

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE CONTROL
PARA EL CONTROLADOR CAD DEL MANIPULADOR ROBÓTICO
CRS A255

AUTOR

PATRICIO RIVERA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

- Manipulador CRS A255

2 MODELO CINEMÁTICO

- Matrices de transformación homogénea
- Cinemática

3 SISTEMA DE CONTROL

4 IMPLEMENTACIÓN

- Rediseño controlador CAD
- Pruebas

5 CONCLUSIONES

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

- Manipulador CRS A255

2 MODELO CINEMÁTICO

- Matrices de transformación homogénea
- Cinemática

3 SISTEMA DE CONTROL

4 IMPLEMENTACIÓN

- Rediseño controlador CAD
- Pruebas

5 CONCLUSIONES

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Generar una solución viable para el controlador del manipulador, que permita poner en operación otros manipuladores, dejando la posibilidad de una mejora continua en el sistema de control del robot.

La investigación para el presente trabajo, tiene vital importancia en el desarrollo del proceso de aprendizaje de la cátedra de robótica industria.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Generar una solución viable para el controlador del manipulador, que permita poner en operación otros manipuladores, dejando la posibilidad de una mejora continua en el sistema de control del robot.

La investigación para el presente trabajo, tiene vital importancia en el desarrollo del proceso de aprendizaje de la cátedra de robótica industria.

ALCANCE DEL PROYECTO

- Determinar los algoritmos necesarios para el cálculo del modelo cinemático del manipulador
- Analizar e Identificar la mejor técnica de control que se ajuste con las especificaciones de diseño para los actuadores del manipulador robótico
- Implementar el sistema de control y realizar la evaluación del mismo

ALCANCE DEL PROYECTO

- Determinar los algoritmos necesarios para el cálculo del modelo cinemático del manipulador
- Analizar e Identificar la mejor técnica de control que se ajuste con las especificaciones de diseño para los actuadores del manipulador robótico
- Implementar el sistema de control y realizar la evaluación del mismo

ALCANCE DEL PROYECTO

- Determinar los algoritmos necesarios para el cálculo del modelo cinemático del manipulador
- Analizar e Identificar la mejor técnica de control que se ajuste con las especificaciones de diseño para los actuadores del manipulador robótico
- Implementar el sistema de control y realizar la evaluación del mismo

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

- Manipulador CRS A255

2 MODELO CINEMÁTICO

- Matrices de transformación homogénea
- Cinemática

3 SISTEMA DE CONTROL

4 IMPLEMENTACIÓN

- Rediseño controlador CAD
- Pruebas

5 CONCLUSIONES

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

MANIPULADOR CRS A255

CARACTERÍSTICAS

- Configuración antropomórfica
- Peso aproximado de 17 Kg.
- Longitud máxima 81.25 cm.
- Encoders Incrementales
- Motor DC como actuador

PROBLEMAS

- Falta de información del Fabricante

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

- Manipulador CRS A255

2 MODELO CINEMÁTICO

- Matrices de transformación homogénea
- Cinemática

3 SISTEMA DE CONTROL

4 IMPLEMENTACIÓN

- Rediseño controlador CAD
- Pruebas

5 CONCLUSIONES

LOCALIZACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO

DEFINICIÓN

Existen diversas herramientas matemáticas que permiten conocer la localización espacial de un cuerpo rígido. Estas herramientas nos permiten obtener la posición y orientación de cualquier objeto.

- Posición: Sistema de coordenadas cartesianas (OXYZ)
- Orientación: Matrices de rotación

LOCALIZACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO

DEFINICIÓN

Existen diversas herramientas matemáticas que permiten conocer la localización espacial de un cuerpo rígido. Estas herramientas nos permiten obtener la posición y orientación de cualquier objeto.

- Posición: Sistema de coordenadas cartesianas (OXYZ)
- Orientación: Matrices de rotación

LOCALIZACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO

DEFINICIÓN

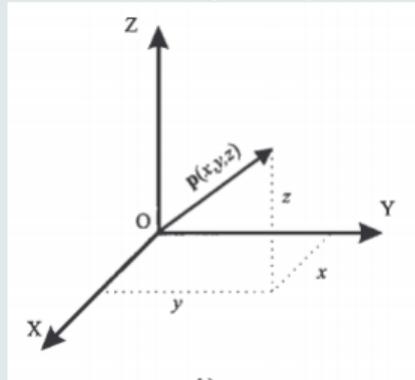
Existen diversas herramientas matemáticas que permiten conocer la localización espacial de un cuerpo rígido. Estas herramientas nos permiten obtener la posición y orientación de cualquier objeto.

- Posición: Sistema de coordenadas cartesianas (OXYZ)
- Orientación: Matrices de rotación

SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS

PLANO DE 2 DIMENSIONES

Es un sistema de referencia constituido por la intersección de tres ejes perpendiculares entre sí en un origen definido y común. Sus componentes cartesianas están definidas en (x,y,z) .



MATRICES DE ROTACIÓN

Describe la orientación entre un sistema de coordenadas unido a un cuerpo y un sistema de coordenadas fijo.

- Vectores unitarios de los dos sistemas i_x, j_y, i_u, j_v
- Un vector expresado en ambos sistemas $p_{xy} = p_x i_x + p_y j_y$ y $p_{uv} = p_u i_u + p_v j_v$

MATRIZ DE ROTACIÓN

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN

Describe la orientación entre un sistema de coordenadas unido a un cuerpo y un sistema de coordenadas fijo.

- Vectores unitarios de los dos sistemas i_x, j_y, i_u, j_v
- Un vector expresado en ambos sistemas $p_{xy} = p_x i_x + p_y j_y$ y $p_{uv} = p_u i_u + p_v j_v$

MATRIZ DE ROTACIÓN

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN

Describe la orientación entre un sistema de coordenadas unido a un cuerpo y un sistema de coordenadas fijo.

- Vectores unitarios de los dos sistemas i_x, j_y, i_u, j_v
- Un vector expresado en ambos sistemas $p_{xy} = p_x i_x + p_y j_y$ y $p_{uv} = p_u i_u + p_v j_v$

MATRIZ DE ROTACIÓN

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN

Describe la orientación entre un sistema de coordenadas unido a un cuerpo y un sistema de coordenadas fijo.

- Vectores unitarios de los dos sistemas i_x, j_y, i_u, j_v
- Un vector expresado en ambos sistemas $p_{xy} = p_x i_x + p_y j_y$ y $p_{uv} = p_u i_u + p_v j_v$

MATRIZ DE ROTACIÓN

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN

Describe la orientación entre un sistema de coordenadas unido a un cuerpo y un sistema de coordenadas fijo.

- Vectores unitarios de los dos sistemas i_x, j_y, i_u, j_v
- Un vector expresado en ambos sistemas $p_{xy} = p_x i_x + p_y j_y$ y $p_{uv} = p_u i_u + p_v j_v$

MATRIZ DE ROTACIÓN

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN 3 DIMENSIONES

Para el caso de 3 dimensiones se debe tomar en cuenta el eje de giro

MATRIZ DE ROTACIÓN X

$$R(x, \alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\operatorname{sen}\alpha \\ 0 & \operatorname{sen}\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$R(y, \varphi) = \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & \operatorname{sen}\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\operatorname{sen}\varphi & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$R(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta & 0 \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

MATRICES DE ROTACIÓN 3 DIMENSIONES

Para el caso de 3 dimensiones se debe tomar en cuenta el eje de giro

MATRIZ DE ROTACIÓN X

$$R(x, \alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\operatorname{sen}\alpha \\ 0 & \operatorname{sen}\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$R(y, \varphi) = \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & \operatorname{sen}\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\operatorname{sen}\varphi & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$R(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta & 0 \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 **MODELO CINEMÁTICO**
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

MATRICES DE TRANSFORMACIÓN HOMOGÉNEA

Una matriz de dimensión 4×4 que representa la transformación de un vector desde un sistema de coordenadas a otro.

APLICACIONES

- Representar la posición y orientación de un sistema girado y trasladado O'UVW respecto a un sistema O'XYZ
- Transformar un vector expresado en coordenadas con referencia a O'UVW a su expresión en coordenadas del sistema de referencia

MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$T = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & p_{3 \times 1} \\ f_{1 \times 3} & w_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \textit{Rotación} & \textit{Traslación} \\ \textit{Perspectiva} & \textit{Escala} \end{bmatrix}$$

APLICACIONES

- Representar la posición y orientación de un sistema girado y trasladado $O'UVW$ respecto a un sistema $O'XYZ$
- Transformar un vector expresado en coordenadas con referencia a $O'UVW$ a su expresión en coordenadas del sistema de referencia

MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$T = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & p_{3 \times 1} \\ f_{1 \times 3} & w_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \textit{Rotación} & \textit{Traslación} \\ \textit{Perspectiva} & \textit{Escala} \end{bmatrix}$$

APLICACIONES

- Representar la posición y orientación de un sistema girado y trasladado O'UVW respecto a un sistema O'XYZ
- Transformar un vector expresado en coordenadas con referencia a O'UVW a su expresión en coordenadas del sistema de referencia

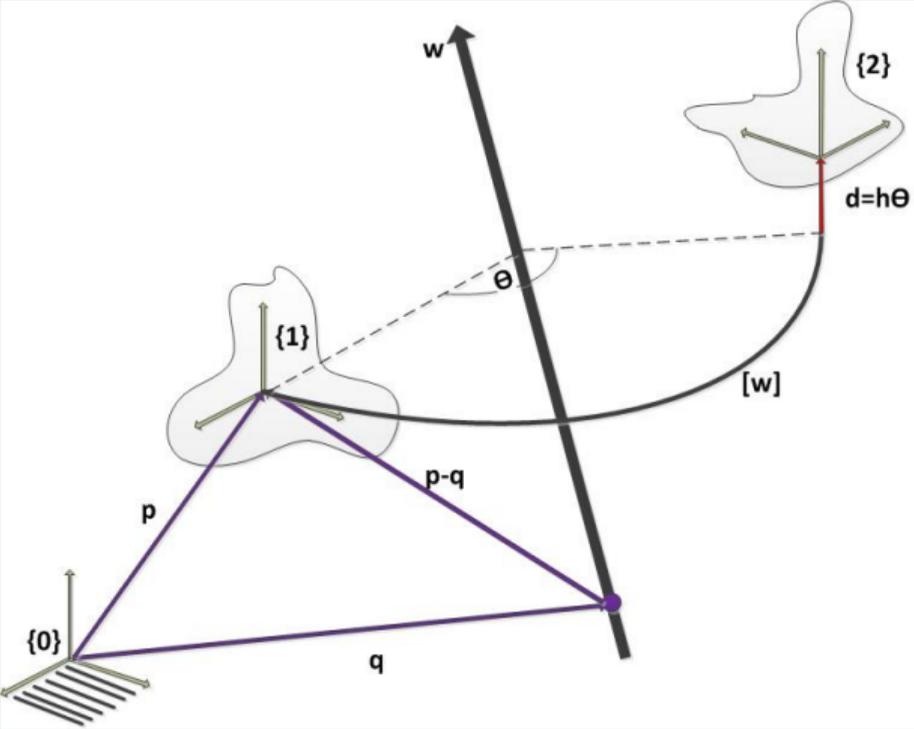
MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$T = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & p_{3 \times 1} \\ f_{1 \times 3} & w_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \textit{Rotación} & \textit{Traslación} \\ \textit{Perspectiva} & \textit{Escala} \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

Se interpreta como un mapeo de puntos de un sistema de coordenadas a otro. Se selecciona un eje de rotación " w ", y un punto " q ". Se utiliza el término $e^{[\hat{w}]\theta}$ para representar la localización de un sistema desde su posición inicial después de rotar θ radianes sobre el eje \hat{w} .

PRODUCTO DE EXPONENCIALES



PRODUCTO DE EXPONENCIALES

MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$T_{01} = \begin{bmatrix} R & p \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_{02} = \begin{bmatrix} R' & p' \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R' = e^{[\hat{w}]\theta} R$$

$$p' = q + e^{[\hat{w}]\theta} (p - q) + h\theta \hat{w}$$

$$\begin{bmatrix} R' & p' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{[\hat{w}]\theta} & (1 - e^{[\hat{w}]\theta})q + h\theta \hat{w} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & p \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$T_{01} = \begin{bmatrix} R & p \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_{02} = \begin{bmatrix} R' & p' \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R' = e^{[\hat{w}]\theta} R$$

$$p' = q + e^{[\hat{w}]\theta}(p - q) + h\theta \hat{w}$$

$$\begin{bmatrix} R' & p' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{[\hat{w}]\theta} & (1 - e^{[\hat{w}]\theta})q + h\theta \hat{w} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & p \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

$$S = \begin{pmatrix} w \\ v \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & -w_3 & w_2 & v_1 \\ w_3 & 0 & -w_1 & v_2 \\ -w_2 & w_1 & 0 & v_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} [w] & v \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

$$S = \begin{pmatrix} w \\ v \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & -w_3 & w_2 & v_1 \\ w_3 & 0 & -w_1 & v_2 \\ -w_2 & w_1 & 0 & v_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} [w] & v \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

$$S = \begin{pmatrix} w \\ v \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & -w_3 & w_2 & v_1 \\ w_3 & 0 & -w_1 & v_2 \\ -w_2 & w_1 & 0 & v_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} [w] & v \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

Se desea reescribir como una matriz de exponenciales para lo cual se toman las siguientes consideraciones; el término $e^{[\hat{w}]\theta}$ representa la matriz de rotación respecto al eje de giro y un término $S \in R^6$

$$e^{[S]\theta} = \begin{bmatrix} e^{[w]\theta} & G(\theta)v \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G(\theta) = I\theta + (1 - \cos\theta)[w] + (\theta - \sin\theta)[w]^2$$

$$v = -w \times q + hw$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

Se desea reescribir como una matriz de exponenciales para lo cual se toman las siguientes consideraciones; el término $e^{[\hat{w}]\theta}$ representa la matriz de rotación respecto al eje de giro y un término $S \in R^6$

$$e^{[S]\theta} = \begin{bmatrix} e^{[w]\theta} & G(\theta)v \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G(\theta) = I\theta + (1 - \cos\theta)[w] + (\theta - \sin\theta)[w]^2$$

$$v = -w \times q + hw$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

Se desea reescribir como una matriz de exponenciales para lo cual se toman las siguientes consideraciones; el término $e^{[\hat{w}]\theta}$ representa la matriz de rotación respecto al eje de giro y un término $S \in R^6$

$$e^{[S]\theta} = \begin{bmatrix} e^{[w]\theta} & G(\theta)v \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G(\theta) = I\theta + (1 - \cos\theta)[w] + (\theta - \sin\theta)[w]^2$$

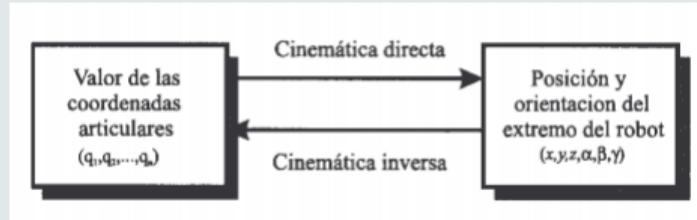
$$v = -w \times q + hw$$

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 **MODELO CINEMÁTICO**
 - Matrices de transformación homogénea
 - **Cinemática**
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

CINEMÁTICA DIRECTA E INVERSA

La relación entre el movimiento de las articulaciones del manipulador y el movimiento resultante a un sistema de referencia. La cinemática directa consiste en determinar la posición y orientación del efector final con los ángulos de cada articulación. La cinemática inversa determina la configuración del manipulador para una posición del extremo conocida.



CINEMÁTICA DIRECTA

Para un robot de pocos grados se puede obtener la solución mediante ecuaciones geométricas. Para robots que poseen más grados de libertad se debe optar por un procedimiento más sistemático. Una matriz de transformación se define:

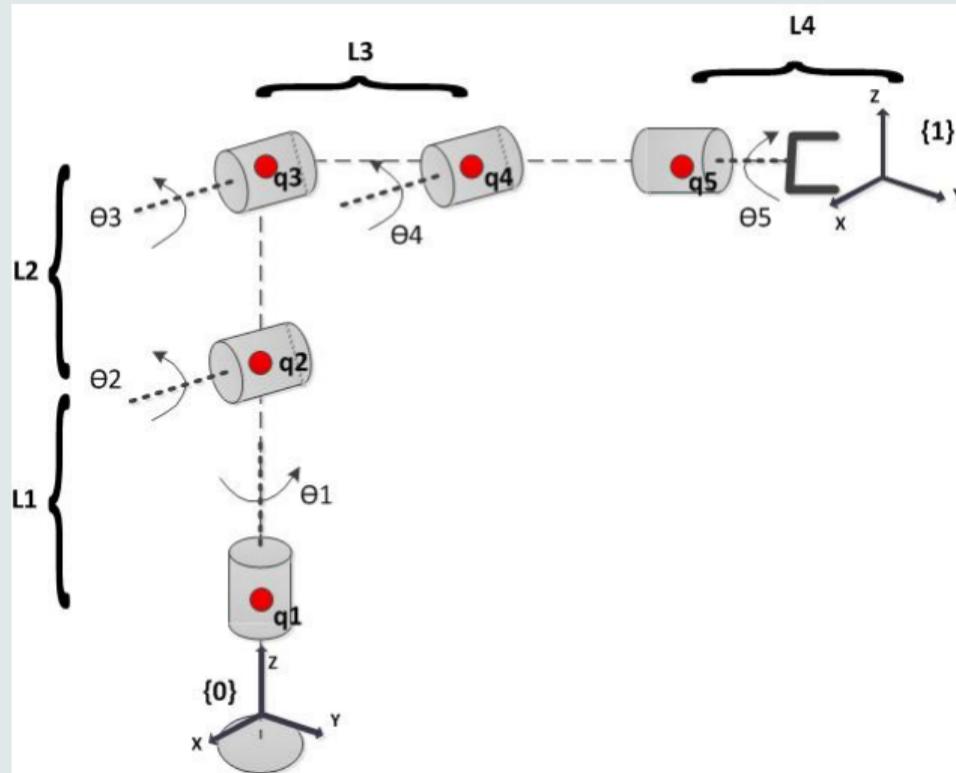
$$T = {}^0A_1 {}^1A_2 {}^2A_3 \dots {}^{n-2}A_{n-1} {}^{n-1}A_n$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

Para determinar la matriz de transformación desde el sistema de origen hasta un sistema H, se utiliza una secuencia de multiplicaciones:

$$T_{OH} = e^{[S_1]\theta_1} e^{[S_2]\theta_2} e^{[S_3]\theta_3} \dots e^{[S_n]\theta_n} M$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES



PRODUCTO DE EXPONENCIALES

VECTORES W

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad w_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad q_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{bmatrix} \quad q_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_3 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix}$$

$$v_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ -l_3 \end{bmatrix} \quad v_5 = \begin{bmatrix} -(l_1 + l_2) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

VECTORES W

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad w_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad q_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{bmatrix} \quad q_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_3 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix}$$

$$v_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ -l_3 \end{bmatrix} \quad v_5 = \begin{bmatrix} -(l_1 + l_2) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

