

Avance de proyecto #2



Brazo robótico antropomórfico

Avalos Lupercio Jesús Jail
García Barajas Raúl Israel
Martínez Jacinto Ricardo
Rubio García Rodrigo
Nolasco Casillas Héctor Alejandro
Juan Pablo Salguero Hernández

CINEMATICA DEL ROBOT

La cinemática del robot estudia el movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia sin considerar las fuerzas que intervienen. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot con los valores que toman sus coordenadas articulares.

DENAVIT Y HARTENBERG

Denavit y Hartenberg propusieron un método sistemático para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, y en particular de un robot, con respecto a un sistema de referencia fijo. Este método utiliza una matriz de transformación homogénea para describir la relación espacial entre dos elementos rígidos adyacentes, reduciéndose el problema cinemático directo a encontrar una matriz de transformación homogénea 4×4 que relacione la localización espacial del extremo del robot con respecto al sistema de coordenadas de su base

Los cuatro parámetros de D-H (θ_i , d_i , a_i , α_i) dependen únicamente de las características geométricas de cada eslabón y de las articulaciones que le unen con el anterior y siguiente.

θ_i . Es el ángulo que forman los ejes z_{i-1} y z_i medido en un plano perpendicular al eje x_{i-1} , 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.

Articulación	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L1	90	0	θ_2
3	L2	0	0	θ_3

Cálculo de la matriz Homogénea

$$T_i^{i-1} \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ S\theta_i C \alpha_{i-1} & C\theta_i C \alpha_{i-1} & -S \alpha_{i-1} & -d_i S \alpha_{i-1} \\ S\theta_i S \alpha_{i-1} & C\theta_i S \alpha_{i-1} & C \alpha_{i-1} & d_i C \alpha_{i-1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_1^0 \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2^1 \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & L2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

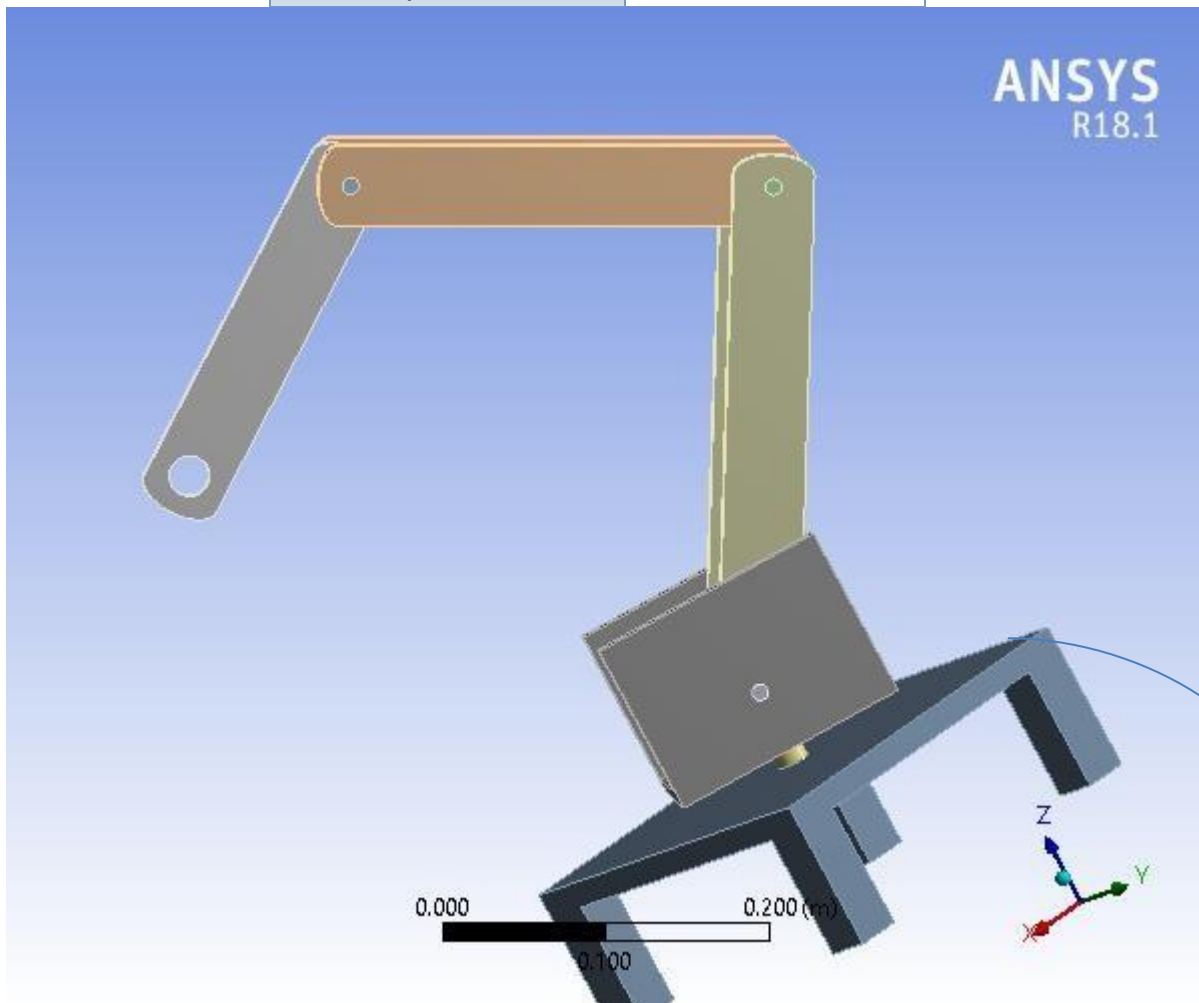
$$T_3^0 \begin{bmatrix} C\theta_1 C\theta_2 C\theta_3 - C\theta_3 S\theta_1 S\theta_2 & -C\theta_1 C\theta_3 S\theta_2 - C\theta_2 C\theta_3 S\theta_1 & S\theta_3 & L2 + C\theta_3 L1 \\ C\theta_1 C\theta_2 S\theta_3 - S\theta_1 S\theta_2 S\theta_3 & -C\theta_1 S\theta_2 S\theta_3 - C\theta_2 S\theta_1 S\theta_3 & -C\theta_3 & L1 S\theta_3 \\ C\theta_1 S\theta_2 + C\theta_2 S\theta_1 & C\theta_1 C\theta_2 - S\theta_1 S\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Modelo y simulación del brazo robótico (con correcciones).



Project

First Saved	Tuesday, June 11, 2019
Last Saved	Tuesday, June 11, 2019
Product Version	18.1 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)

Después de las modificaciones realizadas en el diseño de SolidWorks, exportamos el archivo a Ansys para posteriormente realizarle un análisis estructural estático.

- **Model (A4)**
 - **Geometry**
 - ✦ **Parts** ◦ **Coordinate Systems** ◦ **Connections**
 - ✦ **Contacts**
 - ✦ **Contact Regions**
 - **Mesh**
 - **Static Structural (A5)**
 - ✦ **Analysis Settings**
 - ✦ **Loads**
 - ✦ **Solution (A6)**
 - ✦ **Solution Information**
 - ✦ **Results**
- **Material**
 - Data** ◦ **Structural**
 - Steel**

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Se establece el sistema métrico como predeterminado

Model (A4)

Geometry

(A4) > Geometry > Parts

Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Model (A4) > Mesh

Model (A4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No

Se establece el análisis como Static Structural con resolución mecánica

Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	

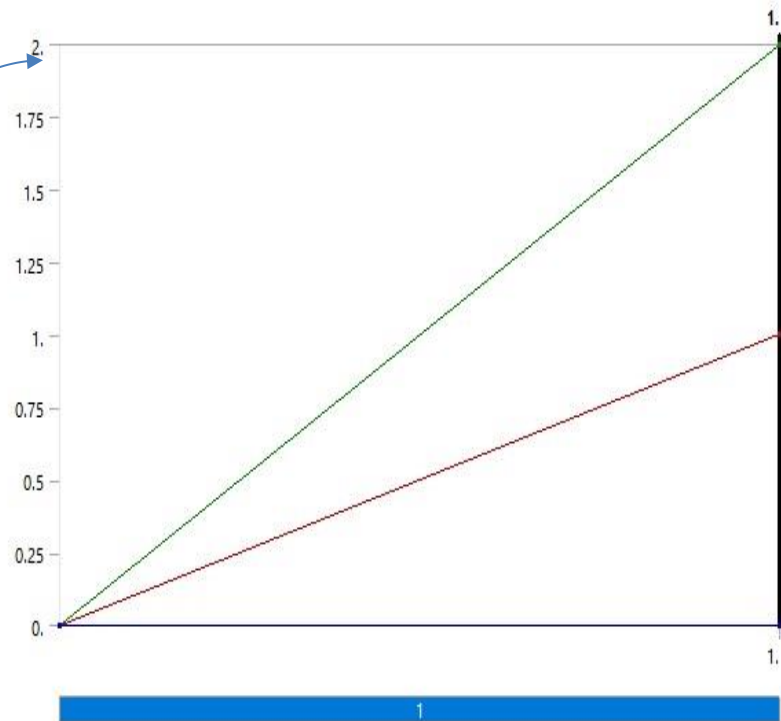
Se definen los soportes fijos del robot

Agregamos las fuerzas a los componentes

Geometry	4 Faces	1 Face
Definition		
Type	Fixed Support	Force
Suppressed	No	
Define By		Components
Coordinate System		Global Coordinate System
X Component		1. N (ramped)
Y Component		2. N (ramped)
Z Component		0. N (ramped)

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Force

Esta grafica nos hace referencia a la cantidad de fuerza aplicada en cada componente.



Solution (A6)

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	5. s
MAPDL Memory Used	292. MB
MAPDL Result File Size	4.3125 MB

Después de agregar el mallado pasamos a la resolución del análisis

Post Processing	
Beam Section Results	No

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]
1.	0.	1.1029e-004

Se nos muestra que la deformación total máxima es aceptable mostrándonos el resultado en metros.

FIGURE 3

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation > Figure

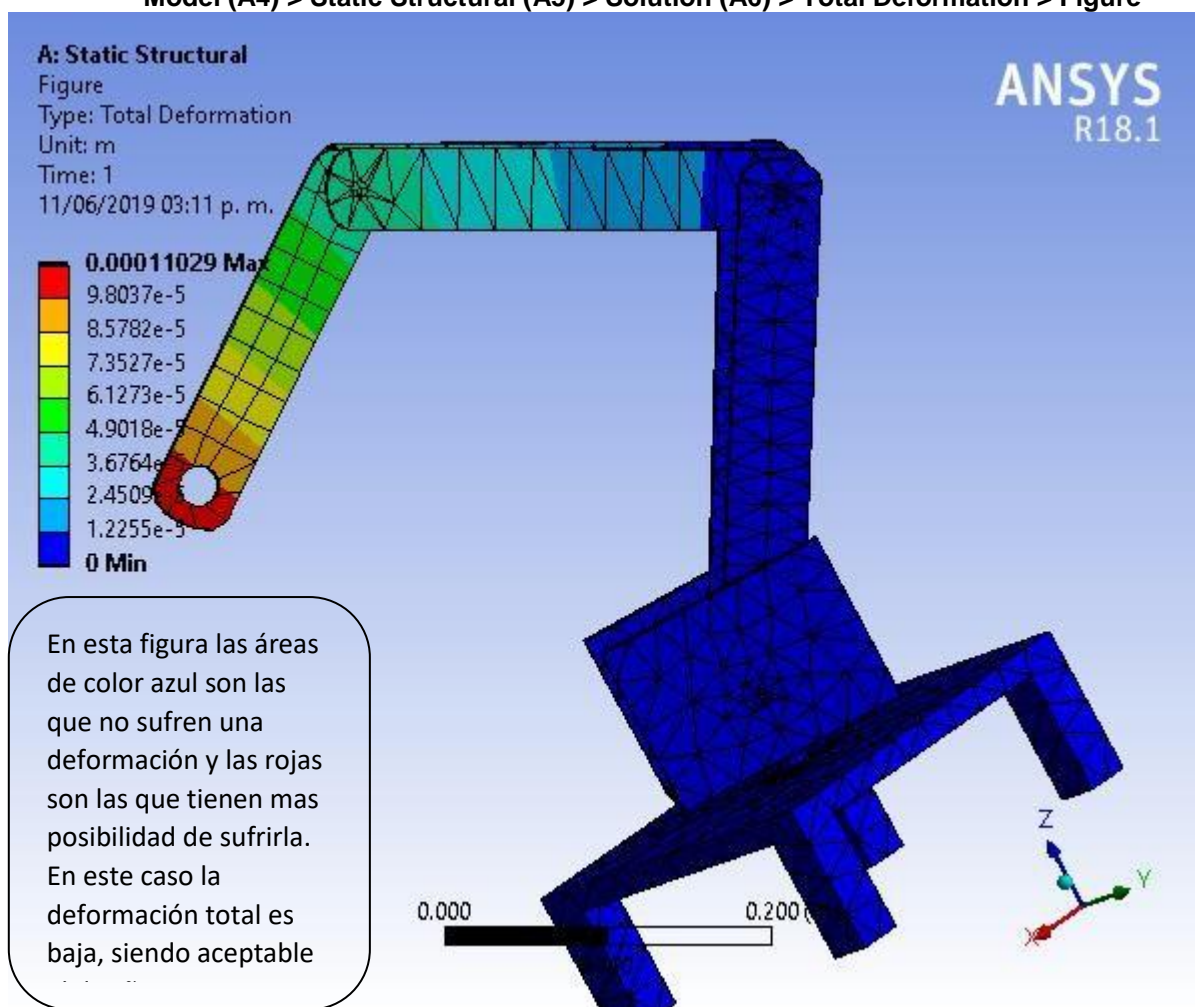


FIGURE 4

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Elastic Strain

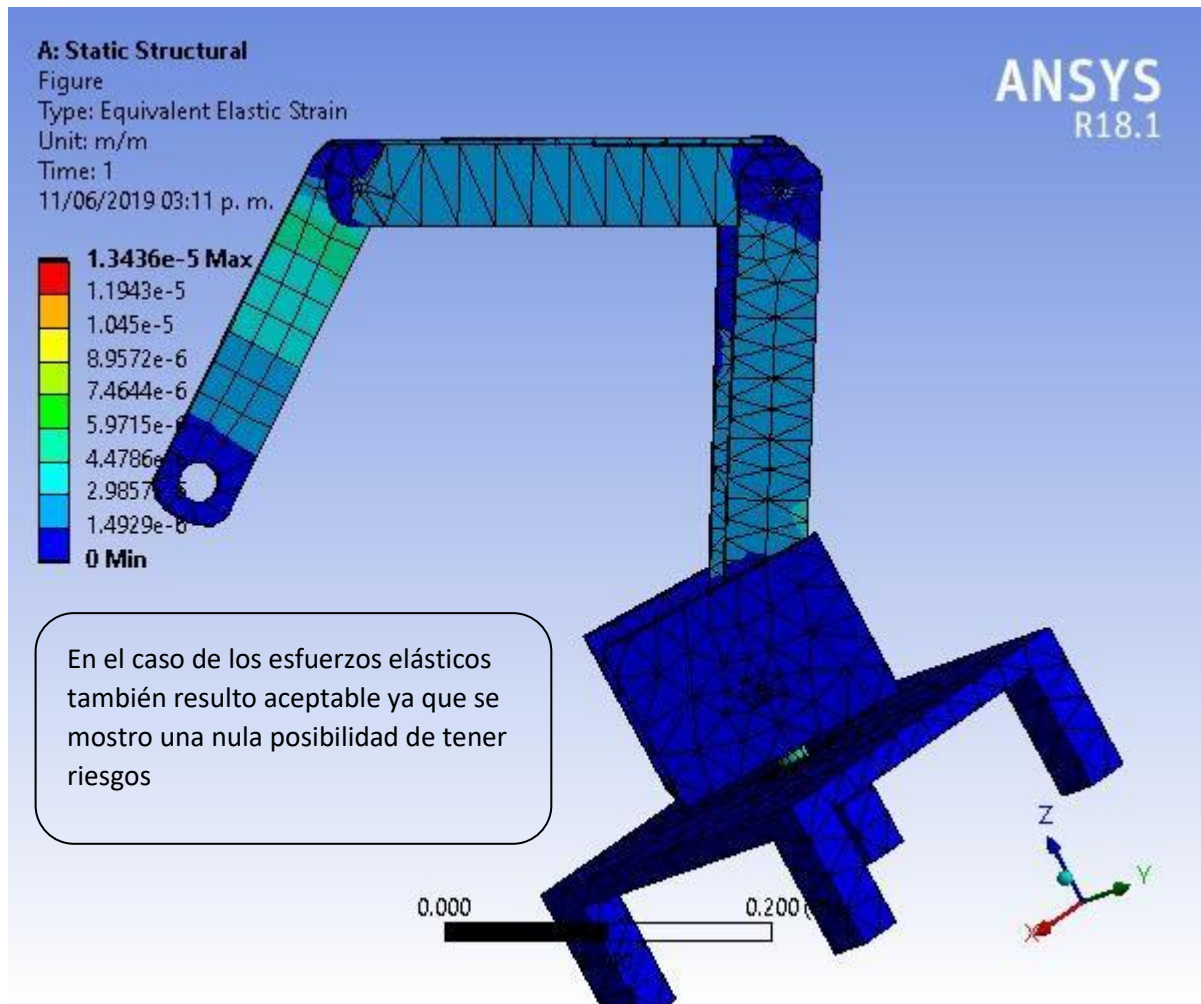
TABLE 16

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Elastic Strain

Time [s]	Minimum [m/m]	Maximum [m/m]
1.	0.	1.3436e-005

FIGURE 5

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Elastic Strain > Figure



Material Data

Structural

En este apartado se muestran datos acerca del material utilizado en el análisis como lo es su densidad, resistividad, capacidad de compresión entre otros.

TABLE 17
Structural Steel > Constants

Density	7850 kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C ⁻¹
Specific Heat	434 J kg ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Thermal Conductivity	60.5 W m ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Resistivity	1.7e-007 ohm m