



Falla por desgaste de la tuerca portante del elevador electromecánico de vehículos de la Empresa Reparadora del Centro*

Onelio del Valle Martínez

Carrera: Ingeniería Mecánica.

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” (Cuba).

Resumen: El trabajo aborda el estudio de la avería por desgaste de la tuerca portante del elevador electromecánico de vehículos de la Agencia “Perla del Sur” de la Empresa Reparadora del Centro “Fidel Rodríguez Moya”, perteneciente a UNECAMOTO. En el trabajo se pudo comprobar que dicho desgaste intensivo se producía por una incorrecta operación del elevador, ya que al colocar los vehículos sobre el mismo no se velaba porque el centro de masa coincidiera con el eje de la columna lo cual posibilitaría que la presión de contacto sobre la tuerca tuviera un valor aceptable para garantizar un mínimo desgaste. La tuerca se fabricó de bronce al estaño que garantiza resistencia al desgaste. Se recomienda cuál debe ser la posición adecuada de colocación de los diferentes vehículos.

Palabras clave: Desgaste; tuerca; elevador electromecánico.

Failure of supporting nuts on the vehicle electromechanical lifts due to wear in the Repair Company of the Centre

Abstract: This work deals with an analysis conducted on failure of supporting nuts of a vehicle electromechanical lift operating in Perla del Sur Agency from the Repair Company of "Fidel Rodríguez Moya" Center belonging to UNECAMOTO. It could be demonstrated that the extensive wear was caused by inadequate lifting operation. When lifting vehicles they did not make sure that the mass center coincide with the column axis. This would allow the contact pressure on the nut to be at an acceptable value and it would therefore ensure minimal wear. The nut was made of tin bronze; which guarantees resistance to wear. The appropriate position while placing the different vehicles onto it is recommended.

Key words: Wear; nut; electromechanical lift.

Introducción

La tuerca portante se encuentra ubicada en cada una de las dos columnas del elevador electromecánico. Éstas constituyen parte de una transmisión por husillo-tuerca que permite la elevación o descenso de los vehículos, en dependencia del sentido de giro. Los vehículos se colocan sobre los brazos y carriles cuyos conjuntos se encuentran soportados por las tuercas portantes. Cuentan con una guía deslizante que les impide girar con el husillo. El tornillo gira debido a una fuerza que le es transmitida mediante poleas por un motor eléctrico trifásico. Las tuercas son fabricadas de bronce y el husillo de elevación con acero 40X, tratado térmicamente. Sobre la tuerca de servicio o portante descansa todo el peso del auto, siendo ésta la que realiza el trabajo y por consiguiente la más vulnerable al desgaste. Existe además una tuerca de seguridad, la cual realiza la función de sostener el peso del vehículo en caso de que la tuerca de servicio sufra una avería catastrófica. Ésta, en su cuerpo, tiene una marca que, según el fabricante, cuando se desplaza dos milímetros de su posición es señal de que la tuerca de servicio debe cambiarse por el riesgo de cizallamiento de los hilos de la rosca del husillo debido al desgaste. En la Figura 1 se muestra un esquema de la posición relativa de la turca portante y la tuerca de seguridad con relación al husillo. Se aprecia la posición de la marca mencionada.

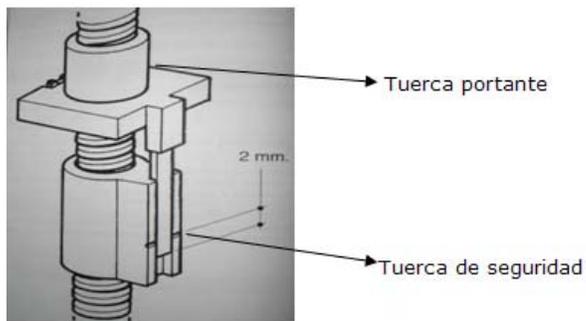


Figura 1. Esquema de un husillo con la tuerca portante y la de seguridad.

En la Figura 2 se representa un esquema detallado de la columna principal de este elevador, donde se puede apreciar todos los componentes de la misma, de los cuales el trece y el quince son los objetivos a fabricar.

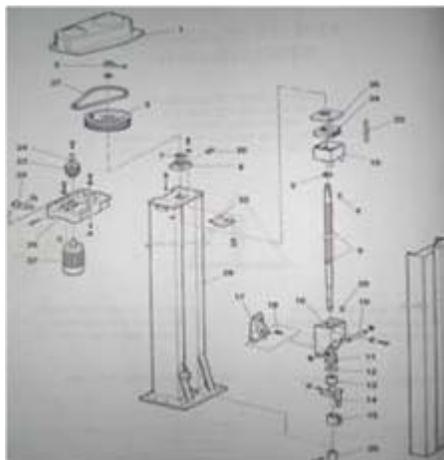


Figura 2. Esquema de la columna principal.

