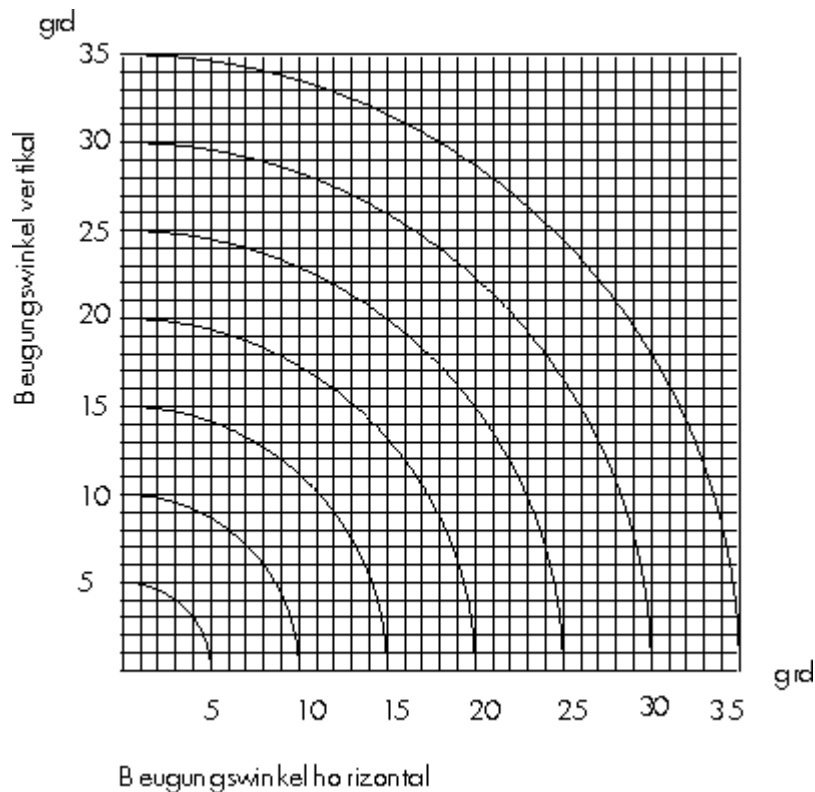


INFORMACIÓN TÉCNICA Y MANTENIMIENTO

Las indicaciones siguientes tienen el fin de ayudarle al diseñador y al proyectista a crear las condiciones de operación óptimas para el uso previsto de árboles cardán, alcanzando de este modo una capacidad de funcionamiento ilimitada y máxima duración del complejo de propulsión. A menudo es posible crear en la fase de diseño requerimientos adecuados para una transmisión por árbol cardán y la utilización de tipos estándares deseable por razones de eficiencia. Por ese motivo les proponemos que se dejen aconsejar por nosotros.

Angulo de flexión y duración

La característica de identificación de la articulación cardán es su capacidad de transmitir movimientos rotatorios con un ángulo de flexión β constante o variable durante el funcionamiento. Los ángulos de flexión mencionados en las hojas acotadas se podrán alcanzar con toda seguridad, cuando casos especiales obligan a aplicarlos. Fundamentalmente se deberá tratar de tener un ángulo de flexión de operación mínimo posible, ya que la máxima duración de las articulaciones se reduce a la mitad al sobrepasar los 5° .



Cuando una articulación cardán gira al mismo tiempo en el plano horizontal y en el plano vertical, es posible calcular el ángulo de flexión resultante en base a las componentes β_h y β_v o tomarlo del diagrama con una precisión suficiente para la mayoría de los casos.

$$\tan \beta = \sqrt{\tan^2 \beta_h + \tan^2 \beta_v}$$

Ejemplo: $\beta_v = 25^\circ$, $\beta_h = 15^\circ$, $\beta = 28.3^\circ$

Cinemática

La articulación cardán funciona según una determinada ley cinemática: A velocidad angular constante v_1 del árbol propulsor resultan, en caso de la articulación que gira variaciones periódicas de v_2 . Esta velocidad angular en el lado de salida de fuerza pasa dos veces por cada vuelta valores máximos y mínimos, cuyas magnitudes absolutas se incrementan progresivamente con ángulo de flexión creciente. En caso de potencia constante, los pares se comportan inversamente proporcionales a las velocidades angulares, de modo que resulten para el árbol de salida los siguientes valores extremos:

