

INDICE

INTRODUCCION	1
TEORIA DE LAS UNIONES CON PERNOS DE ALTA RESISTENCIA	3
INDICADORES DE TENSION DIRECTA (DTIS)	5
COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS	9
PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIONES RECOMENDADOS	15
PROBLEMAS COMUNMENTE ENCONTRADOS CUANDO SE APRIETAN PERNOS	18
SELECCION Y RENDIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS	20
REVISANDO EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES	21
IDENTIFICACION DE LAS MARCAS EN DTIS	24

INTRODUCCION

Los pernos de alta resistencia están bien establecidos como un dispositivo económico y eficiente para conectar acero estructural. Cuando se siguen las prácticas norteamericanas para el diseño y la construcción, las reglas básicas para su uso están fijadas por la "Especificación para uniones estructurales con pernos ASTM A325 o A490" (Diseño de tensión admisible o Diseño de factor de carga o resistencia) aprobada por el Consejo de Investigación en Conexiones Estructurales de la Fundación de Ingeniería (Research Council on Structural Connections of the Engineering Foundation). Los diseñadores e inspectores deben estar totalmente familiarizados con estas especificaciones, que están publicadas en la sección de Especificaciones y Normas del manual de Construcción del Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC), novena edición, ASD, o en el Manual de Construcción en Acero del AISC, primera edición, LRFD.

Los Indicadores de Tensión Directa (Direct Tension Indicator, DTI) son reconocidos por muchos ingenieros como el método más confiable para asegurar la correcta instalación de pernos de alta resistencia de acuerdo a dicha especificación, tanto para conexiones de corte/compresión como para conexiones que requieren pretensionado total.

Este manual está dirigido a ingenieros, superintendentes de construcción, inspectores y trabajadores del acero, para que ellos puedan estar seguros de que los DTI han sido instalados correctamente. Esto asegura que los pernos sean apretados a los valores requeridos, cuando estos sean usados en conexiones que tienen una crítica posibilidad de deslizarse, conexiones sujetas a tensión directa, o conexiones de corte/compresión que requieran de pernos pre-tensionados. Estas instrucciones también son válidas cuando los DTIs son usados como un dispositivo para asegurarse de que los pernos han sido realmente apretados en otros tipos de conexiones con pernos de alta resistencia.

Este manual discute la teoría de las conexiones que tienen una crítica posibilidad de deslizarse, o conexiones sujetas a tensión directa, la correcta instalación de los DTI, las reglas generales para la instalación de pernos, los problemas más frecuentes

encontrados cuando se aprietan los pernos de alta resistencia y muchos otros temas relativos a pernos de alta resistencia.

J&M Turner Inc. tiene muchos años de experiencia en pernos de alta resistencia y provee una amplia gama de actividades de consultoría, incluyendo seminarios, visitas a terreno, recomendaciones de herramientas, comentarios de especificaciones y programas de entrenamiento. Además J&M Turner prepara videos de instrucción pública, reportes técnicos y el periódico *THE INDICATOR* (El Indicador) que trata de la tecnología de pernos. Si usted desea recibir cualquiera de esta información, o si desea ser incluido en nuestra lista de correo, escriba a la dirección indicada en la contraportada.

Ediciones de este manual en el sistema métrico están disponibles sobre pedido.

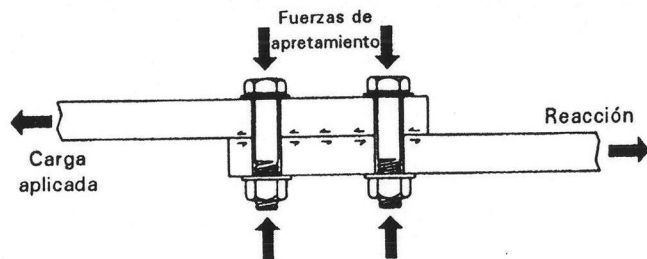
TEORIA DE LAS UNIONES CON PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

El principio de las conexiones que tienen una posibilidad crítica de deslizarse se basa en apretar cada perno de la conexión a una tensión especificada mínima, de modo que la fuerza de apretamiento deseada sea inducida en las superficies de la conexión. La carga aplicada es transferida entonces por la resistencia de fricción en las superficies de la unión, en vez de por las espigas de los pernos.

En este tipo de conexión no habrá movimiento de las partes conectadas cuando las cargas se aplican a la conexión.

En muchos tipos de conexión no se desea el movimiento, por esto se han desarrollado las conexiones que tienen una posibilidad crítica de deslizarse. (Figura 1)

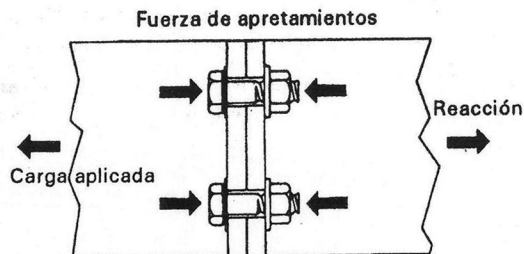
Figura 1



Cuando las fuerzas son aplicadas en la dirección del eje del perno, el apretamiento a la tensión exigida es también importante, particularmente cuando las cargas son cíclicas y pueden inducir que los pernos se suelten o que fallen por fatiga.

La fuerza de apretamiento a la tensión mínima exigida debe ser mayor que las cargas aplicadas. Esto Prevendrá que las superficies de la conexión se separen y que los pernos desarrollen un incremento significativo en la tensión por encima de la pre-tensión instalada (Figura 2).

Figura 2



INDICADORES DE TENSION DIRECTA (DTIS)

Los Indicadores de Tensión Directa (Direct Tension Indicator o DTI) son dispositivos simples pero extremadamente precisos para asegurar que los pernos han sido instalados al valor de la tensión mínima especificada. Cuando son usados correctamente, los DTI aseguran positivamente la correcta fuerza de apretamiento. Los lectores que hayan instalado pernos de alta resistencia usando valores o relaciones de torsión/tensión, notarán que este manual no menciona torsión, ya que la torsión no es una medida confiable de la tensión de un perno. Los DTI miden la tensión de un perno independientemente de la torsión aplicada.

Los DTI son dispositivos endurecidos con la forma de una arandela con protuberancias en una de sus caras, manufacturados de acuerdo a las especificaciones ASTM F959.

El hecho de que se parezcan a una arandela es incidental. Los DTI son en realidad una celda de carga de precisión, siendo el único dispositivo para apretamiento que es cubierto por una especificación ASTM.

Cuando un DTI es instalado en un perno con las protuberancias contra la parte de abajo de la cabeza del perno o contra una arandela endurecida, existe una separación notable entre las protuberancias.

A medida que el perno o la tuerca son apretados, y que el perno es tensionado, las protuberancias son reducidas. Mientras más se aprieta el perno o la tuerca, aumentando la tensión del perno, más se aplastan las protuberancias.

Cuando las protuberancias se han aplastado de modo que la separación ha sido reducida a la dimensión requerida, el perno ha sido tensionado correctamente, y se ha alcanzado la fuerza de apretamiento requerida.

Un DTI no dificulta al apretamiento de un perno, solamente sirve para indicar que el perno ha sido apretado correctamente. (Figura 3)

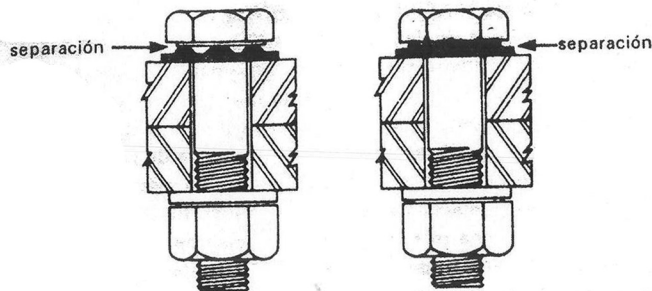


Figura 3

Los indicadores de tensión directa se entregan en una acabado simple, es decir sin recubrimiento alguno, galvanizados mecánicamente según la especificación ASTM B695 Clase 50 o recubiertos de resina epóxica para uso con pernos de alta resistencia de tipo 3.

Otros recubrimientos están disponibles sobre pedido.

A menos que se especifique lo contrario, los DTI sin recubrimientos se instalan bajo la cabeza del perno de modo que después de tensionar el perno, la separación sea menos de 0.015 pulgadas en la mitad o más de los espacios.

Los DTI recubiertos se instalan usando una separación de 0.005 pulgadas.

Para asegurar que los DTI son instalados correctamente, "calibradores de lámina" de 0.015 y 0.005 pulgadas de espesor se proveen con los envíos de los DTIs.

Para asegurarse de que los DTIs han sido correctamente comprimidos y que el perno ha sido apretado, el "calibrador de lámina" apropiado no debe entrar en un cierto número de separaciones entre las protuberancias

(La Tabla 1 lista el número de protuberancias para cada tamaño y grado de DTI, y el número requerido de rechazo del "calibrador de lámina" en las separaciones).

Tabla 1

Diámetro del perno	A325		A490	
	Protuberancias	Rechazos	Protuberancias	Rechazos
1/2"	4	2	5*	3
5/8"	4	2	5*	3
3/4"	5	3	6	3
7/8"	5	3	6	3
1"	6	3	7	4
1 1/8"	6	3	7	4
1 1/4"	7	4	8	4
1 3/8"	7	4	8	4
1 1/2"	8	4	9*	5

* Preguntar por disponibilidad

Si las especificaciones o las condiciones de instalación demandan una separación promedio de menos de 0.005 pulgadas, el "calibrador de lámina" no debe entrar en ninguno de los espacios.

Cuando se inserte el "calibrador de lámina", este debe estar en el centro del espacio y debe ser apuntado hacia el centro del perno. (Figura 4)

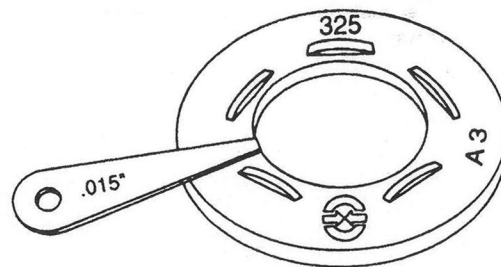


Figura 4

Con el tiempo la cuadrilla de instalación puede desarrollar la habilidad necesaria para instalar los DTI a una separación correcta visualmente.

Los inspectores deberán verificar que se ha obtenido la separación correcta usando un "calibrador de lámina" en un número limitado de DTIs, y entonces comparar las otras separaciones visualmente.

Los DTI totalmente comprimidos no deben ser rechazados. Algunos inspectores consideran que un perno que tiene un DTI totalmente comprimido esta "sobreapretado".

En la literatura acerca de pernos no existe una definición específica de pernos "sobreapretados".

Muchos expertos consideran que a menos que un perno pre-tensionado se rompa, este es aceptable. Soporte adicional para esta recomendación puede ser encontrado en el "Comentario de la Especificación RCSC", que afirma que un método aprobado para pre-tensionado de pernos "depende principalmente en la ligera elongación del perno en el rango inelástico".

Si existe duda si acaso un perno ha sido "elongado", y si la "elongación" es causa de rechazo, se recomienda que una muestra de pernos sea removida del trabajo y que los hilos de los pernos sean examinados.

Si no se observa "elongación" y la tuerca puede ser enroscada hasta el final de la rosca (suponiendo una buena lubricación) entonces el inspector puede juzgar que la instalación de los pernos es aceptable.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIs

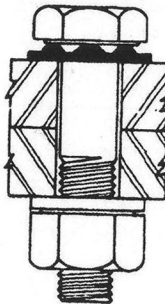
METODO No.1.- (METODO PREFERIDO)-DTI CON ACABADO SIMPLE

DTI bajo la cabeza del perno - Girando la tuerca para apretar

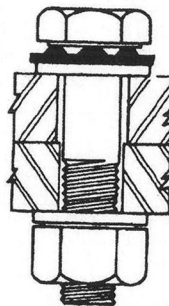
Este método debe ser usado siempre que sea posible. Los otros métodos sugeridos aquí pueden ser implementados en caso contrario.

ENSAMBLAJE

Ponga el DTI bajo la cabeza del perno con las protuberancias hacia la parte inferior de la cabeza del perno. Ponga una arandela endurecida bajo la tuerca.



En perforaciones ovaladas sobremedida bajo la cabeza del perno, ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la perforación.



Si el perno es un A490 y tiene un diámetro mayor de 1" pulgada, la arandela endurecida debe tener un espesor mínimo de 5/16" de pulgada.

APRETAMIENTO

Gire la tuerca hasta que la separación entre la cabeza del perno y la cara del DTI se reduzca a menos de 0.015 pulgadas en la mitad o más de los espacios. Cuando gire la tuerca, evite que la cabeza del perno gire sujetándola con una llave de mano. El giro puede desgastar las protuberancias del DTI.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS (CONTINUACION)

METODO No.1 (METODO PREFERIDO) - DTI RECUBIERTOS

DTI bajo la cabeza del perno - Girando la tuerca para apretar

Los DTI recubiertos deben ser colocados bajo la cabeza del perno siempre que sea posible.

El ensamblaje y apretamiento debe realizarse como fue descrito anteriormente.

Para DTI galvanizados o recubiertos de resina epóxica, la separación entre la cabeza del perno y del DTI debe ser reducida a menos de 0.005 pulgadas la mitad o más de los espacios.

*El uso de arandelas endurecidas planas según las recomendaciones de la Especificación RCSC varía según la resistencia del perno, el tamaño del agujero, el esfuerzo de cedencia 9 del acero conectado, y el método de apretamiento. La instalación de pernos con DTIs deben incluir el uso de arandelas endurecidas bajo el elemento que gira en todas las ocasiones.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS (CONTINUACION)

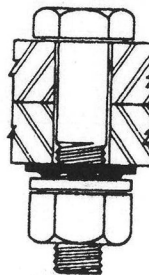
METODO No. 2 - (METODO ALTERNATIVO) - DTI CON ACABADO SIMPLE

DTI bajo la tuerca - Girando la tuerca para apretar

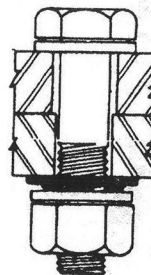
Este método debe ser usado solamente cuando el método preferido no pueda ser utilizado. Generalmetne está limitado a casos en los que la separación del DTI no pueda ser examinada si el DTI está bajo la cabeza del perno.

ENSAMBLAJE

Ponga el DTI bajo la tuerca con las protuberancias hacia ella. Ponga una arandela edurecida plana entre el DTI y la tuerca.*



En perforaciones ovaladas sobremedida bajo la cabeza del perno, ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la perforación.



En perforaciones ovaladas o sobremedida bajo la tuerca ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la perforación.

Si el perno es una A490 y tiene un diámetro mayor de 1" pulgada, la arandela endurecida debe tener un espesor mínimo de 5/16" de pulgada.

APRETAMIENTO

Gire la tuerca hasta que la separación entre la arandela endurecida y la cara del DTI se reduzca a menos de 0.005 pulgadas en la mitad o más de los espacios.

Cuando gire la tuerca evite que la cabeza del perno gire, sujetándola con una llave de mano. El giro puede desgastar las protuberancias del DTI.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS (CONTINUACION)

METODO No. 2- METODO ALTERNATIVO - DTI RECUBIERTOS

DTI bajo la tuerca - Girando la tuerca para apretar

Este método de instalación no es recomendable, sin embargo, si es usado los DTIs deben ser comprimidos a una separación de menos de 0.005 pulgadas en todos los espacios.

* Si los DTI son instalados bajo el elemento que gira, se requieren arandelas endurecidas entre el DTI y el elemento que gira para prevenir el desgaste de las protuberancias.

Para agujeros de la arandela de 7/8" de pulgada o menos, revise que el diámetro del agujero de la arandela cumpla con las especificaciones ASTM F436.

Para agujeros de más de 7/8" de pulgada, debido a que las especificaciones ASTM F436 permiten una arandela 1/8" de pulgada más grande que el diámetro del perno, se podría exponer una parte de las protuberancias del DTI. Por lo tanto, es necesario obtener arandelas hechas especialmente para el uso de DTIs. Estas están disponibles en J&M Turner.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS (CONTINUACION)

METODO No. 3 - (METODO ALTERNATIVO) - DTI CON ACABADO SIMPLE

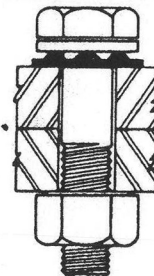
DTI bajo la cabeza del perno - Girando la cabeza del perno para apretar

Al igual que el método No. 2, este método debe ser usado solamente cuando el método preferido no pueda ser utilizado. Usualmente, está limitado a una instalación en la cual el perno debe ser instalado de una forma tal que la llave de impacto solo puede ser usada en la cabeza del perno y la separación del DTI no puede ser inspeccionada si el DTI se coloca debajo de la tuerca.

Nota: en ambos métodos alternativos, el extremo del ensamblaje donde se coloca el DTI es el extremo que se gira.

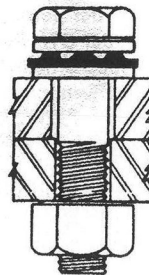
ENSAMBLAJE

Coloque el DTI debajo de la cabeza del perno con las protuberancias hacia la cabeza del perno. Ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la cabeza del perno *



Si el perno es un A490 y tiene un diámetro mayor de 1" pulgada la arandela endurecida debe tener un espesor mínimo de 5/16" de pulgada.

