

Cadenas de rodillos. Tendencias de desarrollo y dimensionales según normas ISO.

M. E. García Domínguez y G. González Rey.

Departamento de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería Mecánica

Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*.

Calle 114 esq. 127, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba

Teléfono: (537) 266 3607 Fax: (537) 260 2267

E – mail: megarcia@mecanica.cujae.edu.cu, cidim@mecanica.cujae.edu.cu,

(Recibido el 13 de Julio de 2006; aceptado el 23 de Febrero de 2007)

Resumen.

El artículo es una compilación de resultados derivados de un estudio del desarrollo de la transmisión por cadena de rodillos que permite brindar información relevante sobre la tendencia del mercado internacional, innovaciones recientes en las cadenas de rodillos y las diferencias dimensionales que caracterizan las series geométricas de las cadenas ISO-A e ISO-B según la norma ISO 606:2004.

Palabras claves: Cadena de rodillos, ISO 606, dimensiones de cadenas de rodillos.

1 - Introducción.

Dentro de las transmisiones mecánicas con enlace flexible entre el elemento motriz y la máquina movida se encuentra la transmisión por cadena como una de las más utilizadas para transmitir potencia mecánica de forma eficiente, con sincronismo de velocidad angular entre los elementos vinculados y cuando existe demanda de grandes cargas en los accionamientos.

Las diversas exigencias de explotación a que son sometidas las transmisiones por cadenas han permitido la aparición de una variedad de tipos de cadenas, las cuales satisfacen diferentes características y facilidades para la explotación. Dentro de las cadenas de transmisión de potencia los más conocidos tipos de cadenas son las de casquillos, las de eslabones perfilados (desmontables), las dentadas, las de rodillos y las correas dentadas.

Las cadenas de rodillos son un medio altamente eficiente y versátil de transmisión mecánica. Hasta la fecha, en el campo de las aplicaciones industriales la cadena de rodillos ha sido la de mayor difusión entre la variedad disponible de cadenas de transmisión.

Este tipo de cadena, en su construcción más generalizada, esta compuesta por placas interiores y exteriores que se alternan sucesivamente y unidas entre si de forma articulada. Cada articulación de la cadena consta de un pasador en unión con la placa exterior, un

casquillo que se encuentra unido a los agujeros de las placas interiores y por último el rodillo, que se encuentra montado con holgura en el casquillo, para disminuir el desgaste de los dientes de las ruedas y el propio casquillo. Durante el montaje de la cadena sus extremos se unen mediante eslabones desmontables complementarios.

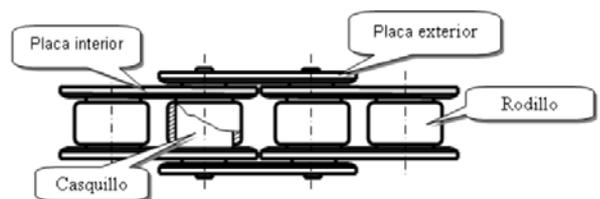


Figura 1 – Cadena de rodillos y sus componentes principales.

Las cadenas de rodillos para transmisión de potencia se fabrican en empresas o compañías especializadas en su producción y comercialización. Algunas de las más conocidas firmas productoras son las alemanas *Iwis* y *Köbo*, la italiana *Regina*, la inglesa *Renold*, la española *Iris* y las estadounidenses *Rexnord*, *Link-Belt* y *Diamond*.

Como característica de la resistencia mecánica de la cadena se utiliza la carga límite por rotura, cuya magnitud se determina mediante ensayos y pruebas en la fábrica constructora de cadenas y se reglamenta por las normas. Como parámetros geométricos principales de las cadenas de rodillos son identificados el paso y el ancho entre placas interiores.

Las amplias posibilidades de dimensiones y capacidades de carga de las cadenas de rodillos han permitido una amplia aplicabilidad en las transmisiones modernas. En la tabla 1, se muestra de manera resumida los resultados de un estudio [1] que ha permitido una caracterización de las aplicaciones más generalizadas de las cadenas de rodillos.

