



Marzo de 2010

Daniel Nindl, Mirko Wiebking
Heerbrugg, Suiza

Trípodes topográficos – Características e influencias

Daniel Nindl, Mirko Wiebking

Resumen

Durante su trabajo diario, los topógrafos no suelen pararse a pensar en la influencia de los accesorios en la precisión. Sin embargo, su repercusión en los levantamientos de precisión y las mediciones durante periodos prolongados es importante. Por lo tanto, es necesario saber cuáles son sus efectos.

En este documento se evalúa la influencia de los trípodes en la precisión del instrumento. La norma internacional ISO 12858-2 define los requisitos que han de cumplir los trípodes en cuanto a estabilidad de elevación con carga y a rigidez torsional. Además de estos requisitos, Leica Geosystems también evalúa la deriva horizontal. Para este estudio se han comprobado tres propiedades de una gama de trípodes. A partir de los resultados, se formulan recomendaciones sobre qué trípode debe usarse según el instrumento y la aplicación.

Los ensayos se realizaron en condiciones estables de laboratorio para lograr datos comparables. No se tuvo en cuenta la influencia de la temperatura y la humedad. Para obtener resultados comparables, se apretaron las abrazaderas de todos los trípodes con la misma fuerza usando una llave dinamométrica. Se evaluaron dos trípodes de cada tipo de Leica Geosystems. Para lograr resultados comparables con trípodes de fibra de vidrio, se incluyeron dos trípodes Trimax de Crane Enterprises en todos los ensayos. Los resultados fueron muy similares para el trípode A y el trípode B de cada tipo (modelo), por lo que en este documento sólo se incluyen los gráficos del trípode A.

El documento se divide en los siguientes apartados:

- Criterios de calidad – describe los parámetros relevantes de los ensayos
- Resultados del ensayo – resume y evalúa los resultados de los ensayos
- Recomendaciones para el usuario

Criterios de calidad – Mediciones de calidad estandarizadas de acuerdo con la norma ISO 12858-2

De acuerdo con la norma ISO 12858-2, los trípodes pueden clasificarse como pesados o ligeros. Un trípode pesado tiene un peso de más de 5,5 kg y puede soportar instrumentos de hasta 15 kg. Los trípodes más ligeros sólo pueden usarse con instrumentos que pesen menos de 5 kg. En el caso de Leica Geosystems, estos instrumentos se limitan a TPS para construcción, antenas GPS y prismas.

Estabilidad de elevación

La norma ISO determina que la posición del cabezal del trípode no puede desplazarse más de 0,05 mm cuando soporte el doble del peso máximo del instrumento. Por lo tanto, los modelos pesados GST120-9, GST101 y Trimax requieren ensayos con 30 kg. Los modelos ligeros GST05, GST05L y GST103 se comprobaron con cargas de 10 kg.



Figura 1: Fases del control de calidad del montaje de las bases nivelantes de Leica Geosystems

La deformación vertical definida de 0,05 mm es tan pequeña que su efecto en la precisión angular de la TPS es insignificante. Sin embargo, la estabilidad de elevación del trípode debe tenerse en cuenta para aplicaciones de nivelación de precisión.

Para medir las deformaciones se usó un nivel digital DNA03 de Leica, debido a su precisión de medición y su capacidad automática. Las mediciones se realizaron con una mira de nivelación de precisión GWCL60 unida al tornillo de fijación del trípode (véase la figura 1). En primer lugar, se realizaron 100 mediciones en el trípode sin carga. Mediante un sistema de poleas, se depositó suavemente un peso en la placa del trípode. El peso se retiró tras otras 400 mediciones.

Rigidez torsional

Cuando un instrumento gira, las fuerzas producen una rotación horizontal de la placa del cabezal del trípode. La rigidez torsional es una característica del trípode para absorber esta rotación horizontal volviendo a su posición original cuando el instrumento está estacionario. La precisión con la que la orientación del trípode vuelve a su posición original se conoce como histéresis.



Figura 2 - Espejos para autocolimación montados en el trípode y la base nivelante para detectar las deformaciones de rotación

De acuerdo con la norma ISO, si la placa del trípode gira 200 cc (aprox. 70"), la histéresis máxima permitida para los trípodes pesados es de 10cc (3") y de 30cc (10") para los trípodes ligeros. Para obtener resultados más prácticos, se comprobó el efecto de un instrumento giratorio automatizado. Se usó la TPS1200 que ejerce un par horizontal de 56 Ncm durante la aceleración y la frenada. Mediante la aplicación "Con-

juntos de ángulos", se efectuaron observaciones automáticas alternativamente en dos prismas. De este modo se consiguió una rotación continua en ambas direcciones durante el tiempo de observación. Las mediciones se grabaron durante como mínimo 200 segundos. Para medir la rigidez torsional, se usó un colimador electrónico para controlar las deformaciones mediante el principio de autocolimación. Se garantizó el rápido seguimiento de las deformaciones mediante una frecuencia de salida de 16 Hz. Entre el cabezal del trípode y la base nivelante se montó una placa especial. Las mediciones se realizaron en un espejo montado en la placa. En la fotografía anterior se puede ver un segundo espejo montado en la base nivelante. De este modo se pudieron hacer mediciones adicionales para evaluar el efecto combinado del trípode y la base nivelante en el instrumento.

Deriva horizontal

La deriva horizontal de un trípode es la medición de lo que cambia su orientación a lo largo de un periodo de tiempo. No es un requisito ISO, pero Leica Geosystems comprueba la deriva de sus trípodes para garantizar la calidad.

Se utilizó un método de medición similar al de la rigidez torsional, pero en este caso el periodo de medición fue de un mínimo de 3 horas. Para reducir la cantidad de datos, se redujo la frecuencia del colimador a 0,5 Hz.

En este caso también se montó una TPS1200 en la base nivelante, aunque esta vez el instrumento permaneció estacionario durante la medición.

Tabla 1 - Modelos de trípodes comprobados

Nombre del modelo	GST120-9	GST101	Trimax	GST05	GST05L	GST103
						
Material	Madera de haya	Madera de pino	Fibra de vidrio	Madera de pino	Aluminio	Aluminio
Tratamiento de la superficie	Aceite y pintura	Pintura	Ninguno	Revestimiento de PVC	Ninguno	Ninguno
Abrazadera de la pata	Tornillo lateral	Tornillo lateral	Abrazadera rápida	Tornillo central	Tornillo central	Tornillo lateral
País de origen	Hungría	China	EE.UU.	Hungría	Hungría	China
Peso	6,4 kg	5,7 kg	7,4 kg	5,6 kg	4,6 kg	4,5 kg
Altura máxima	180 cm	166 cm	175 cm	176 cm	176 cm	167 cm
Clasificación ISO	Pesado	Pesado	Pesado	Ligero	Ligero	Ligero

Por lo tanto, el instrumento no ejerció ninguna fuerza de rotación sobre el trípode. El movimiento del trípode se debió únicamente a la carga del instrumento. La tabla 1 resume las propiedades de los modelos de trípodes usados para estos ensayos concretos.

Resultados de los ensayos - Estabilidad de elevación

El GST120-9 presenta los mejores resultados con una elevación de 0,02 mm.

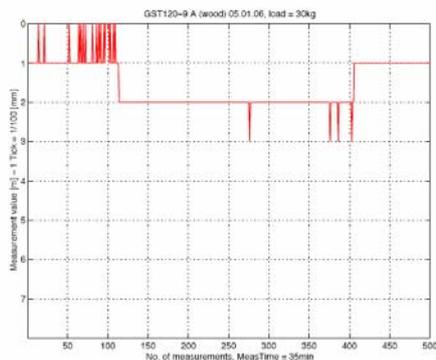


Figura 3a - Trípode GST120-9 de Leica

Las patas del GST101 son 14 cm más cortas que las del GST120-9, lo que contribuye a aumentar su estabilidad.

