



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT DELTA CON IMPLEMENTACIÓN DE UN CORTADOR LÁSER CNC UTILIZANDO LA PLATAFORMA ROBOTIC OPERATING SYSTEM (ROS) PARA LA ELABORACIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICITARIOS”

**QUIMBITA ZAPATA WILMER ENRIQUE
TUMBACO MENDOZA DIANA CAROLINA**

Latacunga, 2014



INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es el diseño y construcción de un prototipo de robot paralelo tipo delta, con un cortador láser capaz de grabar anuncios publicitarios en materiales suaves utilizando software libre.



CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS



Robótica

Definición de robot:

Tipos de robots según su estructura:

Robot Tipo Serie

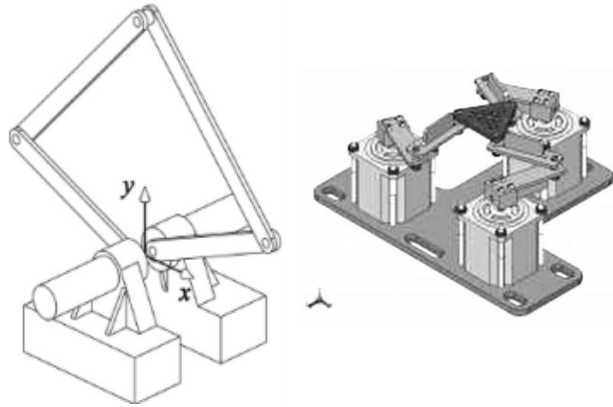


Robot Paralelo

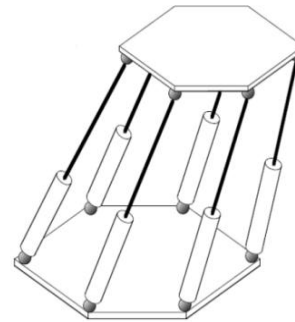


ROBOT PARALELO

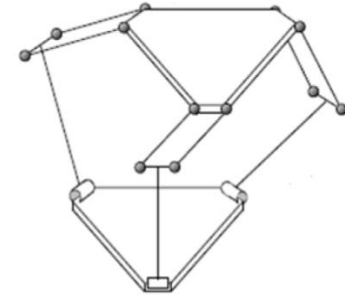
Planar



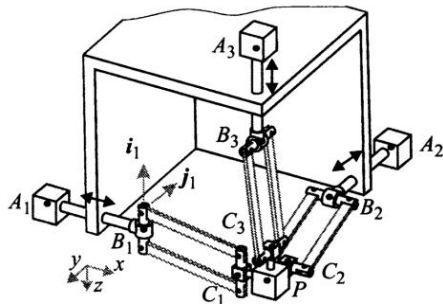
Espacial



Delta



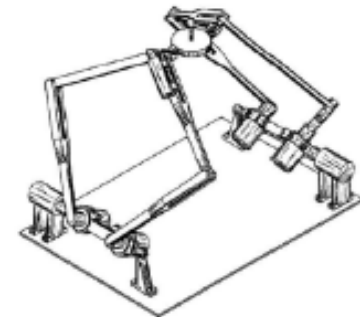
Orthoglide



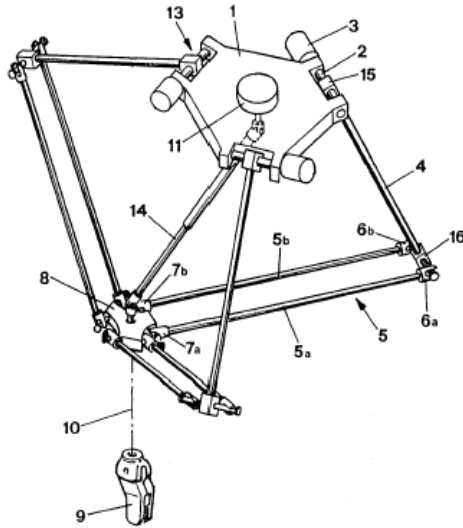
Adept Quattro



Robot 6 GDL



ROBOT TIPO DELTA



Ventajas

Arquitectura más rígida

Alta relación
carga/peso

Mayor precisión

Altas velocidades

Desventajas

Cinemática Compleja

Espacio de trabajo
reducido

Arquitectura Mecánica
Compleja



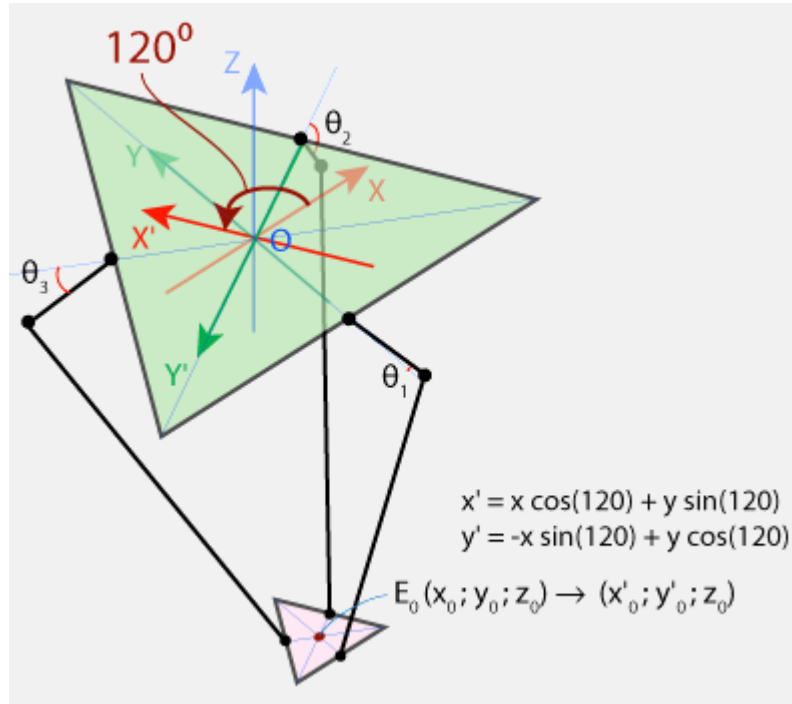
CINEMÁTICA DEL ROBOT DELTA

El problema cinemático en un robot es encontrar la relación de la posición del efector final y los ángulos. La cinemática de un mecanismo se divide en:

- Cinemática inversa
- Cinemática Directa



CINEMÁTICA INVERSA DEL ROBOT DELTA



El análisis cinemático inverso busca encontrar la relación entre la posición de la plataforma móvil, específicamente el punto $E(x_0, y_0, z_0)$ y los ángulos de los brazos θ_1 , θ_2 y θ_3



CINEMÁTICA INVERSA DEL ROBOT DELTA

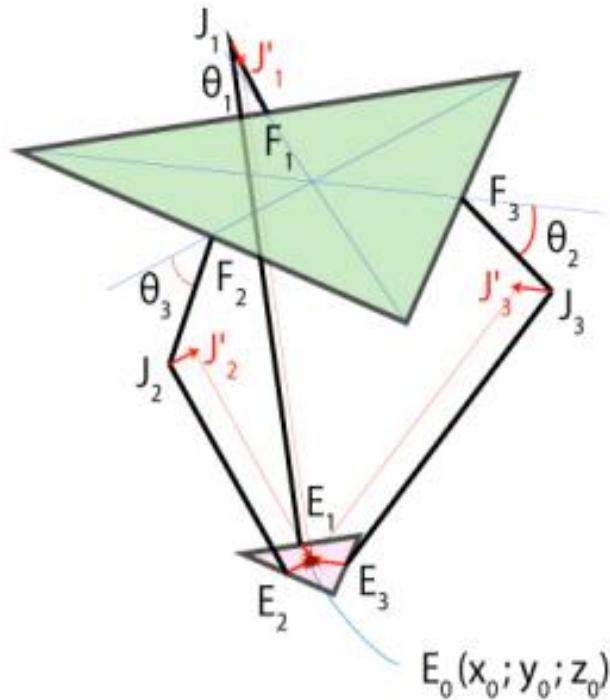
El objetivo es encontrar el ángulo de cada uno de los actuadores conociendo la posición del efector final,

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{z_{J1}}{y_{F1} - y_{J1}}\right)$$

Para los otros brazos se usa la matriz de rotación con un ángulo de 120° para el brazo 2 y 240° para el 3



CINEMATICA DIRECTA DEL ROBOT DELTA



Los ángulos θ_1 , θ_2 y θ_3 vienen dados y se necesita saber las coordenadas (x_0, y_0, z_0) del punto E_0 del efector final.



