

# TRANSMISIONES DE ENGRANES MAGNÉTICOS



Dr. Ricardo Chicurel Uziel

Gracias a las altas fuerzas de atracción de los imanes permanentes de aleaciones de neodimio disponibles hoy en día, se han vuelto viables las transmisiones magnéticas en las que, en lugar de que se transmitan fuerzas entre dientes de engranes, se transmitan entre polos magnéticos. Así, surgen los “engranes magnéticos” con imanes en su periferia en vez de dientes. Los imanes se orientan con sus ejes magnéticos en dirección radial de manera que los polos expuestos presenten polaridades alternantes N y S. Un par de imanes de polaridades opuestas equivale a un diente de un engrane convencional. Es sorprendente que las transmisiones magnéticas ya están en el umbral de competencia con las de engranes convencionales en cuanto a capacidad de par por unidad de volumen, y prometen en algunos casos, superarlas en eficiencia. Las ventajas que presentan son que: no se dañan por sobrecargas, no requieren lubricación, prácticamente no tienen desgaste y, son silenciosas.

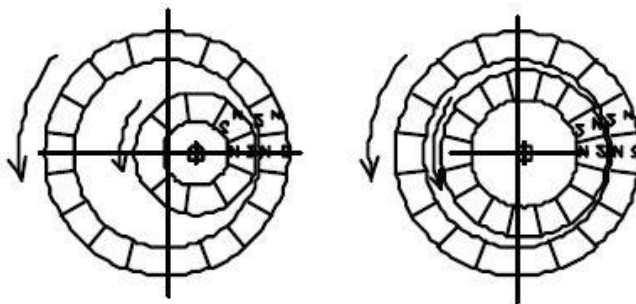


Figura 1. Transmisión de engranes magnéticos consistente en un engrane de imanes externos y uno anular de imanes internos



Figura 2. Transmisión cicloidal de engranes convencionales

En la figura 1 se muestran diagramas de transmisiones que constan de un engrane magnético de imanes externos y uno anular de imanes internos. Como es evidente, hay una interacción más amplia entre ellos en la transmisión mostrada del lado derecho que en la del lado izquierdo. Dicha interacción es mayor mientras menor sea la diferencia en los

diámetros de ambos engranes, aunque también la relación de velocidades se acerca más a la unidad, perdiéndose la posibilidad de utilización del arreglo como reductor de velocidad; sin embargo, mediante una inversión del mecanismo, se puede obtener una reducción de velocidad que aumenta al reducirse la diferencia en los diámetros. El resultado de tal inversión es un reductor cicloidal. En él, el engrane anular es fijo, y el engrane de dientes externos es impulsado en una órbita circular mediante una manivela de la flecha de entrada de alta velocidad. El radio de la manivela es igual a la excentricidad entre los dos engranes. Así, el movimiento relativo entre ambos engranes, y en particular, la diferencia en sus velocidades angulares queda igual que en el mecanismo original. Entonces, en el mecanismo invertido, dicha diferencia es igual a la velocidad angular del engrane móvil. Este último tiene, además del movimiento rotacional, un movimiento de traslación circular a la velocidad de la flecha de entrada. La figura 2 es una fotografía de un reductor cicloidal de engranes convencionales. En reductores de ese tipo, usualmente se utiliza un acoplamiento entre el engrane móvil y la flecha de salida (de baja velocidad) capaz de transmitir mecánicamente el movimiento rotacional de dicho engrane pero no el de traslación orbital del mismo. En dicho acoplamiento, la transmisión de par se hace por medio de un número de pernos axiales distribuidos uniformemente en un disco integrado a la flecha de baja velocidad, los cuales penetran en un número igual de agujeros circulares en el engrane móvil. En los reductores cicloidales de engranes magnéticos del Instituto de Ingeniería, se utiliza un acoplamiento de este tipo pero incorporando adicionalmente rodamientos montados en los pernos antes mencionados para reducir la pérdida de potencia por fricción entre éstos y las superficies de los agujeros del engrane móvil. Dicha mejora ha sido patentada.

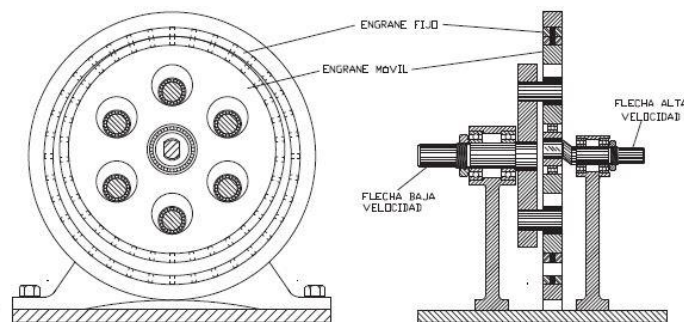


Figura 3. Primer reductor de velocidad cicloidal de engranes magnéticos del Instituto de Ingeniería.  
Sección transversal del lado izquierdo y sección longitudinal del lado derecho

En la figura 3 se muestran una sección transversal y una sección longitudinal del primer prototipo construido.

En los reductores de engranes magnéticos reportados en la literatura, la transmisión de fuerzas ocurre a través de pequeños claros entre dichos engranes, sin que exista contacto entre ellos. Contrastando con esta característica, en los reductores del Instituto de Ingeniería, existe contacto rodante de la superficie externa del engrane móvil y la interna del engrane fijo, debido a que el primero está libre para desplazarse radialmente bajo la acción del campo magnético y la fuerza centrífuga, hasta hacer contacto y presionar contra el engrane fijo. Para que pueda haber rodadura entre ambos engranes, los imanes de éstos

---

deben penetrar totalmente en sus alojamientos sin sobresalir de las superficies de contacto entre engranes. Lo anterior presenta las siguientes ventajas: 1) se incrementa la capacidad de transmisión de par, pues se transmite además de una fuerza magnética, una fuerza de fricción entre los engranes gracias a la fuerza normal de contacto; 2) se elimina la carga radial en el rodamiento donde va montado el engrane móvil; 3) se elimina la necesidad de controlar cuidadosamente la separación entre los imanes de ambos engranes.

Debido al movimiento orbital del engrane móvil, se genera una fuerza de desbalance, lo cual constituye una desventaja del mecanismo cicloidal. En el primer reductor del Instituto de Ingeniería, se elimina este desbalance mediante un contrapeso. La figura 4 es una fotografía de dicho reductor. En otro prototipo, de tipo ligero, mostrado en la figura 5, las cubiertas y la base se fabricaron por impresión 3D en plástico ABS. El desbalance en ese reductor se elimina mediante un sistema, protegido por una patente pendiente, basado en un elemento excéntrico rodante.

En una nueva fase del proyecto, se trabaja en engranes magnéticos que requieren de sólo un imán. En ellos, hay dos discos dentados idénticos de un material de alta permeabilidad magnética estando el imán, que es de forma anular, entre ambos y concéntrico con ambos. El eje magnético del imán está orientado axialmente, de manera que sus caras planas corresponden a los polos Norte y Sur. En vez de un imán anular, se pueden tener varios imanes pequeños igualmente magnetizados axialmente y distribuidos en la periferia. La transmisión de movimiento y potencia entre dos engranes tales es posible porque el campo magnético que los enlaza obliga a que estén alineados los dientes de uno y otro. Para la protección de este concepto, se ha preparado una solicitud de patente al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial y otra al US Patent Office. Actualmente se diseña una transmisión planetaria con engranes de este tipo.



Figura 4. Reductor de velocidad de engranes magnéticos de IUNAM. Primer prototipo

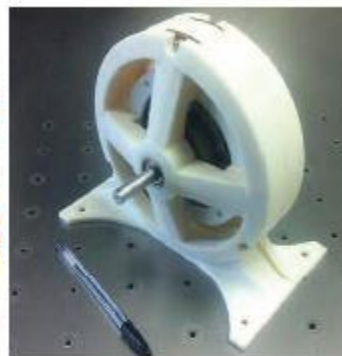


Figura 5. Reductor de velocidad ligero de engranes magnéticos del IUNAM