

ASPECTOS PRACTICOS EN LA IMPLEMENTACION DEL ISO 17123-8 PARA LA PRUEBA Y CALIBRACION DE RECEPTORES GNSS

Ing. Antonio Márquez . Gerente General de Mediciones Científicas e Industriales C. A. MECINCA.
MSEE Columbia University. N.Y. UCV Caracas, Venezuela

mecinca@mecinca.net / galileognss@gmail.com

Precedentes:

El ISO 17123-8 surge como una necesidad para llenar la deficiencia de estándares que existía en la calibración o prueba de receptores GNSS en el ámbito de la geodesia y cartografía, ya que a partir del año 2002, en que se implementaron las normativas ISO existentes para instrumentos ópticos y mecánicos, no se habían mostrado, o eran muy escasos los trabajos relativos a un estándar para medición o prueba de calidad de los receptores GPS, y ni siquiera había una comisión en la FIG que evaluara estas nuevas herramientas cartográficas que estaban apareciendo, dotadas en su mayoría de receptores GNSS. Debemos destacar que la norma anterior al ISO fue la DIN 18753 y tampoco se hizo mención de los receptores GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO, WAAS..... BEIDOU....).

La definición principal del ISO 17123 es la siguiente:

Instrumentos Ópticos. Procedimientos de Campo para la prueba de Instrumentos Geodésicos y Topográficos. Parte 8: GNSS, Mediciones de Campo con Sistemas en Tiempo Real RTK.

En el ISO 17123 las partes desde la 1 hasta la 7 se refieren a Teoría, Niveles, Teodolitos, Distanciómetros, Estaciones Totales, Laser Rotativo y Plomadas Ópticas, lo que creaba un vacío para los equipos del día a día en la geodesia y cartografía; los GNSS (receptores GPS, GLONASS, GALILEO etc.), hasta que bajo directiva de la FIG, apareció la Parte 8 del estándar. En la implementación del mismo, justo al principio, encontramos notas, que recomiendan tener en lo posible las mejores condiciones durante la prueba, en cuanto a multi reflexión se refiere, y las menores obstrucciones posibles, tanto en la base como en el Rover. También, el estándar recomienda que las condiciones Ionosférica y Troposféricas deberán ser óptimas al momento de la observaciones en la evaluación.

Propósito del trabajo:

Presentar una metodología eficiente e ilustrada, que permita a los usuarios de los equipos GNSS, realizar la evaluación y tener una visión clara de las condiciones de calidad de los mismos , antes o después de realizar una campaña determinada, o para realizar un chequeo rutinario anual de mantenimiento, y así ver su precisión, y poder calificar a los diferentes estándares que existen en la industria. En el trabajo cotidiano de Reparación y Mantenimiento de equipos GNSS, se reciben algunos, que en apariencia funcionan bien, pero que solo se desea chequearlos y certificar las funcionalidades de los mismos; nuestra empresa MECINCA, por ejemplo, ha venido haciéndolo con la aplicación de reglas bien definidas por los fabricantes de los receptores, y ahora con el ISO 17123-8, que usamos, amplia nuestras posibilidades para el control de calidad. También se desea mostrar a los auditores o responsables de control de calidad del ISO 9001, la existencia del estándar, y conozcan que la certificación de calidad de un receptor GPS-RTK, se puede realizar en centros de soporte donde se proceda a la aplicación del ISO 17123-8. El estándar ha sido creado para los sistemas GNSS RTK, y en ninguna parte se hace mención de receptores con observaciones Estáticas, ni del tipo STOP&GO, y ni mucho menos de las Cinemáticas, que en conjunto, son la mayor parte de las observaciones GNSS, que actualmente se utilizan en Venezuela, y por lo mismo , en MECINCA, estamos realizando pruebas con esquemas muy similares a los originales del ISO, bien definidos y programados, que en un futuro próximo pudieran ser la extensión del estándar para las modalidades de las observaciones antes mencionadas.

