

Trabajos en la normalización internacional del cálculo de los engranajes cilíndricos y cónicos

G. González Rey y M. E. García Domínguez

Departamento de Mecánica Aplicada, Facultad de Ingeniería Mecánica,
Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*, La Habana 19390, Cuba.
E-mail: mecanica@cujae.ispjae.edu.cu

Resumen

En el artículo es presentado un panorama del trabajo realizado en las normas ISO relativas al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos y cónicos, además de referir las más recientes normas ISO editadas en los últimos años así como las propuestas de futuros trabajos en el tema de engranajes cilíndricos y cónicos.

1. Introducción

Dentro del numeroso conjunto de las transmisiones mecánicas, los engranajes han encontrado múltiples aplicaciones en todas las ramas de la industria y el transporte actuales, siendo en muchos casos preferidos por sus múltiples ventajas, entre las cuales destacan: elevada eficiencia, gran capacidad de carga con pequeñas dimensiones, facilidad de construcción y amplios intervalos de velocidad de trabajo.

Es indiscutible que en estos tiempos las transmisiones por engranaje acaparan la atención de muchos estudiosos y técnicos. Resultado de este interés y trabajo son los recientes avances en la tecnología de fabricación de las ruedas dentadas, los nuevos métodos de cálculo de esfuerzos en los dientes y las novedosas técnicas de análisis del contacto entre los flancos activos de los pares de dientes engranados que han reclamado un intenso empleo de la computación y los procesamientos matemáticos.

Debido a todo este auge en el desarrollo de la producción de engranajes cilíndricos y cónicos, hoy más que nunca, se ha requerido de la existencia de normas de referencia para el cálculo de su capacidad de carga.

En este sentido, una de las instituciones que ha jugado un papel determinante en la elaboración de normas referidas al tema de las transmisiones por engranajes y al cálculo de su capacidad de carga ha sido el Comité Técnico 60 (TC 60) de la Organización Internacional para la Normalización (ISO). Pero, contrario a lo que se pudiera pensar y debido a la poca divulgación que en el área iberoamericana han tenido las normas ISO de engranajes, en contraposición a las normas AGMA con una muy amplia divulgación mundial, se ha creído conveniente en el presente trabajo exponer las normas internacionales disponibles y aprobadas por ISO

TC60 hasta diciembre de 1996 en el tema de engranajes, incluyendo las normas aprobadas recientemente para la verificación de la capacidad de carga de los engranajes, así como los trabajos en perspectiva para los próximos años

2. El comité ISO TC60

Como es conocido, la ISO (en inglés, International Standardization Organization) es la asociación vinculada y responsabilizada con la propuesta, aprobación y elaboración de las normas internacionales.

Según información, obtenida del Informe Anual de ISO en 1996 [1], es conocido que hasta diciembre de ese año habían sido aprobadas un total de 10 189 Normas Internacionales.

Este intenso y voluminoso trabajo de la organización ha sido posible gracias a una membresía de 116 países, de los cuales 83 países (entre ellos Cuba) tienen derechos plenos a un total ejercicio del voto para la aprobación de las Normas Internacionales.

Toda la labor de la ISO se realizada en un total de 185 Comités Técnicos, 611 Subcomités y 2022 Grupos de Trabajo.

Entre las numerosas agrupaciones técnicas de la ISO, ha sido designado el Comité Técnico 60 (ISO TC60) para dedicarse plenamente a la elaboración, discusión y aprobación de las Normas Internacionales referidas a engranajes.

Desde 1993, la secretaría de ISO TC60 corre a cargo de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (en inglés, American Gear Manufacturers Association, AGMA) y es dirigida por WILLIAM A. BRADLEY, quien es actualmente Jefe de la División Técnica de AGMA y

personalidad de gran prestigio entre los especialistas vinculados con los engranajes.

Anteriormente, el Instituto Belga de Normalización había sido responsable con la conducción del mencionado Comité Técnico, bajo la dirección del Dr. M.J.SPRENGERS.

Hasta el mes de diciembre de 1996, ISO TC60 acumulaba un total de 20 Normas y 7 Informes Técnicos aprobados[2].

La Tabla 1 muestra una lista de las Normas e Informes Técnicos ISO actualmente vigentes que han sido elaborados bajo la dirección de ISO TC60.

Según la agenda actual de ISO TC60, están en activo un total de 10 Grupos de Trabajo (WG), los cuales se encargan directamente de elaborar las propuestas de Normas

Internacionales que posteriormente serán discutidas y circuladas para aprobación como normas ISO en el tema de engranajes. Cada uno de estos Grupos de Trabajo está compuesto por un conjunto de expertos con intereses y conocimientos en un tema específico. En la Tabla 2 se muestran los Grupos de Trabajo activos hasta el mes de julio de 1997. Otros Grupos de Trabajo anteriores y no activos en este momento fueron WG1 (Secretaría: DIN. Tema de interés: engranajes para la industria ligera), WG3 (Tema de interés: herramientas para tallado de engranajes cilíndricos) y WG5 (Secretaría: IBN/Bélgica. Tema de interés: corrección en engranajes cilíndricos).

Tabla 1. Normas ISO e Informes Técnicos ISO (TR) de ISO TC60 vigentes en diciembre de 1996

Número de Norma ISO	Año de edición o última revisión	Contenido
53	1974	Cremallera básica para engranajes cilíndricos.
54	1996	Módulos para engranajes cilíndricos.
677	1976	Cremallera básica en engranajes cónicos de dientes rectos.
678	1976	Módulos y <i>pitchs</i> para engranajes cónicos de dientes rectos.
701-1	1976	Nomenclatura y símbolos para la geometría de engranajes.
1122-1	1983	Glosario de términos para engranajes. Definiciones geométricas.
1328-1	1995	Definiciones y valores permisibles de desviaciones en los flancos de los dientes de engranajes cilíndricos.
1328-2	1996	Definiciones y valores permisibles de desviaciones en pulsaciones radiales.
1340	1976	Información necesaria para fabricar ruedas dentadas cilíndricas.
1341	1976	Información necesaria para fabricar ruedas cónicas con dientes rectos.
2490	1996	Dimensiones nominales en fresas madres con una entrada (monobloque), para módulos desde 1 hasta 40.
TR4467	1982	Coefficiente de corrección de los dientes en engranajes cilíndricos.
4468	1982	Requisitos de precisión de fresas madres con una entrada.
6336-1	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos. Principios básicos y factores de influencia general.
6336-2	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos. Cálculo de la durabilidad de la superficie.
6336-3	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos. Cálculo de la resistencia a la flexión del diente.
6336-5	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos. Resistencia y calidad de los materiales.
8579-1	1993	Código de aceptación de engranajes. Determinación de los niveles de potencia sonora emitida.
8579-2	1993	Código de aceptación de engranajes. Determinación de la vibración mecánica.
TR-10064-1	1992	Código de inspección para los flancos de los dientes en engranajes cilíndricos.
TR-10064-2	1996	Código de inspección para pulsaciones radiales, holgura lateral y espesor de los dientes en engranajes cilíndricos.
TR-10064-3	1996	Código de inspección y recomendaciones relativas al semiproducto, distancia interaxial y paralelismo de los ejes.
TR-10495	1995	Cálculo de la vida de servicio en condiciones de carga variable, para engranajes cilíndricos.
TR-13989-1	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos, cónicos e hipoidales según método de temperatura instantánea.
TR-13989-2	1996	Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos, cónicos e hipoidales según método de temperatura integral.
10825	1995	Terminología para el deterioro y daño de los dientes de los engranajes.
14104	1995	Inspección de la superficie templada después del rectificado en los engranajes.

3. El grupo de trabajo ISO TC60/WG6

En la Tabla 2 puede comprobarse que el Grupo de Trabajo N°6, o como se le conoce ISO TC60/WG6, es el responsabilizado con la propuesta, discusión y circulación para aprobación de las Normas Internacionales referidas al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos.

En la actualidad, WG6 es el Grupo de Trabajo con mayor cantidad de proyectos de normas en el Comité Técnico 60. Su más reciente edición corresponde a la norma ISO 6336 y cuatro de sus partes (según puede ser apreciado en la Tabla 1), son también producto del trabajo de este grupo, así como la norma ISO 14104 y los reportes técnicos TR 10495 y TR 13989.

En estos momentos, la organización de este Grupo de Trabajo corre a cargo del Comité de Normalización Alemán (DIN) y estuvo bajo la dirección y convocatoria del Profesor HANS WINTER del Laboratorio de Transmisiones por Engranaje (FZG) de la Universidad Técnica de Munich. Recientemente fue promovido a esta responsabilidad el Profesor B.-R. HÖHN, también de la mencionada universidad.

Para realizar el trabajo en ISO TC60/WG6 son convocados un total de 70 expertos de 23 países, según se muestra en la Tabla 3.

