

## EXPERIENCIA DE ENSAYO DE UN ACOPLAMIENTO CARDÁNICO

O. Gallo\*<sup>(1)</sup>, D. Ferreyra<sup>(1)</sup>, A. Díaz<sup>(1)</sup> y F. Gioino<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Facultad Regional San Francisco  
Grupo Cálculo e Investigación, Desarrollo y Ensayo de Máquinas Eléctricas (CIDEME)  
Avenida de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba (Argentina)  
\*E-mail: odgallo@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los acoplamientos cardánicos son ampliamente usados en el agro para accionar maquinarias portátiles, como enfardadoras, desmalezadoras o cintas transportadoras. También se aplican en todo equipo que requiera una transmisión con ejes no alineados o con alineación variable. La norma IRAM 8065-1 (1998), similar a otras internacionales, especifica para estos elementos su clasificación, categoría, tamaño estandarizado, velocidad y potencia nominales, y modo de acoplamiento.

Muchas empresas fabrican estos productos (Voith, 2019; Tecnopower, 2019), ya que su tecnología de diseño y elaboración está muy difundida. Se encuentran varias investigaciones sobre estos mecanismos (Álvarez Mejía, 1990; Asonja y Desnica, 2015; Piovan, 2014). Existen innovaciones en su diseño que presentan ventajas respecto de las construcciones clásicas (Domínguez, 2012).

Este trabajo resume un estudio realizado sobre un acoplamiento cardánico en un laboratorio equipado con frenos dinamométricos, que incluyó su accionamiento con un motor eléctrico en reemplazo del tractor. Lo novedoso de estas pruebas es que, con tales frenos, se pueden emular y verificar las condiciones reales de trabajo del mecanismo. El objetivo es aportar referencias concretas sobre experiencias relativas a estos métodos de ensayo y a las exigencias a las que están sujetos tales acoplamientos.

### MÉTODO

En el estudio, se verificaron los niveles de exigencia mecánica y térmica del acoplamiento con los ensayos indicados, para comparar los resultados con lo especificado en las normas y lo aconsejado por los fabricantes.

La junta cardánica ensayada es de tamaño 6 según IRAM, de 1,25 m de longitud de eje. Se probó a una velocidad de 540 1/min y con un par de 1000 Nm. En todos los casos, se usó instrumental con calibración actualizada.

Se sujetó el acoplamiento en un extremo al motor eléctrico y en el otro al freno dinamométrico, como se muestra en la Fig.1.

#### Ensayo de vibraciones

Se midió el nivel de vibraciones de la junta cardánica, en primer lugar, con ambos extremos alineados y, luego, con una desalineación de 6° respecto al eje de rotación. Los

niveles de vibraciones en los tres ejes y en ambos extremos se relevaron al principio y al final del ensayo de calentamiento, pero fueron estos últimos lo que se tuvieron en cuenta para las evaluaciones.



Fig. 1. Ensayo del acoplamiento al dinamómetro.

Se observó que la desalineación de 6° produjo, como era de esperar, un notable incremento del nivel global de vibraciones, por ejemplo, de 1,6 mm/s a 3,1 mm/s en el extremo de accionamiento (tractor), sobre el eje vertical. En la Fig. 2, se muestra un espectro de vibraciones (velocidad en mm/s contra velocidad de giro en ciclos por minuto), con el eje desalineado, en el cual se destacan los valores de las cinco armónicas principales.

#### Ensayo de calentamiento

La estabilización térmica se alcanzó luego de una hora de funcionamiento en las condiciones nominales indicadas, tanto alineado como desalineado. Los registros de temperatura se realizaron cada 15 minutos. Al final, se tomaron imágenes térmicas.

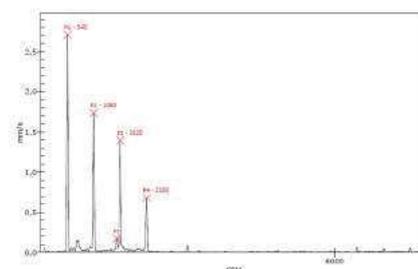


Fig. 2. Espectro de vibraciones a eje desalineado.

Las sobretemperaturas con respecto al ambiente fueron unos 6,7 K mayores cuando el eje estuvo desalineado, algo similar a lo ocurrido con los niveles de vibraciones. En la Fig. 3, se muestra la imagen térmica del extremo de accionamiento, obtenida con cámara termográfica.

