



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Tema: “Análisis, selección e implementación de los sistemas de suspensión, dirección y freno en un vehículo táctico militar para las Fuerzas Armadas”

Autores:

**Sasintuña Chancusig, Andrés Esteban
Zúñiga Lema, Jorge David**

Tutor:

Msc. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

Latacunga, Febrero 2023



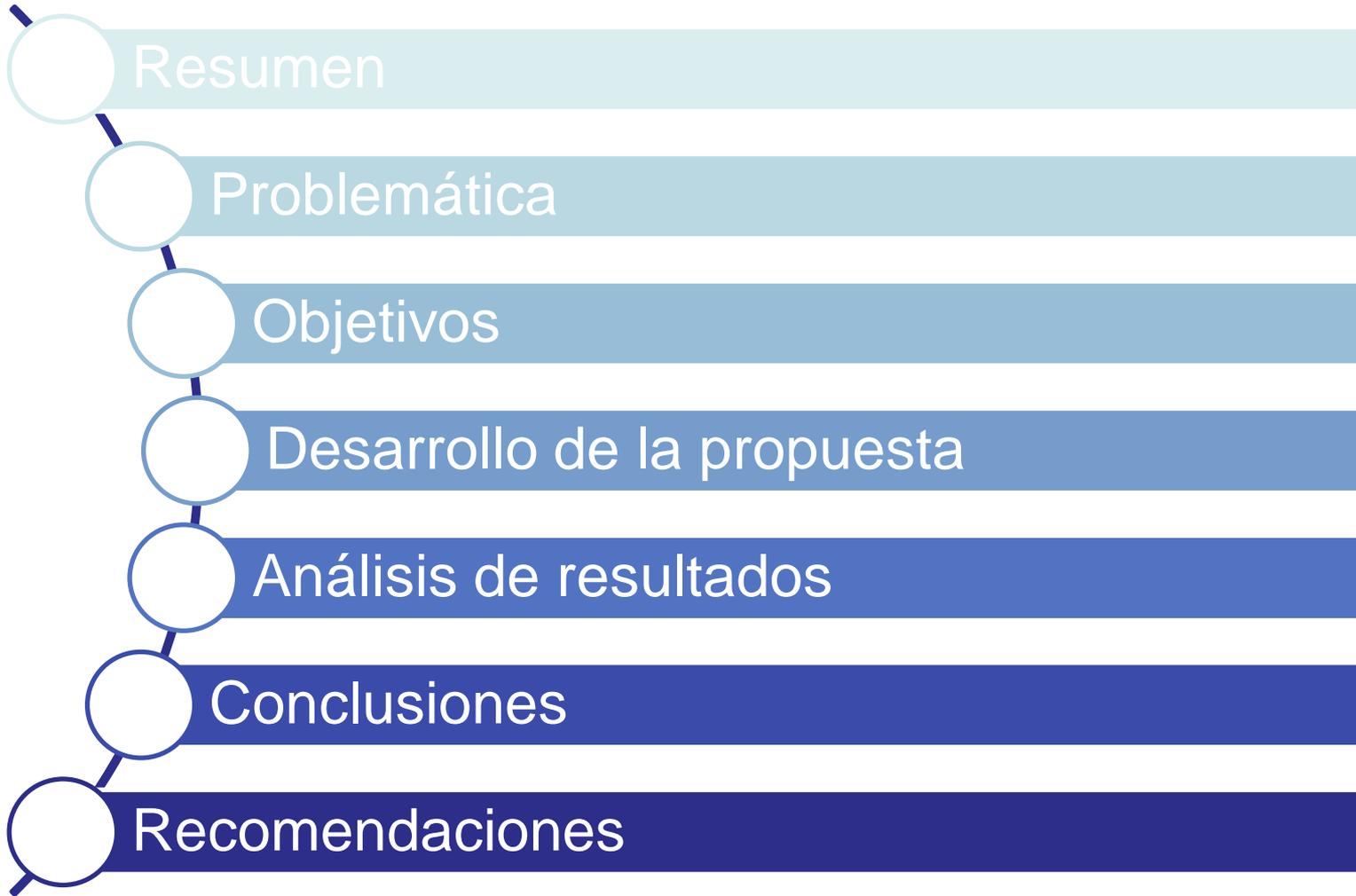
“Hay cualidades que conducen al éxito. Coraje, la capacidad de soñar y la perseverancia”

Soichiro Honda



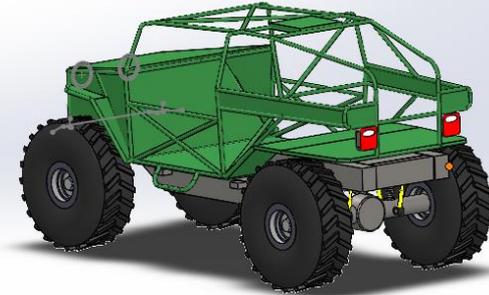
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Contenido



Resumen

- Se adquirió como base del proyecto un vehículo Trooper 4x4 (1990) donde se utilizó el bastidor y tren motriz original
- A partir de las dimensiones del chasis se realizó un análisis previo para la selección de cada uno de los sistemas e implementarlos en un vehículo Off-Road todoterreno que servirá para patrullaje de las Fuerzas Armadas.
- El sistema de suspensión trasera original fue cambiada por un sistema multibrazo
- Al sistema de dirección y frenado se realizó un mantenimiento y recambio de piezas desgastadas.



Antecedentes



En Ecuador no existen regulaciones para los vehículos tácticos, así como la dificultad de importación de los mismos.



Falta de control en ciertas zonas consideradas inaccesibles debido a la ausencia de vehículos tácticos



Ideas innovadoras enfocadas a vehículos tácticos de uso militar, tomando en cuenta los avances tecnológicos que existe actualmente en los sistemas de suspensión, dirección y frenado



Dotar de mejores prestaciones en los sistemas de suspensión, dirección y frenado



Usando herramientas como el diseño, análisis, selección, adaptación y optimización.



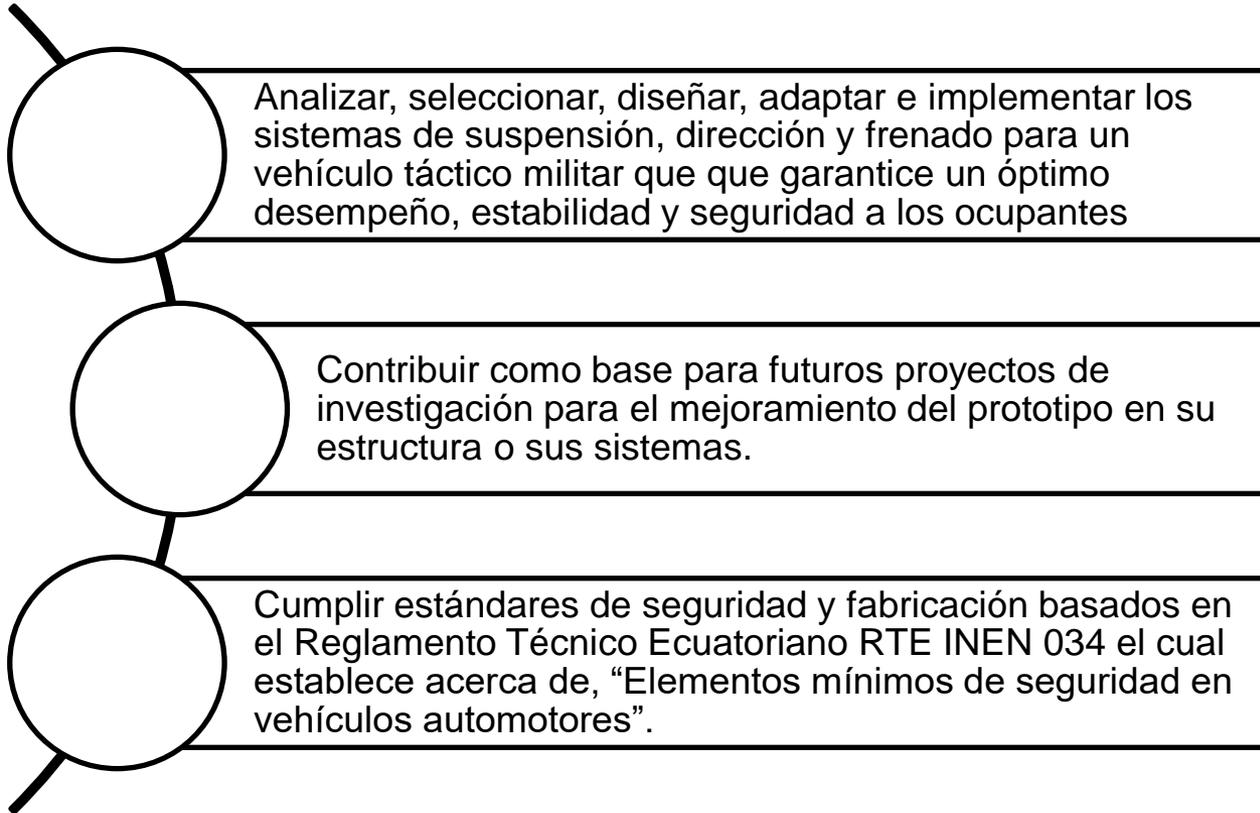
No existe una guía para la selección, construcción, adaptación e instalación de sistemas aplicado en vehículos tácticos de uso militar

Planteamiento del problema

Dar un enfoque integrado, para analizar la funcionalidad y operatividad de los sistemas para evitar riesgos de accidentes, costos y tiempos de mantenimiento.



Justificación e importancia



Objetivos del proyecto

Objetivo general

- Seleccionar e implementar el sistema de suspensión, dirección y frenos para un vehículo táctico

Objetivos específicos

- Analizar e implementar un sistema de dirección para el vehículo táctico militar
- Analizar e implementar un sistema de suspensión para el vehículo táctico militar.
- Analizar e implementar el tipo de sistema de frenos adecuado para el vehículo táctico militar.



Hipótesis

“El análisis, selección e implementación del sistema de suspensión, dirección y frenos permitirá obtener un vehículo que cumpla con las necesidades y seguridades que un vehículo táctico requiere, además es un transporte idóneo para su homologación en concordancia a lo que establece la Comisión Nacional de Transporte Terrestre, tránsito y seguridad vial”



Desarrollo de la propuesta

Modificaciones, adaptaciones, proceso de construcción y armado de los sistemas de suspensión, dirección y frenado del vehículo táctico militar.



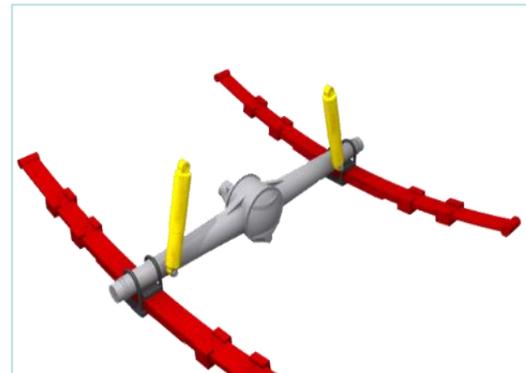
Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Datos de suspensión original del Trooper (1990) 4WD



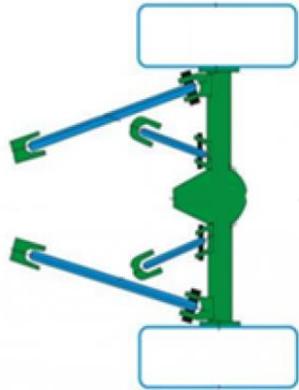
Suspensión	Descripción
Delantera	Independiente, de doble horquilla con barra de torsión y barra estabilizadora, con amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción
Trasera	Muelles semielípticos reforzados con amortiguadores telescópicos hidráulicos de doble acción.

Suspensión trasera original de ballestas y amortiguador telescópico

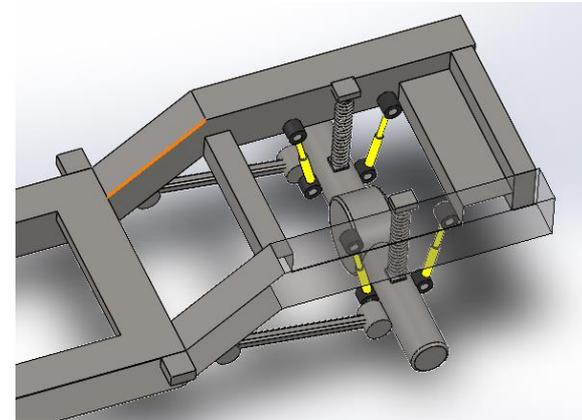


Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Suspensión trasera 4-Link para el vehículo táctico militar



Distribución de brazos en el sistema 4-Link



Boceto en Solidworks de la suspensión 4-link a instalar junto al bastidor

Sistema más fiables en vehículos off-road, va a circular fuera de la carretera, un vehículo todoterreno, no todos los autos llevan este tipo de suspensión, ya que es un esquema mucho más complejo de instalar y su coste es elevado

El punto fuerte de este sistema son los terrenos accidentados, irregulares o rocosos, ya que siempre va a permitir que la llanta siempre esté en contacto con la superficie.

Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Suspensión trasera 4-Link para el vehículo táctico militar



Componentes nuevos adquiridos para la suspensión 4-link

Componente	Descripción	Cantidad
Amortiguador MONROE Gas Magnum	20" – 25"	4
Espirales	500 lb de Toyota Land Cruiser VX 4"	2
Kit de bujes para suspensión 4-link	Bujes Offroad	14

Amortiguadores de gas y espirales para la suspensión trasera 4-link



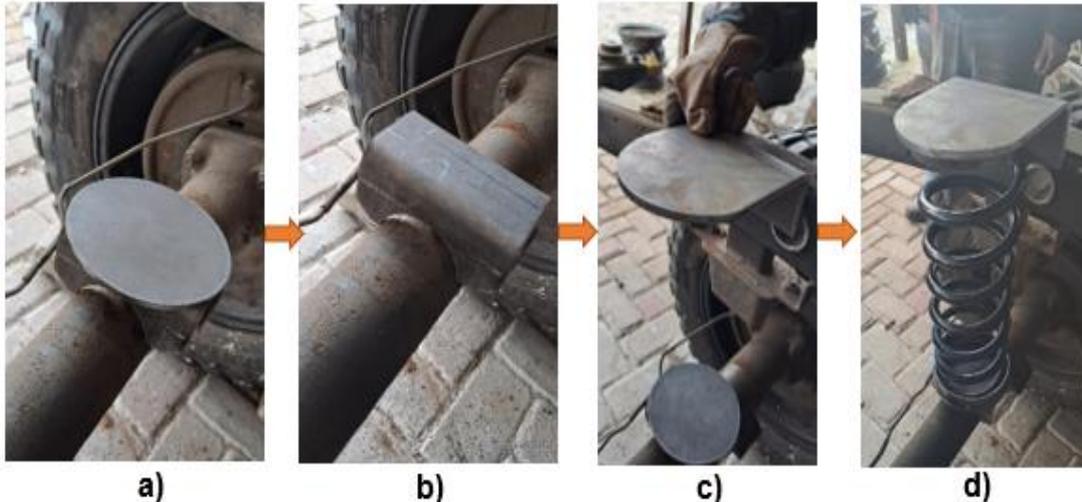
Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA NUEVA SUSPENSIÓN

a) Desmontaje del sistema de suspensión por ballestas



b) Fabricación de las nuevas bases para los espirales de la suspensión



- a) Base circular inferior de la espiral
- b) Proceso de soldadura al eje
- c) base superior soldada a un lado del bastidor
- d) Espiral dentro de la base inferior y superior



Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA NUEVA SUSPENSIÓN

c) Adaptación finalizada de las bases e instalación de los espirales



$h_1 = 45\text{cm}$



$h_2 = 5\text{cm}$

d) Fabricación e instalación de los soportes que sujetan los cuatro brazos de la suspensión 4-Link



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA NUEVA SUSPENSIÓN

e) Fabricación de los cuatro brazos del sistema multilink



Se necesitan cuatro brazos de suspensión, dos superiores y dos inferiores y que en sus extremos deben ir instalados un par de bujes Off-Road.

f) Instalación de los brazos de suspensión en los soportes del travesaño del bastidor y del eje trasero



Sujeción de un brazo inferior del sistema de suspensión



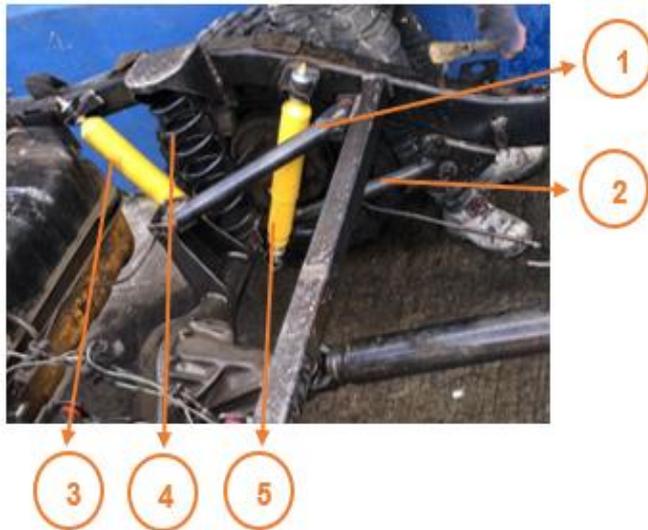
Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA NUEVA SUSPENSIÓN

g) Instalación de los amortiguadores MONROE Gas Magnum



Amortiguador a gas brinda al sistema es una suspensión mucho más rígida y dura, dando una sensación más deportiva



- 1) Brazo superior
- 2) Brazo inferior
- 3) Primer amortiguador a gas
- 4) Espiral de 500 lb
- 5) Segundo amortiguador a gas



Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Suspensión trasera 4-Link terminada



Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Suspensión trasera 4-Link terminada



Sistema de suspensión del vehículo táctico militar

Suspensión trasera 4-Link terminada



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema de freno del vehículo táctico militar

Datos previos del sistema de Freno Trooper

Componente	Descripción	Cantidad
Freno de Servicio	Hidráulicos, con doble circuito independiente, con Servofreno simple de 9 in, ajustable automáticamente, implementa una válvula compensadora de freno.	Delantero: 2 discos ventilados Trasero: 2 tambores ajustable
Freno de estacionamiento	Mecánico aplicado a ruedas traseras	1



Alternativas para el sistema de freno

Primera Alternativa

Sistema de freno hidráulica asistida

Un freno hidráulico ayuda al conductor a mejorar el frenado, sumado a la incorporación de un servofreno aumenta la fuerza ejercida. El servofreno funciona por medio de presión de vacío, existen servofrenos para disco, para tambor y mixto, el más apropiado y más utilizado es el mixto.

Segunda alternativa

Freno neumático.

Es utilizado en transporte pesado, trenes y maquinaria pesada. Aunque es adaptable a vehículos de cualquier capacidad, su versatilidad hace que sea seguro.

Funciona basado en la energía potencial del aire comprimido que, mediante sus elementos, al momento de accionarlo multiplica la fuerza.

Análisis

En cuanto a la selección del sistema de freno, se decide usar el mismo sistema ya que al tener discos y tambores ayudan a tener un grado alto de eficiencia al frenado. En cuanto a los discos ayuda a disipar de mejor manera el calor ya que todos sus elementos están en contacto con el exterior lo que hace que tengan una mejor recuperación térmica en el menor tiempo posible, siendo indispensable en la parte delantera ya que en el eje frontal es donde mayor peso por eje tenemos y además recibe el 80% de la potencia de frenado del auto.



Elementos del sistema de freno vehículo Trooper.

Elemento	Descripción
Disco de Freno	Espesor de, sin rayadura, inspección visual en buen estado.
Mordaza	En buen estado, sujeciones fijas hacia las pastillas.
Pastilla de freno	Desgastadas, proceso de cambio.
Pistón	Cauchos protectores rotos. Procede a cambiarlos.
Tambor	Inspección visual en buen estado. Mediciones sin ovalamiento. Diámetro interior dentro del parámetro del Fabricante.
Resortes	Sucios, proceso de limpieza, en buen estado.
Respaldo	Inspección visual, en buen estado. Buen acople con el tambor.
Auto ajustador	A tope, por desgaste de zapatas.
Zapata	Con desgaste, proceso de cambio.
Cilindro de Rueda	Sin Cauchos protectores

Diagnóstico por mediciones de los elementos desgastantes del sistema de freno

ELEMENTO	TOLERANCIA DEL MANUAL	MEDID A TOMADA	APTO PARA PRUEBA
PASTILLA DE FRENO	Ancho (35.4 - 25 mm)	32.1 mm	Ok
DISCO DE FRENO	Ancho(25-24.6mm) Paralelismo (0.13mm máximo)	24.74 mm 0.1 mm	Ok Ok
TAMBOR DE FRENO	Diámetro interno (211.4 – 210 mm)	210.1 mm	Ok
ZAPATAS	Ancho(39.4-25 mm)	28.1 mm	Ok



Instalación y adaptación del sistema de freno.

a) Servofreno y Bomba

Para desmontar la bomba se extrajo con todo el servofreno y el depósito del líquido de freno, para evitar derramamiento del mismo, ya que posterior a la instalación de la nueva carrocería se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento de la bomba, cambio de sellos y comprobación de vacío del servofreno. En cuanto a los tubos hidráulicos se procedió a desconectar ya que por ser muy delicados se habrían estropeado al momento de extraer la carrocería anterior.



ANTES



DESPUES



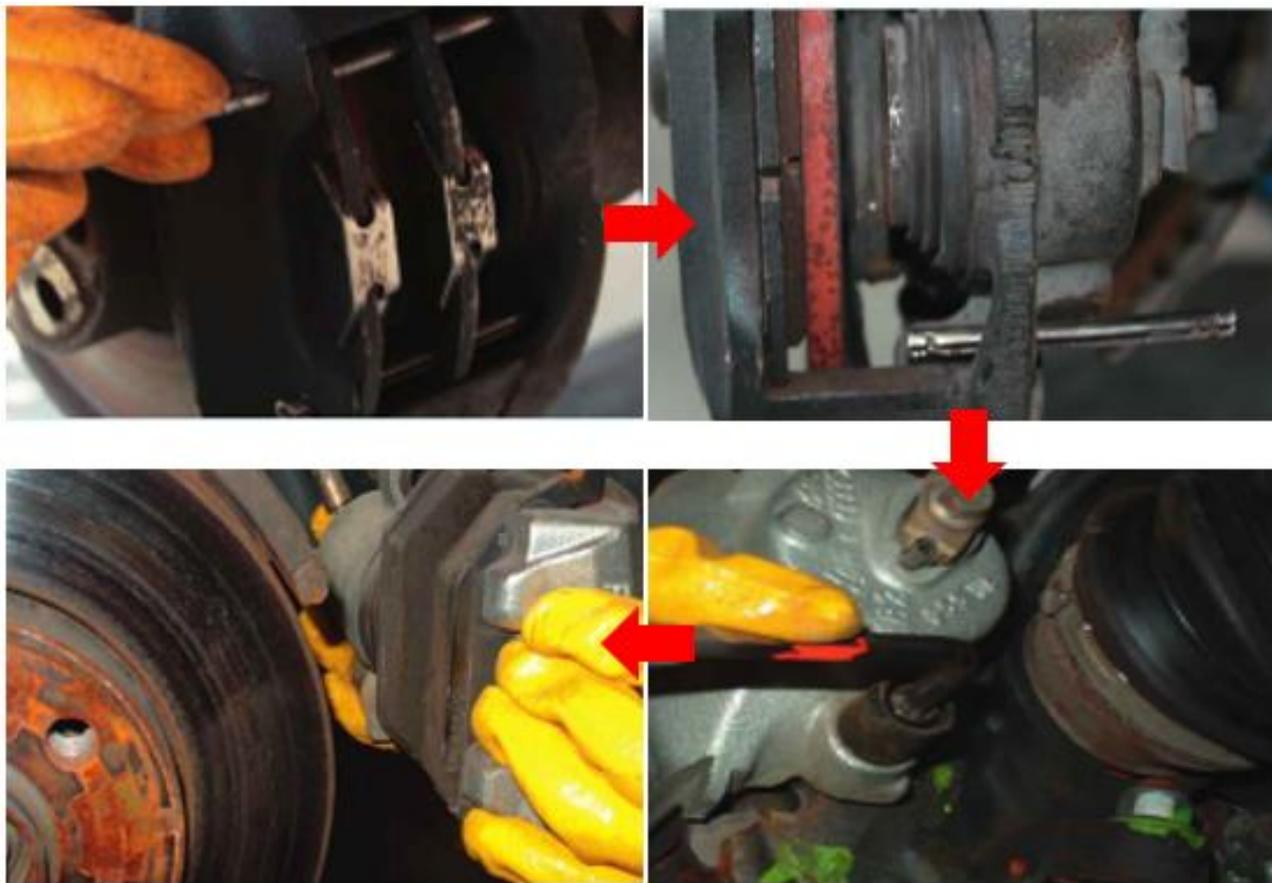
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

b) Discos y Tambores

- Verificación de estanqueidad y nivel de líquido de freno.
- Verificación de estado de pastillas y disco de freno.
- Verificación de zapatas y tambores de freno.
- Inspección visual por todo el recorrido de las toberas en busca de posibles fugas.
- Inspección general de componentes delanteros y traseros de freno.



Desmontaje de las pastillas de freno.



Desmontaje de zapatas y remachada.



Sistemas de dirección del vehículo táctico militar

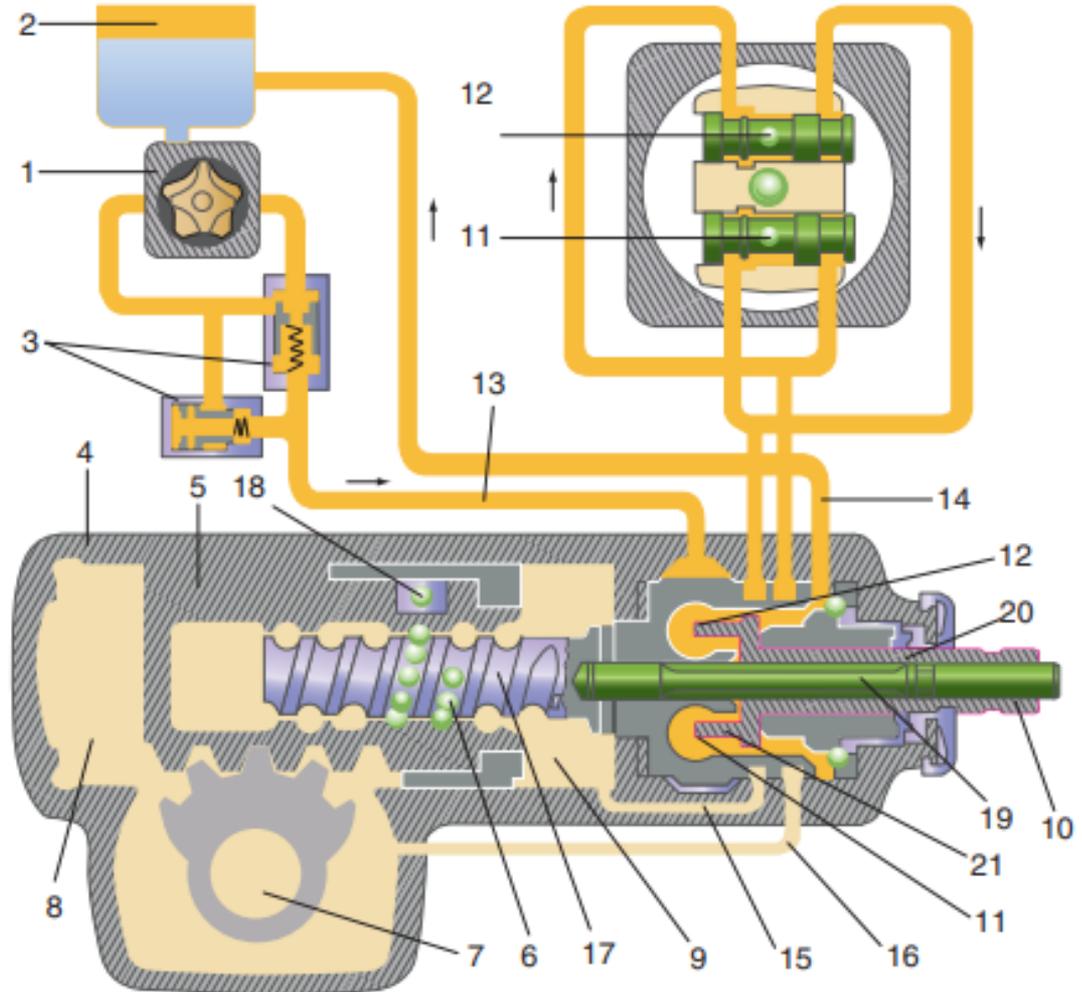
- **Datos previos del vehículo Trooper**

El vehículo original Trooper tiene una dirección asistida de manera hidráulica con tornillo sin fin y tuerca con bolas recirculantes.



Elementos del sistema de tornillo sin fin y bolas recirculantes

1. Servobomba
2. Depósito hidráulico
3. Válvulas de regulación de presión
4. Cuerpo de la caja de la dirección
5. Pistón de reacción
6. Eje de tornillo con bolas circulantes
7. Eje de sector dentado
8. Cámara izquierda
9. Cámara derecha
10. Extremo del eje
11. Válvula inferior
12. Válvula superior
13. Conducto de llegada del caudal y la presión
14. Conducto de rebose
15. Conducto de alimentación a la cámara 9
16. Conducto de alimentación a la cámara 8
17. Tornillo sinfín
18. Tubo circulatorio
19. Barra de torsión
20. Manguito de control
21. Pernos de accionamiento de las válvulas



Análisis para la implementación de la dirección en un Vehículo Táctico Militar.

- La dirección hidráulica compuesta por un cajetín de tornillo sin fin y bolas recirculantes se caracteriza por su comodidad y suavidad además del poco esfuerzo que se aplica al volante para girar las ruedas de gran tamaño. Tradicionalmente se ha utilizado para dirigir vehículos grandes y todoterreno.
- Sin mayor análisis de alternativas y optimizando los recursos a disposición, luego de realizar el análisis de esta dirección se decide incorporar el mismo sistema hidráulico de tornillo sin fin y bolas recirculantes, realizando un diagnóstico previo de su estado.



Tirantería de la dirección.

Elemento	Descripción	Cantidad
Palanca de ataque	Acoge el movimiento de la caja de dirección.	1
Barra de mando	Sujeto por un lado a la palanca de ataque y por el otro a los brazos de acoplamiento	1
Brazos de sujeción o acoplamiento.	Transmiten el movimiento hacia las ruedas	2
Barras de acoplamiento	Une las dos ruedas por una barra y abrazaderas.	1
Rótulas	Une de manera flexible el cajetín de la dirección y los brazos de sujeción, ayuda a corregir la convergencia de las ruedas.	2



a) Adaptación de la caja de dirección hidráulica en el vehículo táctico Militar..

- La caja de dirección deberá ir instalada a la misma altura y posición que la original, en relación a su eje de salida y entrada para no alterar mayormente la ubicación de los componentes originales.
- La tirantería de la dirección es la misma y no va a ser alterada ningún componente lo que facilita la instalación. Para la sujeción de la caja de dirección se perforó los guardafangos delanteros del vehículo táctico militar, se perforo tres puntos de diámetro 10mm.
- Así mismo para la columna de la dirección se perforo la carrocería.



Columna de dirección adaptada en la carrocería.



Base para sujeción de caja de dirección.



Sujeción al Chasis



Sujeción al Chasis



Análisis de Resultados



Análisis del sistema de suspensión

Peso del vehículo táctico militar



Datos de chasis y carrocería

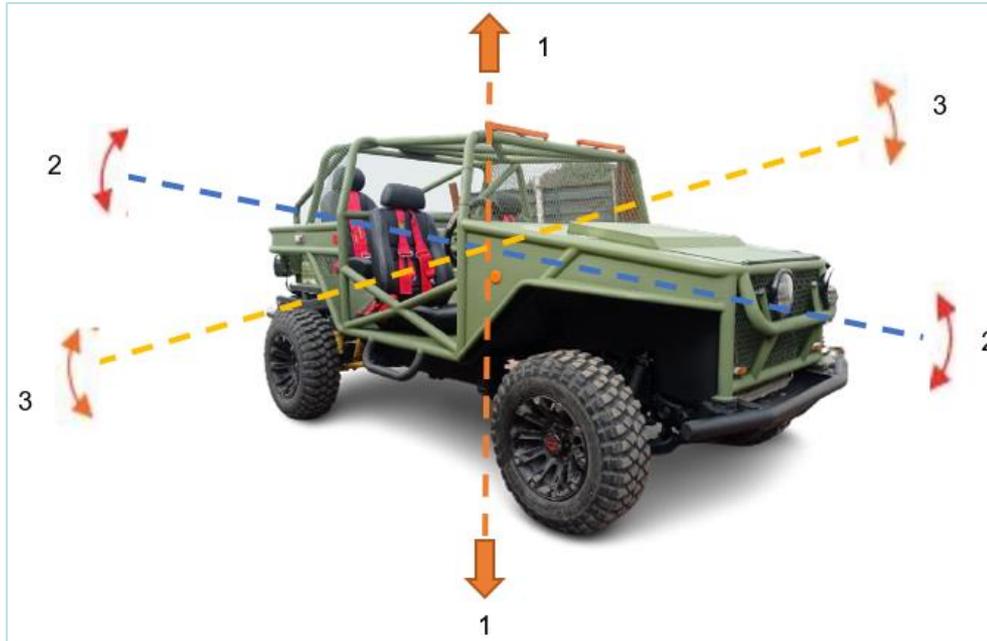
Dimensiones del vehículo táctico militar

Dimensiones	Valor (mm)
Ancho de vía de eje frontal	1390 mm
Ancho de vía de eje trasero	1400 mm
Batalla (entre ejes)	2300 mm



Análisis del sistema de suspensión

Cargas que soporta el vehículo táctico militar

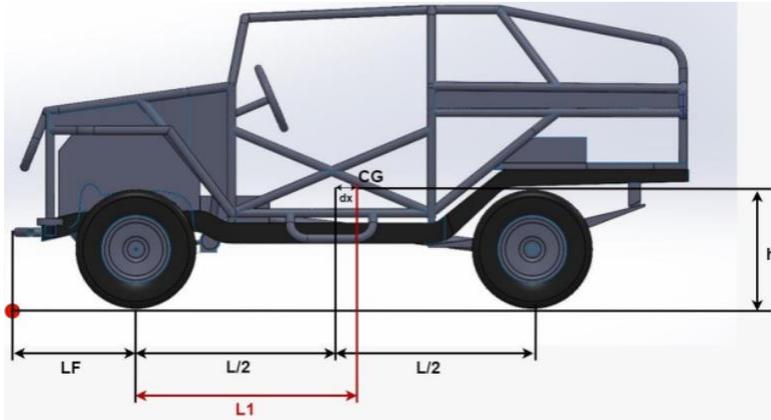


Tipos de oscilaciones en el vehículo y sus causas

Número	Oscilaciones	Causa
1	Empuje	Baches o terreno ondulado (eje vertical)
2	Cabeceo	Aceleración o frenada brusca (eje transversal)
3	Bamboleo (balanceo)	Curvas o terreno inclinado (eje longitudinal)

Análisis del sistema de suspensión

Centro de gravedad del vehículo táctico militar



$L1 = 1304,306 \text{ mm} \rightarrow$ Distancia desde el eje delantero al C.G

$h = 686,321 \text{ mm} \rightarrow$ Altura del centro de gravedad

$L2 =$ Distancia entre ejes(batalla) $- L1$

$L2 = 2300 \text{ mm} - 1304.306 \text{ mm}$

$L2 = 995.694 \text{ mm}$

Transferencia longitudinal de carga en pendiente

$$TLoCp = Rp * \frac{H}{L}$$

Donde:

$Rp =$ Resistencia a rampa (kg)

$H:$ Altura al C.G

$L =$ Batalla (entre ejes)

$\beta =$ ángulo de inclinación (se estima una pendiente de 40°)

$a = 0.8g$

$$Rp = MasaTotal * \text{sen}(\beta)$$

$$Rp = (1200Kg + 75Kg + 75Kg + 75Kg) * \text{sen}(40)$$

$$Rp = 915.97 \text{ Kg}$$

$$TLoCp = Rp * \frac{H}{L}$$

$$TLoCp = (917.97kg) * \frac{686,321 \text{ mm}}{2300 \text{ mm}}$$

$$TLoCp = 2687.18 \text{ Kg}$$



Análisis del sistema de suspensión

Transferencia longitudinal de cargas en aceleración o desaceleración

$$TLoCf = a * MasaTotal * \frac{H}{L}$$

$$TLoCf = (0.8g) * (1425kg) * \frac{686,321 \text{ mm}}{2300\text{mm}}$$

$$TLoCf = 3337.067 \text{ N}$$

Carga soportada por el eje delantero

$$P_{cd} = P_{Eje delantero} * g$$

$$P_{cd} = 515.596Kg * g$$

$$P_{cd} = 5057.9967N$$

Transferencia de carga al eje trasero en aceleración brusca

$$a_{max} = 1.75 \frac{m}{s^2} (\text{factor de manejo})$$

$$Wa = \frac{a_{max} * MasaTotal * H}{Batalla}$$

$$Wa = \frac{1.75 \frac{m}{s^2} * 1425Kg * 686,321 \text{ mm}}{2300\text{mm}}$$

$$Wa = 744.136 \text{ N}$$

Carga total trasferida

$$TCTr = TLoCp + TLoCf$$

$$TCTr = 2687.18 \text{ N} + 3337.067 \text{ N}$$

$$TCTr = 6204.24 \text{ N}$$

Carga soportada por el eje trasero

$$P_{ct} = P_{Eje trasero} * g$$

$$P_{ct} = 675.404Kg * g$$

$$P_{ct} = 6625.71N$$

Transferencia lateral de carga

$$TLaC = al * MasaTotal * \frac{H}{\text{Ancho de vía}}$$

$$TLaC = 0.8g * 1425Kg * \frac{686,321 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}}$$

$$TLaC = 558.861N$$



Análisis del sistema de suspensión

Análisis por peralte

Para este análisis se tomará en cuenta un peralte de 8° y una aceleración de 0.8g.

$$Vv = \sqrt{g * R * \frac{\frac{S}{2H} + \tan(\zeta)}{1 - \frac{S}{2H} * \tan(\zeta)}}$$

$$Vv = 8.27075 \text{ m/s}$$

Donde:

$S =$ ancho de vía (1.4m)

$H:$ Altura de centro de gravedad (0,6863 m)

$g =$ gravedad $\left(\frac{9.81m}{s^2}\right)$

$\zeta =$ ángulo de peralte

$R =$ Radio curvatura (8m)

$Vv =$ velocidad de vuelco (20,40,60,80)Km/h



Análisis del sistema de suspensión

Cálculo de oscilaciones del resorte

En una suspensión ideal, las oscilaciones del resorte de la suspensión trasera 4-link debe estar en el rango de 30 a 60 períodos por minuto. Este cálculo está en función del peso que soporta el resorte (500lb según el fabricante) y el coeficiente de elasticidad. La deformación producida en el resorte, acciona el resorte y lo entrega como oscilaciones(González, del Río, Tena, & Torres, 2011).

$$f = \frac{1}{2 * \pi \sqrt{\frac{M}{K}}}$$

Donde:

T= Tiempo de oscilación (Segundos)

H= deformación del resorte (m)

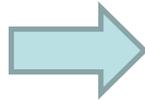
G= 9.81m/s²

M=masa suspendida (675.404Kg)

P= carga del resorte

H= deformación del resorte

K= coeficiente elástico del resorte



$$K = \frac{P}{H}$$

$$K = \frac{226.796Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{0.2m} = 11124.34N/m$$

$$f = \frac{1}{2 * \pi \sqrt{\frac{M}{K}}}$$

$$f = \frac{1}{2 * \pi \sqrt{\frac{675.404Kg}{11124.34N/m}}} = 0.646 \text{ Hz}$$

Se debe convertir a ciclos por minuto con el factor de conversión 1Hz= 60cpm

$$f = 38.76 \text{ ciclos por minuto}$$

Análisis: Para una suspensión ideal el número de oscilaciones del muelle trasero del sistema de suspensión 4-link debe estar comprendido de 30 a 60 ciclos por minuto, en el cálculo realizado se obtuvo 38.76 cpm, lo cual nos indica que se encuentra dentro del margen ideal.



Análisis del sistema de suspensión

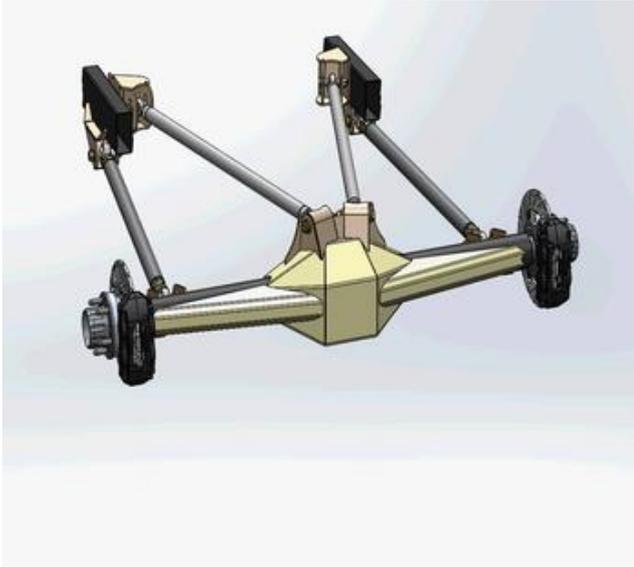


Análisis

La finalidad de instalar la suspensión 4-link en el eje trasero, fue la de lograr una suspensión trasera independiente para el vehículo táctico militar. Originalmente con el sistema de suspensión con ballestas en el vehículo trooper se tenía una suspensión dependiente, y la mayor desventaja que tenía era que el movimiento producido en una llanta afectaba directamente a la otra



Análisis del sistema de suspensión



Componente	Función
Brazos superiores	- Consisten en dos brazos colocados en la parte superior del eje trasero, y sujeta la suspensión al travesaño del bastidor
Brazos inferiores	- Son colocados en la parte inferior del sistema y trabaja en conjunto con los brazos superiores para evitar mucha variación de ángulo camber o de caída de la rueda
Silentblocks	- Se refiere a los bujes offroad que son colocados en los amortiguadores y brazos de suspensión. Su función es absorber vibraciones en el sistema.
Resorte helicoidal	- Es una de las piezas que absorbe las irregularidades del terreno y a su vez mantiene la estructura tubular suspendida. El muelle está instalado de forma separada del amortiguador, en lugar de llevarlo instalado por dentro como otros sistemas multilink y así tener la opción de implementar dos amortiguadores de gas.
Amortiguadores	- Son los elementos que ayuda a los muelles a absorber las irregularidades presentes en el terreno

Análisis: Al no existir un kit de instalación de este sistema multibrazo, se hicieron adaptaciones para implementar el sistema 4-link, es por eso que el costo de instalación es elevado en comparación con el resto de sistemas de suspensión.

Además, que es un sistema con un esquema y distribución de elementos mucho más compleja por la mayor cantidad de espacio que necesita, por lo que no se puede ver instalado en vehículos comerciales o venta de kits a gran escala.



Análisis del sistema de dirección

Basado en el informe de alineación.

Informe de alineación

LOGO

MULTISERVICIOS CANDO

Dirección : SAN BUENAVENTURA BARRIO CENTRO
Teléfono: 0995242910 Código postal:
Sitio web / E-mail: luisangelcandolyis@gmail.com

Nombre de usuario **ANDRES SASINTUÑA** Hora de chequeo 2023-02-03 11:27:34
Teléfono Email
Numero de matricula **PBJ-7184** Kilometraje 0
Fabricante **Isuzu** Kilómetros/mes 1
Modelo **Trooper ROW**
Dirección **LATACUNGA**

Lista de valores de alineación	Valor estándar	Medición inicial	Ajuste
Ruedas delanteras	< > < >	<< >>	<< >>
Avance	1,50° 2,50° 3,50°	1,26° 1,54°	0,99° 1,25°
Angulo de salida	9,00° 10,00° 11,00°	12,09° 12,09°	12,09° 12,09°
Caída	0,00° 0,50° 1,00°	-0,12° -1,16°	-0,19° -1,20°
Convergencia individual	0,00 0,80 1,60	1,00 -1,20	0,80 1,20
Convergencia total	0,00 1,60 3,20	-0,20	2,00
Retraso		0,15	-1,16
Angulo incluido		11,97° 9,81°	11,90° 9,77°
Angulo de salida		0,00° 0,00°	0,00° 0,00°
Angulo de giro máximo		-----	-----
Distancia entre ruedas		1562,9	1561,8
Ruedas traseras	< > < >	<< >>	<< >>
Caída	-----	-0,58° -0,95°	-0,56° -0,95°
Convergencia individual	-----	-2,20 0,80	-2,00 1,00
Convergencia total	-----	-1,40	-1,10
Retraso		-7,35	-5,66
Wheelbase differ		0,00	4,50
Angulo de tracción		0,23°	0,23°
Distancia entre ruedas		1648,0	1647,9
Distancia entre ejes		2288,8 2282,2	2290,7 2285,9

Lista de comprobaciones auxiliares(© :Correcto x :Anormal □ :Ignorar)

Presión de neumático	<input type="checkbox"/>	Rótula	<input type="checkbox"/>
Altura de vehículo	<input type="checkbox"/>	Árbol de dirección	<input type="checkbox"/>
Columna de dirección y crucetas	<input type="checkbox"/>	Bujes de ruedas y remaches	<input type="checkbox"/>
Amortiguador, columna y buje	<input type="checkbox"/>	Sistema de dirección, amortiguador y juntas	<input type="checkbox"/>
Brazo de control	<input type="checkbox"/>	Muelle, cojinete de gancho y barra de torsión	<input type="checkbox"/>
Plataforma y piñón	<input type="checkbox"/>	Estabilizador	<input type="checkbox"/>
Levas y cuñas	<input type="checkbox"/>	Tube de escape, remaches y cuñas	<input type="checkbox"/>
Amortiguador	<input type="checkbox"/>	Abrazaderas y soldaduras	<input type="checkbox"/>
Desgaste de neumático	<input type="checkbox"/>	Protección de calor	<input type="checkbox"/>
Ganchos	<input type="checkbox"/>	Junta universal	<input type="checkbox"/>

Ver 1.0

Técnico L1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis del sistema de dirección

El volante y la rueda

Existe un ángulo de giro denominado β propiamente del volante y el ángulo de viraje α de la rueda. La relación de transmisión de movimiento del volante está dada como un dato del fabricante del vehículo Trooper. Aunque se lo puede calcular con la relación:

$$i_d = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$i_d = \frac{32^\circ}{2^\circ}$$

$$i_d = 16^\circ$$

Longitud recorrida para ruedas exteriores

$$l_e = \frac{r_e * \pi * \alpha}{180^\circ}$$

$$l_e = \frac{7m * \pi * 60^\circ}{180^\circ}$$

$$l_e = 7.33 \text{ m}$$

Siendo:

r_e : Radio de la trayectoria de las ruedas exteriores (m).

l_e : Longitud recorrido por las ruedas exteriores (m).

α : ángulo de arco recorrido ($^\circ$)



Análisis del sistema de dirección

**Longitud recorrida por las
ruedas interiores**

$$l_i = \frac{r_i * \pi * d}{180^\circ}$$

$$r_i = r_e - S$$

$$r_i = 7m - 1.4m$$

$$r_i = 5.6 m$$

**El radio de giro mínimo
(R)**

$$R = 2B$$

$$R = 2(2.3m)$$

$$R = 4.6 m$$

Siendo

r_i : Radio de las trayectorias interiores de las ruedas.

S: Ancho entre ruedas dada por el fabricante 1.4m.



Análisis del sistema de dirección

Fuerzas Laterales

$$F_y = \frac{P}{g} X \frac{V^2}{R}$$

$$F_y = m * a_y$$

$$F_y = (12000kg) * (0.8 * 9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_y = 9.417,6 N$$

Para el eje delantero

$$F_{yd} = m_d * a_y$$

$$F_{yd} = (515.596kg) * (0.8 * 9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{yd} = 4.046,40N$$

Para el eje posterior

$$F_{yt} = m_t * a_y$$

$$F_{yt} = (675.404kg) * (0.8 * 9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{yt} = 5300.57 N$$

Fuerza necesaria para direccionar las ruedas del vehículo (F_R).

$$F_R = F_V * i_d$$

$$F_R = 400 N * 16$$

$$F_R = 6400 N$$



Análisis del sistema de dirección

Régimen de Giro

El par de rotación o de giro

$$P = FXR$$

Las fuerzas que se aplican son inversamente proporcionales a los radios de rotación. Sabiendo que el esfuerzo del momento del volante es igual a la resistencia de la dirección.

$$F_1 \times R_1 = F_2 \times R_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$F_2 = \frac{F_1 \times R_1}{R_2}$$

$$F_2 = \frac{400 \text{ N} \times 45 \text{ cm}}{4 \text{ cm}}$$

$$F_2 = 4500 \text{ N}$$

F_1 : el esfuerzo del conductor. (N)

R_1 : Diámetro del volante (45 cm)

R_2 : Diámetro de la dirección del Piñón de dirección. (4 cm).