VECTORES W

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad w_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad q_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{bmatrix} \quad q_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_3 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix} \quad q_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 + l_2 \end{bmatrix}$$

$$v_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad v_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ l_1 + l_2 \\ -l_3 \end{bmatrix} \quad v_5 = \begin{bmatrix} -(l_1 + l_2) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES

MATRIZ M

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_3 + l_4 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 + l_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 40,5 \\ 0 & 0 & 1 & 50,8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = e^{\widehat{S}_1 \theta_1} e^{\widehat{S}_2 \theta_2} e^{\widehat{S}_3 \theta_3} e^{\widehat{S}_4 \theta_4} e^{\widehat{S}_5 \theta_5} M$$

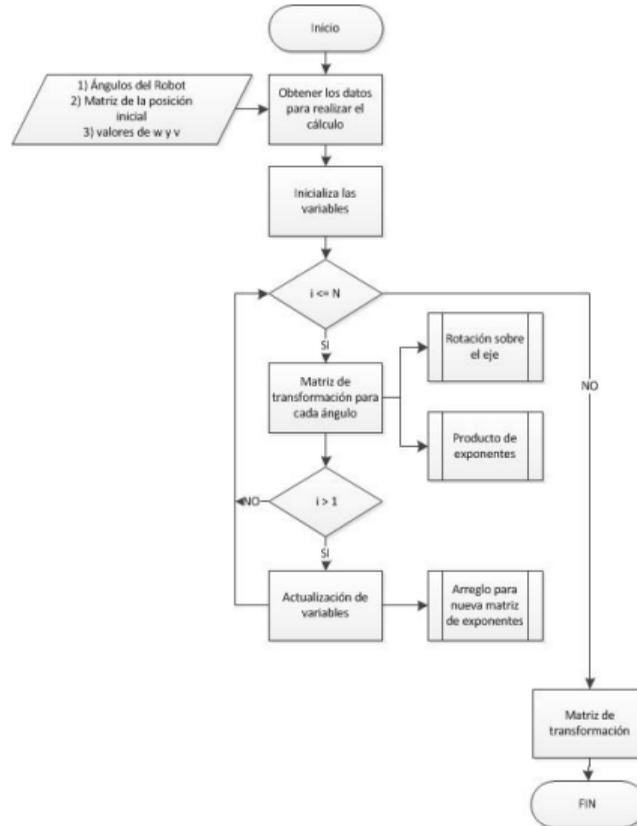
PRODUCTO DE EXPONENCIALES

MATRIZ M

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_3 + l_4 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 + l_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 40,5 \\ 0 & 0 & 1 & 50,8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = e^{\widehat{S}_1 \theta_1} e^{\widehat{S}_2 \theta_2} e^{\widehat{S}_3 \theta_3} e^{\widehat{S}_4 \theta_4} e^{\widehat{S}_5 \theta_5} M$$

PRODUCTO DE EXPONENCIALES



VELOCIDADES Y JACOBIANO

Es una matriz en donde se relaciona la velocidad del efector final respecto a un sistema de coordenadas fijo en la base del manipulador o con respecto a su efector final.

VELOCIDAD ESPACIAL

$$[V_S] = \dot{T} T^{-1}$$
$$T(\theta_1, \dots, \theta_n) = e^{[S_1]\theta_1} e^{[S_2]\theta_2} \dots e^{[S_n]\theta_n} M$$

VELOCIDADES Y JACOBIANO

$$\dot{T} = \left(\frac{d}{dt} e^{[S_1]\theta_1}\right) \dots e^{[S_n]\theta_n} M + e^{[S_1]\theta_1} \left(\frac{d}{dt} e^{[S_2]\theta_2}\right) \dots e^{[S_n]\theta_n} M + \dots$$
$$T^{-1} = M^{-1} e^{-[S_n]\theta_n} \dots e^{-[S_1]\theta_1}$$

$$[V_s] = [S_1]\dot{\theta}_1 + e^{[S_1]\theta_1} [S_2] e^{-[S_1]\theta_1} \dot{\theta}_2 + e^{[S_1]\theta_1} e^{[S_2]\theta_2} [S_3] e^{-[S_1]\theta_1} e^{-[S_2]\theta_2} \dot{\theta}_3 + \dots$$
$$V_s = V_{s1}(\theta)\dot{\theta}_1 + \dots + V_{sn}(\theta)\dot{\theta}_n = J_s(\theta)\dot{\theta}$$

VELOCIDADES Y JACOBIANO

$$\dot{T} = \left(\frac{d}{dt} e^{[S_1]\theta_1}\right) \dots e^{[S_n]\theta_n} M + e^{[S_1]\theta_1} \left(\frac{d}{dt} e^{[S_2]\theta_2}\right) \dots e^{[S_n]\theta_n} M + \dots$$
$$T^{-1} = M^{-1} e^{-[S_n]\theta_n} \dots e^{-[S_1]\theta_1}$$

$$[V_s] = [S_1]\dot{\theta}_1 + e^{[S_1]\theta_1} [S_2] e^{-[S_1]\theta_1} \dot{\theta}_2 + e^{[S_1]\theta_1} e^{[S_2]\theta_2} [S_3] e^{-[S_1]\theta_1} e^{-[S_2]\theta_2} \dot{\theta}_3 + \dots$$
$$V_s = V_{s1}(\theta)\dot{\theta}_1 + \dots + V_{sn}(\theta)\dot{\theta}_n = J_s(\theta)\dot{\theta}$$

VELOCIDADES Y JACOBIANO

El término i de la parte derecha de la ecuación es de la forma

$$Ad_{T_{i-1}}(S_i) = T_{i-1}(S_i)T_{i-1}^{-1} = \begin{bmatrix} R & 0 \\ (p)R & R \end{bmatrix} \begin{pmatrix} w \\ v \end{pmatrix}, \text{ donde } T_{i-1} = e^{[S_1]\theta_1} \dots e^{[S_{i-1}]\theta_{i-1}}.$$

Considerando que el término S_i es el vector de movimiento de la articulación i .

JACOBIANO ESPACIAL

$$V_s = [V_{s1}(\theta) \quad V_{s2}(\theta) \quad \dots \quad V_{sn}(\theta)] \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \vdots \\ \dot{\theta}_n \end{bmatrix}$$

$$V_s = J_s(\theta)\dot{\theta}$$

$$J_s(\theta) = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & w_5 \\ v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -(l_1 + l_2) \\ 0 & l_1 & l_1 + l_2 & l_1 + l_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -l_3 & 0 \end{bmatrix}$$

VELOCIDADES Y JACOBIANO

El término i de la parte derecha de la ecuación es de la forma

$$Ad_{T_{i-1}}(S_i) = T_{i-1}(S_i)T_{i-1}^{-1} = \begin{bmatrix} R & 0 \\ (p)R & R \end{bmatrix} \begin{pmatrix} w \\ v \end{pmatrix}, \text{ donde } T_{i-1} = e^{[S_1]\theta_1} \dots e^{[S_{i-1}]\theta_{i-1}}.$$

Considerando que el término S_i es el vector de movimiento de la articulación i .

JACOBIANO ESPACIAL

$$V_s = [V_{s1}(\theta) \quad V_{s2}(\theta) \quad \dots \quad V_{sn}(\theta)] \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \vdots \\ \dot{\theta}_n \end{bmatrix}$$

$$V_s = J_s(\theta)\dot{\theta}$$

$$J_s(\theta) = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & w_5 \\ v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -(l_1 + l_2) \\ 0 & l_1 & l_1 + l_2 & l_1 + l_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -l_3 & 0 \end{bmatrix}$$

CINEMÁTICA INVERSA

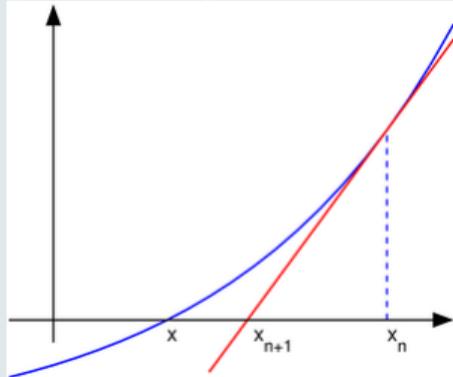
Encuentra los valores que deben adoptar las coordenadas articulares del robot

$$q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}^T$$

Existen metodologías que ofrecen herramientas para realizar los cálculos necesarios. No existe una solución única. Pocos grados de libertad pueden ser resueltos por geometría. Los métodos numéricos son utilizados para mejorar la precisión de las soluciones

NEWTON-RAPHSON

Es un método que linealiza una función por la recta tangente a un valor supuesto. La intersección con el eje, según el método, será una mejor aproximación de la raíz que el valor anterior. Se realizarán sucesivas repeticiones hasta que el método haya convergido lo suficiente.



CINEMÁTICA INVERSA

Se encuentra una solución numérica para el problema de la cinemática inversa

$$\begin{aligned}T(\theta) &= X \\T(\theta)X^{-1} &= I \\ \log(X^{-1}T(\theta)) &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[V_b] &= T^{-1}\dot{T} = [J_b(\theta)\dot{\theta}] \\ [V_b]\Delta t &= T^{-1}\Delta T \\ [V_b]\Delta t &= X^{-1}(X - T(\theta_0)) = I - X^{-1}T(\theta_0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X^{-1}T(\theta_0) &= I + [S] \\ J_b(\theta)\Delta\theta &= S \\ [S] &= \log(X^{-1}T(\theta_0))\end{aligned}$$

CINEMÁTICA INVERSA

Se encuentra una solución numérica para el problema de la cinemática inversa

$$\begin{aligned}T(\theta) &= X \\T(\theta)X^{-1} &= I \\ \log(X^{-1}T(\theta)) &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[V_b] &= T^{-1}\dot{T} = [J_b(\theta)\dot{\theta}] \\ [V_b]\Delta t &= T^{-1}\Delta T \\ [V_b]\Delta t &= X^{-1}(X - T(\theta_0)) = I - X^{-1}T(\theta_0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X^{-1}T(\theta_0) &= I + [S] \\ J_b(\theta)\Delta\theta &= S \\ [S] &= \log(X^{-1}T(\theta_0))\end{aligned}$$

CINEMÁTICA INVERSA

Se encuentra una solución numérica para el problema de la cinemática inversa

$$\begin{aligned}T(\theta) &= X \\T(\theta)X^{-1} &= I \\ \log(X^{-1}T(\theta)) &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[V_b] &= T^{-1}\dot{T} = [J_b(\theta)\dot{\theta}] \\ [V_b]\Delta t &= T^{-1}\Delta T \\ [V_b]\Delta t &= X^{-1}(X - T(\theta_0)) = I - X^{-1}T(\theta_0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X^{-1}T(\theta_0) &= I + [S] \\ J_b(\theta)\Delta\theta &= S \\ [S] &= \log(X^{-1}T(\theta_0))\end{aligned}$$

CINEMÁTICA INVERSA

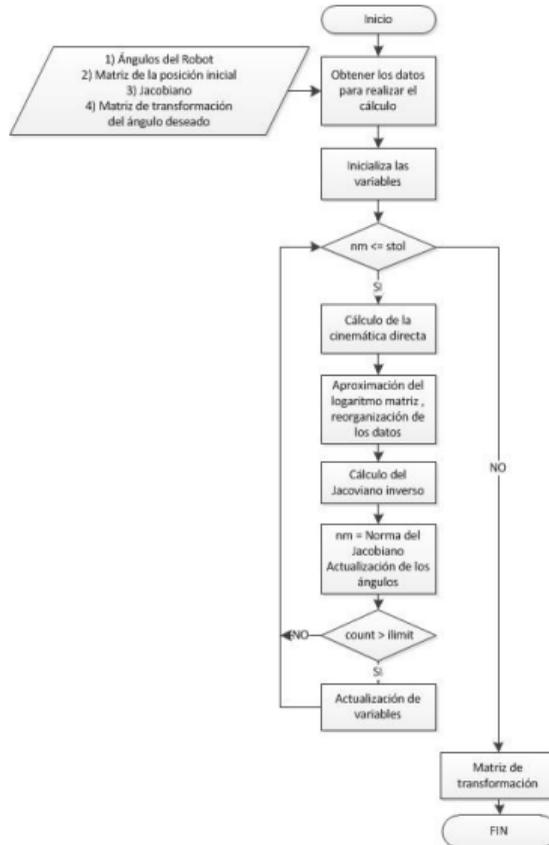
Dado $X \in SE(3)$

$$[S] = \log T(\theta) X^{-1}$$

$$J_s(\theta) \Delta \theta = S$$

$$\theta \leftarrow \theta + \Delta \theta$$

CINEMÁTICA INVERSA



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN**
 - Manipulador CRS A255
- 2 MODELO CINEMÁTICO**
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL**
- 4 IMPLEMENTACIÓN**
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES**

NEWTON-EULER

Formulación de Newton Euler para la dinámica del manipulador robótico

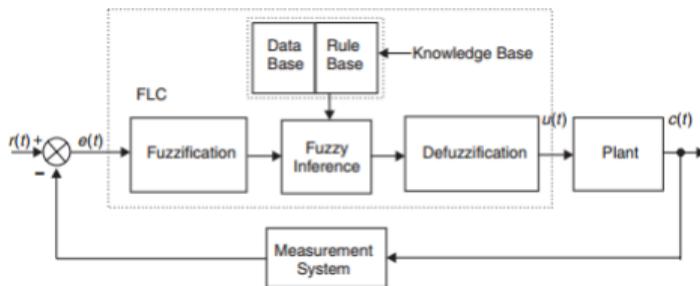
$$\tau_i = M(q)\ddot{q}_i + c(q, \dot{q})\dot{q} + gg(q) + f_f(\dot{q}, q) :$$

Significado	Notación
Masa del eslabón 1, 2, 3	m_1, m_2, m_3
Longitud del eslabón 1, 2, 3	l_1, l_2, l_3
Inercia del eslabón 1, 2, 3	I_{z1}, I_{z2}, I_{z3}
Inercia del eslabón 1, 2, 3	I_{y1}, I_{y2}, I_{y3}
Inercia del eslabón 1, 2, 3	I_{x1}, I_{x2}, I_{x3}

Significado	Notación
Centro de masa del eslabón 1, 2, 3	l_{c1}, l_{c2}, l_{c3}
Coefficiente de fricción viscosa 1, 2, 3	b_1, b_2, b_3
Coefficiente de fricción de Coulomb 1, 2, 3	f_{c1}, f_{c2}, f_{c3}
Coefficiente de fricción estática 1, 2, 3	f_{e1}, f_{e2}, f_{e3}
Aceleración debido a la gravedad	g

SISTEMA DE CONTROL DIFUSO

Usada para modelar la incertidumbre asociada con la falta de precisión y falta de información. Propuesta por primera vez por Zadeh (1965) para controlar un motor a vapor. Su estructura básica es la siguiente:



SISTEMA DE CONTROL DIFUSO

- **Fusificación:** Asignar los valores de entrada a conjuntos difusos
- Base de Reglas: Condiciones lingüísticas, conjunto de reglas
- Inferencia Difusa: Obtener las funciones de pertenencias
- Defusificación: Se transforma en una acción de control para el sistema

SISTEMA DE CONTROL DIFUSO

- **Fusificación:** Asignar los valores de entrada a conjuntos difusos
- **Base de Reglas:** Condiciones lingüísticas, conjunto de reglas
- **Inferencia Difusa:** Obtener las funciones de pertenencias
- **Defusificación:** Se transforma en una acción de control para el sistema

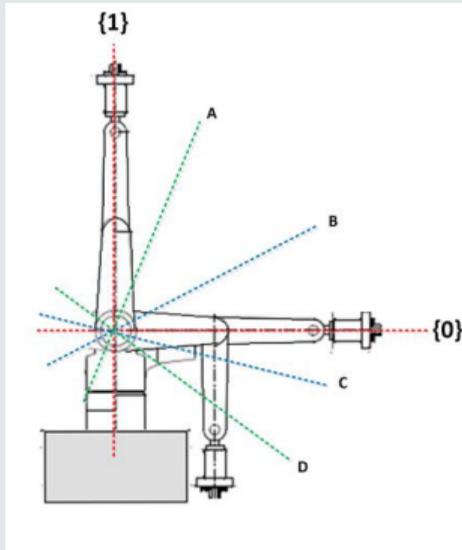
SISTEMA DE CONTROL DIFUSO

- **Fusificación:** Asignar los valores de entrada a conjuntos difusos
- **Base de Reglas:** Condiciones lingüísticas, conjunto de reglas
- **Inferencia Difusa:** Obtener las funciones de pertenencias
- **Defusificación:** Se transforma en una acción de control para el sistema

SISTEMA DE CONTROL DIFUSO

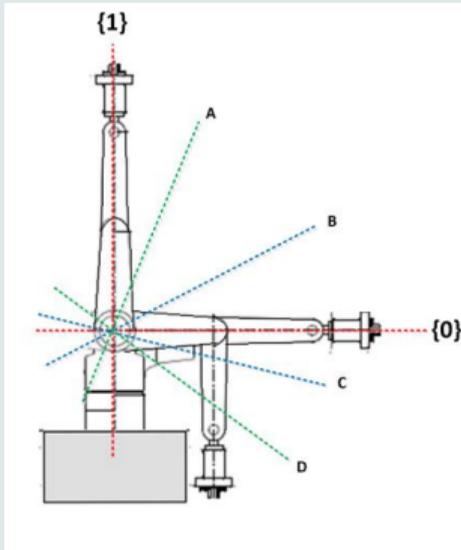
- **Fusificación:** Asignar los valores de entrada a conjuntos difusos
- **Base de Reglas:** Condiciones lingüísticas, conjunto de reglas
- **Inferencia Difusa:** Obtener las funciones de pertenencias
- **Defusificación:** Se transforma en una acción de control para el sistema

FUSIFICACIÓN



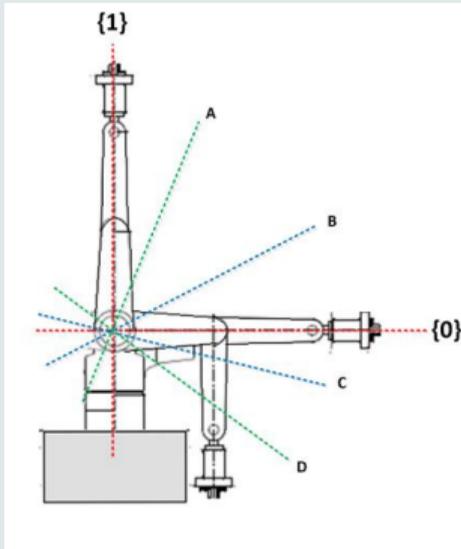
- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

FUSIFICACIÓN



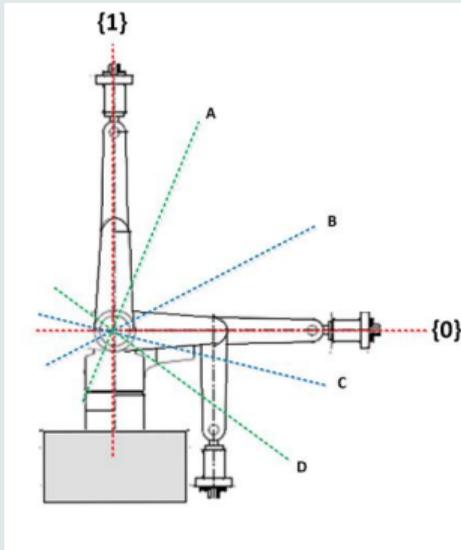
- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

FUSIFICACIÓN



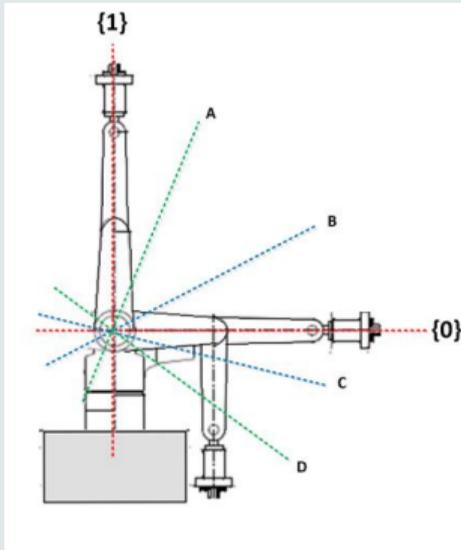
- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

FUSIFICACIÓN



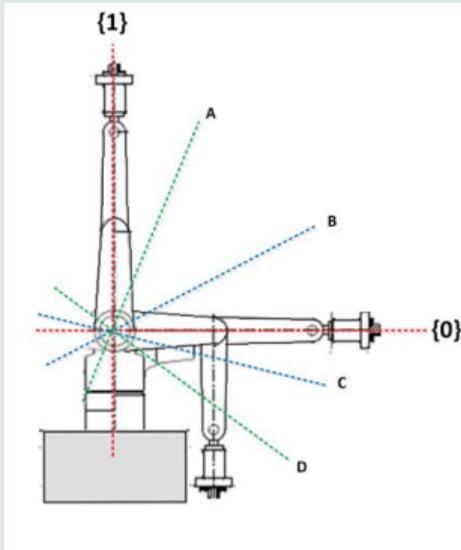
- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

FUSIFICACIÓN



- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

FUSIFICACIÓN



- Grande Negativo "GN"
- Pequeño Negativo "PN"
- Cero "Z"
- Pequeño Positivo "PP"
- Grande Positivo "GP"

BASE DE REGLAS

Los datos para realizar la matriz se utiliza el error y la integral del error primera articulación.

<i>e\ie</i>	<i>GN</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>GP</i>
<i>GN</i>	PN	PN	GN	GN	GN
<i>PN</i>	PN	PN	PN	PN	GN
<i>Z</i>	PN	PN	Z	PP	PP
<i>PP</i>	GP	PP	PP	PP	PP
<i>GP</i>	GP	GP	GP	PP	PP

BASE DE REGLAS

Los datos para realizar la matriz se utiliza el error y la integral del error, segunda y tercera articulación.

<i>e\ie</i>	<i>GN</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>GP</i>
<i>GN</i>	GN	GN	GN	GN	GN
<i>PN</i>	PN	PN	PN	GN	GN
<i>Z</i>	PN	PN	Z	PP	PP
<i>PP</i>	GP	GP	PP	PP	PP
<i>GP</i>	GP	GP	GP	GP	GP

<i>e\ie</i>	<i>GN</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>GP</i>
<i>GN</i>	PN	PN	PN	GN	GN
<i>PN</i>	PN	PN	PN	PN	PN
<i>Z</i>	PN	PN	Z	PP	PP
<i>PP</i>	GP	GP	GP	PP	PP
<i>GP</i>	GP	GP	GP	GP	GP

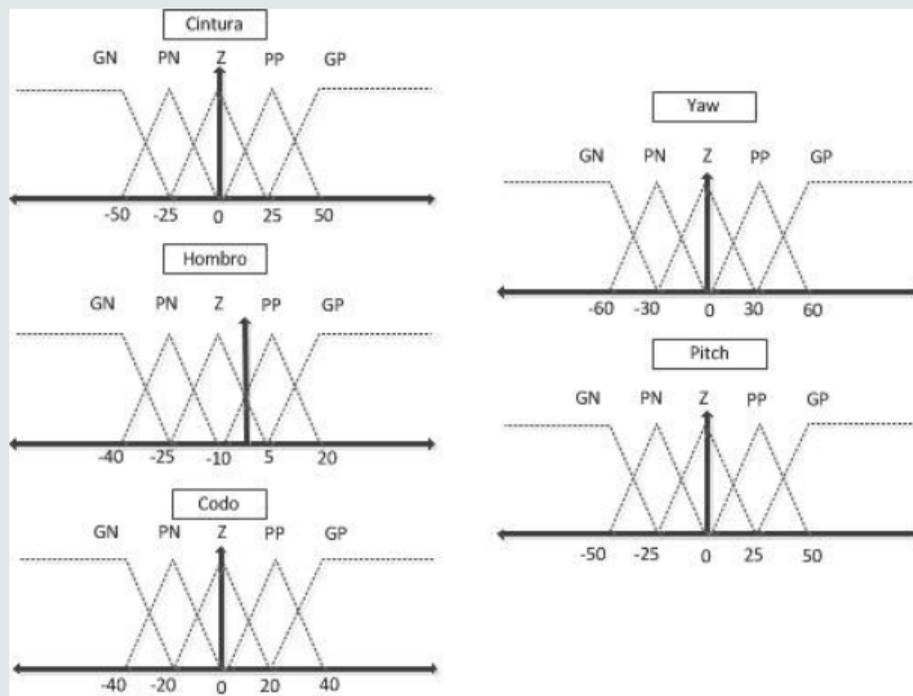
BASE DE REGLAS

Los datos para realizar la matriz se utiliza el error y la integral del error, movimiento de la muñeca.

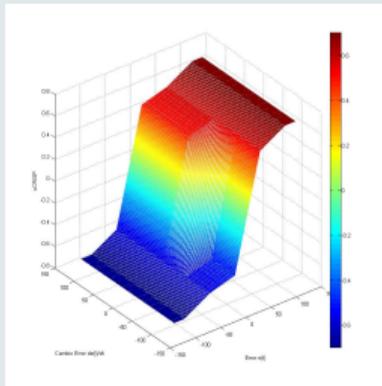
<i>e\ie</i>	<i>GN</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>GP</i>
<i>GN</i>	PN	PN	PN	GN	GN
<i>PN</i>	PN	PN	PN	PN	PN
<i>Z</i>	PN	PN	Z	PP	PP
<i>PP</i>	GP	GP	PP	PP	PP
<i>GP</i>	GP	GP	GP	GP	GP

<i>e\ie</i>	<i>GN</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>GP</i>
<i>GN</i>	GN	GN	GN	GN	GN
<i>PN</i>	PN	PN	PN	GN	GN
<i>Z</i>	PN	PN	Z	PP	PP
<i>PP</i>	GP	GP	PP	PP	PP
<i>GP</i>	GP	GP	GP	GP	GP