En perforaciones ovaladas o sobremedida bajo la cabeza del perno, ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la perforación.



En perforaciones ovaladas o sobremedida bajo la tuerca, ponga una arandela endurecida plana entre el DTI y la perforación.

APRETAMIENTO

Gire la cabeza del perno hasta que la separación entre la arandela endurecida y la cara del DTI se reduzca a menos de 0.005 pulgadas en la mitad o más de los espacios.

Cuando gire la cabeza del perno, evite que la tuerca gire, sujetándola con una llave de mano.

El giro puede desgastar la protuberancias del DTI.

COMO APRETAR PERNOS USANDO DTIS (CONTINUACION)

METODO NO. 3 - (METODO ALTERNATIVO) - DTI RECUBRIMIENTOS

DTI bajo la cabeza del perno - Girando la cabeza del perno para apretar

Este método de instalación no es recomendable. Sin embargo si es usado, los DTIs deben ser comprimidos a una separación de menos de 0.005 pulgada en todos los espacios.

* Si los DTI son instalados bajo el elemento que gira, se requieren arandelas endurecidas entre el DTI y el elemento que gira para prevenir el desgaste de las protuberancias.

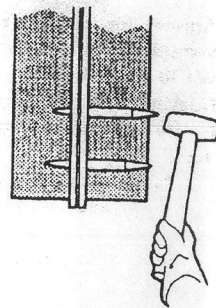
Para agujeros de la arandela de 7/8" de pulgada o menos, revise que el diámetro del agujero de la arandela cumpla con las especificaciones ASTM F436.

Para agujeros de más de 7/8" de pulgada, debido a que las especificaciones ASTM F436 permiten una arandela 1/8" de pulgada más grande que el diámetro del perno, se podría exponer una parte de las protuberancias del DTI. Por lo tanto, es necesario obtener arandelas hechas especialmente para el uso de DTIs. Estas están disponibles en J&M Turner.

PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIONES RECOMENDADOS

Paso 1

Junte todas las piezas que se unirán, y alinee las perforaciones con punzones de alineación (los pernos no deben ser usados como punzones para obtener la alineación).



Paso 2

Rellene las perforaciones restantes con pernos de alta resistencia, DTIs, arandelas y tuercas del grado y tamaño correctos.

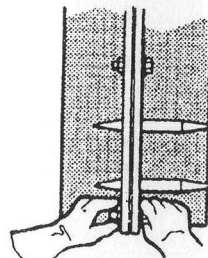
Apriete los pernos parcialmente para juntar los miembros en contacto.

La compresión parcial de un DTI desarrolla hasta el 50% de la tensión mínima exigida de un perno.

Reemplace el DTI si el apretamiento lo ha comprimido a 0.015 pulgadas.

Este procedimiento asegura el apretamiento correcto de los miembros.

Apriete primero los pernos en el centro de la conexión y posteriormente los pernos de los bordes.



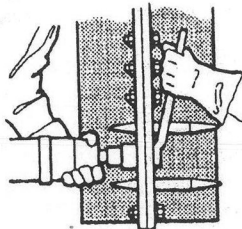
Paso 3

Apriete los pernos hasta que la separación promedio en cada DTI sea la especificada.

Nuevamente, trabaje desde el centro de la conexión hacia los bordes.

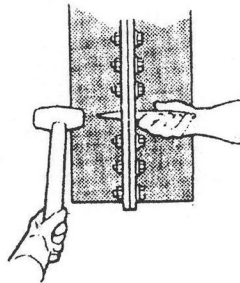
Mantenga los punzones de alineación instalados durante esta operación.

La remoción prematura de los punzones de alineación puede causar que los pernos se atoren debido al deslizamiento de la conexión.



Paso 4

Golpee los punzones de alineación para retirarlos de las perforaciones. Reemplácelos con pernos y apriete estos pernos.



Notas

En pernos A490, no trate de cerrar totalmente todas las separaciones. No hay necesidad de apretar estos pernos demasiado, ya que tienen menos ductilidad que los pernos A325. Sin embargo una separación totalmente cerrada no debe ser causa de rechazo.

Si existe preocupación acerca del sobre-apretamiento de los pernos remueva un número muestra de pernos de la conexión e inspeccione su deformación enroscando una tuerca hasta el final de

la rosca. Si la tuerca se enrosca hasta el final de la rosca entonces no existe sobre-apretamiento.

Note que si el perno es un A490 o una A325 galvanizado, éste no puede ser usado nuevamente.