Análisis del sistema de dirección

Desmultiplicación volante-rueda

Una vuelta completa el volante y midiendo cuantos ángulos ha girado el centro de la rueda en sentido de su línea recta.

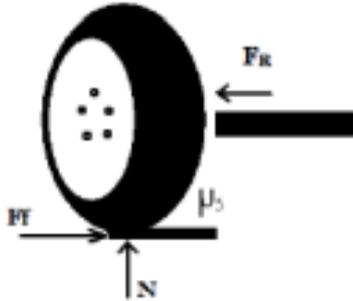
$$R = \frac{360^\circ}{26^\circ} = 14$$

Obteniendo una relación de 14:1.



Análisis del sistema de dirección

La fuerza que actúa en el neumático



$$\Sigma F = F_R * F_f$$

$$F_f = N * \mu_s$$

$$N = m_d * g$$

$$N = 515.596 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N = 5.058 \text{ N}$$

$$F_f = 5058 * 0.8$$

$$F_f = 4.046,4 \text{ N}$$

$$< - \quad \Sigma F = 6400 \text{ N} - 4046.4 \text{ N}$$

$$\Sigma F = 2353.6 \text{ N}$$



Análisis del sistema de dirección

Geometría de la Dirección. Informe de Balanceo

Informe de alineación

LOGO

MULTISERVICIOS CANDO

Dirección : SAN BUENAVENTURA BARRIO CENTRO
Teléfono: 0995242910 Código postal:
Sitio web / E-mail: luisangelcandolyis@gmail.com

Nombre de usuario ANDRES SASINTUÑA Hora de chequeo 2023-02-03 11:27:34
Teléfono Email
Numero de matricula PBJ-7184 Kilometraje 0
Fabricante ISUZU Kilómetros/mes 1
Modelo Trooper ROW
Dirección LATACUNGA



Lista de valores de alineación	Medición inicial		Ajuste	
Ruedas delanteras	<<	>>	<<	>>
Avance	1,26°	1,54°	0,99°	1,25°
Angulo de salida	12,09°	12,09°	12,09°	12,09°
Caída	-0,12°	-1,16°	-0,19°	-1,20°
Convergencia individual	1,00	-1,20	0,80	1,20
Convergencia total		-0,20		2,00
Retraso		0,15		-1,16
Angulo incluido	11,97°	9,81°	11,90°	9,77°
Angulo de salida	0,00°	0,00°	0,00°	0,00°
Angulo de giro máximo	-----	-----	-----	-----
Distancia entre ruedas		1562,9		1561,8
Ruedas traseras	<<	>>	<<	>>
Caída	-0,58°	-0,95°	-0,56°	-0,95°
Convergencia individual	-2,20	0,80	-2,00	1,00
Convergencia total		-1,40		-1,10
Retraso		-7,35		-5,66
Wheelbase differ		0,00		4,50
Angulo de tracción		0,23°		0,23°
Distancia entre ruedas		1648,0		1647,9
Distancia entre ejes	2288,8	2282,2	2290,7	2285,9

Lista de comprobaciones auxiliares(☺ :Correcto × :Anormal ☐ :Ignorar)

Presión de neumático	<input type="checkbox"/>	Rótula	<input type="checkbox"/>
Altura de vehículo	<input type="checkbox"/>	Árbol de dirección	<input type="checkbox"/>
Columna de dirección y crucetas	<input type="checkbox"/>	Bujes de ruedas y remaches	<input type="checkbox"/>
Amortiguador, columna y buje	<input type="checkbox"/>	Sistema de dirección, amortiguador y juntas	<input type="checkbox"/>
Brazo de control	<input type="checkbox"/>	Muelle, cojinete de gancho y barra de torsión	<input type="checkbox"/>
Plataforma y piñón	<input type="checkbox"/>	Estabilizador	<input type="checkbox"/>
Levas y cuñas	<input type="checkbox"/>	Tubo de escape, remaches y cuñas	<input type="checkbox"/>
Amortiguador	<input type="checkbox"/>	Abrazaderas y soldaduras	<input type="checkbox"/>
Desgaste de neumático	<input type="checkbox"/>	Protección de calor	<input type="checkbox"/>
Ganchos	<input type="checkbox"/>	Junta universal	<input type="checkbox"/>

Ver 1.0

Técnico L1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis del sistema de dirección

Geometría de la Dirección. Informe de Balanceo

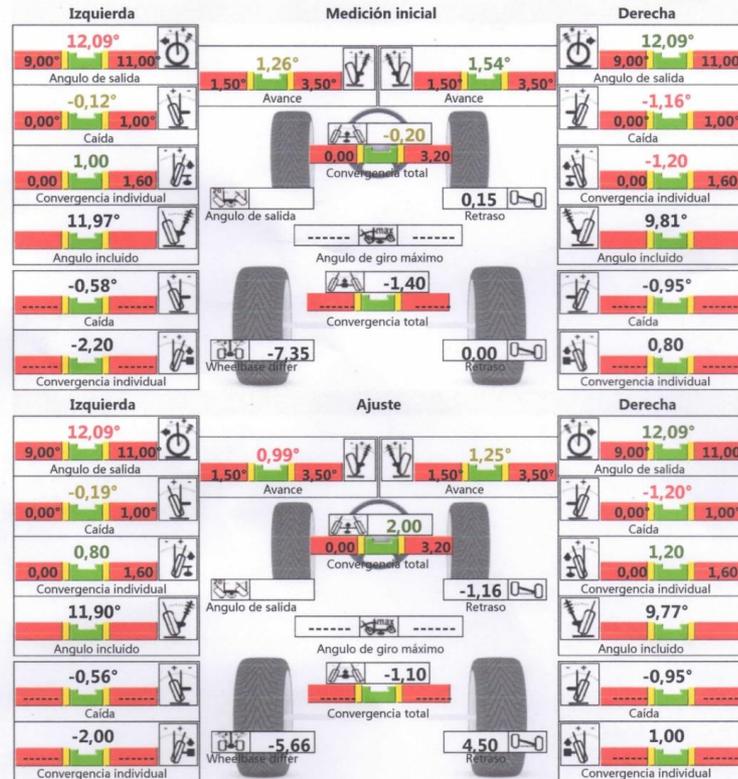
Informe de alineación

LOGO

MULTISERVICIOS CANDO

Dirección: SAN BUENAVENTURA BARRIO CENTRO
 Teléfono: 0995242910 Código postal:
 Sitio web / E-mail: luisangelcandolyis@gmail.com

Nombre de usuario	ANDRES SASINTUÑA	Hora de chequeo	2023-02-03 11:27:34
Teléfono		Email	
Numero de matricula	PBJ-7184	Kilometraje	0
Fabricante	Isuzu	Kilómetros/mes	1
Modelo	Trooper ROW		
Dirección	LATACUNGA		



Ver 1.0

Técnico L1



ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis del sistema de freno

Distribución de pesos del vehículo táctico militar

Conocido el peso total del vehículo se puede obtener el porcentaje de peso que llevan el eje delantero (m_d) y trasero (m_t) teniendo así:

$$\text{Distribucion } m_d = \frac{md}{mt} * 100\%$$

$$\text{Distribucion } m_t = \frac{mt}{mt} * 100\%$$

$$\text{Distribucion } m_d = \frac{515.596 \text{ kg}}{1191 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\text{Distribucion } m_t = \frac{675.404 \text{ kg}}{1191 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\text{Distribucion } m_d = 43.29\%$$

$$\text{Distribucion } m_t = 56.71\%$$



Análisis del sistema de freno

CG desde el eje delantero del vehículo.

$$CG_{dx} = \frac{md}{mT} * S$$

$$CG_{dx} = \frac{515.596 \text{ kg}}{1191 \text{ kg}} * 1.4 \text{ m}$$

$$CG_{dx} = 0.606 \text{ m}$$

CG respecto al eje trasero

$$CG_{tx} = \frac{mt}{mT} * S$$

$$CG_{tx} = \frac{675.404 \text{ kg}}{1191 \text{ kg}} * 1.4 \text{ m}$$

$$CG_{tx} = 0.794 \text{ m}$$



Análisis del sistema de freno

Efectos en el frenado del vehículo táctico militar.