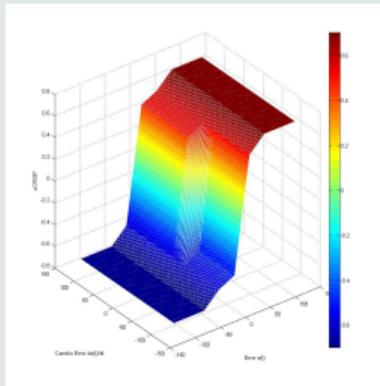
INFERENCIA DIFUSA



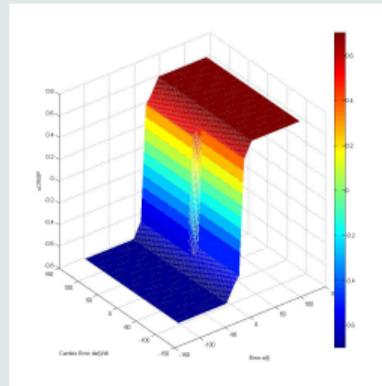
INFERENCIA DIFUSA CINTURA



$$Pe = [-100; -50; 0; 50; 100]$$
$$Pce = [-120; -60; 0; 60; 120]$$

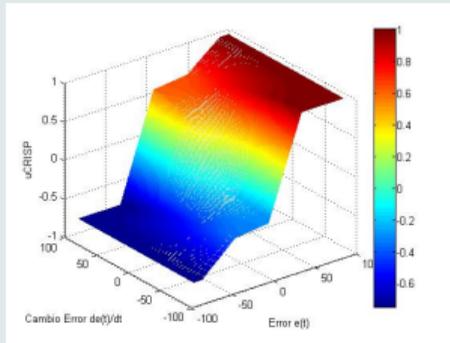


$$Pe = [-60; -30; 0; 30; 60]$$
$$Pce = [-60; -30; 0; 30; 60]$$

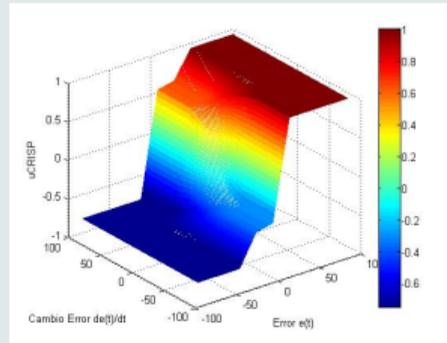


$$Pe = [-25; -10; 0; 10; 25]$$
$$Pce = [-30; -15; 0; 15; 30]$$

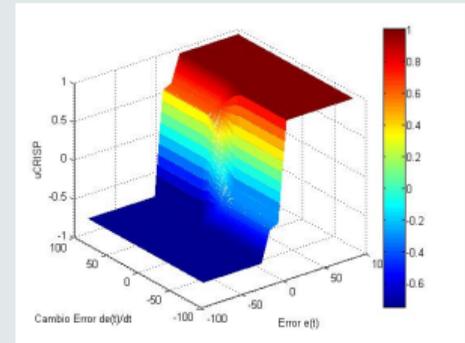
INFERENCIA DIFUSA CODO



$$Pe = [-80; -40; 0; 40; 80]$$
$$Pce = [-80; -40; 0; 40; 80]$$

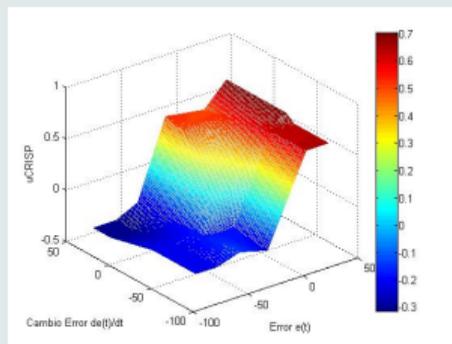


$$Pe = [-40; -20; 0; 20; 40]$$
$$Pce = [-40; -20; 0; 20; 40]$$

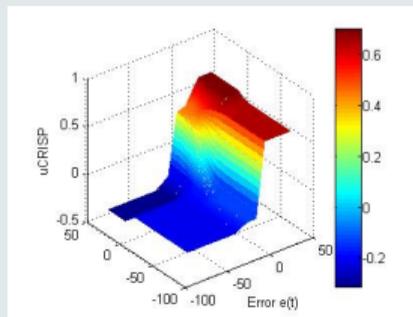


$$Pe = [-20; -10; 0; 10; 20]$$
$$Pce = [-20; -10; 0; 10; 20]$$

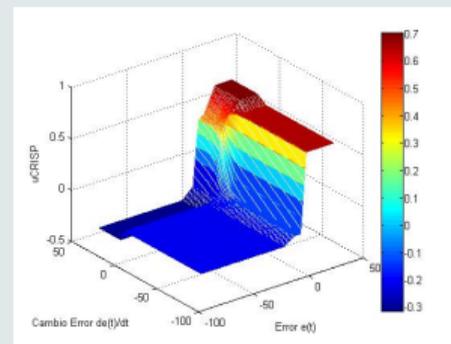
INFERENCIA DIFUSA HOMBRO



$$Pe = [-80; -50; -40; 10; 40]$$
$$Pce = [-70; -50; -25; 10; 30]$$

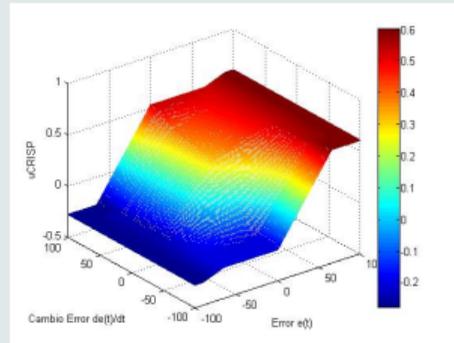


$$Pe = [-40; -25; -10; 5; 20]$$
$$Pce = [-35; -20; -10; 0; 15]$$

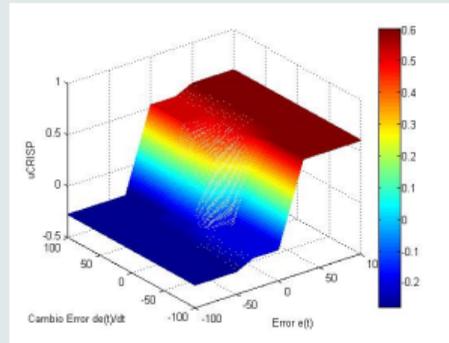


$$Pe = [-20; -10; 0; 5; 15]$$
$$Pce = [-15; -5; 0; 5; 15]$$

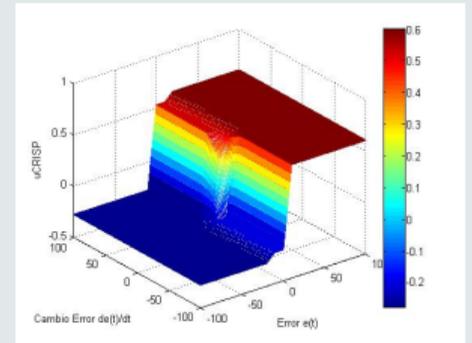
INFERENCIA DIFUSA MUÑECA



$$Pe = [-90; -65; 0; 65; 90]$$
$$Pce = [-90; -65; 0; 65; 90]$$



$$Pe = [-50; -30; 0; 30; 50]$$
$$Pce = [-50; -30; 0; 30; 50]$$



$$Pe = [-20; -10; 0; 10; 20]$$
$$Pce = [-20; -10; 0; 10; 20]$$

DEFUSIFICACIÓN

CENTRO DE GRAVEDAD

La salida del sistema es el resultado del promedio de todas las reglas, donde el nivel de salida z_i de cada regla es ponderado por el valor w_i de su inferencia :

$$U_{crisp} = \frac{\sum w_i z_i}{\sum w_i}$$

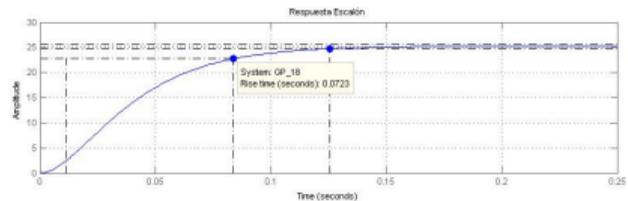
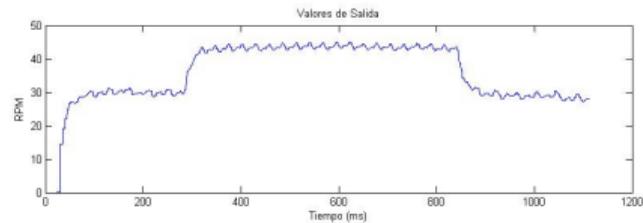
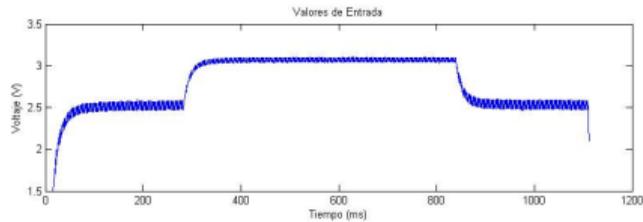
ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 MODELO CINEMÁTICO
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

ÍNDICE

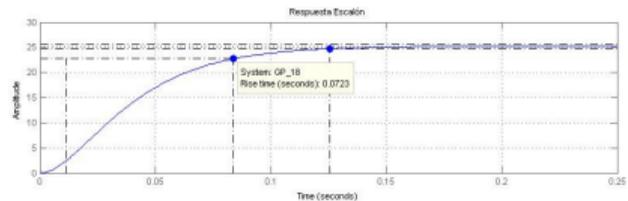
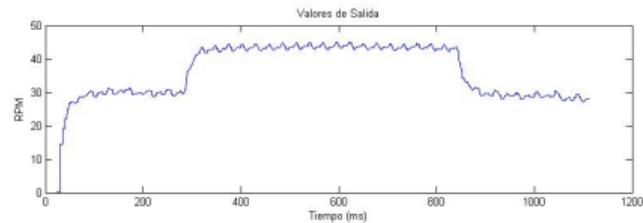
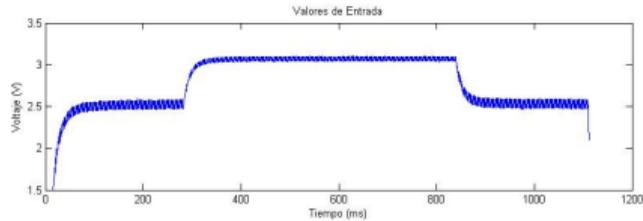
- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 MODELO CINEMÁTICO
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

TIEMPO DE MUESTREO



- $G_s = \frac{25,25}{(1+0,0215*s)^2}$
- $\tau = 0,0723$
- $t_s = 0,126$

TIEMPO DE MUESTREO

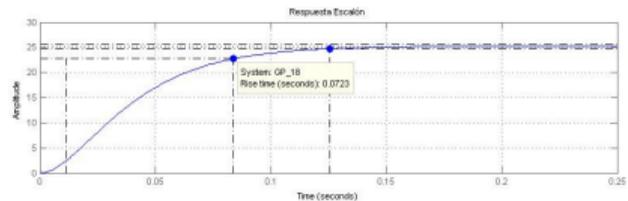
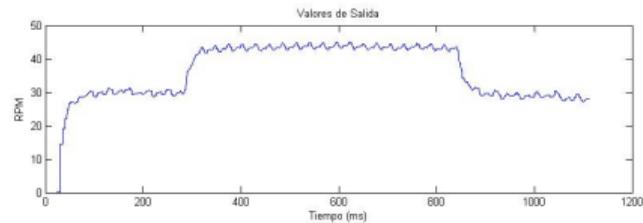
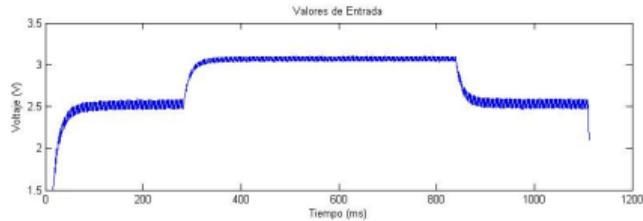