Los objetivos del trabajo son:

Esclarecer las causas del intenso desgaste observado en las tuercas portantes del elevador electromecánico.

Seleccionar el bronce a emplear en la fabricación de la tuerca portante para su maquinado y restauración en las columnas así como establecer recomendaciones para minimizar su desgaste.

Falla por desgaste de la tuerca portante del elevador electromecánico de vehículos

Debido a que se demuestra en el trabajo que la causa principal del desgaste de la rosca es el mal montaje de los autos en los elevadores se decide calcular el centroide de los vehículos que más frecuentan el taller, y realizar un análisis de las distancias a dar a cada brazo con el objetivo de que el centro de masa del auto coincida con el centro de las columnas del elevador. Teniendo en cuenta los autos que más frecuentan el taller se decide realizarle los cálculos al Citroën Berlingo, a la camioneta china Great Wall y a la Furgoneta KIA. Como primer paso se calculó la posición de los centroides de estos vehículos. Con los siguientes datos de cada vehículo:

- Peso sobre el eje delantero: P_d
- Peso sobre el eje trasero: P_t
- Peso total del vehículo: W

Aplicando sumatoria de momentos con relación a cualquiera de los ejes se puede obtener la posición del centroide. Por ser la Furgoneta KIA la de mayor peso se ilustrará este procedimiento para ésta.

En la Figura 3 se muestra un esquema donde se muestran la distancia entre ruedas y la posición de los calzos de elevación. Las distancias o medidas están en centímetros. El peso de la furgoneta, según los datos del catálogo del vehículo es: $W = 1\ 880\ \text{kgf}$ y la carga sobre el eje delantero es $P_d = 1\ 080\ \text{kgf}$.

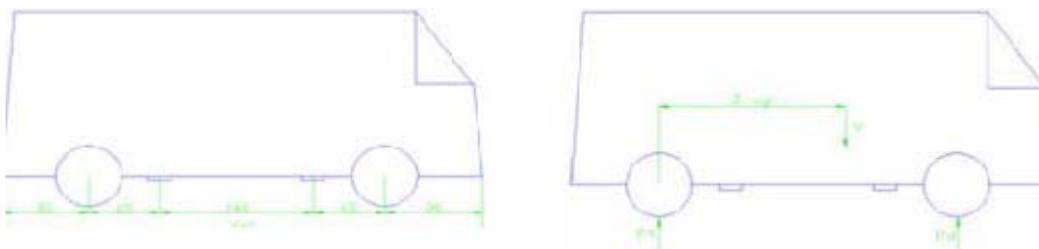


Figura 3. Dimensiones de la Furgoneta KIA. Reacciones en los ejes y distancia del centro de masa.

$$\sum M_t = W (Z \text{ c.g}) - P_d (270) = 0$$

$$Z \text{ c.g} = 162 \text{ cm.}$$

Conociendo las distancias que hay de cualquiera de los dos ejes al centro de masa del vehículo se puede entonces colocar el mismo en el elevador, de forma tal que el centro de masa de éste coincida con el centro de las columnas del elevador. Luego, según las

medidas de los apoyos del auto, será la distancia que se le dará a los brazos del elevador.

En la Figura 4 se muestra el esquema de cómo se debe ubicar este vehículo en la columna:

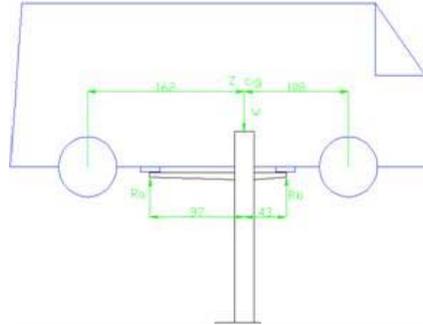


Figura 4. Furgoneta KIA en el elevador.

Una vez ya definido cómo colocar el vehículo en el elevador se calcularán las reacciones en los apoyos de este, cuando el peso está colocado concéntricamente con el eje de la columna.

$$\sum M_a = R_b (140) - W (97) = 0 \quad R_b = 1247 \text{ kg.}$$

$$\sum F_y = R_a + R_b - W = 0$$

$$R_a = W - R_b = 1800 - 1247 \quad R_a = 553 \text{ kg.}$$

Este mismo procedimiento se siguió con los restantes vehículos.

Con estos resultados se calculó la presión de contacto sobre la tuerca cuando el vehículo está correctamente colocado sobre la columna y cuando está colocado excéntricamente.

Posición del centroide de los vehículos

En la Tabla 1 se ofrecen las posiciones de los centroides de los diferentes vehículos analizados.

Tabla 1. Datos de los vehículos y posición del centroide con respecto al eje trasero

Vehículo	Pd (kN)	Pt (kN)	W (kN)	Z _{c.g.} (cm)
Citroën Berlingo [5]	6,2	4,3	10,5	159
Camioneta Great Wall [6]	8,3	5,5	13,8	156
Furgoneta KIA [7]	10,8	7,2	18,0	162

Investigación acerca de los materiales de construcciones de los husillos y tuercas

Con vistas a solucionar el problema del intenso desgaste de la transmisión se investigó en la literatura las recomendaciones acerca de los materiales para los husillos y las tuercas. El material de los husillos debe poseer alta resistencia al desgaste y una buena maquinabilidad a la vez que suficiente resistencia mecánica. Los husillos que no se tratan térmicamente se hacen de acero de las marcas 45 o 50. Para fabricar husillos que se deben someter a un definitivo tratamiento térmico, con el fin de obtener alta dureza, se emplean los aceros de las marcas Y10, Xr, XBr, 65r ó 40X (Dobrovolski, 1975; Guliáev, 1978). El material de las tuercas para las transmisiones helicoidales es bronce al estaño OΦ 10-0,5 y OΛC 6-6-3, así como de fundición antifricción. El mejor material para husillos endurecidos es el bronce al estaño. Según Dobrovolski (1975), la presión admisible al contacto de estos bronce con aceros endurecidos es de: $P_{adm} = 120 \text{ kg/cm}^2 \approx 12 \text{ MPa}$.

Cálculo de la presión de contacto real

Como muestra la práctica, el trabajo insatisfactorio de las transmisiones husillo-tuerca, con frecuencia, es debido al aumento del desgaste de la rosca. Este desgaste se trata de disminuir, haciendo la correspondiente elección de los materiales para el husillo y la tuerca, lubricando copiosamente y disminuyendo la presión específica de contacto. El cálculo al desgaste es fundamental para la mayoría de las transmisiones husillo-tuerca y determina el diámetro del husillo y la altura de la tuerca dada por Dobrovolski (1975). Este cálculo se verifica mediante la comprobación de la presión específica media (P_p) en la rosca, por la formula:

$$P_p = \frac{P}{\pi d_2 t_2 \frac{H_2}{8}} \leq P_{adm}$$

Se calculará entonces la presión de contacto en las tuercas para cuando el vehículo tenga bien ubicado su centroide, es decir que no haya excentricidad. Esta es la condición a la que se debe explotar el elevador electromecánico. El peso a utilizar fue el de la KIA, por ser el mayor de los autos estudiados. Los datos necesarios son:

P: Carga que actúa a lo largo del husillo igual al peso del vehículo (1 800 kgf \approx 18 kN)

d_2 : Diámetro medio de la rosca. $D = 3,9$ cm

s: Paso de la rosca. $S = 0,5$ cm

t_2 : Altura de trabajo del perfil de la rosca. $t_2 = 0,5 \frac{s}{2} = 0,1$ cm

H: Altura de la tuerca. $H = 6$ cm

Z: Número de entradas de la rosca. $Z = 1$

$$p_p = \frac{1800}{\pi \cdot 3,9 \cdot 0,1 \cdot \frac{6 \cdot 1}{0,5}}$$

$$p_p = 122,4 \text{ kg/cm}^2 \approx 12,2 \text{ MPa}$$

Como podemos observar $P_p > P_{adm}$ es sólo ligeramente superior a la admisible. Esto implica que en las condiciones normales de explotación del elevador no se debía esperar un intenso desgaste de las tuercas, sobre todo teniendo en cuenta que la presión admisible contempla un cierto factor de seguridad. Para limitar el desgaste en estas condiciones bastaría con garantizar un adecuado mantenimiento, es decir, buena limpieza y lubricación.

Influencia de la excentricidad (e) de la carga sobre la presión de contacto entre husillo y tuerca.

En la Mecánica de Materiales (Fedosiev, 1985) y en el Diseño de Máquinas (Dobrovolski, 1975) existe un principio general que plantea que las cargas excéntricas son siempre indeseables y por lo tanto deben ser evitadas. El elevador electromecánico ha sido diseñado para ubicar y elevar vehículos de manera que el peso del vehículo: W , coincida con el eje del husillo de manera que la excentricidad de la carga (e) sea cero. Sin embargo, por desconocimiento de la posición del centroide del vehículo el equipo puede ser operado incorrectamente y el peso del vehículo puede ser elevado con una excentricidad (e). Dicha excentricidad implica que en el contacto husillo-tuerca, además de existir una presión de contacto (p_p) calculada anteriormente en la ecuación, aparecerá una presión de contacto p_{Mf} provocada por el momento flector $M_f = W_v \cdot e$. Este momento tiene que ser equilibrado por las presiones de contacto

suplementarias que se originan entre el husillo y la tuerca que se distribuyen (Figura 5); esto es lo que explica por qué la rosca se desgastará intensivamente en el caso del elevador electromecánico analizado.

$$p' = \int_0^H p \cdot dA = p_{media} \cdot A$$

La presión media será:

$$p_{media} = \frac{P_{m\acute{a}x} \cdot 0}{2} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2}$$

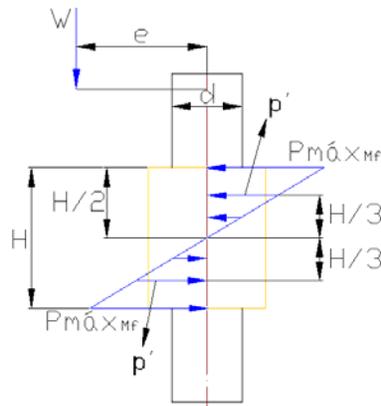


Figura 5. Esquema de la distribución de presiones entre el husillo y la tuerca en condiciones de excentricidad (e) de la carga.

El área proyectada $A = \frac{H}{2} \cdot d$, donde A es el diámetro medio del husillo. El momento resultante, teniendo en cuenta que el centroide de una distribución triangular de presiones está en una posición a $\frac{2}{3} \cdot \frac{H}{2}$ desde el vértice del triángulo (aquí $\frac{H}{2}$ es la longitud del triángulo), se tiene que:

$$M = p' \cdot \left(2 \cdot \frac{H}{3} \right)$$

$$M = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2} \cdot \frac{H}{2} \cdot d \cdot 2 \cdot \frac{H}{3} = \frac{P_{m\acute{a}x} \cdot H^2 \cdot d}{6}$$

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{6M}{H^2 \cdot d} = \frac{6W_0 \cdot e}{H^2 \cdot d}$$

Para la obtención de la última ecuación fue necesario realizar el análisis descrito en este epígrafe, debido a que esta expresión no se encontraba en ninguna de las fuentes bibliográficas consultadas, siendo esta la novedad científica fundamental del trabajo realizado. La misma es de gran importancia para poder calcular la presión de contacto

resultante en la tuerca y el husillo en condiciones de carga excéntrica. La presión de contacto resultante será: $p_{res} = p_p + p_{m\acute{a}x} M_f \leq [p]$.

Y esta presión resultante p_{res} es la que tendrá que ser menor que $[p]$ para que el desgaste sea moderado.

Para calcular P_{res} necesitamos tener la presión de contacto calculada anteriormente en condiciones normales de carga y la presión que existe cuando hay una excentricidad (e), ecuación que se calculará a continuación para la Furgoneta KIA que es la más pesada, para una excentricidad asumida: $e = 20$ cm.

Calculando:
$$p_{m\acute{a}x} = \frac{6 W_T e}{N^2 d} = \frac{6 \cdot 1800 \cdot 20}{2^2 \cdot 2.9} = 1538.46 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{res} = P_p + P_{m\acute{a}x} M_f \leq [P]$$

$$p_{res} = 132.4 + 1538.46 \leq 120 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P_{res} = 1660.86 \text{ kg/cm}^2 \approx 17 \text{ MPa}$$

$$P_{res} \gg \gg [p]$$

Como se aprecia la presión resultante p_{res} es mucho mayor que p_p y, por lo tanto, en condiciones de excentricidad de la carga el desgaste será mucho más intenso y la vida de la tuerca será extremadamente limitada.

Conclusiones

En el trabajo se demuestra que en condiciones normales de carga, utilizando bronce al estaño en la tuerca, se puede garantizar con un adecuado mantenimiento una vida prolongada desde el punto de vista del desgaste.

Se desarrolló una expresión de cálculo novedosa para calcular la presión de contacto entre el husillo y la tuerca en condiciones de carga excéntrica. Aplicando esta expresión se demuestra que la presión de contacto en estas condiciones puede ser del orden de 13 veces la admisible, lo que condiciona un intenso desgaste.

La tuerca se fabricó de bronce al estaño, restableciéndose el elevador, con el consiguiente impacto económico ya que la Empresa había dejado de ganar más

de 40 000 CUC en los dos años que llevaba roto el elevador y además se restableció el equipo, el cual cuesta en el Mercado internacional varios miles de USD.

Se brindan las posiciones adecuadas que deben tener en cuenta los trabajadores de la Agencia a la hora de colocar los vehículos en los elevadores para minimizar el desgaste.

Referencias bibliográficas

DOBROVOLSKI, V. 1975: *Elementos de Máquinas*. Editorial MIR. Moscú.

FEDOSIEV, V. I. 1985: *Resistencia de Materiales*. Editorial MIR. Moscú.

GULIÁEV, A. P. 1978: *Metalografía*. Editorial MIR. Moscú.

*Trabajo presentado en el *XIX Fórum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas*. Tutorado por el Dr. Rafael Goytisoló Espinosa.