Transferencia de Peso

$$TP = \left(\frac{a_v}{g}\right) \left(\frac{H}{L}\right) * m_T$$

$$TP = \left(\frac{(0.8 \text{ G's}) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right)}{9.8 \frac{m}{s^2}}\right) \left(\frac{0.686 \text{ m}}{2.3 \text{ m}}\right) (1200 \text{ kg}) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$TP = 2806.04 \text{ N}$$

$TP =$ Transferencia de peso (N)

$g =$ Gravedad

$H =$ Altura del centro de gravedad al suelo (m)

Eje delantero durante la desaceleración (P_{dd})

$$P_{dd} = m_d * g - TP$$

$$P_{dd} = \left(515.596 \text{ kg} * 9.8 \frac{m}{s^2}\right) - 2806.04 \text{ N}$$

$$P_{dd} = 2246.80 \text{ N}$$

Eje trasero durante la desaceleración (P_{td})

$$P_{td} = m_t * g - TP$$

$$P_{td} = \left(675.404 \text{ kg} * 9.8 \frac{m}{s^2}\right) - 2806.04 \text{ N}$$

$$P_{td} = 3812.92 \text{ N}$$



Análisis del sistema de freno

Fuerza de frenado en el eje delantero

$$F_{fd} = \mu * P_{dd}$$

$$F_{fd} = 0.5 * 2246.80 N$$

$$F_{fd} = 1123.4 N$$

Fuerza de frenado en el eje trasero

$$F_{ft} = \mu * P_{dt}$$

$$F_{ft} = 0.5 * 3812.92 N$$

$$F_{ft} = 1906.46 N$$

Fuerza de frenado máxima o total
(Fmax)

$$F_{max} = F_{fd} + F_{ft}$$

$$F_{max} = 1123.4 N + 1906.46 N$$

$$F_{max} = 3029.86 N$$

Par de oposición al movimiento o
Par de frenado eje delantero

$$N_d = F_{fd} * R_d$$

$$N_d = 1123.4 N * 0.35m$$

$$N_d = 393.19 Nm$$

Par de frenado eje posterior

$$N_t = F_{ft} * R_d$$

$$N_t = 1906.46 N * 0.35m$$

$$N_t = 667.261 Nm$$



Análisis del sistema de freno

Desaceleración de Frenado

$$dm = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25.92 (s_e - s_b)} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

- Vo=Velocidad inicial en, km/h,
- Vb=Velocidad del auto a 0.8 Vo. en km/h,
- Ve= Velocidad a 0.1 Vo. en km/h,
- Sb=Distancia entre Vo y Vb. en m,
- Se=Distancia recorrida entre Vo y Ve. en m.

$$dm = \frac{\left(80 \frac{km}{h}\right)^2 - \left(0.1 \times 80 \frac{km}{h}\right)^2}{25.92 (40m - 36m)}$$

$$dm = \frac{(22.222 \text{ m/s})^2 - \left(0.1 \times 22.222 \frac{m}{s}\right)^2}{25.92 (40m - 36m)}$$

$$dm = 4.71 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Tiempo de frenado

$$s = \frac{v_o \times t}{2} = \frac{v_o^2}{2dm}$$

$$s = \frac{22.22 \frac{m}{s^2} \times 4.72 s}{2}$$

$$s = 52.44 m$$

Distancia de frenado

$$s = \frac{v_o \times t}{2} = \frac{v_o^2}{2dm}$$

$$s = \frac{22.22 \frac{m}{s^2} \times 4.72 s}{2}$$

$$s = 52.44 m$$

Distancia hasta el paro.

$$S_{total} = s + v_o \times t_r$$

$$S_{total} = 52.44 m + \left(22.22 \frac{m}{s} \times 1.5s\right)$$

$$S_{total} = 85.77 m$$



CONCLUSIONES

- ❑ Se seleccionó e implementó los sistemas de suspensión, dirección y frenos para un vehículo táctico militar, a partir de la adquisición de un Isuzu Trooper 4x4 (1990), en el cual el chasis original, sea la base y comienzo del proyecto. La primera parte fue el diseño y simulación del nuevo vehículo a cargo del primer grupo de investigación, donde se obtuvieron medidas y datos importantes, como la ubicación del centro de gravedad, peso total de la estructura tubular, cargas en cada eje, medidas y distancias necesarias para los cálculos de estos sistemas, para su posterior optimización, adaptación e instalación en el vehículo.

- ❑ Para el análisis del sistema de dirección, se determinó que el sistema asistido hidráulicamente original, es el más idóneo para el vehículo táctico militar, ya que no requerirá grandes esfuerzos por parte del conductor al manejar, brindando comodidad. Fue necesario realizar un mantenimiento preventivo, dando una limpieza al sistema, comprobación del circuito hidráulico para eliminar rastro de fugas y para finalizar, se realizó la alineación de las llantas, corrigiendo los ángulos de caída, avance, convergencia y empuje según los rangos de medidas y parámetros del fabricante original Isuzu Trooper 4x4 (1990).



CONCLUSIONES

- ❑ Se implementó el sistema de suspensión multibrazo en el eje trasero del vehículo, cambiando en su totalidad el conjunto de ballestas original, a un sistema de suspensión 4-link, compuesto de dos brazos superiores que conectan el eje superior trasero con el travesaño del bastidor, dos brazos inferiores que conectan el eje inferior trasero a la base original de las ballestas. Se adaptaron bases para la instalación de dos muelles de un Toyota Land Cruiser VX 4" de 500 lb cada uno, así como dos amortiguadores Monroe Gas Magnum para cada lado. Para determinar si tenemos de una suspensión ideal el número de oscilaciones del muelle trasero debe estar comprendido de 30 a 60 ciclos por minuto, en el cálculo realizado se obtuvo 38.76 cpm, lo cual nos indica que se encuentra dentro del margen ideal.
- ❑ En cuanto a la selección del sistema de freno se ha seleccionado un freno delantero de disco ya que de acuerdo a las cargas soportadas al momento de frenar, estas se multiplican a la carga superior en un corto tiempo lo que hace necesario que sean refrigeradas de manera rápido lo cual favorece la selección del disco de freno delantero, en cuanto a los frenos posteriores, tomando en cuanto el factor económico al disponer del sistema original del Trooper de tambor y al ser el vehículo táctico militar, se vio indispensable unos frenos de tambor por la facilidad y la seguridad que brinda un freno de estacionamiento con un sistema de tambor, así como también que con un tambor, ningún elemento de freno se ve expuesto a agentes contaminantes como agua, polvo o cualquier otro elemento que puede ingresar y desgastar prematuramente las zapatas de freno. Así mismo el tambor de freno es un elemento de mayor tiempo de intervalos de mantenimiento.



RECOMENDACIONES

- ❑ Se debe realizar mantenimientos preventivos a los sistemas de suspensión, dirección y frenado de manera periódica, ya que estos son los encargados de brindar estabilidad al vehículo y seguridad a los ocupantes. Es por eso que se debe realizar un plan de mantenimiento por kilometraje para cada uno de estos sistemas, y analizar las piezas que sufrirán mayor desgaste, para poder tener un control exacto del recambio de piezas y fluidos de los circuitos hidráulicos de la dirección y frenos.
- ❑ Revisar con frecuencia que los terminales de dirección se encuentren en excelente estado, a su vez tener un control de la alineación de las llantas, para evitar que los ángulos de caída, avance, convergencia y empuje se encuentren fuera de rango y llegue a desestabilizar el vehículo pudiendo causar accidentes, ya que al ser un vehículo todoterreno offroad, tienen mayor tendencia a desgastar los componentes de la dirección mucho más rápido que otros vehículos ya que va a estar sometido a mayores esfuerzos.
- ❑ La suspensión original de ballestas en el eje trasero fue cambiada y se instaló un sistema 4-link, es posible aumentar un quinto brazo adicional de control, llegando a convertirse en una suspensión 5-link y mejorar aún más el sistema instalado. El eje delantero se mantuvo con la suspensión original McPherson, pero para una posible investigación es posible cambiar u optimizar este sistema para mejorar aún más la estabilidad del vehículo



RECOMENDACIONES

- ❑ En cuanto al sistema de freno al momento de realizar el cambio de zapatas y pastillas de freno, de paso se debe realizar un chequeo de los discos con el objetivo de verificar que no exista rayaduras en el disco que puedan desgastar prematuramente los discos de freno, así también verificar la tolerancia del Tambor ya que, si bien estuvo en el límite de lo aceptable, con el tiempo puede existir desgaste y el tambor no soportaría más cargas y se fracturaría



MUCHAS GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA