



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA UN ROBOT MANIPULADOR MÓVIL EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “TELE - OPERACIÓN BILATERAL CORPORATIVO DE MÚLTIPLES MANIPULADORES MÓVILES” APROBADO POR EL CONSORCIO ECUATORIANO PARA EL DESARROLLO DE INTERNET AVANZADO - CEDIA”

**AUTORES: RENATTO SEBASTIÁN ROBAYO MOYA
DIEGO ANDRÉS PAZMIÑO JÁCOME**

DIRECTOR: ING. OSCAR ARTEAGA

OBJETIVO GENERAL

- ▶ Diseñar y construir de un sistema mecánico para un robot manipulador móvil en el proyecto de investigación “tele - operación bilateral corporativo de múltiples manipuladores móviles” aprobado por el consorcio ecuatoriano para el desarrollo de internet avanzado - CEDIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Diseñar un brazo y una plataforma móvil que posibilite la locomoción y manipulación de un robot manipulador móvil que garantice la estabilidad y confiabilidad en su desempeño
- ▶ Realizar la simulación del sistema estructural que permita seleccionar los materiales y accesorios adecuados para la aprobación del diseño.
- ▶ Construir los distintos elementos diseñados para la estructura y realizar el montaje del sistema el cual garantice exactitud y robustez en el desarrollo de actividades
- ▶ Realizar evaluaciones experimentales en entornos parcialmente estructurados ejecutando actividades de traslación y manipulación de objetos.

ROBÓTICA

La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. (Robotica, 2016)

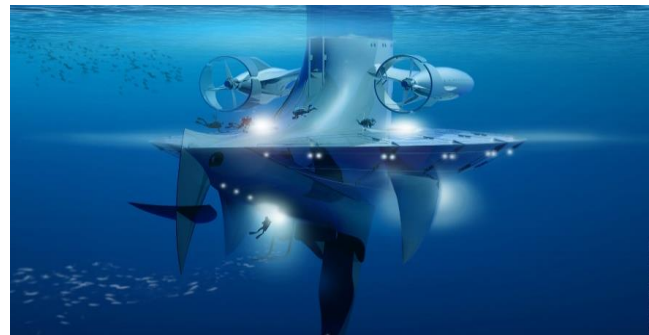
-TERRESTRE



- AÉREA



-ACUÁTICA



BRAZOS ROBÓTICOS

- ▶ CARTESIANA
- ▶ CILÍNDRICA
- ▶ POLAR
- ▶ ARTICULADA



MEDIOS DE LOCOMOCIÓN TERRESTRE

► CONFIGURACION



MANIPULADOR MÓVIL

- ▶ Estos sistemas armonizan las ventajas de las plataformas móviles y los brazos robóticos manipuladores



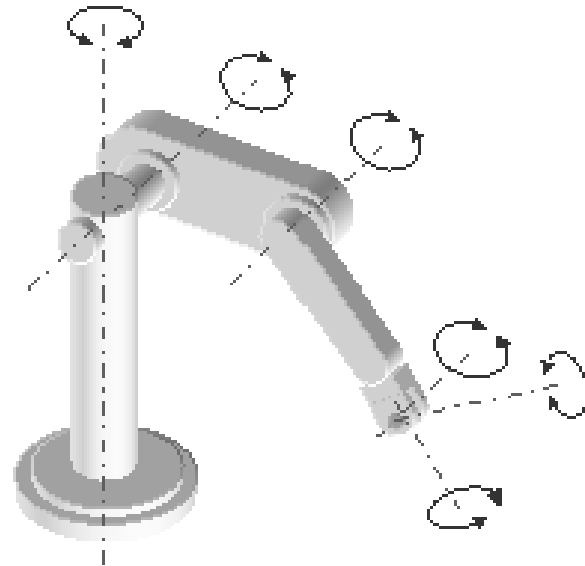
MECANICA DEL ROBOT

- ▶ El diseño mecánico de la estructura puede minimizar la energía requerida en el sistema, simplificar el sistema de control y optimizar recursos.
- ▶ Tomando en cuenta los puntos más críticos del diseño mecánico
- ▶ En el brazo: articulaciones, los elementos de sujeción, y el extremo operativo
- ▶ En la plataforma: estructura y componentes que permiten el movimiento



GRADOS DE LIBERTAD

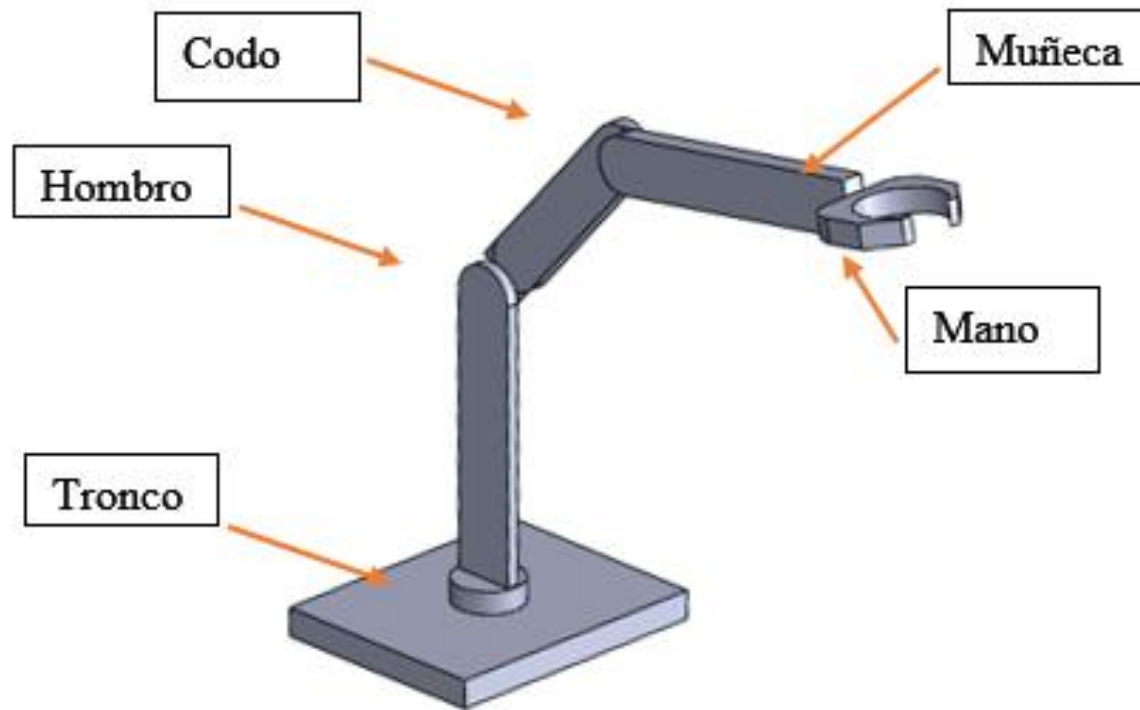
- ▶ Para posicionar y orientar un objeto en el espacio se necesita de seis grados de libertad, tres para definir la posición y tres para definir la orientación.



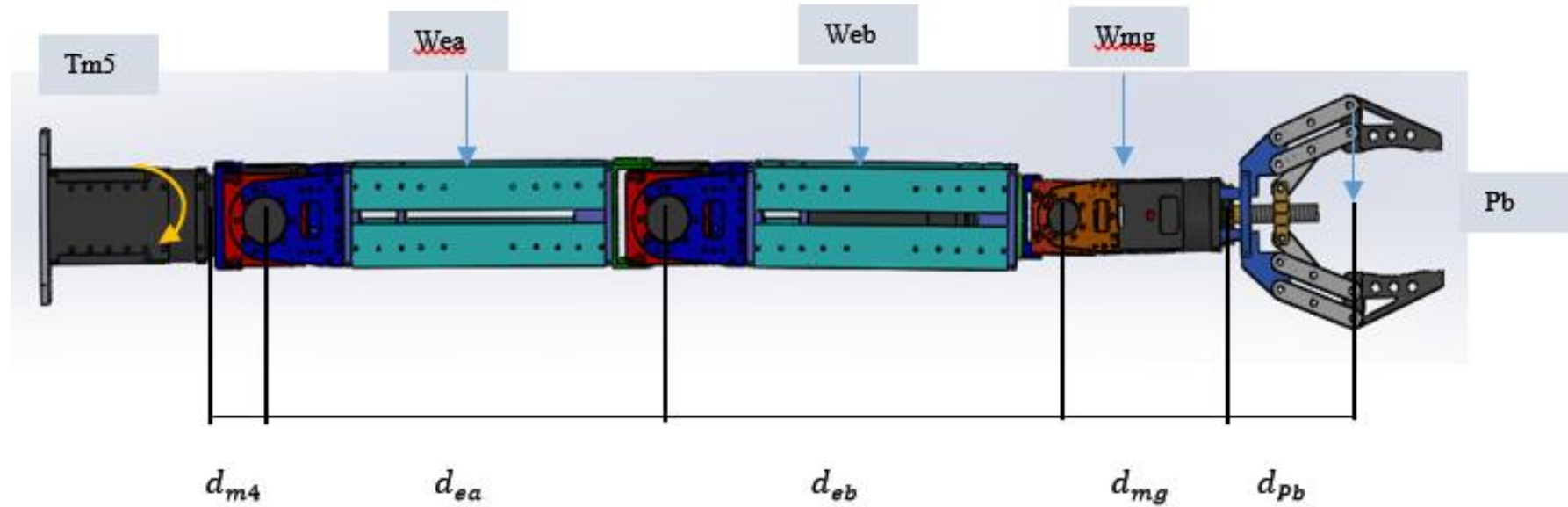
DISEÑO



Diseño de la estructura



CÁLCULO DE CARGAS



$$T = F \cdot d$$

$$P = T\omega$$

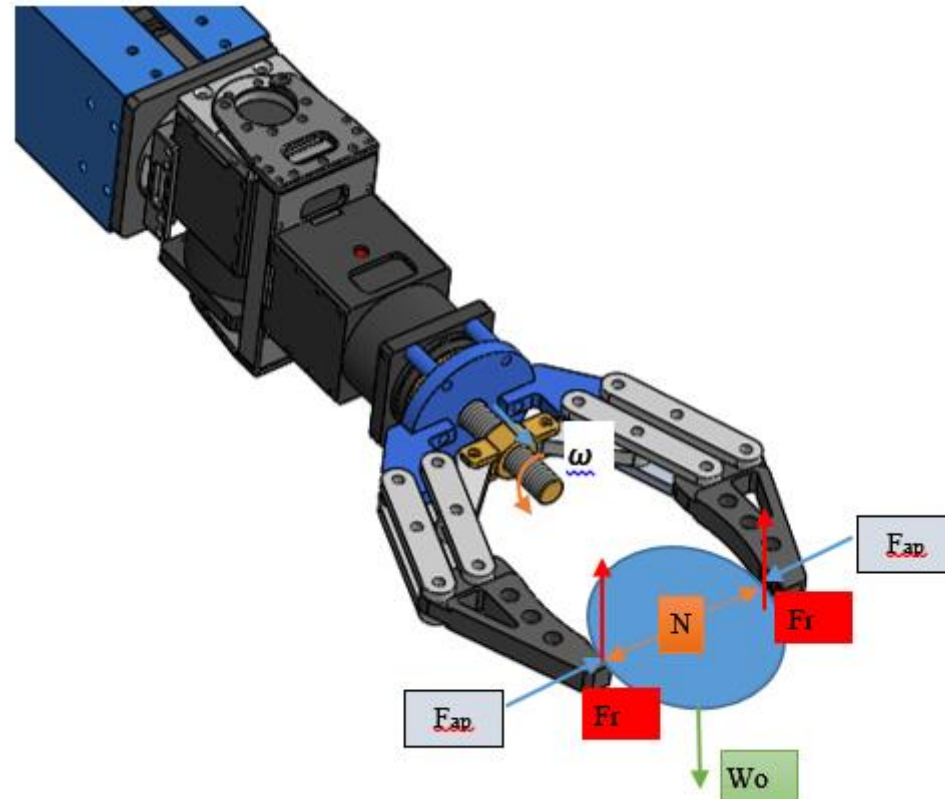
$$v = \omega \cdot r_{\text{giro}}$$

$$\begin{aligned}
 T_{m5} &= \omega_{m4} \left(\frac{d_{m4}}{2} \right) + \omega_{ea} \left(\frac{d_{ea}}{2} \right) + (\omega_{m3})(d_{ea}) + \omega_{eb} \left(d_{ea} + \frac{d_{eb}}{2} \right) + (\omega_{m2} \\
 &+ \omega_{m1})(d_{ea} + d_{eb}) + \omega_{mg} \left(d_{ea} + d_{eb} + \frac{d_{mg}}{2} \right) + \omega_{gr}(d_{ea} + d_{eb} + d_{mg} + d_{pb}) \\
 &+ \omega_{cu}(d_{ea} + d_{eb} + d_{mg} + d_{pb})
 \end{aligned}$$

Tornillo Gripper

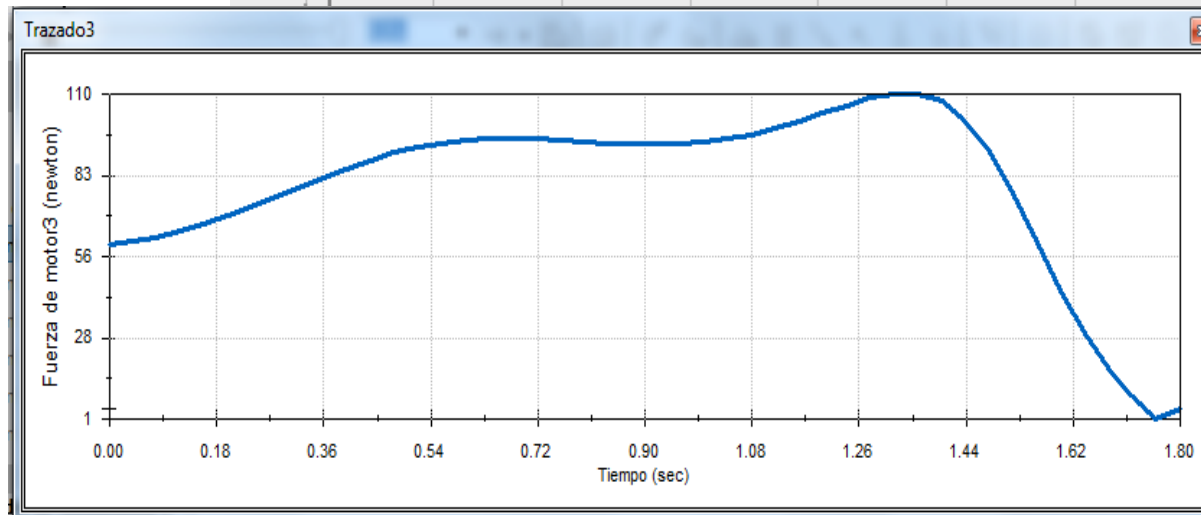
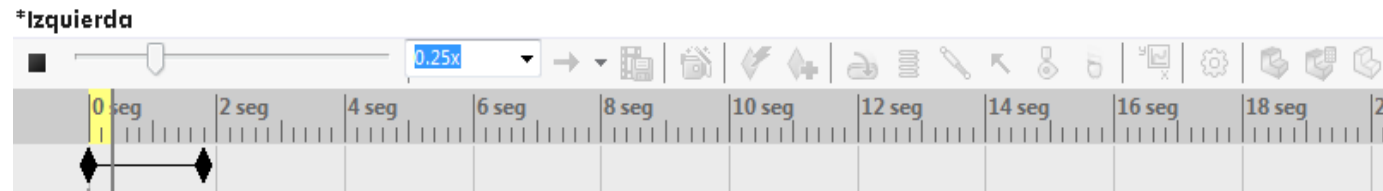
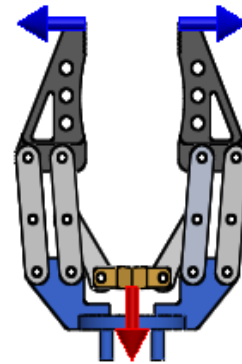
- ▶ Para el análisis del sistema de tornillo se realiza el estudio de la fuerza que se transmite a partir de la rotación del motor hacia los dedos del gripper los cuales se cierran o dan apertura para sujetar un objeto

- ▶ $F_r \geq W_o$
- ▶ $F_r = \mu N \geq W_o$
- ▶ $N = F_{ap}$
- ▶ $F_{ap} \geq \frac{W_o}{\mu}$



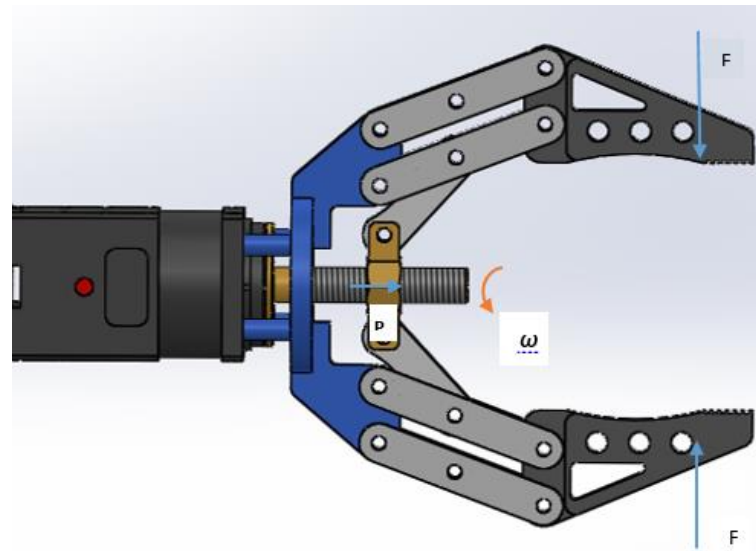
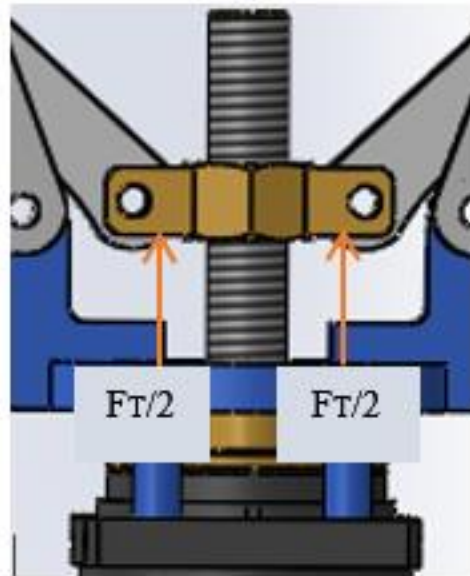
Tornillo de potencia

Considerando que la fuerza debe mantenerse para cualquier magnitud de apertura, se realiza el análisis de fuerza ejercida en un tiempo de 1,75s que tarda en abrir o cerrar el gripper.



Tornillo de Potencia

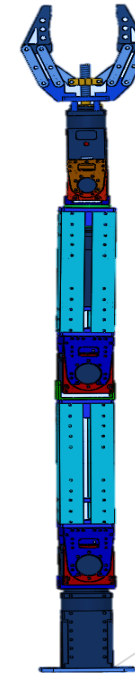
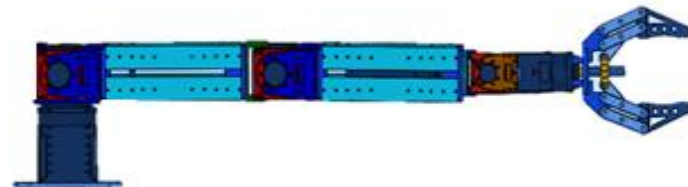
- ▶ Para encontrar el par torsional (T_m) necesario para subir una carga de valor (F_T), usando un tornillo de potencia de rosca cuadrada
- ▶
$$T_M = \frac{F_T D_P}{2} \left[\frac{L + \pi f D_P}{\pi D_P - f L} \right]$$



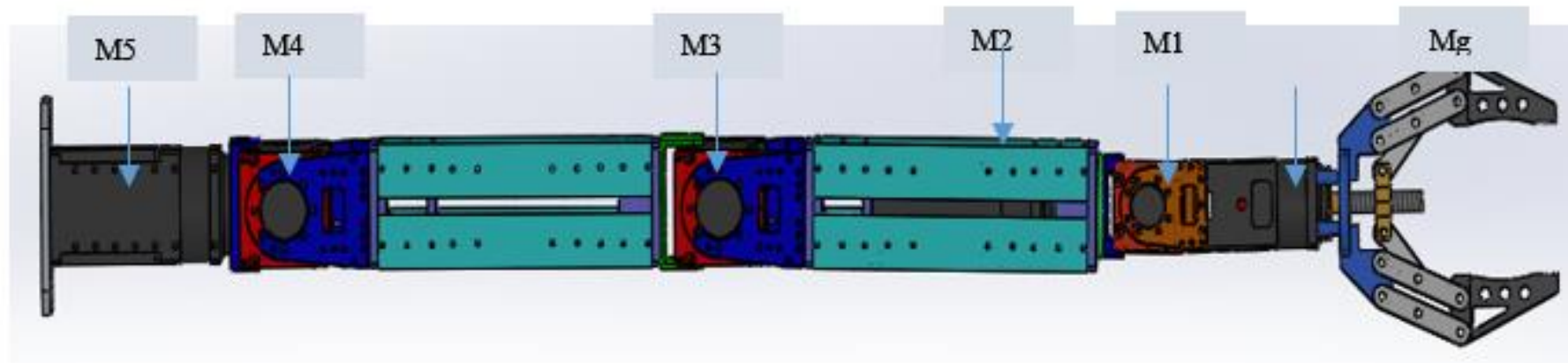
Velocidad y aceleración extremo operativo

En la posición más crítica del brazo se calcula la velocidad y aceleración máxima que pueda alcanzar el extremo operativo

- ▶ $\bar{\omega} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$
- ▶ $\bar{\alpha} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}$
- ▶ $I = Mr_g^2$

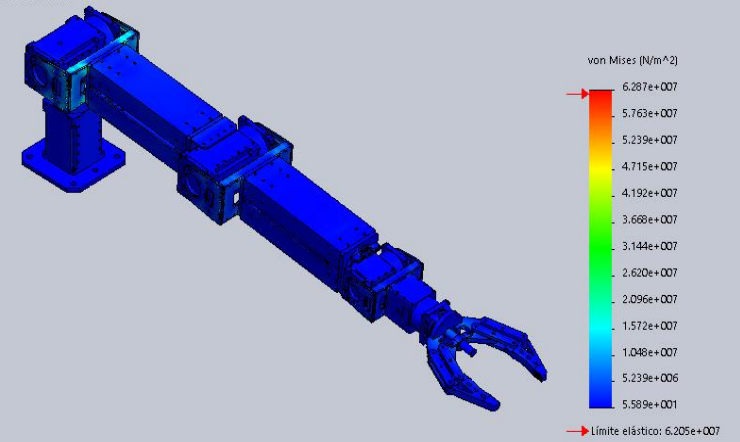
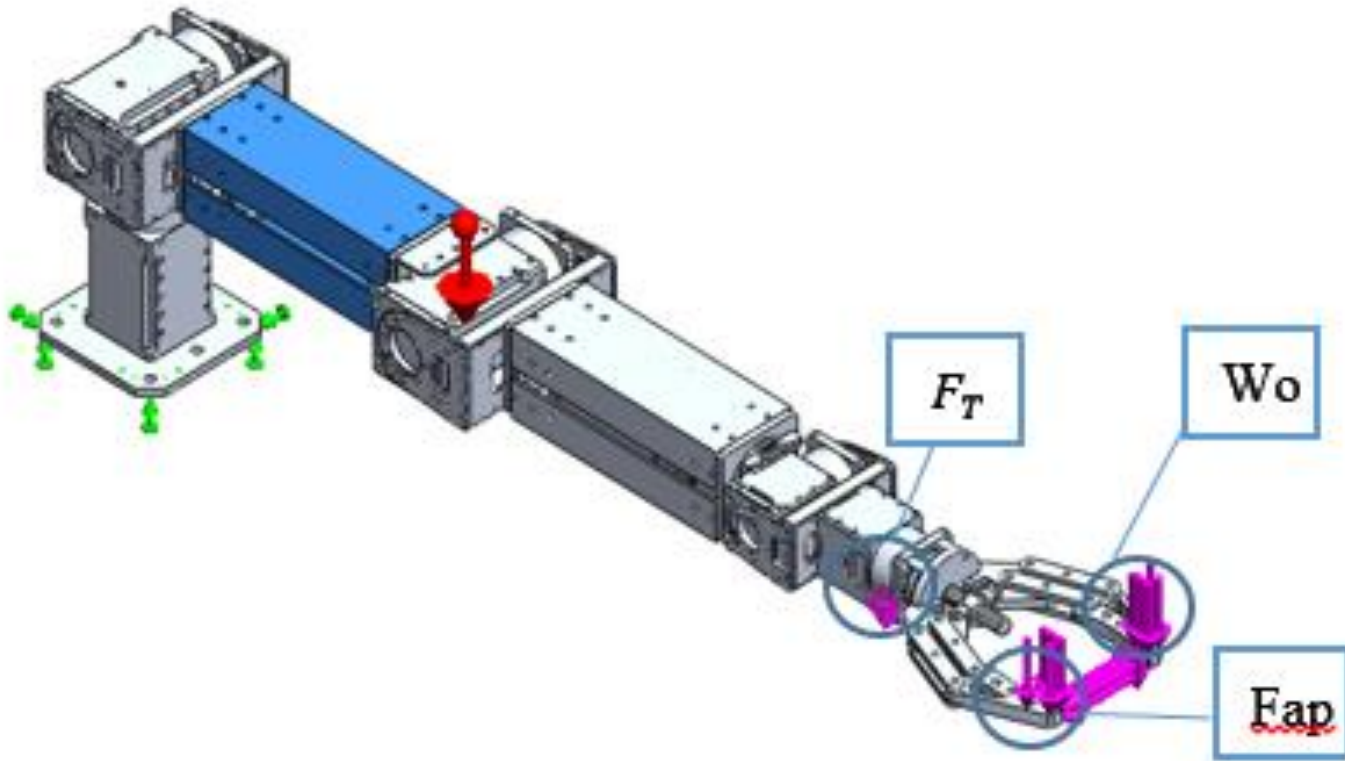


Actuadores requeridos

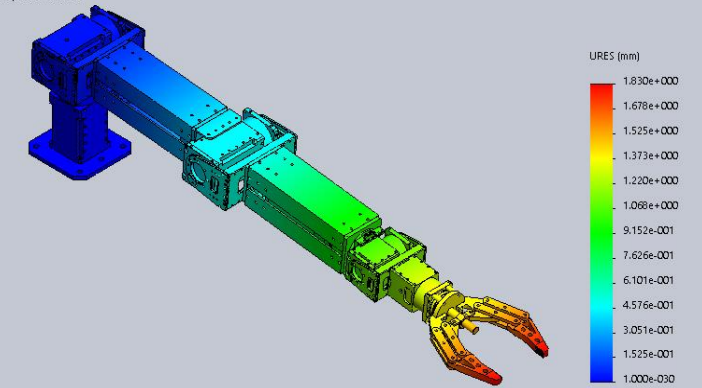


Motor	Potencia W	Torque Nm	RPM
M1	18,3	1,5	36
M2	20,8	5,4	27
M3	24,6	6,27	11,9
M4	53	14,6	11,2
M5	42	14,7	8,6
Mg	0,55	0,06	8,6

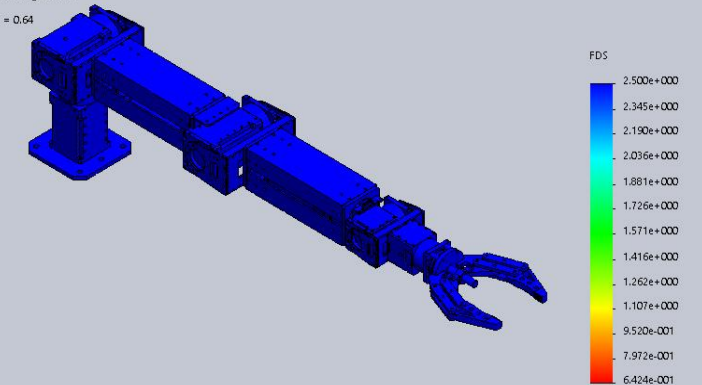
Ensamble y simulación



Nombre del modelo: Ensamblaje Brazo Robotico
Nombre de estudio: Análisis estático-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 44.5252



Nombre del modelo: Ensamblaje Brazo Robotico
Nombre de estudio: Análisis estático-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 0,64

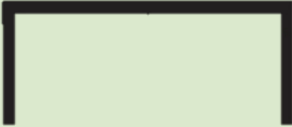


Selección de materiales

► Características aluminio 6061t6

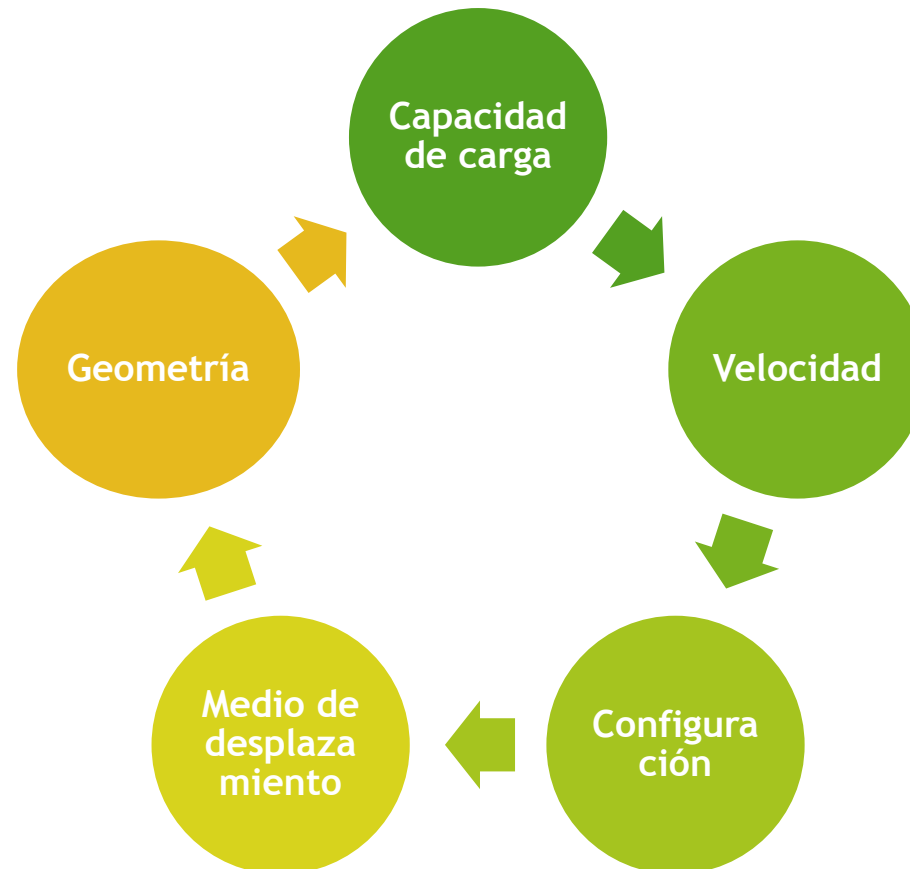
Resistencia a la fluencia S_y	255 MPa (37 KSI)
Resistencia máxima	290 MPa (42 KSI)
Elongación	12% (en 50mm, espesor 1.6mm)
Módulo de elasticidad	69 GPa (10000 KSI)

Punto de esfuerzo máximo en el Brazo	Resistencia máxima del aluminio 6061T6	Observación
62,9 MPa	290Mpa	El material puede soportar los esfuerzos existentes en el brazo

ORDEN	FORMA	DENOMINACION	PESO	MEDIDAS
1		Transportador	0.72kg/m	60.20x25.40mm

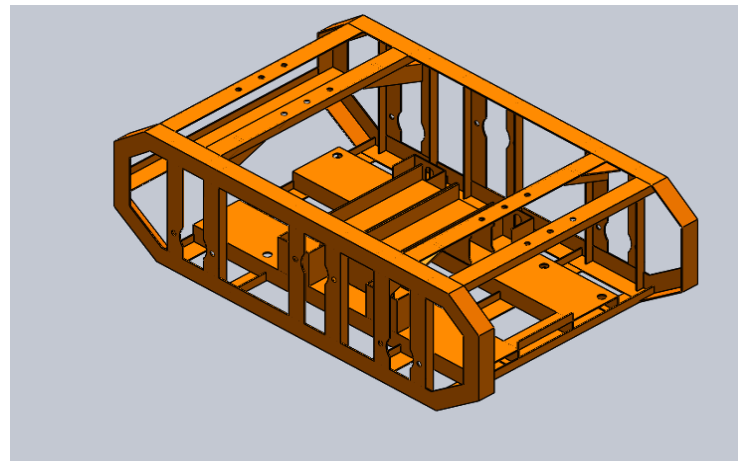
Plataforma móvil

- ▶ Los parámetros fundamentales para la construcción de la plataforma es que esté compuesta por una estructura compacta y resistente la cual permita soportar y transportar todos los elementos que integran el manipulador móvil.



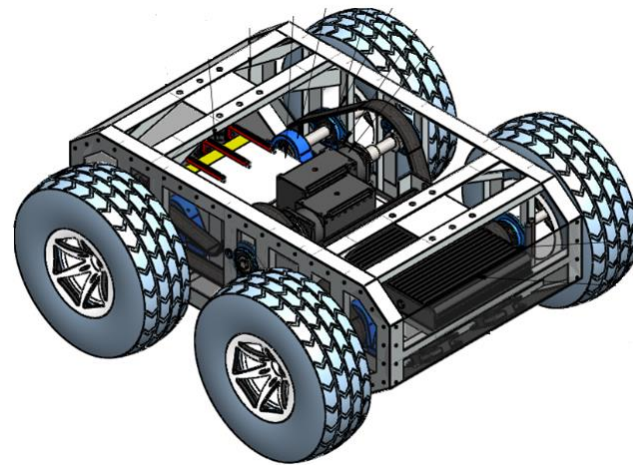
Estructura

- ▶ La estructura mecánica de la plataforma es la encargada de delimitar el espacio interno y de la misma manera soportar el total de las cargas distribuidas en los diferentes segmentos para el efecto se ha dimensionado un espacio disponible para los elementos mecánicos internos como son los ejes, los soportes o chumaceras, poleas y bandas de transmisión, de la misma manera la plataforma abarca los elementos de control como son los actuadores, computadoras, fuentes y tarjetas.



Cargas

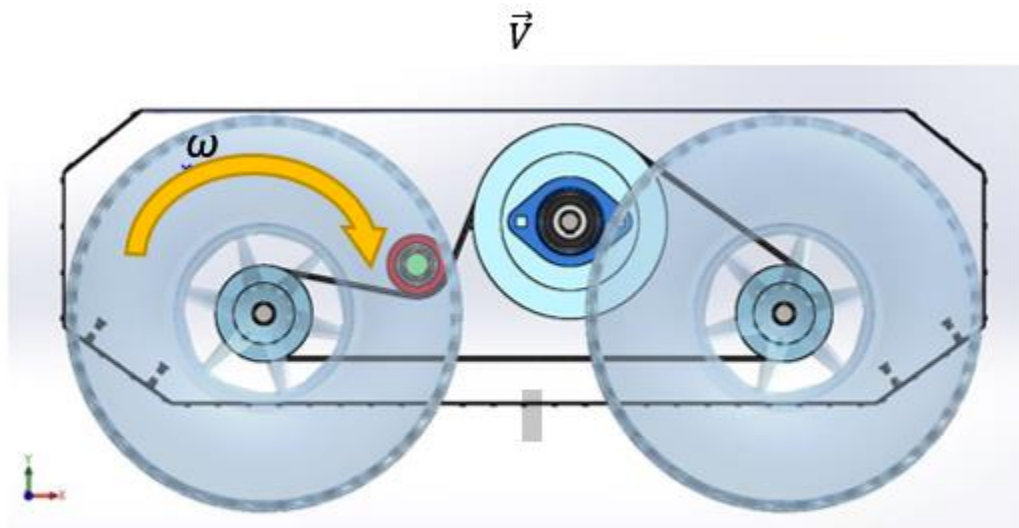
- ▶ El peso total se consideró al sumar cada una de las partes que involucran el sistema como es la plataforma y sus elementos, el brazo, el gripper, la carga que sujetara y un diez por ciento de componentes extras que puede afectar el sistema como detalla en W_T
- ▶ Además la estructura brinda la posibilidad de acoplar otro brazo robótico para trabajar de forma cooperativa según sea la tarea para la el cual sea programado



Actuadores de transmisión

Para encontrar el motor requerido para la plataforma debemos calcular previamente la potencia y la relación de transmisión.

$$Pot_{req} = F \cdot \vec{V}$$



Transmisión

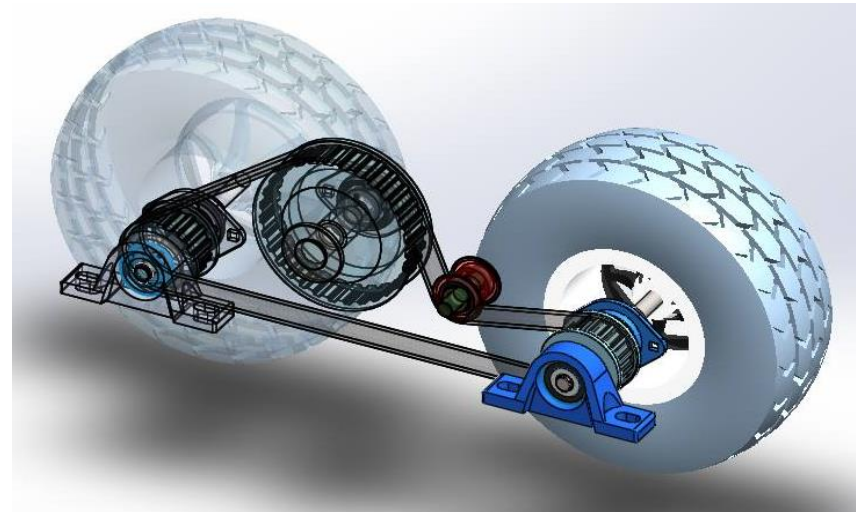
- ▶ La velocidad que se requiere en el sistema no puede estar en un rango alto ya que es un robot que necesita de un alto índice de precisión y seguridad en cada uno de sus movimientos. Por lo tanto se calcula la velocidad ideal

Relación de transmisión

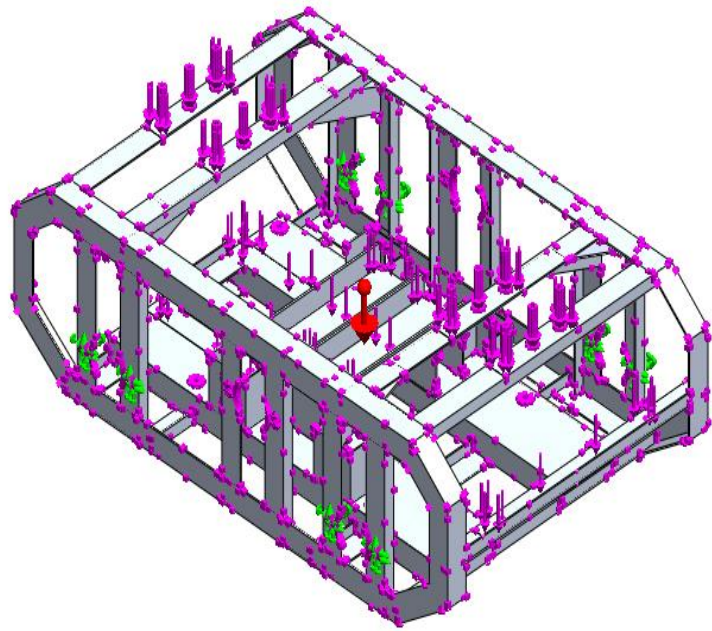
Es necesario tener un índice que especifique la diferencia en la velocidad angular que se requiere y la que genera el motor donde

i = relación de transmisión

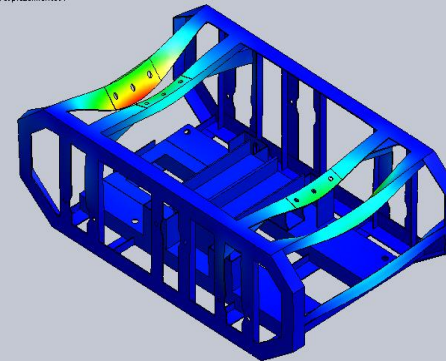
$$i = \frac{\omega_{req}}{\omega_{mot}}$$



Análisis y simulación plataforma

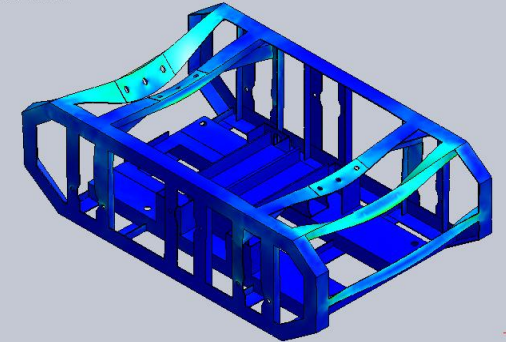


Nombre del modelo: Estructura-plataforma-movil-F-Mod
 Nombre de estudio: Análisis estático 14 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 50.5477

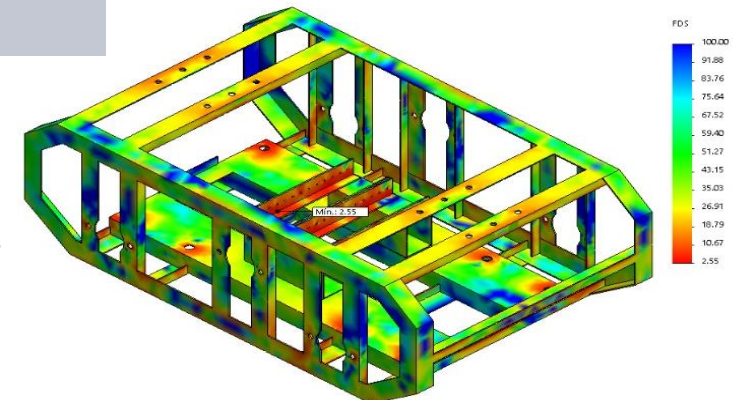


URES (nm)
 1.192e+000
 1.091e+000
 9.932e-001
 8.939e-001
 7.946e-001
 6.953e-001
 5.959e-001
 4.966e-001
 3.973e-001
 2.980e-001
 1.986e-001
 9.932e-002
 1.000e-010

Nombre del modelo: Estructura-plataforma-movil-F-Mod
 Nombre de estudio: Análisis estático 14 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 50.5477



von Mises (N/m^2)
 5.923e+007
 5.430e+007
 4.936e+007
 4.443e+007
 3.949e+007
 3.455e+007
 2.962e+007
 2.468e+007
 1.975e+007
 1.481e+007
 9.874e+006
 4.938e+006
 1.966e+003
 → Límite elástico: 2.750e+008

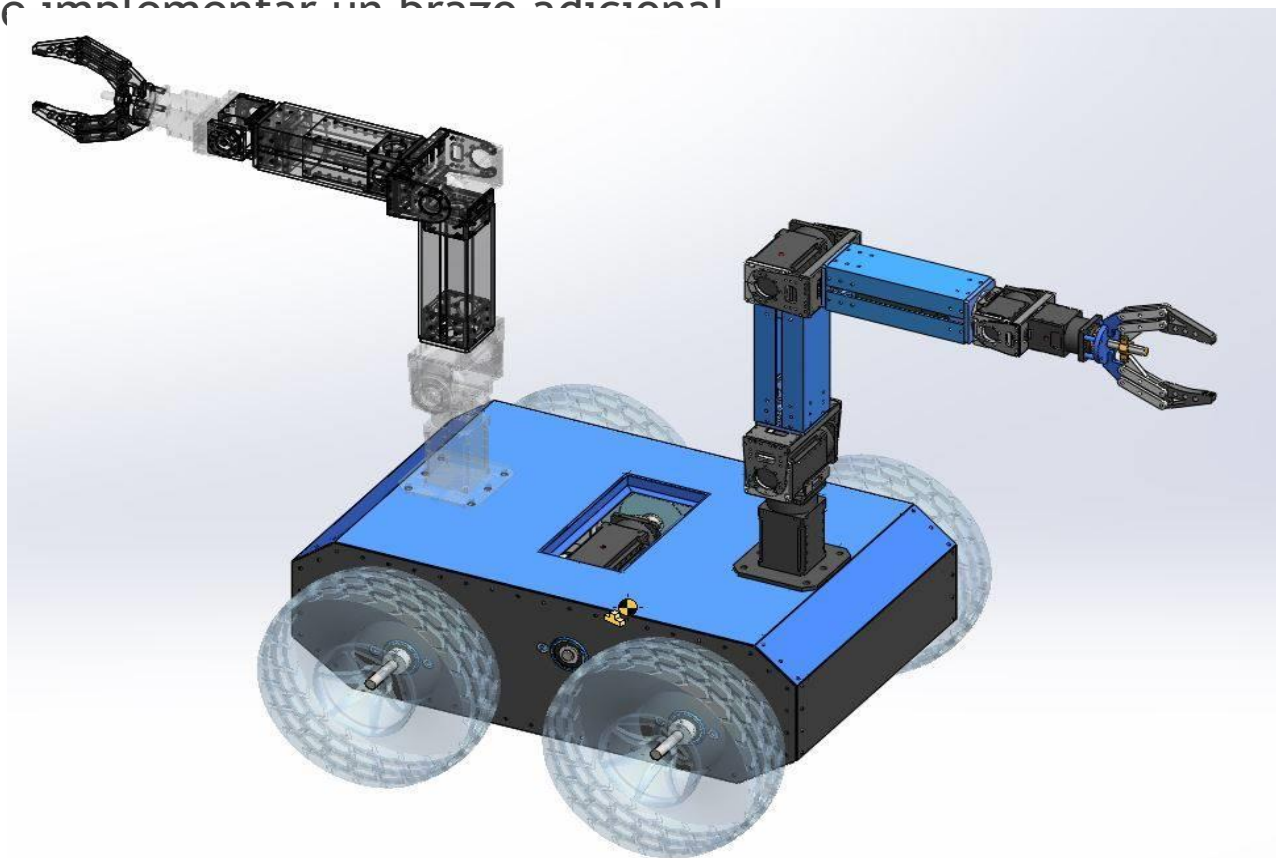


FDS
 100.00
 91.88
 83.76
 75.64
 67.52
 59.40
 51.27
 43.15
 35.03
 26.91
 18.79
 10.67
 2.55

Punto de esfuerzo máximo en el Brazo	Resistencia máxima del aluminio 6061T6	Observación
59,23 MPa	290Mpa	El material puede soportar los esfuerzos existentes en el brazo

Ensamble

- ▶ Finalmente se procede a realizar el ensamble de la estructura con todos los componentes que comprende la plataforma móvil, haciendo énfasis en la distribución de elementos con la que se diseñó la estructura, y otorgando la posibilidad de implementar un brazo adicional.

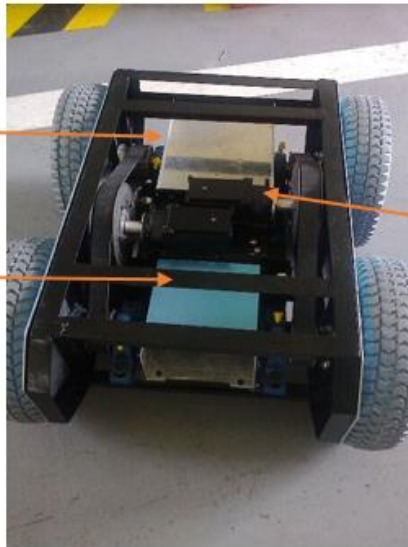


CONSTRUCCIÓN



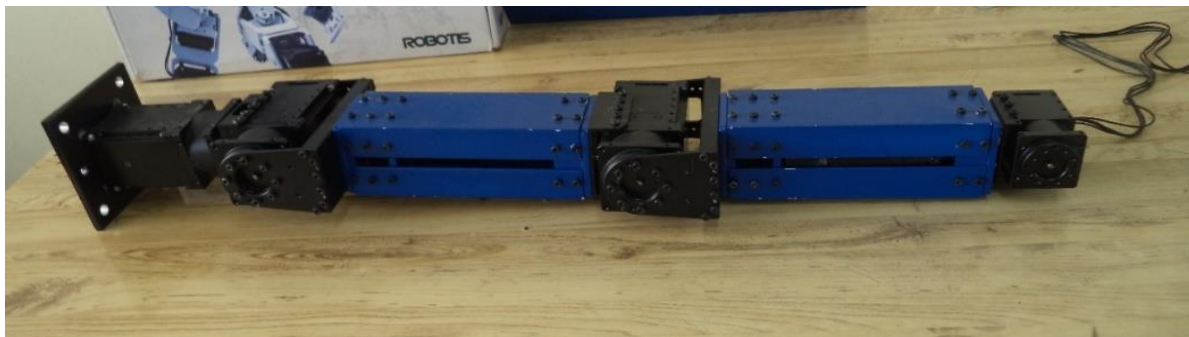
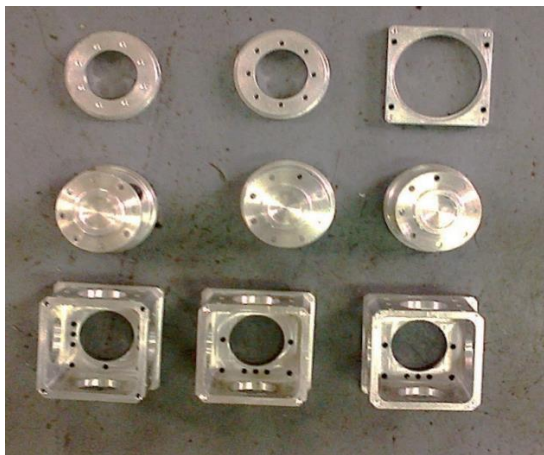
Compartimento

C. Baterías



C. Tarjeta de control

Brazo



Pruebas del diseño

- ▶ Capacidad de Carga
- ▶ Sujeción de objetos
- ▶ Repetitividad
- ▶ Velocidad
- ▶ Maniobrabilidad
- ▶ Seguimiento de Ruta
- ▶ Autonomía



Conclusiones

- ▶ Se desarrolló el diseño de un brazo y una plataforma móvil que posibilite la locomoción y manipulación de un robot manipulador móvil el cual garantiza la estabilidad y confiabilidad en su desempeño
- ▶ Se realizó la simulación del sistema estructural por medio del software SolidWorks 2016 que ha entregado como resultado el listado de materiales y se confirmó las características técnicas de los equipos a ser adquiridos para la construcción
- ▶ Se construyó los distintos elementos diseñados para la estructura del brazo y la plataforma, de la misma manera se realizó el montaje del sistema.
- ▶ Se realizó evaluaciones experimentales en entornos parcialmente estructurados ejecutando actividades de traslación y manipulación de objetos en distintas oportunidades.
- ▶ Se puede evidenciar que el diseño planteado responde satisfactoriamente a los parámetros requeridos en el proyecto de investigación, de tal manera que se ha reiterado por dos ocasiones el mismo diseño para lograr un trabajo corporativo entre tres manipuladores móviles

Recomendaciones

- ▶ El diseño mecánico de la plataforma es un modelo que se encuentra apto para la implementación de un brazo robótico adicional, el cual se procederá a montar en el extremo opuesto donde se encuentran disponibles las adecuaciones necesarias para su instalación
- ▶ Se propone utilizar para trabajos posteriores como material alternativo a la fibra de carbono el cual presenta excelente relación del factor resistencia/peso además que tiene características anticorrosivas y de gran duración.
- ▶ Se plantea como un proyecto a futuro la incorporación de ruedas bidireccionales u otro medio de locomoción que permita al manipulador desenvolverse en medios no estructurados para las ruedas
- ▶ Se sugiere el montaje de otros extremos operativos que puedan ser más óptimo des gripper, ya que en su extremo final el brazo cuenta con la disponibilidad para acoplar otro tipo de herramienta que cumpla con las condiciones de peso establecido.