TRANSMISIÓN DE POTENCIA · AJUSTES CON APRIETE · CHAVETAS · ESTRIADOS · DOCUMENTO DE REFERENCIA · PÚBLICO

Uniones eje-cubo

Cómo transmitir el par del eje al cubo (ajuste a presión, chaveta, estriado, unión cónica y cubo de apriete) con el par que transmite cada solución, sus ventajas e inconvenientes y cómo dimensionarla.

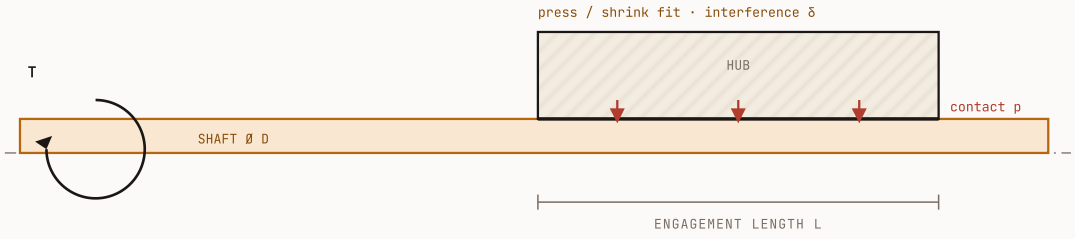
REVISIÓN	PUBLICADO	RESPONSABLE	COMPLEMENTO
1.0	June 2026	Ingeniería Ideambox	Referencia en PDF

RESUMEN

Una unión eje-cubo transmite el par (y a veces carga axial) entre un eje giratorio y un engranaje, polea, piñón de cadena o acoplamiento. La elección (ajuste con apriete, chaveta, estriado, cono, prisionero o cubo de apriete) supone un compromiso entre capacidad de par, precisión de centrado, facilidad de montaje y desmontaje, daño al eje y coste.

La sección 1 compara los métodos. La sección 2 trata los ajustes con apriete (a presión/por contracción) y su par. La sección 3 trata las chavetas y los chaveteros. La sección 4 trata los estriados. La sección 5 trata las uniones cónicas, los cubos de apriete, los elementos de fijación sin chaveta y los prisioneros. La sección 6 es una lista de comprobación para la selección.

SHAFT-HUB INTERFERENCE FIT — SECTION



UN AJUSTE CON APRIETE TRANSMITE EL PAR ÚNICAMENTE POR ROZAMIENTO GRACIAS A LA PRESIÓN DE CONTACTO: SIN CHAVETERO NI CONCENTRADOR DE TENSIONES. LOS DEMÁS MÉTODOS (CHAVETAS, ESTRIADOS, CONOS, CUBOS DE APRIETE) INTERCAMBIAN PAR, CENTRADO, COSTE Y FACILIDAD DE DESMONTAJE.

ÍNDICE

1. Comparación de los métodos
2. Ajustes con apriete (a presión / por contracción)
3. Chavetas y chaveteros
4. Estriados
5. Uniones cónicas, cubos de apriete y elementos sin chaveta
6. Lista de comprobación para la selección

1. Comparación de los métodos

MÉTODO	PAR	CENTRADO	MONTAJE/DESMONTAJE	DAÑO AL EJE	NOTAS
Ajuste con apriete (a presión/por contracción)	alto	excelente	difícil (prensa/calor)	ninguno	Limpio, sin concentrador de tensiones; requiere fuerza o calor
Chaveta paralela + chavetero	medio–alto	bueno	fácil	chavetero (concentrador de tensiones)	Barato, normalizado, la opción por defecto
Estriado	muy alto	excelente	fácil (deslizamiento axial)	ninguno adicional	Muchos dientes reparten la carga; caro de tallar
Unión cónica (+ tuerca)	alto	excelente	moderado	ninguno	Autocentrante, precisa, desmontable
Cubo de apriete / cubo partido	medio	bueno	muy fácil	ninguno	Reposicionable; sin mecanizar el eje
Elemento de fijación sin chaveta / disco de contracción	muy alto	bueno	moderado	ninguno	Par elevado sin chavetero
Prisionero (sobre plano)	bajo	malo	muy fácil	marca el eje	Solo para cargas ligeras; usar un plano

1.1 Términos

`Apriete (δ)`	Cuánto mayor es el eje que el agujero antes del montaje
`Presión de contacto (p)`	Presión radial en la superficie de ajuste (a partir de las ecuaciones de Lamé)
`Longitud de ajuste (L)`	Solape axial entre eje y cubo: el par crece proporcionalmente con ella
`Relación de diámetros del cubo`	Diámetro exterior/interior del cubo: los cubos delgados alcanzan antes el límite de tensión circunferencial

2. Ajustes con apriete (a presión / por contracción)

El eje se fabrica ligeramente mayor que el agujero; el montaje genera una presión de contacto **p** (a partir del apriete δ y de las ecuaciones de Lamé para cilindros de pared gruesa, con la geometría del cubo y los valores de E y ν de ambos materiales). El rozamiento bajo esa presión transmite la carga:

- **Par** $T = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L / 2$
- **Fuerza axial de extracción** $F = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D \cdot L$

donde D es el diámetro de ajuste, L la longitud de ajuste y μ el coeficiente de rozamiento (≈0.1–0.15 acero en seco; menor si se lubrica durante el prensado). La herramienta *Apriete en ajustes a presión* calcula p, T y F a partir de δ.

