



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CALIBRACIÓN DE LA TCR-805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

Alumno: Luis Salvador Martínez Gázquez

Tutor: D. José Luis de la Cruz González.
Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría.

Octubre, 2016



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Grado en Ingeniería Geomática y Topográfica

Don Jose Luis de la Cruz González , tutor del Trabajo Fin de Grado titulado:
Calibración de la TCR-805 para el Estudio de Errores Accidentales, que presenta
Luis Salvador Martínez Gázquez, autoriza su presentación para defensa y
evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Octubre de 2016

El alumno:

Luis Salvador Martínez Gazquez

El tutor:

Jose Luis de la Cruz González

ÍNDICE.

1. MEMORIA.

1.1.	Introducción y objetivo del proyecto.	2
1.2.	Localización del proyecto.	2
1.3.	Instrumentación y material empleado	7
1.4.	ISO 17123.	9
1.4.1.	ISO 17123-3.	
	▪ Método de prueba simplificado.	
	▪ Método de prueba completo	
	▪ Medida de ángulos horizontales.	
	▪ Medida de ángulos verticales.	
1.4.2.	ISO 17123-5.	
	▪ Método de prueba simplificado.	
	▪ Método de prueba completo.	
1.5.	Metodología empleada y adoptada.	19
1.6.	Resumen del presupuesto final.	20

2. ANEJO I: DATOS DE CAMPO.

2.1.	Observación de ángulos horizontales.	22
2.2.	Observación de ángulos verticales.	24
2.3.	Observación de coordenadas.	26

3. ANEJO II: FORMULACIÓN EMPLEADA, CÁLCULOS Y TEST DE CALIBRACIÓN.

- 3.1. Formulación empleada. 30
- 3.1.1. Medida de ángulos horizontales.
 - 3.1.2. Medida de ángulos verticales.
 - 3.1.3. Medida de coordenadas.
 - Precisión de las coordenadas X e Y.
 - Precisión de la coordenada Z.

- 3.2. Cálculos. 37
- 3.2.1. Ángulos horizontales.
 - Comprobaciones.
 - 3.2.2. Ángulos verticales.
 - Comprobaciones.
 - 3.2.3. Desviaciones estándar experimentales angulares.
 - 3.2.4. Coordenadas.
 - 3.2.5. Desviaciones estándar experimentales de las coordenadas.

- 3.3. Test de calibración. 60
- 3.3.1. Ángulos horizontales.
 - 3.3.2. Ángulos verticales.
 - 3.3.3. Coordenadas.

4. CONCLUSIONES. 66

5. PRESUPUESTO. 69

- 5.1. Justificación de precios de recursos humanos.
- 5.2. Justificación de precios de recursos materiales.
- 5.3. Cuadro de precios número 1.
- 5.4. Cuadro de precios número 2.
- 5.5. Presupuesto de ejecución material.
- 5.6. Presupuesto de ejecución por contrata o licitación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

MEMORIA

1.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo del presente proyecto es llevar a cabo la calibración de la Estación Total Leica TCR-805, para obtener las desviaciones típicas en coordenadas y las desviaciones típicas angulares de dicha Estación Total.

Para ello se aplicará la norma ISO 17123. Más concretamente se utilizarán los apartados 3 y 5 de dicha norma.

Se empleará la norma ISO 17123-3 para obtener las desviaciones típicas del instrumento en ángulos horizontales y verticales.

Se empleará la norma ISO 17123-5 para la obtención de las desviaciones típicas de las coordenadas ofrecidas por la Estación Total, para ello se realizará el estudio mediante los resultados a 3 distancias distintas.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se llevó a cabo en el municipio de Peal de Becerro, en la provincia de Jaén.

Dicho municipio se encuentra al sureste de la provincia, a una distancia de 90 km de la capital y se encuentra próximo al parque natural “Cazorla y las Villas”.

Geográficamente se localiza en:

Longitud: 37° 54' 44" N.

Latitud: 3° 07' 27" O.

Altitud: 550 m.

Dicho municipio se encuentra en una llanura, luego era una zona ideal para la medición de ángulos horizontales y distancias.

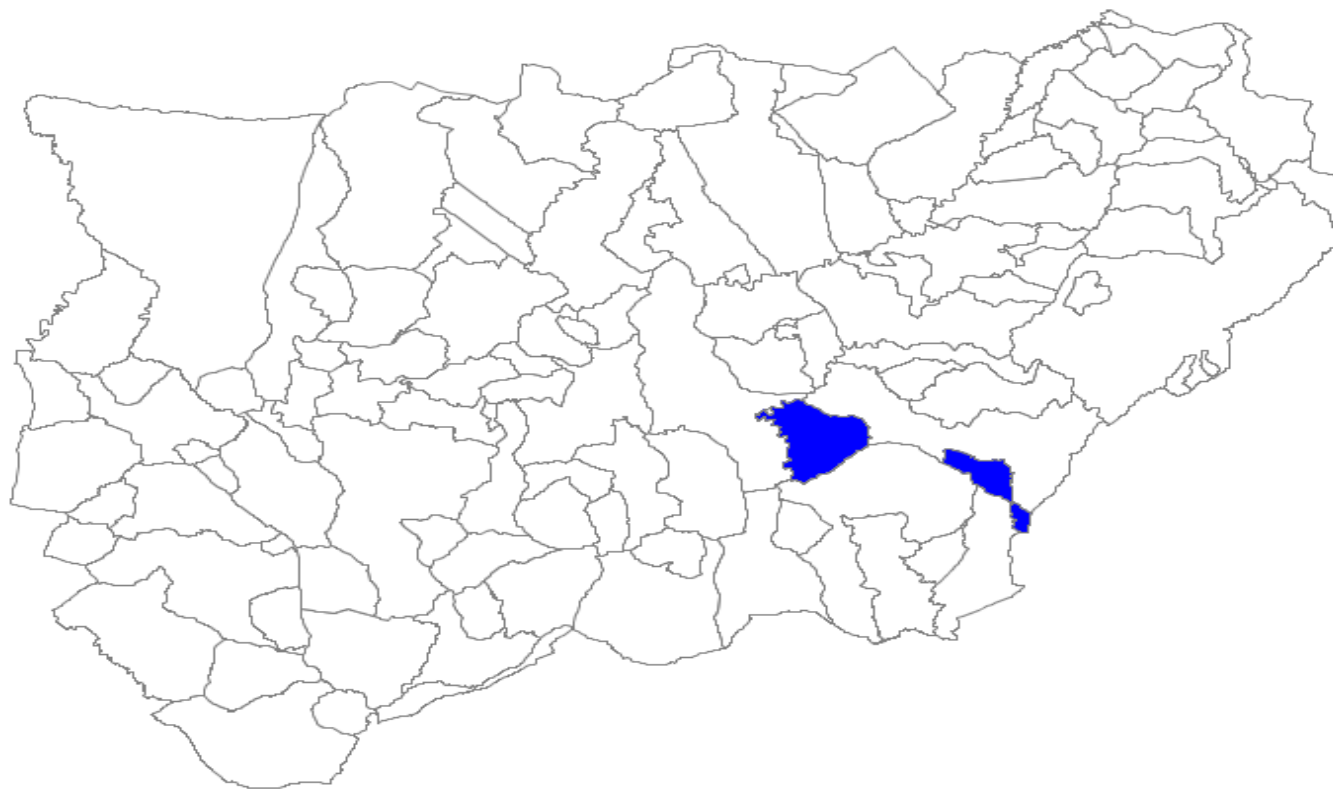
En las siguientes imágenes se muestra la situación nacional y provincial del municipio donde se llevó a cabo el proyecto, así como un plano de la zona dentro del municipio donde se llevaron a cabo las distintas observaciones.

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES



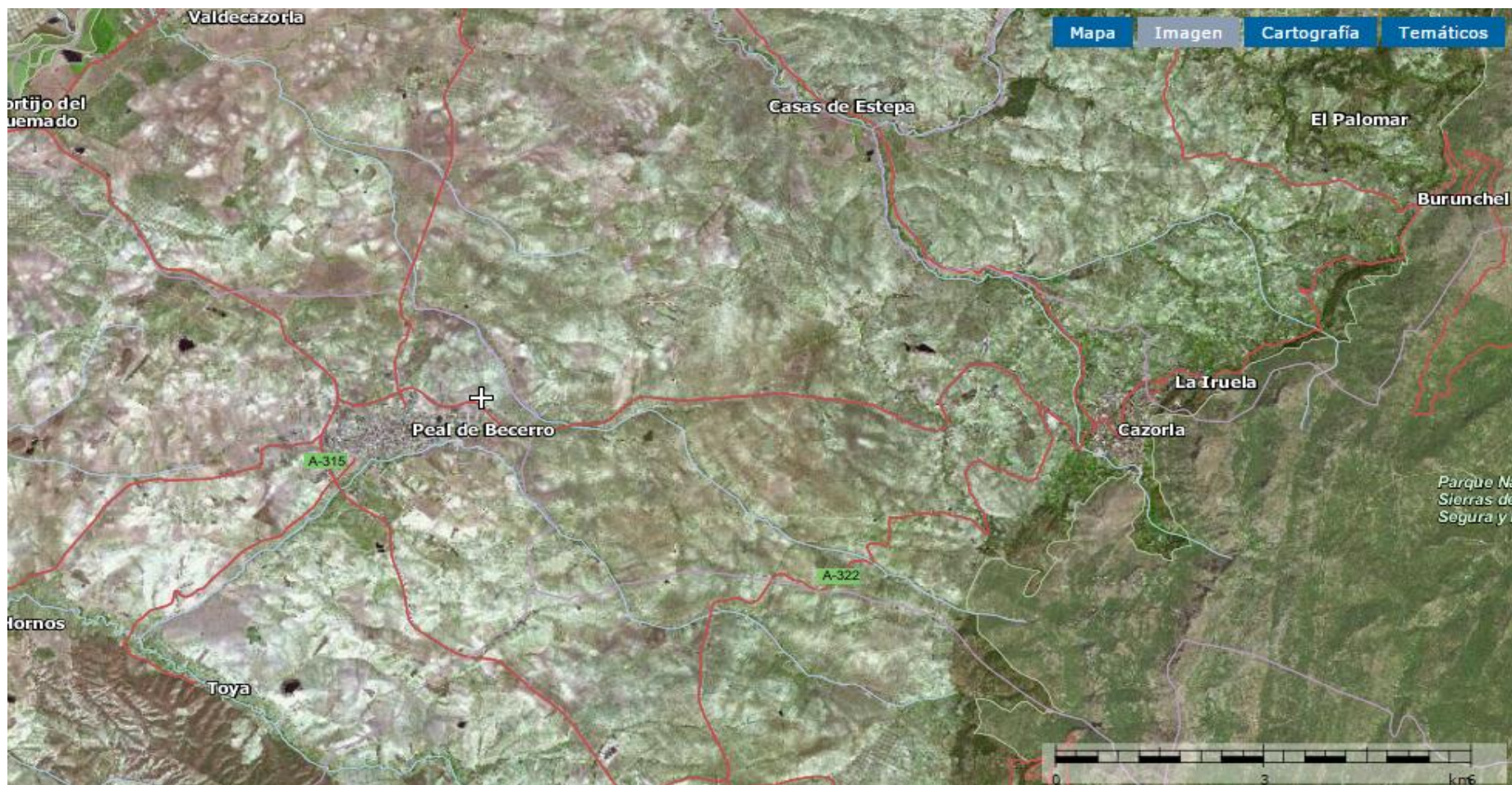
Localización del municipio en el ámbito nacional. Imagen obtenida del Geoportal SignA (Sistema de Información Geográfica Nacional) del Instituto Geográfico Nacional.

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES



Localización el municipio en el ámbito provincial. Mapa creado con ArcGIS.

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES



Localización del municipio en el ámbito comarcal. Imagen obtenida del Geoportal SignA (Sistema de Información Geográfica Nacional) del Instituto Geográfico Nacional.

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES



Localización de la zona de realización del proyecto. Imagen obtenida del visor Iberpix del Instituto Geográfico Nacional.

1.3 INSTRUMENTACIÓN Y MATERIAL EMPLEADO.

Para llevar a cabo el proyecto se ha utilizado la siguiente instrumentación y material:

- Estación Total Leica TCR-805: concretamente la TCR-805 N°3.



- Trípode.



- Jalón y Prisma.



- Flexómetro.



- Estacas.



1.4 ISO 17123: PROCEDIMIENTOS DE CAMPO PARA EVALUAR INSTRUMENTOS GEODÉSICOS Y TOPOGRÁFICOS.

A continuación se especifica el área de aplicación a las cuales están destinadas las dos partes de la norma y una serie de requisitos que son necesarios tener en cuenta.

- **Área de aplicación.**

Ambas partes de la norma ISO 17123, especifican los métodos seguidos para la determinación y evaluación de la precisión de teodolitos (ISO 17123-3) y taquímetros electrónicos (ISO 17123-5).

Dichos procedimientos están destinados a ser verificaciones de campo de la idoneidad de un instrumento topográfico en particular, para la tarea en cuestión y para satisfacer otros estándares.

No se proponen como procedimientos para la aceptación o evaluación de rendimiento, que son más de carácter integral.

- **Requisitos**

Antes de comenzar con las observaciones, el operador debe asegurarse de que la precisión del equipo de medición empleado para las observaciones es apropiada para que dicho equipo sea usado.

El resultado de estos procedimientos son influenciados por las condiciones meteorológicas, luego es seria favorable observar con condiciones climáticas aceptables.

Si se realizan estas pruebas en laboratorios, los resultados apenas están influenciados por las condiciones meteorológicas, pero el coste de llevar a cabo dichos procedimientos en laboratorios, es muy elevado. Además, las pruebas llevadas a cabo en laboratorio dan precisiones muy superiores a las que se pueden obtener si se realizan dichos procedimientos en campo.

En ambas partes de la norma, la 17123-3 y la 17123-5 se describen dos procedimientos diferentes para observar en campo, siendo el propio operador el que deberá elegir cual procedimientos es más relevante según los requisitos que le exija el proyecto.

1.4.1 ISO 17123-3.

MÉTODO DE PRUEBA SIMPLIFICADO.

Este método de prueba comprueba si la precisión de la medición del equipo utilizado por un operador es apropiada para llevar a cabo medidas. Nos proporciona una estimación de la precisión de un teodolito.

El método de prueba simplificado se basa en un número limitado de medidas, por lo tanto la desviación estándar calculada experimentalmente solo puede obtener una orientación en el rango de precisión de la medición alcanzable durante el uso rutinario.

Si se requiere una evaluación más precisa del instrumento de medida, se recomienda emplear el método de prueba completo, que es más riguroso, en el cual se proponen las bases de las pruebas estadísticas, las cuales no se proponen en un método de ensayo simplificado.

MÉTODO DE PRUEBA COMPLETO.

Este método de prueba se realiza cuando quiere determinarse mejor la medida de la precisión de un teodolito en particular en campo.

El método tiene como objetivo determinar la desviación estándar experimental de los ángulos horizontales y verticales:

$$\delta_{ISO-THEO-HZ}, \delta_{ISO-THEO-V}$$

Se puede utilizar para determinar:

- La precisión de la medida de teodolitos efectuada por un único equipo de observación con un solo instrumento en un momento dado.
- La precisión la medida de un único instrumento en condiciones temporales.
- La precisión de la medida de cada teodolito para llevar a cabo una comparación de sus respectivas precisiones obtenidas en condiciones de campo similares.

Es conveniente aplicar estadísticos para determinar si la desviación estándar experimental obtenida, S , pertenece a la desviación estándar del instrumento, σ .

MEDIDA DE ÁNGULOS HORIZONTALES.

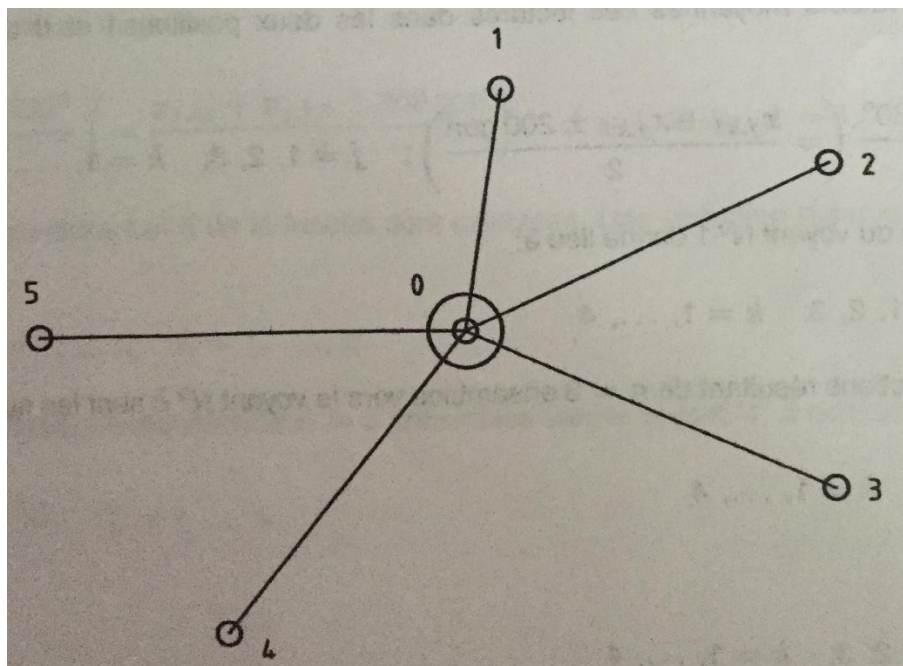
Configuración del terreno de observación.

El terreno donde se vaya a llevar a cabo las observaciones de los ángulos horizontales debe de tener si es posible el horizonte lo más despejado posible.

Para el método de prueba simplificado se observaran 4 puntos y para el método completo 5 puntos. Dichos puntos deben estar separados una distancia entre 100 m y 250 m y estar situados en intervalos regulares.

Dichos puntos deben ser claramente identificables y observados sin confusión.

En la siguiente imagen se muestra cual sería una correcta distribución de los puntos para la medida de ángulos horizontales.



Distribución de los puntos para la medida de ángulos horizontales.

Medidas.

Para el método simplificado se realiza una única serie de medidas. Mientras que para el método completo se realizan cuatro series de medidas.

Cada serie de medidas está compuesta por tres sub-series y en cada sub-serie se observa a cuatro puntos (método simplificado) o a cinco puntos (método completo).

La forma de observación de una subserie sería la siguiente es la siguiente:

1. Estacionamos en un punto (0).
2. Visamos al punto 1, en círculo directo, y anotamos su lectura horizontal.
3. Realizamos el mismo proceso con los puntos 2, 3, 4 y 5 anotando su lectura horizontal en círculo directo.
4. Visamos al punto 5, en círculo inverso y anotamos su lectura horizontal.
5. Realizamos el mismo proceso con los puntos 4, 3, 2 y 1 anotando su lectura horizontal en círculo inverso.

Finalizada la observación de la primera subserie, giramos el limbo $1/3$ y repetimos el mismo proceso de observación. Debemos de tener en cuenta que entre cada subserie se ha de girar el limbo y volver a estacionar sobre el punto (0).

Cálculos.

Este apartado será desarrollado y especificado más concretamente en el Anejo II de cálculos y test de calibración.

MEDIDA DE ÁNGULOS VERTICALES.

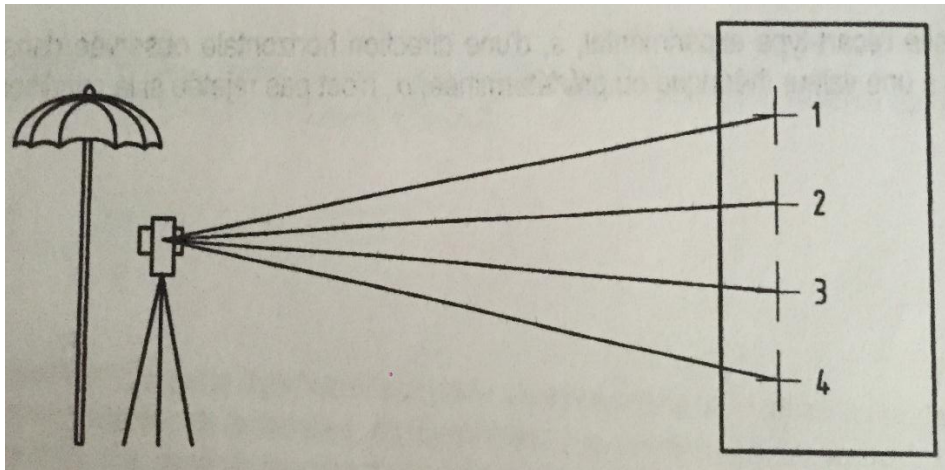
Configuración del terreno de observación.

El teodolito debe colocarse a una distancia aproximada de 50 metros de un edificio.

Se visaran elementos bien definidos de dicho edificio, como pueden ser esquinas de ventanas, esquinas de ladrillos, piezas de antenas o algún tipo de marca o tornillos que puedan contener la fachada del edificio.

Dichos puntos deben cubrir un rango de 30° aproximadamente entre puntos.

En la siguiente imagen se muestran como deberían estar distribuidos los puntos para la medida de ángulos verticales.



Distribución de los puntos para la medida de ángulos verticales.

Medidas.

Antes de comenzar la observación, sería adecuado dejar que el instrumento se aclimate a la temperatura ambiente.

Para el método simplificado, deberíamos de realizar una única serie de observación, compuesta por tres subseries, en cada una de las cuales se observan a los cuatro puntos definidos previamente del edificio.

Para el método compuesto, se debería de llevar a cabo la observación de cuatro series, compuestas estas también por tres subseries cada una.

El proceso de observación de una serie sería el siguiente:

1. Estacionamos en un punto, el cual se encuentre a una distancia aproximada de 50 metros del edificio. Seguidamente marcamos o identificamos cuales van a ser los cuatro puntos a los que se van a realizar las punterías.
2. Una vez estacionados, en círculo directo, se visa a los puntos 1, 2, 3 y 4, en el mismo orden que han sido mencionados, anotando su lectura vertical.
3. En círculo inverso, se visa a los puntos 4, 3, 2, 1 en dicho orden y anotando su lectura.
4. Se repite el mismo proceso, dos veces, desde el apartado 2 mencionado anteriormente, y esa sería la observación de una serie.

Cálculos.

Este apartado será desarrollado y especificado más concretamente en el Anejo II de cálculos y test de calibración.

1.4.2 ISO 17123-5.

MÉTODO DE PRUEBA SIMPLIFICADO.

Resumen.

Este método de prueba se basa en un número limitado de medidas. Se basa en la medida de las coordenadas **X**, **Y**, **Z** en un campo de ensayo sin valores nominales.

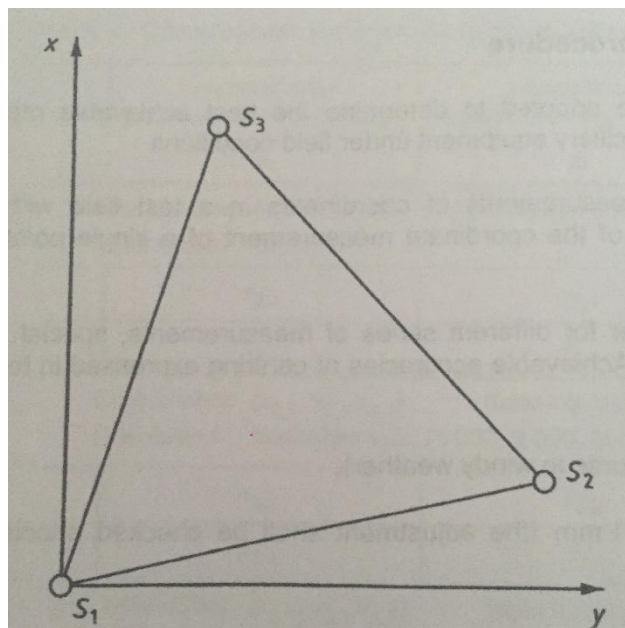
Debido a la influencia de la refracción atmosférica, la precisión de las coordenadas **X** e **Y** no es igual a la precisión de las coordenadas **Z**. Por lo tanto la precisión se calcula por separado. La máxima diferencia se calcula como un indicador de la precisión.

No se puede obtener una desviación estándar significativa con este método. Si se requiere obtener una evaluación más precisa de dicha estación total, se ha de emplear el método de prueba completo.

Configuración del terreno de observación.

Se establece un triángulo, donde se estacionará en cada uno de los vértices de dicho triángulo.

Las longitudes de los lados del triángulo se elegirán en función del operador, aproximadamente debe estar comprendida entre 100 y 200 metros.



Triángulo de observación.

Las alturas, Z_j , de los puntos se deben elegir con la mayor variabilidad de cota posible, es decir, elegir puntos con diferentes alturas, siempre que la superficie del suelo lo permita.

Medidas.

Antes de comenzar la observación ha de asegurarse que el instrumento está ajustado según lo especificado por el fabricante.

Todas las observaciones deben de medirse el mismo día. En el punto de estación **S₁** se establecerá un sistema de coordenadas arbitrario local, dándole el observador las coordenadas arbitrarias que desee a dicha estación **S₁**. El cero de la lectura horizontal, definirá el eje X.

Para cada estación, **S_i**, se medirán las coordenadas de los otros dos puntos (puntos destino) en el sistema de coordenadas locales. Los resultados de las medidas en la estación **S₁** se utilizarán como coordenadas de las estaciones **S₂** Y **S₃** para medidas posteriores.

Cálculos.

Las expresiones empleadas para llevar a cabo los cálculos de este método se especificarán más concretamente en el Anejo II de cálculos y test de calibración, si finalmente se adoptase utilizar este método para llevar a cabo el proyecto.

MÉTODO DE PRUEBA COMPLETO.

Resumen.

Este método se empleará cuando se requiera determinar la mejor medida de la precisión de una estación total, siempre en condiciones de campo, no de laboratorio.

Dicho procedimiento se basa en medidas de coordenadas de puntos en campo, sin valores nominales. La desviación estándar experimental de la medida de las coordenadas se determinará a partir de un ajuste por mínimos cuadrados.

Este método está diseñado para determinar el grado de precisión de una estación total en particular. La medida de la precisión se expresa en términos de las desviaciones de unas coordenadas medidas en:

$$\delta_{ISO-TACH-XY}, \delta_{ISO-TACH-Z}$$

Además este método puede ser empleado para determinar:

- El grado de precisión en el uso de estaciones totales por un único observador, teniendo en cuenta un solo instrumento (estación total) en un momento determinado.
- El grado de precisión de un instrumento usado durante mucho tiempo.

- El grado de precisión en el uso de varios instrumentos, con el fin de permitir una comparación de sus respectivas precisiones.

Se deben aplicar test estadísticos para determinar si las desviaciones estándar experimentales obtenidas están dentro de las desviaciones estándar teóricas de la propia estación.

Configuración del terreno de observación.

La configuración de terreno de trabajo, será la misma que el método simplificado, un triángulo. Las longitudes de los lados del triángulo se elegirán en función de la tarea de observación que se desee llevar a cabo.

Las altitudes de los vértices del triángulo de observación, deben ser tan diferentes como la propia superficie del terreno de observación nos permita.

Medidas.

Antes de comenzar las medidas, el instrumento ha de estar ajustado de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Todas las observaciones han de realizarse el mismo día.

Se llevarán a cabo tres series de medidas, en cada una de las cuales se estacionará en todos los vértices del triángulo.

Las coordenadas, X_j , Y_j , Z_j , para cada estacionamiento del instrumento se pondrán siempre a (0, 0, 0), esto quiere decir, que cada vez que estacionamos en uno de los vértices del triángulo, dicho vértice se convierte en el origen. Las coordenadas de los vértices del triángulo, se observara en círculo directo y círculo inverso. Los valores medios de dichas lecturas se anotaran del siguiente modo:

$$X_{i,j,k} = \frac{1}{2} (X_{i,j,k,I} + X_{i,j,k,II})$$

$$Y_{i,j,k} = \frac{1}{2} (Y_{i,j,k,I} + Y_{i,j,k,II})$$

$$Z_{i,j,k} = \frac{1}{2} (Z_{i,j,k,I} + Z_{i,j,k,II})$$

Donde i , es el número de serie, j el vértice de estación y k vértice observado.

Para la altura, Z , se tendrá en cuenta la altura del instrumento y la altura del prisma. Si se van a emplear dos prismas en la observación, es necesario que dichos prismas sean del mismo tipo y de tener la misma altura cuando se vaya realizar la observación.

La forma de observación de una serie es la siguiente:

- Estacionamos en el primer punto de cada triángulo.
- Visamos a los otros vértices del triángulo.
- Para cada punto de estación, giramos el limbo tres veces y se observa nuevamente a los puntos.
- Repetimos el mismo proceso para los otros dos vértices del triángulo.

En las siguientes tablas se muestra la secuencia que se debe seguir en las observaciones:

Punto	Serie	Vértice Estación	Vértice Visado
P ₁ - P ₂	1	1	2
P ₁ - P ₃	1	1	3
P ₂ - P ₁	1	2	1
P ₂ - P ₃	1	2	3
P ₃ - P ₁	1	3	1
P ₃ - P ₂	1	3	2

Punto	Serie	Vértice Estación	Vértice Visado
P ₁ - P ₂	2	1	2
P ₁ - P ₃	2	1	3
P ₂ - P ₁	2	2	1
P ₂ - P ₃	2	2	3
P ₃ - P ₁	2	3	1
P ₃ - P ₂	2	3	2

Punto	Serie	Vértice Estación	Vértice Visado
P ₁ - P ₂	3	1	2
P ₁ - P ₃	3	1	3
P ₂ - P ₁	3	2	1
P ₂ - P ₃	3	2	3
P ₃ - P ₁	3	3	1
P ₃ - P ₂	3	3	2

Cálculos.

Las expresiones empleadas para llevar a cabo los cálculos de este método se especificaran más concretamente en el Anejo II de cálculos y test de calibración, si finalmente se adoptase utilizar este método para llevar a cabo el proyecto.

1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA Y ADOPTADA.

Tras describir los distintos métodos que tienen las dos partes de la norma, las ISO 17123-3 y ISO 17123-5, me decanto por emplear los métodos de observación completos, tanto para la medida de ángulos horizontales como para la medida de coordenadas, puesto que como en la mismas normas específica, si se emplea el método simplificado, la precisión no es muy elevada, puesto que en este método solo se realiza una serie de observación.

Puesto que se requiere de cierta precisión, se emplean los métodos de observación completos, puesto que estos como ya se ha especificado anteriormente, tienen tres series de observación. Para la medida de ángulos verticales, se emplea el único método descrito en la ISO 17123-3.

Luego los métodos de observación que he adoptado y voy a emplear, expresados de forma resumida, son los siguientes:

- Medida de ángulos horizontales: método de prueba completo
- Medida de ángulos verticales: método especificado en la norma.
- Medida de coordenadas: método de prueba completo

1.6 RESUMEN DEL PRESUPUESTO FINAL.

En este apartado solo se muestra el coste final que llevaría llevar a cabo el proyecto. Posteriormente se explicarán más detalladamente los distintos costes. El presupuesto final de llevar a cabo un proyecto como este se refleja en la siguiente tabla:

Presupuesto de ejecución por contrata o licitación	
Presupuesto ejecución material total	3928
Gastos Generales (13%)	511,6
Beneficio Industrial (6%)	235,7
IVA (21%)	824.9
TOTAL con IVA	5500

El presupuesto para llevar a cabo el presente proyecto es de **CINCO MIL QUINIENTOS EUROS**.

Firmado, el Ingeniero autor del Proyecto:

D. Luis Salvador Martínez Gázquez.

ANEJO I. DATOS DE CAMPO.

2.1 OBSERVACIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES.

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos en las observaciones, de las distintas series realizadas, para la medida de ángulos horizontales.

Serie	Estación	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)
1	1	1	26,6324	226,6320
		2	78,5280	278,5258
		3	161,1911	361,1901
		4	257,6798	57,6763
		5	336,9874	136,9898
	2	1	289,1488	89,1477
		2	341,0410	141,0455
		3	23,7066	223,7046
		4	120,1920	320,1937
		5	199,5083	399,5079
	3	1	157,9364	357,9389
		2	209,8365	9,8344
		3	292,4901	92,4944
		4	388,9783	188,9798
		5	68,2979	268,2995

Datos correspondientes a la observación de la serie 1 de ángulos horizontales.

Serie	Estación	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)
2	1	1	289,0791	89,0809
		2	340,9759	140,9783
		3	23,6360	223,6361
		4	120,1260	320,1230
		5	199,4389	399,4408
	2	1	25,2989	225,2968
		2	77,1992	277,1953
		3	159,8535	359,8518
		4	256,3401	56,3429
		5	335,6553	135,6595
	3	1	156,0652	359,0681
		2	207,9644	7,9625
		3	290,6244	90,6220
		4	387,1120	187,1125
		5	66,4261	266,4282

Datos correspondientes a la observación de la serie 2 de ángulos horizontales.

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

Serie	Estación	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)
3	1	1	290,8235	90,8236
		2	342,7180	142,7197
		3	25,3819	225,3838
		4	121,8714	321,8712
		5	201,1790	1,1795
	2	1	23,7558	223,7522
		2	75,6501	275,6519
		3	158,3147	358,3173
		4	254,8002	54,7996
		5	334,1081	134,1098
	3	1	156,6587	356,6570
		2	208,5546	8,5563
		3	291,2193	91,2201
		4	387,7058	187,7055
		5	67,0100	267,0123

Datos correspondientes a la observación de la serie 3 de ángulos horizontales.

Serie	Estación	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)
4	1	1	25,5412	225,5411
		2	77,4369	277,4386
		3	160,1004	360,1001
		4	256,5807	56,5829
		5	335,9028	135,9031
	2	1	291,8607	91,8652
		2	343,7570	143,7591
		3	26,4217	226,4191
		4	122,9046	322,9077
		5	202,2233	2,2232
	3	1	156,6041	356,6015
		2	208,5001	8,5012
		3	291,1586	91,1592
		4	387,6408	187,6452
		5	66,9650	266,9637

Datos correspondientes a la observación de la serie 4 de ángulos horizontales

2.2 OBSERVACIÓN DE ÁNGULOS VERTICALES.

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos en las observaciones, de las distintas series realizadas, para la medida de ángulos verticales.

Serie	Estación	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)
1	1	1	93,9237	306,0759
		2	95,5796	304,4193
		3	99,1918	300,8088
		4	102,8121	297,1875
	2	1	93,9235	306,0761
		2	95,5798	304,4187
		3	99,1919	300,8078
		4	102,8120	297,1892
	3	1	93,9234	306,0758
		2	95,5795	304,4195
		3	99,1926	300,8074
		4	102,8119	297,1874

Datos correspondientes a la observación de la serie 1 de ángulos verticales.

Serie	Estación	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)
2	1	1	93,9235	306,0761
		2	95,5795	304,4193
		3	99,1922	300,8082
		4	102,8120	297,1874
	2	1	93,9233	306,0762
		2	95,5798	304,4197
		3	99,1921	300,8083
		4	102,8123	297,1888
	3	1	93,9237	306,0758
		2	95,5796	304,4194
		3	99,1917	300,8074
		4	102,8122	297,1881

Datos correspondientes a la observación de la serie 2 de ángulos verticales

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

Serie	Estación	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)
3	1	1	93,9235	306,0761
		2	95,5795	304,4193
		3	99,1922	300,8082
		4	102,8120	297,1874
	2	1	93,9233	306,0762
		2	95,5798	304,4197
		3	99,1921	300,8083
		4	102,8123	297,1888
	3	1	93,9237	306,0758
		2	95,5796	304,4194
		3	99,1917	300,8074
		4	102,8122	297,1881

Datos correspondientes a la observación de la serie 3 de ángulos verticales

Serie	Estación	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)
4	1	1	93,9233	306,0762
		2	95,5796	304,4195
		3	99,1924	300,8081
		4	102,8121	297,1876
	2	1	93,9231	306,0764
		2	95,5799	304,4196
		3	99,1920	300,8086
		4	102,8118	297,1885
	3	1	93,9235	306,0756
		2	95,5799	304,4196
		3	99,1921	300,8077
		4	102,8119	297,1884

Datos correspondientes a la observación de la serie 4 de ángulos verticales

2.3 OBSERVACIÓN DE COORDENADAS.

Triángulo de lados 5 metros.

Serie	Estación	Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1	2	5,316	2,422	1,12
		3	4,566	-3,728	6,561
2	1	2	5,314	2,423	1,118
		3	4,567	-3,726	6,559
3	1	2	5,315	2,423	1,121
		3	4,567	-3,727	6,558
1	2	3	-0,753	-6,152	5,515
		1	-5,315	-2,421	-1,431
2	2	3	-0,752	-6,153	5,509
		1	-5,314	-2,421	-1,33
3	2	3	-0,754	-6,153	5,518
		1	-5,314	-2,421	-1,428
1	3	1	-4,567	3,729	-6,365
		2	0,753	6,153	-5,452
2	3	1	-4,567	3,729	-6,389
		2	0,754	6,152	-5,441
3	3	1	-4,565	3,73	-6,387
		2	0,753	6,153	-5,456

Datos correspondientes a la observación de las coordenadas del triángulo de lados 5 metros.

Triángulo de lados 25 metros.

Serie	Estación	Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1	2	25,453	9,821	12,348
		3	35,142	-24,132	15,167
2	1	2	25,453	9,82	12,345
		3	35,145	-24,13	15,161
3	1	2	25,45	9,822	12,349
		3	35,144	-24,131	15,16
1	2	3	9,685	-33,956	13,249
		1	-25,454	-9,824	-12,356
2	2	3	9,687	-33,954	13,253
		1	-25,457	-9,822	-12,342
3	2	3	9,684	-33,957	13,257
		1	-25,455	-9,822	-12,357
1	3	1	-35,144	24,133	-15,168
		2	-9,684	33,957	-13,266
2	3	1	-35,142	24,134	-15,171
		2	-9,685	33,956	-13,27
3	3	1	-35,145	24,132	-15,162
		2	-9,683	33,958	-13,261

Datos correspondientes a la observación de coordenadas las del triángulo de lados 25 metros.