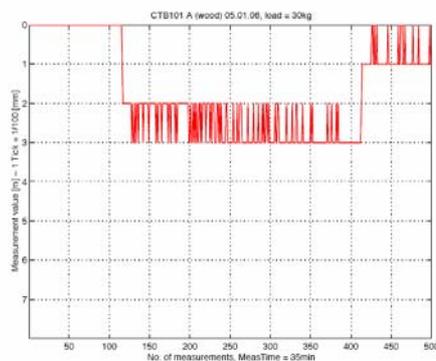


Figura 3b - Trípode GST101 de Leica

El Trimax tiene una distorsión máxima de 0,05 mm. Se trata del valor límite de los requisitos ISO. El trípode probado tiene abrazaderas rápidas, a diferencia de los trípodes de Leica Geosystems, que cuentan con abrazaderas de tornillo. Las abrazaderas podrían ser el motivo de su escasa estabilidad de elevación.

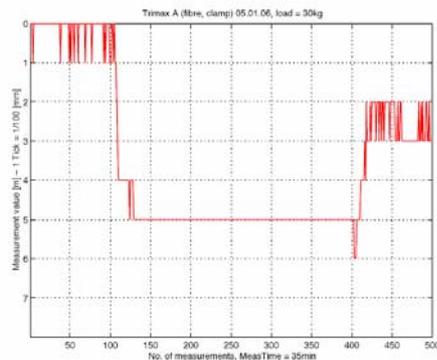


Figura 3c - Trípode de fibra de vidrio Trimax de Crain

Trípodes ligeros

El GST05 presenta el mejor rendimiento entre los trípodes ligeros. Con una carga de 10 kg, el trípode se deforma un máximo de sólo 0,02 mm.

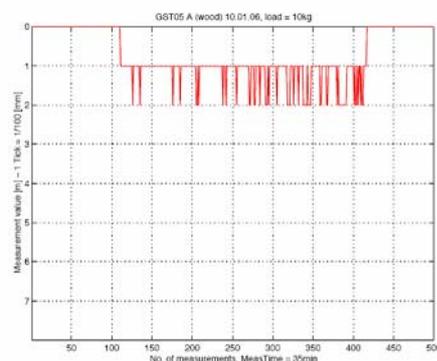


Figura 4a - Trípode GST05 de Leica

El GST05L tiene una deformación vertical de 0,03 mm ligeramente superior a la del GST05 de madera.

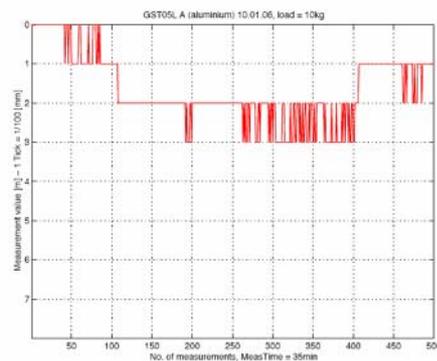


Figura 4b - Trípode GST05L de Leica

El GST103 tiene un rendimiento similar al GST05L con un movimiento vertical máximo de 0,03 mm. Aunque se trata de un producto de bajo coste recomendado para instrumentos de menor precisión, cumple los criterios ISO.

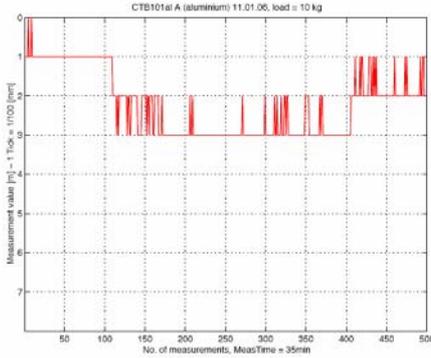


Figura 4c - Trípode de aluminio GST103 de Leica

Resultados del ensayo – Rigidez torsional

Los picos de gran amplitud se producen durante la aceleración y la deceleración del instrumento giratorio. Dado que en esos momentos no se registran valores angulares en el instrumento, estas influencias pueden obviarse. El valor de la histéresis se determina examinando la amplitud máxima del gráfico exceptuando los picos.

Los resultados demuestran claramente la diferencia de estabilidad entre los trípodes pesados y ligeros. Los trípodes ligeros presentan varias veces la distorsión. Además, los trípodes de fibra de vidrio y aluminio experimentan una tendencia global lineal. Eso significa que el instrumento pierde orientación a lo largo del tiempo de un modo constante.

Trípodes pesados

De todos los trípodes probados, el GST120-9 tiene la histéresis más baja: 2° (0,7"). La placa del cabezal del trípode permanece extremadamente estable durante todo el proceso de medición.

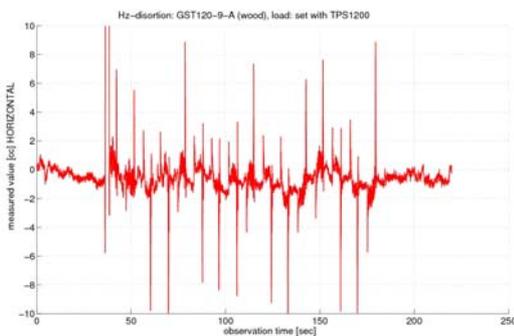


Figura 5a - Trípode GST120-9 de Leica

Los resultados del GST101 indican una amplitud baja muy similar de 3° (1"). El Trimax presenta el doble de amplitud que otros trípodes pesados, con un valor de

6° (2"). La tendencia lineal global indica que la histéresis aumenta constantemente durante el tiempo de configuración.

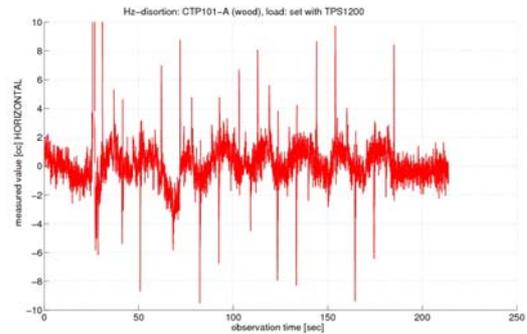


Figura 5b - Trípode de madera GST101 de Leica

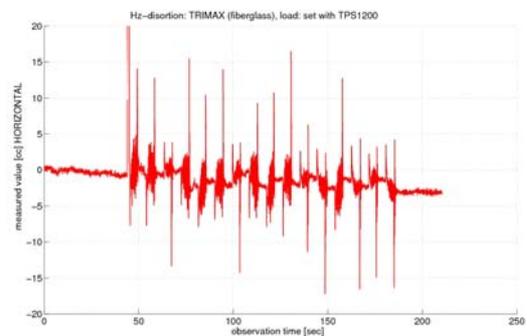


Figura 5c - Trípode de fibra de vidrio Trimax de Crain

Trípodes ligeros

En cuanto a los trípodes ligeros, el GST05 de madera ha resultado el más estable con una histéresis de 8° (2,7").

Los dos trípodes de aluminio presentan una amplia desviación giratoria a lo largo del tiempo. Después de 200 segundos, el GST05L tiene una histéresis de 11° (3,7") y el GST103 llega a 30° (10"). El valor de 30° (10") está en el límite de lo establecido en la norma ISO para trípodes ligeros.

