

## ENSAYOS DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE TORNILLO IMPULSOR Y CADENA ROSCADA

FILIBERTO GUTIÉRREZ

Muchas de las máquinas utilizadas en la actualidad incluyen un reductor que les permite operar con velocidades menores que las de los motores que las impulsan. Esto ocurre en la maquinaria utilizada en las industrias manufacturera, transporte, construcción, minería, agrícola, energía, etc., lo que hace que se extienda el uso de los reductores de velocidad. Hay también maquinaria que usa amplificadores de velocidad.

Este trabajo se refiere a un novedoso reductor de velocidad que reúne varias características atractivas que auguraban tendría un desempeño superior al de los reductores conocidos de sinfín y corona.

En el nuevo reductor se sustituyó el sinfín con un tornillo impulsor y la corona con una transmisión de cadena roscada, según el concepto desarrollado en nuestro instituto, mismo que está protegido con dos patentes <sup>[1],[2]</sup>.

En una de las modalidades del reductor (Figura 1), se utiliza un tornillo de rodillos invertido como tornillo impulsor (Figura 2). Con este innovador mecanismo es posible aumentar el área de contacto a través de la cual se transmite la potencia de entrada; además, es factible utilizar el contacto rodante para transmitir dicha potencia. Mediante esta configuración se reduce el desgaste, aumenta la capacidad de carga y mejora la eficiencia. La innovación permite que el reductor funcione a la inversa, como amplificador de velocidad.

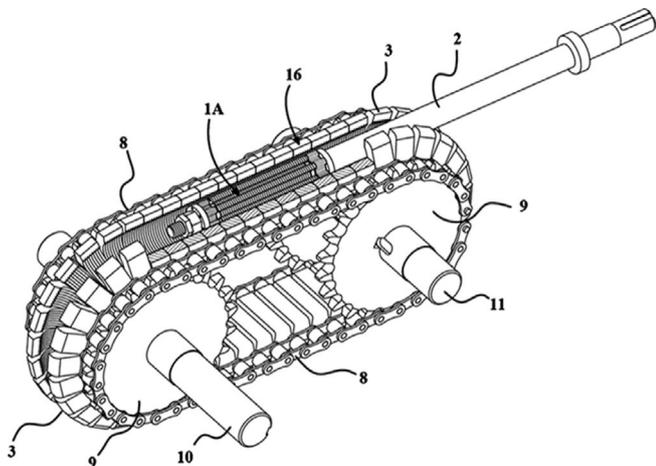


Figura 1. Esquema del reductor de velocidad con una vista en corte de la cadena roscada para mostrar el tornillo impulsor

La cadena roscada (Figura 3), es una cadena de transmisión de potencia formada por dos cadenas de rodillos, con pernos extendidos y un conjunto de cuerpos roscados semejantes a tuercas que está soportado por dichos pernos.

### Pruebas

Se trabajó con un prototipo que tiene una relación de reducción de 46, aunque el mismo puede funcionar también como amplificador de velocidad, con una relación de amplificación de 46. Como los rodillos roscados del tornillo impulsor utilizado son cortos, sólo se aprovechó una sexta parte de la sección recta de la cadena roscada, para transmitir la potencia mecánica de entrada suministrada por un motor eléctrico.

Dada la carencia de un dinamómetro adecuado para aplicar al prototipo un alto par de frenado con baja velocidad, se utilizó un sencillo malacate para levantar pesos que fue accionado directamente por el eje de salida del reductor (Figura 4). Durante las pruebas se izaron pesos de 31, 63, 110 y 158 kg.

La rotación del tornillo impulsor se activa con un motor eléctrico cuyo estator es flotante, es decir, está montado sobre cojinetes, pero la rotación del estator está impedida por un brazo que está sujetado al propio estator y que presiona sobre un transductor de fuerza. Con la fuerza medida se calcula el par de entrada al reductor. El par de salida se calcula a partir del peso izado, del radio del tambor del malacate y de la eficiencia del malacate.

### Resultados

Aunque ya se habían identificado algunos inconvenientes del prototipo, se esperaba alcanzar velocidades de entrada cercanas a 1000 rpm. Sin embargo, la velocidad máxima de entrada se limitó a 450 rpm debido al intenso ruido causado

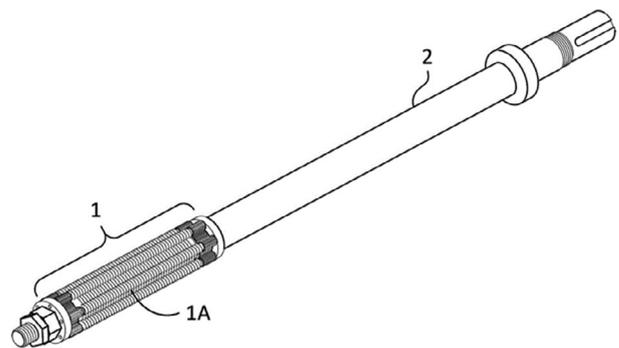


Figura 2. Tornillo de rodillos invertido, empleado para impulsar la cadena roscada

por el golpeteo entre los cuerpos roscados y a las vibraciones ocasionadas por el efecto cordal de las cadenas de rodillos. Tales problemas se hacían más preocupantes a medida que se excedía dicha velocidad.

En la Figura 5 se aprecia que la eficiencia del prototipo mejora al incrementarse el peso de la carga levantada, es decir, cuando aumenta el par de salida (Figura 6) y cuando aumenta la potencia mecánica de entrada (Figura 7). Sin embargo, en esas

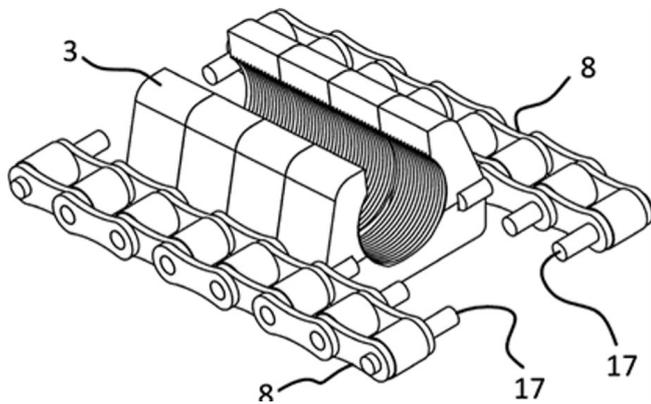


Figura 3. Fragmento de la cadena roscada

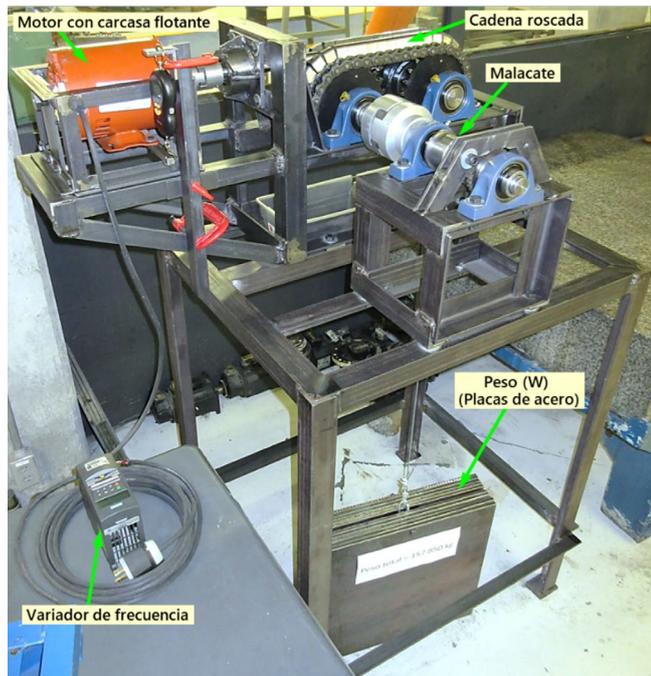


Figura 4. Banco de pruebas del reductor de velocidad de tornillo impulsor y cadena roscada

tres figuras también se observa que la eficiencia disminuye al aumentar la velocidad de entrada. Este comportamiento desfavorable se produjo a pesar de que el prototipo funcionó a una velocidad de entrada relativamente baja, no superior a 450 rpm.

Al comparar las curvas de eficiencia mostradas en la Figura 6 con las de otro reductor que también transmite la potencia de entrada mediante contacto rodante<sup>[3]</sup>, se aprecia que, cuando ambos reductores operan con una velocidad de entrada de 300 rpm y los mismos pares de salida, nuestro reductor es ligeramente más eficiente que la versión de rodillos cilíndricos del reductor referido, pero menos eficiente que su versión de rodillos cónicos.

La eficiencia máxima se alcanzó al levantar el peso más grande (158 kg) y fue de 63 %, correspondiente con un par de salida de 56 N-m y con una velocidad de entrada de 225 rpm; sin embargo, se esperaba alcanzar mayor eficiencia.

El comportamiento mecánico del prototipo fue menoscajado por varias características desfavorables que son inherentes a su diseño innovador. Entre los problemas observados resaltan los siguientes: a) el efecto cordal de las cadenas de rodillos origina vibraciones importantes, también produce la flexión cíclica del eje del tornillo impulsor; b) los rodillos del tornillo impulsor tienen un desempeño deficiente en el interior de los cuerpos roscados; c) el par de entrada provoca el torcimiento de las cadenas de rodillos; d) cuando los cuerpos roscados abandonan la trayectoria circular, impuesta por las ruedas dentadas, chocan contra el cuerpo roscado que les antecede. En la Referencia 4 se describen con detalle tales desventajas.

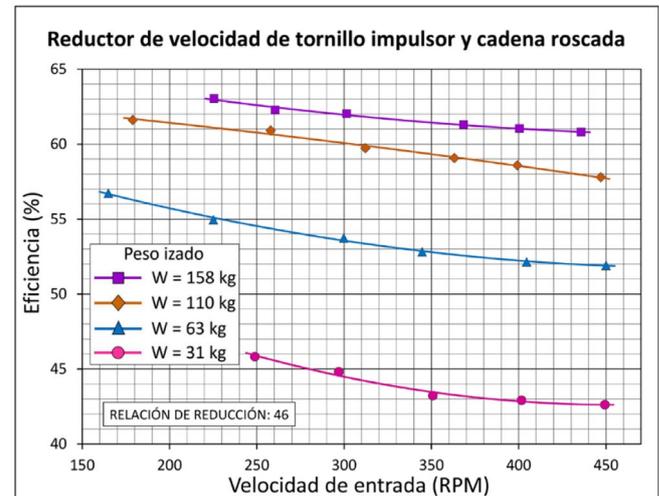


Figura 5. Eficiencia del reductor de velocidad en función de la velocidad de entrada. El reductor se utilizó para accionar un malacate que levantaba pesos de 31, 63, 110 y 158 kg

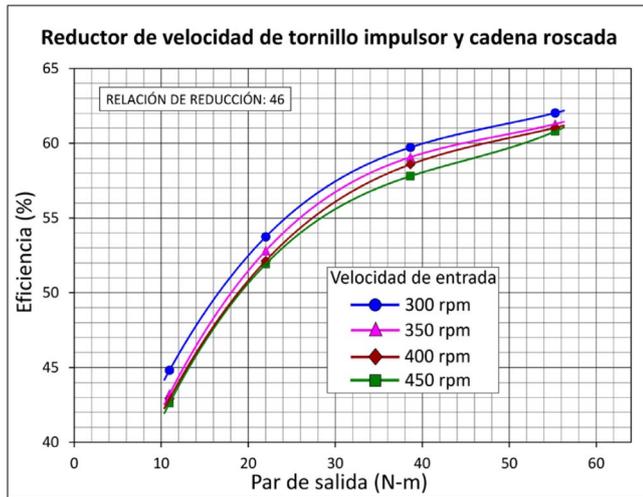


Figura 6. Eficiencia del reductor de velocidad en función del par de salida, correspondiente a cuatro velocidades de entrada: 300, 350, 400 y 450 rpm

## Conclusiones

Los resultados muestran que la eficiencia del prototipo mejora cuando aumenta el par de salida, en contraste, la eficacia disminuye a medida que sube la velocidad del tornillo impulsor. Para aminorar algunos de los problemas encontrados, podría hacerse lo siguiente: 1) reemplazar las cadenas de rodillos con otra clase de cadenas que no presente el nocivo efecto cordal; 2) reducir la abertura de los cuerpos roscados y el peso de los mismos; 3) añadir un dispositivo para evitar que el par aplicado por el tornillo impulsor tuerza las cadenas de rodillos. Sin embargo, nuestro reductor tiene inconvenientes adicionales a los ya descritos: requiere un mecanizado elaborado, además, es voluminoso y pesado. Las desventajas son tan numerosas y sustanciales que es de dudar si tiene sentido intentar superarlas. |

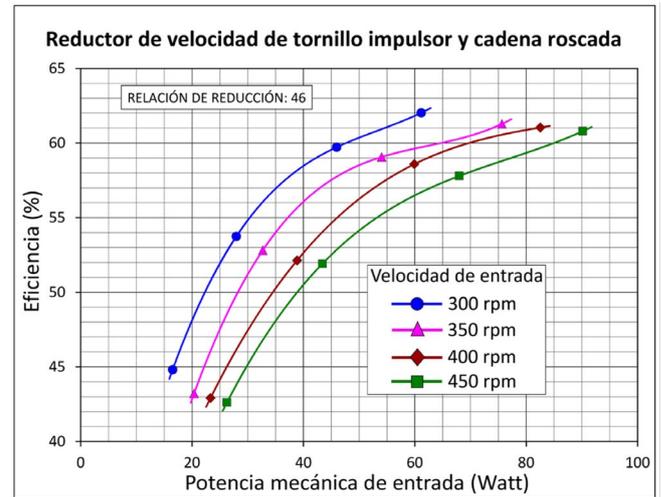


Figura 7. Eficiencia del reductor de velocidad en función de la potencia mecánica de entrada, según cuatro velocidades de entrada: 300, 350, 400 y 450 rpm

## Referencias

- Chicurel, E. J. y Gutiérrez, F. (2018). *Driving Screw and Chain Speed Reducer*. US Patent No. 9927012.
- Chicurel, E. J. y Gutiérrez, F. (2020). *Reductor de velocidad de tornillo impulsor y cadena*. Patente mexicana No. MX 371482.
- Deng, X.; Wang, S.; Qian, L. y Liu, Y. (2020). Simulation and Experimental Study of Influences of Shape of Roller on the Lubrication Performance of Precision Speed Reducer. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 14, 1156-172. <https://doi.org/10.1080/19942060.2020.1810127>.
- Gutiérrez, F. (2024). Roller Screw and Threaded Chain Speed Reducer: An Experimental Evaluation. *Modern Mechanical Engineering*, 14, 1-11. <https://doi.org/10.4236/mme.2024.141001>.