A partir de la norma ISO 6336, que establece el cálculo a resistencia de los engranajes cilíndricos en general, se han elaborado y se discuten las propuestas de normas específicas siguientes:

Tabla 2. Grupos de Trabajo (WG) activos en julio de 1997 en ISO TC60

WG	Secretaría/País	Tema de interés
2	AGMA/E.U.A.	Sistema de precisión, inspección y control.
4	AFNOR/Francia	Nomenclatura, símbolos y definiciones.
6	DIN/Alemania	Capacidad de carga de engranajes cilíndricos.
7	AFNOR/Francia	Capacidad de carga y geometría de engranajes de tornillo sinfin.
9	AGMA/E.U.A.	Normas de aceptación. Niveles de ruido y vibraciones.
10	AGMA/E.U.A.	Reductores y multiplicadores de velocidad.
11	DIN/Alemania	Engranajes de alta velocidad.
12	DIN/Alemania	Pruebas al lubricante para engranajes.
13	DIN/Alemania	Capacidad de carga de engranajes cónicos.
14	DIN/Alemania	Resistencia y calidad de los materiales para engranajes.

Tabla 3. Cantidad de expertos en ISO TC60/WG6 por países (diciembre 1996)

País	Cantidad	País	Cantidad
Alemania	16	Suiza	2
Rusia	7	Australia	1
E.U.A.	5	Bélgica	1
Francia	5	Bulgaria	1
China	5	Checoslovaquia	1
Inglaterra	4	Cuba	1
Japón	4	España	1
Eslovenia	3	Irlanda	1
Finlandia	3	Macedonia	1
Noruega	3	Suecia	1
Hungría	2		
Italia	2		
Polonia	2		

ISO/CD 9082- Cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos para vehículos. (Es una propuesta de norma al Comité Técnico con muy poca prioridad en el trabajo de WG6, durante 1996 no fue realizada ninguna discusión o análisis de ella).

ISO/CD 9083- Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos para buques. (Es una propuesta sobre la cual se elaboran comentarios para el Comité Técnico; se espera para 1997 realizar una recopilación de propuestas de modificación).

ISO/CD 9084- Cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos de alta velocidad. (Fue circulada una propuesta para ser aprobada por el Comité Técnico y se espera a fines de 1997 que pase a una etapa superior de elaboración).

ISO/CD 9085- Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos para aplicaciones industriales. (Fue una de las propuestas de norma más discutidas durante 1996; se espera en el presente año realizar una nueva versión como ISO/DIS para ser llevada a discusión por el Comité Técnico).

De las anteriores propuestas de normas internacionales, quizás la de próxima edición sea ISO/CD 9085-1, pues se han solicitado de los expertos de WG6 sus comentarios, para proceder a la aprobación como Propuesta del Comité Técnico para Borrador de Norma ISO/DIS (en inglés: Draft International Standard). La versión de cálculo simplificado de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos industriales (ISO/CD 9085-2) no tiene en la actualidad una prioridad significativa, y se espera concluir su versión ampliada (ISO/CD 9085-1) para darle continuidad.

También se espera que, derivada de los informes técnicos ISO/TR 13989-1 e ISO/TR 13989-2, sea publicada de inmediato la versión de norma ISO/CD 13989, pues es requerida para completar la discusión de la propuesta de norma ISO 6336-4 referida al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos, previendo el riesgo al desgaste adhesivo.

4. El grupo de trabajo TC60/WG 13

El Grupo de Trabajo 13 del Comité Técnico 60 de ISO (ISO/TC60/WG13) es responsabilizado con la propuesta, discusión y circulación para aprobación de las Normas Internacionales relacionadas con el cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cónicos. Este nuevo grupo fue fundado durante una reunión de ISO TC60 en febrero de 1996, en respuesta a un acuerdo del Comité Técnico, con la intención de aliviar la ardua labor que llevaba el Grupo de Trabajo 6, el cual atendía hasta ese año las normas

relacionadas con los engranajes cónicos, además de los engranajes cilíndricos.

Desde su fundación, la secretaría del Grupo de Trabajo 13 es responsabilidad del Subcomité 2 (SC 2) perteneciente al Comité de Normalización Alemán (DIN). WG 13 es dirigido y convocado por el Dr. GERHARD TRIPP de la firma alemana Flender. En la actualidad, participan como miembros del Grupo de Trabajo 13 los países siguientes: Alemania, Brasil, Bulgaria, Checoslovaquia, China, Cuba, España, E.U.A., Eslovenia, Francia, Finlandia, Holanda, Italia, Inglaterra, Japón, Libia, Noruega, Polonia, Suecia y Suiza.