$$G_s = \frac{25,25}{(1+0,0215*s)^2}$$

$$\tau = 0,0723$$

$$t_s = 0,126$$

TIEMPO DE MUESTREO

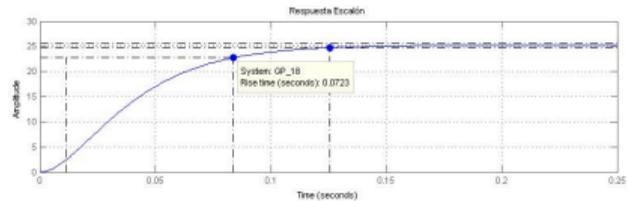
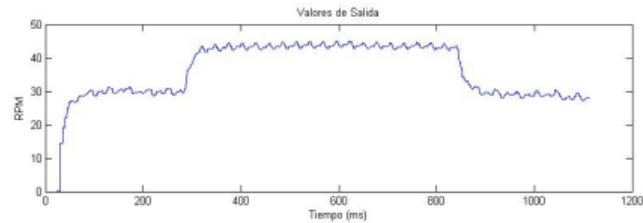
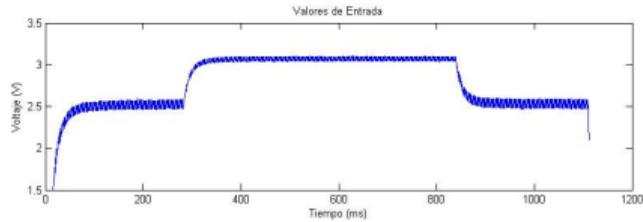


$$G_s = \frac{25,25}{(1+0,0215*s)^2}$$

$$\tau = 0,0723$$

$$ts = 0,126$$

TIEMPO DE MUESTREO



- $G_s = \frac{25,25}{(1+0,0215*s)^2}$
- $\tau = 0,0723$
- $t_s = 0,126$

TIEMPO DE MUESTREO

	Rise Time	Setling Time	Kp	Tp1	Tp2	fit
P2_10	0,0932	0,17	25,133	0,0073	0,0412	89,64 %
P2_12	0,0736	0,128	23,829	0,0217	0,0221	88,17 %
P2_14	0,0784	0,141	25,21	0,0128	0,0317	88,25 %
P2_16	0,0687	0,119	27,825	0,0204	0,0204	89,50 %
P2_18	0,0723	0,126	25,256	0,0215	0,0215	90,84 %
P2_20	0,0895	0,155	23,337	0,0266	0,0266	88,33 %

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

TARJETA DE CONTROL Y POTENCIA



CONTROL

- Regulador 5V y 3V
- STM32f4 Discovery
- Entradas y Salidas
- MPU6050

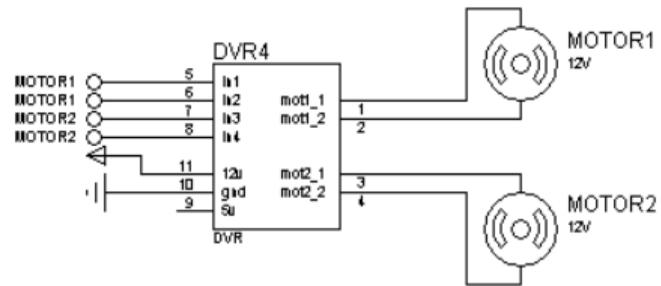
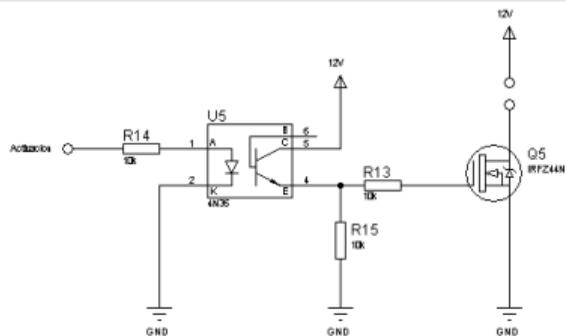
POTENCIA

- Fuente 12V 20A
- Drivers L298N
- Mosfet IRFZ44N
- Convertidor Boost
- Optoacoplador 4N25

CARACTERÍSTICAS

	16F88	18F452	STM32F4
Reloj	20 MHz	40 MHz	168 MHz
Flash	7 Kb	32 Kb	1 Mb
RAM	368 byte	1536 byte	192 Kb

DIAGRAMAS



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 MODELO CINEMÁTICO
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

PRUEBAS

- Posición 1: $x = (15)$; $y = (50)$; $z = (35)$
- Posición 2: $x = (30)$; $y = (46)$; $z = (21)$

	<i>Error medio Posicion1</i>	<i>Error medio Posicion2</i>	<i>Promedio</i>
■ <i>Cintura</i>	0,6	<i>Cintura</i> 0,625	0,6125
■ <i>Hombro</i>	1,3	<i>Hombro</i> 0,975	1,1375
<i>Codo</i>	1,125	<i>Codo</i> 0,6	0,8625
<i>Yaw</i>	1,65	<i>Yaw</i> 2,075	1,8625

PRUEBAS

- Posición 1: $x = (15)$; $y = (50)$; $z = (35)$
- Posición 2: $x = (30)$; $y = (46)$; $z = (21)$

	<i>Error medio Posicion1</i>	<i>Error medio Posicion2</i>	<i>Promedio</i>
■ <i>Cintura</i>	0,6	<i>Cintura</i> 0,625	0,6125
■ <i>Hombro</i>	1,3	<i>Hombro</i> 0,975	1,1375
<i>Codo</i>	1,125	<i>Codo</i> 0,6	0,8625
<i>Yaw</i>	1,65	<i>Yaw</i> 2,075	1,8625

PRUEBAS

- Posición 1: $x = (15)$; $y = (50)$; $z = (35)$
- Posición 2: $x = (30)$; $y = (46)$; $z = (21)$

	<i>Error medio Posicion1</i>	<i>Error medio Posicion2</i>	<i>Promedio</i>
■ <i>Cintura</i>	0,6	<i>Cintura</i> 0,625	0,6125
■ <i>Hombro</i>	1,3	<i>Hombro</i> 0,975	1,1375
<i>Codo</i>	1,125	<i>Codo</i> 0,6	0,8625
<i>Yaw</i>	1,65	<i>Yaw</i> 2,075	1,8625

PRUEBAS

- Posición 1: $x = (15)$; $y = (50)$; $z = (35)$
- Posición 2: $x = (30)$; $y = (46)$; $z = (21)$

<i>Error medio Posicion1</i>		<i>Error medio Posicion2</i>		<i>Promedio</i>
Cintura	0,6	Cintura	0,625	0,6125
Hombro	1,3	Hombro	0,975	1,1375
Codo	1,125	Codo	0,6	0,8625
Yaw	1,65	Yaw	2,075	1,8625

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

PARÁMETROS

- $\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * z_{\alpha/2} \right)$
- \bar{x} : es el valor de la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- $z_{\alpha/2}$: es el valor de la tabla normal asociado al nivel de confianza
- n : tamaño de la muestra.

INTERVALO DE CONFIANZA

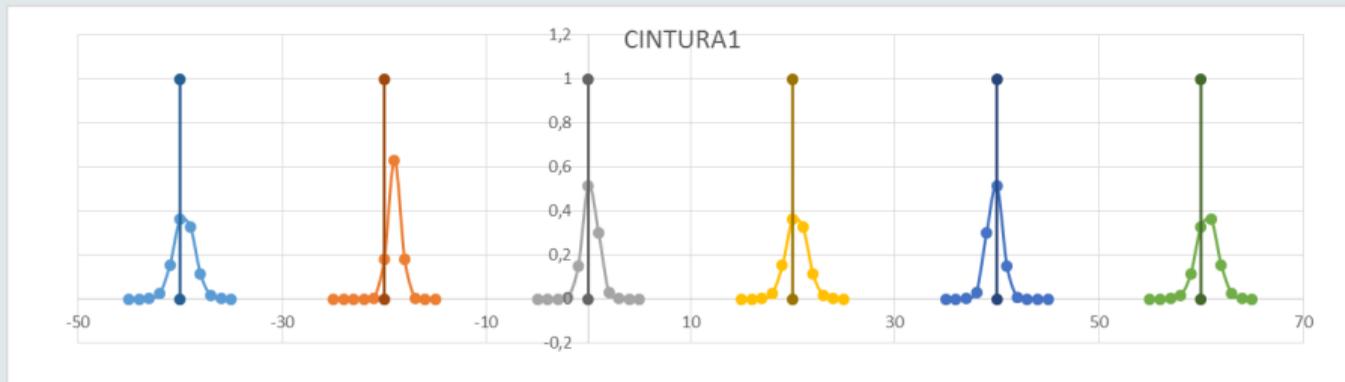
Si el nivel de confianza es 95% entonces $(1 - \alpha)$ tiene el valor de 0.95, por lo que α será 0.05 dividido entre dos es 0.025, éste valor restamos de la unidad y buscamos en la tabla de distribución el valor correspondiente.