<u>..ángulo de rotación</u>	<u>0 y 18</u>	<u>90 y 270</u>
ω_2	$\omega_1 \cdot \cos\beta$	$\frac{\omega_1}{\cos\beta}$
M_{t2}	$\frac{M_{t1}}{\cos\beta}$	$M_{t1} \cdot \cos\beta$

Esta irregularidad condicionada por la cinemática es de gran importancia cuando dos árboles situados con un ángulo de flexión determinado están unidos por una sola articulación. Pero también en caso de árboles cardán, la parte del árbol entre las articulaciones puede originar oscilaciones en el sistema de propulsión debido a las aceleraciones y deceleraciones. Por esto hay que subrayar también desde este punto de vista la exigencia por ángulos de flexión pequeños, particularmente en combinación con altos números de revoluciones. Para la marcha suave del árbol cardán es, por tanto, esencial que el producto $n \cdot \beta$ (número de revoluciones x ángulo de flexión) se mantenga dentro de límites encontrados de forma empírica

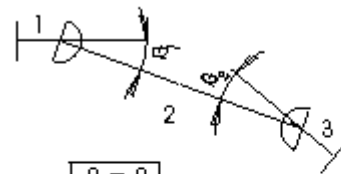
$$n \cdot \beta \leq \frac{36000}{\sqrt{m}}$$

donde m [kg] significa la masa del árbol cardán. En caso de emplear una sola articulación, hay que comprobar imprescindiblemente, si el ángulo de diferencia del movimiento rotatorio irregular y las fuerzas de gravitación causadas para el respectivo caso de aplicación estén dentro de límites admisibles.

Ubicación de árboles cardán

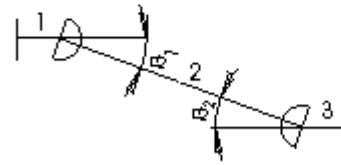
Con dos articulaciones se pueden compensar las oscilaciones periódicas de la velocidad angular de una sola articulación. Tal y como se muestra en la figura siguiente, esto se logra por el hecho de que tanto los ejes dentados del árbol interiores como también los árboles 1, 2 y 3 se encuentran en el mismo plano y de que los ángulos de flexión de ambas articulaciones son idénticas. En ello, los arreglos Z y M son equivalentes desde el punto de vista cinemático.

Garros de los arrostres interiores en el mismo plano



$$\beta_1 = \beta_2$$

M - Form

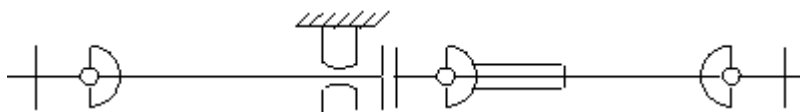


$$\beta_1 = \beta_2$$

Z - Form

Existe también la posibilidad de transmitir de forma homocinética el movimiento giratorio, si los árboles 1, 2 ó 3 no se encuentran en el mismo plano. Sin embargo, es un requisito para ello que los ángulos de flexión espaciales sean idénticos. Tal caso ocurre, cuando, por ejemplo, en una vista está establecida la forma M y en la otra la forma Z. En esta situación es necesario girar las articulaciones de tal modo que los ejes de articulación interiores estén en sus respectivos planos de flexión. Esta solución es aplicable únicamente para transmisiones articuladas compuestas de varias articulaciones individuales. Los árboles cardán estándares no son apropiados para este fin. Fundamentalmente hay que tratar de conseguir ángulos de flexión idénticos dentro de un árbol cardán. A veces, no es posible cumplir con este requisito, de manera que se debe investigar por separado si se puede aceptar la irregularidad restante. No se pueden indicar valores exactos para la diferencia admisible entre los ángulos de flexión en las partes de entrada y de salida de fuerza, cuanto más que el grado de irregularidad que de ello resulta depende en gran medida de la magnitud absoluta del ángulo de flexión. Decisivos son además el número de revoluciones y la rigidez, es decir, la constante del resorte de torsión del sistema motriz. Para situar varios árboles cardán uno tras otro en el mecanismo de transmisión es recomendable emplear las combinaciones siguientes:

