

MONTAJE DE CABRESTANTE EN REMOLQUE DE TALLER MÓVIL**WINCH MOUNTING ON MOBILE WORKSHOP TRAILER**

Gabriela C. Sarango O.¹ Rodrigo A. Cárdenas Y.² Edwin A. Chamba M.³ Diego G. Cuasapud P.⁴ Bryan J. Briceño M.⁵

¹Universidad UTE, ²Instituto Superior Tecnológico, ³Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) EP, ⁴TECNOREV,

⁵Universidad Nacional de Loja

e – mail: ¹gabytas922@hotmail.com, ²racardenasy@istx.edu.ec, ³echamba.monar1989@gmail.com,

⁴dcuasapud.mdm@uisek.edu.ec, ⁵bryan.briceno@unl.edu.ec

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, IX Edición 2020, No. 6 (10)

Resumen

La industria automotriz ha evolucionado proporcionando herramientas que han permitido facilitar efectivamente el trabajo, para que las actividades propias de ingeniería se desarrollen. Un taller móvil facilita las operaciones de mecánica automotriz en todo lugar, en este proyecto como parte del mismo, se implementa sobre un remolque un cabrestante eléctrico para distintos vehículos que requieran ser transportados de un lugar a otro de manera segura y eficiente, por medio de un cabrestante. Se trata de diseñar un mecanismo de remolque formado principalmente por un motor, reductor, tambor, embrague, freno y cables para transmitir el movimiento. Cada uno de los componentes del sistema fue seleccionado e implementado de acuerdo a parámetros de diseño donde se calcularon esfuerzos máximos producidos por las sollicitaciones en cada componente. Se realizó un análisis de los elementos dependiendo del material del que se encuentran elaborados, todo ello con el fin de que el sistema funcione correctamente incluso sometido a las cargas máximas, lo que garantiza que el trabajo realizado por el cabrestante sea óptimo.

Palabras Clave: Cabrestante, taller móvil, tensión, carga, esfuerzo

Abstract

This paper presents a system for performing experiments to model cooling system, in concrete applications.

The system is divided in three blocks, and this work is focused on the experiment execution and control block. There are three tasks within this block: First, the development of a flexible PCB device to generate controlled heat and monitor temperatures, controllable through an I2C interface. Second, the definition and evaluation of a communication protocol between a controller and each of the PCB devices, structured in a tree-based network. Third, the design and implementation of the experiment control software.

Keywords: Winch, mobile workshop, tension, load, stress

1. Introducción

El presente trabajo consta de la implementación de un cabrestante en el remolque de un taller móvil creado con la finalidad de efectuar mantenimiento y reparación rápida, traslado del automóvil y auxilio en caso de volcamiento. El cabrestante cumple la función principal de montaje sobre la plataforma del remolque. Debe ser comandado eléctricamente, con capacidad de tracción para mini bulldozer de oruga y vehículos livianos.

Con el objeto planteado, se analizarán los tipos de cabrestante utilizados en los remolques, y de los componentes que conforman los sistemas acoplados al remolque con sus normas respectivas, realizando el diseño de acoplamiento al remolque, y la selección de los elementos para el correcto desempeño del sistema del cabrestante e implementación de acuerdo a las normas técnicas.

La fricción que se produce en la superficie del remolque al tener contacto con el neumático de los vehículos, la oruga del mini bulldozer, y los distintos materiales de los que se encuentran conformadas las cargas a ser trasladadas, requiere de la implementación de un cabrestante como ayuda para disminuir el rozamiento producido por el arrastre y sujeción de la carga, transportar de un lugar a otro los vehículos y que al mismo tiempo cumpla con todas las normas de calidad y de seguridad requeridas para el óptimo funcionamiento del sistema, por lo que la utilización de un cabrestante es fundamental para evitar un deterioro más rápido de sus elementos y distribuir fuerzas de manera que disminuyan los daños a la estructura, en el izaje y transporte de cargas de hasta siete toneladas.

La funcionalidad del cabrestante complementará las actividades que se realizarán en el taller móvil, donde se desarrollarán acciones de trabajo mecánico, siendo de esta manera un elemento importante en el auxilio de vehículos que se encuentren en la necesidad de ser transportados para su posterior reparación.

El remolque, también conocido como acoplado o tráiler es un vehículo de carga no motorizado que consta de chasis, ruedas, superficie de carga y, dependiendo de su peso y dimensiones, un sistema eléctrico y freno propio. No se puede mover por sus propios medios, sino que es arrastrado y dirigido por otro vehículo [4],[2].

2. Materiales y Métodos

Se sigue la metodología general de diseño [9], esquematizada en la Figura 1.



Figura 1. Proceso de diseño

Fuente: modificado de (Milani, 1997)

Necesidad

La necesidad surge a raíz de que, al transportar cargas sobre el remolque, en este caso como el mini bulldozer o vehículos de competencia, se producirán fuerzas opositoras a las generadoras de movimiento, lo cual produce inestabilidad y debido a ello posibles caídas de la carga, deslizamientos, vibraciones y accidentes lo que puede generar daño a los operarios y las cargas.

Análisis

Por medio de investigación y recolección de información, datos y valores se analizan los parámetros que intervienen en el diseño de elementos de componentes eléctricos y mecánicos establecidos en ecuaciones de dinámica, momentos, fuerzas torsionales, esfuerzos cortantes, de trabajo, potencia y eficiencia, lo que permite realizar un diseño eficiente de un sistema complementario al taller móvil como es el cabrestante eléctrico.

Definición

El cabrestante es un dispositivo mecánico, impulsado por distintas fuentes de energía (eléctrica, hidráulica, neumática o de manera manual), destinado a levantar y desplazar grandes cargas, consiste en un rodillo giratorio alrededor del cual se enrolla un cable metálico provocando el movimiento en la carga sujeta al otro lado del mismo, como por ejemplo anclas o cadenas en embarcaciones en barcos, plataformas

petroleras, barcas, transporte entre otras [12], [2], [11].

Especificaciones

Basándose en la información técnica recopilada, se analizaron los parámetros intervinientes en el diseño de elementos de componentes eléctricos y mecánicos establecidos en ecuaciones de dinámica, momentos, fuerzas torsionales, esfuerzos cortantes, de trabajo potencia y eficiencia, con el fin de aplicar conocimientos adquiridos lo que permitió realizar un diseño eficiente de un sistema complementario al taller móvil como es el cabrestante eléctrico.

Como segundo punto se desarrolló una investigación sobre los diferentes tipos de cabrestante existentes en el mercado y mediante un análisis técnico comparativo se seleccionará aquel sistema que sea más adecuados para el arrastre sujeción y carga del mini bulldozer, y otros vehículos que requieren ser trasladados de un lugar a otro con la ayuda de un remolque.

Posterior a ello, se diseñó el sistema de cabrestante obteniendo datos esenciales que permitieron calcular todo aquello considerado fundamental, como la potencia entregada por el motor eléctrico, la eficiencia del trabajo, las cargas máximas y mínimas aplicadas, la tensión en el cable metálico, el esfuerzo realizado en el cable y los pernos utilizados para fijar el cabrestante sobre el remolque.

Posteriormente con la ayuda de catálogos de distintas marcas y variedades de cabrestantes eléctricos se analizó y seleccionó cuál de ellos es el más apropiado para la implementación, cabe recalcar que cumplió y superó las especificaciones mínimas para que el sistema no sea sobre esforzado, de esta manera se asegura la correcta operación y la durabilidad del elemento.

Una vez realizada la adquisición del cabrestante se instaló sobre el remolque con todos los elementos necesarios, y éste va a ser tipo móvil, lo que significa que el cabrestante será colocado sobre una base diseñada a medida y éste sobre una estructura diseñada para que soporte y resista toda la fuerza que se produce cuando la carga esté siendo arrastrada hacia la superficie del remolque.

Se realizaron pruebas de funcionamiento del cabrestante instalado y todos sus elementos, se comprobó la conexión eléctrica que permite que el cabrestante funcione mediante un enlace con una

batería de 12V o a su vez conectado a corriente monofásica y trifásica mediante un regulador de voltaje, también se puso a prueba el funcionamiento del motor eléctrico, la capacidad de carga asignando distintos pesos y en distintas condiciones de terreno como planos y desnivelados.

Los materiales utilizados se basaron en normas reglamentadas, para la viga soporte del cabrestante se utilizó acero A36 norma ASTM [1], para la sujeción del conjunto se utilizaron pernos hexagonales M10.1.5 norma SAE 2, [14].

Ya que se trabajó con un motor eléctrico, cables metálicos, aplicación de fuerzas y tensiones, se requirió de un manual de uso del cabrestante y un manual de operaciones del equipo, esto permitió aplicar conocimientos adecuados y acciones correctas al momento de la manipulación lo cual garantiza la eficiencia del trabajo y la seguridad del operario.

La aceleración a , se estima como

$$a = \frac{(x - v_o t)^2}{t^2}$$

Donde:

t : Tiempo (s);

x : Desplazamiento (m);

v_o : Velocidad inicial (m/s)

Dinámica

Para determinar los esfuerzos realizados por los componentes que intervienen en el sistema es necesario determinar las fuerzas que actúan sobre cada uno de ellos, en dinámica se toma en cuenta todos aquellos parámetros que componen la fuerza realizada por un elemento como la Tensión y la fuerza normal, así como aquellas fuerzas que se oponen como el peso y la fuerza de rozamiento, lo cual se encuentra representado en el diagrama de fuerzas que se muestra en la Figura 2.

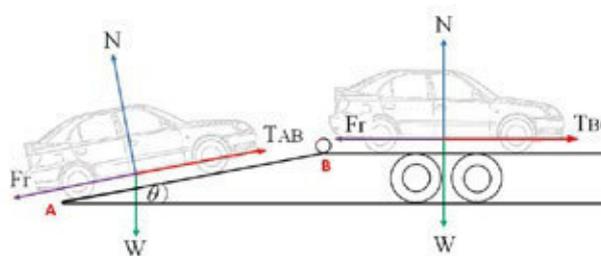


Figura 2. Arquitectura propuesta para el PCB del sistema.

En el tramo AB y BC, se consigue T_{AB} y T_{BC} , cómo y, respectivamente

$$T_{AB} = m(a + \mu g \cos \theta + g \sin \theta)$$

$$T_{BC} = m(a + \mu g)$$

Donde:

μ : coeficiente de fricción

m : Masa (kg)

g : Aceleración de gravedad (m/s²)

Trabajo

El trabajo W (J), se consigue con, cuya expresión escalar se indica en

$$W = \vec{F} \cdot \vec{x}$$

Donde F : fuerza (N)

$$W = Fx \cos \alpha$$

Como en este caso $\alpha = 0$, se tiene a

$$W = Fx$$

Motor

La potencia determina el trabajo desarrollado por el motor. Las potencias más usuales para 12V van desde 4HP (2,98 kW) hasta unos 6,5HP (4,85kW) esto se debe a que los suministros de energía más comunes se encuentran dentro de estos rangos siendo la de 12 V la más accesible e incluso adaptable a baterías de vehículos convencionales [15].

La potencia entregada por el cabrestante también se puede medir como el producto de la fuerza transmitida por el cable por la velocidad del cable.

Los elementos que conforman el sistema cabrestante, varían según el tipo a utilizar, en este caso basándose en un cabrestante eléctrico se detallan las siguientes partes:

La potencia P (W), que debe suministrar el motor eléctrico se determina con la ecuación

$$P = \frac{W}{t} = Fv$$

Donde:

W : Trabajo (J)

t : Tiempo (s)

F : Fuerza (N)

v : Velocidad (m/s)

La finalidad del tren de engranajes de un cabrestante es reducir la velocidad del motor eléctrico y aumentar el par. Convierte el poder del motor en capacidad de arrastre. La principal diferencia entre los distintos sistemas utilizados en los cabrestantes radica en su eficiencia, se tiene comúnmente al tren de engranajes rectos, con eficiencia del 75%, necesita de un sistema de frenado [10]. El tren epicicloidial, con una eficiencia del 65%, necesita de un sistema de frenado, proporciona una buena resistencia y suavidad de funcionamiento, siendo el sistema más extendido.

La relación final de desmultiplicación también depende directamente del diámetro del tambor. Así, a medida que se van superponiendo capas de cable sobre este, su diámetro efectivo aumenta permitiendo velocidades mayores a costa de reducir la fuerza de tiro. En este sentido, cuanto más ancho sea el tambor del cabrestante, más metros de cable se podrá recoger antes de que la superposición de capas pueda afectar su rendimiento.

Los contactores ocupan menos espacio que muchas cajas de relés originales. Además de estar mejor sellados, se pueden montar en el compartimiento motor de manera que quedan protegidos del agua y los elementos, este sistema fue reemplazado por los relés en modelos actuales debido a sus beneficios y mayor resistencia a condiciones ambientales, mal uso que pueda afectar los elementos o el contacto con otras partes del sistema, [3].

Cable del cabrestante

Factor fundamental para el funcionamiento del mismo, los cabrestantes se pueden instalar con cable de acero o con cable a base de fibra sintética, lo cual aligera de peso el equipo y modifica las longitudes de tracción, pero posee baja capacidad de carga. En concreto, a mayor longitud de cable suelto, mayor capacidad de arrastre tiene el cabrestante, los que llevan cable sintético, al haber aligerado el peso del tambor, a igual longitud de trabajo que el de acero, se obtendrá un poco más de capacidad de tracción.

Existe dos tipos de cables metálicos, el torzal regular que es el estándar aceptado, tiene alambre enlazado en una dirección, para construir los toroides y el cable de "torzal lang" lo cual significa que tiene los alambres en el toroide y los toroides en el cable plegado en la misma dirección, son más resistentes al desgaste abrasivo y a la falla por fatiga [5]. El esfuerzo longitudinal del cable σ_c (Pa), se calcula con

la ecuación.

$$\sigma_c = E \frac{d}{D}$$

Donde:

E: Módulo de Young (Pa)

d: Diámetro del cable (m)

D: Diámetro del rodillo (m)

Una vez efectuado el análisis, síntesis y verificación de los componentes del sistema se procede a la implementación física, del cabrestante y a efectuar las pruebas de funcionamiento.

3. Resultados y Discusión

Tensión en cables

La aceleración se determina con, con $x = 5$ (m) y $t = 60$ (s), resulta la aceleración $a = 0,0027$ m/s².

La rampa tiene un ángulo $\theta = 17^\circ$, longitud $l = 1,57$ (m) y altura $h = 0,46$ (m).

Utilizando y , se estiman T_{AB} y T_{BC} para el rango de 1000 (kg) $\leq m \leq 7000$ (kg); el coeficiente de fricción utilizado es $\mu = 1$ (caucho – acero), tal como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Tensión T_{AB} y T_{BC}

<i>m</i>	<i>a</i>	<i>g</i>	T_{AB}	T_{BC}
kg m	/s ²	m/s ²	N	N
1000	0,0027	9,81	12252,22	9812,70
2000	0,0027	9,81	24504,43	19625,40
3000	0,0027	9,81	36756,65	29438,10
4000	0,0027	9,81	49008,86	39250,80
5000	0,0027	9,81	61261,08	49063,50
6000	0,0027	9,81	73513,30	58876,20
7000	0,0027	9,81	85765,51	68688,90

Trabajo

El trabajo se determina con para cada tramo y se totaliza como Wt , según se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Trabajo Total

<i>x1</i>	<i>x2</i>	W_{TAB}	W_{TBC}	Wt
m	m	J	J	J
1,57	3,7	19235,98	36306,99	55542,97
1,57	3,7	38471,96	72613,98	111085,94
1,57	3,7	57707,94	108920,97	166628,91
1,57	3,7	76943,92	145227,96	222171,88
1,57	3,7	96179,90	181534,95	277714,85
1,57	3,7	115415,88	217841,94	333257,82
1,57	3,7	134651,85	254148,93	388800,78

Potencia requerida

La potencia necesaria Pt , se estima para un intervalo de tiempo de 60 (s), utilizando y los resultados de Wt , se muestra en la Tabla 3.

Tabla 1. Tensión T_{AB} y T_{BC}

$Pt(W)$	$Pt(HP)$
925,72	1,24
1851,43	2,48
2777,15	3,72
3702,86	4,96
4628,58	6,20
5554,30	7,45
6480,01	8,69

Diámetro del perno

Para el cálculo del diámetro se selecciona la máxima carga que equivale a 7 toneladas (7000 kg), el límite de fluencia se toma de la tabla 4.

Se obtiene aplicando la teoría del esfuerzo octaedral [7] o intensidad de esfuerzos de von Mises, como describe la ecuación, el esfuerzo cortante octahedral admisible debe ser menor al esfuerzo cortante octahedral que se genera en un ensayo de tracción en el límite de fluencia $\tau_{oct} \leq \tau_{oct.flu}$.

En un estado de torsión pura $\sigma_1 = -\tau$; $\sigma_2 = 0$; $\sigma_3 = \tau$, sustituyendo en, se obtiene:

$$\sqrt{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 + (\sigma_3)^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3} \leq \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{(-\tau)^2 + (0)^2 + (\tau)^2 - (-\tau)(-\tau)} = \sqrt{3}\tau \leq \frac{S_y}{n}$$

Tabla 4. Esfuerzos conectores tipo tornillo

Especificaciones SAE				
GRADO SAE	ACERO	DT	S _Y (MPa)	S _R (MPa)
1	Bajo Carbono	1/4 a 1-1/2	227,6	413,8
2	Bajo Carbono	1/4 a 3/4	379,3	510,3
3	Acero al carbono trabajado en frío	3/4 a 1-1/2	227,6	413,8
4	Acero al carbono	1/4 a 1-1/2	586,2	758,6
5	Acero al carbono templado y revestido	1/4 a 1-1/2	634,5	827,6
T5,1	Acero al carbono templado y revestido	1/4 a 1-1/2	724,1	917,2

DT: Diámetro del tornillo, SY: Resistencia a la fluencia, SR: Límite de rotura.

Fuente: modificado de Tabla 8-9 (Budynas, Nisbett, & Keith, 2008)

Se estima el diámetro del tornillo, a partir de y la expresión del esfuerzo cortante, resultando de:

$$\sigma_{adm} = \sqrt{3}\tau \leq \frac{S_y}{n}$$

$$\tau_{adm} = \frac{T_{BC.max}}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

$$\tau_{adm} = \frac{379,3(MPa)}{\sqrt{3} \times 1} = 219,03(MPa)$$

$$d = \sqrt{\frac{4T_{BC.max}}{\pi \tau_{adm}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 68600(N)}{\pi \times 219,03(MPa)}} = 0,01(m) = 10(mm)$$

Esfuerzo cortante del perno

Se considera la fuerza de rozamiento opuesta a la fuerza de tensión producida por el arrastre de la carga, para lo cual es necesario el coeficiente de fricción entre los materiales del perno y de la base del cabrestante (Figura 3).

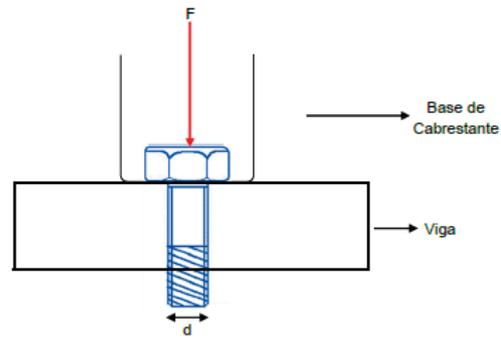


Figura 3: Junta del perno

El coeficiente de fricción estática μ , se toma como 0,74 (materiales compuestos por acero) y el esfuerzo cortante en el perno se calcula con:

$$\sigma = \frac{4F_r}{\pi d^2} = \frac{4\mu N}{\pi d^2}$$

Tabla 5. Esfuerzo del perno para distintas cargas

m	N	F _r	d	σ
kg	N	N	m	MPa
1000	9800	7252	0,013	54,64
2000	19600	14504	0,013	109,27
3000	29400	21756	0,013	163,91
4000	39200	29008	0,013	218,5
5000	49000	36260	0,013	273,18
6000	58800	43512	0,013	327,82
7000	68600	50764	0,013	382,45

Par de torsión del perno

Para calcular el par de torsión del perno, o la precarga requerida, o la fuerza de apriete para el ensamble de las piezas se toma referencia de la Tabla 6 el factor de par de torsión del perno, según la condición del mismo donde se expresa el recubrimiento que tenga,

Tabla 6. Factor de torsión del perno

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0,30
Galvanizado	0,20
Lubricado	0,18
Con recubrimiento de cadmio	0,16
Con anti-seize Bowman	0,12
Con tuercas Bowman-grip	0,09

Una vez seleccionado el factor de torsión del perno (sin recubrimiento, acabado negro), se aplica para hallar la precarga necesaria:

$$T_p = K F d$$

$$T_p = 0.3 \times (70+30) \times 9.8 \times 0.4$$

$$T_p = 82355, 28 \text{ mN}$$

Selección del cable metálico

Para realizar la selección del cable se toma como referencia la Tabla 7, obtenida de [8] donde se toma en cuenta la máxima carga a la que va a ser sometido el cable (7000 kg), en la tabla se ubica el valor igual o superior a la masa lo que permite determinar el diámetro del cable.

Tabla 7. Carga de ruptura del cable metálico

Diámetro	CARGA DE RUPTURA		
	kN	libf	Ton
6,5	22,5	5,0	2,29
8,0	35,2	7,9	3,59
10,0	50,8	11,4	5,18
13,0	92,8	20,9	9,46
16,0	158,0	35,5	16,10

Fuente: (Kupfer División de cables, 2017)

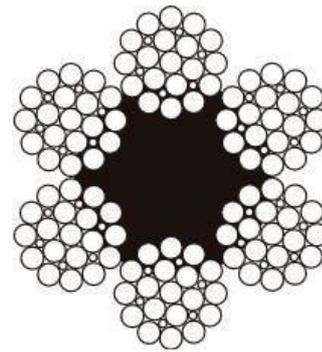


Figura 4: Sección de un cable 6x25
Fuente: (Kupfer División de cables, 2017)

La Tabla 8 se encuentra establecida para cable de construcción 6x25 con alma de acero que requiere un diámetro de rodillo mínimo de 170 mm por lo que seleccionamos un valor igual o superior para conocer el módulo de elasticidad.

Figura 4: Sección de un cable 6x25
Fuente: (Kupfer División de cables, 2017)

Construcción Cables	Módulo de Elasticidad (Kgf/m ²)
Serie 6 x 19 Alma de Acero	6000
Serie 6 x 37 Alma de Fibra	4700
Serie 6 x 37 Alma de Acero	5600
Serie 18 x 7 Alma de Fibra	4300
Serie 18 x 7 Alma de Acero	4500
1 x 7 (6/1)	11000
1 x 19 (12/6/1)	10000

Fuente: (Kupfer División de cables, 2017)

Aplicando la ecuación del esfuerzo realizado por el cable y tomando los valores seleccionados anteriormente en las tablas 7 y 8 reemplazando en la ecuación, se obtiene σ_c .

$$\sigma_c = E d/D$$

$$\sigma_c = 5600 \times 0.013 / 0,17$$

$$\sigma_c = 428,23 \text{ kgf/m}^2$$

Selección

El cabrestante eléctrico seleccionado es un equipo con capacidad de 10000 libras (4,5 toneladas) el cual arrastra los vehículos hacia el remolque con facilidad, ya que las cargas varían de 1 a 2 toneladas. Las especificaciones técnicas del cabrestante se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones del cabrestante

Cabrestante XRC-10	
Marca	SMITTYBILT
Modelo	XRC10
Capacidad	4,5 ton
Potencia motora	5,5 HP
Tensión	12 V
Longitud cable	del 35 m
Control remoto	Alámbrico e inalámbrico
Peso	30,03 kg

El cabrestante trabaja a una tensión eléctrica de 12V, su conexión es simple ya que se conecta a los bornes de la batería de un vehículo convencional. En la Figura 5 se observa el cabrestante con sus componentes principales.



Figura 5: Cabrestante eléctrico

Instalación

La ubicación se encuentra en la parte central baja del remolque como se ve en la Figura 6. Una vez sujetado con los 4 pernos se debe verificar la posición del equipo. La instalación se efectuó, de acuerdo a la normativa [13].



Figura 6: Ubicación del cabrestante

4. Discusión

Para garantizar que el trabajo realizado por el cabrestante sea ejecutado de manera adecuada se debe tomar en cuenta ciertos aspectos que el vehículo a ser remolcado debe cumplir, a continuación, se detalla los parámetros necesarios para una correcta operación:

- El vehículo debe encontrarse con la transmisión en modo neutro, para que el vehículo sea desplazado con facilidad
- Previo al enganche, se debe ubicar el vehículo en una posición frontal con el cabrestante posterior a ello se debe aplicar el freno de estacionamiento lo que evita que el vehículo se desplace en direcciones inadecuadas.
- Como medida de seguridad es necesario comprobar el estado del gancho del vehículo, verificando que se encuentre bien instalado y totalmente acoplado para evitar que la conexión entre el cable y el vehículo se separe durante la operación.
- En el caso de que el gancho del vehículo sea de tipo roscado, se comprobará el ajuste del elemento de manera que se encuentre acoplado en su totalidad.
- Cuando el vehículo no posea gancho de anclaje, se debe buscar el punto más fuerte para producir el arrastre, dicho punto se puede encontrar en la carrocería o suspensión del vehículo (mesa) o un travesaño en el bastidor o compacto.

Con el cabrestante instalado, conectado a la batería se procede a realizar dos pruebas de funcionamiento con distintos vehículos de distintas masas. Las Tablas 14 y 15 expresan cada una de las pruebas realizadas con diferentes parámetros los cuales fueron objeto de observación para verificar el correcto funcionamiento del equipo.

Debido a la altura del remolque con respecto al terreno, y el cabrestante colocado justamente en la

base delantera del remolque se producía un roce entre el cable metálico y la base posterior del remolque, para ello se colocó un rodillo que permitió el fácil deslizamiento del cable y evitó el contacto del mismo con la plataforma, se instaló de manera que no ocupe demasiado espacio y no obstruya el paso de la carga en el momento del arrastre.

Pruebas de funcionamiento

Con el cabrestante instalado, conectado a la batería se procede a realizar dos pruebas de funcionamiento con distintos vehículos de distintas masas. Las tablas 10 y 11 expresan cada una de las pruebas realizadas con diferentes parámetros los cuales fueron objeto de observación para verificar el correcto funcionamiento del equipo.

Tabla 10. Prueba de funcionamiento vehículo 1

VEHÍCULO 1: POLARIS



Tiempo	42 s
Estado del perno	OK
Deformación de la viga	NO
Deformación puntos de apoyo	NO
Estado del cable	OK
Soldadura	OK
Observación	Debido a que el punto de anclaje está en el centro del vehículo, el cabrestante no presentó inconvenientes. Dado que el vehículo es muy liviano el arrastre del mismo se produjo con mayor rapidez con respecto a otros vehículos.

Tabla 11. Prueba de funcionamiento vehículo 2

VEHÍCULO 2: CHEVROLET CORSA



Tiempo	65 s
Estado del perno	OK
Deformación de la viga	NO
Deformación puntos de apoyo	NO
Estado del cable	OK
Soldadura	OK
Observación	Debido a que el punto de anclaje se encuentra en la parte inferior derecha del vehículo, el cable tiende a enrollarse más en la parte derecha del rodillo por lo que se debe tener mayor precaución y una supervisión constante de la operación. Para cargas más pesadas se recomienda lubricar el cable metálico con aceite liviano SAE 10w30.

Una vez realizada las pruebas de funcionamiento se determinó que:

- El sistema opera en óptimas condiciones.
- No existe sobre esfuerzos ya que no se registró deformaciones en la viga ni en los pernos
- No hizo falta realizar un reajuste.
- No se registró un sobrecalentamiento del motor eléctrico.
- El sistema funciona de mejor manera conectado a una batería de un vehículo en modo encendido.
- Mientras mayor sea la carga mayor tiempo de operación.

5. Conclusiones

Al analizar el desplazamiento que va a producir el vehículo sobre el remolque se determinaron dos tramos y la dinámica producida en ellos fue diferente

debido a las condiciones produciéndose una mayor tensión en el segundo tramo.

Una vez determinada la tensión producida en dos tramos de diferentes condiciones se obtuvo distintos valores de tensión para masas que se encuentran entre 1 y 7 toneladas. Para calcular los materiales se tomó en consideración la carga máxima.

Al analizar los parámetros de esfuerzo cortante y de flexión, se determinó el material necesario para que la viga pueda cumplir con las especificaciones técnicas seleccionando una viga tipo C de 4 mm de espesor y medidas 10x 6 con longitud de 0.78 m. una viga lo suficientemente adecuada para soportar la tensión máxima que se produce al elevar las cargas.

Para el cable se seleccionó un cable de tipo galvanizado de construcción 6x25 de diámetro 13 mm que sobrepasa los valores estimados para los esfuerzos máximos.

El motor eléctrico adecuado para el trabajo del sistema oscila entre 700 y 800 Watts que alimentará de energía suficiente al cabrestante para cargas de siete toneladas.

También se seleccionó un perno de 10 mm de diámetro negro sin recubrimiento para el soporte de la base del cabrestante con la viga parte de la estructura del remolque.

6. Recomendaciones

Para un mejor manejo del cabrestante se recomienda implementar un recubrimiento el cual evite que se produzcan daños en el mismo también se sugiere considerar un equipo de protección personal para preservar la seguridad del operario.

Se recomienda realizar un correcto uso del cable metálico, ya que si se manipula de manera errónea puede presentar roturas y desligues de los toroides lo cual genera un enredo del cable perdiendo así su eficiencia. Manipular el cable con guantes de cuero.

Antes de poner el sistema en funcionamiento se recomienda que el remolque debe estar anclado a un vehículo, ya que debido al peso de la carga el remolque tiende a retroceder si no tiene un apoyo frontal.

Se sugiere implementar el taller móvil con un acople tipo pluma conformado por una estructura metálica y una polea con el fin de retirar vehículos de

lugares de difícil acceso o de difícil terreno.

7. Referencias

- [1] ASTM Committee A01 on Steel. (November de 2000). Designation: A 36/A 36M – 00a Standard Specification for Carbon Structural Steel. 3. West Conshohocken: ASTM. Obtenido de www.astm.org.
- [2] Bosch. (1996). Manual de la técnica del automóvil (3ra. ed.). Barcelona, España: Reverté, S.A.
- [3] Budynas, R. G., Nisbett, & Keith, J. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va. ed.). (M. Á. Ríos Sánchez, Trad.) México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana. doi:ISBN: 978-970-10-6404-7
- [4] Domínguez, E., & Ferrer, J. (2008). Mecánica del vehículo 2008 (1 ed.). Granada: Editex S.A.
- [5] Faires, V. M. (1977). Diseño de elementos de máquinas (Cuarta ed.). Barcelona: Montaner y Simon.
- [6] Gómez, E. (2017). Diseño y factibilidad de un cabrestante hidráulico para un barco pesquero. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil: ESPL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/130387/>
- [7] Goncalves, R. (2002). Introducción al análisis de esfuerzos (Segunda ed.). (R. Goncalves, Ed.) Caracas, Venezuela: USB.
- [8] Kupfer División de cables. (2017). Izaje manejo de carga y tracción. Cables y estrobos. Santiago, Chile. Obtenido de <http://www.kupfer.cl>
- [9] Milani, R. (1997). Diseño para nuestra realidad (Primera ed.). Baruta: Equinoccio USB.
- [10] Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas (Cuarta ed.). (V. González Y Pozo, Trad.) Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México. doi:ISBN: 970-26-0812-0
- [11] Pecharromán, Á. (2015). Diseño y análisis preliminar de un cabestrante en vehículo todoterreno. Universidad Carlos III de Madrid

EPS, Ingeniería Mecánica. Leganés: UCIIM. Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25397/>

[12] Sarango, G. (2017). Implementación de un cabrestante comandado eléctricamente con capacidad de siete toneladas métricas en un remolque para minibulldozer a oruga. Tesis, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la ingeniería e industrias, Quito. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/16563>

[13] SMITTYBILT. (2016). Installation Manual. Compton, USA. Obtenido de <http://www.smittybilt.com>

[14] SODIPER LTDA. (2015). Catálogo de Pernos. 58. Comuna Independencia, Chile: Sodiper. Obtenido de <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

[15] Warn Industries, Inc. (2014). Guía básica de técnicas para el uso del cabrestante. 47-63. USA. Obtenido de <http://www.warn.com>

8. Biografía



¹Gabriela Carolina Sarango Ortiz, Ingeniera Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial, cursando la Maestría en Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices, en la Universidad

Técnica del Norte Actualmente trabaja como docente en el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico.



²Andrés Cárdenas Yáñez. MBA - M.Sc. Diseño Mecánico, Universidad Internacional SEK. Ingeniero Automotriz, Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga. Director Administrativo - Docente a Tiempo Completo de la Carrera

de Mantenimiento y Reparación de Motores a Diésel y Gasolina del Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi – Latacunga.



³Edwin Chamba Monar. MBA - M.Sc. Diseño Mecánico, Universidad Internacional SEK. Ingeniero Automotriz, Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga. Trabaja en CELEC EP, brindando servicios administrativos y de asesoramiento en mantenimiento de flotas vehiculares y compras públicas.



⁴Diego Cuasapud. - Ingeniería Mecánico en la Universidad Tecnológica América, graduado de Magister en Diseño Mecánico en la Universidad Internacional SEK del Ecuador. Actualmente trabaja en TECNOREV, empresa dedicada a mantenimientos de vehículos automotores, donde se desempeña como Gerente Propietario.



⁵Bryan Briceño - Magister en Diseño Mecánico, Universidad Internacional SEK, Ecuador. Ingeniero Mecánico Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. Docente Tiempo Completo de la Facultad de Energía de las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	15 octubre 2020
Fecha aceptación	18 diciembre 2020