

1 ¿Qué es un indicador directo de tensión?

El indicador directo de tensión (IDT) es un dispositivo de acero en forma de arandela, con protuberancias en una cara y depresiones en la cara opuesta (Fig. 1a y 1b). Los IDTs se utilizan desde hace más de 35 años como método para garantizar la obtención de la tensión mínima especificada en tornillos de alta resistencia, principalmente en estructuras metálicas, pero también se han adoptado en la industria petroquímica y automoción.

Fig. 1a

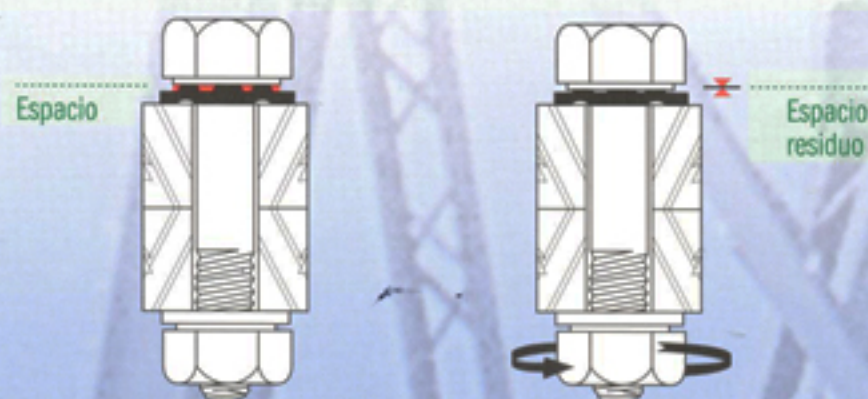
Fig. 1b



El método más común de instalar un IDT es colocarlo en el tornillo, con las protuberancias contra la cabeza del mismo. Previamente al apriete existe un evidente espacio entre las protuberancias (Fig. 2a). A medida que se aplica la fuerza de pretensado al tornillo, mediante la rotación de la tuerca, las protuberancias se aplanan. Cuando las protuberancias estén aplanadas de tal manera que la altura del espacio entre ellas se haya reducido al espacio residual mínimo especificado, entonces la tensión mínima requerida habrá sido obtenida con precisión. (Fig. 2b).

Fig. 2a

Fig. 2b



2 Ventajas del nuevo IDT desarrollado por TurnaSure LLC

En los años 90 la empresa norteamericana TurnaSure LLC decide embarcarse en un ambicioso programa de investigación y desarrollo con el firme objetivo de mejorar el IDT existente así como introducirlo en nuevos mercados en los que hasta ahora no se habían beneficiado de sus propiedades.

Las ventajas específicas del IDT desarrollado por TurnaSure LLC son:

- a.** Es el IDT más preciso. Casi diez veces más preciso que el antiguo modelo gracias a sus patentadas protuberancias curvas. La variación en compresión, calibrándolos a un constante espacio residual, es $\pm 1\%$.
- b.** El nuevo diseño de los IDT TurnaSure, limita tanto la tolerancia como el diámetro interno máximo del IDT. Al mismo tiempo limita el diámetro máximo dentro del cual se pueden ubicar las protuberancias curvas. El resultado es, a diferencia del antiguo modelo, un ajuste perfecto de las protuberancias a la base del tornillo.
- c.** Las protuberancias curvas de los IDTs TurnaSure se pueden aplanar al máximo, y esto ocurre mucho antes de que el perno comience a deformarse y perder tensión. El IDT estándar no puede aplastarse al máximo antes de que el perno comience a deformarse. La patente US# 5.015.132 confirma que la protuberancia es más pequeña que la hendidura correspondiente por debajo de ella. Esto permite que la protuberancia se pueda aplastar completamente sin causar extremos aumentos de tensión (Fig. 3a, 3b).

Fig. 3a

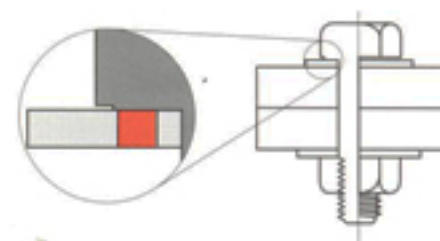
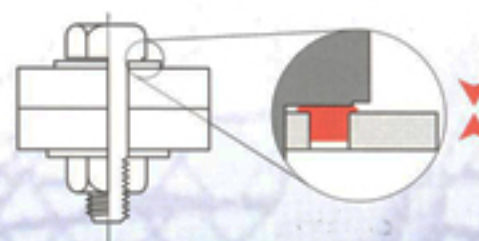


Fig. 3b



- d.** El IDT TurnaSure, con protuberancias curvas, permanece totalmente inalterado a la acción del aceite, recubrimientos, u oxidación. El antiguo modelo, con protuberancias rectas, perdía resistencia al aplastamiento si cambiaba de condición seca a lubricada, o seca a revestida con capa protectora.
 - e.** La protuberancia curva permite que se instale el IDT debajo de la tuerca, con las protuberancias hacia la tuerca, sin necesidad de introducir una arandela endurecida entre la tuerca y el IDT.
- NOTA:** TurnaSure recomienda instalar los IDTs debajo de la cabeza de los tornillos. Con esta configuración es fácil identificar tornillos atrapados por múltiples elementos de acero, pues las protuberancias no ceden al aplicarse tensión al perno mediante la rotación de la tuerca.

f. La protuberancia curva, en los IDTs TurnaSure, produce una resistencia elevada debido a su configuración geométrica (mucho más elevada que una protuberancia recta). Por esta razón no hay que inducir una alta dureza por tratamiento térmico que, a su vez, introduce el potencial de agrietamiento debido al estrés corrosivo. La dureza ha de ser inferior a 35 HRC.

3 Uso de los IDTs en acero estructural

En aplicaciones estructurales el objetivo de los IDTs es que garanticen que todos los tornillos en una conexión estén pretensados de acuerdo con los requisitos de la norma DIN 18 800 parte 7. La norma DIN 18 800 parte 7 requiere que las fuerzas de pretensado sean al menos el 70% del límite elástico especificado. La tabla 1 muestra la escala de cargas de los IDTs para ser usados con tornillería para estructuras metálicas en las resistencias 8.8 y 10.9.

Escala de cargas para los IDTs métricos		
IDT (Diámetro tornillo)	Cargas de compresión (kN)	
	Clase 8.8	Clase 10.9
M16	91-109	114-131
M20	142-170	179-206
M22	176-211	221-254
M24	205-246	257-296
M27	267-320	334-348
M30	326-391	408-469
M36	475-570	595-684

Para medir que se ha obtenido la tensión mínima exigida, se utiliza un calibre de 0,4mm en ensayo de no pasa en al menos la mitad de los espacios alrededor de perímetro de la tornillería. Los IDTs galvanizados se utilizan igual que los pulidos, excepto que el calibre para la prueba no pasa ha de ser de 0,125mm.

4 Instalación estructural

Para montar efectivamente una unión de tensión crítica con cualquier tipo de acero estructural, primero hay que garantizar que las uniones hayan sido debidamente pretensadas, asegurando que las láminas de acero estén en firme contacto y que los tornillos no estén "atrapados" en cizalla entre las láminas que unen. Tornillos "atrapados" suelen ser difíciles o imposibles de apretar a la tensión especificada. Los IDTs detectan la imposibilidad de apretar los tornillos atrapados porque al aplicar el par de apriete a la tuerca las protuberancias se aplanaran sólo si la tensión es transmitida a través de la longitud total del tornillo. Los IDTs indican el correcto pretensado cuando exista un pequeño pero evidente aplastamiento de las protuberancias.

Una vez realizado el preajuste se puede proceder a aplicar el apriete final. El par de apriete es aplicado en

la tuerca hasta que la tensión suficiente haya sido obtenida en los tornillos, evidenciada en la reducción del espacio residual por debajo del valor especificado (0,4mm o menos para IDTs pulidos o con recubrimientos electrolíticos y 0,13mm para IDTs con recubrimientos por inmersión).

El par de apriete requerido para aplicar la tensión deseada varía significativamente y depende en gran medida de factores como el estado de las roscas, recubrimientos, aceitados, etc. Es habitual experimentar variaciones de alrededor +/- 35% en el par de apriete requerido para obtener el nivel de tensión deseado en una unión concreta. Para minimizar el par de apriete requerido al instalar tornillos secos u oxidados, se utilizan lubricantes como cera semi-sólida para reducir la tensión del par de apriete. El uso del lubricante también minimiza la posibilidad de romper el tornillo durante el apriete.

El equipo de montaje aprende a utilizar los IDT practicando en una docena de ellos y juzgan visualmente que las protuberancias estén suficientemente aplanadas. El equipo simplemente instala el IDT hasta que esté prácticamente aplanado. Posteriormente pueden verificar el espacio residual con un calibre. En un breve periodo de tiempo son capaces de aplicar la carga requerida sin necesidad de utilizar el calibre. Si por algún motivo el equipo de montaje no es capaz de aplanar suficientemente las protuberancias, entonces la tensión mínima especificada no ha sido obtenida.

A diferencia de otros métodos de apriete que requieren que los tornillos estén totalmente tensionados el día que son instalados, los IDTs pueden ser instalados un día, pretensados otro y totalmente tensionados otro. Al mismo tiempo los IDTs no se ven alterados por la lubricidad ni otros factores que afectan negativamente a los métodos de apriete como la llave dinamométrica. La inspección de los IDTs puede tener lugar en cualquier momento después del apriete final y puede ser realizada por una sola persona.

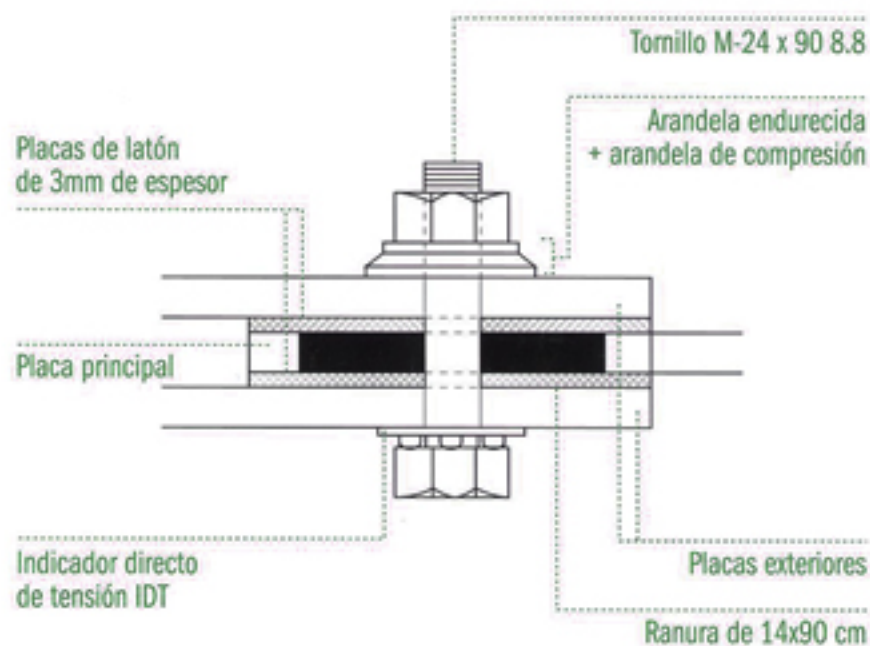
Algunas ventajas mencionadas por montadores de IDTs son:

1. El ahorro en el coste de inspección es muy superior al coste de los IDT.
2. La inspección de los IDT es considerada como un valor añadido puesto que sólo la tensión puede aplanar las protuberancias. Otros métodos miden factores relacionados a la tensión pero no directamente la tensión.
3. Los "tornillos atrapados" son detectados inmediatamente porque es imposible aplanar las protuberancias.
4. Tornillos oxidados o sin lubricación pueden ser utilizados con los IDTs (siempre y cuando se lubriquen antes de instalarlos, para facilitar el avance de la tuerca) y no desechados como sucedería con otros métodos de apriete.

5 Instalación estructural en disipadores de energía sísmica

Los IDTs en "Slotted Bolted Connections (SBC)" se han convertido en una aplicación crítica de seguridad. SBCs son conexiones atornilladas y modificadas que dispersan energía mediante fricción durante ciclos de compresión y tensión rectilínea (Fig. 4).

Fig. 4



Una SBC es una unión crítica de fricción o deslizamiento diseñada para que deslice o disperse energía mediante resistencia de fricción a límites predeterminados. Por lo tanto la obtención de una carga mínima es insuficiente para tensionar uniones SBC. Los ingenieros de las SBCs las diseñan para obtener una carga con una variación nominal en su límite superior e inferior de, aproximadamente, el 10%.

A diferencia de los IDTs utilizados en el mercado estructural, en los SBCs están calibrados a una gama de tensiones específica. Por lo tanto los IDTs utilizados en este tipo de aplicaciones se instalan y se inspeccionan a un espacio residual que corresponde a la carga especificada y predeterminada.

6 Instalación en bridas y válvulas de presión

El uso de los IDTs con tornillería y espárragos en conexiones a presión es una aplicación desarrollada recientemente.

En general las tensiones especificadas para este tipo de aplicaciones son un porcentaje inferior al de la carga del límite elástico que en aplicaciones estructurales. Las tensiones especificadas están entre un 40% a un 60% del límite elástico especificado. Mayoritariamente para estas aplicaciones se utilizan tornillos o espárragos según norma ASTM A193 Grado B7 con su correspondiente tuerca ASTM A194 Grado 2H. Los IDTs se utilizan en estas aplicaciones como alternativa a los costosos métodos de inspección como el ultrasónico o como alternativa a métodos de par de apriete más problemáticos.

Al igual que los IDTs para aplicaciones sísmicas, los IDTs utilizados en el mercado de las válvulas están calibrados a una gama de tensiones específica. Por lo tanto, los IDTs utilizados en este tipo de aplicaciones se instalan y se inspeccionan a un espacio residual que corresponde a la carga especificada.

Las protuberancias de los IDTs no se pueden aplanar más allá del espacio residual indicado, como sí sucede en las aplicaciones estructurales. Otras diferencias de estos IDTs con respecto a los utilizados en aplicaciones estructurales son:

1. IDTs para grado B7 tienen el diámetro exterior reducido para adaptarse al también reducido espacio de la brida.
2. IDTs para grado B7 tienen una dureza muy inferior. Normalmente de 22 HRC o menos.
3. IDTs para grado B7 se suelen utilizar con un acabado anticorrosivo superficial como "black oxide".



GSA S.A.

www.gumpertz.cl