Arbol cardán y árbol intermedio cardán con cojinete intermedio elástico



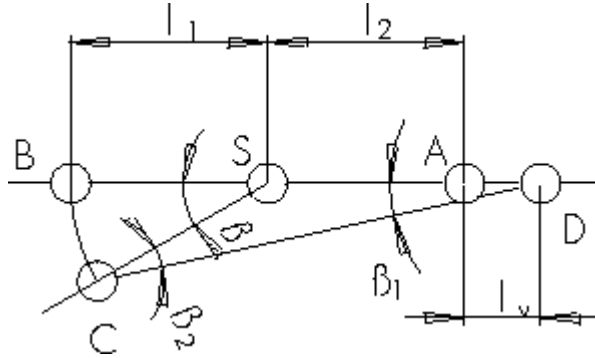
Arboles cardán con cojinete intermedio doble



Con el fin de evitar irregularidades y las oscilaciones relacionadas, es aconsejable montar, si fuese preciso, los distintos árboles cardán de forma desplazada (90°) uno respecto al otro.

Ubicación de los árboles cardán dobles

La versión sin centraje de articulación, que se aplica particularmente para árboles rígidos de dirección, requiere en sentido radial un alojamiento estáticamente determinado de ambos árboles de empalme. Uno de ellos debe estar fijado axialmente, mientras el desplazamiento del otro árbol debe garantizarse conforme a la magnitud l_v . El centro de rotación S debe estar exactamente en el centro de la articulación o desplazado hacia el lado del árbol axialmente movable.



En los árboles cardán dobles con centraje de articulación, el último sirve de apoyo interno de la articulación doble. Al contrario que en el sistema donde hace innecesario el cojinete en el lado de la articulación de uno de los árboles, pero requiere el uso de una articulación adicional en su extremo. En todo caso, hay que prever la posibilidad de desplazamiento axial de uno de los dos arrastres de empalme.

Velocidad crítica de vibración

Cualquier árbol cardán tiene una velocidad crítica de vibración que no debe alcanzarse nunca durante el funcionamiento. Depende en primer lugar de la distancia entre las dos articulaciones y de la rigidez a la flexión del tubo utilizado. En la práctica es influenciada además por el estado de desgaste del árbol cardán, en particular de la unión del árbol estriado de la compensación de longitud. El exceso de la velocidad crítica de vibración causa oscilaciones y el fallo prematuro del árbol cardán y de los equipos conectados. La velocidad crítica de vibración de árboles cardán se puede calcular según la fórmula siguiente:

$$n_k = 0.9 \cdot 10^7 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{l^2}$$

D = diámetro exterior del tubo en cm

d = diámetro interior del tubo en cm

l = distancia de las articulaciones o distancia de la articulación hasta el cojinete intermedio en cm

La velocidad de operación no debe exceder del 80 por ciento de la velocidad crítica de vibración calculada. Si fuese preciso, se puede incrementar la velocidad crítica de vibración del árbol cardán usando tubos con un mayor diámetro exterior. En caso contrario se deben usar en vez de un árbol cardán dos árboles cardán con cojinete intermedio, una llamada cadena de árboles cardán. En este caso se plantean determinados requerimientos a los ángulos de flexión. Por este motivo, recomendamos que lo consulten con nuestros ingenieros de aplicación.

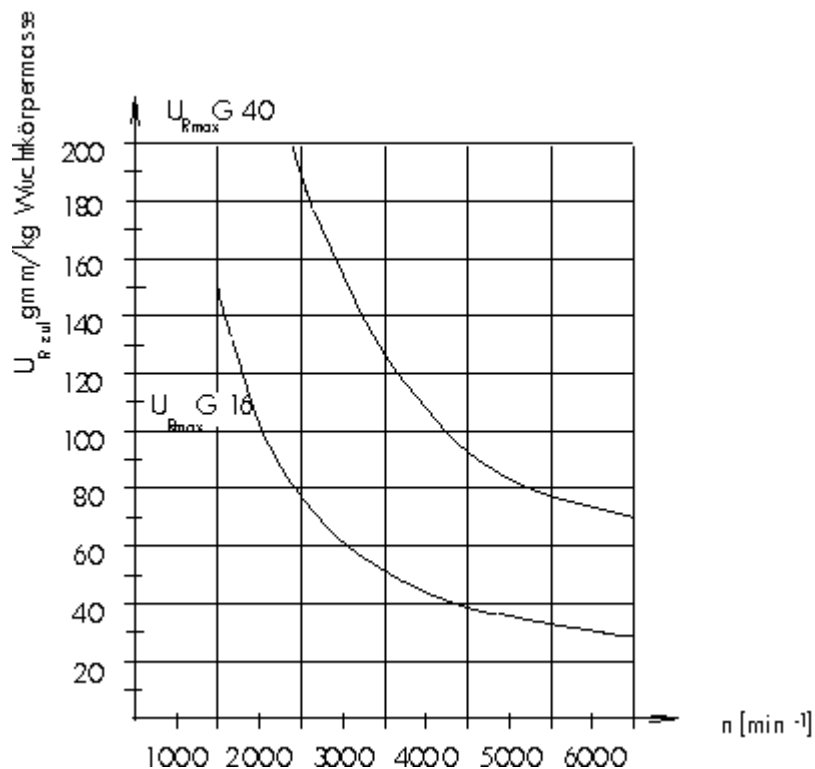
Límites de longitud y de velocidad

Las longitudes máximas de árboles cardán tubulares son limitadas por la velocidad crítica de vibración o bien por las posibilidades de fabricación. La longitud máxima que se puede suministrar es de $L = 6000$ mm, para árboles cardán que se deben equilibrar $L = 4500$ mm.

Equilibrado de árboles cardán

Por regla general, los árboles cardán son equilibrados dinámicamente, si no se exige una velocidad muy baja. Gracias al equilibrado dinámico se obtiene una marcha suave del árbol cardán, y el esfuerzo por fuerzas centrífugas ejercido a los puntos de alojamiento es reducido a un mínimo. El equilibrado se realiza según la necesidad en dos grados de calidad conforme a DIN ISO 1940.

<u>Grado de calidad del equilibrado</u>	<u>Condiciones de uso</u>
G 16	Arboles cardán con requerimientos especiales
G 40	Arboles cardán para uso general



Momento de flexión sin potencia

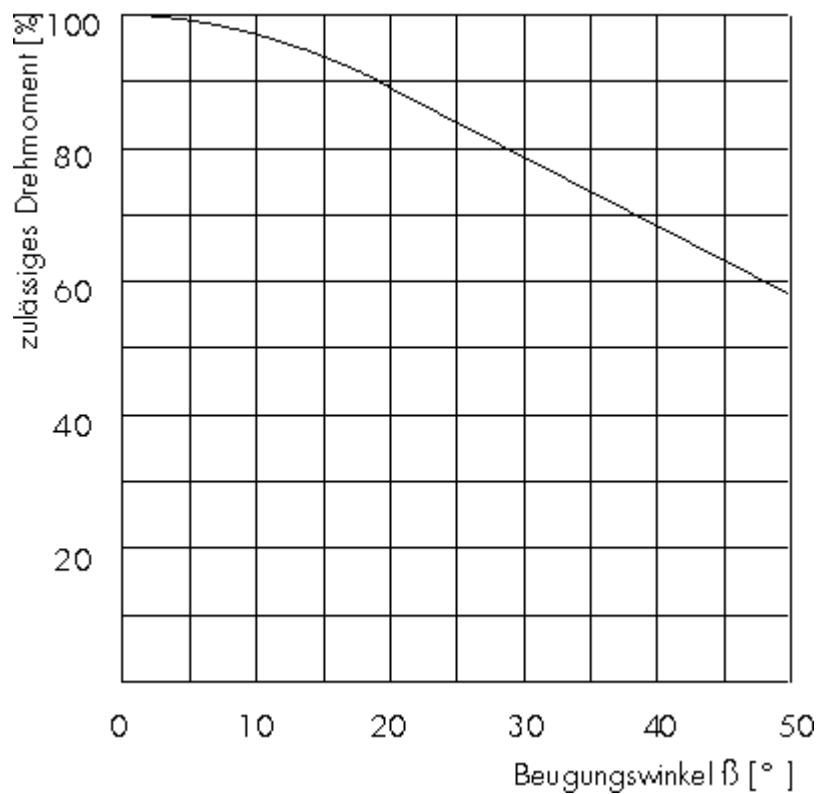
Al desviar el flujo de fuerza por el ángulo de flexión se producen fuerzas transversales y momentos de flexión en los extremos de árbol que soportan la articulación o el árbol cardán. Este fenómeno se ilustra muy bien considerando el ángulo de flexión de 90°, que en la práctica es inútil, con el que el par completo de uno de los arrastres de articulación actúa como momento de flexión sobre el otro arrastre de articulación. Para los extremos de árbol que se conecta con otro un árbol cardán, esto significa la superposición de presión lateral y flexión exenta de fuerza transversal. Debido a ello, los cojinetes de estos árboles conectados, particularmente en caso de grandes ángulos de flexión y elevados pares, soportan una fuerza adicional que deberá tenerse en cuenta para el diseño constructivo del mecanismo de propulsión.

Selección y uso de árboles cardán

El uso diferente de los árboles cardán no permite ninguna definición de validez general para la selección de la serie constructiva de articulaciones ni para la determinación exacta de la duración. Particularmente respecto al último punto es válida también para árboles cardán las leyes conocidas de la probabilidad de fallo de rodamientos. Fundamentalmente hay que tener en cuenta para la selección de la serie constructiva de articulaciones que el par máximo admisible para ella no debe ser inferior al par máximo a transmitir. Pero no se deben desatender durante la selección tampoco los valores de operación, tales como ángulo de flexión, velocidad, longitud de montaje, así como las condiciones de operación, tales como tipo de propulsión, ensuciamiento, temperatura, etc. Sírvanse utilizar por este motivo nuestro cuestionario técnico. Nuestro personal especializado podrá efectuar en base a la evaluación de los datos entregados una selección óptima con ayuda de programas de ordenador disponibles. En caso de que sean necesarios cálculos adicionales y análisis respecto a resistencia, duración, etc., diríjase directamente a nuestros ingenieros.

Arboles cardán dobles

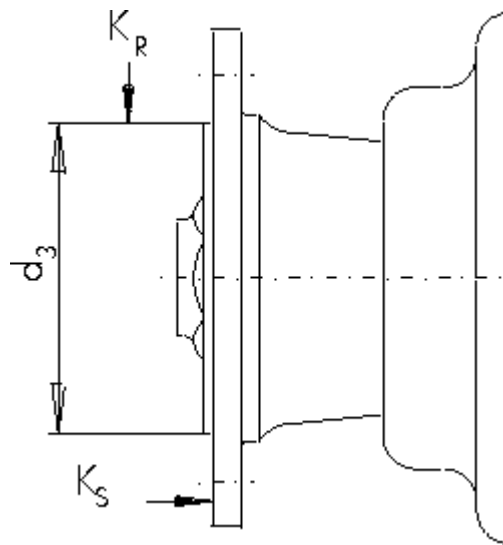
para tracciones delanteras de automóviles deben seleccionarse de tal manera que teniendo en cuenta la masa total admisible y adhesión óptima de los neumáticos no se excedan los pares máximos que se pueden transmitir instantáneamente. Depende del caso concreto, si al hacerlo se pueden desatender los bloqueos diferenciales posiblemente existentes. Para árboles cardán de propulsión continua son decisivos además los pares permanentes. La capacidad de transmisión de árboles cardán dobles disminuye con el ángulo de flexión creciente. Para el diseño de tracciones delanteras les recomendamos urgentemente que cuenten con nuestra colaboración.



Directrices para el montaje

Con el fin de no afectar la calidad de rotación y el equilibrado del árbol cardán se recomiendan para las bridas de empalme exentas de holgura las tolerancias señaladas en la tabla en cuanto a centraje y los valores máximos para concentricidad y desviación frontal.

<u>Velocidad del árbol cardán r.p.m.</u>	<u>Ajuste para d3</u>	<u>Tolerancia de concentricidad KR</u>	<u>Desviación frontal KS</u>
hasta 500	h8	0,15	0,18
de 500 a 3000	h7	0,08	0,10
mayor de 3000	h6	0,05	0,07



A los árboles cardán se ha aplicado una mano de pintura de fondo en base a resina alquídica; la pintura de lacado se puede acordar individualmente. Antes del montaje se deben limpiar las bridas de los árboles cardán eliminando los restos de agente anticorrosivo para que no se reduzca el coeficiente de fricción por adherencia necesario para la transmisión del par (no es válido para arrastres de brida de dentado cruzado). Por razones de la cinemática hay que prestar atención a que las flechas de referencia marcadas en la compensación de longitud se encuentren enfrentadas. En caso contrario, los arrastres interiores no están en el mismo plano, y la consecuencia pueden ser oscilaciones torsionales y el fallo prematuro de elementos de tracción

Mantenimiento de los árboles cardán

En determinados intervalos es necesario re-lubricar las piezas móviles del árbol cardán para eliminar el lubricante gastado y partículas extrañas que posiblemente han entrado, así como para completar la reserva de lubricante.

Indicaciones para la realización del mantenimiento

La lubricación de las articulaciones y del perfil corredero se realiza a través de engrasadores cónicos según DIN 71412 ó engrasadores planos según DIN 3404. En las boquillas de engrase opuestas en una articulación basta con lubricar una de ellas. Antes de efectuar la lubricación hay que limpiar incondicionalmente los engrasadores. A través de los canales de la cruz, la grasa llega a los cuatro cojinetes de articulación. La lubricación es correcta cuando la grasa salga de las juntas. Los cojinetes de articulación de los árboles cardán dobles se lubrican a través de engrasadores situados en el fondo de los casquillos de cojinete. El lubricante debe ser sustituido conforme a las instrucciones para el servicio. Durante la lubricación se deben evitar fuertes golpes de presión para que no se dañen las juntas. La unión de árbol estriado de la compensación de longitud debe lubricarse de forma controlada para que no se produzcan fuerzas hidráulicas excesivas que afectan la movilidad axial. Las uniones de árbol estriado con recubrimiento de rilsan no requieren ningún mantenimiento.

Lubricante

Como lubricante recomendamos grasas saponificadas a base de litio de la clase de penetración 2 con aditivos AP para clima europeo o bien grasa resistente al frío para temperaturas de uso de hasta -40° C. Evite incondicionalmente la relubricación con grasa que tenga otra base de saponificación.

Ciclo de mantenimiento

El ciclo de mantenimiento de los árboles cardán depende principalmente de las condiciones de uso. Los esfuerzos extremos y temperaturas ambiente muy elevadas causan por ejemplo un consumo más rápido del lubricante. Después de una limpieza con equipo de alta presión se requiere una relubricación. Pesadas condiciones externas, tales como un alto nivel de suciedad y penetración de agua, exigen intervalos de mantenimiento más cortos. Con respecto a una duración de uso suficientemente larga es conveniente re-lubricar dentro de los períodos siguientes (valores de orientación generales, no son válidos en caso de condiciones de uso especiales):

Arboles cardán	Ciclo de mantenimiento
Carretera	50000 km ó 1 año
Carretera y todo terreno	30000 km ó 1 año
Exclusivamente obras y todo terreno	10000 km ó 250 horas de servicio
En vehículos ferroviarios	3000 horas de servicio o medio año
En instalaciones estacionarias incluidas grúas móviles	500 horas de servicio

Recomendaciones de seguridad

¡Los árboles cardán rotatorios representan un peligro! El usuario debe observar las disposiciones legales en materia de seguridad y tomar las precauciones de seguridad adecuadas, por ejemplo estribos de seguridad, cubiertas, etc. Para efectuar trabajos en árboles cardán, el mecanismo de tracción debe estar en posición de reposo. El montaje, desmontaje, la reparación y el mantenimiento deben ser efectuados únicamente por personal especializado. Durante el montaje y desmontaje, así como transporte de árboles cardán hay que tomar precauciones para que no se vuelquen las bridas de arrastre y no se separen las mitades del árbol. ¡Peligro de accidente!

Almacenaje

El almacenaje debe efectuarse en locales cerrados, secos en bastidores apropiados en posición horizontal o vertical uno al lado del otro (no superpuestos). Los árboles en posición vertical deben asegurarse para que no se vuelquen y los árboles en posición horizontal deben asegurarse para que no empiecen a rodar.

Indicaciones generales

Tenga en cuenta sin falta las prescripciones para el montaje y la reparación.

En mecanismos de tracción con árboles cardán se deben utilizar exclusivamente componentes exentos de error a admitidos para el uso específico.

Preste atención al asiento correcto de los centrajés del árbol cardán y la limpieza de las superficies de contacto de las bridas.

No se deberán sobrepasar los datos de servicio admisibles (Md, β, n).

¡No limpie el árbol cardán con agua a presión ni chorro de vapor!

Representación explosiva de árboles cardán