Cuando se usen llaves de impacto el apretamiento final debe ser obtenido en 10 segundos o menos. Pernos A490 grandes pueden tomar hasta 20 segundos. Si estos límites son excedidos revise que se estén usando las herramientas correctas o que no exista uno de los problemas que se listan a continuación.

PROBLEMAS COMUNMENTE ENCONTRADOS CUANDO SE APRIETAN LOS PERNOS

Roscas oxidadas. Usualmente son causadas por condiciones de almacenamiento deficientes. No se debe permitir el uso de pernos y tuercas oxidadas. Las tuercas, pernos, arandelas y DTIs deben ser almacenados preferentemente en lugares secos, libres de humedad y sus contenedores no deben ser abiertos hasta inmediatamente antes de su uso. El óxido aumenta significativamente la cantidad de torque requerido para tensionar un perno. Idealmente, las tuercas (particularmente las A490 grandes) deben ser enceradas antes de su uso. Un poco de lubricante en la cara del perno también es muy recomendable. Si es necesario lubricar los pernos al momento de la instalación se recomienda usar el lubricante 140 STICK WAX de Chem-Trend. Este lubricante está disponible en muchas partes, incluyendo J&M Turner. La lubricación adecuada de las roscas es indispensable para obtener el nivel de tensión deseada en el perno.

Pernos y tuercas galvanizados. Las roscas y tuercas galvanizadas "en caliente" deben ser hechas sobremedida después del galvanizado de las tuercas. Las roscas de las tuercas galvanizadas mecánicamente deben ser hechas antes del galvanizado de las tuercas. Las tuercas deben ser sumergidas en cera lubricante, de preferencia con un tinte de modo que el lubricante pueda ser visto. La prueba de rotación, que es obligatoria y es descrita en la especificación A325, debe ser efectuada en dos muestras de cada lote despachado para asegurarse de que las tuercas puedan ser apretadas sin atorarse y sin barrer las roscas.

Roscas dañadas. Ocurren generalmente por forzar el perno a través de agujeros no alineados correctamente y ocasiona que la tuerca se atore.

Pernos atrapados son causados usualmente por el deslizamiento de la conexión debido a la remoción de los punzones de alineación antes de que un número suficiente de pernos hayan sido correctamente apretados para evitar el deslizamiento. Los pernos atrapados no pueden desarrollar tensión en todo su largo.

Pernos demasiado largos. La tuerca se enrosca hasta el final de la rosca antes de que el perno haya sido correctamente apretado.

PROBLEMAS COMUNES ENCONTRADOS CUANDO SE APRIETAN PERNOS (CONTINUACIÓN)

Omisión de la arandela endurecida bajo el elemento que gira. Las arandelas endurecidas no son requeridas por la Especificación RCSC para todas las instalaciones de pernos de alta resistencia donde se requiere pre-tensionado total. Sin embargo, el uso de arandelas endurecidas debajo del elemento que se gira reduce significativamente el torque requerido para tensionar un perno, y es recomendado por J&M Turner cuando se usan DTIs.

Diámetro Interno sobremedida de la arandela endurecida. Si los DTIs son instalados debajo del elemento que se gira, se requiere el uso de arandelas endurecidas para prevenir el desgaste de las protuberancias. Asegúrese de que el diámetro del agujero de la rondana cumpla con la especificación ASTM F436 para tamaños hasta 7/8" de pulgada. Por sobre 7/8" de pulgada, debido a que ASTM F436 permite un diámetro interior de la arandela 1/8" de pulgada mayor que el diámetro del perno la cual puede exponer las protuberancias del DTI, es necesario obtener arandelas hechas especialmente para el uso con DTIs. Estas están disponibles en J&M Turner.

Pernos forjados en caliente. Los pernos forjados en caliente deben estar libres de rebabas y de excesivas protuberancias bajo la cabeza del perno, que podrían evitar el contacto adecuado entre los DTIs y la cabeza del perno. Si es necesario, para evitar esta condición considere la instalación del DTI bajo la tuerca.

Perforaciones demasiado grandes. Se requieren arandelas endurecidas sobre perforaciones demasiado grandes y sobre perforaciones ovaladas. Los requerimientos están descritos en la Especificación RCSC. Los pernos A490 de más de 1" pulgada de diámetro requieren arandelas de 5/16" de pulgada de grosor, que son necesarias para prevenir la deformación de los DTIs y de la arandela.