Mejoras aportadas:

El ISO 17123-8 especifica que dentro de la operabilidad de las mediciones a realizar, la precisión de los equipos auxiliares, como plomadas, trípodes, bastones, cintas etc., deberán ser de +- 1 mm de precisión para la excentricidad máxima, y +- 1 mm de error máximo en las mediciones de las alturas, por lo que en la evaluación, se procedió a habilitar dos trípodes de madera, que con sus bases nivelantes y plomadas ópticas, quedaron fijos en el sitio, sobre los dos puntos R1 y R2, los puntos de prueba, y cuya distancia y diferencia de altura fue calibrada con una Estación Total SOKKIA SET 2X. También el ISO 17123-8 recomienda la reducción de las observaciones verticales al sistema elipsoidal, lo cual realizamos, y adicionalmente para no tener en absoluto error de escala por la proyección, no se midió en UTM, sino que se creó un sistema Mercator Transversal con origen N 1000, E 1000, en la Base, y Factor de Escala Unitario, para que las distancias cubiertas en la prueba, no tuviesen deformación.

Nuestros Datos de Campo

<i>SEQ</i>	<i>N1</i> (<i>m</i>)	<i>E1</i> (<i>m</i>)	<i>C1</i> (<i>m</i>)	<i>N2</i> (<i>m</i>)	<i>E2</i> (<i>m</i>)	<i>C2</i> (<i>m</i>)	<i>D</i> (<i>m</i>)	<i>C</i> (<i>m</i>)
1	1000.001	1000.002	900.002	1000	1002	900	2	00
2	1000.002	1000.003	900.002	1000	1002	900	2	00
3	999.993	999.994	900.005	1000	1002	900	2	00
4	1000.005	999.993	899.995	1000	1002	900	2	00
5	999.996	1000.001	899.992	1000	1002	900	2	00

$$d_{11} := (N1 - N2)^2 + (E1 - E2)^2$$

$$D1 := \sqrt{d_{11}}$$

Las distancias medidas por el Receptor

Los residuos de las distancias

Los residuos de las Alturas

$$RD := D1 - D = \begin{bmatrix} -0.002 \\ -0.003 \\ 0.006 \\ 0.007 \\ -0.001 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$RC := (C1 - C2) - C = \begin{bmatrix} 0.002 \\ 0.002 \\ 0.005 \\ -0.005 \\ -0.008 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Desviacion Estandar de D

$$\text{stdev}(RD) = 0.004 \text{ m}$$

Desviacion Estandar de H

$$\text{stdev}(RC) = 0.005 \text{ m}$$

El ISO 17123-8 establece:

La Desviacion Estandar de los Residuos de las Observaciones debe ser $\leq 2.5 * \sqrt{2} * \text{La desviacion estandar prescrita para el instrumento que es de } 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} = 11 \text{ mm}$

En COORDENADAS

$$0.004 \text{ m es menor o igual que: } 2.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 11 = 38.891 \text{ mm}$$

En ALTURA

$$0.005 \text{ m es menor que: } 2.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 15 = 13.693 \text{ mm}$$

Por lo cual podemos establecer que nuestras observaciones confirman las especificaciones del fabricante del instrumento.

D: la Distancia Cartesiana por coordenadas medidas por GNSS entre dos puntos R1-R2, según la fórmula clásica.

Dif h: La diferencia medida con GNSS de la altura entre los puntos R1 y R2.

€: Desviaciones: las Diferencias entre las distancias medidas con GNSS y la distancia tomada como verdadera entre R1 y R2. Similarmente para desviaciones de h.

El rango de Coordenadas X Y h. Sistema de Coordenadas Planas Horizontales.

Distancia Medida GNSS y Diferencia de Altura medida por

GNSS (Elipsoidal).

Distancia Verdadera, medida con Estación Total Sokkia SET 2X.

$$D_{s,p} = \sqrt{((x_{s,p,2} - x_{s,p,1})^2 + (y_{s,p,2} - y_{s,p,1})^2)}$$

$$\Delta h_{s,p} = h_{s,p,2} - h_{s,p,1}$$

$$\varepsilon D_{s,p} = D_{s,p} - D^* \quad s=1, p=1, \dots$$

$$\varepsilon h_{s,p} = h_{s,p} - h^*$$

donde tenemos que:

$$x_{s,p,r}, y_{s,p,r}, h_{s,p,r}$$

$$D_{s,p}, \Delta h_{s,p}$$

$$D^*, h^*$$

Formulas utilizadas en el calculo

Metodología para La Evaluación Completa o Fase B:

La principal ventaja del Método de la Evaluación Completa es que mediante la aplicación de una estadística creamos la propia desviación estándar del receptor GNSS, que comparada con la que dicta el fabricante, permite en forma casi absoluta predecir su comportamiento dentro de un proyecto determinado. Con este método, debemos tomar **tres series de mediciones con una separación de al menos 90 minutos entre cada serie**. Este tiempo entre series se considera suficiente para que la geometría de los satélites cambie, y también cambien parámetros de Ionosfera, Troposfera y multireflectión local. Sumando los tiempos de medición mas los tiempos de espera, la Evaluación Completa toma al menos 5 horas de estadía con mediciones de campo, mas la instalación del equipo.

	seq	N1 (m)	E1 (m)	H1 (m)	N2 (m)	E2 (m)	H2 (m)
$\bar{x}_y = \frac{1}{15} \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 x_{s,p,r}$ $\bar{y}_y = \frac{1}{15} \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 y_{s,p,r} \quad r=1,2$ $\bar{h}_y = \frac{1}{15} \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 h_{s,p,r}$	1	1200.003	1100.011	900.020	1202.001	1100.01	900.010
	2	1200.011	1100.010	900.021	1202.010	1100.010	900.010
	3	1200.010	1100.010	900.010	1202.010	1100.001	900.001
	4	1200.012	1100.01	900.001	1202.02	1100.012	900.010
	5	1200.002	1100.002	900.001	1202.02	1100.010	900.001
	6	1200.011	1100.011	900.011	1202.010	1100.001	900.010
	7	1200.001	1100.010	900.021	1202.010	1100.010	900.010
	8	1200.001	1100.002	900.010	1202.002	1100.001	900.001
	9	1200.001	1100.011	900.001	1202.002	1100.011	900.010
	10	1200.010	1100.002	900.002	1202.004	1100.010	900.002
	11	1200.002	1100.011	900.004	1202.001	1100.001	900.010
	12	1200.001	1100.010	900.001	1202.010	1100.010	900.010
	13	1200.012	1100.001	900.001	1202.010	1100.001	900.001
	14	1200.010	1100.001	900.001	1202.002	1100.001	900.002
	15	1200.001	1100.001	900.007	1202.003	1100.010	900.010

Procederemos a calcular en primer lugar el promedio de cada columna, por lo que tendremos seis promedios, que utilizaremos, para calcular los residuos, que son la diferencia entre el promedio y las mediciones realizadas.

$$\sum r_x^2 = \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 \sum_{r=1}^2 r_{x,s,p,r}^2 \quad s_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{\nu_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}}$$

$$\sum r_y^2 = \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 \sum_{r=1}^2 r_{y,s,p,r}^2 \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{\nu_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}}$$

$$\sum r_k^2 = \sum_{s=1}^3 \sum_{p=1}^5 \sum_{r=1}^2 r_{k,s,p,r}^2 \quad s_k = \sqrt{\frac{\sum r_k^2}{\nu_k}} = \sqrt{\frac{\sum r_k^2}{28}}$$

$\nu_x = \nu_y = \nu_k = (s * p - 1) * r$ donde
 $s = \text{series} = 3$ $p = \text{pares} = 5$
 $r = \text{Rovers} = 2$ por lo tanto:
 $\nu_x = \nu_y = \nu_k = 28$

$$\text{PromN1} := \text{mean}(N1) = 1200.00587 \text{ m}$$

$$\text{PromN2} := \text{mean}(N2) = 1202.008 \text{ m}$$

$$\text{PromE1} := \text{mean}(E1) = 1100.007 \text{ m}$$

$$\text{PromE2} := \text{mean}(E2) = 1100.007 \text{ m}$$

$$\text{PromH1} := \text{mean}(H1) = 900.007 \text{ m}$$

$$\text{PromH2} := \text{mean}(H2) = 900.007 \text{ m}$$

Calculo de los Residuos y las Sumas de sus Cuadrados

$$\text{ResN1} := \text{mean}(N1) - N1$$

$$\text{ResN2} := \text{mean}(N2) - N2$$

$$\text{RsqrN1} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResN1}(t))^2 = 0.00034 \text{ m}^2$$

$$\text{RsqrN2} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResN2}(t))^2 = 0.00056 \text{ m}^2$$

$$\text{ResE1} := \text{mean}(E1) - E1$$

$$\text{ResE2} := \text{mean}(E2) - E2$$

$$\text{RsqrE1} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResE1}(t))^2 = 0.00029 \text{ m}^2$$

$$\text{RsqrE2} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResE2}(t))^2 = 0.00032 \text{ m}^2$$

$$\text{ResH1} := \text{mean}(H1) - H1$$

$$\text{ResH2} := \text{mean}(H2) - H2$$

$$\text{RsqrH1} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResH1}(t))^2 = 0.00084 \text{ m}^2$$

$$\text{RsqrH2} := \sum_{t=0}^{14} (\text{ResH2}(t))^2 = 0.00027 \text{ m}^2$$

$$\text{gradoslibertad} := 28$$

$$\text{sigmaSqN} := \frac{(\text{RsqrN1} + \text{RsqrN2})}{\text{gradoslibertad}} = 0.00003 \text{ m}^2$$

$$\text{sigmaN} := \sqrt{\text{sigmaSqN}} = 0.0056 \text{ m}$$

$$\text{sigmaSqE} := \frac{(\text{RsqrE1} + \text{RsqrE2})}{\text{gradoslibertad}} = 0.00002 \text{ m}^2$$

$$\text{sigmaE} := \sqrt{\text{sigmaSqE}} = 0.0047 \text{ m}$$

$$\text{sigmaSqH} := \frac{(\text{RsqrH1} + \text{RsqrH2})}{\text{gradoslibertad}} = 0.00004 \text{ m}^2$$

$$\text{sigmaH} := \sqrt{\text{sigmaSqH}} = 0.0063 \text{ m}$$

$$\text{Stdev}(\text{ResN1}, \text{ResN2}) = 0.0055 \text{ m} \quad \text{Stdev}(\text{ResE1}, \text{ResE2}) = 0.0046 \text{ m} \quad \text{Stdev}(\text{ResH1}, \text{ResH2}) = 0.0062 \text{ m}$$

Desviaciones Estandar tomadas directamente de MathCad para comparacion de calculos.

Calculo del ISO 17123-8

$$\text{Iso17123_8_Coord} := \sqrt{(\text{sigmaN}^2 + \text{sigmaE}^2)} = 0.00733 \text{ m}$$

$$\text{Iso17123Alt} := \text{sigmaH} = 0.006 \text{ m}$$

Posterior al calculo de valor por el estandar, se procede a realizar, entre otras las siguientes preguntas

$$S_{ISO_RTK_{xy}} \leq \sigma_{xy} * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(\nu_x + \nu_y)}{\nu_x + \nu_y}}$$

$$S_{ISO_RTK_{xy}} \leq \sigma_{xy} * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(56)}{56}}$$

$$\chi^2_{0.95}(56) = 74.47$$

$$S_{ISO_RTK_{xy}} \leq \sigma_{xy} * \sqrt{\frac{74.47}{56}} \leq \sigma_{xy} * 1.15$$

a.- Es el Calculo obtenido del ISO 17123-8 en X,Y, menor o igual que el que prescribe la casa manufacturera ?

Esta es una simple prueba de hipotesis, y para su resolución buscamos en las tablas de la distribución Chi Cuadrado, para el 95% de confianza y 56 grados de libertad. Reemplazamos en la expresion, operamos los grados de libertad y vemos al final que solo nos queda el factor 1.15 que multiplicamos la desviacion estándar suministrada por el fabricante, o la desviación estandar del proyecto donde queramos incluir nuestro equipo GNSS. En nuestro caso vemos que el estandar calculado es menor que 1.15 * 10 mm=11.5 mm. Lo que garantiza que el receptor GNSS que realizó la prueba cumple en X, Y con el ISO 17123-8.

$$Iso17123_8_Coord = 0.007 \text{ m}$$

Precision de origen segun fabrica = +- 10 mm + 1 ppm = 11 mm.

Valor de Chi Cuadrado con Probabilidad del 95% y 56 grados de libertad $qchisq(.95, 56) = 74.468$

$$Valor_determinante := \left(\sqrt[2]{\left(\frac{qchisq(.95, 56)}{56} \right)} \right) \cdot 11 = 12.685 \text{ mm.}$$

Observamos claramente que los valores obtenidos del ISO RTK 17123_8, por la observaciones, es menor que el valor prescrito por el estandar, por lo que CONFIRMAMOS que nuestro receptor cumple con las normas del fabricante.

$$S_{ISO_RTK_h} \leq \sigma_h * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(\nu_h)}{\nu_h}}$$

$$S_{ISO_RTK_h} \leq \sigma_h * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(28)}{28}}$$

$$\chi^2_{0.95}(28) = 41.34$$

$$S_{ISO_RTK_h} \leq \sigma_h * \sqrt{\frac{41.34}{28}} \leq \sigma_h * 1.22$$

b.- Es el Calculo obtenido del ISO 17123-8 en h, ¿ Menor o igual que el prescrito por sus especificaciones originales ?

Realizamos exactamente el mismo calculo que en la prueba de hipotesis anterior, pero esta vez buscamos en las tablas de Chi Cuadrado con solo 28 grados de libertad y concluimos que las pruebas realizadas con el receptor GNSS, indican que en altura también cumple con las especificaciones originales.

$$Iso17123Alt = 0.006 \text{ m}$$

Precision de origen segun fabrica en Altura= +- 15 mm + 1 ppm = 16 mm.

Valor de Chi Cuadrado con Probabilidad del 95% y 28 grados de libertad $qchisq(.95, 28) = 41.4$

$$Valor_determinante := \left(\sqrt[2]{\left(\frac{qchisq(.95, 28)}{28} \right)} \right) \cdot 16 = 19.441 \text{ mm.}$$

Observamos claramente que los valores obtenidos del ISO RTK 17123_8, en Altura, por la observaciones, es menor que el valor prescrito por el estandar, por lo que CONFIRMAMOS que nuestro receptor cumple con las normas del fabricante.

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}} (\hat{v}_x + \hat{v}_y, v_x + v_y) \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_{xy}}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_{xy}}} \leq F_{1-\alpha/2} (\hat{v}_x + \hat{v}_y, v_x + v_y)$$

$$\frac{1}{F_{0.975(56,56)}} \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_{xy}}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_{xy}}} \leq F_{1-\alpha/2} (56, 56)$$

$$F_{0.975(56,56)} = 1.70 \quad 0.59 \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_{xy}}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_{xy}}} \leq 1.70$$

c.- Dos muestras de ISO 17123-8 X, Y, tomadas con diferentes instrumentos, o calculadas en forma independiente, pertenecen a la misma poblacion ?

Esta formula a pesar de su complejidad aparente, es un simple cociente de dos varianzas, con valores limites a la derecha e izquierda de la distribucion de Fisher, según grados de

libertad, para lo cual vemos que tomaron de las TABLAS de Fisher, los valores que corresponden a 56 grados de libertad. En consecuencia tenemos que el entorno de nuestra razon de varianzas, está entre 0.59 y 1.70. Esta pregunta, es de interes cuando se utilizan receptores que han sido evaluados en forma independiente, ya que generalmente se mide con pares de receptores de la misma marca, con características casi iguales. También es conveniente realizarla en el caso de una campaña donde participen multitud de receptores, por lo general de diferentes marcas, pero similares en tecnología, por lo que conviene esta evaluación con la distribución de Fisher a fin de estar seguros de que

Distribucion de Fisher para probabilidad del 97.5% y 56 grados de libertad

$$qF(.975, 56, 56) = 1.698$$

Este es el limite de la derecha en la expresion.

$$\frac{1}{qF(.975, 56, 56)} = 0.589$$

Este es el limite de la izquierda en la expresion.

Realizamos la misma pregunta para la precision Vertical.

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}} (\hat{v}_k, v_k) \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_k}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_k}} \leq F_{1-\alpha/2} (\hat{v}_k, v_k)$$

$$\frac{1}{F_{0.975(28,28)}} \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_k}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_k}} \leq F_{1-\alpha/2} (28, 28)$$

$$F_{0.975(28,28)} = 2.13 \quad 0.47 \leq \frac{S^2_{-ISO_RTK_k}}{\hat{S}^2_{-ISO_RTK_k}} \leq 2.13$$

d.- Dos muestras de ISO 17123-8 h, tomadas con diferentes instrumentos, o calculadas en forma independiente, pertenecen a la misma poblacion ?

Hacemos exactamente como en la pregunta anterior, vemos el valor que tomaron de las tablas de Fisher, pero ahora con sólo 28 grados de libertad, y vemos que es 2.13. Por lo tanto los valores extremos entre los que la razón las varinzas, para que se cumpla la hipotesis deben estar entre 0.47 y 2.13. Y concluimos que los valores de nuestras muestras nos permiten usar los equipos en el mismo experimento, ya que estan dentro del rango permitido.

Distribucion de Fisher para probabilidad del 97.5% y 28 grados de libertad

$$qF(.975, 28, 28) = 2.13$$

Este es el limite de la derecha en la expresion.

$$\frac{1}{qF(.975, 28, 28)} = 0.47$$

Este es el limite de la izquierda en la expresion.

Conclusiones.

El ISO 17123-8 nos permite realizar un diagnóstico fiel y preciso de las condiciones en que se encuentra un Receptor GNSS RTK, asumiendo que en la prueba, las condiciones ambientales sean favorables. Asimismo el ISO integra cualquier modalidad RTK disponible al momento, bien sea de Red Geodésica RTK, NTRIP, Virtual o FSK, o simplemente por conexión UHF, con tal de que el receptor pueda medir en Tiempo Real. El receptor GNSS lo tratamos aquí como un conjunto, pero a veces un simple cable o el conector ruidoso de la antena, puedan ser los responsables de que ese conjunto no funcione en absoluto, por lo que posterior a esta evaluación por el ISO, en caso de resultados negativos, debemos buscar y usar las mejores estrategias para aislar el componente, que degrada en forma solemne nuestras observaciones. También queremos hacer notar que actualmente en MECINCA, ejercitamos el ISO 17123-8 en los receptores RTK, y que adicionalmente realizamos evaluaciones a los receptores GPS, en la modalidad Estático Rápido y Stop & Go, con series similares a las usadas en el ISO 17123-8, a fin de conocer en forma fehaciente el comportamiento de un receptor o grupo de los mismos, que participan en campañas Geodésicas, Sísmicas o Cartográficas dentro del ámbito nacional. Finalmente, debemos advertir a título informativo, que las pruebas de calibración y homologación que se le realizan a los equipos GNSS en el laboratorio, son algo más complejas que las mostradas en el ISO 17123-8, ya que comprenden rutinas de chequeo del reloj maestro como la varianza de Allen, la relación SNR en los canales receptores, prueba de Distancia o Baseline Cero, el consumo de corriente, y muchas otras, que en su mayoría dependen del programa del fabricante del equipo GNSS, pero que al final es el ISO 17123-8 el que generosamente nos va a dictar si todos estos procedimientos realizados trabajan en forma conjunta.

Referencias:

- 1.-ISO 17123-8. International Estándar. First Edition 2007. ISO Switzerland
- 2.-Accuracy Standards for Positioning, Version 1.0. Geomatics Canada. Septiembre 1966.
- 3.-Good Norm for RTK-Services and GNSS Survey Practice in Denmark. Casper JEPSEN and Marianne KNUDSEN, Denmark. FIG Working week. 2008.
- 4.-The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems. Hans HEISTER, Germany. FIG Working week 2008
- 5.-El DIN 18753 en la Calibración de Estaciones Totales y Teodolitos. A. Marquez, MECINCA 2000.
- 6.-Standards, Best Practice, Testing and Calibration in Global Navigation Satellite System (GNSS). European Synchrotron Radiation Facility. FIG Working week 2008