Tabla 1 – Campos de aplicación de las transmisiones con cadenas de rodillos.

| Aplicación | Rango del paso (mm) | Rango de carga límite de la cadena (N) |
|--|----------------------|--|
| Motocicletas y bicicletas. | 12,700 ... 15,875 | 7500 ... 20000 |
| Máquinas agrícolas | 15,875 ... 41,300 | 2000 ... 160000 |
| Máquinas para la industria del petróleo. | 19,050 ... 63,500 | 38000 ... 430000 |
| Maquinaria general | 8,000 ... 50,800 | 2000 ... 160000 |

En caso de grandes cargas y velocidades, para evitar pasos grandes, desfavorables en cuanto a las cargas dinámicas, se emplean cadenas de varias hileras de rodillos. Se componen de los mismos elementos que las de una hilera, sólo que sus ejes tienen una longitud aumentada. Las potencias a transmitir y la carga límite por rotura de las cadenas de múltiples hileras son casi proporcional al número de ramales. Generalmente la cantidad de hileras de rodillos en las cadenas de múltiples ramales se selecciona entre 2 – 4.

2 – Desarrollo y tendencias de la cadena de rodillos.

La transmisión por cadenas de rodillos tiene una bien ganada posición en el amplio conjunto de accionamientos para transmisiones de potencias medias. Una de las ventajas más significativa de esta transmisión es el sincronismo que logra con un enlace flexible entre el elemento motriz y el movido, permitiéndole ser empleada con éxito como elemento de transmisión mecánica en máquinas herramientas, máquinas impresoras, maquinaria textil, equipamiento de embalaje, máquinas agrícolas, en la industria de la construcción, en la industria minera, y con un amplio empleo en la construcción de vehículos automotores.

La cadena es uno de los más antiguos elementos de transmisión de potencia y componente de transporte de material desarrollado por el hombre. Existe evidencia de un accionamiento por cadenas para elevar agua en época tan temprana como los alrededores del año 225 de nuestra era. Durante el siglo XVI, Leonardo Da Vinci trazó bocetos de numerosos diseños de cadena, alguno de ellos muy similares a la actual cadena de rodillos.

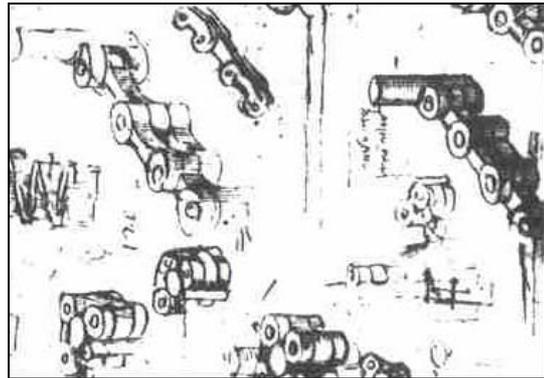


Figura 2 - Bosquejos de cadenas elaborados por Leonardo Da Vinci en el siglo XVI.

En los primeros años del siglo XIX, fueron desarrolladas las primeras cadenas dentadas con alguna aceptación como transmisión de potencia. Los primeros diseños de cadenas dentadas tenían frecuentes problemas de rotura y grandes dificultades para ser reparadas. En 1873, estos problemas fueron solucionados aceptablemente con la introducción de las cadenas de eslabones perfilados desmontables que tuvo gran aceptación y promovió el crecimiento de la mecanización de la maquinaria agrícola.

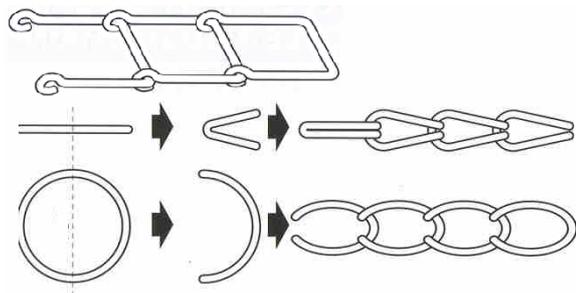


Figura 3 – Esquemas de antiguas cadenas de eslabones perfilados desmontables.

Finalmente, la cadena de rodillos con eslabones articulados fue introducida a finales del siglo XIX. La actual cadena de rodillos se debe a una idea patentada en 1880 y desarrollada por el ingeniero mecánico suizo Hans Renold, quien sentó las bases para el desarrollo y potenciación de la industria de la cadena de precisión.

para transmisión de potencia. En 1895, *Hans Renold* diseñó y patentó las cadenas dentadas articuladas (conocidas como cadenas silenciosas o cadenas de diente invertido).

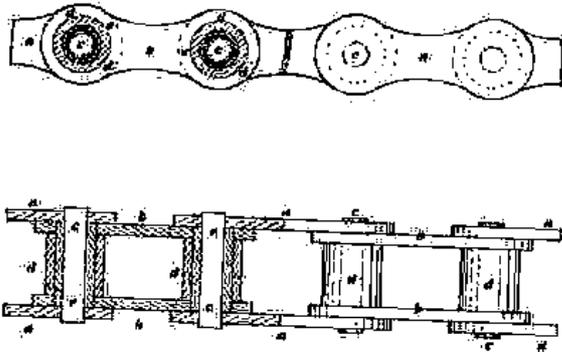


Figura 4 – Dibujos de la patente de cadena de rodillos desarrollada por *Hans Renold* en 1880.

Es indiscutible que la introducción de las transmisiones por cadenas de rodillos fue estimulada en los años finales del siglo XIX por la construcción de las bicicletas que demandaban una transmisión resistente, flexible y para distancias entre centros relativamente grandes. Famosos son aún los triciclos con ruedas motrices de 1275 mm de diámetro construidos por *Pope Manufacturing Co.* en 1882, donde las bondades de las transmisiones por cadenas de rodillos permitieron un accionamiento fácil y efectivo. Sin embargo, la vibración excesiva y la inestabilidad de la bicicleta de rueda alta obligaron a los inventores a esforzarse por reducir la altura de la bicicleta y hacia finales de la década del 80 en el siglo XIX apareció la conocida bicicleta con ruedas del mismo tamaño, con los pedales unidos a una rueda dentada (catalina) que accionaba a una cadena de transmisión engranada con un piñón en la rueda de atrás.

En los inicios del siglo XX las transmisiones por cadenas, se presentaron como un elemento importante en los primeros éxitos de la aviación motorizada. Quizás, uno de los ejemplos más impresionantes de su uso en aquella época lo constituyó el artefacto volador de los *Hermanos Wright*, conocido como el *Halcón Catty*, el primero en estabilizar un vuelo de 59 segundos con un recorrido de 852 pies, en este primer "avión motorizado" fue empleada una transmisión por cadenas de rodillos para accionar las propelas desde un motor con cuatro cilindros de 16 HP.

Es importante reconocer que en 1913, la industria de las cadenas de rodillos fue la primera industria en el mundo en publicar normas para usuarios y diseñadores.

La construcción de máquinas se perfecciona continuamente de acuerdo con las nuevas exigencias que imponen las condiciones de explotación y

producción y las nuevas posibilidades que se abren con el desarrollo de la ciencia, con la aparición de nuevos materiales, así como con los nuevos procedimientos de dar a estos materiales la forma conveniente y las propiedades requeridas. Las transmisiones por cadenas no son ajenas a esta realidad y también el desarrollo de nuevos diseños y mejoras en el material empleado en ellas permite que pueda ser apreciado un aumento de la capacidad de carga de las cadenas de rodillos al pasar de los años.

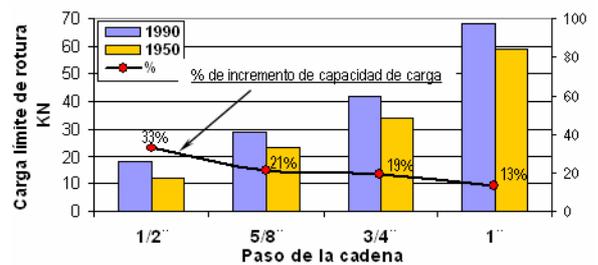


Figura 5 – Capacidades de carga promedio de las cadenas de rodillo de 1 hilera según dimensiones de la serie americana en los años 50 [2] y 90 [3]. Nótese un aumento promedio del 8% de la resistencia en las cadenas de rodillos.

A mediados de los años 80 las cadenas han incluido los plásticos, además del tradicional acero, como materiales de fabricación. Las innovaciones en las cadenas plásticas hubieron de incentivar su empleo en las industrias farmacéuticas y de alimentos donde se eliminaba el efecto corrosivo que se producía en las cadenas de aceros [4]. A pesar de ello, y como puede ser comprendido, las cadenas plásticas no garantizan una elevada resistencia alcanzando apenas valores de capacidad de carga del orden de los 500 N por ramal [5].

Recientemente, innovaciones en el tratamiento superficial, con empleo de molibdeno, de los pasadores en las cadenas de rodillos ha permitido aumentar considerablemente la resistencia al desgaste de las cadenas al lograrse durezas superficiales del orden de los 1800 HV, superiores en a los 800 HV alcanzado en los pasadores con un cementado convencional. La elevada dureza superficial alcanzada con este proceso ha permitido aumentar entre 3 y 4 veces la vida útil de la cadena de rodillo normal [6].

En los últimos años, han aparecido cadenas con inserción de cojinetes de agujas entre el pasador y el rodillo, resultando una construcción de alta resistencia al desgaste, incluso ante ausencia de lubricación durante la explotación [7]. Este diseño ha tenido su mayor aceptación en las cadenas de rodillos de paso largo (paso/ancho ≈ 3).

3 – Mercado internacional de las transmisiones por cadenas de potencia.

Es conocido que el perfeccionamiento de la industria actual, prevé el incremento más eficaz de rendimiento de las máquinas y los motores elevando la velocidad de trabajo de aquellos elementos vinculados al trabajo útil. Quizás esta tendencia, haga pensar a desconocedores del tema, que las transmisiones por cadenas sean elementos de máquinas sin perspectivas en el futuro, pues son transmisiones de baja velocidad, pero nada más alejado de la realidad y demostrado por la cantidad de firmas productoras de cadenas con prestigio internacional, que aumentan sus ventas años tras años, como *Martin Sprocket & Gear Inc.* (E.U.A.), *Regina Industria Spa* (Italia), *Ransey Silent Chain Co. Ltd.* (Inglaterra), *Renold Chains* (Inglaterra) e *IWIS* (Alemania).

En la literatura soviética especializada se plantea que en la década de los años 80, la producción de cadenas de potencia en la URSS superaba en muchas veces las decenas de millones de metros al año [8].

Informes emitidos por Renold Gear Ltd [9] permite reconocer el ascenso en sus ventas de componentes de transmisiones de potencia por cadenas, llegando en el 2001 a la cifra de 218 millones de dólares estadounidenses. Lo antes expuesto, demuestra que el interés y la comercialización de los componentes de las transmisiones por cadenas se han mantenido durante la presente década.

Según información brindada por la compañía Frost & Sullivan [4,10] y el Departamento de Comercio de EUA se observó entre 1984 y el 2002 un continuo aumento de las ventas anuales en un promedio de 21 millones de USD de los componentes de las transmisiones por cadenas en el mercado de Estados Unidos de América, en cambio en los últimos años no se observa una tendencia al crecimiento.

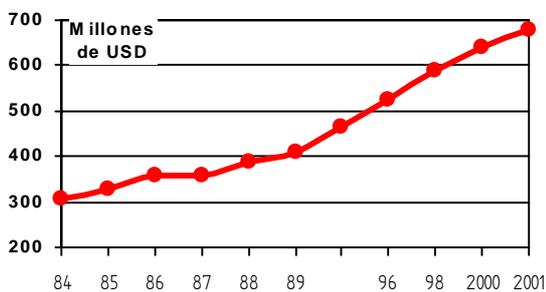


Figura 6- Ventas anuales de componentes de cadenas de rodillos en E.U.A.

Adicionalmente, informes de la tendencia del mercado de las transmisiones por cadenas de rodillos [10] indican que las ventas mundiales de cadenas de

rodillos muestran una tendencia a estabilizarse entre los 1930 y 1935 millones de USD.

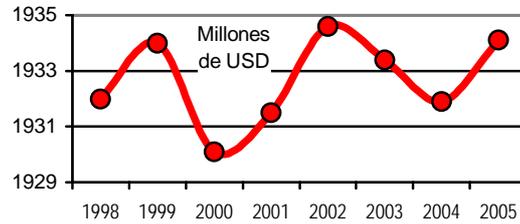


Figura 7 – Ventas mundiales anuales de componentes de cadenas de rodillos.

4 – Normalización internacional de las cadenas de rodillos.

Las posibilidades constructivas y dimensionales de las cadenas de rodillos creó desde un inicio la necesidad de normalizar las transmisiones por cadenas. Se ha planteado que los primeros intentos de normalizar las cadenas surgen durante una reunión de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) en 1928. Desde esa época hasta nuestros días la normalización de las transmisiones de cadenas de rodillos ha estado dirigida a establecer una homogeneidad en las dimensiones de las cadenas, caracterizada por relaciones dependientes del paso y el ancho entre las placas interiores.

Las dimensiones de las cadenas han sido diferenciadas en dos series, reconocidas como la serie americana, normalizada en ANSI Standard B29.1-1975, y la serie europea. En la actualidad ambas series han sido recogidas en la tercera versión de la Norma Internacional ISO 606-2004 (la primera versión fue aprobada en 1982). En la mencionada Norma ISO, se reconocen las cadenas con dimensiones derivadas de ANSI con la letra A y aquellas cadenas con dimensiones representativas de la unificación de las normas originarias de Europa con la letra B. Otras normas nacionales reconocen esta diferenciación en las dimensiones de las cadenas según ambas series, ejemplo de ello son las normas alemanas DIN 8187 (serie europea) y DIN 8188 (serie americana).

En los siguientes gráficos puede ser observado que las desigualdades dimensionales entre ambas series de cadenas solo son significativas en el diámetro del rodillo y el ancho interior para cadenas con pasos de $1\frac{1}{2}$ " (38,1 mm) y $1\frac{3}{4}$ " (44,45mm). La más notable diferencia generalmente corresponde al mayor diámetro del pasador en la serie B, lo que garantiza una mayor área resistiva al desgaste, pero una menor carga límite de tracción.

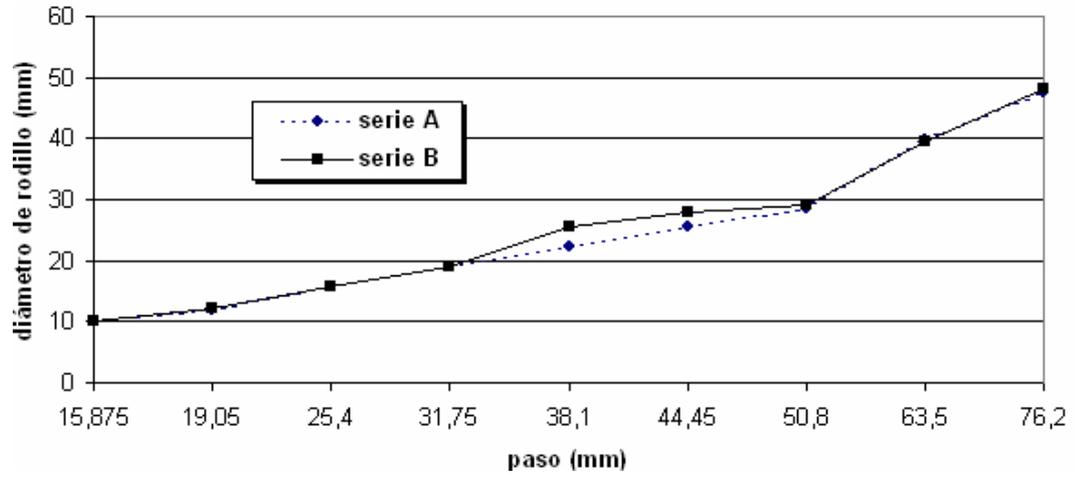


Figura 8 – Comparación de diámetro de rodillo vs paso en cadenas según serie A y B.

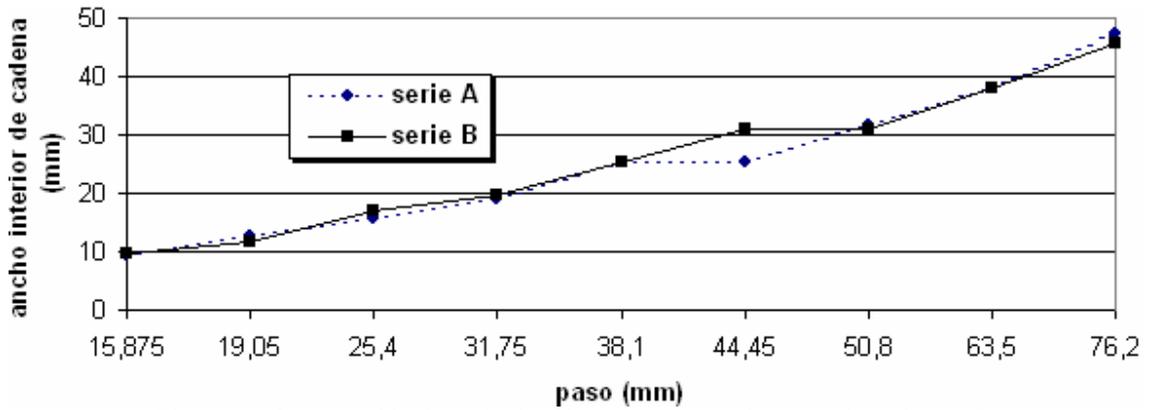


Figura 9 – Comparación de ancho interior vs paso en cadenas según serie A y B.

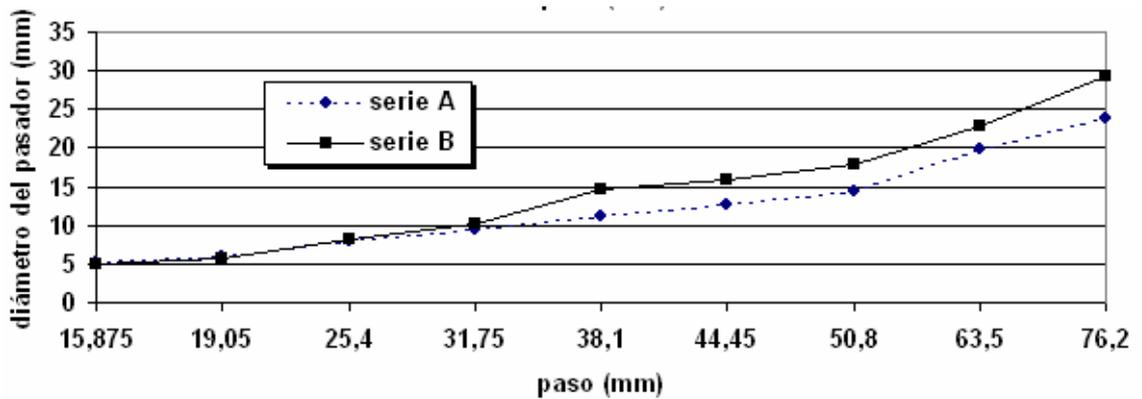


Figura 10 – Comparación de diámetro de pasador vs paso en cadenas según serie A y B.

En la tabla 2 de dimensiones de las cadenas de rodillos, el valor indicado de *carga límite de tracción* corresponde a la fuerza axial mínima de estirado, aplicada en una cadena de rodillos con al menos 5 eslabones, que durante las pruebas de resistencia provocó un incremento de su longitud sin un aumento de la carga aplicada (carga límite por deformación plástica).

Tan importante como las dimensiones del eslabón en la cadena es la forma de cálculo y control de la longitud total de la cadena. Un simple análisis puede revelar que

la longitud nominal de la cadena puede ser calculada como el producto de la cantidad de eslabones por el paso de la cadena, de forma tal que la comparación entre la longitud real de la cadena y su valor nominal puede indicar fácilmente el nivel de desgaste en sus articulaciones o el error de paso acumulado en la cadena. En la Norma ISO 606, se establece el control de la longitud de la cadena recién construida mediante una fuerza de estirado que revela el correcto acoplamiento de los elementos participantes en las articulaciones, así como la calidad dimensional de los eslabones.

Tabla 2. – Dimensiones de las cadenas de rodillos según Norma ISO 606 [11]

| Denominación ISO | paso | | Diámetro de rodillo mm | Ancho interior mm | Paso transversal mm | Diámetro de pasador mm | Altura de la placa interior mm | Área resistiva mm ² | Masa lineal kg/m |
|---------------------|--------|---------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------|
| | mm | pulgada | | | | | | | |
| 05B | 8 | | 5 | 3 | 5,64 | 2,31 | 7,11 | 11 | 0,18 |
| 06B | 9,525 | 3/8 | 6,35 | 5,72 | 10,24 | 3,28 | 8,26 | 28 | 0,41 |
| 08A | 12,7 | 1/2 | 7,92 | 7,85 | 14,38 | 3,98 | 12,07 | 44 | 0,60 |
| 08B | 12,7 | 1/2 | 8,51 | 7,75 | 13,92 | 4,45 | 11,81 | 50 | 0,70 |
| 081 | 12,7 | 1/2 | 7,75 | 3,3 | - | 3,66 | 9,91 | 21 | 0,28 |
| 083 | 12,7 | 1/2 | 7,75 | 4,88 | - | 4,09 | 10,3 | 29 | 0,44 |
| 084 | 12,7 | 1/2 | 7,75 | 4,88 | - | 4,09 | 11,15 | 36 | 0,59 |
| 085 | 12,7 | 1/2 | 7,77 | 6,25 | - | 3,58 | 9,91 | - | - |
| 10A | 15,875 | 5/8 | 10,16 | 9,4 | 18,11 | 5,09 | 15,09 | 70 | 1,00 |
| 10B | 15,875 | 5/8 | 10,16 | 9,65 | 16,59 | 5,08 | 14,73 | 67 | 0,95 |
| 12A | 19,05 | 3/4 | 11,91 | 12,57 | 22,78 | 5,96 | 18,08 | 105 | 1,50 |
| 12B | 19,05 | 3/4 | 12,07 | 11,68 | 19,46 | 5,72 | 16,13 | 89 | 1,25 |
| 16A | 25,4 | 1 | 15,88 | 15,75 | 29,29 | 7,94 | 24,13 | 178 | 2,60 |
| 16B | 25,4 | 1 | 15,88 | 17,02 | 31,88 | 8,28 | 21,08 | 210 | 2,70 |
| 20A | 31,75 | 1¼ | 19,05 | 18,9 | 35,76 | 9,54 | 30,18 | 261 | 3,70 |
| 20B | 31,75 | 1¼ | 19,05 | 19,56 | 36,45 | 10,19 | 26,42 | 296 | 3,60 |
| 24A | 38,1 | 1½ | 22,23 | 25,22 | 45,44 | 11,11 | 36,20 | 392 | 5,50 |
| 24B | 38,1 | 1½ | 25,4 | 25,4 | 48,36 | 14,63 | 33,40 | 554 | 6,70 |
| 28A | 44,45 | 1¾ | 25,4 | 25,22 | 48,87 | 12,71 | 42,24 | 470 | 7,50 |
| 28B | 44,45 | 1¾ | 27,94 | 30,99 | 59,56 | 15,9 | 37,08 | 739 | 8,60 |
| 32A | 50,8 | 2 | 28,58 | 31,55 | 58,55 | 14,29 | 48,26 | 642 | 9,70 |
| 32B | 50,8 | 2 | 29,21 | 30,99 | 58,55 | 17,81 | 42,29 | 810 | 9,50 |
| 36A | 57,15 | 2¼ | 35,71 | 35,48 | 65,84 | 17,46 | 54,31 | 875 | 13,28 |
| 40A | 63,5 | 2½ | 39,68 | 37,85 | 71,55 | 19,85 | 60,33 | 1085 | 15,80 |
| 40B | 63,5 | 2½ | 39,37 | 38,1 | 72,29 | 22,89 | 52,96 | 1275 | 15,10 |
| 48A | 76,2 | 3 | 47,63 | 47,35 | 87,83 | 23,81 | 72,39 | 1610 | 24,00 |
| 48B | 76,2 | 3 | 48,26 | 45,72 | 91,21 | 29,24 | 63,88 | 2058 | 25,00 |

Nota: Los valores de área resistiva y masa lineal de las cadenas son obtenidos como valores promedios de cadenas ofertadas en el mercado internacional [1] y no son declarados en ISO606.