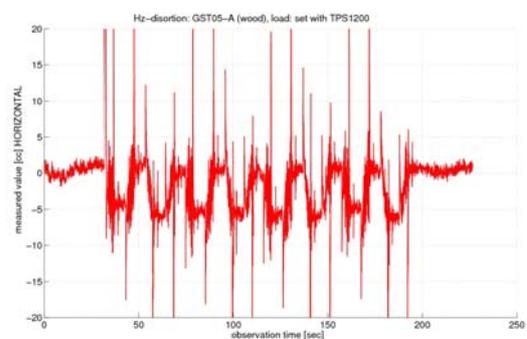


Figura 6a - Trípode GST05 de Leica

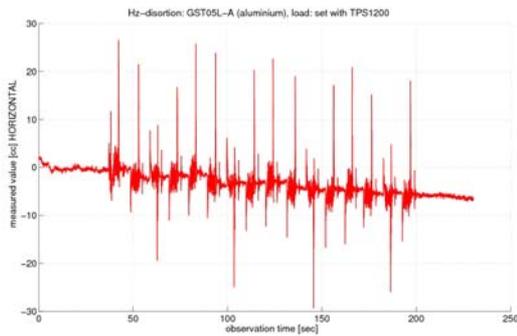


Figura 6b - Trípode GST05L de Leica

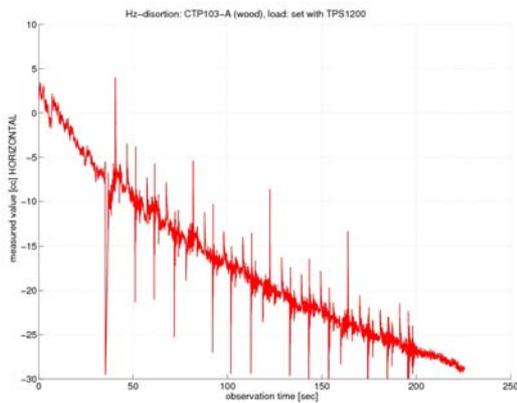


Figura 6c - Trípode GST103 de Leica

Resultados del ensayo - Deriva horizontal

Del mismo modo que con los ensayos de rigidez torsional, los trípodes de aluminio y fibra de vidrio pierden orientación con el tiempo. Este fenómeno se produce durante aproximadamente los primeros 1200 s. Después, el trípode de fibra de vidrio Trimax se estabiliza. Los trípodes de aluminio siguen girando, aunque a menor velocidad.

Trípodes pesados

En el caso del GST120-9, se produce un cambio lineal constante a lo largo del periodo de medición. No obstante, la deriva se mantiene en valores bajos, con 7^{cc} (2,3") después de 3 horas.

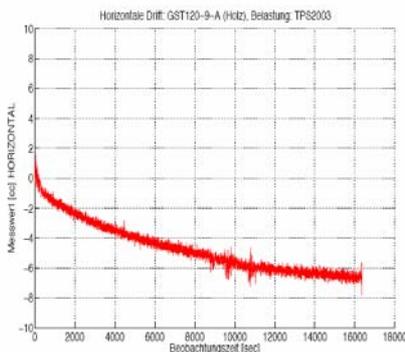


Figura 7a - Trípode GST120-9 de Leica

El CTP101 experimenta la menor deriva con un máximo de 4^{cc} (1,3").

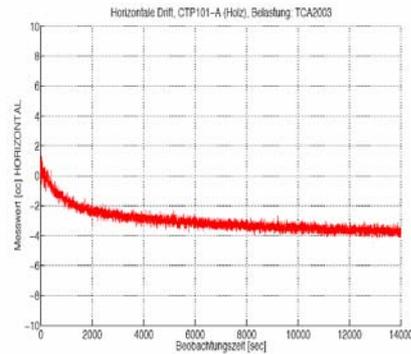


Figura 7b - Trípode GST101 de Leica

El Trimax se desplaza rápidamente tras la configuración, llegando incluso a los 12^{cc} (4") durante los 600 primeros segundos. Sin embargo, después de unos 20 minutos, el Trimax permanece estable a 14^{cc} (4,7").

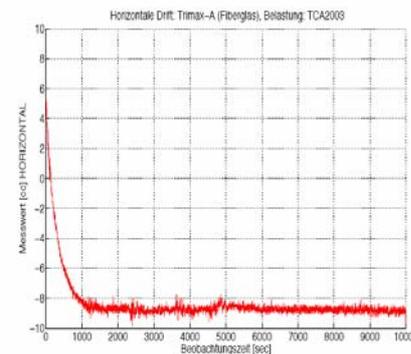


Figura 7c - Trípode Trimax de Crain

Trípodes ligeros

El GST05 demuestra ser el trípode más estable de todos los probados con una deriva de menos de 3^{cc} (1"). Los trípodes de aluminio siguen deformándose durante todo el tiempo de medición. Después de 3 horas, el GST05L se ha desplazado 23^{cc} (7,7") y el GST103, 9^{cc} (3").

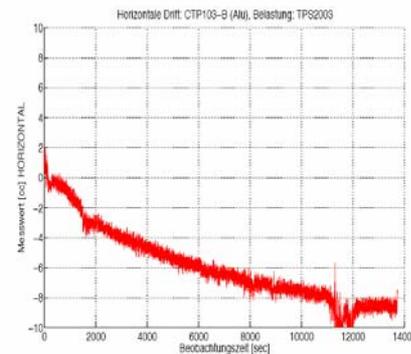


Figura 8a - Trípode GST103 de Leica

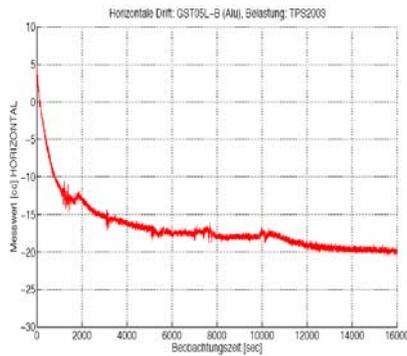


Figura 8b - Trípode GST05L de Leica

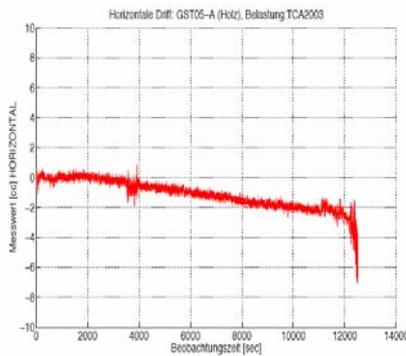


Figura 8c - Trípode GST05 de Leica

La diferencia entre los productos Leica originales y sus copias

En el mercado se pueden encontrar varias copias de trípodes. La reconocida calidad de los trípodes de Leica Geosystems a menudo los convierte en referentes para el mercado.

?

Será como adquirir un regalo sorpresa. Algo que se parece a un accesorio Leica original, pero que en realidad no sabe lo que es...



Evaluación del proveedor para lograr una calidad constante del producto
Evaluación del material y el proceso
Trípode de madera o Trípode de aluminio
Estructura superficial de la placa del cabezal del trípode
Puntas del trípode - acero especial
Rigidez torsional
Estabilidad de elevación
Deriva horizontal
Control del proceso de montaje
Cumplimiento de las normativas y los ensayos nacionales
Evaluación periódica de la especificación técnica
Adaptación de los trípodes a los instrumentos para lograr la máxima estabilidad y vida útil.

Tabla 1 - Fases del control de calidad del montaje de los trípodes de Leica Geosystems

Por ese motivo, los trípodes de Leica se usan con frecuencia como modelos para copias. Varios fabricantes han empezado a hacer negocio inundando el mercado con copias baratas de nuestros trípodes que carecen de la garantía de una norma de calidad. En la columna de la derecha de la figura 2 aparecen los pasos necesarios para fabricar un trípode original de Leica Geosystems. La mayoría de los pasos son imperceptibles para el cliente pero, mediante el cumplimiento de este estricto sistema de gestión de la calidad, garantizamos a nuestros clientes el suministro de los mejores productos.

Recomendaciones de uso

La tabla 2 resume los resultados de todas las mediciones efectuadas durante este proyecto. Los valores indicados corresponden al error máximo producido durante el tiempo de medición. Para determinar el efecto total en la precisión del TPS, también se ha incluido el valor de histéresis de la base nivelante. Leica Geosystems recomienda el modelo GDF121 (1") con los trípodes pesados y el GDF111-1 (3") con los ligeros. Si se tiene en cuenta la influencia total, queda claro que el trípode y la base nivelante influyen notablemente en la precisión angular y por la TPS. En cuanto al material, la madera es la que más estabilidad proporciona. El GST120-9 arroja los mejores resultados de estabilidad de elevación y rigidez torsional y por lo tanto es idóneo para cualquier instrumento TPS de Leica. Los resultados de deriva horizontal demuestran que el GST05 de madera experimenta la menor distorsión durante periodos prolongados, lo que lo convierte en el trípode ideal para antenas GPS y señales de puntería de prismas, que normalmente se configuran durante largos periodos.

Los trípodes de aluminio proporcionan una buena estabilidad de elevación pero una orientación horizontal pobre. Por lo tanto, no deben usarse con instrumentos de medición angular. Dado que los trípodes de aluminio son más económicos que los de ma-

dera, además de ligeros y duraderos, son recomendables para las aplicaciones de nivelación.