Dentro de sus tareas actuales, es propósito de este Grupo de Trabajo completar un grupo de Normas Internacionales relacionadas con el cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cónicos, las cuales son las siguientes:

ISO/DIS 10300-1 *Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cónicos. Principios básicos y factores de influencia general.*

ISO/DIS 10300-2 *Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cónicos. Principios básicos y factores de influencia general.*

ISO/DIS 10300-1 *Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cónicos. Principios básicos y factores de influencia general.*

ISO/WD 10827 *Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cónicos de aplicación industrial.*

La propuesta de Norma ISO/DIS 10300 en sus partes 1, 2 y 3 tuvo sus inicios en abril de 1984, cuando fue propuesto como documento de trabajo la norma DIN 3991 en sus partes 1,2 y 3, para comenzar la circulación de comentarios y opiniones entre los miembros del Grupo de Trabajo 6. Más tarde, una vez aprobada la norma ISO 6336, en su etapa editorial fueron realizadas algunas modificaciones que permitieron emplear la Norma ISO de cálculo de capacidad de carga de engranajes cilíndricos como base para el cálculo del engranaje cónico a partir de un engranaje cilíndrico equivalente. En el año 1993, la delegación de E.U.A. en WG6 realiza una propuesta para el cálculo de los esfuerzos de flexión en los dientes derivada de la norma AGMA 2003. Desde ese año, las diferentes versiones de la norma ISO/DIS 10300 incluyen en el cálculo de los esfuerzos de flexión en la base del diente las metodologías AGMA y DIN. En cambio, para el cálculo de los esfuerzos de contacto son mantenidas, con algunas diferencias en los factores de influencia general, las fórmulas empleadas en la norma DIN 3991-2.

En la primera reunión plenaria del grupo, celebrada en el Laboratorio de Transmisiones por Engranaje (FZG) en Junio de 1997, se recibieron un total de 95 comentarios sobre la propuesta de norma ISO/DIS 10300.

Tabla 4. Resultados y cantidad de comentarios sobre la propuesta de norma ISO/DIS 10300 emitidos en la reunión del WG 13, en abril de 1997.

Países con comentarios	Comentarios aceptados		Comentarios Rechazados
	Modificaciones	Correcciones Editoriales	
E.U.A.	25	3	0
Inglaterra	20	0	8
Cuba	9	19	3
Francia	4	0	0
Noruega	2	0	1
Japón	1	0	0
Total	61	22	12

De ellos, se aceptaron 61 modificaciones, muchas de ellas relativamente simples que no producirán cambios significativos en futuras versiones de la norma. La cantidad de comentarios emitidos y los países participantes son mostrados en la Tabla 4.

Algunos de los principales comentarios emitidos en la reciente reunión del Grupo de Trabajo 13 se dirigían a :

- Definir con exactitud el término ancho de engranaje efectivo, pues existe cierta ambigüedad al emplear los términos ancho de engranaje, ancho efectivo de engranaje y longitud total de engranaje.
- Precisar el cálculo del factor de distribución de carga transversal para algunos engranajes cónicos con un coeficiente de recubrimiento axial mayor que la unidad.
- Compatibilizar los métodos empleados para el cálculo de los esfuerzos de flexión derivados de las normas DIN y AGMA, pues aún se obtienen diferencias significativas entre ellos.

5. Conclusiones

Es realmente impresionante el trabajo realizado por el Comité Técnico 60 de ISO en los últimos 4 años, período en el cual han sido elaboradas 12 normas ISO y 4 Reportes Técnicos, lo cual representa el 60% de las Normas ISO aprobadas y el 80% de los Reportes Técnicos editados por los miembros de ISO TC60 en toda su historia.

Significativa es también la labor realizada en el año 1996, sobre las normas ISO referidas al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos, pues fueron editadas definitivamente las 4 partes de la Norma ISO 6336, en la cual se trabajaba desde hacía más de 10 años. Además, fueron reelaboradas un total de 6 propuestas de Normas ISO

y 2 Reportes Técnicos con referencia al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos y cónicos, todos derivados de la norma de aplicación general ISO 6336.

En estos últimos años, el trabajo de Cuba en el Comité Técnico de ISO referido al tema de engranajes ha sido discreto y solo realizado por un grupo de profesores del Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría* (ISPJAE).

No obstante, Cuba es hasta ahora el único país de América Latina que participa con expertos en la discusión de las propuestas de normas de TC60.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y dadas las potencialidades científicas y técnicas de los profesionales cubanos, es interés de la Oficina Nacional de Normalización la creación de un Comité Técnico Nacional en el área de engranajes que sirva de contrapartida a las propuestas de normas ISO en este campo y que trabaje en la elaboración de las normas cubanas de engranajes.

De considerar importante su participación o la de su organismo en este Comité Técnico Nacional puede comunicarse con la Oficina Nacional de Normalización o con el Departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería Mecánica del ISPJAE, en ciudad de La Habana.

Bibliografía

1. *ISO Annual Report*. 1996
2. *ISO TC60 Work Program* (documento #683 de ISO TC60). enero, 1997.

International standardization work on cylindrical and bevel gear calculation

Abstract

In this paper is presented a summary of the work developed in ISO standards in relation with the calculation of the load capacity of bevel and cylindrical gears. Moreover, the most recent ISO standards on cylindrical and bevel gear calculation edited in the last years and the future work are mentioned.