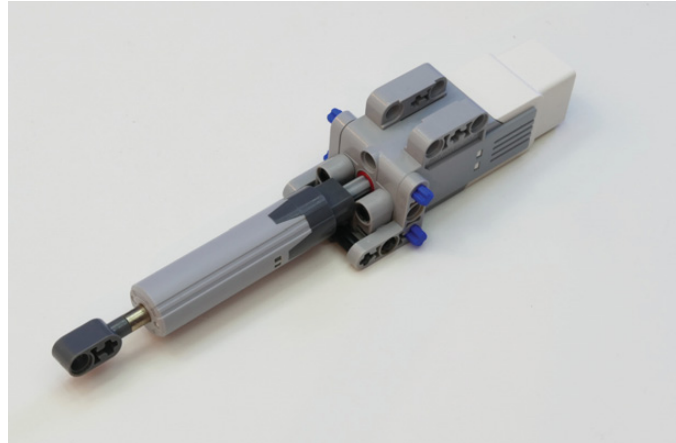


# Movimientos Technic a escala miniatura

Por Oton Ribic

Imágenes por Oton Ribic



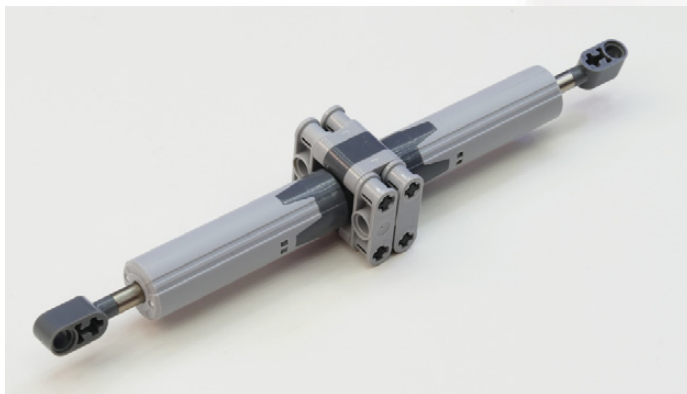
[Fig\_1] En esta configuración, la extensión del actuador se puede controlar hasta 1/16 de un milímetro, en condiciones óptimas.

No es un problema común para todo constructor, pero cualquiera que ha intentado hacer movimiento muy precisos con LEGO Technic estará familiarizado con ello. El problema también es conocido entre los constructores de MINDSTORMS que construyen robots y mecanismos controlados muy precisos, especialmente cuando necesitan interactuar con objetos que no son de LEGO.

Básicamente, debido a las tolerancias mecánicas de los elementos de LEGO, los movimientos resultantes a menudo tienen algo de holgura. Esta holgura apenas se nota ni es importante cuando conduces un vehículo todo-terreno por tu jardín, pero enseguida aparece cuando intentas conseguir movimientos muy precisos. Debe decirse que estas tolerancias no se deben a falta de cuidado por parte de LEGO - por lo contrario, son necesarios para permitir la construcción y desmontaje sencillos.

Como estas tolerancias y la inexactitud que ocasionan tienden a acumular, como regla general los mecanismos más sencillos a menudo son los más precisos. En un caso perfecto, solo hay un elemento móvil en la acción que quieres llevar a cabo. En otras palabras, si puedes evitar transmitir el movimiento mediante unos cuantos ejes, cardanes, engranajes y otras conexiones, hazlo y reduce el movimiento a mínimo número de elementos posible.

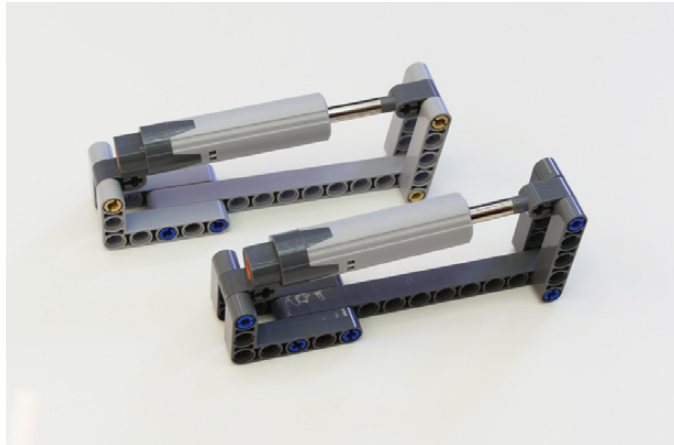
Sin embargo, este enfoque reduccionista no siempre es aplicable y hay maneras de evitar estos casos [Fig\_1]. A veces, si el número de conexiones no es demasiado alto (es decir, no más de seis) merece la pena reemplazar los pines sin fricción o ejes alrededor de los cuales giran estas conexiones por otros con fricción. Estos se ajustan perfectamente a los agujeros y no dejan tolerancias mientras las fuerzas que los accionen no sean demasiado grandes.



[Fig\_2] Girando un extremo, manteniendo el otro fijo, estos actuadores conectados espalda con espalda funcionan como uno solo de doble largura.

Sin embargo, usar grandes cantidades de pines con fricción introduce otro problema: la necesidad de aplicar mucha fuerza lo que puede resultar en que algunas piezas se torsionan, introduciendo nuevas imprecisiones. O, dicho en términos más técnicos, en estos casos empieza a aparecer histéresis mecánica no deseada.

Un enfoque mecánicamente más complejo, pero que da mejores resultados es diseñar todo el mecanismo de tal manera que los elementos críticos están siempre directamente afectados por la gravedad. Esto a menudo es un buen enfoque para mecanismos de trazar o grabar: si la superficie en la que se dibuja es horizontal por necesidad la punta de trazado tendrá algo de holgura en sus movimientos. Sin embargo, si todo el mecanismo está en vertical, siempre estará empujado en la misma dirección por la gravedad y responderá con precisión al movimiento de los ejes, cadenas, y demás mecanismos.



[Fig\_3] Estas estructuras son idénticas en teoría, pero la más oscura es más precisa por el uso de pines con fricción que reducen las holguras, a costa de más resistencia.

En cualquier caso, ten en mente que conseguir buena precisión a menudo requiere hacer ajustes finos después de finalizar el mecanismo básico. Prueba con un pin con fricción aquí, un peso adicional allí, cambia el ángulo de la base - estos ajustes son igual de importantes que el diseño subyacente.

En cuanto a conseguir la máxima precisión que se puede conseguir con LEGO, esto depende de muchos factores, pero podemos mencionar algunas referencias [Fig\_2]. En general, si encaja con tu proyecto, es buena idea conectar un motor MINDSTORMS directamente a un actuador lineal grande. Estos actuadores son robustos, fiables (especialmente la versión rediseñada), bastante precisos y ubicuos.

El paso del tornillo interior del actuador resulta en un milímetro de movimiento lineal por cada 240° de giro en la entrada. Tomando en cuenta que al ángulo más pequeño que un motor MINDSTORMS puede realizar de forma fiable es de unos 15°, es fácil calcular que el movimiento más pequeña que se puede controlar en el actuador es de 1/16 de milímetro o unos 63 μm. Esto es un movimiento minúsculo, en el orden de magnitud del ancho de un pelo y sin embargo se consigue con piezas estándar si se satisfacen todos los requisitos mencionados con anterioridad (tensión, pines con fricción, etc.).

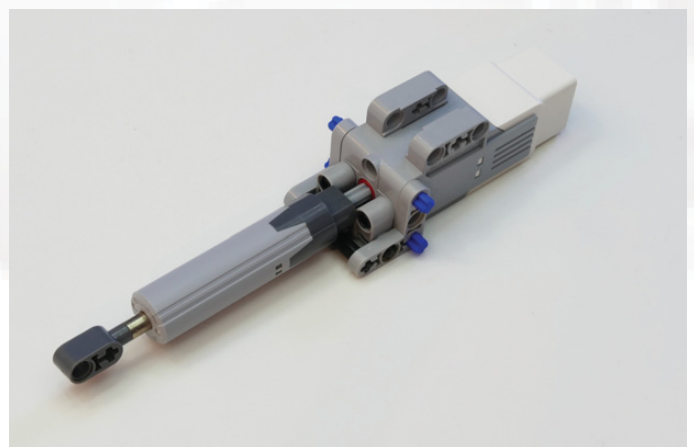
He intentado aplicar una reducción al motor para conseguir un movimiento incluso menor, o usar varias articulaciones triangulares para reducir el movimiento, pero resulta que si buscas precisión por debajo de 50 μm surgen efectos secundarios. La tensión del tornillo del actuador, la flexibilidad de la estructura interna, la curvatura del brazo etc. empiezan a tener un efecto, y aunque hay maneras de reforzar y minimizar estos efectos, enseguida la complejidad adicional supera la utilidad. La resolución de 1/16 de milímetro mencionada anteriormente debería ser suficiente en condiciones óptimas.

Esto se base en la suposición que un rango de 5 studs o 40 mm (el alcance de un actuador lineal es suficiente [Fig\_3]). Si no lo es, otra opción es la de usar un mecanismo de cremallera, entre los cuales las nuevas piezas del Arocs (números 18940 y 18942), diseñado específicamente para este propósito, son muy prácticos. Su alcance fiable es de 10,5 studs, más si se construye una estructura de soporte, lo que resulta en unos 84 mm. Con una reducción y aplicando tensión, es posible controlar su movimiento de forma precisa hasta una décima de milímetro, pero sufre de más fricción que los actuadores, especialmente si hay grandes fuerzas envueltas, y también tiene algo de holgura si está completamente extendido.

Una interesante tercera opción es la de usar dos accionadores lineales conectados espalda con espalda y girar un extremo [Fig\_4]. Esto tiene inconvenientes, como el hecho de que es muy largo incluso cuando está completamente contraído y requerirá un mecanismo adicional para permitir que gire libremente. Pero esto se ve compensado por tener la precisión de un actuador con un doble rango, es decir 80mm. Se pueden conectar incluso más accionadores en cascada, aunque después del tercero la construcción misma empieza a perder estabilidad, contrarrestando cualquier ventaja de precisión. Pero si tienes muchos accionadores, merece la pena considerarlo.

Finalmente, sea cual sea la solución que eliges, asegúrate de que tus piezas están en buenas condiciones. Elementos desgastados hacen aumentar las tolerancias y por ende la imprecisión, mientras que accionadores viejos, gastados y secos (que se reconocen por el chirrido) tienen más fricción que resulta en un movimiento a saltos. Afortunadamente no son difíciles de desmontar y lubricar si no hay otra opción disponible.

#



[Fig\_4] Las nuevas piezas de cremallera permiten una buena precisión en un rango más largo, aunque no son tan buenos como los actuadores lineales.