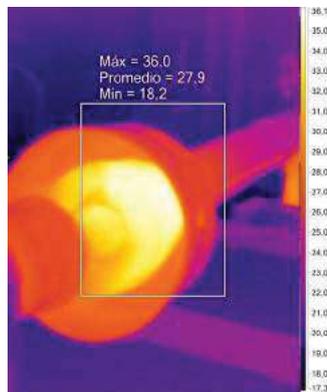


Fig. 3. Imagen térmica del extremo de accionamiento.

#### Ensayo de rotura del fusible mecánico

Se comprobó el par que ocasionó la rotura del fusible mecánico, un tornillo que debe cortarse ante una sobrecarga o por bloqueo del eje. Con el acoplamiento girando alineado, se incrementó el par hasta que se produjo la rotura del tornillo. Este dato es importante para verificar la capacidad máxima instantánea del mecanismo. En la Fig. 4, se presenta la curva del par en N·m en función del tiempo (número de muestras continuas) durante el ensayo. El valor de rotura fue de 1600 N·m para un único tornillo fusible.

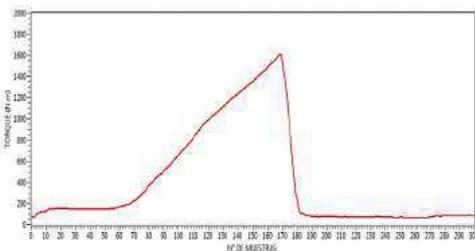


Fig. 4. Par en función del tiempo.

#### Cálculo de las sollicitaciones mecánicas

Con el relevamiento del acoplamiento, se calcularon los esfuerzos de corte en el tornillo fusible y de torsión en el tubo trilobular que constituye el eje extensible del mecanismo para un par extremo de 1600 N·m, además del ángulo de torsión.

Para el tornillo fusible, de 49,5 mm<sup>2</sup> de sección, se obtuvo un esfuerzo de corte de 507 MPa. El tubo trilobular externo tiene un diámetro exterior de 63 mm y 4 mm de espesor; el esfuerzo de torsión medio obtenido fue de 79,4 MPa. El caño interno tiene un diámetro mayor de 52 mm y 5,5 mm de espesor. El esfuerzo fue de 96,2 MPa. Para los

cálculos en el tubo trilobular, se lo asimiló a un tubo cilíndrico de igual diámetro externo y espesor. Para 1600 N·m, el ángulo de torsión máximo fue aproximadamente de 0,15°.

## CONCLUSIONES

Aún en las condiciones de desalineación normalizadas, el nivel de vibraciones no superó los valores razonables. Sin embargo, las condiciones de trabajo reales son más exigentes, sobre todo ante cambios de dirección o cargas anormales transitorias.

Las temperaturas en las condiciones de prueba fueron aceptables, considerando que no se produjo el licuado de la grasa de lubricación, que ocurriría a unos 130 °C. Aún a altas temperaturas ambiente en condiciones normales, resta un amplio margen para llegar al valor indicado.

El par de rotura del fusible mecánico fue el esperado, aproximadamente 1,6 veces el par nominal.

Las sollicitaciones mecánicas se calcularon para valores límites y los resultados no resultaron excesivos. Estos esfuerzos no produjeron daños ni deformaciones notorias. Por supuesto, el daño que pueda originarse guardará estrecha relación con la actuación del fusible mecánico.

Una ampliación futura de estos cálculos permitiría relacionar los esfuerzos obtenidos con los que se adoptan en construcciones similares y eventualmente racionalizar las dimensiones mecánicas y los materiales usados.

## REFERENCIAS

- Álvarez Mejía, F. *Medidas de vibración de una junta cardánica acoplada entre tractor e implemento*. Universidad Nacional De Colombia (1990). <http://bdigital.unal.edu.co/29794/1/28456-102360-1-PB.pdf>
- Asonja, A; Desnica, E. *Reliability of agriculture universal joint shafts based on temperature measuring in universal joint bearing assemblies*. Spanish Journal of Agricultural Research, Vol 13, No 1 (2015).
- Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex.
- Norma IRAM 8065-1. *Maquinaria Agrícola Acoplamiento cardánico, tractor-máquina agrícola* (1998)
- Piovan, M.T. *Juntas articuladas o universales*. UTN-FRBB. Cátedra Elementos de Máquinas (2014).
- Tecnopower. *Folleto sobre Juntas universales cardan y conjuntos telescópicos* (2019).
- Voith. *Folleto sobre Ejes de punta universal de alto rendimiento* (2019).