CINEMATICA DIRECTA DEL ROBOT DELTA

$$(a_1^2 + a_2^2 + 1)z^2 + 2(a_1 + a_2(b_2 - y_1) - z_1)z + (b_1^2 + (b_2 - y_1)^2 + z_1^2 - r_e^2) = 0$$

Se encuentra z_0 (hay que elegir la raíz negativa más pequeña de la ecuación), después calcular x_0 y y_0 de las siguientes ecuaciones

$$x = a_1z + b_1$$

$$y = a_2z + b_2$$

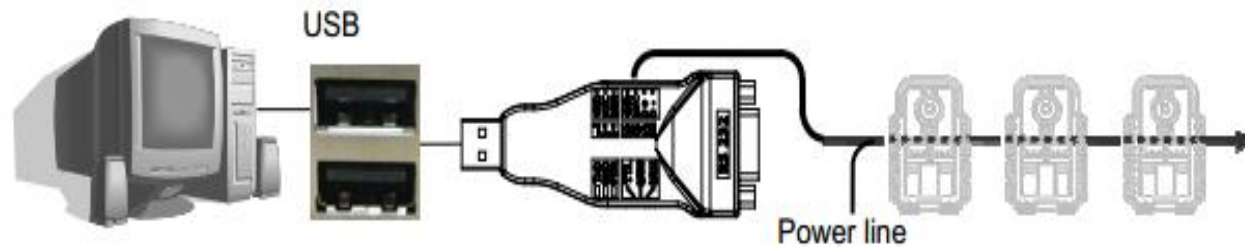


SOFTWARE

ROS



ACTUADORES



DIODO LÁSER

Es un chip de material semiconductor controlado por una fuente de alimentación de bajo voltaje

Rojo	760-630 nanómetros
Naranja	630-600 nanómetros
Amarillo	600-570 nanómetros
Amarillo-verdoso	570-550 nanómetros
Verde	550-520 nanómetros
Verde-azulado	520-500 nanómetros
Azul	500-450 nanómetros
Violeta	450-380 nanómetros



GRABACIÓN POR LÁSER

Técnica de impresión de artículos promocionales y de marketing utilizada principalmente sobre materiales resistentes y/o deslizantes que no permiten un buen agarre de la tinta de marcaje.



CAPÍTULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO



1822
ECUADOR

ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PARÁMETROS DE DISEÑO

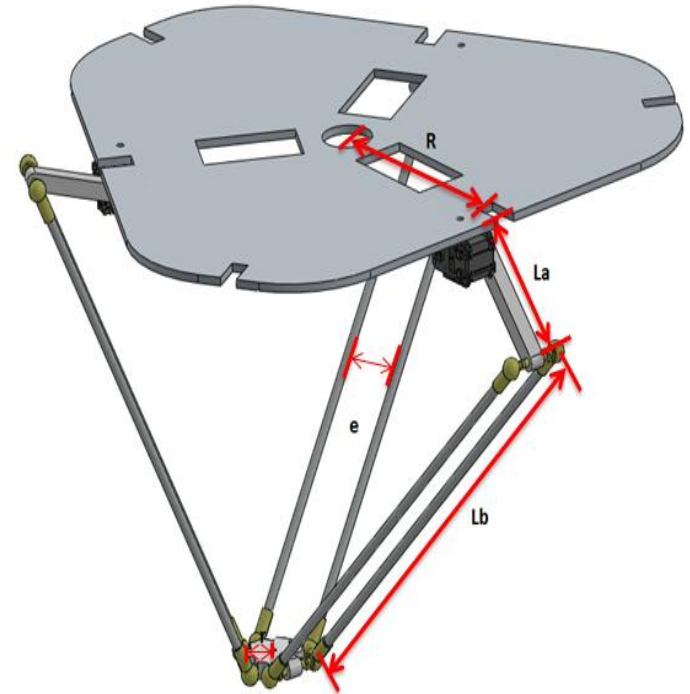
Material	Densidad (g/cm^3)	Módulo de elasticidad [GPa]
Acero	7.85	200
Aluminio	2.7	68.9



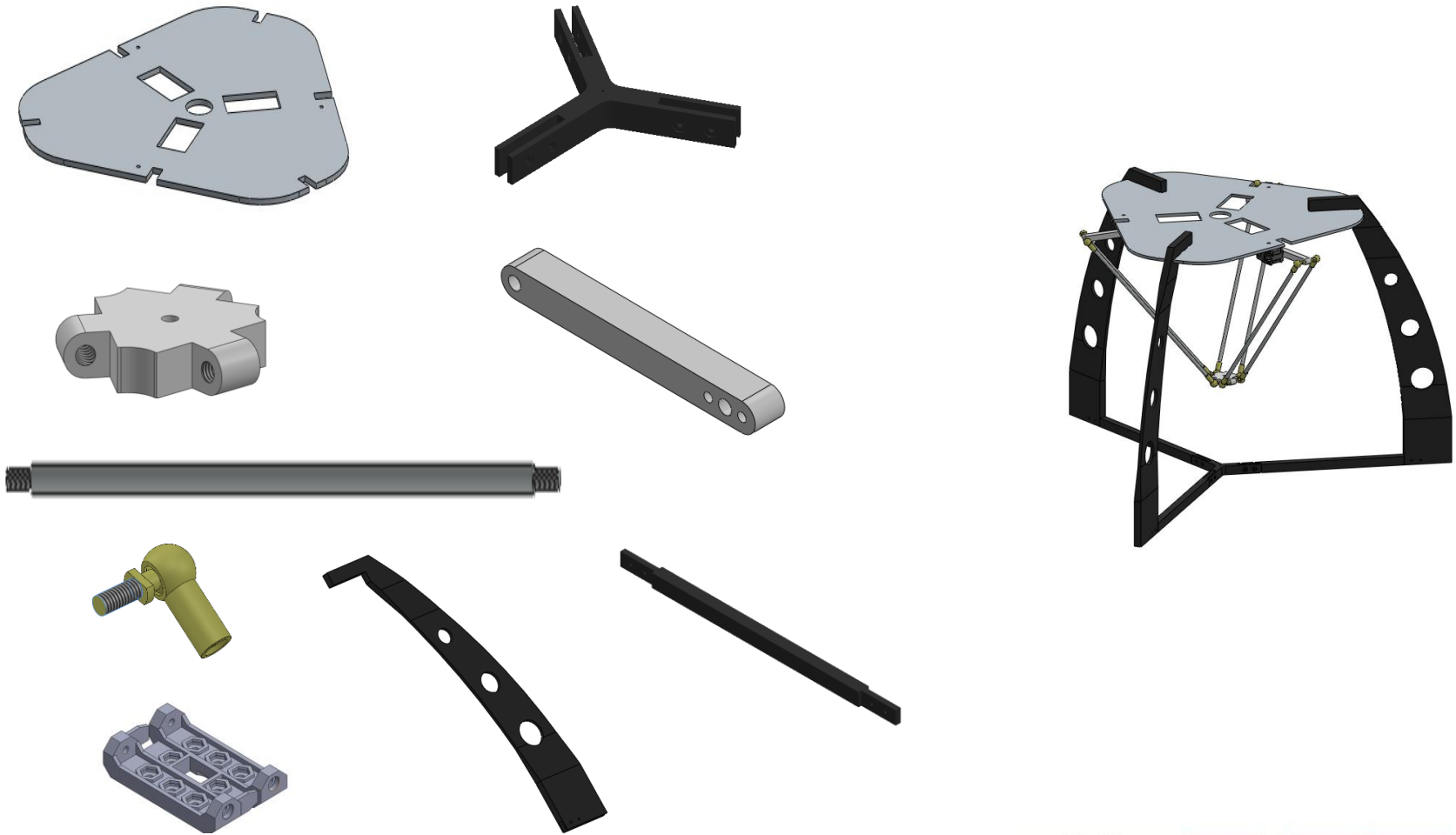
PARÁMETROS DE DISEÑO

Dimensiones del robot delta

Parámetros Geométricos	Valor
Longitud del brazo (L_a)	100 mm
Longitud del antebrazo (L_b)	419,73 mm
Radio del anillo móvil (r)	25,42 mm
Radio del anillo Fijo (R)	192 mm
Espacio entre brazos (e)	42,84 mm



DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO



Análisis Estático

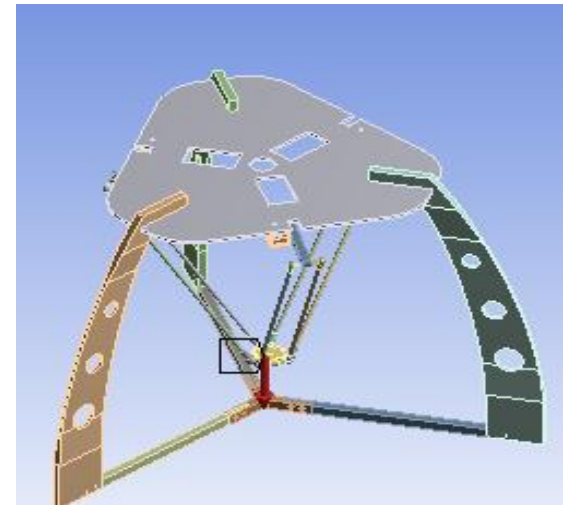
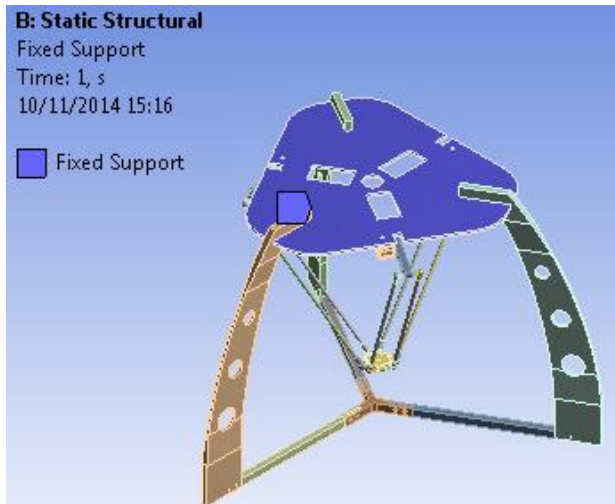
Antes de realizar el análisis se debe dar el material correspondiente a cada componente

Elemento	Cantidad	Material
Plataforma Fija	1	Aluminio
Brazo	3	Aluminio
Rótulas	12	Aluminio
Barra	6	Aluminio
Plataforma Móvil	1	Aluminio
Pata	3	Acero
Tensor	3	Acero
Conector Delta	1	Acero
Frame F3	3	Plástico
Servomotores	3	Plástico