Como demuestran los gráficos de deriva horizontal, el aluminio y la fibra de vidrio experimentan mayores distorsiones durante los 20 primeros minutos de la configuración. Para obtener resultados fiables, hay que tener en cuenta que debe dejarse pasar este tiempo antes de empezar las observaciones. Además, la orientación debe comprobarse regularmente durante el proceso de medición.

Los ensayos de análisis de los trípodes se han realizado en condiciones de laboratorio. Sin embargo, en condiciones normales de campo, otros factores como la temperatura, la humedad, el tipo de suelo, el viento, etc. también pueden influir en la estabilidad. También puede preverse que a medida que aumente la edad del trípode, disminuya la estabilidad. Por lo tanto, la influencia del trípode y de la base nivelante debe tenerse siempre en cuenta al determinar la precisión angular que puede lograrse.

Mediante los valores de la tabla se puede seleccionar el trípode más adecuado para la aplicación topográfica deseada. Para levantamientos de precisión durante periodos prolongados se recomienda utilizar un pilar de hormigón. Alternativamente, se debe usar un sofisticado proceso de medición que compense estos errores.

Nombre del modelo	GST120-9	GST101	Trimax	GST05	GST05L	GST103
Producto Leica para el que es adecuado	Todas las TPS	Todas las TPS	TPS >5"	Antenas GPS Prismas	Prismas Niveles	Prismas Niveles
Material	Madera de haya	Madera de pino	Fibra de vidrio	Madera de pino	Aluminio	Aluminio
Clasificación ISO	Pesado	Pesado	Pesado	Ligero	Ligero	Ligero
Estabilidad de elevación	0,02 mm	0,03 mm	0,05 mm	0,02 mm	0,03 mm	0,03 mm
Histéresis del trípode	1" (2 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	2" (6 ^{cc})	3" (8 ^{cc})	4" (11 ^{cc})	10" (30 ^{cc})
Histéresis de la base nivelante	1" (3 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	3" (10 ^{cc})	3" (10 ^{cc})	3" (10 ^{cc})
Influencia máx. posible	2" (5^{cc})	2" (6^{cc})	3" (9^{cc})	6" (18^{cc})	7" (21^{cc})	13" (40^{cc})
Deriva horiz. tras 3 h	2" (7 ^{cc})	1" (4 ^{cc})	5" (14 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	8" (23 ^{cc})	3" (9 ^{cc})

Tabla 2 - Resumen de los resultados y recomendaciones

Fuente

Este documento es una traducción resumida de la tesis *Genauigkeitsanalyse von Vermessungsstativen und Dreifüßen unter der Belastung verschiedener Instrumente*. Daniel Nindl, del Departamento de Ingeniería Geodésica de la Universidad Técnica de Viena, realizó esta tesis en 2006 bajo la dirección de Mirko Wiebking, de Leica Geosystems AG, Heerbrugg. El objetivo de la tesis era analizar los efectos de los trípodes y las bases nivelantes en

la precisión de los instrumentos. El análisis de las bases nivelantes no se incluye en este documento, aunque se puede consultar en otro informe: "Bases nivelantes para topografía - Características e influencias".

Independientemente de si desea hacer el seguimiento de un puente o un volcán, levantar un rascacielos o un túnel, vigilar una zona de obra o realizar mediciones de control, lo que necesita es un equipo fiable. Con los accesorios originales de Leica Geosystems podrá acometer estas exigentes tareas. Nuestros accesorios garantizan el cumplimiento de las especificaciones de los instrumentos Leica Geosystems. De este modo, puede confiar en su precisión, su calidad y su larga vida útil. Garantizan mediciones precisas y fiables y el máximo aprovechamiento de su instrumento Leica Geosystems.

When it has to be right.

Las ilustraciones, descripciones y especificaciones técnicas no son vinculantes y pueden sufrir modificaciones.
Impreso en Suiza - Copyright de Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 2019.
VII.10 - INT

ACRE
SURVEYING SOLUTIONS