

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

Esta práctica tiene un doble objetivo: por un lado, familiarizarse con los distintos sistemas de referencia presentes en RobotStudio y, por otro, conocer cómo modificar la lógica de la estación para poder realizar simulaciones más dinámicas y cercanas a la realidad que permiten visualizar el movimiento de las piezas dentro de la estación de trabajo.

#### PARTE 1: SISTEMAS DE COORDENADAS

Dentro de la estación de trabajo existen distintos sistemas de coordenadas que serán de utilidad en diferentes tipos de aplicaciones:

- *Sistema de coordenadas del mundo o global*: sistema de coordenadas que representa la totalidad de la estación o célula de robot. Se utiliza como referencia base del resto de sistemas de coordenadas (direcciones XYZ).
- *Sistema de coordenadas de la tarea*: se trata del sistema de coordenadas del mundo que posee el controlador del robot y que será diferente al sistema de coordenadas del mundo de la estación de RobotStudio.
- *Sistema de coordenadas de la base del robot*: cada manipulador de la estación posee un sistema de coordenadas situado en su base.
- *Sistema de coordenadas del punto central de la herramienta (TCP)*: Todos los robots tienen un TCP predefinido en el punto de montaje de la herramienta del robot con el nombre *tool0*. Al ejecutar una trayectoria o programa, el robot mueve el TCP según dicha trayectoria. Cuando se crean nuevas herramientas, se generan nuevos sistemas TCP.
- *Sistema de coordenadas del objeto de trabajo (WorkObject)*: el objeto de trabajo representa a la pieza de trabajo física y va a disponer de dos sistemas de coordenadas:
  - *Base de coordenadas del usuario*: definido como base para emplazar de manera más sencilla el objeto de trabajo.
  - *Base de coordenadas del objeto de trabajo*: si no se especifica ningún valor, los objetivos dependen del objeto de trabajo *Wobj0*, que coincide con el sistema de coordenadas de la base del robot.

Para comprobar en RobotStudio el comportamiento de todos estos sistemas, se proponen los siguientes ejercicios:

1. Crear una solución con estación vacía. Visualizar el *Sistema de coordenadas del mundo* que se sitúa en el centro de la cuadrícula del suelo.
2. Añadir un manipulador IRB120. Se crea entonces el *Sistema de coordenadas de la base del robot*. Éste se considera el sistema de referencia local del mismo (todos los objetos disponen de uno), y se puede visualizar seleccionando el robot en el árbol de *Diseño* (panel izquierdo). Inicialmente, por defecto, el manipulador se sitúa en el origen del *Sistema de coordenadas del mundo*, con lo que ambos coincidirán. Sobre este manipulador se realizará lo siguiente:
  - ❑ Desplazarlo para que no esté situado sobre el centro de la cuadrícula. Comprobar que el sistema de referencia del mundo y el sistema de referencia local del manipulador están en ubicaciones diferentes.
  - ❑ Girar el manipulador con las herramientas de mano alzada de dos formas diferentes: respecto al sistema del mundo y respecto al sistema local. Observar las diferencias entre ambos tipos de reorientación.
  - ❑ Volver a configurar la orientación del manipulador tal y como estaba inicialmente (se pueden deshacer las operaciones realizadas).
3. Incorporar el controlador del robot. En este momento aparecerán los siguientes sistemas:
  - Sistema de coordenadas del TCP: Es el sistema de referencia que se sitúa en el extremo del manipulador.

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

- Sistema de coordenadas de la tarea y objeto de trabajo 0 (*wobj0*): Estos dos sistemas están unidos y no se separarán. El sistema de coordenadas de la tarea es el que el controlador considera como sistema de coordenadas del mundo. Inicialmente, estos sistemas coinciden con el sistema de coordenadas de la base del robot, pero pueden separarse. Se propone:
  - ❑ Modificar la posición del manipulador (y por tanto su sistema local). RobotStudio preguntará si se desea desplazar también el sistema de coordenadas de la tarea (y por tanto el *wobj0*). Comprobar cómo se separan dichos sistemas.
  - ❑ Modificar el sistema de coordenadas de la tarea (y/o el *wobj0*). Esto puede hacerse desde la pestaña *Posición Inicial*, seleccionando la opción *Base de coordenadas de tarea* que aparece pulsando el botón derecho sobre el controlador situado en el árbol de *Trayectorias* y *Puntos* del panel izquierdo. Preguntará si se desea mover el sistema de coordenadas de la base. Comprobar qué sucede si se responde que sí.
- 4. Modelar un objeto cualquiera, con el que incluye un sistema de coordenadas local. Modificar dicho sistema de la siguiente forma: se selecciona el objeto y se pulsa la opción *Herramientas de piezas* → *Modificar* → *Establecer origen local* (Figura 1).