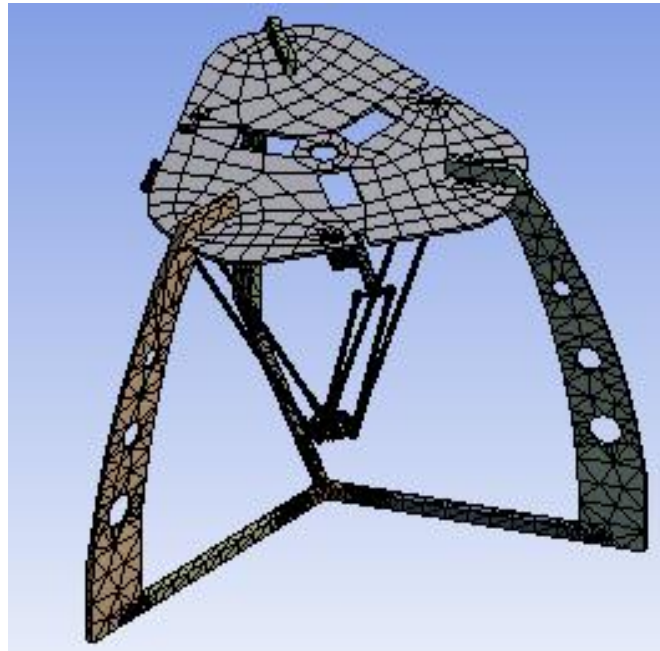
Análisis Estático

Restricciones Y Cargas



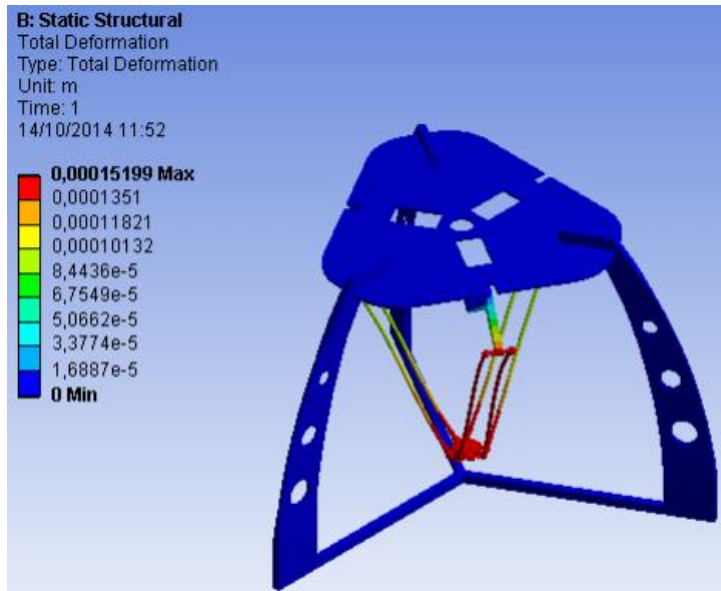
Análisis Estático

Ejecución del Estudio



Análisis Estático

Deformación Total

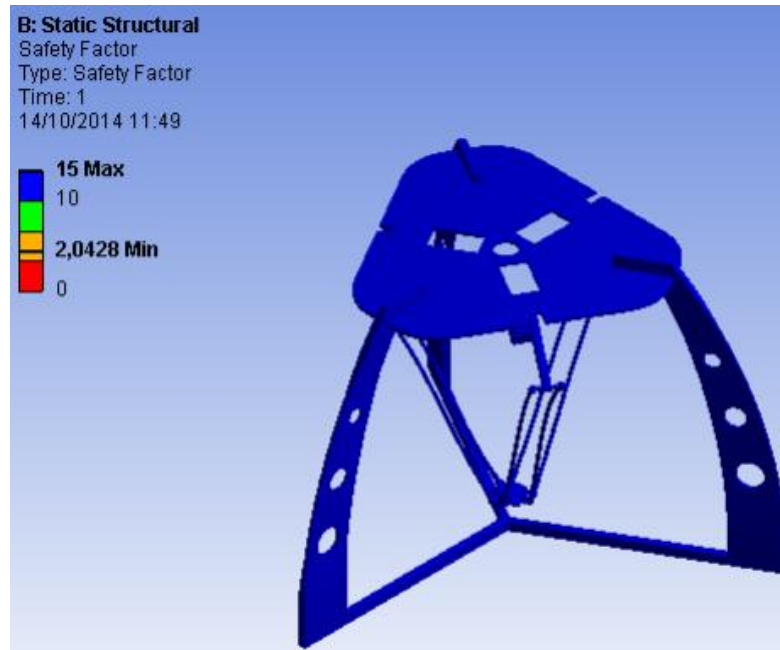


Tensión Equivalente

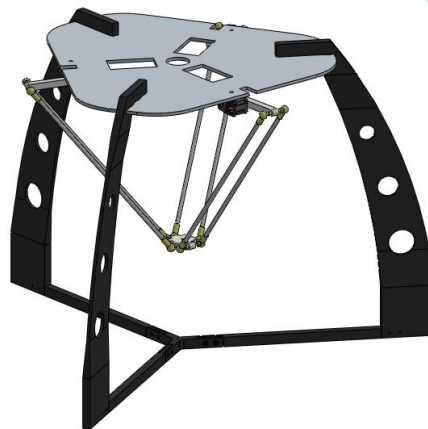
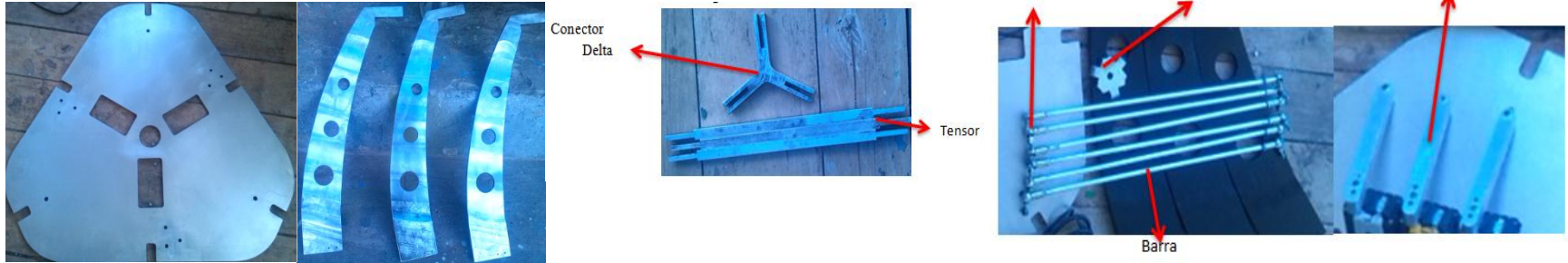


Análisis Estático

Factor de Seguridad



ENSAMBLE MECÁNICO



CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL



TECNOLOGÍAS EMPLEADAS:



INSTALACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

← → ↻ 🏠 www.ros.org/install/ 📄 ☆ ↻

ROS

[About](#) [Why ROS?](#) [Getting Started](#) [Get Involved](#) [Blog](#)

GETTING STARTED

[Install](#)

[ROS Support](#)

Install



Get ROS Indigo Igloo on Ubuntu Linux

Install

[Donate to ROS](#)

For more options, consult the installation guide.

[Press Kit](#)
[Contact Us](#)



Brought to you by the Open Source Robotics Foundation. Donate today!

Except where otherwise noted, the ros.org web pages are licensed under Creative Commons Attribution 3.0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

indigo/ Installation/ Ubuntu

Ubuntu install of ROS Indigo

We are building Debian packages for several Ubuntu platforms, listed below. These packages are more efficient than source-based builds and are our preferred installation method for Ubuntu.

If you need to install from source (**not recommended**), please see [source \(download-and-compile\) installation instructions](#).

Tabla de Contenidos

- 1. [Ubuntu install of ROS Indigo](#)
 - 1. [Installation](#)
 - 1. [Configure your Ubuntu repositories](#)
 - 2. [Setup your sources.list](#)
 - 3. [Set up your keys](#)
 - 4. [Installation](#)
 - 5. [Initialize rosdep](#)
 - 6. [Environment setup](#)
 - 7. [Getting rosinstall](#)
 - 2. [Tutorials](#)
 - 1. [Obtain source code of the installed packages](#)

Wiki

- [Distributions](#)
- [ROS/Installation](#)
- [ROS/Tutorials](#)
- [RecentChanges](#)
- [Ubuntu](#)

Página

- [Página inmutable](#)
- [Información](#)
- [Adjuntos](#)
- [Más Acciones](#) ▼

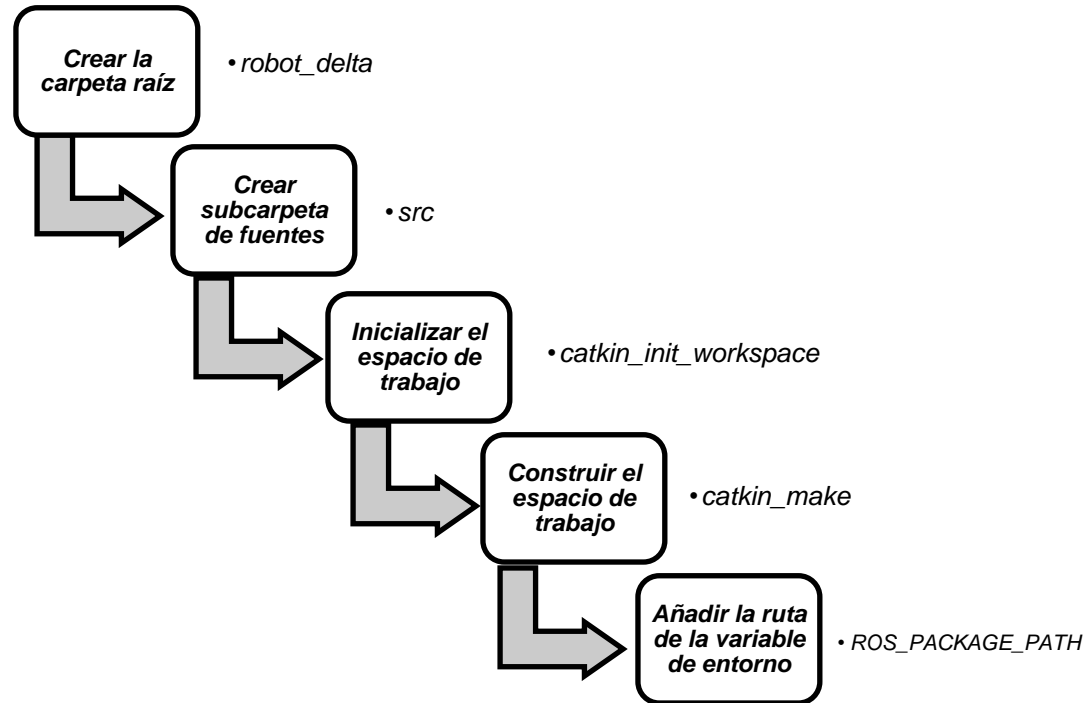
Usuario

- [Ingresar](#)



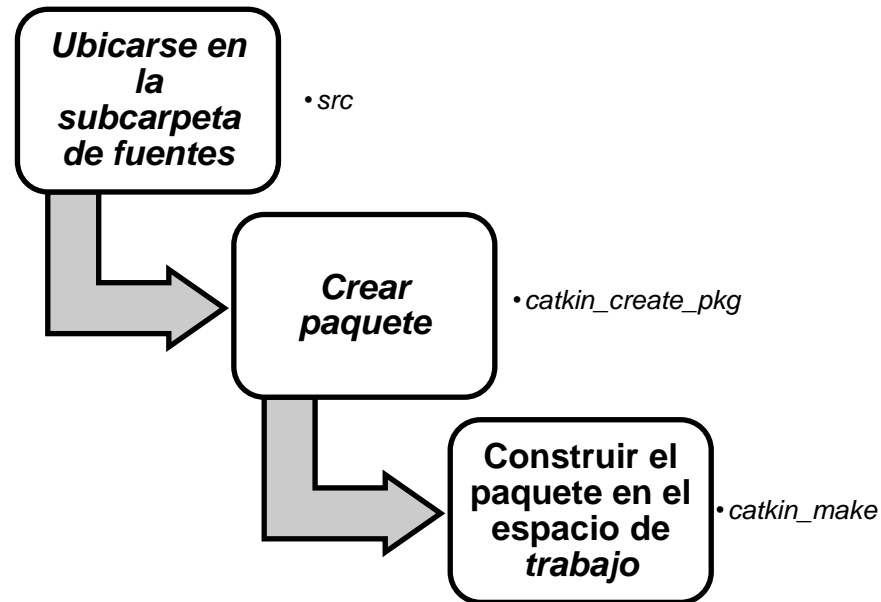
CREACIÓN Y USO DEL ESPACIO DE TRABAJO ROS

Proceso para crear un espacio de trabajo con ROS.



CREACIÓN DE PAQUETES ROS

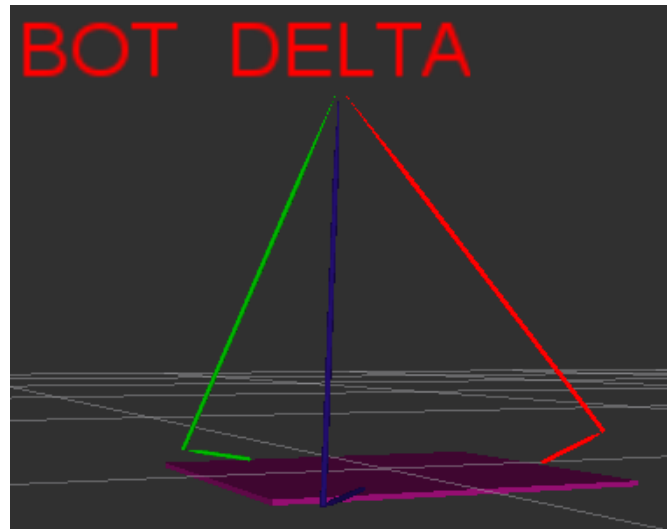
Proceso para crear un paquete ROS.



DISEÑO DE LA APLICACIÓN

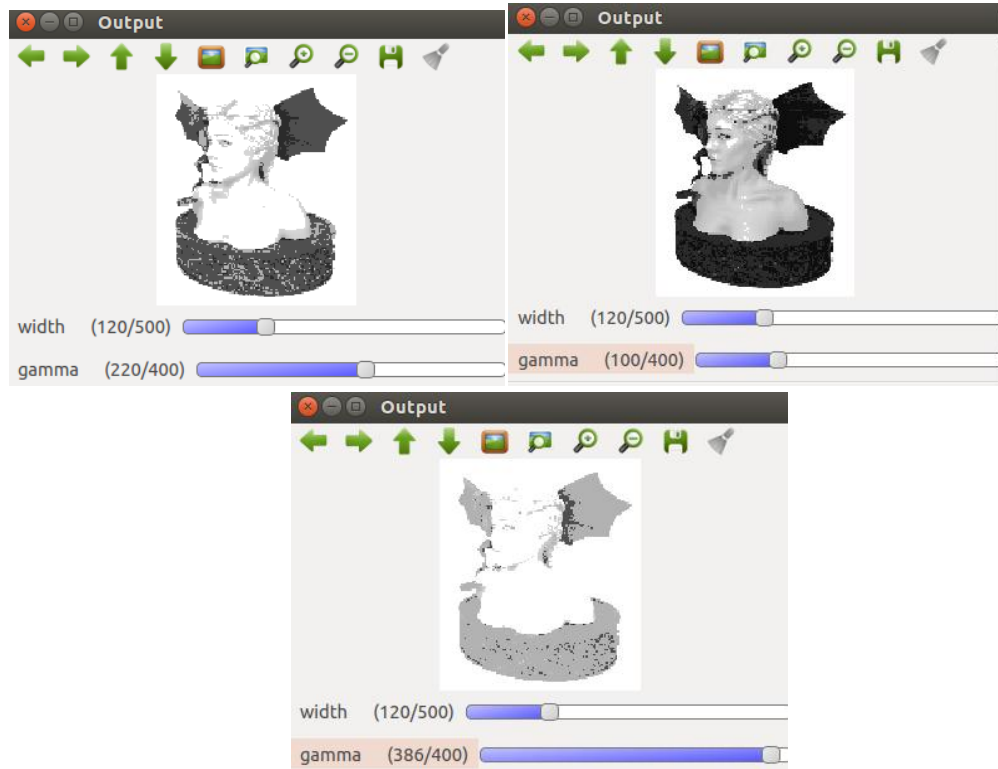
➤ **Simulación en ROS**

Se ha optado por utilizar Markers, estos son formas simples (flechas, cubos, bolas, texto, etc.)



SOFTWARE PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Rasterizar

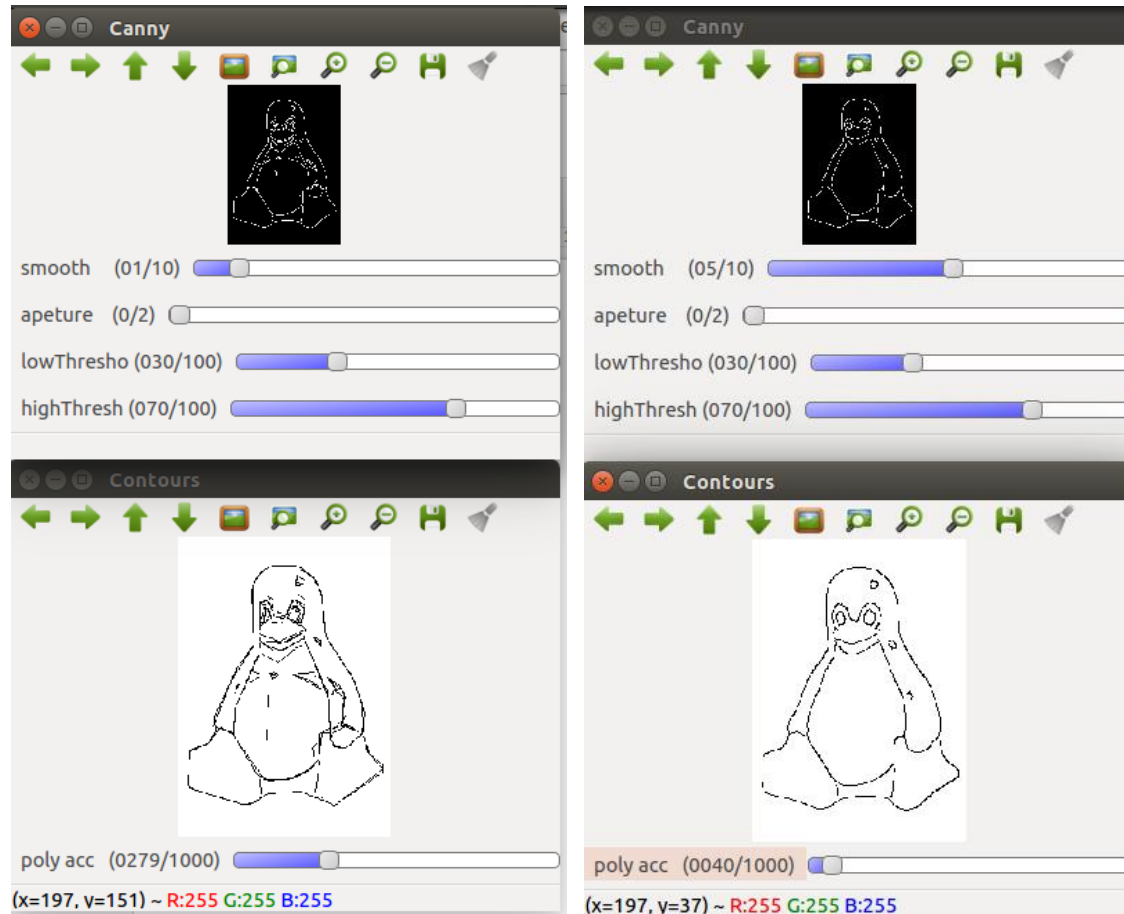


VECTORIZAR

- *Adquirir imagen y cambiar el tamaño.*
cv2.cvtColor
- **Filtro y detección de bordes.**
- *cv2.Gaussianblur*
cv2.Canny
- **Encontrar los contornos y el polígono de aproximación.**
cv2.FindContours
cv2.CV_RETR_LIST
cv2.ApproxPoly



Imagen usando el vectorizador



CREACIÓN DE LA APLICACIÓN.

a) Modo Pasivo

permite visualizar los movimientos del robot real en la simulación.

```
$ roscore
```

```
$ rosrun delta delta_pasivo.py
```

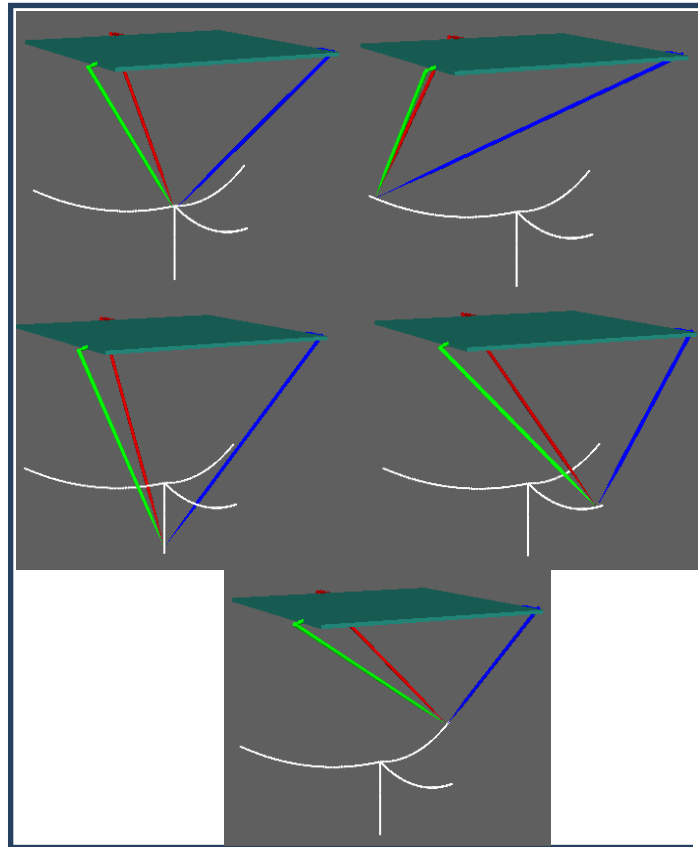
```
$ rosrun rviz rviz
```



b) Modo movimiento delta

```
$ rosrn delta simul_demo_robot_delta_dynamixel.py
```

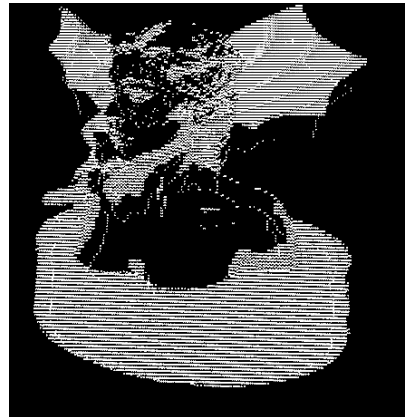
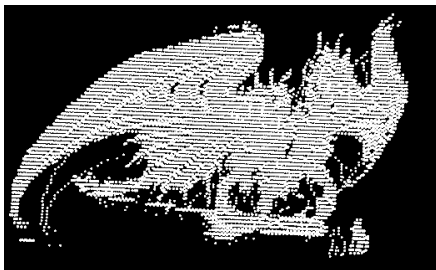
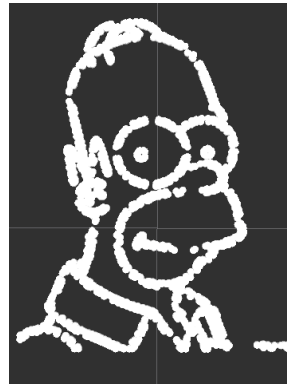
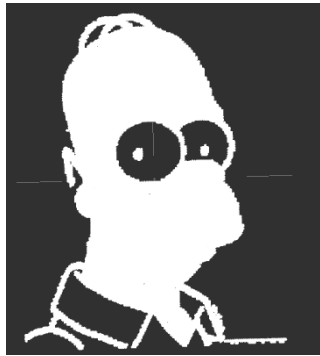
```
$ rosrn rviz rviz
```



c) Modo dibujador

```
$ rosrun delta robot_delta_dibujador.py
```

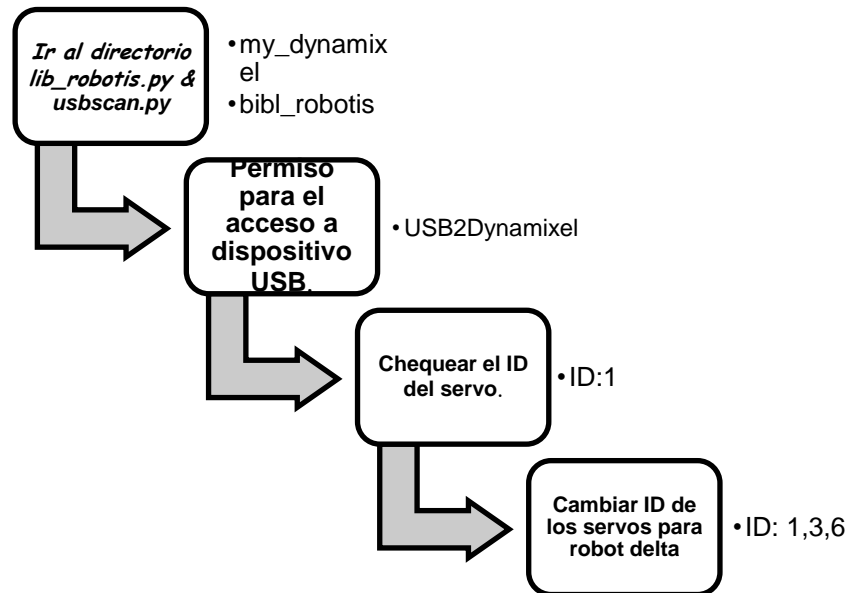
```
$ rosrun rviz rviz
```



INTEGRACIÓN ROS CON ACTUADORES DYNAMIXEL

Configuración de los actuadores dynamixel y acceso al bus
Con la librería de código abierto de software Robotis servo, (lib_robotis.py & usbscan.py) para consultar y controlar Robotis Dynamixel Servos.

Proceso para cambiar el ID de los servos.



Instrucciones para cambios de Id.

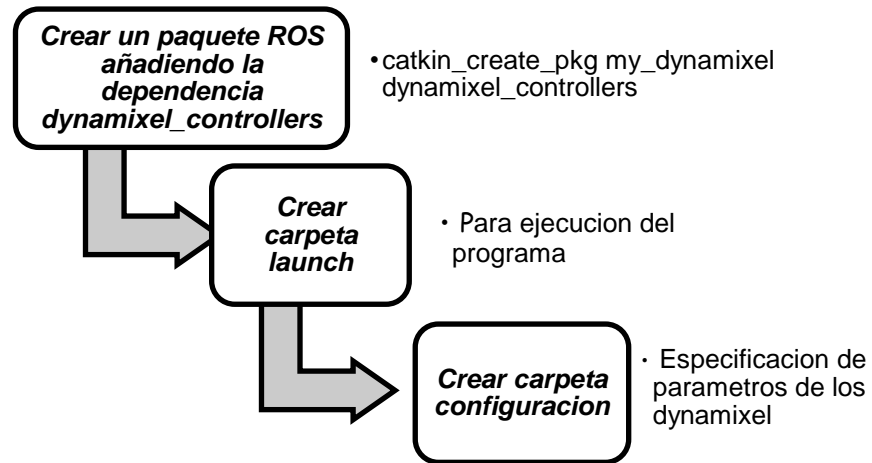
```
from lib_robotis import *  
dyn = USB2Dynamixel_Device('/dev/ttyUSB0')  
p = Robotis_Servo(dyn, 1)  
p.write_id(3)
```

Importar el contenido del script lib_robotis
Configuración del puerto serie para la comunicación
Configuración del servo

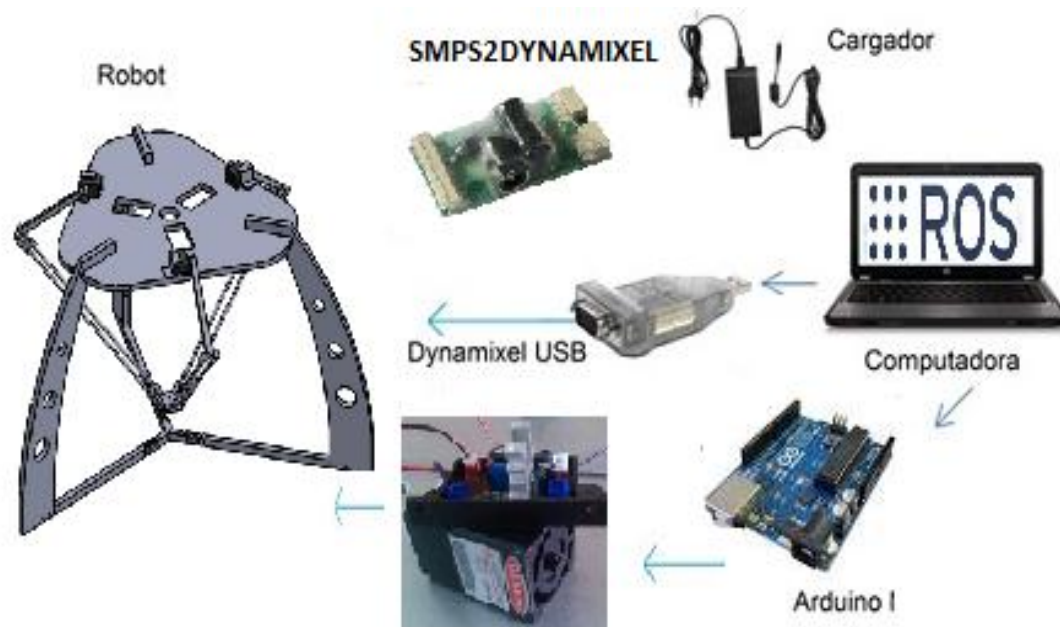


ACCESO AL BUS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Existe soporte ROS para estos actuadores mediante el paquete *dynamixel_motor*.

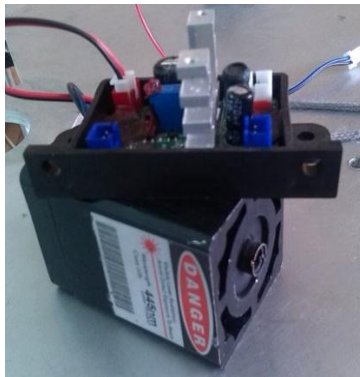


IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA DEL SISTEMA



IMPLEMENTACIÓN LÁSER DE DIODO CNC 445NM 1W

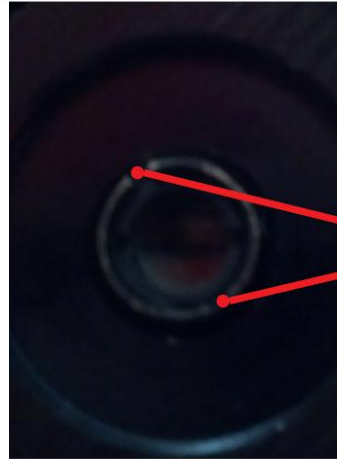
Características técnicas



Longitud de onda (nm)	445
Potencia de salida (mw)	1000
Estabilidad de la energía	< 4%
Tiempo de calentamiento (min)	< 5
Haz de divergencia, ángulo completo (mrad)	< 2.0
Diámetro de apertura	~ 3*6
Tiempo de vida(horas)	1000
Temperatura °C	10~ 35
Modulación Externa	5v TTL/5v Analógica
Frecuencia	0.30 KHZ
Posición de Apertura (mm)	20*40

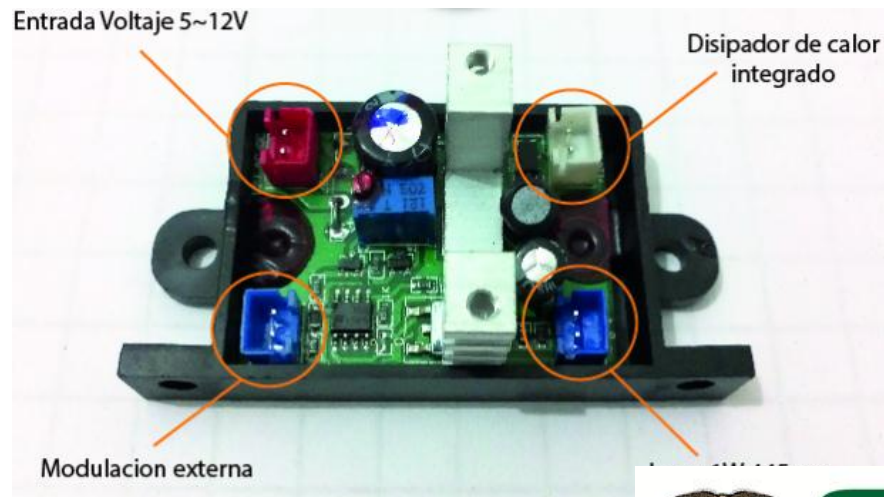


Enfoque *DEL LÁSER*



Puntos de anclaje para el desarmador de cabeza plana, tambien se pueden mover facilmente con los dedos.

Conexión del módulo al láser.



Interacción entre Arduino y Python

Para el control del láser utilizaremos la tarjeta Arduino. El encendido y apagado del láser se hace mediante comandos que enviaremos desde el ordenador a Arduino utilizando un script en Python.

```
import serial #cargamos la libreria serial

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600) #inicializamos el puerto de serie a 9600 baud

#variable para almacenar el mensaje
#le asignamos un valor introducido por el usuario
print "Introduce un caracter ('s' para salir): "
entrada = raw_input()

while entrada != 's': #introduciendo 's' salimos del bucle

    ser.write(entrada) #envia la entrada por serial
    print "He enviado: ", entrada
    print "Introduce un caracter ('s' para salir): "

    entrada = raw_input() #introduce otro caracter por teclado
```



CAPITULO IV

**PRUEBAS Y RESULTADOS
EXPERIMENTALES.**



1922
ECUADOR

ESPE

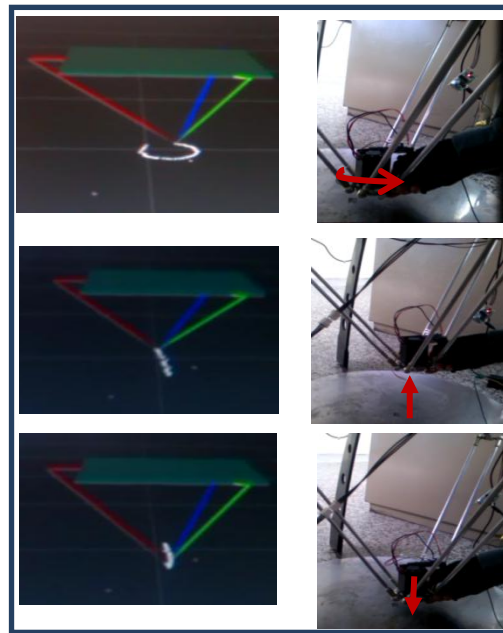
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

a) Modo Pasivo

```
$ rosrun rviz rviz
```

```
$ roslaunch my_dynamixel modo_delta_pasivo.launch
```

Este comando iniciará el controlador de los motores con la configuración “motors _torque_off.yaml”. Una vez iniciado este controlador, se pasa a ejecutar “delta_pasivo.py”,

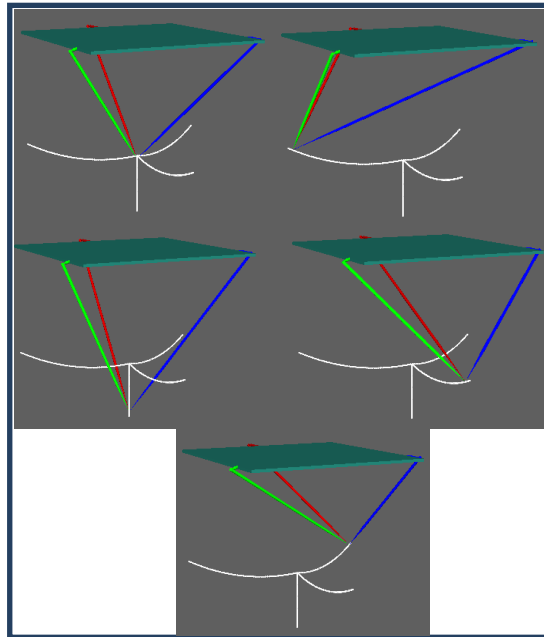


b) Modo movimiento delta

```
$ rosrn rviz rviz
```

```
$ roslaunch my_dynamixel modo_movimiento_delta.launch
```

Este comando iniciará el controlador de los motores con la configuración “motors.yaml”. Una vez iniciado este controlador, se pasa a ejecutar “simul_demo_robot_delta_dynamixel.py”.



b) Modo dibujador

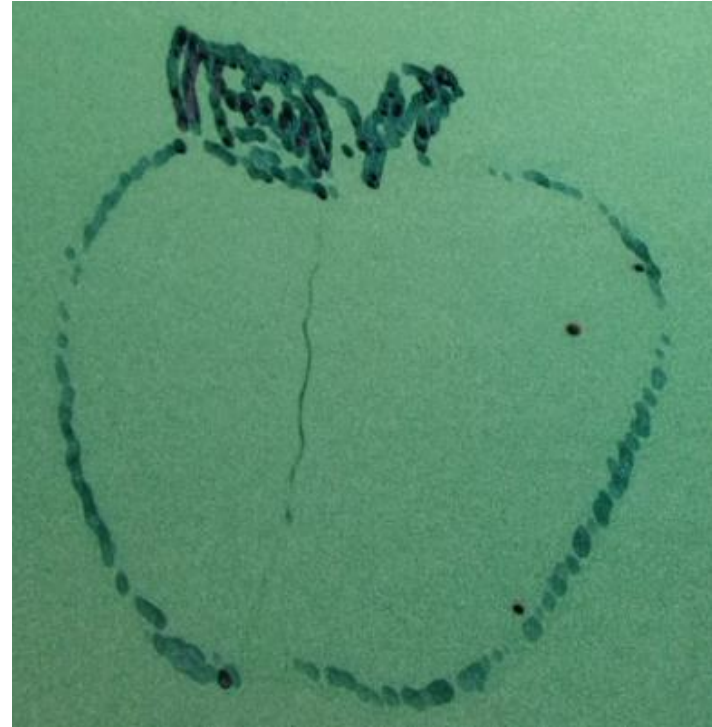
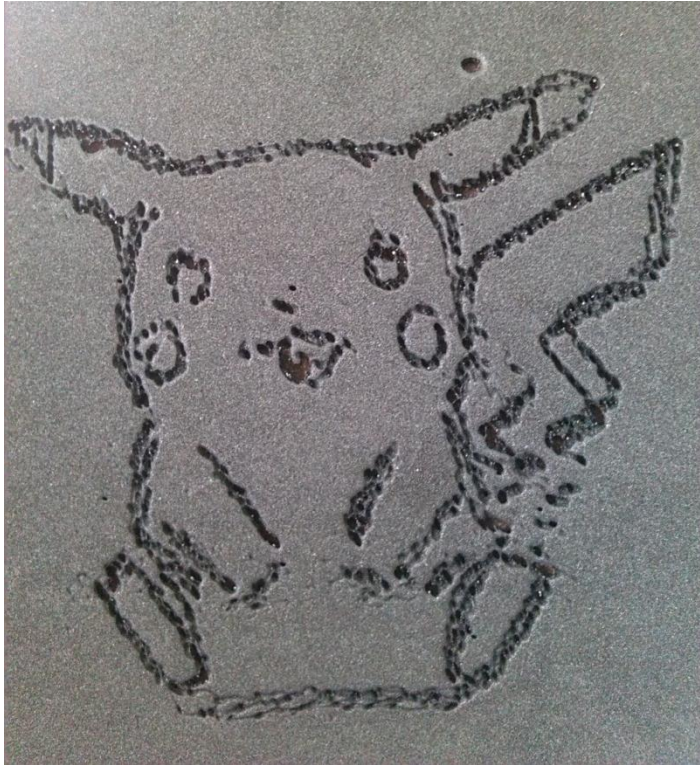
```
$ roslaunch my_dynamixel modo_delta_dibujador.launch
```

```
$ rosrn rviz rviz
```

Este comando iniciará el controlador de los motores con la configuración “motors.yaml”. Una vez iniciado este controlador, se pasa a ejecutar “robot_delta_dibujador.py”.



Ejemplos imagen
vectorizada para corte



Ejemplos imagen razterizada



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- El material utilizado fue aluminio por sus características mecánicas en especial su bajo peso, resistencia a la deformación y facilidad de maquinabilidad.
- Robot Operating System facilita un desarrollo organizado de código reusable y abierto, con herramientas necesarias como Rviz y obtener una visualización del estado real del robot, así como los valores obtenidos por el análisis cinemático, de esta forma se puede hacer la comparación y corroborar que todo esté funcionando correctamente.
- Los Dynamixel al ser servos inteligentes y al interactuar directamente con ROS nos facilita su programación pero no se obtiene la precisión buscada, al momento de imprimir la imagen, la solución es utilizar la gama de los Dynamixel PRO con la diferencia que son de alto costo.



- La velocidad tanto en el corte como en el grabado disminuye cuando trabaja el simulador y el robot en tiempo real.
- El láser no corta colores claros porque se reflejan muy bien los colores claros lo contrario sucede con el color negro que absorbe mucha energía, por lo que quema rápidamente.
- El láser de 1 watt para grabar resultó una buena opción sobre todo para grabado en balsa y en aglomerado.
- La velocidad de grabado o corte depende del número de puntos enviados, entre más puntos sea el dibujo mayor será el tiempo.



RECOMENDACIONES

- Al ensamblar el robot tomar en cuenta la posición de los motores ya que deben estar separados 120° cada uno.
- Usar el USB2Dynamixel ya que es un dispositivo para operar Dynamixel AX-12A directamente de la PC ahorrándose tiempo de trabajo.
- Al ser un láser de clase 3B: La radiación láser accesible es peligroso para los ojos y, en casos especiales también para la piel. Por favor, tomar precaución, no usar el láser sin gafas de seguridad de protección adecuadas.
- Realizar una investigación exhaustiva para lograr una conexión de ROS con algún software CNC ayudaría mucho para las mejoras del proyecto propuesto.



- Esta plataforma robótica presenta un prototipo que puede ser mejorado en muchos aspectos por lo mismo se recomienda continuar con el estudio y desarrollo de prototipos de robots tipo paralelo.
- Usar el prototipo para emplearlos como packging y pick and place para comprobar su desempeño debido a que estas aplicaciones son propias del robot delta.
- No intente cambiar la potencia modulando el potenciómetro o aplicando un mayor voltaje, no intente usar el diodo sin la fuente de poder bajo ninguna circunstancia al menos que sea un profesional calificado, de lo contrario puede quemar el diodo.



***GRACIAS POR SU
ATENCIÓN***



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA