

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR PARA LA MINI PLATAFORMA DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.

Andrés Erazo
Paul Lisintuña
Oscar Arteaga
Héctor Terán

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga

Quijano Ordoñez y Marqués de Maenza S/N Latacunga, Ecuador
Email: andyfer_bolita@hotmail.com., eddi_pa90@hotmail.com,
obarteaga@espe.edu.ec, hcteran@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto comprende el diseño, construcción e implementación de un sistema hidráulico para la mini plataforma cama baja, adaptable al mini-cabezal para el traslado del prototipo FESPE. El diseño se establece en base a la geometría y configuración de la mini-plataforma que se encuentra a disposición en el departamento de energía y mecánica para implementar el sistema elevador para la movilidad de la plataforma para carga y descarga del prototipo bajo normas de seguridad de diseño de elementos hidráulicos. Tomando en cuenta parámetros y situaciones que influirán durante el funcionamiento de la mini plataforma como el tiempo de carga y descarga del prototipo el que facilita el trabajo humano y menor esfuerzo mecánico. Finalmente el proyecto concluirá con el diseño detallado década una de las parte que están conformadas en el auto-cargable como también la designación de procesos de fabricación, montaje de la mini plataforma, pruebas de campo y manual de funcionamiento.

ABSTRACT

This document involves the design, construction and implementation of a mini hydraulic system for low platform, adaptable to mini-head for the transfer of prototype FESPE bed. The design is set based on the geometry and configuration of the mini-platform it is available in the department of energy and mechanical lift to implement the mobility platform for loading and unloading of the prototype system under safety standards Hydraulic

design elements. And taking into account parameters that influence situations during operation of the platform as mini loading time and load des prototype which facilitates human work and reduces mechanical stress. Finally, the project will conclude with the detailed design of the part decade that are formed in self-loadable designation as manufacturing, assembly mini platform, field-testing and operation manual.

I. INTRODUCCIÓN

Una plataforma auto-cargable se puede definir como vehículo sin eje delantero, no autopropulsado creado y concebido para ser acoplada a un tracto camión, donde descansará parte de la carga del mismo, transfiriéndole una parte sustancial de su masa, para cumplir su objetivo principal, cargar y descargar vehículos y transportarlos a otro lugar con mucha facilidad.

El mecanismo de acople de la plataforma y tracto camión se realiza a través de un mecanismo de enganche, más conocido como quinta rueda o tortuga, la que permite una rápida y perfecta articulación entre la plataforma-cabezal.

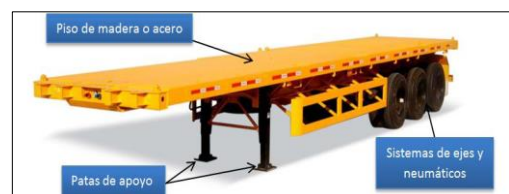


Figura 1: Plataforma cama alta.

Fuente: <http://www.elnony.com.ar/semicist.html>

II. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño del elevador a ser implementado en la mini plataforma se basa en los requerimientos técnicos establecidos para los vehículos FSAE especificado en el Reglamento de la Fórmula SAE 2014, como son: tamaño y peso máximo del vehículo a elevar, distancia entre ejes y ancho de vía; así como también, en las especificaciones técnicas que tienen elevadores semejantes existentes en el mercado.

Los principales datos que influyen en el dimensionamiento de la plataforma y del sistema de elevación son:

- Peso total del vehículo FSAE= 300 kg
- Longitud total del vehículo= 3060 mm
- Ancho total del vehículo= 1400 mm
- Altura total del vehículo= 1070 mm
- Ancho mínimo de vía= 1145 mm

III. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN

De acuerdo con los parámetros de diseño y los requerimientos funcionales exigidos, se propone para el sistema de elevación la geometría mostrada en la figura 2.