$$\text{confianza} = 99\% \quad z = 2,58$$

$$\text{confianza} = 95\% \quad z = 1,96$$

$$\text{confianza} = 90\% \quad z = 1,65$$

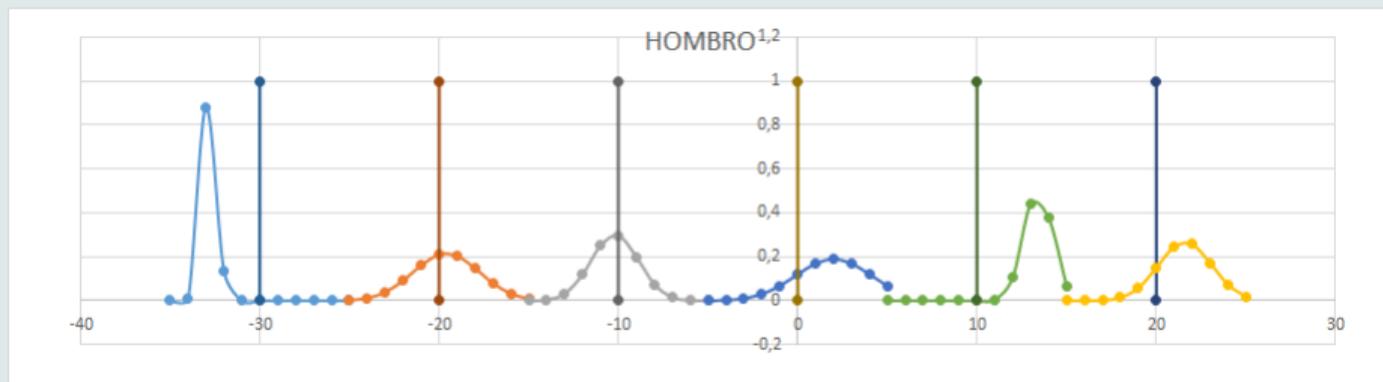
DIAGRAMAS DE DESVIACIÓN



$(-40,375; -38,824)$ $(-20,301; -18,89)$ $(-0,456; 0,856)$

$(19,506; 21,294)$ $(39,144; 40,456)$ $(59,706; 61,493)$

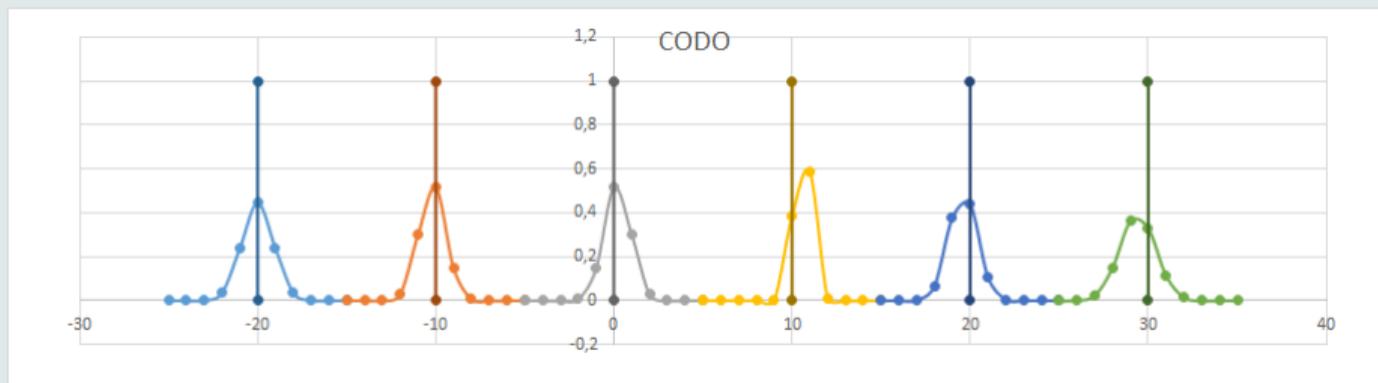
DIAGRAMAS DE DESVIACIÓN



(-33,150; -32,449) (-21,226; -17,974) (-11,362; -9,037)

(-0,161; 3,838) (12,698; 14,101) (20,288; 22,911)

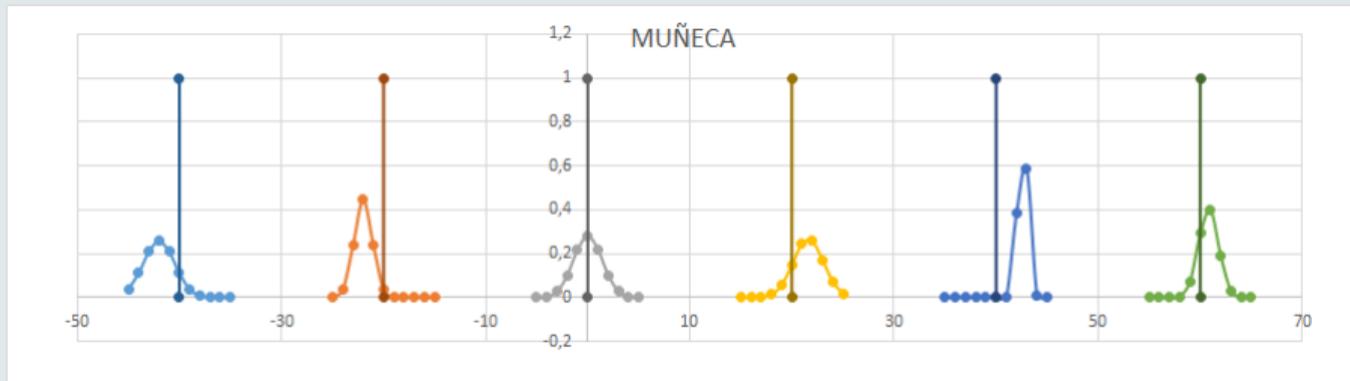
DIAGRAMAS DE DESVIACIÓN



(-21,032; -18,968) (-11,063; -9,336) (-0,663; -1,063)

(-10,175; 11,029) (18,899; 20,301) (28,223; 30,577)

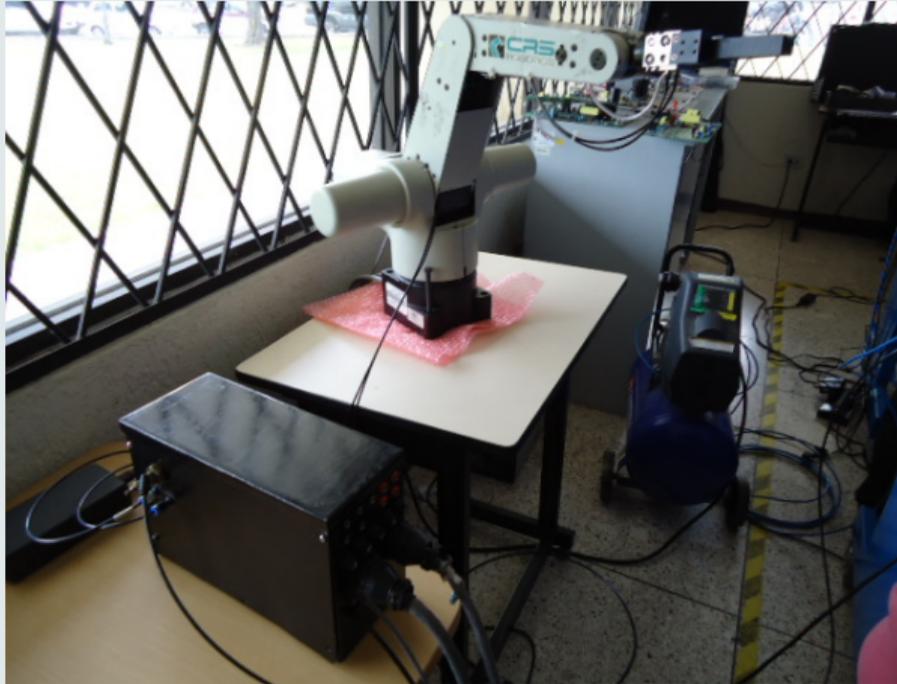
DIAGRAMAS DE DESVIACIÓN



(-43,357 ; -40,642) (-22,784 ; -21,216) (-1,239 ; 1,239)

(20,288 ; 22,911) (42,170 ; 43,029) (59,941 ; 61,659)

CONTROLADOR FINAL



ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
 - Manipulador CRS A255
- 2 MODELO CINEMÁTICO
 - Matrices de transformación homogénea
 - Cinemática
- 3 SISTEMA DE CONTROL
- 4 IMPLEMENTACIÓN
 - Rediseño controlador CAD
 - Pruebas
- 5 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- El Producto de exponenciales simplifica considerablemente el análisis del modelo cinemático
- La implementación del método de Newton-Raphson junto con el Jacobiano espacial facilita el cálculo de la cinemática inversa
- El uso de un control difuso, las funciones de pertenencia y las bases de reglas permitieron generar el movimiento deseado y alcanzar el objetivo de control.
- El rediseño del controlador CAD permite una alternativa válida para poder sustituir al controlador original, además de que permite mejoras sobre su sistema de control

CONCLUSIONES

- El Producto de exponenciales simplifica considerablemente el análisis del modelo cinemático
- La implementación del método de Newton-Raphson junto con el Jacobiano espacial facilita el cálculo de la cinemática inversa
- El uso de un control difuso, las funciones de pertenencia y las bases de reglas permitieron generar el movimiento deseado y alcanzar el objetivo de control.
- El rediseño del controlador CAD permite una alternativa válida para poder sustituir al controlador original, además de que permite mejoras sobre su sistema de control

CONCLUSIONES

- El Producto de exponenciales simplifica considerablemente el análisis del modelo cinemático
- La implementación del método de Newton-Raphson junto con el Jacobiano espacial facilita el cálculo de la cinemática inversa
- El uso de un control difuso, las funciones de pertenencia y las bases de reglas permitieron generar el movimiento deseado y alcanzar el objetivo de control.
- El rediseño del controlador CAD permite una alternativa válida para poder sustituir al controlador original, además de que permite mejoras sobre su sistema de control

CONCLUSIONES

- El Producto de exponenciales simplifica considerablemente el análisis del modelo cinemático
- La implementación del método de Newton-Raphson junto con el Jacobiano espacial facilita el cálculo de la cinemática inversa
- El uso de un control difuso, las funciones de pertenencia y las bases de reglas permitieron generar el movimiento deseado y alcanzar el objetivo de control.
- El rediseño del controlador CAD permite una alternativa válida para poder sustituir al controlador original, además de que permite mejoras sobre su sistema de control

GRACIAS POR LA ATENCIÓN