Figura 1. Establecer el sistema de referencia local de un objeto.

- 5. Se pueden definir sistema de referencias adicionales para que la tarea del robot quede perfectamente definida. Crear un sistema de este tipo (*Posición Inicial* → *Base de coordenadas* → *Creación de sistemas de coordenadas*) cuya orientación sea diferente al sistema de coordenadas de la base. Al crearlo, marcar la opción *Seleccionar como UCS* (UCS: User Coordinate System). Esto implica que la cuadrícula del suelo se centrará en el origen del sistema y tendrá su orientación (Figura 2). Inicialmente el UCS coincide con el Sistema de referencia del mundo.

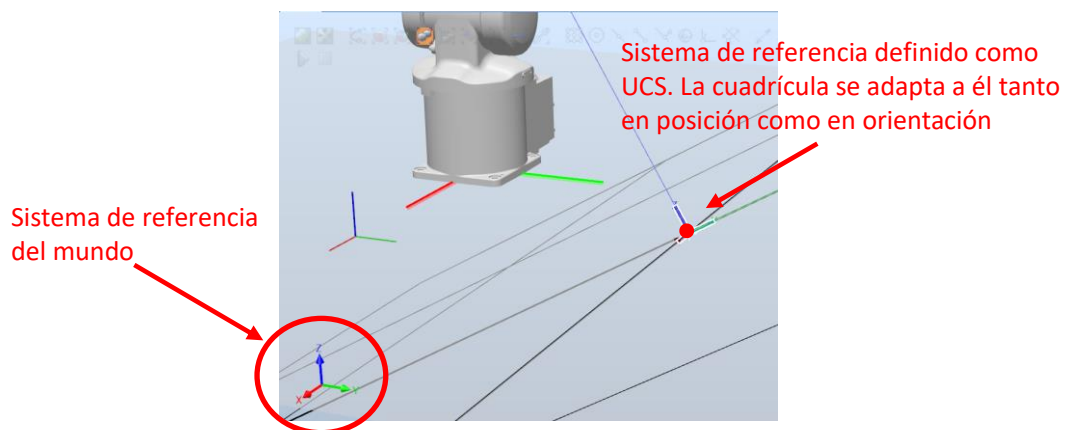


Figura 2. Sistema de coordenada definido como UCS.

- 6. Finalmente, es conveniente definir un WorkObject (a partir de ahora WO) para cada uno de los objetos con los que se vayan a trabajar en la tarea. La creación de un WO se realiza en *Posición inicial* → *Otros* → *Crear Objeto de trabajo*. En este punto se crearán dos piezas tal y como se muestra en la Figura 3, y se definirá un Objeto de trabajo para la pieza superior, creando sus sistemas de referencia:

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

- ❑ Base de coordenadas de usuario ( $WO_{uf}$ ). Definido como base para emplazar de manera más sencilla el objeto de trabajo.
- ❑ Base de coordenadas de objeto ( $WO_{of}$ ). De esta forma, los puntos que se generen para la creación de las trayectorias del manipulador deberían estar definidos en relación a este sistema. Si no se especifica ningún valor, los objetivos dependen del objeto de trabajo  $Wobj0$ .
- ❑ Conectar el Objeto de trabajo a la pieza (seleccionar el objeto de trabajo en el árbol de *Trayectorias y puntos* y pulsando el botón derecho del ratón, escoger *Conectar a*)
- ❑ Definir un punto de la trayectoria del manipulador referido a este objeto de trabajo y observar cómo al mover el WO, también se desplazan el punto.

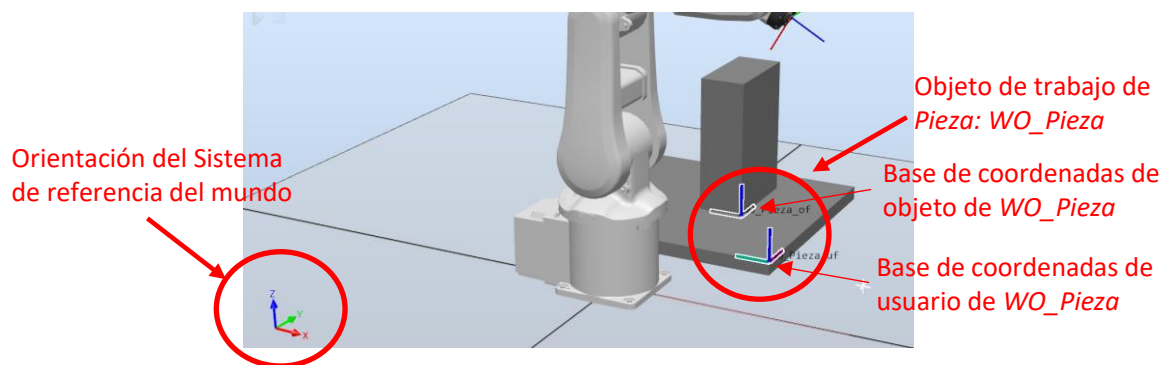


Figura 3. Definición de los sistemas de un *WorkObject*.

### PARTE 2: EJERCICIO DE LA PRÁCTICA

En esta práctica se pretende construir una estación de trabajo como la mostrada en la Figura 4. Dicha estación de trabajo estará compuesta por un manipulador y una herramienta tipo ventosa, situados sobre una mesa, una pieza pequeña que será el objeto que se manipulará, y una pieza grande que será el soporte donde se situará la pieza pequeña. La trayectoria que deberá seguir el manipulador para coger y situar la pieza en el destino se muestra en amarillo. A continuación, se volverá a coger la pieza para llevarla a su situación inicial. En el campus virtual se ha dispuesto un vídeo donde se aprecia dicha trayectoria.

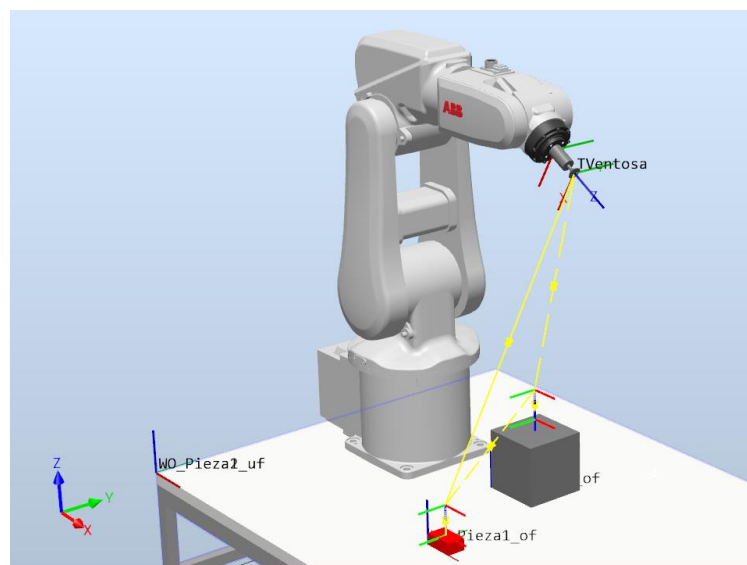


Figura 4. Estación de trabajo

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

#### A. CREACIÓN DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO Y SIMULACIÓN BÁSICA

1. Descargar del campus virtual la estación de trabajo con el nombre *Práctica2*. Para poder abrirla se seleccionará la opción *Archivo* → *Compartir* → *Unpack and Work*.
2. Se integrará una mesa en la estación, para situar el manipulador y las piezas sobre ella, de la siguiente forma:
  - ❑ Descargar la librería correspondiente a la mesa. Para ello, en la pestaña Complementos → *RobotApps* se realizará una búsqueda con la palabra *Table*, y se seleccionará la de la figura. Se pulsará la opción *Descargar Archivo* (Figura 5). Si no se encuentra en la biblioteca, descargarla desde el campus virtual archivo "Table".

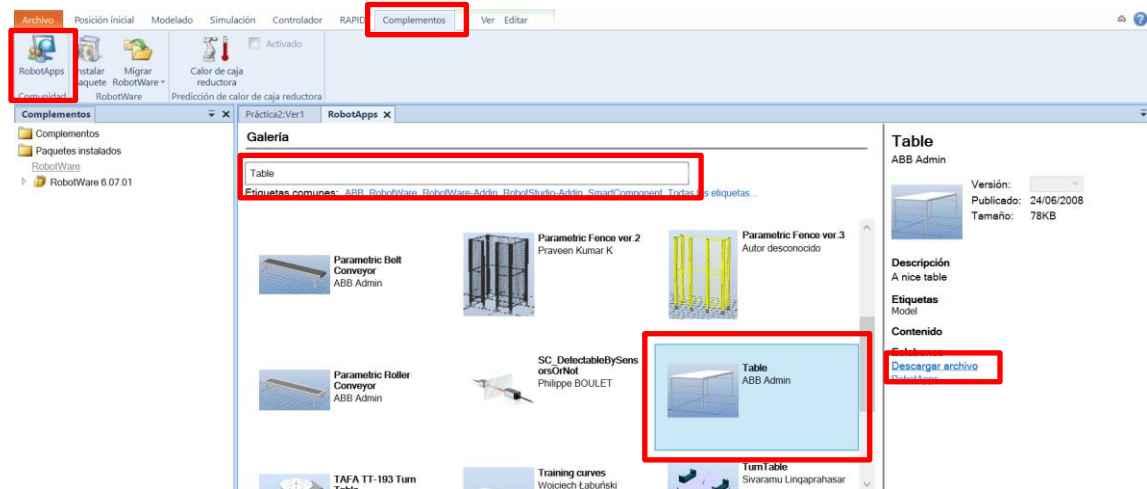


Figura 5. Descargar mesa.

- ❑ Importar la mesa. Para ello, pulsar la opción *Posición inicial* → *Importar biblioteca* → *Buscar biblioteca* y buscar el archivo descargado en el punto anterior (estará en la carpeta *Descargas*).
- ❑ Medir la altura de la mesa (que se denominará en este enunciado *h*). Se empleará la herramienta de medida *Punto a Punto* junto a las herramientas de ajuste que se encuentran en la barra de botones superior de la Vista de trabajo (Figura 3).

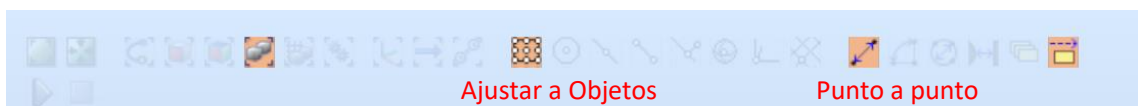


Figura 6. Herramientas de selección, medida y ajuste.

- ❑ Subir manipulador hasta la altura de la superficie de la mesa (*h*).
  - ❑ Posicionar mesa para se sitúe de manera que la parte trasera del manipulador esté aproximadamente en el borde, y el robot esté centrado a lo ancho de la mesa tal y como muestra la Figura 4.
3. Crear las dos piezas que se emplearán en la estación:
    - ❑ Pieza1, tetraedro con dimensiones (50,30,20)mm. Una vez creada se le cambiará el color (sobre la pieza en el árbol de *Diseño* pulsar el botón derecho del ratón y seleccionar *Modificar* → *Seleccionar color*) y se situará en la posición (300,-200,*h*) respecto al sistema de referencia del mundo.
    - ❑ Pieza2, tetraedro con dimensiones (100,100,100)mm. Una vez creada se situará en la posición (200,0,*h*) respecto al sistema de referencia del mundo.

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

- ❑ Crear un objeto de trabajo para cada una de las piezas con nombre WO\_Pieza1 y WO\_Pieza2 (*Posición inicial* → *Otros* → *Crear Objeto de trabajo*) y conectarlo a la pieza. Cada uno de los objetos de trabajo dispondrá de los siguientes sistemas:
  - Sistema de coordenadas de usuario. Situado en la esquina de la mesa.
  - Sistema de coordenadas de objeto. Situado en la esquina de la pieza.

La ubicación de dichos sistemas se muestra en la Figura 7.

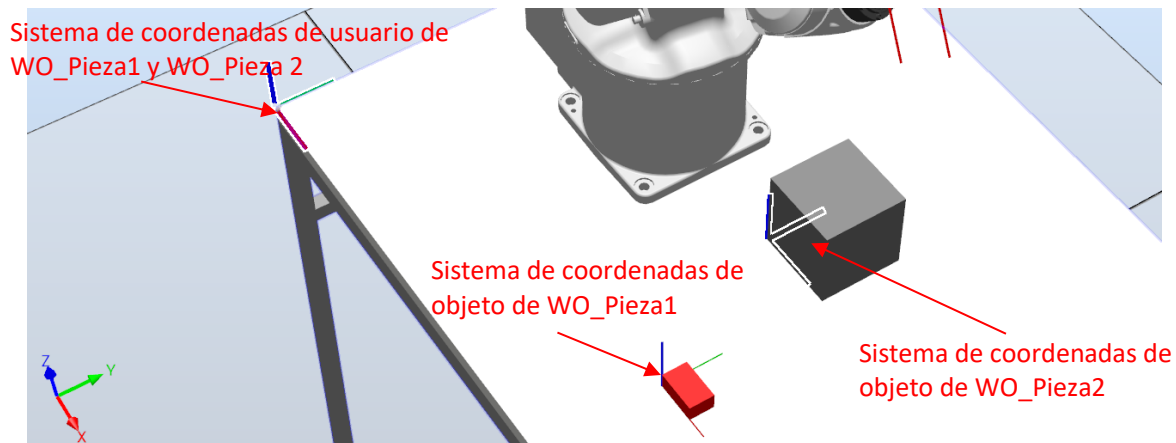


Figura 7. Ubicación de los Objetos de trabajo.

4. Crear los siguientes puntos (*Posición inicial* → *Posición* → *Crear punto*) para la generación de la trayectoria (Figura 8):
  - ❑ Referente al wobj0: un punto en la posición inicial o reposo del manipulador.
  - ❑ Referente a WP\_Pieza1 un punto en el centro de la cara superior de la Pieza1 y otro 5 cm por encima.
  - ❑ Referente a WP\_Pieza2 un punto en el centro de la cara superior de la Pieza2 (elevado 20 mm que es el grosor de la pieza 1) y otro 5 cm por encima.

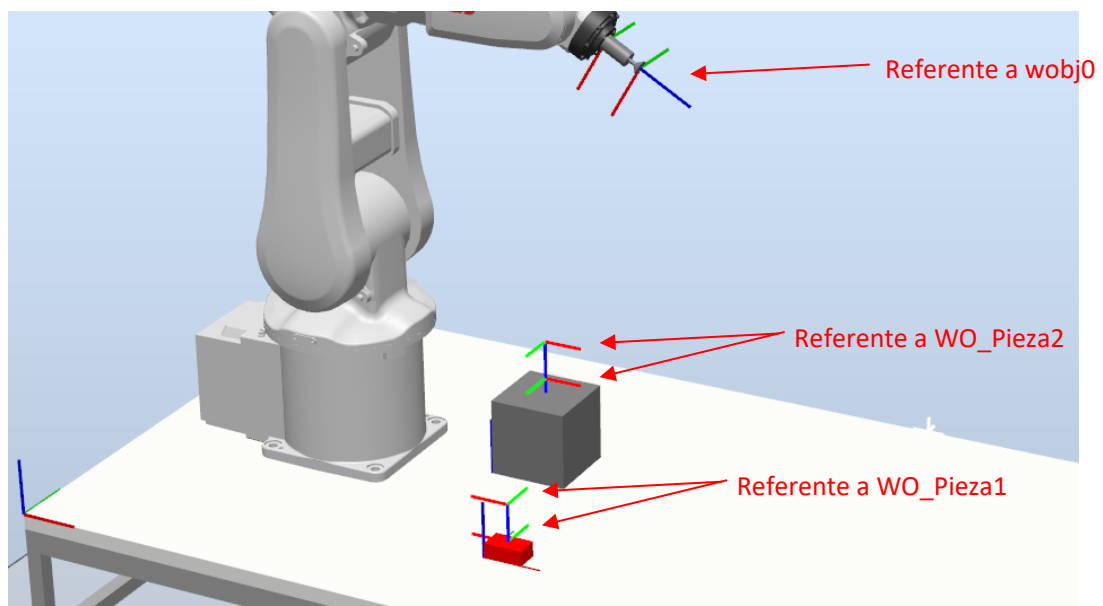


Figura 8. Puntos necesarios

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

5. Crear dos trayectorias, una para coger la Pieza1 y soltarla sobre la Pieza2 y la segunda para coger de nuevo la Pieza1 y volverla a situar en su posición inicial. Dichas trayectorias tendrán que tener en cuenta las siguientes consideraciones:
  - ❑ Los movimientos de aproximación y alejamiento de las piezas serán lineales (instrucción *moveL*).
  - ❑ Los movimientos correspondientes a la aproximación a cada una de las caras, así como el movimiento a la posición de reposo, deberán tener el parámetro *zone* (z) configurado con el valor *fine*.
  - ❑ Ambas trayectorias deben comenzar y terminar en la posición inicial o reposo del manipulador.
  - ❑ El parámetro de velocidad que debe emplearse para todas las instrucciones es v500.
6. Verificar que las trayectorias se ejecutan correctamente: sobre cada una de las trayectorias, en el árbol de *Trayectorias y Puntos*, pulsar el botón derecho y seleccionar la opción *Moverse a lo largo de la trayectoria*.
7. Sincronizar con RAPID (*Posición inicial* → *Sincronizar* → *Sincronizar con RAPID*).  
**IMPORTANTE:** a partir de este momento, esta operación se deberá realizar cada vez que se modifique cualquier elemento de la estación de trabajo. Asimismo, cada vez que se modifique el controlador (E/S, programa RAPID...) deberá sincronizarse con la estación (*Posición inicial* → *Sincronizar* → *Sincronizar con estación*).
8. Creación de entradas y salidas. Para ello se selecciona la pestaña *Controlador* y sobre el árbol del panel izquierdo abrir el sistema de entradas y salidas (doble click en *Configuración* → *I/O System*). A continuación, sobre la opción *Signal* se pulsará el botón derecho del ratón para generar una nueva señal. Cuando se hayan creado las señales se debe reiniciar el controlador.
  - ❑ Creación de una salida digital DTool.
  - ❑ Creación de una entrada digital DIO.
9. Modificar el programa RAPID para que realice lo siguiente:
  - ❑ Desde el procedimiento *main* debe llamarse a ambas trayectorias. Debe tenerse en cuenta que todas las instrucciones en RAPID deben acabar con punto y coma.
  - ❑ Sólo se realizan las trayectorias si la entrada DIO toma valor 1. Realizar esta operación con una instrucción de selección IF ... THEN.
  - ❑ Activar la herramienta (instrucción *SetDO*, salida digital *DTool*, valor 1) cuando se desee coger la pieza y desactivarla (*SetDO*, salida digital *DTool*, valor 0) cuando se desee soltar.
  - ❑ Formatear el documento (*RAPID* → *Grupo Editar* → *Formato* → *Formatear el documento*)
  - ❑ Sincronizar con la estación.
10. Simular el sistema.
  - ❑ Mostrar el panel de Entradas y Salidas (*Simulación* → *Simulador de E/S*). Seleccionar como dispositivo *ninguno*.
  - ❑ Simular el sistema en modo continuo (*Simulación* → *Configuración de la simulación*, marcar la casilla de modo de ejecución continuo).

#### B. CONFIGURACIÓN DE LA LÓGICA DE LA ESTACIÓN PARA SIMULACIÓN DINÁMICA

En esta sección del ejercicio se procederá a introducir elementos inteligentes a la simulación de manera que se pueda visualizar cómo el manipulador coge y suelta la pieza. Para ello se deberá configurar la lógica de la estación. Se seguirán los siguientes pasos:

1. Cuando la herramienta coja a la pieza, lo hará de manera que el sistema de referencia de la herramienta y el sistema de referencia local de la pieza coincidan. Es necesario, por tanto, situar dicho sistema en el punto que queremos que se establezca el contacto. Para ello se realizará lo siguiente:
  - ❑ Seleccionar la Pieza 1 en el árbol de *Diseño*.



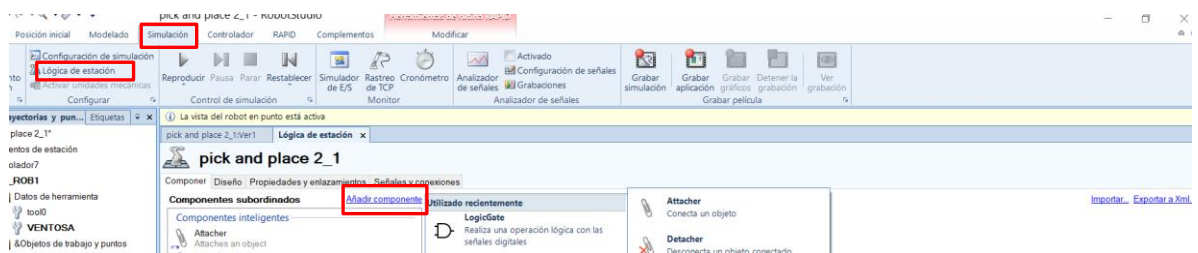
## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

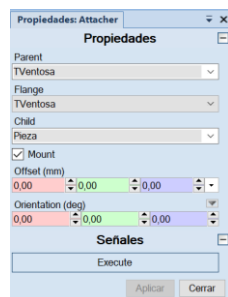
- ❑ Pulsar la opción Modificar → Grupo Posición → Establecer origen local (Figura 1).
- ❑ Colocar el cursor en uno de los campos de posición y con ayuda de las herramientas de ajuste, seleccionar el centro de la cara superior de la Pieza1.
- ❑ Como la orientación de ambos sistemas deben coincidir, en la orientación hay que indicar un giro sobre el eje Y de 180º, de manera que el eje Z del sistema local de la pieza quede hacia abajo, tal y como estará el eje Z del sistema TCP cuando se vaya a coger la pieza.
- ❑ Comprobar que, efectivamente, el sistema local de la Pieza1 ha quedado situado correctamente.

2. Configurar el agarre de la pieza. La pieza solo debe agarrarse cuando se cumplan dos condiciones: la primera de ellas es que la señal digital que activa la herramienta (*DTool*) sea igual a 1 y la segunda que haya habido contacto entre la pieza y la herramienta. Esto se configura de la siguiente forma:

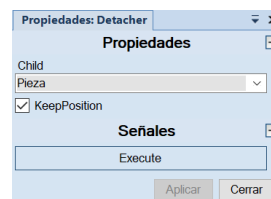
- ❑ Abrir la ventana correspondiente a la lógica de la estación: *Simulación* → *Lógica de la estación* (Figura 9.a).
- ❑ Incluir en la lógica de la estación los siguientes componentes:
  - Un sensor de colisión (*Añadir Componente* → *Sensores* → *CollisionSensor*), que detectará cuando se ha producido un contacto entre la herramienta (*Object1*) y la pieza (*Object2*), o están a menos de una distancia determinada (*NearMiss: 1 mm*).
  - Una puerta lógica AND para hacer esta operación sobre las dos entradas: salida digital *DTool* y salida del sensor de colisión.
  - Un componente que realice la unión entre la herramienta y la pieza (*Añadir Componente* → *Acciones* → *Attacher*). Este componente se configurará tal y como aparece en la Figura 9.b.
- ❑ Abrir la pestaña *Diseño* de la ventana *Lógica de estación* y realizar la unión de los componentes incluidos para que cumpla con la relación deseada: La señal que activa la ejecución del *Attacher* (*Execute*) tiene que ser la combinación lógica AND entre la salida del sensor de colisión y la señal de salida *DTool*.



(a)



(b)



(c)

Figura 9. Lógica de la estación.

## PRÁCTICA 2:

### Sistemas de referencia y Lógica de la estación

3. Configurar cuándo se suelta la pieza. Esto solo se realizará cuando la señal digital correspondiente a la herramienta (*DTool*) adopte un valor igual a 0. Esto se realizará de la siguiente forma:
  - ❑ Incluir en la lógica de la estación los siguientes componentes:
    - Una puerta lógica NOT que invertirá el valor de la señal de salida *DTool*.
    - Un componente que separe la herramienta y la pieza (*Añadir Componente* → *Acciones* → *Detacher*). Este componente se configurará tal y como aparece en la Figura 9.c.
  - ❑ Abrir la pestaña *Diseño* de la ventana *Lógica de estación* y realizar la unión de los componentes incluidos para que cumpla con la relación deseada: la señal que activa la ejecución del *Detacher* (*Execute*) tiene que ser la señal *DTool* negada.
4. Simular el sistema.
  - ❑ Mostrar el panel de Entradas y Salidas.
  - ❑ Simular el sistema en modo continuo.