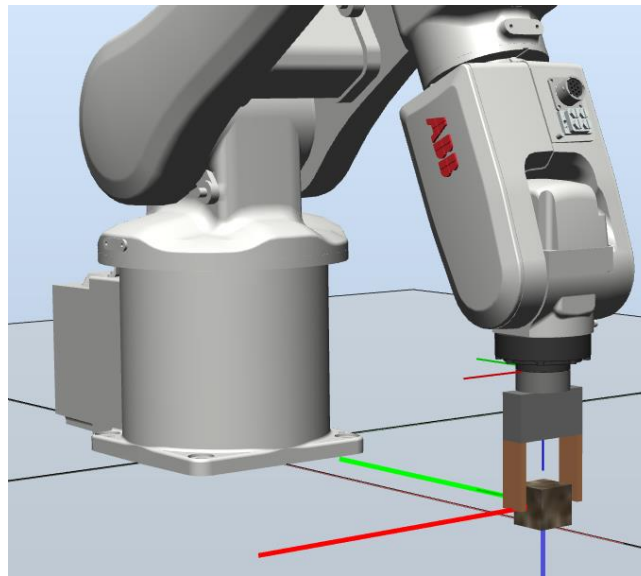


Figura 14. Posición_coger con el TCP de la herramienta situado en el centro de gravedad del cubo

6. Ve a Posición Inicial → Programación de trayectorias → Ruta y crea una trayectoria vacía. Renómbrala a tu gusto. Arrastra sobre ella los puntos Home (dos veces) y Punto_coger (una vez).
7. Comprobarás que han aparecido instrucciones denominadas MoveL, que veremos en la siguiente práctica. Con el botón derecho del ratón, modifícalas para cambiar la velocidad de movimiento de v1000 (1 m/s) a v200 (20 cm/s). Cambia también las definiciones de zona (zona de precisión de llegada a la posición) a “Fine”.
8. Inserta las instrucciones de acción “Set DO_Pinza” y “WaitTime 1” con la opción resaltada en rojo en la Figura 1. Nos permitirán cerrar la pinza y coger el objeto.

9. **¡Ya está lista nuestra primera trayectoria!** Podemos ejecutar este movimiento completo de manera sencilla con la opción “Moverse a lo largo de la trayectoria” que aparece en la Figura 15.

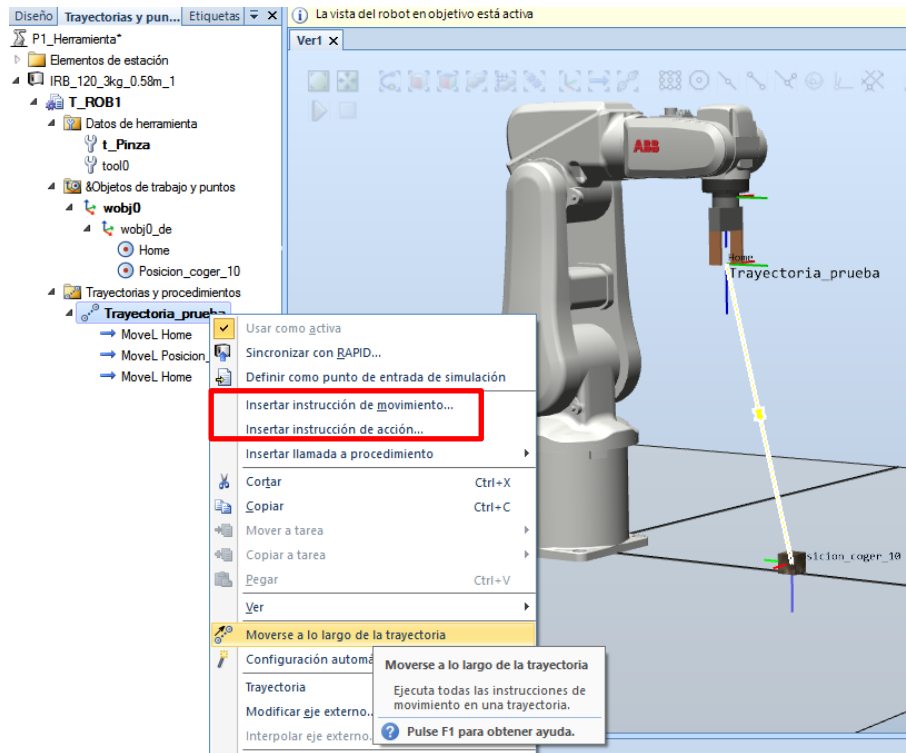


Figura 15. Ejecución de la trayectoria creada. Hay que completarla con instrucciones de acción

Ejercicio práctico 1. Creación de una trayectoria de pick and place completa

1. Añade instrucciones de movimiento y acción a la trayectoria creada en esta sección que te permitan coger el cubo y dejarlo en una posición diferente, empezando y terminando en el punto Home.
2. Crea una nueva trayectoria que invierta el desplazamiento logrado con la anterior.

Ejercicios entregables: herramientas con mecanismos y acciones

Ejercicio entregable 2 (2 puntos / 3 puntos con opción extra). Creación de una solución con robot multiusos ABB IRB 140 y herramienta ABB Smart Gripper

1. Crea una estación nueva e inserta un robot de 6 ejes ABB IRB 140. Utiliza la biblioteca de equipamiento para insertar la herramienta ABB Smart Gripper, en su configuración con servo, dedos y una ventosa de vacío.
2. Configura la pinza de esta herramienta para que permita coger y dejar objetos.

3. Inserta un cubo con las caras de diferentes colores. Cólocalo sobre un pedestal elevado fijo, para que no esté sobre el suelo. Genera una trayectoria de movimiento que coja el cubo, lo eleve, lo rote 90° en un eje distinto al eje z (rotaciones en x o en y) y lo vuelva a colocar en el mismo sitio, ya rotado.
6. Graba un vídeo (audio no necesario) con el resultado de ejecución de la trayectoria.
7. **Extra 2 (1 punto):** configura la herramienta de vacío de la Smart Gripper y repite la misma operación con ella, usando un segundo cubo.

ENTREGA en el AULA VIRTUAL: Un archivo comprimido por cada grupo que contenga:

- a) Empaquetamiento de la solución creada que incluya los puntos y trayectorias utilizando la opción “Pack and Go” del menú Archivo -> Compartir (fichero .rspag)
- c) Vídeo de la trayectoria completa realizada. Se penalizarán las colisiones, los errores de ejecución, ausencia de contacto con las piezas, etc.

Ejercicio entregable 3 (2 puntos / 3 puntos con una opción extra / 4 puntos con todos los extras). Creación de una herramienta de sujeción con mecanismo para el movimiento de pallets

1. Crea una estación nueva e inserta un robot de paletizado ABB IRB 4600
3. Utiliza la biblioteca de equipamiento para insertar tres objetos tipo pallet. Distribúyelos por la superficie como prefieras, dentro del espacio de trabajo del robot. Crea también una plataforma elevada, donde colocarás los pallets posteriormente, o utiliza una de las cintas transportadoras de pallets de RobotStudio.
4. Estudia la geometría y dimensiones de los pallets, y con ellas diseña una herramienta de sujeción tipo “pinza” que disponga de al menos cuatro “dedos”, que permita coger y dejar un pallet. Se valorará el aspecto realista de la misma. Configura en ella los mecanismos y las señales y acciones necesarias.
5. Genera una trayectoria de movimiento que desplace los tres pallets, uno por uno, y los apile uno sobre otro sobre la plataforma elevada o cinta transportadora.

Graba un vídeo (audio no necesario) con el resultado de ejecución de la trayectoria.

7. **Extra 3.a (1 punto):** se dará un punto adicional si el robot se configura sobre una plataforma de desplazamiento IRBT 2005 y se realiza el ejercicio con cuatro pallets.
8. **Extra 3.b (1 punto):** se dará un punto adicional si todos los movimientos se realizan con los pallets en orientación siempre horizontal

ENTREGA en el AULA VIRTUAL: Un archivo comprimido por cada grupo que contenga:

- a) Empaquetamiento de la solución creada que incluya los puntos y trayectorias utilizando la opción “Pack and Go” del menú Archivo -> Compartir (fichero .rspag)

c) Vídeo de la trayectoria completa realizada. Se penalizarán las colisiones.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/yumi>
- [2] <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600>