Triángulo de lados 50 metros.

Serie	Estación	Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1	2	49,953	20,321	46,475
		3	45,642	-34,632	51,492
2	1	2	49,952	20,322	46,478
		3	45,643	-34,63	51,49
3	1	2	49,952	20,322	46,469
		3	45,641	-34,633	51,494
1	2	3	-4,31	-54,956	49,352
		1	-49,952	-20,322	-46,392
2	2	3	-4,312	-54,954	49,359
		1	-49,951	-20,323	-46,399
3	2	3	-4,314	-54,957	49,361
		1	-49,952	-20,322	-46,412
1	3	1	-45,642	-34,632	-51,481
		2	4,312	54,953	-49,326
2	3	1	-45,64	-34,634	-51,486
		2	4,318	54,953	-49,328
3	3	1	-45,641	-34,633	-51,489
		2	4,315	54,951	-49,352

Datos correspondientes a la observación de coordenadas las del triángulo de lados 50 metros.

ANEJO II. FORMULACIÓN EMPLEADA, CÁLCULOS Y TEST DE CALIBRACIÓN.

3.1 FORMULACIÓN EMPLEADA.

Toda la formulación empleada en para realizar los cálculos del presente proyecto, está recogida y especificada en las dos partes de la norma ISO 17123 empleadas (ISO 17123-3, ISO 17123-5).

A continuación se describirá más específicamente las expresiones empleadas para llevar a cabo los cálculos para las medidas de ángulos horizontales, verticales y coordenadas.

3.1.1 MEDIDAS DE ÁNGULOS HORIZONTALES.

En primer lugar se debe tener en cuenta que cada serie, de las 4 series observadas, deben ser evaluadas por separado.

La evaluación de las medidas es el ajuste de ecuaciones de observación. En una serie i de medidas, una dirección es determinada por $x_{j,k,I}$ y $x_{j,k,II}$, es decir, las lecturas del ángulo horizontal en círculo directo ($x_{j,k,I}$) y círculo inverso ($x_{j,k,II}$). El subíndice k indica el punto que se está observando.

En primer lugar se determina el valor medio de las observaciones de los ángulos horizontales en círculo directo y círculo inverso. Para eso se emplea la siguiente expresión:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200^g}{2}$$

donde $j = 1,2,3$ indica la subserie y $k = 1,2,3,4,5$ indica las direcciones observadas.

Los valores $x_{j,k}$ calculados anteriormente se reducen en la dirección del primer punto, 1. Dichos valores se determinan:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}$$

donde $j = 1,2,3$; $k = 1, \dots, 5$

Los valores medios de las direcciones observadas se calculan:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \quad \text{donde } k = 1, \dots, 5$$

Las diferencias se determinan:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1,2,3; k = 1, \dots, 5$$

Para cada serie de medidas, se determinan el valor medio aritmético de las diferencias determinadas anteriormente:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5} \quad \text{donde } j = 1,2,3$$

Los residuos $r_{j,k}$ se determinan como:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1,2,3; k = 1, \dots, 5$$

El sumatorio de los residuos de cada subserie deber ser cero, y el sumatorio de los cuadrados de los residuos de las serie medidas es:

$$\sum r^2_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r^2_{j,k}$$

Para cada subserie (n=3) se tiene un grado de libertad:

$$v_i = (3 - 1) * (5 - 1) = 8$$

La desviación estándar experimental de una dirección $x_{j,k}$, observada en círculo directo e inverso, para una serie i de medidas, se calcula como:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r^2_i}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r^2_i}{8}}$$

La desviación estándar experimental, para un conjunto de series (m=4) se determina como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r^2_i}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r^2_i}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}}$$

$$v = 4 * v_i = 32$$

$$S_{ISO-HZ} = S$$

3.1.2 MEDIDAS DE ÁNGULOS VERTICALES.

Como en la medida de los ángulos horizontales, las series deben ser evaluadas por separado.

La evaluación de las medidas es el ajuste de ecuaciones de observación. En una serie i de medidas, una dirección es determinada por $x_{j,k,I}$ y $x_{j,k,II}$, es decir, las lecturas del ángulo vertical en círculo directo ($x_{j,k,I}$) y círculo inverso ($x_{j,k,II}$). El subíndice k indica el punto que se está observando.

Primeramente se determina el valor medio de las observaciones de los ángulos verticales en círculo directo y círculo inverso. Para eso se emplea la siguiente expresión:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 400^g}{2}$$

donde $j = 1,2,3$ indica la subserie y $k = 1,2,3,4$ indica los puntos observados.

Se calcula el error vertical para cada serie de medidas por separado:

$$\delta_i = \frac{1}{n * t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} - 400^g}{2}$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4}$$

Se determina el valor medio de los ángulos verticales:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \quad \text{donde } k = 1, \dots, 4$$

Los residuos:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4$$

El sumatorio de los cuadrados de los residuos:

$$\sum r^2_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r^2_{j,k}$$

Para cada subserie se tiene un grado de libertad de:

$$v_i = (3 - 1) * 4 = 8$$

La desviación estándar experimental de un punto, $x_{j,k}$, observado tanto en círculo directo como círculo inverso, para una determinada serie i de medidas, se calcula como:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r^2_i}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r^2_i}{8}}$$

La desviación estándar experimental, para un conjunto de series ($m=4$):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r^2_i}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r^2_i}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}}$$

$$v = 4 * v_i = 32$$

$$S_{ISO-V} = S$$

3.1.3 MEDIDA DE COORDENADAS.

Precisión de las coordenadas X e Y.

Para obtener resultados comparables de las tres series de medidas, es necesario transformar cada serie a la misma posición, por ejemplo, la primera serie con las primeras series.

Desde el primer punto de estacionamiento, S_1 , cuyas coordenadas son $x=0$, $y=0$, se lleva a cabo una traslación del conjunto de medidas, mediante:

$$x'_{i,j,k} = x_{i,j,k} - x_{i,j,1}$$

$$y'_{i,j,k} = y_{i,j,k} - y_{i,j,1}$$

$$\text{donde } i = j = k = 1, 2, 3$$

Para la primera serie de medidas, ($i=1$, $j=1$) no es necesaria la rotación. Por lo tanto las coordenadas transformadas por rotación de los otros dos vértices del triángulo, S_2 y S_3 , son obtenidas directamente de la traslación de coordenadas del conjunto $j=1$ de la serie $i=1$:

$$x''_{1,1,k} = x'_{1,1,k}$$

$$y''_{1,1,k} = y'_{1,1,k}$$

$$\text{donde } k = 2, 3$$

Para cada conjunto, $j=1, 2, 3$ de la serie $i=1, 2, 3$, se lleva a cabo una rotación, $\phi_{i,j}$ con el centro, S_1 . La forma más fácil de realizar esa rotación es mediante coordenadas polares. Para cada vértice, $k=2, 3$, sus coordenadas rectangulares son transformadas en coordenadas polares mediante las siguientes expresiones:

$$t'_{i,j,k} = \arctan \frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}}$$

$$s_{i,j,k} = \sqrt{x'^2_{i,j,k} + y'^2_{i,j,k}}$$

La orientación de cada grupo j , de series, i puede ser expresada por el valor medio:

$$t'_{i,j} = \frac{1}{2}(t'_{i,j,2} + t'_{i,j,3})$$

Luego el ángulo de rotación, y la nueva orientación son:

$$\varphi_{i,j} = t'_{1,1} - t'_{i,j}; \quad i = j = 1,2,3$$

$$t'_{i,j} = t'_{i,j,k} + \varphi_{i,j}$$

$$\text{donde } i = j = 1,2,3; k = 2,3$$

La transformación de coordenadas se calcula entonces como:

$$x''_{i,j,k} = s_{i,j,k} * \cos t_{i,j,k}$$

$$y''_{i,j,k} = s_{i,j,k} * \sen t_{i,j,k}$$

$$r_{x,i,j,k} = \overline{x''_k} - x''_{i,j,k}$$

Las coordenadas ajustadas de S₂ y S₃ son obtenidas:

$$\overline{x''_k} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 x''_{i,j,k}$$

$$\overline{y''_k} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y''_{i,j,k}$$

$$\text{donde } k = 2,3$$

Los 36 residuos del ajuste y la suma de los cuadrados de los residuos se calculan:

$$r_{x,i,j,k} = \overline{x''_k} - x''_{i,j,k}$$

$$r_{y,i,j,k} = \overline{y''_k} - y''_{i,j,k}$$

$$\sum r^2_{xy} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=2}^3 (r^2_{x,i,j,k} + r^2_{y,i,j,k})$$

Se tienen 8 parámetros de rotación y 4 coordenadas promedio de los vértices S₂ y S₃, luego el número de parámetros desconocidos en el ajuste es:

$$u=8+4=12.$$

El grado de libertad en el ajuste entonces es:

$$v_{x,y} = 36-12=24$$

La desviación estándar para unas coordenadas X, Y:

$$s_{X,Y} = \sqrt{\frac{\sum r_{X,Y}^2}{24}}$$

$$S_{ISO-ET-XY} = S_{XY}$$

Precisión de la coordenada Z.

La coordenada Z, en el vértice de estacionamiento, S₁, es cero, al igual que las coordenadas X e Y. Luego las coordenadas desconocidas son Z₂ y Z₃ en el procedimiento del ajuste y la diferencia de altura, δ, la altura del instrumento, i.

Un ajuste por mínimos cuadrados proporciona un sistema de ecuaciones normales con una solución explícita según las siguientes ecuaciones:

$$z_2 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

$$z_3 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} z_{1,1,2} + 2z_{1,1,3} - z_{1,2,1} + z_{1,2,3} - 2z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ z_{2,1,2} + 2z_{2,1,3} - z_{2,2,1} + z_{2,2,3} - 2z_{2,3,1} - z_{2,3,2} \\ z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - z_{3,2,1} + z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} - z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

Y la diferencia:

$$\delta = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} -z_{1,1,2} - z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ z_{2,1,2} - z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} - z_{2,3,2} \\ z_{3,1,2} - z_{3,1,3} - z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} - z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

Con estos tres parámetros, los 18 residuos del ajuste se calculan:

$$\begin{array}{lll} r_{1,1,2} = z_2 - \delta - z_{1,1,2} & r_{2,1,2} = z_2 - \delta - z_{2,1,2} & r_{3,1,2} = z_2 - \delta - z_{3,1,2} \\ r_{1,1,3} = z_3 - \delta - z_{1,1,3} & r_{2,1,3} = z_3 - \delta - z_{2,1,3} & r_{3,1,3} = z_3 - \delta - z_{3,1,3} \\ r_{1,2,1} = -z_2 - \delta - z_{1,2,1} & r_{2,2,1} = -z_2 - \delta - z_{2,2,1} & r_{3,2,1} = -z_2 - \delta - z_{3,2,1} \\ r_{1,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{1,2,3} & r_{2,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{2,2,3} & r_{3,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{3,2,3} \\ r_{1,3,1} = -z_3 - \delta - z_{1,3,1} & r_{2,3,1} = -z_3 - \delta - z_{2,3,1} & r_{3,3,1} = -z_3 - \delta - z_{3,3,1} \\ r_{1,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{1,3,2} & r_{2,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{2,3,2} & r_{3,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{3,3,2} \end{array}$$

La suma de los cuadrados de los residuos se obtiene:

$$\sum r^2_Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 r^2_{i,j,k}$$

La desviación estándar para una coordenada Z, de acuerdo con el grado de libertad, se calcula como:

$$V_Z = 18-3=15$$

$$s_Z = \sqrt{\frac{\sum r^2_Z}{15}}$$

$$S_{ISO-ET-Z} = S_Z$$

3.2 CÁLCULOS.

3.2.1 ÁNGULOS HORIZONTALES.

En las siguientes tablas, se muestran los cálculos realizados, sobre los ángulos horizontales medidos. Para ello se ha empleado la formulación del método completo de medida de ángulos horizontales, descrita anteriormente.

Serie 1.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 19°C.

Fecha: 04-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)	H ^g prom	Origen (°)	media x (°)				
	j	k	X _{j,k,I}	X _{j,k,II}	X _{j,k}	X ^I _{j,k}	X _k	d _{j,k} (′′)	d _j (′′)	r _{j,k} (′′)	r ² _{j,k} (′′) ²
1	1	1	26,6324	226,6320	26,6322	0,0000	0,0000	0,0	0,1	-0,1	0,00
		2	78,5280	278,5258	78,5269	51,8947	51,8958	1,1		1,1	1,14
		3	161,1911	361,1901	161,1906	134,5584	134,5568	-1,6		-1,7	2,82
		4	257,6798	57,6763	257,6781	231,0459	231,0440	-1,9		-2,0	3,85
		5	336,9874	136,9898	336,9886	310,3564	310,3591	2,7		2,6	6,95
		Σ	861,0187	1061,0140	861,0164	727,8554	727,8557	0,3			14,78
	2	1	289,1488	89,1477	289,1483	0,0000		0,0	-0,2	0,2	0,1
		2	341,0410	141,0455	341,0433	51,8950		0,8		1,1	1,1
		3	23,7066	223,7046	23,7056	134,5574		-0,6		-0,3	0,1
		4	120,1920	320,1937	120,1929	231,0446		-0,7		-0,4	0,2
		5	199,5083	399,5079	199,5081	310,3599		-0,7		-0,5	0,3
		Σ	973,5967	1173,5994	973,5981	727,8568		-1,1			1,7
	3	1	157,9364	357,9389	157,9377	0,0000		0,0	0,2	-0,2	0,0
		2	209,8365	9,8344	209,8355	51,8978		-2,0		-2,1	4,5
		3	292,4901	92,4944	292,4923	134,5546		2,2		2,0	4,1
		4	388,9783	188,9798	388,9791	231,0414		2,5		2,4	5,7
		5	68,2979	268,2995	68,2987	310,3611		-1,9		-2,1	4,5
		Σ	1117,5392	917,5470	1117,5431	727,8549		0,8			18,8

Cálculos realizados sobre la serie 1 de ángulos horizontales.

Serie 2.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 19°C.

Fecha: 04-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)	H ^g prom	Origen (°)	media x (°)				
	j	k	X _{j,k,I}	X _{j,k,II}	X _{j,k}	X' _{j,k}	x _k	d _{j,k(°)}	d _{j(°)}	r _{j,k(°)}	r ² _{j,k(°)}
2	1	1	289,0791	89,0809	89,0800	0,0000	0,0000	0,0	0,1	-0,1	0,0
		2	340,9759	140,9783	140,9771	51,8971	51,8978	0,7		0,6	0,4
		3	23,6360	223,6361	23,6361	134,5561	134,5558	-0,2		-0,3	0,1
		4	120,1260	320,1230	320,1245	231,0445	231,0446	0,1		0,0	0,0
		5	199,4389	399,4408	399,4399	310,3599	310,3600	0,1		0,1	0,0
		Σ	973,2559	1173,2591	973,2575	727,8575	727,8581	0,6			0,5
	2	1	25,2989	225,2968	225,2979	0,0000		0,0	0,1	0,2	0,1
		2	77,1992	277,1953	277,1973	51,8994		-1,6		-1,4	2,0
		3	159,8535	359,8518	159,8527	134,5548		1,0		1,2	1,5
		4	256,3401	56,3429	56,3415	231,0437		0,9		1,2	1,3
		5	335,6553	135,6595	135,6574	310,3596		0,4		0,6	0,4
		Σ	854,3470	1054,3463	854,3467	727,8574		0,7			5,3
	3	1	156,0652	356,0681	156,0667	0,0000		0,0	-0,3	-0,2	0,0
		2	207,9644	7,9625	207,9635	51,8968		1,0		0,8	0,6
		3	290,6244	90,6220	290,6232	134,5566		-0,7		-0,9	0,8
		4	387,1120	187,1125	387,1123	231,0456		-1,0		-1,2	1,4
		5	66,4261	266,4282	66,4272	310,3605		-0,5		-0,7	0,5
		Σ	1108,1921	908,1933	1108,1927	727,8595		-1,3			3,4

Cálculos realizados sobre la serie 2 de ángulos horizontales.

Serie 3.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 19°C.

Fecha: 04-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)	H ^g prom	Origen (°)	media x (°)				
	j	k	X _{j,k,I}	X _{j,k,II}	X _{j,k}	X' _{j,k}	X _k	d _{j,k} (^{''})	d _j (^{''})	r _{j,k} (^{''})	r ² _{j,k} (^{''}) ²
3	1	1	290,8235	90,8236	90,8236	0,0000	0,0000	0,0	0,3	-0,1	0,0
		2	342,7180	142,7197	142,7189	51,8953	51,8966	1,3		1,3	1,6
		3	25,3819	225,3838	25,3829	134,5593	134,5611	1,7		1,7	2,8
		4	121,8714	321,8712	321,8713	231,0478	231,0472	-0,6		-0,7	0,4
		5	201,1790	1,1795	201,1793	310,3557	310,3547	-1,0		-1,0	1,1
		Σ	981,9738	781,9778	781,9758	727,8581	727,8596	1,5			6,0
	2	1	23,7558	223,7522	223,7540	0,0000		0,0	-0,1	0,2	0,1
		2	75,6501	275,6519	275,6510	51,8970		-0,4		-0,1	0,0
		3	158,3147	358,3173	158,3160	134,5620		-0,9		-0,7	0,5
		4	254,8002	54,7996	54,7999	231,0459		1,3		1,5	2,2
		5	334,1081	134,1098	134,1090	310,3550		-0,2		0,0	0,0
		Σ	846,6289	1046,6308	846,6299	727,8599		-0,3			2,8
	3	1	156,6587	356,6570	156,6579	0,0000		0,0	-0,2	-0,2	0,0
		2	208,5546	8,5563	208,5555	51,8976		-1,0		-1,1	1,3
		3	291,2193	91,2201	291,2197	134,5619		-0,8		-1,0	0,9
		4	387,7058	187,7055	387,7057	231,0478		-0,6		-0,8	0,7
		5	67,0104	267,0123	67,0114	310,3535		1,2		1,1	1,1
		Σ	1111,1488	911,1512	1111,1500	727,8608		-1,2			4,0

Cálculos realizados sobre la serie 3 de ángulos horizontales.

Serie 4.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 19°C.

Fecha: 04-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	H ^g (CD)	H ^g (CI)	H ^g prom	Origen (°)	media x (°)				
	j	k	X _{j,k,I}	X _{j,k,II}	X _{j,k}	X ^I _{j,k}	x _k	d _{j,k(°)}	d _{j(°)}	r _{j,k(°)}	r ² _{j,k(°)}
4	1	1	25,5412	225,5411	25,5412	0,0000	0,0000	0,0	-0,3	-0,1	0,00
		2	77,4369	277,4386	77,4378	51,8966	51,8965	-0,1		-0,1	0,02
		3	160,1004	360,1001	160,1003	134,5591	134,5576	-1,5		-1,6	2,60
		4	256,5807	56,5829	256,5818	231,0407	231,0414	0,7		0,6	0,41
		5	335,9028	135,9031	335,9030	310,3618	310,3612	-0,6		-0,6	0,42
		Σ	855,5620	1055,5658	855,5639	727,8582	727,8566	-1,5			3,45
	2	1	291,8607	91,8652	291,8630	0,0000		0,0	0,1	0,2	0,1
		2	343,7570	143,7591	343,7581	51,8951		1,4		1,6	2,7
		3	26,4217	226,4191	26,4204	134,5575		0,1		0,3	0,1
		4	122,9046	322,9077	122,9062	231,0432		-1,8		-1,6	2,6
		5	202,2233	2,2232	202,2233	310,3603		0,9		1,1	1,3
		Σ	987,1673	787,1743	987,1708	727,8561		0,6			6,8
	3	1	156,6041	356,6015	156,6028	0,0000		0,0	0,2	-0,2	0,0
		2	208,5001	8,5012	208,5007	51,8979		-1,3		-1,5	2,2
		3	291,1586	91,1592	291,1589	134,5561		1,5		1,3	1,7
		4	387,6408	187,6452	387,6430	231,0402		1,1		1,0	1,0
		5	66,9650	266,9637	66,9644	310,3616		-0,3		-0,5	0,2
		Σ	1110,8686	910,8708	1110,8697	727,8557		0,9			5,1

Cálculos realizados sobre la serie 4 de ángulos horizontales.

Comprobaciones.

Tras llevar a cabo todos los cálculos correspondientes a los ángulos horizontales, se realizan una serie de comprobaciones aritméticas, para determinar si los cálculos han sido efectuados correctamente. Dichas comprobaciones son las siguientes:

1. $\sum x_{j,k,I} + \sum x_{j,k,II} = 2 * \sum x_{j,k} \pm 200$
2. $\sum \bar{x}_k - \sum x'_{j,k} = \sum d_{j,k}$
3. $\sum r_{j,k} = 0$.
4. $\sum x'_{1,k} + \sum x'_{2,k} + \sum x'_{3,k} = 3 * \sum \bar{x}_k$
5. $\sum d_{1,k} + \sum d_{2,k} + \sum d_{3,k} = 0$

Los resultados de dichas comprobaciones son los siguientes:

Serie 1		
1	1922,0327	1922,0327
	2147,1961	2147,1961
	2035,0862	2035,0862
2	0,0003	0,0003
	-0,0011	-0,0011
	0,0008	0,0008
3	0,0	
4	2183,567	2183,567
5	0,0	
Serie 2		
1	2146,5150	2146,5150
	1908,6933	1908,6933
	2016,3854	2016,3854
2	0,0006	0,0006
	0,0007	0,0007
	-0,0013	-0,0013
3	0,0	
4	2183,5744	2183,5744
5	0,0	

Serie 3		
1	1763,9516	1763,9516
	1893,2597	1893,2597
	2022,3000	2022,3000
2	0,0015	0,0015
	-0,0003	-0,0003
	-0,0012	-0,0012
3	0,0	
4	2183,5787	2183,5787
5	0,0	
Serie 4		
1	1911,1278	1911,1278
	1774,3416	1774,3416
	2021,7394	2021,7394
2	-0,0015	-0,0015
	0,0006	0,0006
	0,0009	0,0009
3	0,0	
4	2183,5699	2183,5699
5	0,0	

3.2.2 ÁNGULOS VERTICALES.

En las siguientes tablas, se muestran los cálculos realizados, sobre los ángulos verticales.

Serie 1.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 21°C.

Fecha: 05-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)	δ (")	x' jk (g)	x media (g)		
	j	k	x _{j,k,I}	x _{j,k,II}	δ _{j,k}	x' _{j,k}	x _k	r _{j,k} (")	r ² _{j,k} (") ²
1	1	1	93,9237	306,0759	-0,2	93,92390	93,92380	0,10	0,01
		2	95,5796	304,4193	-0,55	95,58015	95,58023	-0,08	0,01
		3	99,1918	300,8088	0,3	99,19150	99,19205	-0,55	0,30
		4	102,8121	297,1875	-0,2	102,81230	102,81198	0,32	0,10
		Σ	391,5072	1208,4915	-0,65	391,5079	391,50807	-0,22	0,42
	2	1	93,9235	306,0761	-0,2	93,92370		-0,10	0,01
		2	95,5798	304,4187	-0,75	95,58055		0,32	0,10
		3	99,1919	300,8078	-0,15	99,19205		0,00	0,00
		4	102,812	297,1892	0,6	102,81140		-0,58	0,34
		Σ	391,5072	1208,4918	-0,5	391,5077		-0,37	0,45
	3	1	93,9234	306,0758	-0,4	93,92380		0,00	0,00
		2	95,5795	304,4195	-0,5	95,58000		-0,23	0,05
		3	99,1926	300,8074	0	99,19260		0,55	0,30
		4	102,8119	297,1874	-0,35	102,81225		0,27	0,07
		Σ	391,5074	1208,4901	-1,25	391,5087		0,58	0,43

Cálculos realizados sobre la serie 1 de ángulos verticales.

Serie 2.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 21°C.

Fecha: 05-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)	δ (")	x' jk (")	x media (")		
	j	k	x _{j,k,I}	x _{j,k,II}	δ _{j,k}	x' _{j,k}	x _k	r _{j,k(″)}	r ² _{j,k(″)} ²
2	1	1	93,9236	306,076	-0,2	93,92380	93,92378	0,02	0,00
		2	95,5797	304,4195	-0,4	95,58010	95,58027	-0,17	0,03
		3	99,192	300,8086	0,3	99,19170	99,19187	-0,17	0,03
		4	102,8123	297,1873	-0,2	102,81250	102,81212	0,38	0,15
		Σ	391,5076	1208,4914	-0,5	391,5081	391,50803	0,07	0,20
	2	1	93,9237	306,0763	0,00	93,92370		-0,08	0,01
		2	95,5799	304,4193	-0,4	95,58030		0,03	0,00
		3	99,1917	300,8081	-0,1	99,19180		-0,07	0,00
		4	102,8119	297,1883	0,1	102,81180		-0,32	0,10
		Σ	391,5072	1208,492	-0,4	391,5076		-0,43	0,11
	3	1	93,9239	306,0762	0,05	93,92385		0,07	0,00
		2	95,5798	304,419	-0,6	95,58040		0,13	0,02
		3	99,1918	300,8076	-0,3	99,19210		0,23	0,05
		4	102,8121	297,188	0,05	102,81205		-0,07	0,00
		Σ	391,5076	1208,4908	-0,8	391,5084		0,37	0,08

Cálculos realizados sobre la serie 2 de ángulos verticales.

Serie 3.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 21°C.

Fecha: 05-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)	δ (′′)	x' jk (g)	x media (g)		
	j	k	x _{j,k,I}	x _{j,k,II}	δ _{j,k}	x' _{j,k}	x _k	r _{j,k(′′)}	r ² _{j,k(′′)} ²
3	1	1	93,9235	306,0761	-0,2	93,92370	93,92373	-0,03	0,00
		2	95,5795	304,4193	-0,6	95,58010	95,58008	0,02	0,00
		3	99,1922	300,8082	0,2	99,19200	99,19202	-0,02	0,00
		4	102,812	297,1874	-0,3	102,81230	102,81203	0,27	0,07
		Σ	391,5072	1208,491	-0,9	391,5081	391,50787	0,23	0,07
	2	1	93,9233	306,0762	-0,25	93,92355		-0,18	0,03
		2	95,5798	304,4197	-0,25	95,58005		-0,03	0,00
		3	99,1921	300,8083	0,2	99,19190		-0,12	0,01
		4	102,8123	297,1888	0,55	102,81175		-0,28	0,08
		Σ	391,5075	1208,493	0,25	391,5073		-0,62	0,13
	3	1	93,9237	306,0758	-0,25	93,92395		0,22	0,05
		2	95,5796	304,4194	-0,5	95,58010		0,02	0,00
		3	99,1917	300,8074	-0,45	99,19215		0,13	0,02
		4	102,8122	297,1881	0,15	102,81205		0,02	0,00
		Σ	391,5072	1208,4907	-1,05	391,5083		0,38	0,07

Cálculos realizados sobre la serie 3 de ángulos verticales.

Serie 4.

Observador: Luis Salvador Martínez Gázquez.

Temperatura: Soleado, 21°C.

Fecha: 05-06-2016

Instrumento: Leica TCR-805, nº3

Serie	Est	Punto	V ^g (CD)	V ^g (CI)	δ (″)	x' jk (g)	x media (g)		
	j	k	x _{j,k,I}	x _{j,k,II}	δ _{j,k}	x' _{j,k}	x _k	r _{j,k(″)}	r ² _{j,k(″)} ²
4	1	1	93,9233	306,0762	-0,25	93,92355	93,92362	-0,07	0,00
		2	95,5796	304,4195	-0,45	95,58005	95,58012	-0,07	0,00
		3	99,1924	300,8081	0,25	99,19215	99,19202	0,13	0,02
		4	102,8121	297,1876	-0,15	102,81225	102,81188	0,37	0,13
		Σ	391,5074	1208,4914	-0,6	391,5080	391,50763	0,37	0,16
	2	1	93,9231	306,0764	-0,25	93,92335		-0,27	0,07
		2	95,5799	304,4196	-0,25	95,58015		0,03	0,00
		3	99,192	300,8086	0,3	99,19170		-0,32	0,10
		4	102,8118	297,1885	0,15	102,81165		-0,23	0,05
		Σ	391,5068	1208,4931	-0,05	391,5069		-0,78	0,23
	3	1	93,9235	306,0756	-0,45	93,92395		0,33	0,11
		2	95,5799	304,4196	-0,25	95,58015		0,03	0,00
		3	99,1921	300,8077	-0,1	99,19220		0,18	0,03
		4	102,8119	297,1884	0,15	102,81175		-0,13	0,02
		Σ	391,5074	1208,4913	-0,65	391,5081		0,42	0,16

Cálculos realizados sobre la serie 4 de ángulos verticales.

Comprobaciones.

Realizados los cálculos correspondientes a los ángulos verticales, se realizan una serie de comprobaciones aritméticas, para determinar si los cálculos han sido efectuados correctamente. Dichas comprobaciones son las siguientes:

1. $\sum x_{j,k,I} + \sum x_{j,k,II} - 4 * 400 = 2 * \sum \delta_{j,k}$
2. $\sum x_{j,k,I} + \sum x_{j,k,II} - 4 * 400 = 2 * \sum x'_{j,k}$
3. $\sum \bar{x}_k - \sum x'_{j,k} - 4 * 400 = 2 * \sum r_{j,k}$
4. $\sum r_{1,k} + \sum r_{2,k} + \sum r_{3,k} = 0.$

Los resultados de dichas comprobaciones son los siguientes:

Serie 1		
1	-0,0013	-0,0013
	-0,001	-0,001
	-0,0025	-0,0025
2	783,0157	783,0157
	783,0154	783,0154
	783,0173	783,0173
3	0,00022	0,00022
	0,00037	0,00037
	-0,00058	-0,00058
4	0,00	
Serie 2		
1	-0,0010	-0,0010
	-0,0008	-0,0008
	-0,0016	-0,0016
2	783,0162	783,0162
	783,0152	783,0152
	783,0168	783,0168
3	-0,00007	-0,00007
	0,00043	0,00043
	-0,00037	-0,00037
4	0,00	

Serie 3		
1	-0,0018	-0,0018
	0,0005	0,0005
	-0,0021	-0,0021
2	783,0162	783,0162
	783,0145	783,0145
	783,0165	783,0165
3	-0,00023	-0,00023
	0,00062	0,00062
	-0,00038	-0,00038
4	0,00	
Serie 4		
1	-0,0012	-0,0012
	-0,0001	-0,001
	-0,0013	-0,0013
2	783,016	783,016
	783,0137	783,0137
	783,0161	783,0161
3	-0,00037	0,37
	0,00078	-0,78
	-0,00042	0,42
4	0,00	

3.2.3 DESVIACIONES ESTÁNDAR EXPERIMENTALES ANGULARES.

En las siguientes tablas se muestran las desviaciones estándar obtenidas en la observación de ángulos horizontales y verticales, las cuales son el resultado de las desviaciones estándar experimentales de cada una de las series de observación, cuyas expresiones para determinarlas han sido definidas anteriormente.

Ángulos horizontales.

Serie	$\sum r_i^2 (")^2$	$s_i (")$
1	35.33	2.101
2	9.1	1.069
3	12.8	1.263
4	15.40	1.387

La desviación estándar experimental es:

$$S_{ISO-HZ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = \mathbf{12.1 \text{ cc}}$$

Ángulos verticales.

Serie	$\sum r_i^2 (")^2$	$s_i (")$
1	1.30	0.403
2	0.40	0.223
3	0.27	0.183
4	0.55	0.263

La desviación estándar experimental es:

$$S_{ISO-V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = \mathbf{5.2 \text{ cc}}$$

3.2.4 COORDENADAS.

En las siguientes tablas, se muestran los cálculos realizados, sobre las coordenadas observadas de los vértices que componen los triángulos de lados, aproximadamente, 5, 25 y 50 metros correspondientemente.

Triángulo de lados 5 metros.

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	5,316	2,422	5,316	2,422	0,42750585			5,3160	2,4220	-0,0010	0,0010
		3	4,566	-3,728	4,566	-3,728	-0,68470299			4,5660	-3,7280	-0,0011	0,0008
						t'1_1	-0,12859857						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	2	1	-5,315	-2,421	0	0							
		2	0	0	5,315	2,421	0,42742103	0,42787522	5,8404	5,3139	2,4234	0,0011	-0,0004
		3	-0,753	-6,152	4,562	-3,731	-0,68552655	-0,68507236	5,8934	4,5637	-3,7289	0,0012	0,0017
						t'1_2	-0,12905276	$\phi 1_2$	0,00045419				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	3	1	-4,567	3,729	0	0							
		2	0,753	6,153	5,32	2,424	0,4275335	0,42753173	5,8462	5,3200	2,4240	-0,0050	-0,0010
		3	0	0	4,567	-3,729	-0,6847271	-0,68472887	5,8960	4,5670	-3,7290	-0,0021	0,0018
						t'1_2	-0,1285968	$\phi 1_2$	-1,765E-06				

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	5,314	2,423	5,314	2,423	0,42750585			5,3140	2,4230	0,00100	0,0000
		3	4,567	-3,726	4,567	-3,726	-0,68433285			4,5670	-3,7260	-0,00210	-0,0012
						t'1_1	-0,1284135						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	2	1	-5,314	-2,421	0	0							
		2	0	0	5,314	2,421	0,42749202	0,42816146	5,8395	5,3124	2,4246	0,0026	-0,0016
		3	-0,752	-6,153	4,562	-3,732	-0,68565789	-0,68498845	5,8940	4,5645	-3,7289	0,0004	0,0017
						t'1_2	-0,12908293	φ 1_2	0,00066944				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	3	1	-4,567	3,729	0	0							
		2	0,753	6,152	5,32	2,423	0,42737783	0,42763897	5,8458	5,3194	2,4244	-0,0044	-0,0014
		3	0	0	4,567	-3,729	-0,6847271	-0,68446596	5,8960	4,5680	-3,7278	-0,0031	0,0006
						t'1_2	-0,12867464	φ 1_2	0,00026114				

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	5,315	2,423	5,315	2,423	0,42750585			5,3150	2,4230	0,0000	0,0000
		3	4,567	-3,727	4,567	-3,727	-0,68446429			4,5670	-3,7270	-0,0021	-0,0002
						t'1_1	-0,12847922						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	2	1	-5,314	-2,421	0	0							
		2	0	0	5,314	2,421	0,42749202	0,42820319	5,8395	5,3123	2,4248	0,0027	-0,0018
		3	-0,754	-6,153	4,56	-3,732	-0,6858728	-0,68516163	5,8925	4,5627	-3,7288	0,0022	0,0016
						t'1_2	-0,12919039	$\phi 1_2$	0,00071117				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	3	1	-4,565	3,73	0	0							
		2	0,753	6,153	5,318	2,423	0,42751968	0,42781715	5,8440	5,3173	2,4246	-0,0023	-0,0016
		3	0	0	4,565	-3,73	-0,68507307	-0,68477559	5,8951	4,5661	-3,7286	-0,0012	0,0014
						t'1_2	-0,12877669	$\phi 1_2$	0,00029747				

Triángulo de lados 25 metros.

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	25,453	9,821	25,453	9,821	0,3682475			25,4530	9,8210	0,0042	0,0020
		3	35,142	-24,13	35,142	-24,132	-0,601744			35,1420	-24,1320	0,0011	0,0003
							t'1_1	-0,116748					

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	2	1	-25,45	-9,824	0	0							
		2	0	0	25,454	9,824	0,3683369	0,36831	27,2840	25,4542	9,8234	0,0030	-0,0004
		3	9,685	-33,96	35,139	-24,132	-0,601784	-0,6018	42,6275	35,1384	-24,1329	0,0047	0,0011
							t'1_2	-0,116723	φ1_2	-2,4775E-05			

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	3	1	-35,14	24,13	0	0							
		2	-9,684	33,96	25,46	9,824	0,3682578	0,36825	27,2896	25,4601	9,8238	-0,0029	-0,0008
		3	0	0	35,144	-24,133	-0,601736	-0,6017	42,6322	35,1438	-24,1333	-0,0007	0,0016
							t'1_2	-0,116739	φ1_2	-8,7224E-06			

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	25,453	9,82	25,453	9,82	0,3682133			25,4530	9,8200	0,0042	0,0030
		3	35,145	-24,13	35,145	-24,13	-0,601665			35,1450	-24,1300	-0,0019	-0,0017
						t'1_1	-0,116726						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	2	1	-25,46	-9,822	0	0							
		2	0	0	25,457	9,822	0,368229	0,36825	27,2861	25,4568	9,8225	0,0004	0,0005
		3	9,687	-33,95	35,144	-24,132	-0,601717	-0,6017	42,6316	35,1444	-24,1314	-0,0014	-0,0004
						t'1_2	-0,116744	φ_{1_2}	1,8167E-05				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	3	1	-35,14	24,13	0	0							
		2	-9,685	33,96	25,457	9,822	0,368229	0,36828	27,2861	25,4565	9,8233	0,0007	-0,0003
		3	0	0	35,142	-24,134	-0,601782	-0,6017	42,6311	35,1432	-24,1322	-0,0001	0,0005
						t'1_2	-0,116777	φ_{1_2}	5,0782E-05				

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	25,45	9,822	25,45	9,822	0,3683213			25,4500	9,8220	0,0072	0,0010
		3	35,144	-24,13	35,144	-24,131	-0,601698			35,1440	-24,1310	-0,0009	-0,0007
						t'1_1	-0,116688						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	2	1	-25,46	-9,822	0	0							
		2	0	0	25,455	9,822	0,3682553	0,36836	27,2842	25,4540	9,8247	0,0032	-0,0017
		3	9,684	-33,96	35,139	-24,135	-0,601842	-0,6017	42,6292	35,1415	-24,1313	0,0015	-0,0004
						t'1_2	-0,116793	$\varphi 1_2$	0,00010486				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	3	1	-35,15	24,13	0	0							
		2	-9,683	33,96	25,462	9,826	0,3682997	0,36831	27,2922	25,4619	9,8264	-0,0047	-0,0034
		3	0	0	35,145	-24,132	-0,601704	-0,6017	42,6324	35,1453	-24,1315	-0,0023	-0,0002
						t'1_2	-0,116702	$\varphi 1_2$	1,3818E-05				

Triángulo de lados 50 metros.

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	49,953	20,321	49,953	20,321	0,38635672			49,9530	20,3210	0,0014	0,0015
		3	45,642	-34,63	45,642	-34,632	-0,64909338			45,6420	-34,6320	-0,0001	0,0001
							t'1_1	-0,13136833					

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	2	1	-49,95	-20,32	0	0							
		2	0	0	49,952	20,322	0,38638088	0,38638271	53,9276	49,9520	20,3221	0,0024	0,0004
		3	-4,31	-54,96	45,642	-34,634	-0,64912118	-0,64911936	57,2949	45,6421	-34,6339	-0,0002	0,0020
							t'1_2	-0,13137015	$\varphi 1_2$	1,8219E-06			

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
1	3	1	-45,64	-34,63	0	0							
		2	4,312	54,953	49,954	20,321	0,38634973	0,38635323	53,9291	49,9539	20,3212	0,0005	0,0013
		3	0	0	45,642	-34,632	-0,64909338	-0,64908988	57,2937	45,6421	-34,6318	-0,0002	-0,0001
							t'1_2	-0,13137182	$\varphi 1_2$	3,4935E-06			

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	49,952	20,322	49,952	20,322	0,38638088			49,9520	20,3220	0,0024	0,0005
		3	45,643	-34,63	45,643	-34,63	-0,64905502			45,6430	-34,6300	-0,0011	-0,0019
						t'1_1	-0,13133707						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	2	1	-49,95	-20,32	0	0							
		2	0	0	49,951	20,323	0,38640505	0,38642102	53,9271	49,9507	20,3238	0,0037	-0,0013
		3	-4,312	-54,95	45,639	-34,631	-0,64911112	-0,64909515	57,2907	45,6396	-34,6303	0,0023	-0,0016
						t'1_2	-0,13135304	φ 1_2	1,5971E-05				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
2	3	1	-45,64	-34,63	0	0							
		2	4,318	54,953	49,958	20,319	0,38628744	0,38637779	53,9320	49,9562	20,3235	-0,0018	-0,0010
		3	0	0	45,64	-34,634	-0,64914229	-0,64905193	57,2933	45,6431	-34,6299	-0,0012	-0,0020
						t'1_2	-0,13142743	φ 1_2	9,0359E-05				

CALIBRACIÓN DE LA TCR 805 PARA EL ESTUDIO DE ERRORES ACCIDENTALES

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	1	1	0	0	0	0				0	0		
		2	49,952	20,322	49,952	20,322	0,38638088			49,9520	20,3220	0,0024	0,0005
		3	45,641	-34,63	45,641	-34,633	-0,64911783			45,6410	-34,6330	0,0009	0,0011
						t'1_1	-0,13136847						

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	2	1	-49,95	-20,32	0	0							
		2	0	0	49,952	20,322	0,38638088	0,38641061	53,9276	49,9514	20,3235	0,0030	-0,0010
		3	-4,314	-54,96	45,638	-34,635	-0,64917729	-0,64914756	57,2923	45,6390	-34,6336	0,0029	0,0017
						t'1_2	-0,1313982	φ_{1_2}	2,9731E-05				

i	j	k	x (m)	y (m)	x' (m)	y' (m)	t' (rad)	t' (rad)	s (m)	x''(m)	y''(m)	rx (m)	ry (m)
3	3	1	-45,64	-34,63	0	0							
		2	4,315	54,951	49,956	20,318	0,38628423	0,38633256	53,9298	49,9550	20,3204	-0,0006	0,0021
		3	0	0	45,641	-34,633	-0,64911783	-0,6490695	57,2935	45,6427	-34,6308	-0,0008	-0,0011
						t'1_2	-0,1314168	φ_{1_2}	4,8326E-05				

3.2.5 DESVIACIONES ESTÁNDAR EXPERIMENTALES DE LAS COORDENADAS.

A continuación se muestran las desviaciones estándar experimentales, para las coordenadas **XY** e **Z**, puesto que se determina por un lado las de las coordenadas planimétricas, **x** e **y**, y por otro lado se determina la desviación estándar de la coordenada altimétrica, **z**, como se ha comentado anteriormente en el apartado de formulación empleada.

Coordenadas planimétricas (x,y).

Triángulo	Punto	X _{media} (m)	Y _{media} (m)	$\sum r_x$ (m)	$\sum r_y$ (m)	$\sum r_{xy}^2$ (m)	S _{xy} (m)
5 metros	2	5,315	2,423	-0,013	0,0016	0,0002	0,0027
	3	4,565	-3,727				
25 metros	2	25,457	9,823	0,015	0	0,0002	0,0031
	3	35,143	-24,132				
50 metros	2	49,954	20,323	0,016	0,0013	0,0003	0,0033
	3	45,612	-34,632				

Coordenadas altimétricas (z).

Triángulo	Punto	Z (m)	δ (m)	$\sum r_z^2$ (m)	S _z (m)
5 metros	2	1,168	0,0055	0,006	0,019
	3	6,559			
25 metros	2	8,868	0,0035	0,0001	0,002
	3	18,646			
50 metros	2	31,672	-0,0169	0,001	0,009
	3	66,254			

3.3 TEST DE CALIBRACIÓN.

Para llevar a cabo los test estadísticos de calibración se emplearán los datos de la tabla de distribución de chi cuadrado χ^2 y F de Fisher.

Los test de calibración para ángulos horizontales y verticales se realizarán para un nivel de confianza del 95% con un grado de libertad de 32 (en relación con las observaciones) y se emplearán los datos de la tabla de χ^2 .

Para los test de calibración de las coordenadas se emplearán los datos de la tabla F de Fisher para un nivel de confianza del 97,5%.

El grado de libertad será de 24 para las coordenadas X e Y, mientras que para la coordenada Z será de 15.

Los valores sombreados son los que se emplearán.

ν	$\chi^2_{0,90}(\nu)$	$F_{0,95}(\nu, \nu)$	$t_{0,95}(\nu)$	$\chi^2_{0,95}(\nu)$	$F_{0,975}(\nu, \nu)$	$t_{0,975}(\nu)$	$\chi^2_{0,99}(\nu)$	$F_{0,995}(\nu, \nu)$	$t_{0,995}(\nu)$
2	4,61	19,00	2,92	5,99	39,00	4,30	9,21	199,01	9,92
3	6,25	9,28	2,35	7,81	15,44	3,18	11,34	47,47	5,84
4	7,78	6,39	2,13	9,49	9,60	2,78	13,28	23,15	4,60
5	9,24	5,05	2,02	11,07	7,15	2,57	15,09	14,94	4,03
6	10,64	4,28	1,94	12,59	5,82	2,45	16,81	11,07	3,71
7	12,02	3,79	1,89	14,07	4,99	2,36	16,48	8,89	3,50
8	13,36	3,44	1,86	15,51	4,43	2,31	20,09	7,50	3,36
9	14,68	3,18	1,83	16,92	4,03	2,26	21,67	6,54	3,25
10	15,99	2,98	1,81	18,31	3,72	2,23	23,21	5,85	3,17
14	21,06	2,48	1,76	23,68	2,98	2,14	29,14	4,30	2,98
15	21,31	2,40	1,75	25,00	2,86	2,13	30,58	4,07	2,95
16	23,54	2,33	1,75	26,30	2,76	2,12	32,00	3,87	2,92
18	25,99	2,22	1,73	28,87	2,60	2,10	34,81	3,56	2,88
19	27,20	2,17	1,73	30,14	2,53	2,09	36,19	3,43	2,86
24	33,20	1,98	1,71	36,42	2,27	2,06	42,98	2,97	2,80
27	36,74	1,90	1,70	40,11	2,16	2,05	46,96	2,78	2,77
28	37,92	1,88	1,70	41,34	2,13	2,05	48,28	2,72	2,76
30	40,26	1,86	1,70	43,77	2,07	2,04	50,89	2,63	2,75
32	42,58	1,80	1,69	46,19	2,02	2,04	53,49	2,54	2,74
36	47,21	1,74	1,69	51,00	1,94	2,03	58,62	2,41	2,72
38	49,51	1,72	1,69	53,38	1,91	2,02	61,16	2,35	2,71
42	54,09	1,67	1,68	58,12	1,85	2,02	66,21	2,25	2,70
54	67,67	1,57	1,67	72,15	1,71	2,00	81,07	2,04	2,67
72	87,74	1,48	1,67	92,81	1,59	1,99	102,82	1,85	2,65
108	127,21	1,37	1,66	133,26	1,46	1,98	145,10	1,65	2,62

Tabla de distribución de χ^2 , F de Fisher y t de Student

3.3.1 ÁNGULOS HORIZONTALES.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en la observación de los ángulos horizontales, se plantean dos preguntas:

1. ¿La desviación estándar experimental calculada, $S_{\text{iso-HZ}}$, es menor que la que ofrece el fabricante o menor que otro valor predeterminado σ ?

Teniendo en cuenta que el fabricante proporciona una $\sigma_{\text{iso-HZ}}$ de 15^{cc} entonces:

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} ; s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(32)}{v}}$$

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{46.19}{32}}$$

$$12.1 \leq 15 * 1.20$$

Se cumple que:

$$S_{\text{iso-HZ-Experimental}} \leq \sigma_{\text{iso-HZ}} * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$12.1^{\text{cc}} \leq 18^{\text{cc}}$$

2. ¿Dos desviaciones estándar experimentales, $S_{\text{iso-HZ1}}$ e $S_{\text{iso-HZ2}}$, determinadas a partir de dos observaciones distintas, que pertenecen a la misma población, han de tener el mismo grado de libertad, v ?

Esta pregunta no puede responder con seguridad puesto que no se tienen observaciones anteriores para poder compararlas los resultados obtenidos. Pero si se realizan el mismo número de series y subseries, el grado de libertad debe ser el mismo, independientemente de quien sea el observador y del momento de observación.

3.3.2 ÁNGULOS VERTICALES.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en la observación de los ángulos verticales, se plantean tres preguntas:

1. ¿La desviación estándar experimental calculada, S_{iso-V} , es menor que la que ofrece el fabricante o menor que otro valor predeterminado σ ?

Teniendo en cuenta que el fabricante proporciona una σ_{iso-V} de 15^{cc} :

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} ; s \leq \sigma * \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(32)}{v}}$$

$$s \leq \sigma * \sqrt{\frac{46.19}{32}}$$

$$5.2 \leq 15 * 1.20$$

Por lo tanto se cumple que:

$$S_{iso-V-Experimental} \leq \sigma_{iso-V} * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$5.2^{cc} \leq 18^{cc}$$

2. ¿Dos desviaciones estándar experimentales, S_{iso-V1} e S_{iso-V2} , determinadas a partir de dos observaciones distintas, que pertenecen a la misma población, han de tener el mismo grado de libertad, v ?

No se puede llevar a cabo la respuesta para este test, puesto que no se tienen datos de observaciones anteriores, pero el grado de libertad no debe de variar si no se modifican el número de observaciones.

3.3.3 COORDENADAS.

Para interpretar los resultados, en el test de calibración se usa las desviaciones estándar experimentales de las coordenadas planimétricas medidas en los distintos triángulos de observación, para responder a la siguiente pregunta:

¿Pueden dos desviaciones estándar experimentales, s y s' , ser determinadas mediante dos muestras diferentes de medidas pertenecientes a la misma población, teniendo ambas el mismo grado de libertad, v ?

Teniendo en cuenta que las observaciones pueden ser realizadas por el mismo instrumento, pero por diferentes operadores, o por el mismo operador pero en diferentes momentos

Ha de tenerse en cuenta que las coordenadas, x e y , tienen un grado de libertad de 24 y la coordenada z de 15.

Los valores de las desviaciones estándar experimentales son:

Triángulo	$S_{XY}(m)$
5 metros	0,0027
25 metros	0,0031
50 metros	0,0033

Se emplean la siguiente expresión:

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_{XY}, v_{XY})} \leq \frac{S^2}{\bar{S}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_{XY}, v_{XY})$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(24, 24)} \leq \frac{S^2}{\bar{S}^2} \leq F_{0.975}(24, 24)$$

$$0,44 \leq \frac{S^2}{\bar{S}^2} \leq 2,27$$

Aplicando dicha expresión para las desviaciones estándar experimentales:

- Para 5 y 25 metros.

$$0,44 \leq \frac{2,7^2}{3,1^2} \leq 2,27$$

$$\mathbf{0,44 \leq 0,76 \leq 2,27}$$

- Para 25 y 50 metros.

$$0,44 \leq \frac{3,1^2}{3,3^2} \leq 2,27$$

$$\mathbf{0,44 \leq 0,88 \leq 2,27}$$

Se puede afirmar que se cumplen ambas hipótesis.

CONCLUSIONES.

Al analizar los resultados obtenidos de los cálculos de las distintas observaciones de ángulos, tanto horizontales como verticales, así como de las coordenadas, se puede afirmar que el proceso de observación se ha realizado correctamente, tal y como se especifica en las dos partes de la norma ISO empleada para la realización del presente proyecto, la ISO 17123-3 y la ISO 17123-5.

Ángulos horizontales:

Los resultados obtenidos del cálculo de los ángulos horizontales nos dan una desviación típica experimental de 12^{cc}. Dicho valor está por debajo de valor teórico de la desviación típica que nos ofrece el fabricante, la cual es de 15^{cc}.

Tras realizar los test de calibración, tal y como se ha comentado anteriormente, se acepta la hipótesis puesto que el resultado es:

$$S_{\text{iso-HZ-Experimental}} \leq \sigma_{\text{iso-HZ}} * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$12.1^{\text{cc}} \leq 18^{\text{cc}}$$

Ángulos verticales:

La desviación típica experimental, obtenida de los cálculos de las observaciones de ángulos verticales ha sido de 5^{cc}. Este valor también se encuentra por debajo del valor teórico que nos ofrece el fabricante de la estación total empleada, que es de 15^{cc}.

También se puede aceptar la hipótesis del test de calibración puesto que el resultado obtenido es:

$$S_{\text{iso-V-Experimental}} \leq \sigma_{\text{iso-V}} * \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$5.2^{\text{cc}} \leq 18^{\text{cc}}$$

Coordenadas:

La desviación estándar experimental obtenidas para los triángulos de lados 5,25 y 50 metros han sido de 0'0027, 0'0031 y 0'0033 metros respectivamente. Tras realizar el test estadístico y aplicando un grado de libertad de 24 obtenemos los siguientes resultados, mediante los cuales se puede aceptar dicha hipótesis y por lo consiguiente el test de calibración.

Para 5 y 25 metros: $0,44 \leq 0,76 \leq 2,27$

Para 25 y 50 metros: $0,44 \leq 0,88 \leq 2,27$

Por lo general, pienso que los valores de todas las desviaciones estándar experimentales obtenidas hubiesen sido mejores si se hubiese empleado puntos mejores definidos para la observación tanto de los ángulos horizontales como de los ángulos verticales, que quiero decir con esto, que se hubiesen empleado marcas muy precisas a las cuales realizar las punterías.

La precisión en las coordenadas hubiese sido bastante mejor si se hubiese empleado un trípode de pinzas para sujetar el jalón, pero una de las condiciones de dicho trabajo era que el jalón no estuviese sujeto por un trípode de pinzas.

En mi opinión personal, para concluir este apartado, pienso que se debería realizar este tipo de procedimientos de calibración para el distinto instrumental topográfico que se utilice, tanto en las empresas como en las universidades que disponen de este tipo de instrumentos, al menos dos veces al año, para asegurarse de que el instrumental sigue teniendo las precisiones que debe de tener. Con esto quiero decir que se deben realizar más a menudo certificados de calibración, puesto que numerosos países de Europa, como pueden ser Alemania o Reino Unido, las empresas tienen uno o varios ingenieros encargados exclusivamente de realizar este tipo de procedimientos de calibración al instrumental topográfico.

PRESUPUESTO.

En este apartado, se presenta el presupuesto que tendría llevar a cabo el presente proyecto.

Para determinar el presupuesto se han tenido en cuenta distintos tipos de recursos como:

- **Recursos humanos:** entendiendo por recurso humano, a aquella/s personas encargadas de llevar a cabo el proyecto. En este caso, se refiere al Ingeniero en Geomática y Topografía y su auxiliar.
- **Recursos materiales:** entendiendo por recursos materiales a todos los útiles, instrumentos, y materiales empleados para la realización del proyecto.

A continuación se justificará el precio de cada tipo de recurso utilizado, humano o material, para llevar a cabo el proyecto.

5.1 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DE RECURSOS HUMANOS.

De acuerdo con el Convenio Colectivo del Sector de la Construcción y Obras públicas, a fecha de 18 de Marzo de 2016, se establece que el salario base mensual de una persona titulada superior, en este caso, el Ingeniero en Geomática y Topografía sea de 1400€, mientras que el salario base, mensual de su auxiliar es de 900€.

Además de este salario base mensual, hay que tener en cuenta el plus diario, así como las dietas si dichos trabajadores deben desplazarse geográficamente y la seguridad social, la cual corre a cuenta de la empresa en la que trabajen. En las siguientes tablas se muestran la justificación del precio de los dos recursos humanos empleados.

Ingeniero en Geomática y Topografía	
Salario Base (€/mes)	1400
Seguridad Social (€/mes)	443
Salario Bruto (€/mes)	2008
Salario Bruto (€/año)	24095
Salario Diario(€/día)	114

Precio descompuesto del Ingeniero en Geomática y Topografía.

Auxiliar Topografía	
Salario Base (€/mes)	900
Seguridad Social (€/mes)	301
Salario Bruto (€/mes)	1366
Salario Bruto (€/año)	16397
Salario Diario(€/día)	77

Precio descompuesto del Auxiliar de Topografía.

Nota: En los salarios diarios mostrados en las tablas anteriores, ya se ha tenido en cuenta los pluses extra salariales.

5.2 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DE RECURSOS MATERIALES.

En las siguientes tablas se muestran los recursos materiales empleados para llevar a cabo el presente proyecto.

- **Estación Total TCR-805:** a dicha estación se le asignó un precio como si se adquiriese de segunda mano. También se tiene en cuenta un periodo de amortización y un gasto en mantenimiento anual.

Descripción	Precio (€)	Periodo Amortización (años)	Amortización 50%	Mantenimiento Anual	Total	Días uso	Coste diario (€)	Total (€)
Estación (2ªmano)	3200	2	1600	150	1750	110	15,9	21
Trípode	390	2	195	50	245	110	2,2	
Prisma	250	2	125	20	145	110	1,3	
Jalón	235	2	117,5	20	137,5	110	1,3	

Tabla de precios descompuestos. Estación Total TCR-805

- **Hardware y Software:** teniendo en cuenta que el ordenador se compra nuevo y que el software necesario para llevar a cabo dicho proyecto es el paquete Office de Microsoft. En este apartado tambien se tiene en cuenta un periodo de amortización y un gasto en mantenimiento anual.

Descripción	Precio (€)	Periodo Amortización (años)	Amortización 50%	Mantenimiento Anual	Total	Días uso	Coste diario (€)	Total (€)
PC	1500	2	750	100	850	110	8	9
Software	130	2	65	0	65	110	1	

Tabla de precios descompuestos. Hardware y Software.

- **Vehículo:** el precio que se mostrará en la siguiente tabla es el del alquiler de una furgoneta. Se ha estimado que el gasto diario de combustible, es de 15€, ya que el Ingeniero como su auxiliar han de desplazarse 100 km para llevar a cabo las observaciones en el lugar de ejecución del proyecto. Si no se usa el vehículo, el gasto diario será exclusivamente el del coste diario del alquiler de dicho vehículo.

Descripción	Precio (€/mes)	Precio (€/litro)	Precio(€/día)	Total (€/día)
Alquiler furgoneta	770		25	40
Combustible		1,4		
km/día	100			
Coste Combustible día	15			

Tabla de precios descompuestos. Vehículo.

- **Impresora:** para la impresora también se tiene en cuenta un periodo de amortización y un coste de mantenimiento anual.

Descripción	Precio (€)	Periodo Amortización	Amortización 50%	Mantenimiento	Total	Días uso	Coste (€)	Total (€)
Impresora	400	2	200	15	215	110	2	20
Tinta							6	
Folios							2	
Encuadernación							10	

Tabla de precios descompuestos. Impresora

- **Estacas:**

Descripción	Precio unitario (€)
Estaca	1

Precio unitario estacas.

5.3 CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 1.

En la siguiente tabla se presenta el Cuadro de Precios Número 1, en el cual se muestran las descripciones de las distintas actividades o procesos llevados a cabo en el presente proyecto, así como el precio unitario de cada una de ellas.

Descripción Actividad.	Precio Unitario (€)
Búsqueda de Información. Reconocimiento de la zona de trabajo.	188
Observación de ángulos horizontales	320
Observación de ángulos verticales	320
Observación de coordenadas	323
Cálculos ángulos horizontales	139
Cálculos ángulos verticales	139
Cálculos coordenadas	139
Redacción del proyecto	139
Revisión y corrección de errores	148
Impresión y entrega	167

Cuadro de precios número 1

5.4 CUADRO DE PRECIOS NÚMERO 2.

En este apartado se muestra más detalladamente el precio unitario de cada actividad.

- **Búsqueda de información y reconocimiento de la zona de trabajo.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Dieta (según Convenio Colectivo)	34
Vehículo	40
TOTAL	188

- **Observación de ángulos horizontales.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Auxiliar Topografía	77
Dieta (según Convenio Colectivo)	68
Estación Total	21
Vehículo	40
TOTAL	320

- **Observación de ángulos verticales.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Auxiliar Topografía	77
Dieta (según Convenio Colectivo)	68
Estación Total	21
Vehículo	40
TOTAL	320

- **Observación de coordenadas.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Auxiliar Topografía	77
Dieta (según Convenio Colectivo)	68
Estación Total	21
Estacas (x3)	3
Vehículo	40
TOTAL	323

- **Cálculo de ángulos horizontales.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Vehículo (parado)	25
TOTAL	139

- **Cálculo de ángulos verticales.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Vehículo (parado)	25
TOTAL	139

- **Cálculo de coordenadas.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía.	114
Vehículo (parado)	25
TOTAL	139

- **Redacción del proyecto.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía	114
Hardware y software	9
Vehículo (parado)	25
TOTAL	148

- **Revisión y corrección de errores.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía	114
Hardware y software	9
Vehículo (parado)	25
TOTAL	148

- **Impresión.**

Recurso	€/día
Ingeniero en Geomática y Topografía	114
Hardware	8
Impresora, folios, tinta y encuadernación	20
Vehículo (parado)	25
TOTAL	167

5.5 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

El presupuesto de ejecución material se determina a partir del cuadro de precios número 1, el cual se justifica con el cuadro de precios número 2.

En la siguiente tabla se muestran las distintas actividades, el precio unitario y la duración de la actividad, así como el precio total de dicha actividad.

Descripción Actividad.	Precio Unitario (€)	Duración (días)	Total (€)
Búsqueda de Información. Reconocimiento de la zona de trabajo.	188	1	188
Observación de ángulos horizontales	320	1	320
Observación de ángulos verticales	320	1	320
Observación de coordenadas	323	1	323
Cálculos ángulos horizontales	139	2	278
Cálculos ángulos verticales	139	2	278
Cálculos coordenadas	139	2	278
Redacción del proyecto	139	10	1480
Revisión y corrección de errores	148	2	296
Impresión y entrega	167	1	167
TOTAL (€)			3928

Presupuesto de ejecución material.

El presupuesto de ejecución material del presente proyecto es **de TRES MIL NOVECIENTOS VEINTIOCHO EUROS.**

5.6 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA O LICITACIÓN.

En el presente presupuesto, se tiene en cuenta el presupuesto de ejecución material, además de una serie de gastos generales (13%) y un beneficio industrial (6%), así como el IVA (21%).

Presupuesto de ejecución por contrata o licitación	
Presupuesto ejecución material total	3928
Gastos Generales (13%)	511,6
Beneficio Industrial (6%)	235,7
IVA (21%)	824.9
TOTAL con IVA	5500

Presupuesto de ejecución por contrata o licitación

El presupuesto de ejecución por contrata o licitación para llevar a cabo el presente proyecto de “Calibración de la TCR-805 para distintas distancias” es de **CINCO MIL QUINIENTOS EUROS**.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

En el presente apartado se muestran la bibliografía empleada para llevar a cabo el presente proyecto.

- **ISO (2001f) International Standard ISO 17123-3: 2001.
Optique et instruments d'optique – Méthodes d'essai sur
site des instruments géodésiques et d'observation- Partie
3: Théodolites. Geneva, Switzerland.**
- **ISO (2005e) International Standard ISO 17123-5: 2005.
Optics and optical instruments –Field procedures for
testing geodetic and surveying instruments- Part 5:
Electronic tacheometers. Geneva, Switzerland.**
- **Tabla de distribución de χ^2 , F de Fisher y t de Student.**
- **Convenio Colectivo de la Construcción y Obras Públicas.
Año 2015**