Tuercas "blandas". Las tuercas de menos de 175,000 psi de esfuerzo de prueba pueden estar propensas al barrido, y generalmente requieren de más torque para tensionar los pernos. ASTM A194 2H o ASTM A563 DH son recomendadas cuando se deben tensionar los pernos.

ELECCION Y RENDIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS

Las llaves de impacto accionadas por aire son las herramientas referidas para instalar pernos de alta resistencia. Estas llaves requieren de 25 a 120 pies cúbicos por minuto de aire a una presión de 100 psi (libras por pulgada cuadrada) en la herramienta para proporcionar el torque especificado. El torque requerido para instalar un perno de alta resistencia a la tensión correcta varía según el tamaño y grado del perno, y con la condición de los hilos del perno y de la tuerca. No existe una relación específica entre el torque y la tensión de un perno. Suponiendo que la llave es del tamaño adecuado, si se encuentran problemas en comprimir los DTIs durante el periodo de tiempo especificado anteriormente, revise las siguientes posibles causas de falla:

- presión de aire insuficiente en el compresor
- demasiadas herramientas funcionando al mismo tiempo
- manguera de aire muy larga, o fugas en la misma
- obstrucción de la entrada o salida del filtro de aire en la herramienta.
- herramienta dañada

Si la herramienta opera lentamente sopletéela con solvente para limpiarla, y lubríquela con un aceite liviano de grado SAE 5 o 10

La siguiente tabla presenta una guía aproximada para escoger la herramienta adecuada, basada en nuestra experiencia en el terreno.

Tamaño del Perno		Chicago	Ingersoll	Norbar	Dresser
A 325	A 490	Pneumatic	Rand		
5/8"	-	610	2934	-	WS2110
3/4"	-	610	2934/40	-	WS2110
7/8"	3/4"	611	2940	-	WS2110
1"	7/8"	6120	2950	-	WS2120
1 1/8"	1"	6120	2950	-	WS2120
1 1/4"	1 1/8"	6210*/614	2950/5980	PT6	-
1 3/8"	1 1/4"	614*	5980	PT7	-
1 1/2"	-	614*	5980	PT7	-

*Sólo si la tuerca y el perno están bien lubricados

REVISANDO EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES

Identificación y certificación

Los inspectores deben revisar que todos los componentes de la conexión cumplan con las especificaciones ASTM aplicables, antes de su uso. Las marcas de identificación de los fabricantes deben ser claramente identificables. Cuando sea requerido, los certificados de las pruebas (test) deben acompañar al producto al sitio de trabajo. Los certificados de los pernos deben especificar el esfuerzo de tensión y la dureza. Los certificados de las tuercas deben especificar la dureza y la carga de prueba. Los certificados de las arandelas endurecidas deben especificar que ellas estén en un rango de dureza de 38 a 45 Rockwell C (el uso de arandelas de una baja dureza con DTIs, como en los métodos 2 y 3, generarán tensiones más bajas que lo especificado).

Los DTIs deben estar marcados para identificar el número del lote, el productor, y el tipo (325 o 490). Los DTIs sin recubrimiento son revisados cuidadosamente durante todo el proceso de fabricación utilizando procedimientos de control estadísticos. El producto terminado es ensayado en Analizadores de Carga de Comprensión Digitales con un medidor de dial. Se realizan más de 40 ensayos por lote durante el proceso de fabricación.

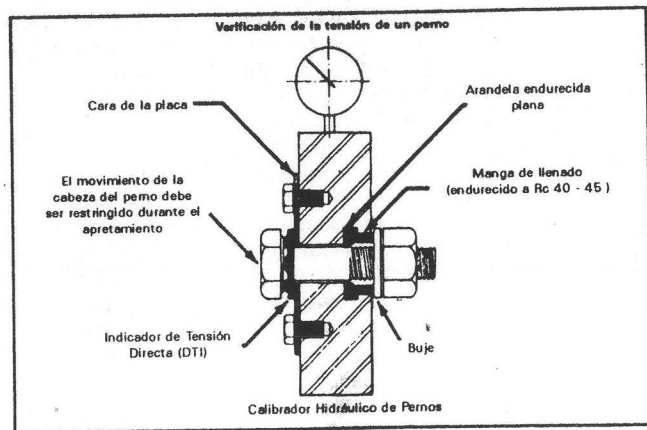
Antes de que un lote pueda ser despachado la carga en todas las piezas ensayadas, secas y lubricadas, debe caer dentro de los rangos de carga ASTM F959. La certificación de los ensayos, según la especificación ASTM F959-93 (propuesta), requiere de 27 piezas por lote, sin falla, en la condición final de despacho, cubiertas o sin recubrimiento. No se debe requerir la duplicación por el usuario de los ensayos ASTM de rendimiento del producto en el laboratorio. No se debe intentar reproducir los ensayos de rendimiento del producto en el terreno. En lugar de lo anterior, se sugiere el test del ensamblaje del DTI con el perno, tuerca y arandela en un calibrador de tensión para pernos, descrito a continuación. Esto ayudará al usuario a evaluar todos los componentes.