Como se observa en la figura 2, los elementos principales que componen el sistema de elevación son:

1. Chasis de la plataforma
2. Sistema de rieles para la plataforma
3. Plataforma
4. Rampas
5. Cilindro hidráulico para avance de la plataforma
6. Cilindro hidráulico para elevación de la plataforma
7. Mecanismo de arrastre de vehículo

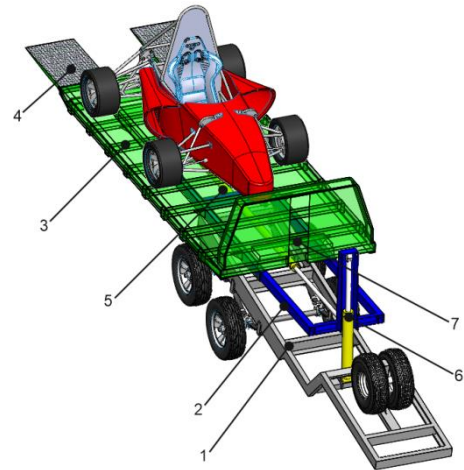


Figura 2 Diseño geométrico del sistema de elevación.

a. Fuerzas requerida en el pistón del cilindro hidráulico 1.

Para calcular la fuerza (F_{cil1}) requerida en el pistón del cilindro hidráulico 1 con el fin de generar el movimiento de avance (para adelante o para atrás) de la plataforma, es necesario determinar la fuerza de fricción (F_{f1}) que se produce entre el sistema de rieles y la plataforma.

$$W_{T1} = W_V + W_{pt} + W_{rp} + W_{cil1}$$

$$W_{T1} = 5000 \text{ N} + 5000 \text{ N} + 350 \text{ N} + 400 \text{ N} = 10750 \text{ N}$$

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

Donde:

W_{T1} = peso total sobre el sistema de rieles

W_{pt} = Peso de la plataforma

W_{T1} = peso de las rampas

W_{pt} = Peso del cilindro hidráulico 1

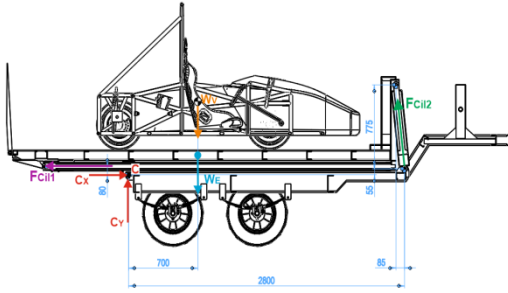


Figura 3: Diagrama del cuerpo libre del sistema de elevación

Entonces:

$$F_{f1} = \mu_{st-st} \cdot N = \mu_{st-st} \cdot W_{T1}$$

$$F_{f1} = 0,5 \cdot 10750 \text{ N} = 5375 \text{ N}$$

$$F_{cil1} = F_{f1} = 5375 \text{ N}$$

El ángulo de inclinación inicial del cilindro hidráulico 2 es:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{775}{85}$$

$$\theta = 83,74^\circ$$

Por lo tanto, aplicando sumatoria de momentos en el punto C se tiene:

$$\sum M_C = 0$$

$$+F_{cil2} \cdot \cos \theta \cdot 0,055 \text{ m} + F_{cil2} \cdot \sin \theta \cdot 2,8 \text{ m} - W_{T1} \cdot 0,7 \text{ m} - F_{cil1} \cdot 0,08 \text{ m} = 0$$

$$F_{cil2} = \frac{7095}{2,789}$$

$$F_{cil2} = 2543,7 \text{ N}$$

b. Reacciones en el punto C

Las reacciones en el punto C vienen dado por:

$$\sum F_x = 0$$

$$C_X - F_{cil1} - F_{cil2} \cdot \cos \theta = 0$$

$$C_X = 5375 \text{ N} + 2543,7 \text{ N} \cdot \cos 83,74^\circ$$

$$C_X = 5625,3 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$C_Y + F_{cil2} \cdot \sin \theta - W_{T1} = 0$$

$$C_Y = 10750 \text{ N} - 2543,7 \text{ N} \cdot \sin 83,74^\circ$$

$$C_Y = 8221,2 \text{ N}$$

Diseño del chasis de la plataforma

Sobre el chasis se monta el prototipo FSAE, la plataforma y todos los componentes del sistema de elevación, por lo que el chasis debe ser lo suficientemente rígido para soportar las cargas que se describen a continuación:

1. Peso total sobre el sistema de rieles:

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

2. Reacciones en el punto C:

$$C_X = 5625,3 \text{ N}$$

$$C_Y = 8221,2 \text{ N}$$

3. Fuerza del cilindro hidráulico 2:

$$F_{cil2X} = 2543,7 \text{ N} \cdot \cos 83,74^\circ$$

$$F_{cil2X} = 277,35 \text{ N}$$

$$F_{cil2Y} = 2543,7 \text{ N} \cdot \sin 83,74^\circ$$

$$F_{cil2Y} = 2528,76 \text{ N}$$

4. Peso de los dos neumáticos de repuesto:

$$W_n = 1000 \text{ N}$$

Diseño del chasis en Solid Works.

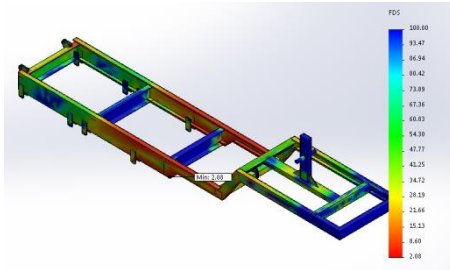


Figura 4: Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Factor de seguridad

Diseño del sistema de rieles

El sistema de rieles permite el movimiento de avance y retroceso de la plataforma para la carga y la descarga de prototipo FSAE por lo que está sometido a las cargas que se describen a continuación:

5. Peso total sobre el sistema de rieles:

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

6. Fuerza del cilindro hidráulico 1:

$$F_{cil1} = 5375 \text{ N}$$

7. Fuerza del cilindro hidráulico 2:

$$F_{cil2X} = 277,35 \text{ N}$$

$$F_{cil2Y} = 2528,76 \text{ N}$$

Diseño del sistema de rieles en Solid Works.

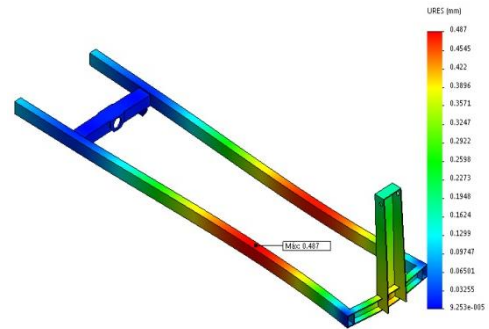


Figura 5: Análisis estático del sistema de rieles.

Diseño de la plataforma

Sobre la plataforma se coloca tanto el prototipo FSAE como el sistema de arrastre del vehículo por lo que debe resistir las cargas que se describen a continuación:

8. Peso máximo del prototipo FSAE:

$$W_V = 5000 \text{ N}$$

9. Fuerza de fricción entre los neumáticos del prototipo FSAE y el suelo:

$$F_{f2} = \mu_{ch-asf} \cdot W_V$$

$$F_{f2} = 0,8 \cdot 5000 \text{ N}$$

$$F_{f2} = 4000 \text{ N}$$

Donde:

μ_{ch-asf} = coeficiente de fricción caucho – asfalto = 0,8 (Anexo X03)

Diseño de la plataforma en Solid Works.

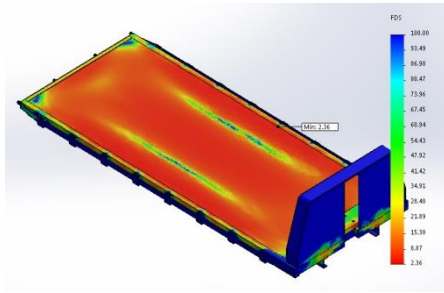


Figura 6: Factor de seguridad plataforma

Diseño de las rampas

Cada rampa debe capaz de soportar la mitad del peso máximo del prototipo FSAE:

10. Mitad del peso máximo del prototipo FSAE:

$$\frac{W_v}{2} = 2500 \text{ N}$$

Diseño de las rampas en Solid Works.

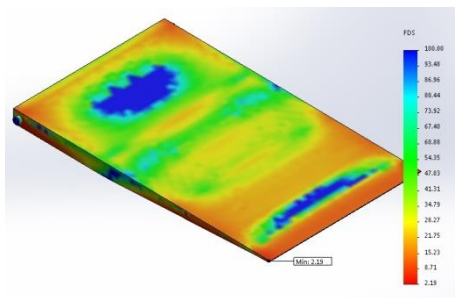


Figura 7: Factor de seguridad en las rampas.

Diseño del mecanismo de arrastre del vehículo

Con el objetivo de arrastrar el vehículo FSAE sobre la plataforma se utilizará un mecanismo mediante cables de acero y poleas.

Considerando que para subir el vehículo FSAE por completo en la plataforma, éste debe recorrer una distancia total 4500 mm en 15 segundos, la velocidad de arrastre de vehículo viene dado por:

$$V_{arrast} = \frac{L}{t}$$

$$V_{arrast} = \frac{4,5 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 0.3 \text{ m/s}$$

Dimensionamiento del cilindro hidráulico 1

Para una presión de servicio en el circuito hidráulico de 100 bares (10 MPa), el diámetro requerido en el pistón viene dado por:

$$A_1 = \frac{F_{cil1}}{P}$$

$$A_1 = \frac{5375 \text{ N}}{10 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$A_1 = 537,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 537,5 \text{ mm}^2$$

Debido a que el cilindro hidráulico debe trabajar tanto en la carrera de salida como en la de retorno, si se considera un diámetro del vástago de 30 mm, se tiene:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_1^2)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi} + d_1^2}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 537,5 \text{ mm}^2}{\pi} + 30^2 \text{ mm}^2}$$

$$D_1 = 39,8 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que el tiempo máximo en el que el cilindro hidráulico 1 debe realizar la carrera de avance o de retroceso es de 20 segundos y el recorrido total del vástago es de 2800 mm, la velocidad de avance es:

$$V_{vast1} = \frac{L}{t}$$

$$V_{vast1} = \frac{2,8 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 0,28 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el caudal Q_1 de aceite requerido en el cilindro hidráulico 1 es:

$$Q_1 = V_{vast1} \cdot A_1$$

$$Q_1 = 0,28 \text{ m/s} \cdot 537,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 150,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 9,0 \text{ lt/min}$$

Dimensionamiento del cilindro hidráulico 2

De forma semejante el cilindro hidráulico 1, el diámetro requerido en el pistón 2 viene dado por:

$$A_2 = \frac{F_{cil2}}{P}$$

$$A_2 = \frac{2543,7 \text{ N}}{10 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$A_2 = 254,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 254,4 \text{ mm}^2$$

Si se considera un diámetro del vástago de 40 mm, se tiene:

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - d_2^2)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_2}{\pi} + d_2^2}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 254,4 \text{ mm}^2}{\pi} + 40^2 \text{ mm}^2}$$

$$D_2 = 43,86 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que el tiempo máximo en el que el cilindro hidráulico 2 debe realizar la carrera de elevación de la plataforma es de 5 segundos y el recorrido total del vástago es de 500 mm, la velocidad de avance es:

$$V_{vast2} = \frac{L}{t}$$

$$V_{vast2} = \frac{0,50 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 0,10 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el caudal Q_2 de aceite hidráulico requerido en el cilindro 2 es:

$$Q_2 = V_{vast2} \cdot A_2$$

$$Q_2 = 0,10 \text{ m/s} \cdot 254,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 25,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 1,5 \text{ lt/min}$$

IV. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Para el diseño del circuito hidráulico se toma en cuenta los requerimientos funcionales del sistema de elevación de forma que garantice una operación segura de la máquina y cumpla con las siguientes funciones:

11. Accionamiento del sistema hidráulico para el avance y elevación de la plataforma y para el arrastre de vehículo FSAE mediante una válvula distribuidora con accionamiento manual por palanca.
12. Bloqueo del sistema hidráulico en la posición deseada cuando se deja de presionar la palanca de accionamiento.

Para simular y comprobar el adecuado funcionamiento del circuito hidráulico se utilizó el software de FESTO FluidSim.

Se observó en la (figura 8) el funcionamiento del circuito hidráulico cuando se activa el avance del cilindro horizontal 1.

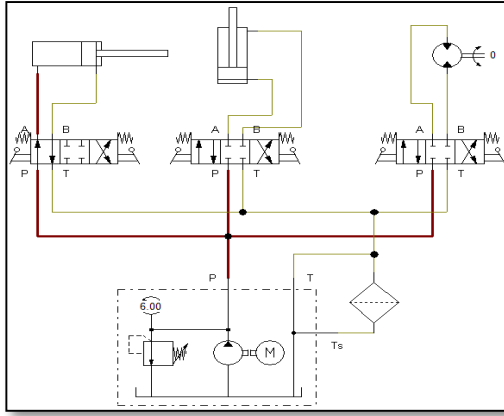


Figura 8 Funcionamiento del circuito cuando se activa la palanca para avance del cilindro hidráulico 1

En la siguiente figura 9 se simula el funcionamiento del motor hidráulico cuando se activa el carrete para el arrastre del prototipo FESPE.