5. Conclusiones.

Con los resultados derivados del estudio de las tendencias del desarrollo de las transmisiones por cadenas de rodillos, se puede afirmar:

1. Las amplias posibilidades de dimensiones y capacidades de carga de las cadenas de rodillos han permitido una amplia aplicabilidad en las transmisiones modernas, fundamentalmente en accionamientos de potencias medias y velocidades medias.
2. Informes de la tendencia del mercado internacional de las transmisiones por cadenas de rodillos indican que las ventas mundiales de cadenas de rodillos muestran una tendencia a estabilizarse en el orden de los 1930 millones de USD.
3. Las dimensiones de las cadenas han sido diferenciadas en dos series, reconocidas como la serie americana (ISO-A), normalizada en ANSI Standard B29.1-1975, y la serie europea (ISO-B). En la actualidad ambas series han sido recogidas en la tercera versión de la Norma Internacional ISO 606-2004.
4. Las desigualdades dimensionales entre las series A y B de cadenas solo son significativas en el diámetro del rodillo y el ancho interior para cadenas con pasos de $1\frac{1}{2}$ " (38,1 mm) y $1\frac{3}{4}$ " (44,45mm). La más notable diferencia generalmente corresponde al mayor diámetro del pasador en la serie B, lo que garantiza una mayor área resistiva al desgaste, pero una menor carga límite de tracción.
5. Las diferencias dimensionales permiten establecer promedios de relaciones entre los parámetros geométricos consistentes con los siguientes valores:

Tabla de relaciones dimensionales promedios en las series A y B de cadenas de rodillos según ISO606:2004.

| Relación | Serie A | Serie B |
|----------------------------|---------|---------|
| Diámetro de rodillo / paso | 0,61 | 0,63 |
| Ancho interior / paso | 0,61 | 0,64 |
| Diámetro de pasador / paso | 0,30 | 0,33 |

6. Referencias.

- 1 - Barriento Trabas, R. I.; Guillén García, A. O., Propuesta de normas cubanas en transmisión por cadenas de rodillos a partir de la adopción de las normas ISO 606-2004 e ISO 10823-1996. Trabajo de Diploma. CUJAE-Habana 2006.
- 2 - Shigley, J. E., Machine Design, New York, 1956.
- 3 - Joh. Winklhofer & Söhne, Iwis Chains. Chain Engineering. München, 1994.
- 3 - Franklin, J.T., Perspective. *AGMA New Digest*. Pag. 7, March/April 1996.
- 4 - Bell, D., *Belt and Chain Drives: An Overview*. Power Transmission Design, Vol. 28, No.7, July 1986.
- 5 - Berg, W., Plastic chain and belts simplify miniature drives, Power Transmission Design, Agosto, 1978.
- 6 - Sedis Company, Ltd., Principal products (catálogo técnico), Troyes, Francia, 1998.
- 7 - Transmisión S.A., Tsubaki Chain Products (catálogo técnico), Madrid, 1996.
- 8 - Reshetov D. , Elementos de Máquinas. pag. 473. Edit. Pueblo y Educación. Cuba. 1985.
- 9 - Renold Gear Ltd; Análisis financiero. 2001 (original en ingles).
- 10 - Rasch, M.; Strong Economy Sustains Chain Drive Market. Frost & Sullivan. EUA. 2005.
- 11 - ISO Standard 606-2004. Short-pitch transmission precision roller chains and chain wheels.

Trends of roller chain and dimensional series according to ISO standards.

Abstract:

The paper is a compilation of some results associated with the development of roller chain transmissions and outstanding information in relations with the roller chain market trend, recent innovations and dimensional differences of ISO-A and ISO-B roller chain series according to ISO Standard 606:2004.

Key Words: roller chain, ISO 606, roller chain dimension.