- **Especificar con ajustes ISO 286:** ligero `H7/p6`, medio `H7/s6`, fuerte `H7/u6`. Más apriete → más par, pero también más tensión circunferencial en el cubo (comprobar que el cubo no plastifica) y más fuerza de montaje.
- **El ajuste por contracción/dilatación** (zunchado: calentar el cubo o enfriar el eje) alcanza el mismo apriete con poca fuerza de montaje y plena capacidad de retención; es la mejor opción para ajustes grandes o con mucho apriete.
- **El acabado superficial importa:** las superficies rugosas se aplastan en el montaje, de modo que el apriete efectivo es menor que el medido; un ajuste especificado con cotas nominales sobrestima el par si el acabado es basto.

3. Chavetas y chaveteros

Una chaveta paralela (cuadrada/rectangular) alojada en chaveteros del eje y del cubo es el método normalizado y barato. Se dimensiona para que no rompa a cortadura ni por aplastamiento, y teniendo en cuenta que el chavetero es un concentrador de tensiones a fatiga en el eje.

- **Cortadura:** el ancho × la longitud de la chaveta resiste `F = 2T/D` en el plano de cortadura de la chaveta.
- **Aplastamiento:** el apoyo del lateral de la chaveta sobre la pared del chavetero suele ser el límite; comprobarlo también.
- **Dimensiones normalizadas (DIN 6885, chaveta b × h según el Ø del eje):**

Ø EJE (MM)	CHAVETA B × H	Ø EJE (MM)	CHAVETA B × H
10–12	4 × 4	30–38	10 × 8
12–17	5 × 5	38–44	12 × 8
17–22	6 × 6	44–50	14 × 9
22–30	8 × 7	50–58	16 × 10

El chavetero tallado en el eje eleva la tensión local (Kt ≈ 2–3), lo que es un problema de fatiga en ejes con inversión de carga o muy cargados. Cuando la fatiga es determinante, usar radios generosos en los extremos del chavetero o un método sin chaveta.

4. Estriados

Un estriado equivale a muchas chavetas talladas en el propio eje, de modo que la carga se reparte entre todos los dientes: mucho más par y mejor centrado que con una sola chaveta, y sin una pieza independiente que pueda romper a cortadura.

- **De flancos rectos** (más antiguos, sencillos) frente a **de evolvente** (más resistentes, autocentrantes, más fáciles de fabricar y verificar con calibre): el de evolvente es la opción moderna por defecto.
- Permiten el **deslizamiento axial bajo carga** (p. ej., árboles de transmisión, cambios de marcha) mientras transmiten par.
- Su fabricación es más cara (brochado/fresado por generación), por lo que se reservan para aplicaciones de par elevado o con deslizamiento.

5. Uniones cónicas, cubos de apriete y elementos sin chaveta

- **Unión cónica (+ tuerca de retención):** un eje/agujero cónico se autocentra con precisión y bloquea por rozamiento; es desmontable. Habitual en husillos portaherramientas y poleas de cigüeñal.

  - Par de una unión eje-cubo cónica: la fuerza axial de la tuerca F_a presiona el cono y genera una fuerza normal $F_N = F_a / (\sin(\alpha/2) + \mu \cdot \cos(\alpha/2))$ y un par de rozamiento $T = \mu \cdot F_N \cdot d_m / 2$ (α = ángulo total del cono, d_m = diámetro medio del cono, $\mu \approx 0.10–0.15$ acero en seco).

  - El extremo de eje cónico normalizado es **1:10** (DIN 1448 / ISO 775): $\alpha/2 \approx 2.86°$, de modo que $\tan(\alpha/2) \approx 0.05 < \mu$ y la unión es autorretenible una vez calada; para desmontarla hace falta un extractor.

  - Ejemplo: $d_m = 30$ mm, $F_a = 20$ kN, $\mu = 0.12 \rightarrow F_N \approx 118$ kN $\rightarrow T \approx 210$ N·m. Una chaveta en un cono posiciona angularmente el cubo; en un cono correctamente apretado debería transmitir poca parte del par.

- **Cubo de apriete / cubo partido:** un cubo ranurado cerrado por un tornillo sujeta el eje por rozamiento: sin mecanizar el eje y reposicionable sin límite; par moderado. Muy útil para prototipos y montajes regulables.

- **Elementos de fijación sin chaveta / discos de contracción:** unos anillos cónicos se aprietan para fijar el cubo al eje con un par muy elevado, sin chavetero ni entalla de fatiga; se usan donde las chavetas fallarían a fatiga.

- **Prisioneros:** solo para cargas ligeras; asentarlos siempre sobre un **plano** (o usar punta cilíndrica en un agujero) para que no rebaben el eje y patinen. Dos prisioneros a 90° resisten mejor que uno.

6. Lista de comprobación para la selección

- **Par**: valor constante, más los picos por inversión o choque (son los que llevan a elegir soluciones sin chaveta o estriados).
- **Centrado / descentramiento**: el ajuste con apriete, el cono y el estriado son los que mejor centran; los prisioneros, los que peor.
- **Comportamiento axial**: ¿el cubo debe deslizar (estriado) o quedar posicionado (ajuste/chaveta/tuerca)?
- **Montaje/desmontaje**: acceso para mantenimiento y frecuencia; cubo de apriete o elementos sin chaveta para desmontar con facilidad, ajustes con apriete para uniones permanentes.
- **Daño al eje**: evitar chaveteros y marcas de prisionero en ejes críticos a fatiga o templados (usar elementos sin chaveta).
- **Coste**: la chaveta es lo más barato; el estriado y los elementos sin chaveta, lo más caro.
- **Después:** dimensionar el método elegido (ajuste con apriete con la herramienta de ajustes a presión; chaveta a cortadura + aplastamiento; estriado/elemento sin chaveta según el par del catálogo del proveedor) y comprobar la fatiga del eje en cualquier chavetero.

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/es/downloads/shaft-hub-connections/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact