

ROBÓTICA 299011

MOMENTO INTERMEDIA, UNIDAD: 2

FASE 3. REALIZAR EL MODELAMIENTO CINEMÁTICO DE UN SISTEMA ROBÓTICO.

JHON EDILBERTO RODRÍGUEZ BALANTA

CÓDIGO. 86049480

EDWIN LEANDRO MORENO

CÓDIGO. 1121937879

OSCAR ALBEIRO MARIN

GRUPO 13

TUTORA

ING. SANDRA ISABEL VARGAS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
OCTUBRE DE 2017

Tabla de contenido

Introducción.	3
1. Tabla con la relación de los enlaces a los videos y capturas de pantalla de la instalación de Matlab y el toolbox de robótica.	4
2. Tabla con las definiciones de los conceptos desconocidos sobre Cinemática directa e inversa del robot.	11
3. Modelo cinemático directo del sistema robótico a desarrollar	14
4. Simulación del modelo cinemático en Matlab y comparación de resultados.....	19
Conclusiones.	23
Referencias.....	24

Introducción.

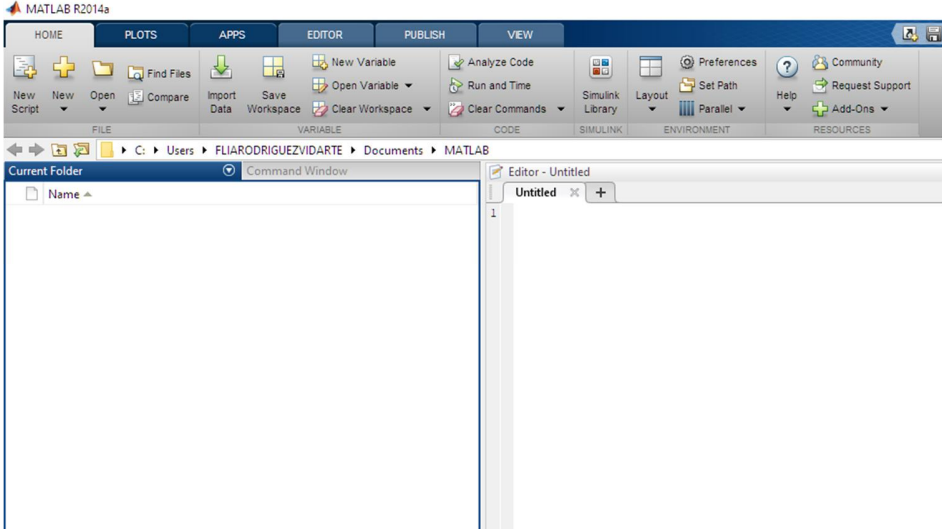
La cinemática es la ciencia del movimiento que trata el tema sin considerar las fuerzas que lo ocasionan. Dentro de esta ciencia se estudian la posición, la velocidad, la aceleración y todas las demás derivadas de alto orden de las variables de posición (con respecto al tiempo o a cualquier otra variable). En consecuencia, el estudio de la cinemática de manipuladores se refiere a todas las propiedades geométricas y basadas en el tiempo del movimiento. Las relaciones entre estos movimientos y las fuerzas y momentos de torsión que los ocasionan constituyen el problema de la dinámica.

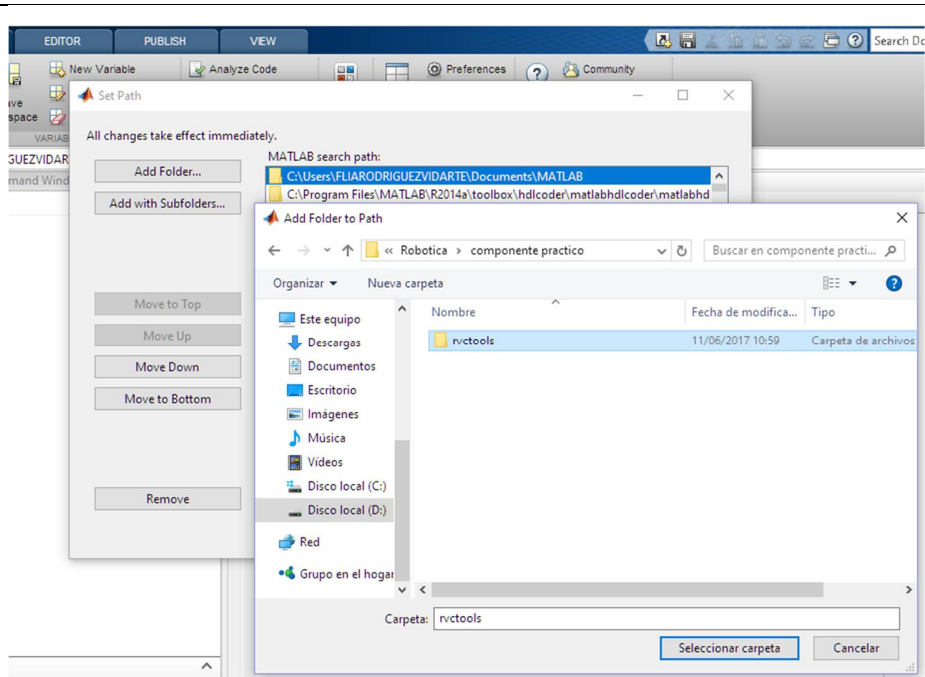
El estudio de la cinemática de manipuladores se relaciona, entre otras cosas, con la manera en que cambian las ubicaciones de estas tramas a medida que se articula el mecanismo. El tema central de este documento es un método para calcular la posición y la orientación del efector final del manipulador relativo a la base del mismo, como una función de las variables de las articulaciones.

En el presente documento se desarrolla la primera actividad de la guía de componente práctico en donde se demuestra la instalación del toolbox de robótica para el programa Matlab; así como la explicación de algunos comandos que se utilizan para la configuración de la cinemática de ciertos robots que viene incorporados en este kit computacional; de la misma forma se presenta de manera detallada algunos conceptos importantes para el estudio de la cinemática directa de un robot y con base en ellos y las distintas matrices de traslación y de rotación, aplicar el método de Denavit Hartenberg para establecer la cinemática directa propuesta para el robot diseñado en la fase anterior y simular algunos de los movimientos mediante el uso de Matlab y su toolbox de robótica.

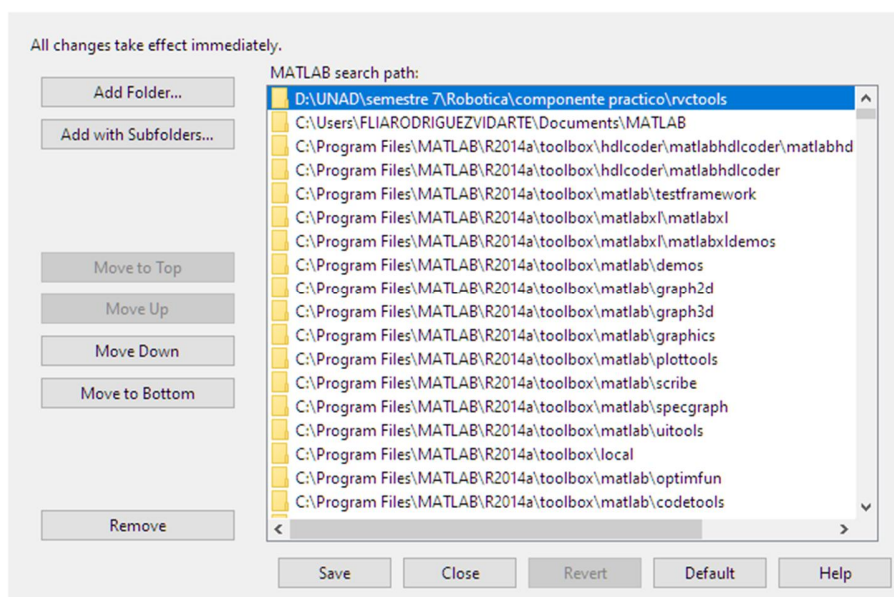
1. Tabla con la relación de los enlaces a los videos y capturas de pantalla de la instalación de Matlab y el toolbox de robótica.

Seleccionar de los siguientes términos, los desconocidos y buscar su significado en las referencias del entorno de conocimiento.

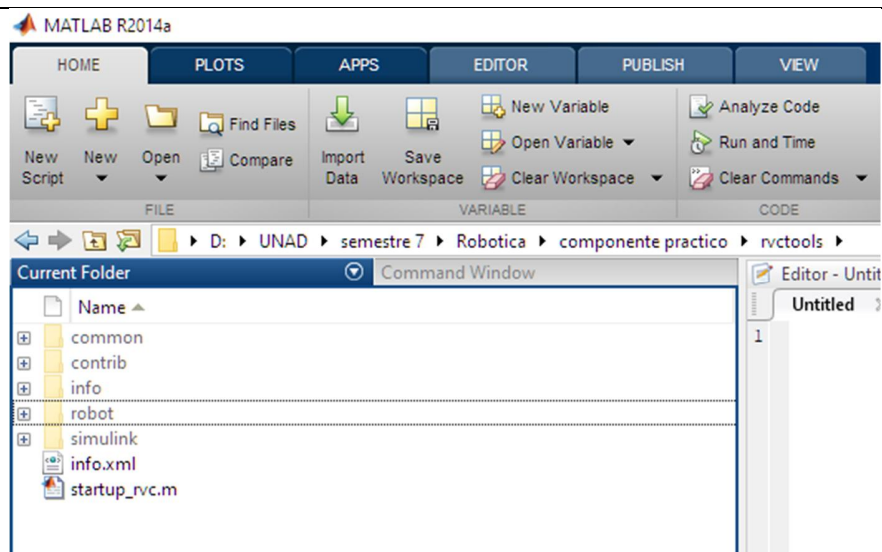
Jhon Edilberto Rodríguez Balanta	
Enlace del video	
https://www.youtube.com/watch?v=TYi9DN8RAaI	
Capturas de pantalla de la instalación.	
<p>Programa instalado sin el toolbox</p>  <p>Instalando la carpeta de toolbox de robótica</p>	



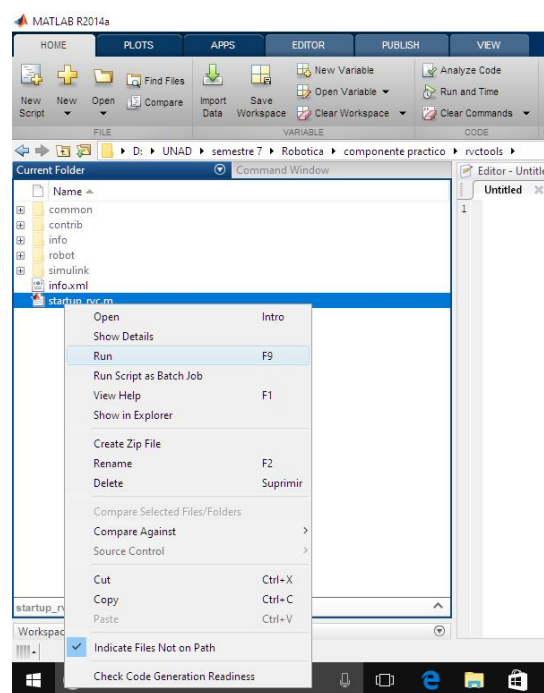
Carpeta agregada.



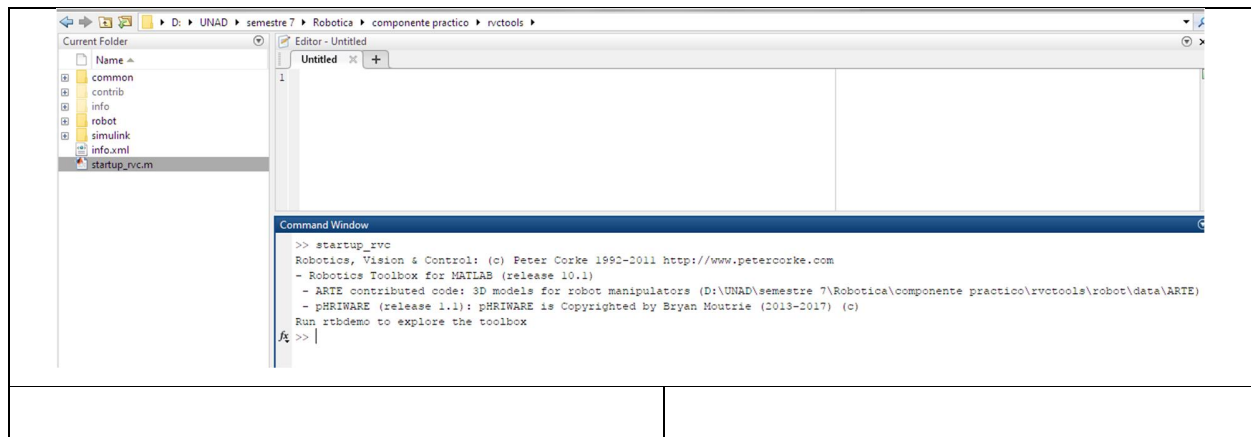
Traemos la carpeta al current Folder



Ahora corremos el programa para ver que funciona.




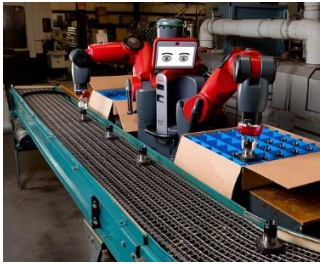

Vemos como en el comand Windows nos aparece que ya está listo el toolbox para trabajar en él.


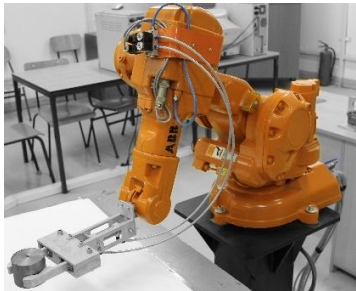
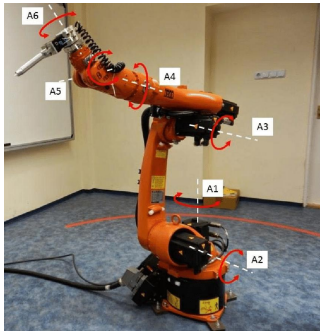


Investigar la función de tres (3) de los siguientes comandos, y su sintaxis en el software Matlab.

COMANDO	FUNCIÓN	SINTAXIS
Transl	Este comando Crea o desempaqueta una transformada homogénea traslacional SE (3) o en otras palabras crea una matriz traslacional SE (3)	$T = \text{transl}(x, y, z)$ Esta sintaxis de una matriz homogénea (4×4) que representa una traslación en (x), (y) y (z).
roty	Este comando genera una rotación sobre el eje (y)	$R = \text{roty}(\text{theta})$ En una matriz de rotación (3×3) se representa una rotación de theta en radianes alrededor del eje y. $R = \text{roty}(\text{theta}, 'deg')$ Al igual que el anterior pero en grados.
Troty	Este comando produce una rotación sobre el eje (y)	$T = \text{troty}(\text{theta})$ Con una matriz homogénea (4×4) que representa una rotación de theta radianes alrededor del eje y. $T = \text{troty}(\text{theta}, 'deg')$ Al igual que el anterior pero en grados.

Modelos de robots que se encuentran en el Toolbox de robótica

Modelo	Descripción	Robot
Manipulador de bolas	MDL_BALL crea las variable del área de trabajo que describe las características cinemáticas de un manipulador de enlace serie con 50 uniones que se dobla en forma de bola.	
Modelo cinemático del robot de doble brazo Baxter	MDL_BAXTER es un script que crea las variables del espacio de trabajo izquierda y derecha que describe las características cinemáticas de los dos brazos de 7 articulaciones de un robot Rethink Robotics Baxter que usa convenciones estándar de DH.	
Modelo de manipulador Puma 560	MDL_PUMA560 es un script que crea la variable de espacio de trabajo p560 que describe las características cinemáticas y dinámicas de un manipulador Unimation Puma 560 que usa convenciones estándar de DH.	
Modelo de un manipulador de bobina	MDL_COIL crea la bobina variable del espacio de	

“Coil”	trabajo que describe las características cinemáticas de un manipulador de enlace en serie con 50 uniones que se dobla en forma de hélice.	
Modelo cinemático del robot Fanuc AM120iB / 10L	MDL_FANUC10L es un script que crea la variable de espacio de trabajo R que describe las características cinemáticas de un robot Fanuc AM120iB / 10L que usa convenciones estándar de DH.	
Modelo del manipulador ABB IRB 140	MDL_IRB140 es un script que crea la variable de espacio de trabajo irb140 que describe las características cinemáticas de un manipulador ABB IRB 140 que usa convenciones estándar de DH.	
Modelo del manipulador Kuka KR5	MDL_KR5 es un script que crea la variable de espacio de trabajo KR5 que describe las características cinemáticas de un manipulador Kuka KR5 que usa convenciones estándar de DH.	

Oscar Albeiro Marín	
Enlace del vídeo	
https://www.youtube.com/watch?v=Pft-dgu_Lcs	

Edwin Leandro Moreno	
Enlace del vídeo	
https://www.youtube.com/watch?v=-LraPNwDFtk	

2. Tabla con las definiciones de los conceptos desconocidos sobre Cinemática directa e inversa del robot.

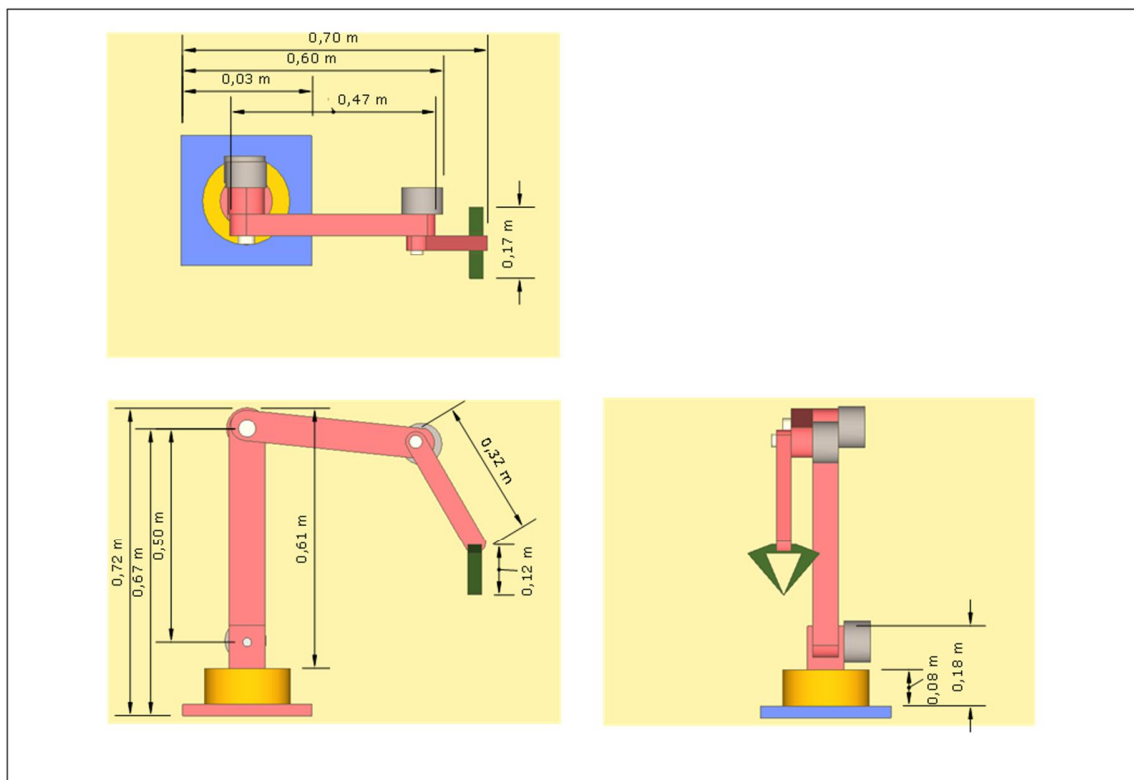
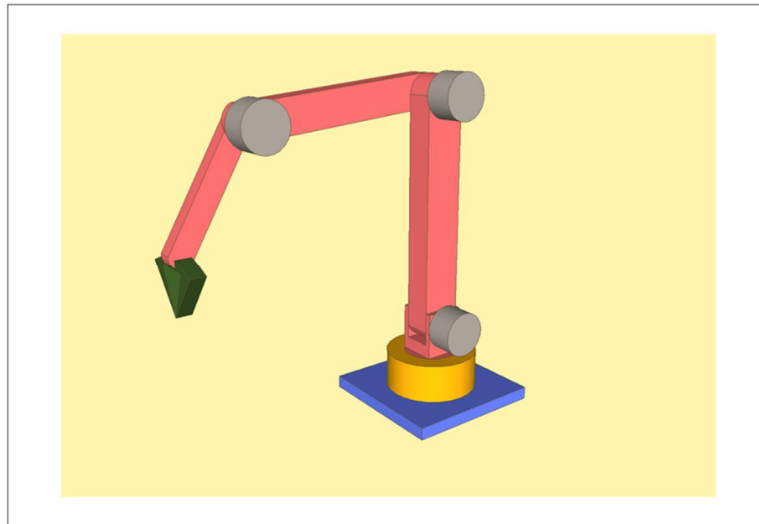
Concepto	Definición
Cinemática directa	<p>En la cinemática directa para posición, las posiciones de las articulaciones, es decir, los ángulos de las articulaciones de revoluta y el desplazamiento de las articulaciones prismáticas se conocen. La tarea es encontrar la configuración del efector final, es decir, su posición y orientación. Esto puede obtenerse a partir de las ecuaciones de clausura. (Kumar Saha, 2010, pág. 113)</p> <p>La obtención del modelo cinemático directo puede ser abordado mediante dos enfoques diferentes denominados métodos geométricos y métodos basados en cambios de sistemas de referencia.</p> <p>Los primeros son adecuados para casos simples, pero al no ser sistemáticos, su aplicación queda limitada a robots con pocos grados de libertad. Los métodos basados en cambio de sistemas de referencia, permiten de una manera sistemática abordar la obtención del modelo cinemático directo del robot para robots de n grados de libertad, siendo éstos, por tanto, los más frecuentemente utilizados, en particular los que usan las matrices de transformación homogénea. (Barrientos, Peñín, Balaguer, & Aracil, 2007, pág. 120)</p>
Cinemática inversa	<p>El problema de la cinemática inversa consiste en la determinación de las variables de articulaciones correspondientes a una orientación y posición específicas del efector final. La solución de este problema es de fundamental importancia con el fin de transformar las especificaciones de movimiento asignadas al efector final en el espacio operacional en los correspondientes movimientos de espacio de las articulaciones. Un planteamiento posible frente al problema de la cinemática inversa es buscar una solución explícita usando álgebra o geometría. Otra posibilidad es encontrar una solución numérica por medio de algún algoritmo de aproximación sucesiva. (Kumar Saha, 2010, págs. 121-122)</p>

Matriz de traslación	la traslación se define mediante el uso de las tres coordenadas cartesianas, lo cual quiere decir que mediante el uso de estas matrices es posible llevar un sistema espacial de un lugar a otro.
Matriz de rotación	Las matrices de rotación son el método más extendido para la descripción de orientaciones, debido principalmente a la comodidad que proporciona el uso del álgebra matricial. define la orientación del sistema dado por ejemplo (OUV) con respecto al origen sistema (OXY). y que sirve para transformar las coordenadas de un vector en un sistema a las del otro. También recibe el nombre de matriz de cosenos directores.
Matriz de transformación homogénea	Las matrices de transformación homogénea, permiten una representación conjunta de la posición y de la orientación (localización), facilitando su uso mediante el álgebra matricial. Esta utilidad de las matrices homogéneas cobra aún más importancia cuando se componen las matrices homogéneas para describir diversos giros y traslaciones consecutivos sobre un sistema de referencia determinado, de esta forma, una transformación compleja podrá descomponerse en la aplicación consecutiva de transformaciones simples (giros básicos y traslaciones).
Parámetros Denavit Hartenberg	<p>Denavit y Hartenberg [DENAVIT-55] prepusieron en 1955 un método matricial que establece la localización que debe tomar cada sistema de coordenadas $\{S_i\}$ ligado a cada eslabón i de una cadena articulada, para poder sistematizar la obtención de las ecuaciones cinemáticas de la cadena completa, Escogiendo los sistemas de coordenadas asociados a cada eslabón según la representación propuesta por D-H, será posible pasar de uno al siguiente mediante 4 transformaciones básicas que dependen exclusivamente de las características geométricas del eslabón.</p> <p>Hay que hacer notar que, si bien en general una matriz de transformación homogénea queda definida por 6 grados de libertad, el método de Denavit-Hartenberg, permite, en eslabones rígidos, reducir éste a 4 con la correcta elección de los sistemas de coordenadas. Estas 4 transformaciones básicas</p>

	consisten en una sucesión de rotaciones y traslaciones que permiten relacionar el sistema de referencia del elemento $i-1$ con el sistema del elemento i . (Barrientos, Peñín, Balaguer, & Aracil, 2007, pág. 125)
--	--

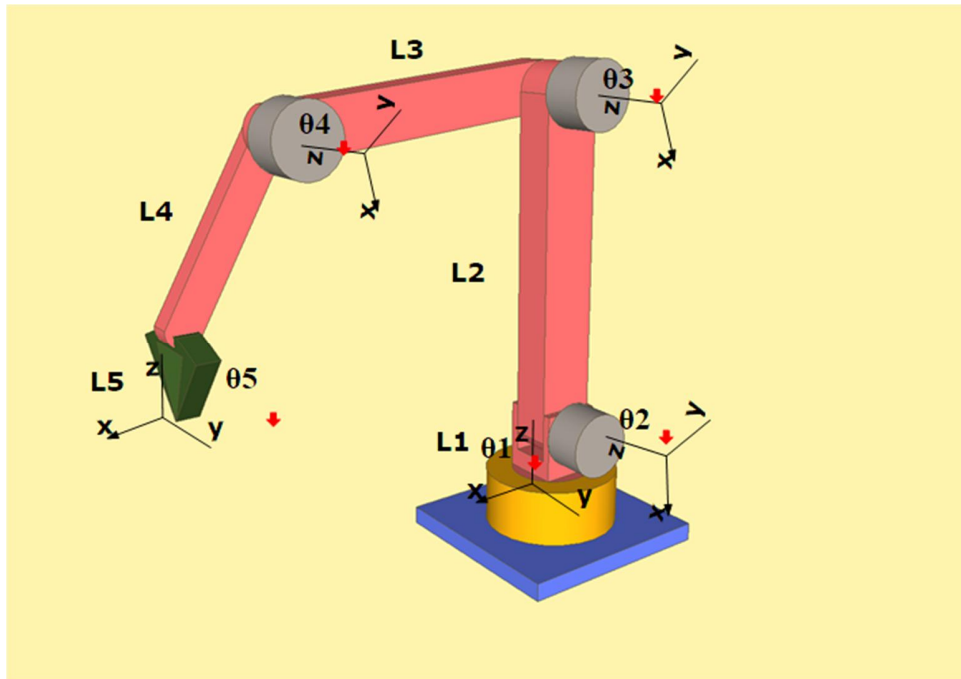
3. Modelo cinemático directo del sistema robótico a desarrollar

El modelo propuesto en la fase anterior es el siguiente:



De acuerdo a lo observado se puede establecer que es un robot con 5 grados de libertad.

Teniendo en cuenta los parámetros de Denavit Hartenberg ubicamos los sistemas coordenados sobre el diseño establecido, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Luego siguiendo el procedimiento de Denavit Hartenberg se diligencia la tabla con los parámetros de acuerdo a las siguientes condiciones:

Los cuatro parámetros de D-H ($\theta_i, d_i, a_i, \alpha_i$) dependen únicamente de las características geométricas de cada eslabón y de las articulaciones que le unen con el anterior y siguiente. En concreto estos representan (en la imagen anterior):

θ_i Es el ángulo que forman los ejes x y x medido en un plano perpendicular al eje z , utilizando la regla de la mano derecha. Se trata de un parámetro variable en articulaciones giratorias.

d_i Es la distancia a lo largo del eje z_{i-1} desde el origen del sistema de coordenadas $(i-1)$ -ésimo hasta la intersección del eje z_{i-1} , con el eje x_i . Se trata de un parámetro variable en articulaciones prismáticas.

a_i Es la distancia a lo largo del eje x_i que va desde la intersección del eje z_{i-1} , con el eje x_i hasta el origen del sistema i -ésimo, en el caso de articulaciones giratorias. En el caso de articulaciones prismáticas, se calcula como la distancia más corta entre los ejes z_{i-1} y z_i .

α_i Es el ángulo de separación del eje z_{i-1} y el eje z_i , medido en un plano perpendicular al eje x_i utilizando la regla de la mano derecha.

Teniendo en cuenta lo anterior se procedió a establecer el cuadro con los parámetros de Denavit Hartenberg así:

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	θ_1	11 cm	0	90°
2	θ_2	0	50 cm	0
3	θ_3	0	39 cm	0
4	θ_4	0	32 cm	90°
5	θ_5	12	0	0

Ahora usando Matlab procederemos a hacer la comprobación del sistema y a obtener la matriz de transformación y la matriz general así:

Con las siguientes líneas de código escribimos la tabla que se obtuvo:

```
% parámetros de DH- usndo el toolbox de Peter Corke
% robot propuesto

% se crean las variables de las distancias
L1 = 11; L2 = 50; L3=39; L4=32; L5=12;

% se crean los link con el siguiente código
% L = Link ( [ Th d a alph])

L(1)= Link ( [0 L1 0 pi/2]);

L(2)= Link ( [0 0 L2 0]);

L(3)= Link ( [0 0 L3 0]);

L(4)= Link ( [0 0 L4 pi/2]);

L(5)= Link ( [0 L5 0 0]);

Rob = SerialLink (L)
```

Al correr el programa se obtiene el siguiente resultado en el command Windows del Matlab.


```
>> robot_propuesto

Rob =

noname:: 5 axis, RRRRR, stdDH, slowRNE
+---+-----+-----+-----+-----+-----+
| j |      theta |      d |      a |      alpha |      offset |
+---+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 |      q1 |      11 |      0 |      1.5708 |      0 |
| 2 |      q2 |      0 |      50 |      0 |      0 |
| 3 |      q3 |      0 |      39 |      0 |      0 |
| 4 |      q4 |      0 |      32 |      1.5708 |      0 |
| 5 |      q5 |      12 |      0 |      0 |      0 |
+---+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Vemos como el programa nos muestra la misma tabla que establecimos en el procedimiento anterior de acuerdo a los parámetros de DH.

Ahora utilizando el comando (fkine) del toolbox de Matlab, es posible obtener la matriz de transformación así:

```
Rob.fkine([ q1 ,q2 ,q3,q4,q5 ]) %con este comando se puede
                                %ver la matriz de transformación directa

```

Al correr el código completo en el programa se obtiene el siguiente resultado:

```
ans =
    0.5000         0    0.8660    65.39
         0        -1         0         0
    0.8660         0   -0.5000    82.71
         0         0         0         1

```

Que es la matriz de transformación ya con los valores asignados según los parámetros de DH.

Ahora bien, con el siguiente comando es posible obtener la matriz general así:

```
%otras transformaciones
syms th1 th2 th3 th4 th5
Rob.fkine([ th1 th2 th3 th4 th5 ])

```

Al correr el programa se obtiene la siguiente respuesta con la matriz completa:

```
[ cos(th5)*((81129638414606686663546605165575*cos(th1 + th2 + th3 + th4))/162259276829213363391578010288128 +
[ cos(th5)*((81129638414606686663546605165575*sin(th1 + th2 + th3 + th4))/162259276829213363391578010288128 +
[
[

```

En la imagen se aprecia solo una parte de la matriz, pero vemos como aparecen todos los parámetros.

4. Simulación del modelo cinemático en Matlab y comparación de resultados

Para hacer la simulación hacemos uso del comando `.plot` que nos va permitir visualizar el modelo propuesto y a su vez los movimientos de acuerdo a la variación de cada uno de los parámetros de DH.

El código a implementar es el siguiente:

```
% se crean las variables de las distancias
L1 = 11; L2 = 50; L3=39; L4=32; L5=12;

% se crean los link con el siguiente código
% L = Link ( [ Th d a alph])

L(1)= Link ( [0 L1 0 pi/2]);

L(2)= Link ( [0 0 L2 0]);

L(3)= Link ( [0 0 L3 0]);

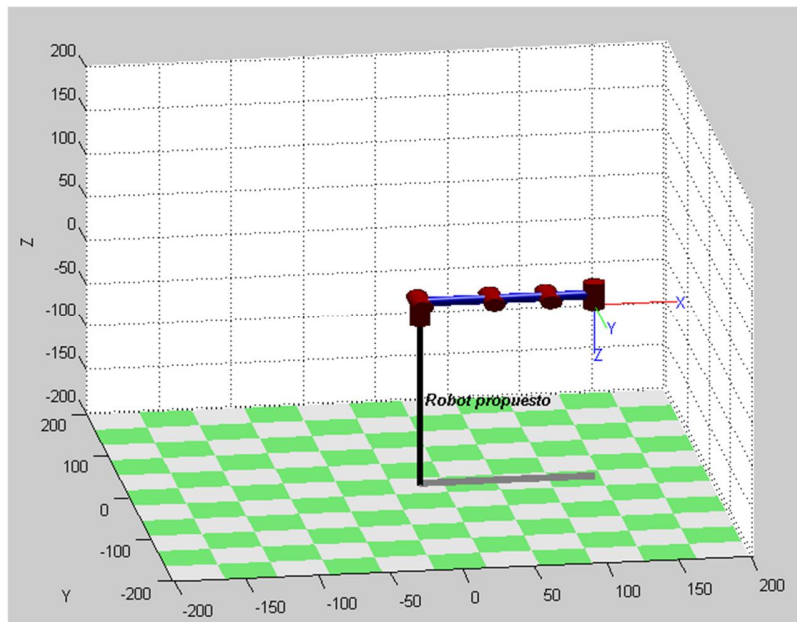
L(4)= Link ( [0 0 L4 pi/2]);

L(5)= Link ( [0 L5 0 0]);

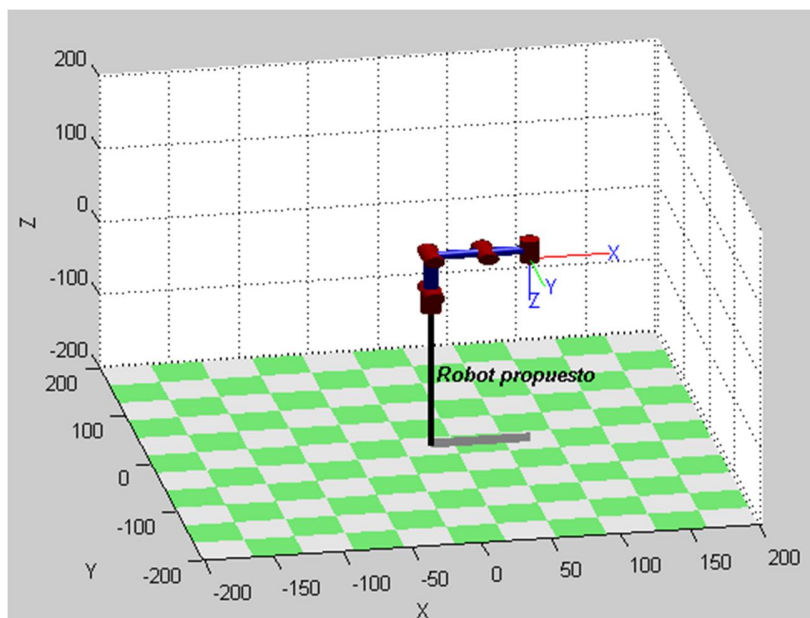
Rob = SerialLink (L)
Rob.name = 'Robot propuesto';
q1 = 0 ; q2 = pi/2 ; q3 =-pi/2; q4 = pi/3; q5 = 0;
Rob.plot ( [ q1 ,q2 ,q3,q4,q5 ])
```

En el código anterior lo que se irá haciendo es variar los valores de q_1 , hasta q_5 y apreciaremos los distintos movimientos que hace el robot.

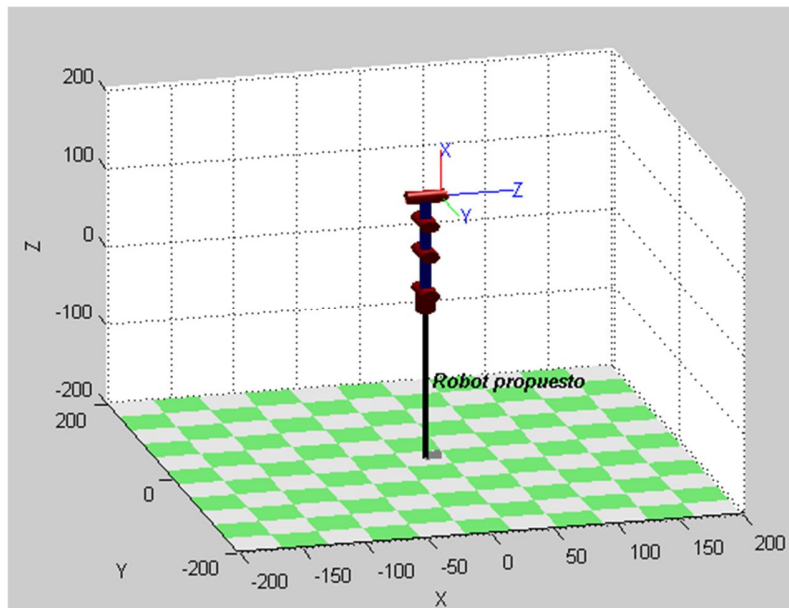
Al dejar todos estos valores en cero ($q_1=0$, $q_2=0$, $q_3=0$, $q_4=0$, $q_5=0$) se obtiene la siguiente gráfica.



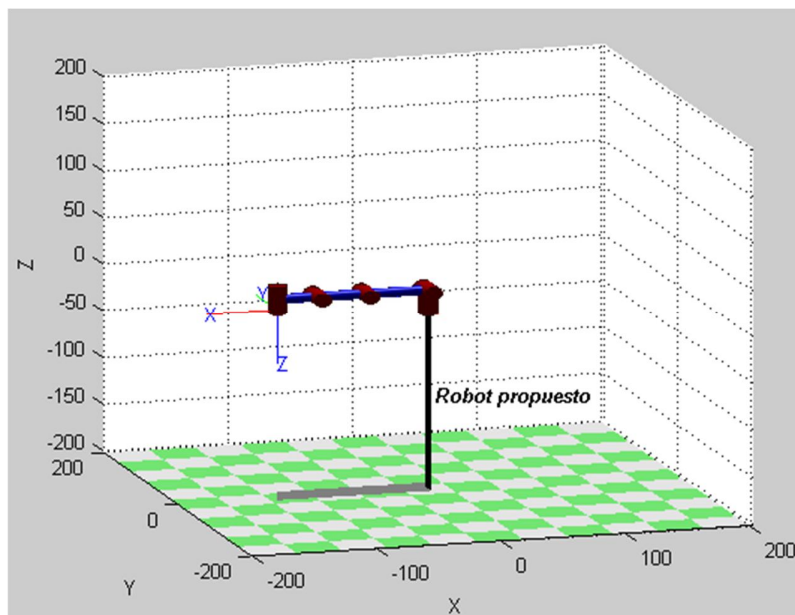
Vemos como el robot es semejante al propuesto en el diseño y se ubica de manera paralela a la superficie que lo sostiene. Ahora daremos los siguientes valores ($q_1=0$, $q_2=90^\circ(\pi/2)$, $q_3=-90^\circ(-\pi/2)$, $q_4=0$, $q_5=0$) y se obtiene la siguiente imagen.



Vemos como el brazo 1 del robot giró 90° y el brazo 2 giró -90° . Ahora daremos los siguientes valores ($q_1=0$, $q_2=90^\circ(\pi/2)$, $q_3=0$, $q_4=0$, $q_5=0$)

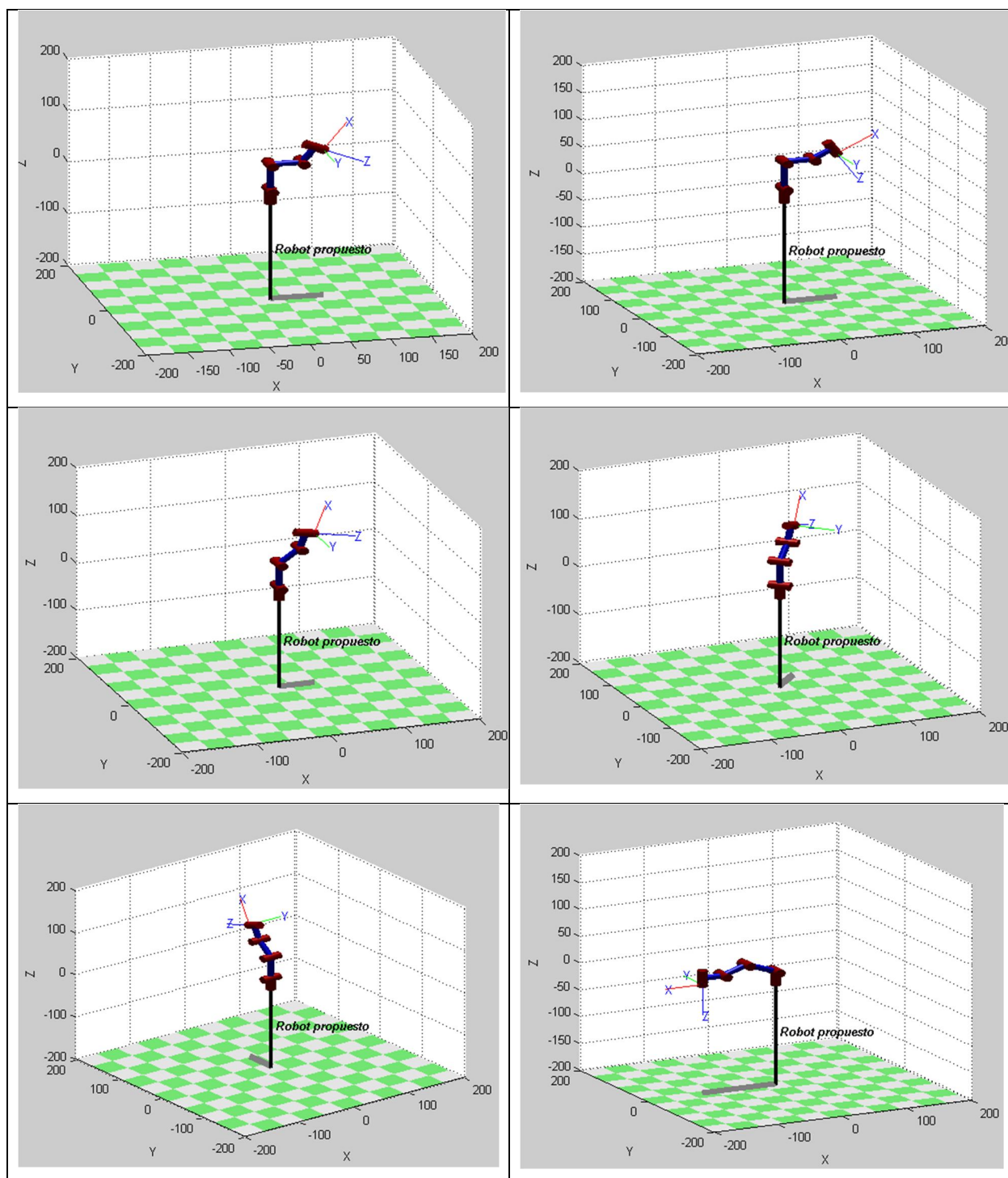


Vemos que solo se ha dado un giro en la articulación 2 de 90° y el brazo a quedado totalmente vertical, ahora se hará que el robot gire sobre la articulación 1 se dejaran los demás parámetros en cero así ($q_1=\pi$, $q_2=0$, $q_3=0$, $q_4=0$, $q_5=0$)



Vemos como el robot ha girado sobre su propio eje, es decir sobre la primera articulación.

A continuación, se muestran otras posiciones al variar, los parámetros de $q_1 \dots q_5$.



Conclusiones.

Para que un robot ejecute una tarea específica, lo primero que se debe hacer es establecer la posición y la orientación del efector final, es decir, su posición o configuración en relación con su base. Esto es esencial para resolver problemas de posicionamiento.

En el análisis de posición, se encuentra una relación entre las coordenadas cartesianas, es decir, la posición de un punto en el efector final y su orientación con los ángulos de las articulaciones. Aquí existen dos tipos de problemas: la cinemática directa y la inversa, En la cinemática directa, las posiciones de las articulaciones ya están determinadas y el problema radica en encontrar la configuración del efector final. En la cinemática inversa, se resuelve inverso, es decir, la posición del efector final está determinada y el problema radica en encontrar los ángulos de las articulaciones.

En la cinemática directa para posición, las posiciones de las articulaciones, es decir, los ángulos de las articulaciones de revoluta y el desplazamiento de las articulaciones prismáticas se conocen. La tarea es encontrar la configuración del efector final, es decir, su posición y orientación.

Denavit y Hartenberg propusieron en 1955 un método matricial que establece la localización que debe tomar cada sistema de coordenadas, ligado a cada eslabón i de una cadena articulada, para poder sistematizar la obtención de las ecuaciones cinemáticas de la cadena completa.

Referencias

Kumar Saha, S. (2010). *Introducción a la robótica*. México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

Martínez, J. (07 de Julio de 2013). *JAU EL INGENIERO*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2017, de EL ESPACIO DE TRABAJO EN ROBÓTICA (PARTE 1): <https://jauelingeniero.wordpress.com/2013/07/07/bases-sobre-espacios-de-trabajo-en-robotica-parte-1/>

Barrientos, A., Peñín, L., Balaguer, C., & Aracil, R. (2007). *FUNDAMENTOS DE ROBOTICA* (2 ed.). Madrid (España): McGraw-Hill/Interamericana.

CONCEPTODEFINICION.DE. (2014). *CONCEPTODEFINICION.DE*. Obtenido de Definición de Robótica: <http://conceptodefinicion.de/robotica/>

staubli internacional AG. (27 de 09 de 2017). *Stäubli*. Obtenido de Robots de procesamiento alimentario: <https://www.staubli.com/es/robotics/soluciones-aplicaciones/alimentacion/>