Test en terreno para el rendimiento del ensamble del perno.

Verifique que el calibrador hidráulico de tensión de pernos haya sido certificado como máximo con un año de anterioridad. El certificado provee una comparación de las lecturas del calibrador con las lecturas establecidas por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.

Aplice las variaciones anotadas a las lecturas de carga durante los ensayos en el calibrador.

Figura 5



Apriete el perno a la tensión mínima requerida y revise que el calibrador de lámina correspondiente entre en por lo menos el número de espacios requeridos (La Tabla II muestra la tensión y el número de espacios).

Un Calibrador de Lámina de 0.015 pulgadas es usada cuando un DTI sin recubrimiento es instalado bajo la cabeza del perno y la tuerca es girada.

Un Calibrador de Lámina de 0.005 pulgadas es usada en todas las otras instalaciones, y con DTIs recubiertos en cualquier instalación.

La carga en el calibrador Hidráulico debe ser aumentada lo mas suavemente que sea posible, para evitar la caída de presión en que la celda de carga se purga y el calibrador hidráulico comienza a indicar una carga menor que la carga real en el perno. En este punto el ensamblaje ha demostrado su habilidad para alcanzar la pretensión deseada, anterior a la compresión del número total de protuberancias requerido en el trabajo. En seguida apriete el perno hasta el punto en que el Calibrador de Lámina no entre en el número de espacios indicado en la Tabla II. La tensión del perno medida en el calibrador Hidráulico debe ser menor que el esfuerzo último de tensión mínimo del perno, indicada en la Tabla II. En este punto el ensamblaje ha demostrado su habilidad para comprimir las protuberancias a la separación requerida en el trabajo sin exceder el esfuerzo de cedencia mínimo del perno.

Si se usa una llave de impacto para apretar los pernos en el calibrador Hidráulico, la llave no debe ser usada para exceder 2/3 de la tensión requerida.

Una llave manual debe ser usada para aumentar la carga hasta el valor especificado.

Tabla II

Tamaño del perno	Tensión del perno MTS*				Espacios Entradas / rechazos			
	A325	A490	A325	A490	A325	A490	A325	A490
	(kips)		(kips)					
1/2"	12	15	17	21	4	5	2	3
5/8"	19	24	27	34	4	5	2	3
3/4"	28	35	40	50	5	6	3	3
7/8"	39	49	55	69	5	6	3	3
1"	51	64	73	91	6	7	3	4
1 1/8"	56	80	80	114	6	7	3	4
1 1/4"	71	102	102	145	7	8	4	4
1 3/8"	85	121	121	173	7	8	4	4
1 1/2"	103	148	148	211	8	9	4	5

Esfuerzo de tensión mínimo MTS de un perno, de ASTM A325 y A490

IDENTIFICACIÓN DE LAS MARCAS EN DTIs

MARCA REGISTRADA

La marca registrada de J&M Turner, Inc. se muestra en la portada de este folleto. Los DTIs marcados con este símbolo han sido manufacturados por J&M Turner.

GRADO y TAMAÑO

Cada DTI esta marcado con una serie de números. 325 significa que el DTI es para uso con pernos A325, mientras que 490 es para pernos A490. El tamaño no esta marcado en los DTIs 325 o 490, sin embargo estos DTIs pueden ser identificados por su ajuste preciso en el perno. Los DTIs métricos están marcados con una serie de números que indican el grado y tamaño y un M que indica que son métricos. Además los DTIs 325 son perfectamente redondos, los DTIs 490 tienen tres "orejas", y los DTIs métricos tienen hendiduras en sus bordes en frente de las separaciones. (Para una información completa acerca de los DTIs métricos, se recomienda ver la versión métrica de esta publicación).

NUMERO DE LOTE

Por propósitos de seguimiento absoluto, cada DTI hecho en América es estampado con un número de lote. El número de lote tiene una a dos letras seguidas por uno o dos números.

La figura 6 ilustra DTIs típicos: 325, 490 y métricos.

Figura 6