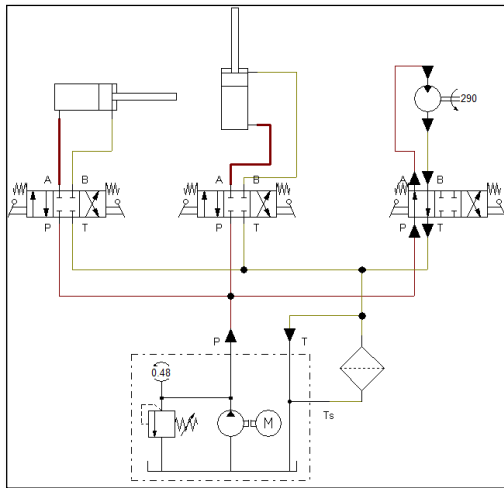


Figura 9 Funcionamiento del motor hidráulico de arrastre.

V. CONSTRUCCIÓN

Como toda construcción debe ser planificada como en este proyecto se implementó un diagrama de procesos (figura 4.1) para que así el material a utilizar y todos los elementos seleccionados que entren al taller estén predestinados en la construcción del elevador de la plataforma auto-cargable, (figura 4.2) con un avance y desarrollo

unidireccional, procurando tener el mínimo desperdicio de estos.

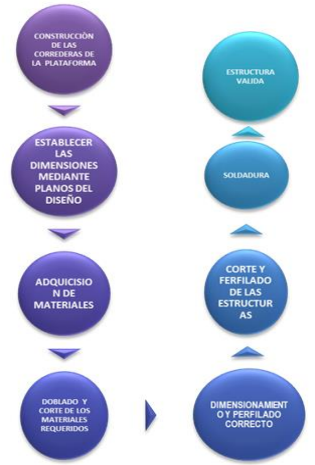


Figura 10. Proceso de construcción de las correderas de la plataforma parte mecánica.

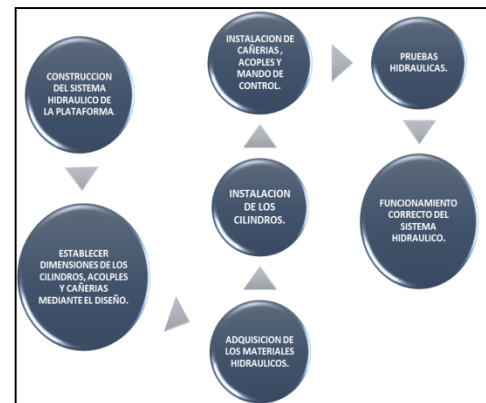


Figura 11 Proceso de construcción de la plataforma parte hidráulica.

VI. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Es importante que el prototipo garantice las especificaciones técnicas solicitadas, por lo que es fundamental someter al sistema a pruebas de campo, con la finalidad de verificar los parámetros estructurales y funcionales del prototipo, que cumpla satisfactoriamente.

Tabla 1.

Pruebas plataforma sin carga.

SIN CARGA	
Peso de la plataforma Auto-cargable.	1245.27 Kg.
Peso máximo a cargar.	500Kg.
Tiempo de ascenso.	33.2 seg.
Tiempo de descenso.	24.3 seg.
Funcionamiento del sistema hidráulico (%).	100%
Funcionamiento del sistema mecánico (%).	100%
Funcionamiento del sistema eléctrico (%).	100%
Funcionamiento del sistema de seguridad (%).	100%
Fiabilidad total del elevador (%).	100%

Tabla 2.

Pruebas plataforma con carga.

CON CARGA	
Peso de la plataforma Autocargable.	1245.27 Kg.
Peso máximo a cargar.	500Kg.
Marca del vehículo.	Prototipo
Clase del vehículo.	Fórmula 1.
Peso del vehículo	350 kg.
Color.	Blanco
Placa.	ESPE
Año de fabricación.	2014
Tiempo promedio de ascenso.	33.4seg.
Tiempo en estado de carga.	2 horas
Estabilidad de la estructura	Normal
Tiempo promedio de descenso.	22.3seg.
Funcionamiento del sistema hidráulico.	100%
Funcionamiento del sistema mecánico (%).	100%
Funcionamiento del sistema eléctrico (%).	100%
Funcionamiento del sistema de seguridad (%).	100%
Fiabilidad total del elevador (%).	100%

- Llegando a la conclusión de que con la mini plataforma Auto-cargable con sistema hidráulico optimiza el tiempo en el transbordo del prototipo FESPE a los lugares requeridos (tabla 2).
- La mini plataforma Auto-cargable con sistema hidráulico para

deslizar el prototipo FESPE, es el sistema más apropiado; debido que cumple con los objetivos planteados (figura 2).



Figura 5. 1. Prueba plataforma con carga.

CONCLUSIONES

- La mini plataforma auto cargable deslizando se ha elegido por ser la más apta para cargar y descargar de forma más eficiente el vehículo prototipo FESPE.
- La mini plataforma auto cargable forma un sistema mecánico e hidráulico integrado por los elementos bastidor- plataforma, cilindros hidráulicos y el chasis; cuya característica del sistema es formar una pendiente a 15° con el suelo con ayuda de las rampas.
- El sistema desarrollado, está en capacidad de ayudar al ahorro de tiempo en el arrastre del prototipo FESPE, ya que el valor obtenido de 33.4 seg en las pruebas de campo es muy favorables en comparación al tiempo que se lo realizaba en forma mecánica.
- Con un factor de seguridad 2.33 obtenido en el diseño de la mini-plataforma se determina

mediante el rango establecido de diseño estructurales que es de 2 a 2.5, la estructura no va a sufrir deformaciones.

- El estudio de auto-cargables realizado en este proyecto, servirá de gran ayuda a los estudiantes del FORMULA FESPE ya que les permitirá tener una mayor eficiencia y menor esfuerzo en el traslado para la exhibición del prototipo.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRNES, Mike;C (2008). *La Guía Completa Para Operaciones del Auto-transporte de Carga*
- Mc CORMAC, *Análisis de estructuras; cuarta edición, México,D.F.; Alfaomega 2010; 700 p.*
- Mott Robert L: *RESISTENCIA DE MATERIALES; 3 Edición; Prendice-Hall, Hispanoamérica.*
- Mott Robert L: *RESISTENCIA DE MATERIALES; 3 Edición; Prendice-Hall, Hispanoamérica*
- Pozzo, D.(Abril 2010). *Diseño y construcción de una plataforma didáctica para vehículos de competición .Quito, Universidad Central del Ecuador*
- *Resistencia de materiales, Singer. Momentos de flexión, torsión y reacción. 4ta Edición.*
- CAORI, Patricia. *Conexiones en Estructuras Metálicas, 1ra. Ed., Colombia, 2002, Unidad de Publicaciones de Facultad de*

Ingeniería Universidad Nacional de Colombia.

- SHIGLEY, México, D.F. 2000 *.Diseño en Ingeniería Mecánica e hidráulica de elementos móviles, 6ta.Edicion*
- Mc Graw-Hill;México,D.F.(1992), *Análisis mecánico de elementos estructurales; 2 Edición.*
- Kindler, H.&Kynast, H.(1984).*GTZ Matemática aplicada para la técnica de plataformas de arrastre. Alemania. Editorial Reverte.7ma Edición.*

BIOGRAFÍA



Erazo Criollo, nació en Pimampiro – Imbabura – Ecuador, Ingeniero Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga – Ecuador andyfer_bolita@hotmail.com.



Lisintuña Paul, nació en Quito – Pichincha – Ecuador, Ingeniero Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga – Ecuador. Email: eddi_pa90@hotmail.com.



Oscar Arteaga, nació en Ambato – Tungurahua – Ecuador, Graduado de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica del Chimborazo y Master en Nuevas Tecnologías de la información y

Comunicación de la Universidad Técnica de Ambato. Docente de tiempo completo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga desde el 2000



Héctor Terán, nació en Latacunga – Ecuador. Es ingeniero Electromecánico, estudios de posgrado en Redes Industriales, Gestión de energías, Seguridad industrial y riesgos de trabajo, Docente tiempo parcial en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.