



TRABAJO FIN DE GRADO



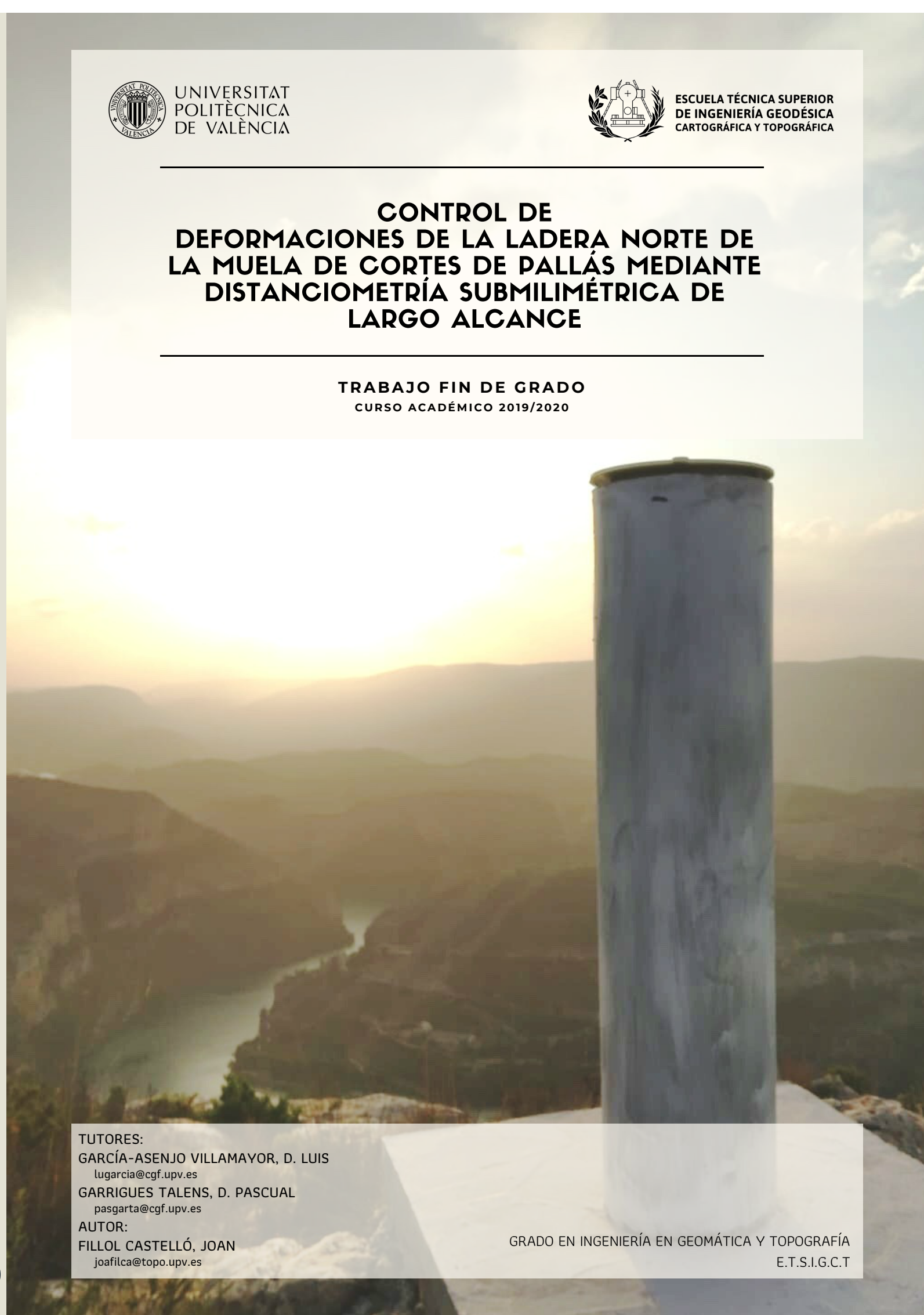
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

CONTROL DE DEFORMACIONES DE LA LADERA NORTE DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS MEDIANTE DISTANCIOMETRÍA SUBMILIMÉTRICA DE LARGO ALCANCE

TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO ACADÉMICO 2019/2020



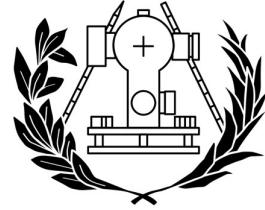
TUTORES:
GARCÍA-ASENJO VILLAMAYOR, D. LUIS
lugarcia@cgf.upv.es
GARRIGUES TALENS, D. PASCUAL
pasgarta@cgf.upv.es
AUTOR:
FILLÓL CASTELLÓ, JOAN
joafilca@topo.upv.es

GRADO EN INGENIERÍA EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA
E.T.S.I.G.C.T





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

**CONTROL DE DEFORMACIONES DE LA LADERA
NORTE DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS
MEDIANTE DISTANCIOMETRÍA SUBMILIMÉTRICA
DE LARGO ALCANCE**

Trabajo fin de grado para la titulación de Ingeniería en Geomática y Topografía

Autor: Fillol Castelló, Joan

Valencia, julio de 2020

“El presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por el autor. No ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material ha sido tomado de otras fuentes el cual ha sido entrecomillado y citado su origen en su texto, así como referenciado en la bibliografía”

Agradecimientos:

Quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por todo el apoyo dado en estos cuatro años de grado. A mis compañeros por todos los buenos momentos pasados juntos. A todos los profesores que me han impartido clase.

Agradecimientos a D. Luis García-Asenjo Villamayor y D. Sergio Baselga Moreno por la ayuda proporcionada para la realización de este proyecto.

Finalmente, agradecimiento especial a D. Pascual Garrigues Talens por todo el apoyo recibido desde el primer día que ingrese en la Escuela y por toda la ayuda para la confección de este trabajo fin de grado.

Resumen:

El Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia, en adelante DICGF – UPV, tiene suscrito un contrato vigente con el Área de Carreteras de la Diputación de Valencia para el control periódico de posibles deformaciones en la ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás.

Para ello, en el año 2017 se implantó un marco de referencia compuesto por diez pilares de observación para la monitorización del posible movimiento de quince testigos implantados en dicha ladera. El marco de referencia como los prismas situados en los puntos a controlar fueron observados por primera vez en julio de 2018 empleando técnicas de distanciometría submilimétrica de largo alcance. Transcurrido un año, es decir, en julio de 2019, dicha red se observó de nuevo con las mismas técnicas.

El objeto de este proyecto es la observación, cálculo y compensación de la campaña geodésica llevada a cabo en julio de 2019 y la verificación de posibles desplazamientos, mediante el empleo de métodos y test estadísticos rigurosos. Teniendo en cuenta la exactitud y precisión exigida en los trabajos, el proceso incluirá la calibración previa de los equipos en la base de calibración de la UPV en conformidad con las normas internacionales de metrología dimensional y la verificación de sensores y frecuencia en el laboratorio de calibración de la UPV.

Asimismo, para la realización del presente proyecto, el autor ha aportado su observación de campo, el tratamiento de los datos con programación propia, la confección automática de figuras, de planos y de reseñas.

Palabras clave: Geodesia, monitorización de deformaciones, distanciometría submilimétrica, metrología e ingeniería civil

Keywords: Geodesy, deformation monitoring, submillimetric distance determination, metrology and civil engineering

ÍNDICE

ÍNDICE

Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	1
1. Objeto del proyecto	2
2. Antecedentes	3
CAPÍTULO II. CONCEPTOS GEODÉSICOS EMPLEADOS	5
3. Redes geodésicas para el control de deformaciones	6
3.1 Tipos de redes geodésicas	6
3.2 Problemas de diseño	7
3.3 Construcción y observación	8
4. Mediciones.....	10
4.1 Principios de la medición electrónica de distancias	11
4.2 Proceso de medición.....	12
5. Distanciómetro submilimétrico Kern ME5000 Mekometer	12
5.1 Funcionamiento del Kern ME5000 Mekometer.....	13
6. Calibración de un EDM mediante la norma ISO 17123-4.....	14
6.1 Test estadísticos en la norma ISO 17123-4	16
7. Instrumentación meteorológica.....	18
7.1 Elementos auxiliares de campo	19
8. Base de calibración de la UPV.....	21
9. Corrección de la medida electrónica de distancias.....	22
9.1 Correcciones causadas por el instrumental.....	22
9.1.1 Constante de adición	22
9.1.2 Desviación de la frecuencia	22
9.2 Correcciones atmosféricas.....	23
9.2.1 Primera corrección de velocidad.....	23
9.2.2 Segunda corrección de velocidad.....	27
9.2.3 Curvatura de los rayos.....	29
9.3 Reducción geométrica	31
10. Compensación de redes geodésicas, mínimos cuadrados.....	32
10.1 Modelo funcional empleado	32
10.2 Modelo estocástico	32
10.3 Algoritmo de observaciones indirectas	34
10.3.1 Formación del modelo	34

10.3.2 Resultados y precisión de una red geodésica.....	36
10.4 Fiabilidad de una red geodésica	38
10.4.1 Número de redundancia	39
10.5 Aceptación del modelo matemático	40
10.6 Análisis de los residuos	41
10.6.1 Test de Baarda	41
10.7 Tipos de solución	42
11. Método de Blaha	43
11.1 Transformación entre sistemas cartesianos tridimensionales.....	45
12. Control de deformaciones de dos épocas	47
12.1 Análisis de los observables.....	47
CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y RESULTADOS	51
13. Análisis	52
13.1 Ajuste campaña 2018	52
13.2 Ajuste campaña 2019	54
13.3 Primer cálculo del test de deformaciones.....	56
13.4 Segundo cálculo del test de deformaciones.....	59
13.4.1 Nuevo ajuste 2018	59
13.4.2 Nuevo ajuste 2019	60
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y PRESUPUESTO	63
14. Conclusiones y líneas futuras	64
15. Valoración económica	65
15.1 Diagrama de GANTT.....	65
16. Bibliografía	69
CAPÍTULO V. ANEJOS	71
17. Reseñas	72
18. Salida de resultados del software	83
18.1 Ajuste libre, detección de errores groseros 2018.....	83
18.2 Ajuste libre – Blaha 2018.....	89
18.3 Ajuste libre, detección de errores groseros 2019.....	94
18.4 Ajuste libre - Blaha 2019.....	100
18.5 Nuevo ajuste – Blaha 2018.....	106
18.6 Nuevo ajuste – Blaha 2019.....	111
19. Programación del software con Matlab	117
19.1 Programa Ajuste.....	117
19.2 Script min_cuadrados_Blaha.....	119

19.3 Script standarEllipses	126
19.4 Script Test_Deformaciones	129
19.5 Script Vector_Deformaciones	137
19.6 Script Vector_Deformaciones3d	140
20. Planos.....	143

Índice de figuras

<i>Figura 1: Ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás</i>	2
<i>Figura 2: Logos del DICGF – UPV y Diputación de Valencia</i>	2
<i>Figura 3: Desprendimiento de la ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás</i>	3
<i>Figura 4: CV-428 cortada por el desprendimiento</i>	3
<i>Figura 5: Trabajos elaborados en la ladera</i>	4
<i>Figura 6: Configuración de la red geodésica en Cortes de Pallás</i>	8
<i>Figura 7: Reflector Leica, modelo 360 instalado en la ladera</i>	9
<i>Figura 8: Medición de distancias con el Kern ME5000 Mekometer</i>	9
<i>Figura 9: Vértice equipado con un parasol e instrumentos de medidas meteorológicas</i>	10
<i>Figura 10: Distanciómetro Kern ME5000 Mekometer</i>	12
<i>Figura 11: Figuras de Lissajous de relación 1:1</i>	13
<i>Figura 12: Logo de la Organización Internacional de Estandarización</i>	14
<i>Figura 13: Configuración de la línea principal de la base de calibración de la UPV</i>	14
<i>Figura 14: Psicómetro Thies</i>	18
<i>Figura 15: Barómetro anerode Thommen</i>	18
<i>Figura 16: Sensor digital Testo 176P1 y controladora</i>	19
<i>Figura 17: Vértice provisto de garita</i>	19
<i>Figura 18: Pilar portátil utilizado en Castillo</i>	20
<i>Figura 19: Operador colocando el parasol al vértice Playa</i>	20
<i>Figura 20: Walkie Talkies</i>	20
<i>Figura 21: Base de calibración de la UPV</i>	21
<i>Figura 22: Perspectiva de un pilar de la base de calibración de la UPV</i>	21
<i>Figura 23: Influencia de la primera corrección de velocidad para una atmósfera estándar</i>	24
<i>Figura 24: Logo de la International Association of Geodesy</i>	25
<i>Figura 25: Influencia de la presión parcial del vapor de agua</i>	26
<i>Figura 26: Relación entre los rayos de curvatura</i>	27
<i>Figura 27: Influencia de la segunda corrección de velocidad ($k=13$)</i>	29
<i>Figura 28: Corrección por curvatura de los rayos</i>	30
<i>Figura 29: Influencia de la curvatura de los rayos ($k=13$)</i>	30
<i>Figura 30: Gráfico de la corrección de la reducción a la cabeza del pilar</i>	31
<i>Figura 31: Ejemplo gráfico de las elipses de error incluyendo el error vertical</i>	37
<i>Figura 32: Ejemplo de definición del datum</i>	46
<i>Figura 33: Errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2018</i>	54
<i>Figura 34: Errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2019</i>	56
<i>Figura 35: Deformaciones detectadas en 2D con una probabilidad del 95%</i>	58
<i>Figura 36: Deformaciones detectas en 3D con una probabilidad del 95%</i>	58
<i>Figura 37: Nuevos errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2018</i>	59
<i>Figura 38: Nuevos errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2019</i>	60
<i>Figura 39: Nuevas deformaciones detectadas en 2D con una probabilidad del 95%</i>	62
<i>Figura 40: Nuevas deformaciones detectadas en 3D con una probabilidad del 95%</i>	62
<i>Figura 41: Diagrama de GANTT</i>	65

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Resumen de las cuestiones estadísticas de la norma ISO 17123-4</i>	17
<i>Tabla 2: Resultado de la calibración de los reflectores Kern RMO5035 en mm</i>	17
<i>Tabla 3: Coordenadas locales aproximadas promediadas de ambas campañas</i>	52
<i>Tabla 4: Coordenadas ajustadas para la campaña 2018 con datum perteneciente a todos los vértices</i> ...	53
<i>Tabla 5: Coordenadas ajustadas para la campaña 2019 con el método de Blaha</i>	55
<i>Tabla 6: Análisis singular del primer cálculo del test de deformaciones</i>	57
<i>Tabla 7: Nuevas coordenadas ajustadas de la campaña 2018 con un nuevo datum</i>	59
<i>Tabla 8: Nuevas coordenadas ajustadas de la campaña 2019 con un nuevo datum</i>	60
<i>Tabla 9: Análisis singular del segundo cálculo del test de deformaciones</i>	62
<i>Tabla 10: Resultados finales del test de deformación de la red geodésica</i>	64
<i>Tabla 11: Descripción de actividades principales</i>	65
<i>Tabla 12: Equipo de campo y amortización</i>	66
<i>Tabla 13: Salario mínimo para ingeniería y oficinas de estudios técnicos</i>	66
<i>Tabla 14: Trabajo de campo</i>	67
<i>Tabla 15: Equipo de Gabinete y amortización</i>	67
<i>Tabla 16: Trabajo de Gabinete</i>	68
<i>Tabla 17: Presupuesto</i>	68

CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1. Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto trata acerca de la monitorización periódica en la ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás (véase la Figura 1). Ésta sufrió un deslizamiento el seis de abril de 2015, dejando incomunicada la localidad de Cortes de Pallás y la Central de Iberdrola.



Figura 1: Ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás

Fuente: <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2015/12/21/5677cc2f46163f553d8b45e2.html>

Una vez finalizadas las obras de desescombro y estabilización de la ladera, el área de Carreteras de la Diputación de Valencia sacó a concurso público un contrato para el control periódico de posibles deformaciones de la ladera y, además, dos mediciones al año por métodos basados en imagen. El contrato fue finalmente adjudicado al DICGF – UPV (véase la Figura 2).



Figura 2: Logos del DICGF – UPV y Diputación de Valencia

En concreto, este trabajo se centra en la observación, cálculo y compensación de la campaña geodésica correspondiente al año 2019, así como el posterior análisis de posibles desplazamientos respecto a la campaña anterior, test de deformaciones 2018-2019. Todo ello, con la debida calibración de los equipos topográficos y sensores para garantizar la exactitud de los resultados, empleando el distanciómetro submilimétrico Kern ME5000 Mekometer, en adelante ME5000, adquirido en el año 1990 por el Instituto de Astronomía y Geodesia de la UCM¹ (Valbuena Durán, Nuñez G. del Pozo, Soriano, & Cortés, 1990-1991), cuyos cotitulares en la actualidad son la Sección Departamental de Astronomía y Geodesia (UCM) y el instituto IGEO-CSIC².

¹ Universidad Complutense de Madrid

² Instituto de Geociencias - Consejo Superior de Investigaciones Científicas

2. Antecedentes

El lunes, seis de abril de 2015 aproximadamente a las 19:30h de la tarde, se deslizaron una gran cantidad de toneladas de rocas procedentes de la ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás sobre la carretera CV-428 y junto a la zona de bombeo de la central eléctrica de Iberdrola (Alberola, 2015). A un kilómetro aproximadamente del núcleo de población de Cortes de Pallás (véase la Figura 3).



Figura 3: Desprendimiento de la ladera norte de la Muela de Cortes de Pallás

Fuente: https://elpais.com/ccaa/2015/04/07/valencia/1428388557_093688.html

El desprendimiento soterró el único acceso a la población de Cortes de Pallás, la carretera CV-428 (véase la Figura 4). Asimismo, en la central eléctrica no se dieron cuenta que había sucedido hasta que se apagaron todas las luces dentro de la galería. El desprendimiento de rocas arrastró varias torres de tendido eléctrico causando cortes eléctricos a causa de varios cortocircuitos (Alberola, 2015).



Figura 4: CV-428 cortada por el desprendimiento

Fuente: <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2015/08/12/55ca3aad22601d6c0a8b4597.html>

A partir de estas graves consecuencias causadas, en el año 2017 se implantó un marco de referencia compuesto por diez pilares de observación para la posterior monitorización del movimiento de los quince testigos implantados en zonas críticas de la ladera (véase la Figura 5). El marco de referencia y los testigos situados en los puntos críticos a controlar fueron observados por primera vez en julio de 2018 empleando técnicas de distanciametría submilimétrica de largo alcance. En ese estudio se confirmó la

consolidación de los testigos instalados y la consiguiente estabilidad de la ladera de la Muela de Cortes de Pallás tres años después del desprendimiento.



Figura 5: Trabajos elaborados en la ladera

Fuente: <https://comarcalcv.com/la-ladera-de-cortes-de-pallas-aguanta-tres-anos-despues-del-derrumbe/>

Transcurrido un año, en julio de 2019, tuvo lugar la segunda campaña de la red geodésica, siendo reobservada de nuevo con las mismas técnicas. Este control geodésico tiene una duración prevista de tres años y forma parte de un estudio para aumentar el conocimiento de los fenómenos que propician estos desprendimientos y con ello prevenir situaciones de riesgo potenciales.

Cabe destacar, que las técnicas geodésicas empleadas en la red de Cortes de Pallás tuvieron lugar en otras zonas de riesgo geotécnico o en controles de observación tales como el control de deformaciones realizado en la presa de Atazar (Vicent Martínez, Núñez-García del Pozo, Valbuena Durán, & Díaz García, 1992) y la observación de la red microgeodésica interna de la base espacial de Robledo de Chavela (González de Langarica Solórzano, Valbuena Durán, & Núñez-García del Pozo, 1997).

CAPÍTULO II. CONCEPTOS GEODÉSICOS EMPLEADOS

3. Redes geodésicas para el control de deformaciones

Una vez que la red geodésica haya sido implantada, observada y compensada, se constituye el marco de referencia para los posteriores trabajos geodésicos. En este caso, el marco de referencia está constituido por diez pilares, los cuales se emplearán para definir el datum solamente a aquellos que demuestren su estabilidad a lo largo del tiempo.

3.1 Tipos de redes geodésicas

Hoy en día existen diversos tipos de redes geodésicas instauradas alrededor del mundo. Estas redes dependen en gran parte del instrumental empleado y de la metodología de procesamiento. Se pueden categorizar en tres diferentes tipos de redes, tales como las redes planimétricas, altimétricas y tridimensionales. Pero también, si se encuentran en función del ámbito territorial abarcado y de su finalidad, se categorizan como redes globales, regionales o locales.

Cada tipo de red geodésica tiene un objetivo definido. Las redes planimétricas se centran en la determinación de coordenadas en función de la latitud φ y longitud λ , las redes altimétricas en la determinación de altitudes elipsoidales h o altitudes ortométricas H y las redes tridimensionales en la determinación de coordenadas en un sistema cartesiano geocéntrico (X, Y, Z) . La red geodésica implementada en Cortes de Pallás es una red tridimensional, es decir, teniendo como objetivo la determinación de las coordenadas de los diez pilares (x, y, z) , así como de las coordenadas de los quince testigos establecidos en la propia ladera (x_1, y_1, z_1) en un sistema definido, en este caso, local. Aunque siempre es posible la transformación de los resultados a otros sistemas de coordenadas.

Las únicas mediciones empleadas en esta red son las distancias geométricas y por ello, se ha optado por un modelo funcional específico, aunque existen diferentes modelos funcionales que se podrían emplear como las ecuaciones de condición. Más adelante, entraremos en profundidad del modelo funcional utilizado en el presente trabajo, es decir, el de observaciones indirectas.

Asimismo, para la instauración de la densificación de cualquier red geodésica se debe de tener en cuenta la optimización en el propio diseño de la red, la homogeneidad, precisión, fiabilidad, menor coste y propósito. Además, la calidad en el diseño de una red geodésica reside en tres aspectos fundamentales.

El primero de ellos, la economía, es decir, todo lo relacionado con el coste de la monumentación, mantenimiento, cálculo etc. El segundo, relacionado con la precisión que debe ser adecuada al propósito de la red. Y, por último, respecto a la fiabilidad que es la capacidad para detectar las posibles mediciones erróneas en la red. Estos tres aspectos anteriormente descritos, se pueden gestionar muy adecuadamente mediante un proceso que permita la determinación de sus coordenadas, sus precisiones y la fiabilidad a partir de métodos matemáticos y estadísticos muy rigurosos. Este proceso es el denominado ajuste o compensación de observaciones.

3.2 Problemas de diseño

La precisión de una red geodésica viene prestablecida por la geometría de la propia red, es decir, de la situación de los puntos, de las conexiones entre ellos, de la información contenida en la matriz de diseño A y del tipo de instrumentación y metodología empleadas, ambas incluidas en la matriz de pesos P . Para ello, antes se debe de hacer hincapié en algunos de los resultados que se obtienen con el ajuste de mínimos cuadrados.

Como sabemos, la precisión de la red viene determinada por la matriz varianza-covarianza a posteriori de los parámetros, aunque también existen las matrices varianza-covarianza a posteriori de los residuos y de las observaciones.

$$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}} = \sigma_0^2 (A^T P A)^{-1} \quad (1)$$

Siendo:

$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}}$ Matriz varianza-covarianza a posteriori de los parámetros

σ_0^2 Estimador de la varianza a posteriori

A Matriz de diseño

P Matriz de pesos

De efectuarse correctamente las mediciones, el valor esperado para el estimador a posteriori del observable de peso unidad es aproximadamente la unidad. Esto indicaría que el modelo matemático, que se compone del modelo funcional y del modelo estocástico, ha sido bien formulado y las observaciones son conformes a lo previsto. En caso contrario no se aceptaría la red, es decir, para cualquier trabajo siempre se puede obtener a priori su precisión.

$$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}} \approx Q_0 = (A^T P A)^{-1} \quad (2)$$

Siendo:

Q_0 Matriz cofactor

A Matriz de diseño

P Matriz de pesos

Otra forma de obtener la precisión de una red es a partir de la forma y tamaño de las elipses de error. Éstas ya vienen condicionadas por las decisiones adoptadas en la red, aunque la verificación de las mismas es a posteriori. La forma de las elipses no varía, pero su tamaño dependerá de la escala que nos proporciona el estimador de la varianza a posteriori.

El análisis y optimización de la formulación (2) da lugar a los denominados problemas de diseño de una red geodésica (Grafarend y Sansò, 1985). Hay cuatro problemas de diseño, que son los siguientes:

- Problema de diseño de orden 0: Optimización del datum o puntos fijos de la red.
- Problema de diseño de orden 1: Optimización de la situación de los puntos que conforman la red, es decir, su configuración geométrica.

- Problema de diseño de orden 2: A partir de una determinada configuración geométrica, definir qué precisión han de tener las mediciones y qué metodología de observación se ha de seguir.
- Problema de diseño de orden 3: Se encarga de la optimización de una red ya existente mediante la inclusión de nuevos puntos o nuevas mediciones.

En resumen, antes de proceder a la construcción y observación de cualquier red geodésica ha de llevarse a cabo la elaboración de un anteproyecto, el reconocimiento del terreno, señales y un test de diseño a partir de unos datos aproximados. Además, se ha buscado que la red de Cortes de Pallás tenga el máximo volumen posible para poder alcanzar una buena precisión tanto en planimetría como en altimetría. Aunque en altimetría dadas las limitaciones, ya que son 2 kilómetros en horizontal por 500 metros en vertical, la precisión máxima alcanzable es tres veces peor que en planimetría. Una vez comprobada mediante la simulación que las precisiones buscadas eran alcanzables, se procedió a implantar dicha red.

3.3 Construcción y observación

Una vez se haya configurado la red geodésica (véase la Figura 6) y las precisiones buscadas sean alcanzadas en las simulaciones, se procede a la instalación de los nuevos vértices, ya que tres vértices fueron construidos previamente por Iberdrola (Cuarto Orden, Torre y Camino de Otonel). Todas las características de cada vértice empleadas vienen dadas en su reseña en el apartado Anejos - Reseñas. Cabe mencionar, que los vértices construidos en 2017 necesitaron un período de asentamiento.

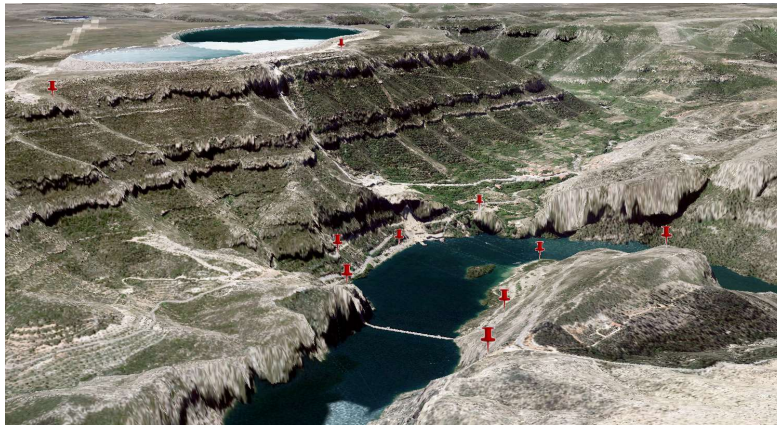


Figura 6: Configuración de la red geodésica en Cortes de Pallás

En la fase de construcción de los nuevos vértices se ponía una armadura o torreta sobre el terreno, se encofraba la base y se llenaba de hormigón el pilar y la base. La cabeza se ponía al final y se nivelaba con cuñas para que los anclajes atornillados a su cara inferior, una vez secado y fraguado el hormigón, garantizaran cierta horizontalidad en la cabeza superior. Todos los vértices de nueva construcción, es decir, Playa, Cresta, Mirador, Pretil y Sifón, tienen características similares entre sí. El vértice de Bajo Ladera presenta una cierta peculiaridad porque requiere de un adaptador macho-macho de 5/8 y el vértice de

Castillo requiere de un pilar suplementario porque se encuentra en una zona de patrimonio cultural.

Para el anclaje de los quince reflectores o testigos en la ladera, se tuvo que realizar con expertos escaladores con todos sus equipamientos de seguridad. Los elementos de puntería instalados en la ladera constan de un reflector de la marca Leica, cuyo modelo es el 360, y de una esfera que ha sido rígidamente montada. Como estos elementos de puntería no están perfectamente verticalizados, es necesario conocer la orientación de los mismos para poder comparar las coordenadas obtenidas por ambos procedimientos (geodesia y fotogrametría). Aunque, la determinación de la orientación realizada por procedimientos fotogramétricos, queda fuera del alcance de este proyecto, centrándose solamente en las mediciones distanciométricas efectuadas a los prismas (véase la Figura 7).

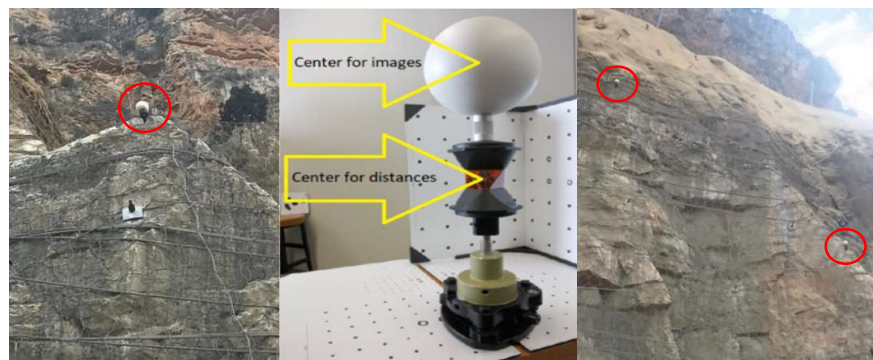


Figura 7: Reflector Leica, modelo 360 instalado en la ladera

Se observaron las mediciones distanciométricas con el ME5000 entre los diversos vértices de la red recíprocamente con el reflector de Kern ME5000 (RMO5035) y hacia los quince testigos colocados en la ladera una única vez (véase la Figura 8). Además, de anotar los parámetros de temperatura seca, temperatura húmeda y presión atmosférica, tanto analógica como digitalmente para la comparación entre los dos tipos de medidas meteorológicas, y corregir los propios datos de diferencias significativas mediante funciones matemáticas (García-Asenjo, Martínez, Baselga, Garrigues, 2019, pág. 5). También, se midieron la altura del prisma y distanciómetro durante la propia toma de la observación.



Figura 8: Medición de distancias con el Kern ME5000 Mekometer

El procedimiento de medición de cada distancia tomaba aproximadamente unos dos minutos de tiempo. Mientras tanto, los observadores anotaban todos los datos meteorológicos que entregan, el psicómetro Thies, el barómetro Thommen y la estación meteorológica digital. En la siguiente imagen se puede ver un vértice equipado con todos estos instrumentos de medida meteorológica (véase la Figura 9).



Figura 9: Vértice equipado con un parasol e instrumentos de medidas meteorológicas

Hay que destacar que en algunos vértices no se podían visar todos los testigos de la ladera. Ello se daba en los vértices de Sifón y Cuarto Orden. Se realizaron un total de trecientas trece observaciones, se pueden ver en el apartado Anejos – Datos de Campo. Estas observaciones deberán ser analizadas previamente para no introducir errores groseros en el ajuste. La forma de efectuar el cálculo y compensación de la red varía dependiendo del modelo funcional que se vaya a aplicar. El cálculo tridimensional incluye los siguientes pasos.

En primer lugar, se adoptaron como coordenadas iniciales las obtenidas en la campaña de 2018. Luego, se aplicará la reducción de las observaciones al elipsoide y se calcularán unas nuevas coordenadas aproximadas para la posterior compensación de la red geodésica. En los próximos apartados se enfatizará en lo que respecta al cálculo realizado para este proyecto.

4. Mediciones

En general, las redes geodésicas se basan en mediciones angulares y distanciométricas. Sin embargo, en este proyecto, solamente se han medido distancias junto con la correspondiente toma de datos meteorológicos para su posterior corrección. Todas estas mediciones tienen sus respectivas incertidumbres y precisiones que a su vez derivan de la propia metodología empleada. En los siguientes apartados describiremos con mayor detalle los procesos de cómo se calculan las distancias, los diferentes tipos que existen y cómo se efectúa la propia medida.

4.1 Principios de la medición electrónica de distancias

La medición electrónica de distancias o EDM³ se emplea para trabajos topográficos o geodésicos que requieran de largas distancias en sus observaciones. Los distanciómetros utilizados para la medición electrónica de distancias suelen emplear uno de los dos métodos siguientes (Rüeger, 1996).

El primero de ellos es el método de los pulsos. Trata de una señal breve pero intensa que es emitida desde el propio instrumento. Esa señal es reflejada en el prisma de reflexión total y regresa de nuevo al instrumento, recorriendo un par de veces la distancia. Su expresión matemática es la siguiente:

$$d = \frac{c}{2} \Delta t' \quad (3)$$

$$\Delta t' = (t_u - t_s) \quad (4)$$

Siendo:

c Velocidad de la luz en el vacío

$\Delta t'$ Tiempo transcurrido

t_s Instante de salida

t_u Instante de llegada

El segundo método consiste en las diferencias de fase. Esta resulta ser la metodología más empleada y además es independiente de si la onda portadora es óptica, infrarroja o de microondas. Con esta metodología la señal es modulada respecto a una onda portadora, emitida por el instrumento y reflejada por el propio prisma. Esas dos fases de onda de salida y retorno son comparadas y su diferencia de fase es la propia variable. Su expresión matemática es la siguiente:

$$d = \frac{c}{2} \left(m \frac{\lambda}{c} + \frac{\Delta\phi \lambda}{2\pi c} \right) = m \frac{\lambda}{2} + \frac{\Delta\phi \lambda}{2\pi} \quad (5)$$

Siendo:

c Velocidad de la luz en el vacío

λ Longitud de onda

$\Delta\phi$ Diferencia de fase

El ME5000 se basa en el principio de diferencias de fase para determinar la distancia, aunque éste elimina la parte fraccional. Así, la modulación de la frecuencia transmitida se ajusta hasta que se obtenga la diferencia de fase nula. Más adelante se profundizará en el funcionamiento de este peculiar distanciómetro.

Cabe mencionar, que los distanciómetros con fines geodésicos y topográficos se clasifican en función de la frecuencia de la onda portadora que estos emplean. Existen dos grupos: los electroópticos (distanciómetros de portadora láser e infrarroja) y los electromagnéticos (portadora de microondas). El ME5000 pertenece al tipo de los

³ *Electronic Distance Measurement*

distanciómetros electroópticos, de portadora láser roja, utilizado en el presente trabajo por su gran capacidad de medir largas distancias con precisiones submilimétricas.

4.2 Proceso de medición

Cuando se requiere alcanzar la máxima precisión posible, como es el caso que nos ocupa, es necesario extremar el cuidado con todos los aspectos que intervienen en el proceso de medida. Por ello, para el estacionamiento del distanciómetro y del prisma utilizamos el centrado forzado, asegurando la repetibilidad de las observaciones. Además, se tiene que tener presente que la medida de la distancia es la existente entre el centro eléctrico del distanciómetro y el centro óptico del prisma. Este ‘offset’ o error de cero, se obtiene mediante la calibración en la base de la UPV.

Asimismo, se ha de tener en cuenta que la energía suministrada por las baterías sea suficiente, ya que los componentes electrónicos del ME5000 son muy sensibles a la intensidad eléctrica suministrada por la batería y se pueden producir errores en la medición. Así que no conviene apurar la batería. Para solucionarlo, hay que dejarlo un tiempo determinado de unos minutos después de encenderlo por primera vez para que todos los componentes se acomoden, llegando a su temperatura óptima y que no provoque errores en las observaciones.

Finalmente, cabe destacar que la señal de retorno entre el distanciómetro y el prisma tiene que ser máxima para que no se produzcan errores milimétricos de puntería, sobre todo hay que tenerlo en cuenta cuando las distancias son cortas.

5. Distanciómetro submilimétrico Kern ME5000 Mekometer

El ME5000 fue fabricado por la empresa Kern (véase la Figura 10). Este instrumento se introdujo en el mercado a partir del 1986 y generó un gran interés en el ámbito de la distanciometría por ofrecer una mayor exactitud que cualquier instrumento de medida de distancias existente. En el ámbito nacional español se utilizó por primera vez por un usuario de distanciometría de alta precisión del Instituto de Astronomía y Geodesia en el año 1989 (Valbuena, 1990).



Figura 10: Distanciómetro Kern ME5000 Mekometer

Este distanciómetro con portadora láser roja tiene una desviación estándar de $\pm 0.2 \text{ mm} + 0.2 \text{ ppm}$ (partes por millón). La fuente de frecuencia originaria procede de un sintetizador que usa frecuencias elevadas (500 MHz), modulando el haz de luz generado causando una modificación de la polarización del propio haz creando las conocidas figuras de Lissajous, en este caso de relación 1:1 (véase la Figura 11).

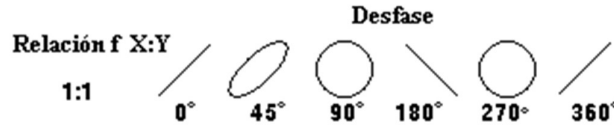


Figura 11: Figuras de Lissajous de relación 1:1

Fuente: <https://forum.lawebdefisica.com/forum/el-aula/mec%C3%A1nica-newtoniana/24974-figuras-de-lissajous>

El ME5000 puede realizar medidas aisladas normales (de 2 a 2,5 minutos por cada medida) o tracking (cada 20 segundos) pero con algunas limitaciones en esta última modalidad. Asimismo, ofrece la posibilidad de medir en dos diferentes rangos. El primero, el modo *low* (bajo) alcanza desde 20 metros hasta los 1000 metros y el modo *high* (alto) alcanza desde 50 metros a 8000 metros (Valbuena, 1990).

Por ello, en las observaciones en Cortes de Pallás se tuvo que emplear las dos modalidades, ya que hay algunas distancias entre los vértices mayores de los 1000 metros, como la distancia medida entre el vértice del Mirador [8001] y el vértice del Cuarto Orden [8007] de aproximadamente 2000 metros.

Ahora bien, la altísima precisión nominal solamente se puede obtener si somos capaces de controlar perfectamente el índice de refracción medio n_m . Si se estableciese la adecuada infraestructura de toma de constantes meteorológicas, sería posible obtener esta precisión nominal a distancias mayores de 1000 metros (Valbuena, 1990).

5.1 Funcionamiento del Kern ME5000 Mekometer

EL ME5000 calcula la distancia a partir de valores de frecuencia generados por el propio instrumento. Estos valores de frecuencia siempre se miden en nulos, es decir, cuando coinciden las fases de salida y retorno del haz. Esta situación se da cuando existe un número entero de longitudes de ondas moduladas. Este número entero N se determina indirectamente mediante un ajuste de la frecuencia en unos intervalos preestablecidos. Un ajuste de frecuencia de este tipo se hace en dos etapas; primero un ajuste aproximado, el cual hace un rastreo del nulo en el retorno de la señal hasta localizarlo, obteniendo la frecuencia. Seguidamente, el ME5000 hace 1280 mediciones individualizadas en frecuencias ligeramente mayores y menores que la correspondiente al nulo. Los valores de λ_0 y λ_{0+1} se obtienen a partir de las frecuencias F_0 y F_{0+1} obtenidas anteriormente en el primer ajuste aproximado. Luego, a partir de que el $\Delta F = F_0 - F_{0+1}$, ya que el incremento de frecuencia de los valores ajustados de dos nulos contiguos son siempre idénticos, se hace un nuevo ajuste riguroso en la zona media del margen y se obtiene la frecuencia F_m correspondiente al nulo buscado. Tras ello, se busca y se ajusta otro nulo en el extremo del margen, obteniendo el cálculo de la distancia (Valbuena, 1990).

En el proceso anterior del valor concreto de la frecuencia, se ha obtenido con toda precisión los valores enteros de N_0 , N_m y N_e a partir del número de longitudes de onda según la frecuencia moduladora sea F_0 , F_m o F_e .

Obteniendo las siguientes ambigüedades:

$$N_0 = RDN \left(\frac{F_0}{\Delta F} \right); N_m = RDN \left(\frac{F_m}{\Delta F} \right); N_e = RDN \left(\frac{F_e}{\Delta F} \right) \quad (6)$$

Siendo:

F_0 Frecuencia moduladora inicial

F_m Frecuencia moduladora media

F_e Frecuencia moduladora en el extremo

Pudiéndose calcular la distancia deseada puesto que tenemos el sistema preestablecido:

$$D = N\lambda_0 \quad D = (N + 1)\lambda_{0+1} \quad (7)$$

Siendo:

λ_0 Longitud de onda inicial

λ_{0+1} Longitud de onda posterior

N Ambigüedad

6. Calibración de un EDM mediante la norma ISO 17123-4

La ISO⁴ es una organización internacional de estandarización y se dedica principalmente a la creación de normas y estándares para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de productos y servicios (véase la Figura 12).



Figura 12: Logo de la Organización Internacional de Estandarización

Fuente: <https://www.diariomedico.com/opinion/fernando-navarro/iso.html>

Según la norma vigente ISO 17123-4, se debe de calibrar un EDM para ciertos trabajos geodésicos siguiendo una serie de pautas. Con el procedimiento completo se debe de establecer una línea recta de prueba de aproximadamente 300-600 metros de largo con siete puntos en un área prácticamente horizontal o de ligera pendiente. Aunque, llevado a cabo este procedimiento respecto a la base de calibración de la UPV, ésta consta de una línea de aproximadamente 330 metros y de una línea principal de seis pilares (véase la Figura 13).

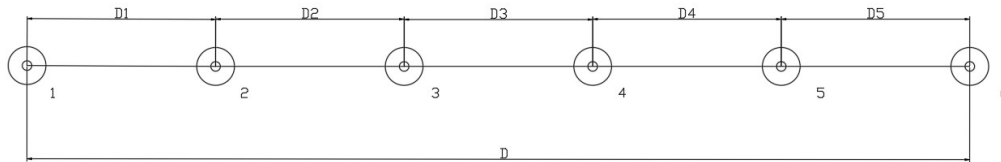


Figura 13: Configuración de la línea principal de la base de calibración de la UPV

⁴ International Organization for Standardization

Todas las distancias posibles entre los seis puntos se miden en el mismo día. Asimismo, se debe de usar el centrado forzoso para la eliminación de los errores de estacionamiento y de dirección, ya que $e_e = 0$ y $e_s = 0$. Estas distancias se deben de medir con una buena señal de retorno y cuando la visibilidad sea buena.

Según esta norma, se debe de efectuar el siguiente cálculo. Las mediciones x_{a-b} deben de corregirse para los efectos de corrección atmosférica y de reducción de pendientes. Estos valores corregidos son evaluados por un ajuste mínimo cuadrático. En este caso, los parámetros desconocidos son las distancias y la corrección del punto cero δ .

$$x_{1-2} + r_{1-2} = 1 y_{1-2} + 0 y_{2-3} + \dots + 0 y_{5-6} - 1\delta \quad (8)$$

Siendo:

x_{1-2} Distancia bruta medida de 1-2

r_{1-2} Residuo de la medida de 1-2

y_{1-2} Parámetro desconocido de la distancia de 1-2

δ Corrección del punto cero

Por ello, habrá tantas ecuaciones lineales como distancias en esa línea recta. Expresado en notación matricial: $X + r = F(y)$. O después de sustitución:

$$r = Ay - x \quad (9)$$

Siendo:

r Vector de los residuos

y Vector de los parámetros

x Vector de las observaciones

A Matriz de diseño

A partir del sistema anterior (9) se procede a realizar el ajuste de mínimos cuadrados según el modelo de Gauss-Markov. El vector solución y se calcula de la siguiente forma:

$$y = (A^T P A)^{-1} A^T P \quad (10)$$

Siendo:

y Vector solución

A Matriz de diseño

P Matriz de pesos

Cabe destacar que la matriz P es unitaria y puede ignorarse porque todos los factores de ponderación se establecen en 1. Seguidamente, se puede calcular la desviación estándar s_0 de una sola distancia medida.

$$s_0 = \sqrt{\frac{r^T P r}{gdl}} \quad (11)$$

Siendo:

s_0 Desviación estándar

r Vector de los residuos

P Matriz de pesos

gdl Grados de libertad [m - n]

La desviación estándar de la corrección del punto cero $s\delta$ se deriva del elemento diagonal de la matriz cofactor $Q_{0,0}$.

$$s\delta = s_0\sqrt{Q_{0,0}} \quad (12)$$

Siendo:

$s\delta$ Corrección del punto cero

s_0 Desviación estándar

$Q_{i,j}$ Diagonal de la matriz cofactor

Finalmente, podemos establecer la incertidumbre u_0 de una sola distancia medida según la norma ISO17123-4 para los distanciómetros EDM. Esta incertidumbre viene determinada por la precisión de la distancia medida, la corrección del punto cero, la temperatura seca y húmeda, la presión atmosférica y las excentricidades de la base nivelante y del reflector.

$$u_0 = \sqrt{u^2(D) + u^2(\delta) + u^2(t_s) + u^2(t_h) + u^2(p) + u^2(e) + u^2(r)} \quad (13)$$

Siendo:

u_0 Incertidumbre

6.1 Test estadísticos en la norma ISO 17123-4

Las pruebas estadísticas que recomienda la norma ISO 17123-4 solamente para el procedimiento completo tiene como objetivo la interpretación de los resultados. Estas pruebas estadísticas se realizarán utilizando los parámetros de la desviación estándar experimental a partir de una distancia medida en la línea de prueba, y además con la corrección del punto cero del instrumento EDM. Para ello se establecen las tres cuestiones siguientes con un nivel de confianza del $1 - \alpha = 0.95$.

La primera de ellas trata de la hipótesis nula que establece la desviación estándar experimental, sea menor o igual al valor teórico. La hipótesis nula no se rechaza si la siguiente condición se cumple, de lo contrario se rechaza la hipótesis nula.

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(gdl)}{gdl}} \quad (14)$$

Siendo:

s Desviación estándar experimental

σ Valor teórico

gdl Grados de libertad

La segunda cuestión trata el caso de dos muestras diferentes, es decir, indica si ambas desviaciones estándar experimentales pertenecen a la misma población. La hipótesis nula no se rechaza si la siguiente condición se cumple, de lo contrario se rechaza la hipótesis nula.

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(gdl,p)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(gdl,p) \quad (15)$$

Siendo:

s^2, \bar{s}^2 Desviación estándar experimentales de dos muestras

gdl Grados de libertad

p Población

Por último, la hipótesis de igualdad de ambas correcciones del punto cero. Esta hipótesis no se rechaza si la siguiente condición se cumple, de lo contrario se rechaza la hipótesis nula.

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta t_{1-\alpha/2}(gdl) \quad (16)$$

Siendo:

δ, δ_0 Correcciones del punto cero

gdl Grados de libertad

A continuación, se muestran dos tablas. La primera tabla a modo de resumen de las tres cuestiones estadísticas anteriormente mencionadas (véase la Tabla 1), y la segunda tabla, correspondiente a los resultados obtenidos de la calibración de los reflectores Kern RMO5035 expresados en milímetros realizado por DICGF – UPV (véase la Tabla 2).

Tabla 1: Resumen de las cuestiones estadísticas de la norma ISO 17123-4

Cuestión	Hipótesis nula	Hipótesis alternativa
1	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
3	$\delta = \delta_0$	$\delta \neq \delta_0$

Tabla 2: Resultado de la calibración de los reflectores Kern RMO5035 en mm

Reflectores S/N	Valor	U (k=1)
374447 (UCM)	0.0868	0.0183
374448 (UCM)	0.1224	0.0133
365628 (UPV)	0.0791	0.0584
358811 (UPV)	0.0979	0.0852

7. Instrumentación meteorológica

En este apartado se describirá toda la instrumentación meteorológica utilizada en campo para la toma de los datos meteorológicos tanto analógicamente como digitalmente. Esta instrumentación ha sido previamente calibrada en el laboratorio de calibración de la UPV.

- **Psicómetro Thies:** Este instrumento sirve para la medición de la humedad relativa del aire. Los psicrómetros más precisos emplean un par de termómetros. Uno de ellos es normal y mide la temperatura seca T . El otro mide la temperatura húmeda T' . Para ello, su bulbo de mercurio está recubierto por una gasa humedecida con agua destilada y es ventilado en el momento de la medición. Debido al enfriamiento producido por la evaporación de agua, siempre marcará una temperatura menor que el otro termómetro. La intensidad de evaporación y por tanto el enfriamiento, dependerá de la humedad existente en el propio ambiente. Tiene una precisión de ± 0.2 ° K. Si la humedad fuera del 100%, cosa improbable, no se produciría evaporación y ambos termómetros marcarían lo mismo (véase la Figura 14).



Figura 14: Psicómetro Thies

- **Barómetro Aneroide Thommen:** Este instrumento sirve para la medición de la presión atmosférica. Como sabemos, la presión atmosférica es el peso por unidad de superficie que ejerce la atmósfera. Este tipo de barómetro aneróide no utiliza mercurio y trabaja con las variaciones de presión atmosférica que experimenta su caja metálica. Por ello, hay que tener extremo cuidado con no darle golpes importantes. Tiene una precisión de ± 0.3 hPa (véase la Figura 15).



Figura 15: Barómetro aneróide Thommen

- Sensor digital Testo 176P1: Este sensor digital mide la temperatura húmeda y seca como la presión atmosférica en el momento exacto de la medición. Tiene como precisiones $\pm 0.2^\circ \text{K}$ y 1.8 hPa. Se emplea para la comparación entre los dos tipos de medidas meteorológicas empleadas, y posteriormente corregir los propios datos de diferencias significativas mediante funciones matemáticas. Ya que, los sensores digitales con el uso de garitas protectoras no producen las mismas lecturas que los analógicos (véase la Figura 16).



Figura 16: Sensor digital Testo 176P1 y controladora

7.1 Elementos auxiliares de campo

A continuación, se describen los principales elementos auxiliares de campo para una correcta toma de los datos meteorológicos.

- Garitas: Estas garitas tienen como objetivo principal proteger físicamente y del sol los sensores utilizados Testo 176P1 en cada vértice geodésico (véase la Figura 17).



Figura 17: Vértice provisto de garita

- Pilar portátil: Utilizado para el vértice de Castillo ya que está situado en una zona de patrimonio histórico y no se autoriza la construcción de ningún vértice geodésico fijo (véase la Figura 18).



Figura 18: Pilar portátil utilizado en Castillo

- Parasoles: Estos parasoles vienen provistos de contraviento, con enganches para anclarlos a tierra. A veces, en Cortes de Pallás hace rachas de viento que pueden llegar a tumbarlas. Además, éstas hacen su labor de ocultar el pilar respecto al sol para que éste no se dilate y produzca el menor error posible (véase la Figura 19).



Figura 19: Operador colocando el parasol al vértice Playa

- Walkie Talkies: Utilizados para la comunicación entre los equipos. Por ejemplo, si el equipo que esta con el distanciómetro quiere avisar al otro equipo que este situado en otro vértice que va a proceder a la medición entre ambos vértices y por tanto que se asegure que este bien nivelado el reflector y enfocado hacia la dirección correcta (véase la Figura 20).



Figura 20: Walkie Talkies

8. Base de calibración de la UPV

En 2007 se estableció una línea base de calibración de 330 metros en el Campus de Vera de la UPV llevado a cabo por el DICGF -UPV (véase la Figura 21). Esto nació como parte de un campo de ensayo dotado con una línea de pilares a la que se le añadió un pilar externo para evaluar la desviación estándar e incertidumbre de cualquier instrumento geodésico y de sus equipos auxiliares según la serie ISO 17123.



Figura 21: Base de calibración de la UPV

Unos años más tarde, en 2012, se transfirió la escala absoluta a partir de la línea base estándar de Nummela, situada en Finlandia. Esta base de calibración está mantenida por el FGI⁵ y es considerada un estándar en la metrología de longitud midiéndose regularmente con el comparador de interferencia Väisälä.

La línea principal de base de calibración de la UPV consta de seis pilares, siguiendo el diseño tipo Heerbrugg. Todos los pilares tienen un diámetro de 22 centímetros y se elevan 1.20 metros sobre el terreno. Están monumentados en dos aislados tubos de acero, el interior cubriendo una estructura de hormigón con una base de un metro cuadrado con una profundidad de unos 60 centímetros. La exterior, evita que el pilar tenga dilataciones debidas a los efectos meteorológicos. A parte, los pilares vienen provistos de un sistema de montaje de centrado forzoso de doble uso para instalar instrumentos de medición en la parte superior, de 5/8" de tornillo de fijación (véase la Figura 22).



Figura 22: Perspectiva de un pilar de la base de calibración de la UPV

Finalmente, el emplazamiento donde se construyó la base de calibración tiene un perfil geológico bastante uniforme, ayudando así a la propia estabilización de la base.

⁵ National Land Survey of Finland

9. Corrección de la medida electrónica de distancias

La medición electrónica de distancias se basa en la propagación de ondas electromagnéticas en un determinado medio y, por tanto, se necesita conocer la velocidad de propagación. Todas las ondas electromagnéticas se propagan a la misma velocidad en el vacío c , pero en cualquier otro medio, la velocidad de propagación v puede ser diferente y depende tanto de la longitud de onda como de las características del medio.

La distancia resultante de medir con un EDM suele estar referida a un determinado índice de refracción residente n_0 que se obtiene de considerar una atmósfera estándar (20°C, 1023 hPa y 50% de humedad relativa) y, por tanto, no es la distancia verdadera. Para conseguir la distancia real, es necesario determinar el índice de refracción verdadero n a partir de las condiciones de temperatura, presión atmosférica y humedad que había en el momento exacto de la medición y a partir de él corregir la distancia proporcionada por el EDM.

9.1 Correcciones causadas por el instrumental

Estas correcciones se componen de una parte constante y una dependiente de la distancia. Asimismo, la parte constante se denomina constante de adición y la parte dependiente de la distancia se denomina corrección de escala resultante de la desviación de la frecuencia de medición. Como sabemos, la distancia corregida se halla con la siguiente formulación:

$$D_l = D_g + c + \Delta D \quad (17)$$

Siendo:

D_l Distancia corregida

D_g Distancia medida

c Constante de adición

ΔD Corrección a consecuencia de la desviación de la frecuencia

9.1.1 Constante de adición

Cuando el punto de salida de la medición electrónica de distancia no se encuentra en el eje vertical del aparato EDM esta distancia debe ser considerada. Esto vale lo mismo en el caso de los reflectores. El sumatorio de estas dos correcciones se define como constante de adición c . Pero, la constante de adición es distinta según la combinación que se haya utilizado en el instrumento – prisma. Normalmente es puesta a cero por el fabricante, para una determinada combinación. Si la constante de adición de la combinación de aparatos empleada no es conocida, se deberá de determinar.

9.1.2 Desviación de la frecuencia

La escala en la medición electrónica de distancias EDM se determina mediante la frecuencia en la propia medición. Un error en la frecuencia de medición tiene las mismas consecuencias que un error en la unidad de medida, es decir, un error de escala.

$$\Delta D = -D_g \frac{\Delta f}{f} \quad (18)$$

Siendo:

ΔD Corrección a consecuencia de la desviación de la frecuencia

D_g Distancia geométrica medida

f Frecuencia de medición

Δf Frecuencia de medición medida menos la frecuencia de medición nominal

Por ello, es decisiva la precisión en la desviación relativa de la frecuencia $\frac{\Delta f}{f}$. Es decisiva para la parte de la desviación estándar proporcional a la distancia.

9.2 Correcciones atmosféricas

9.2.1 Primera corrección de velocidad

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas utilizadas para la medición depende del medio en que se propaguen. La relación entre la velocidad de propagación de una onda en el vacío y de la misma en otro medio diferente se define como el índice de refracción n del medio correspondiente.

$$n = \frac{c_0}{v} \quad (19)$$

Siendo:

n Índice de refracción

c_0 Velocidad de la luz en el vacío

v Velocidad de la luz en el medio ambiente

El índice de refracción de la atmósfera depende de la longitud de onda y de la composición y estado de la atmósfera. Mientras que la mayoría de las veces la composición de la atmósfera puede ser observada como constante, su estado varía con la temperatura, la presión del aire y el contenido de humedad.

Cada aparato EDM utiliza su propio índice de refracción n_0 , denominado índice residente. En nuestro caso, el índice residente corregido de la desviación de la frecuencia del ME5000 es 1.0000000939. Este se basa en la longitud de la onda portadora utilizada para la medición de distancias, así como en una atmósfera de referencia. Desviaciones de ésta producen errores en la distancia que deben ser corregidos. Esta corrección se calcula con la siguiente fórmula:

$$C_1 = D(n_0 - n) \quad (20)$$

Siendo:

C_1 Primera corrección de velocidad

D Distancia medida

n Índice de refracción de la atmósfera actual

n_0 Índice de refracción del instrumento

Asimismo, para el caso del índice de refracción que hemos mencionado, se trata del llamado índice de refracción por grupos de onda. El índice de refracción por grupos de onda n_{SA} para una atmósfera estándar seca con 0.03% de anhídrido carbónico a 0°C y 1013.25 hPa se calcula según la formulación de B.Edlen.

$$(n_{SA} - 1) \times 10^8 = 28756.9 + 3 \frac{162.06}{\lambda^2} + 5 \frac{1.39}{\lambda^4} \quad (21)$$

Siendo:

λ Longitud de onda portadora en micrómetros [μm]

n_{SA} Índice de refracción para atmósfera estándar

La fórmula (21) muestra la dependencia del índice de refracción en función a la longitud de onda. Esta dependencia se denomina dispersión. A continuación, se muestra la curva de dispersión para una atmósfera estándar (véase la Figura 23).

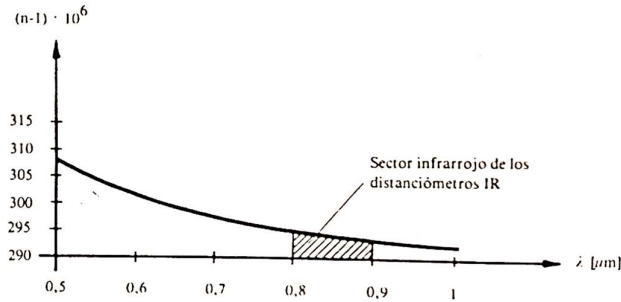


Figura 23: Influencia de la primera corrección de velocidad para una atmósfera estándar

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

La influencia del error sobre la medición de distancias a consecuencia de la dispersión es menor de una parte por millón para el sector infrarrojo. En el caso del diodo de galio-arsenio, que es la fuente de radiación más utilizada en los distanciómetros electroópticos, una variación de temperatura de 1°C produce una variación de la longitud de la onda portadora de unos 0.0003 micrómetros. Es decir, que las influencias del error a consecuencia de la dispersión son insignificantes.

El cálculo del índice de refracción para la atmósfera estándar sobre la atmósfera actual o verdadera se realiza según la formulación de Barrel y Sears.

$$(n - 1) = (n_{SA} - 1) \frac{273.16}{T} \frac{p}{1013.25} - \frac{11,27 \times 10^{-6}}{T} e \quad (22)$$

Siendo:

n Índice de refracción de la atmósfera actual

n_{SA} Índice de refracción para atmósfera estándar

p Presión del aire

T Temperatura en grados Kelvin ($T = 273,16 + t$)

e Presión parcial del vapor de agua

El margen de validez de esta fórmula anterior se reduce a una temperatura comprendida entre $[-40;50]$ °C y una presión comprendida entre $[533;1066]$ hPa. El error cometido para este caso en el índice de refracción es menor de 2×10^{-7} .

Pero cabe destacar que, según la resolución adoptada por la IAG⁶ (véase la Figura 24), en la asamblea general celebrada en Birmingham en 1999, en el caso de trabajar con microondas se debe de aplicar la siguiente formulación para el cálculo del índice de refracción.



Figura 24: Logo de la International Association of Geodesy

$$n = 1 + 77.60 \times 10^{-6} \frac{p}{T} - 13 \times 10^{-6} \frac{e}{T} - 0.378 \frac{e}{T^2} \quad (23)$$

Siendo:

p Presión atmosférica en hPa

T Temperatura en °K

e Tensión de vapor de agua en hPa

Asimismo, para el cálculo de la tensión de vapor de agua, conocida la temperatura seca y húmeda, se calcula con la denominada fórmula de los meteorólogos.

$$e = E' - 0.00066[1 + 0.001125(T' - 273.15)] p (T - T') \quad (24)$$

Siendo:

e Tensión de vapor de agua en hPa

E' Presión de saturación a la temperatura húmeda en hPa

T Temperatura seca en °K

T' Temperatura húmeda en °K

En la cual, E' se obtiene mediante:

$$\log E' = 26.251025 - \frac{3049.50}{T'} - 5.8697 \log T' \quad (25)$$

Siendo:

E' Presión de saturación a la temperatura húmeda en hPa

T' Temperatura húmeda en °K

⁶ International Association of Geodesy

Cabe destacar que el índice de refracción para las microondas es independiente del índice de refracción de grupo. A continuación, vamos a demostrar la influencia de la humedad relativa del aire sobre la distancia medida en ppm, dependiendo de la temperatura (véase la Figura 25).

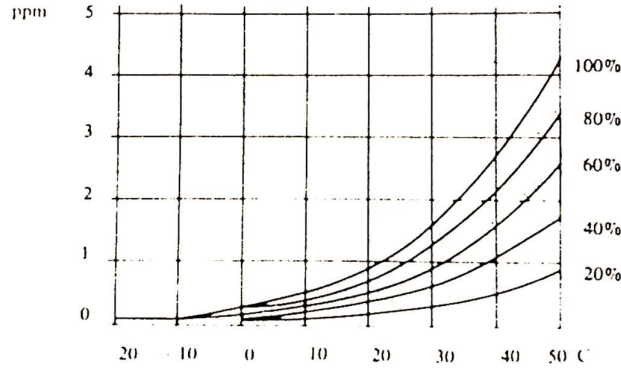


Figura 25: Influencia de la presión parcial del vapor de agua

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

En la práctica su influencia no se toma en la mayoría de los casos. En virtud de las características del propio EDM y de las condiciones climáticas del lugar en dónde se emplea, así como de la precisión que se quiera obtener, hay que decidir si se necesita tomar en cuenta o no esta corrección. En nuestro caso se debe de tener en cuenta ya que queremos obtener precisiones por debajo del milímetro.

Así, teniendo el diferencial total de la formulación de Barrel y Sears, podemos obtener la influencia de los parámetros atmosféricos sobre el índice de refracción y con ello sobre la distancia, mediante la siguiente formulación.

$$\sigma_n^2 = \left(\frac{dn}{dT}\right)^2 \sigma_t^2 + \left(\frac{dn}{dp}\right)^2 \sigma_p^2 + \left(\frac{dn}{de}\right)^2 \sigma_e^2 \quad (26)$$

Siendo:

σ_n Variación del índice de refracción

σ_t Variación de la temperatura

σ_p Variación de la presión

σ_e Variación de la presión parcial del vapor de agua

Para el caso de radiaciones de microondas se efectúan las correspondientes derivadas parciales en la expresión y para los mismos valores estándar tomados se llega a los siguientes valores.

$$t \pm 1^\circ C$$

$$p \pm 3.5 hPa$$

$$e \pm 0.2 hPa$$

Como se puede observar, en este último caso la determinación del índice de refracción se ve muy afectada por la exactitud con que se determine la presión atmosférica. En el caso de distanciómetros submilimétricos, en que la precisión es un orden mayor, es decir de 0.1 partes por millón, aplicando el mismo procedimiento se llega a:

$$t \pm 0.1^{\circ}C$$

$$p \pm 0.3 \text{ hPa}$$

$$e \pm 2.6 \text{ hPa}$$

Esto solamente se puede alcanzar con psicómetros y barómetros de precisión anteriormente descritos. Los parámetros atmosféricos se calculan según la exigencia de precisión del trabajo, solamente sobre el punto de posición de observación y de puntería. Por ello, se averiguan los valores de medición para calcular un índice promedio de refracción.

9.2.2 Segunda corrección de velocidad

Se supone que el índice de refracción varía linealmente con la altura en las capas inferiores de la atmósfera, el índice de refracción promedio proporciona un valor auténtico para un arco con el radio terrestre R como radio de curvatura, pero no para el arco inferior de la trayectoria real de rayos con el radio de curvatura r (véase la Figura 26).

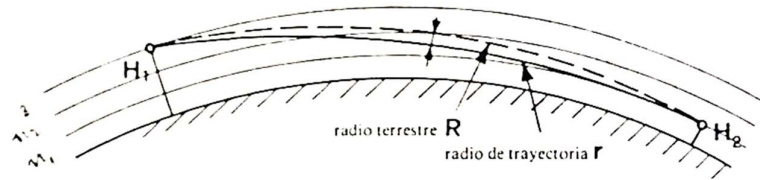


Figura 26: Relación entre los rayos de curvatura

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

Pero en nuestro trabajo al tomar como índice de refracción el calculado a partir de los datos meteorológicos medidos en ambos extremos, se comete siempre un error por defecto. Este error es debido a que la curvatura de las superficies isorrefringentes es mayor que la de la trayectoria seguida por las ondas. El error cometido por exceso en la obtención de n viene dado en función del coeficiente de refracción por la formulación de Saastamoinen.

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_m} \left[1 - \frac{k(1-k)D_0^2}{12R^2} \right] \quad (27)$$

Siendo:

n Índice de refracción

n_m Índice de refracción medio

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

D Distancia observada

Despejando el índice de refracción medio, la corrección resultante es la siguiente:

$$n = (k - k^2) \frac{D^3}{12R^2} \quad (28)$$

Siendo:

n Índice de refracción

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

D Distancia observada

La formulación anterior se trata como corrección C_2 independiente.

$$C_2 = -(k - k^2) \frac{D^3}{12R^2} \quad (29)$$

Siendo:

C_2 Segunda corrección de velocidad

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

D Distancia observada

Para el valor de k se toma normalmente el valor empírico 0.13. Sin embargo, este valor ha de esperarse solo bajo determinadas condiciones. Pero en nuestro trabajo se ha obtenido un valor específico de k para cada observación realizada. Como sabemos, al cociente de refracción entre el radio de curvatura terrestre y el radio de curvatura de la radiación se le denomina coeficiente de refracción k . Este ángulo de refracción δ se relaciona con el coeficiente de refracción mediante la siguiente formulación.

$$\delta = \frac{S}{2R} k \quad (30)$$

Siendo:

δ Ángulo de refracción

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

Pero, además, el coeficiente de refracción se puede obtener a partir de los parámetros meteorológicos mediante la siguiente formulación para la radiación de microondas.

$$k = R \left[78 \times 10^{-6} \frac{p}{T^2} \left(0.034 + \frac{dT}{dh} \right) - \frac{0.37}{T^2} \frac{de}{dh} \right] \quad (31)$$

Siendo:

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

p Presión atmosférica

T Temperatura seca

Con estos diferenciales como valores estándares.

$$\frac{dT}{dh} = -0.0065 \text{ } ^\circ K m^{-1}$$

$$\frac{de}{dh} = -0.0035 \text{ } ^\circ h P a m^{-1}$$

De esta forma obtenemos el valor empírico, coincidiendo con el k promedio anteriormente mencionado. Esta segunda corrección de velocidad puede ser ignorada en la práctica diaria. Sin embargo, tiene gran importancia en las mediciones con aparatos láser o de microondas sobre distancias mayores de 50 kilómetros (véase la Figura 27).

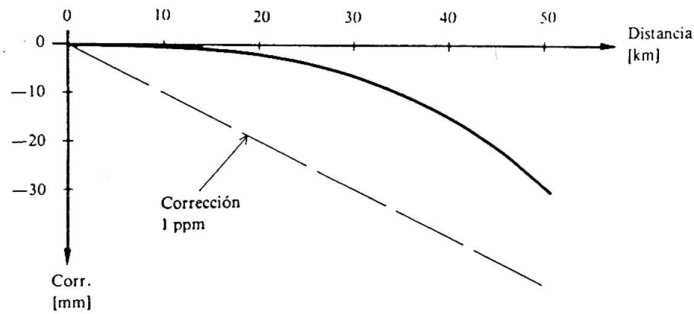


Figura 27: Influencia de la segunda corrección de velocidad ($k=13$)

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

9.2.3 Curvatura de los rayos

Como última corrección atmosférica, sabiendo que las ondas luminosas entre dos puntos no se propagan en línea recta, sino que a consecuencia de la refracción describen una trayectoria curva, se debe de reducir el arco a la cuerda. Su corrección es la siguiente:

$$C_3 = -k^2 \frac{D^3}{24R^2} \quad (32)$$

Siendo:

C_3 Corrección por curvatura de los rayos

k Coeficiente de refracción

R Radio terrestre

D Distancia observada

A continuación (véase la Figura 28), se muestra la gráfica de la corrección por la curvatura de los rayos.

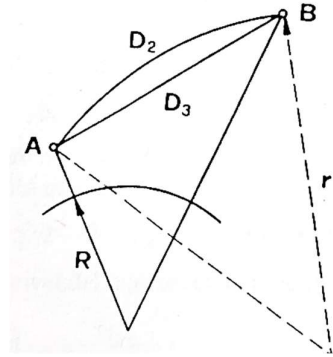


Figura 28: Corrección por curvatura de los rayos

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

Además, esta corrección de la curvatura de los rayos ha de ser tomada en cuenta solamente en distancias muy largas (véase la Figura 29).

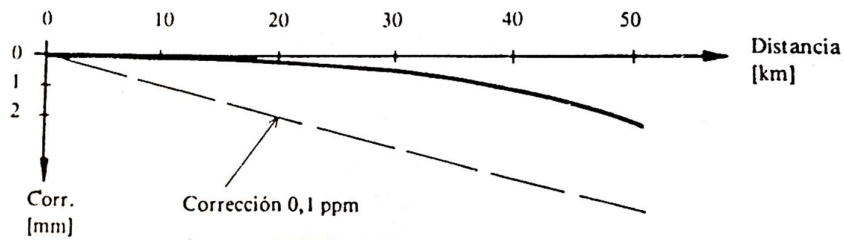


Figura 29: Influencia de la curvatura de los rayos ($k=13$)

Fuente: Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos, Heerbrugg

A modo de resumen, cualquier radiación que atraviese la atmósfera experimenta un cambio en su velocidad como una variación en su propia trayectoria. Al curvarse la trayectoria se produce un error por exceso en la medida de la distancia. Como lo que se pretende es medir la distancia en línea recta, habrá que efectuar todas estas correcciones.

Finalmente, la distancia corregida de factores meteorológicos se obtiene mediante:

$$D = D_0 + C_1 + C_2 + C_3 \quad (33)$$

Siendo:

D Distancia corregida meteorológicamente

D_0 Distancia observada

C_1 Primera corrección de velocidad

C_2 Segunda corrección de velocidad

C_3 Corrección por curvatura de los rayos

9.3 Reducción geométrica

Por último, se tiene que corregir geoméricamente la distancia geométrica obtenida D_g , ya que esta sale desde el centro del distanciómetro y llega al centro del prisma de reflexión total. Pero queremos para el ajuste la distancia reducida al centro, es decir, la distancia referida entre las cabezas de ambos pilares. Para ello, a partir de la ecuación de Pitágoras $a^2 = b^2 + c^2$ se desarrolla la siguiente formulación.

$$p = \sqrt{D_r^2 + \Delta z^2} \quad (34)$$

Siendo:

- p Distancia reducida
- D_r Distancia reducida
- Δz Incremento de cota

$$D_g = \sqrt{D_r^2 + (\Delta z + h_p - h_e)^2} \quad (35)$$

Siendo:

- D_g Distancia observada
- D_r Distancia reducida
- Δz Incremento de cota
- h_p Altura del prisma
- h_e Altura del distanciómetro

$$c = p - D_g \quad (36)$$

Siendo:

- c Corrección
- p Distancia reducida a la cabeza del pilar
- D_g Distancia observada

Cabe destacar, que esta corrección es una aproximación (véase la Figura 30). Existen otras formas de llegar a esta corrección con más precisión.

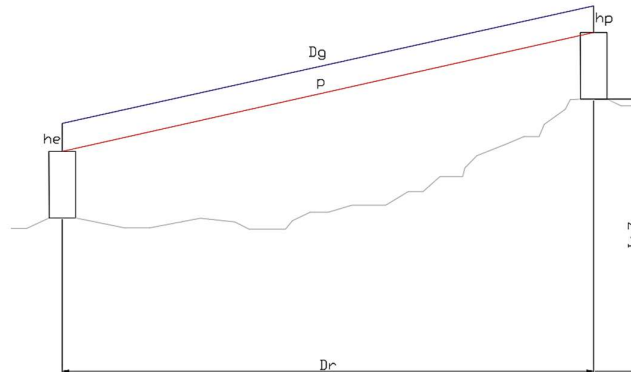


Figura 30: Gráfico de la corrección de la reducción a la cabeza del pilar

Por lo cual agregando esta corrección a la distancia corregida anteriormente de efectos atmosféricos (33) se llega a la distancia depurada de todos estos errores que se utilizará en el ajuste.

10. Compensación de redes geodésicas, mínimos cuadrados

Una red geodésica tiene como objetivo la estimación de ciertos parámetros a partir de valores observados mediante un proceso de medida. Para ello, se plantea un modelo matemático que se compone a su vez de:

- El modelo funcional que relacione matemáticamente los parámetros con los observables.
- El modelo estocástico que informe del comportamiento estadístico de los observables.

Actualmente se emplean modelos funcionales que integren todo tipo de mediciones geodésicas que sean aplicables a los trabajos, permitiendo combinar todo tipo de mediciones topográficas y geodésicas en un único ajuste. En nuestro caso, se han empleado ecuaciones de distancia geométrica.

10.1 Modelo funcional empleado

El modelo funcional establece la relación matemática entre los observables medidos en campo con los parámetros a determinar en el ajuste. Por ello, tiene que estar basado en las propiedades geométricas y físicas del problema a resolver. Asimismo, deben ser lo suficientemente completos para que los residuos obtenidos sigan una distribución normal y en el caso de que el modelo funcional no sea lineal debe ser linealizado.

El modelo funcional utilizado para este proyecto es el siguiente:

$$-\frac{x_j - x_i}{D_{ij}^c} dx_i - \frac{y_j - y_i}{D_{ij}^c} dy_i - \frac{z_j - z_i}{D_{ij}^c} dz_i + \frac{x_j - x_i}{D_{ij}^c} dx_j + \frac{y_j - y_i}{D_{ij}^c} dy_j + \frac{z_j - z_i}{D_{ij}^c} dz_j - (D_{ij}^c - D_{ij}^0) = v_{ij} \quad (37)$$

Siendo:

D_{ij}^c Distancia calculada de i-j

D_{ij}^0 Distancia corregida de i-j

(x_i, y_i, z_i) Coordenadas locales del punto estación

(x_j, y_j, z_j) Coordenadas locales del punto visado

10.2 Modelo estocástico

Los observables proceden de mediciones efectuadas en campo y para cada medición se caracteriza por su valor y por una varianza a priori que es función del instrumental y de la metodología empleada. Por esto, resulta conveniente expresar la matriz varianza-covarianza como producto de un escalar por una matriz denominada cofactor.

$$\Sigma_0 = \sigma_0 Q_0 \quad (38)$$

Siendo:

Σ_0 Matriz varianza-covarianza

σ_0 Escalar

Q_0 Matriz cofactor

La matriz cofactor juntamente con el vector de observables son informaciones necesarias para realizar el ajuste de una red geodésica y además se emplea para formar la matriz de pesos.

$$P = Q_0^{-1} = \sigma_0 \Sigma_0^{-1} \quad (39)$$

Siendo:

P Matriz de pesos

Q_0 Matriz cofactor

Seguidamente, uno de los parámetros a estimar en el ajuste es el propio escalar σ_0 . En nuestro caso, consideramos un escalar $\sigma_0 = 1$ y a cada distancia le asignamos un peso $p_i = \frac{\sigma_0}{\sigma_i}$ en función de su error a priori. Este error a priori es el obtenido a partir de la fórmula (13), estableciendo la incertidumbre u_0 para cada distancia medida según la norma ISO 17123-4 para los distanciómetros EDM. Entonces, el estimador de la varianza a priori de la observable de peso unidad resultaría próximo a la unidad.

$$s_0^2 \cong 1 \quad (40)$$

Siendo:

s_0^2 Estimador de la varianza a priori de peso unidad

Este valor se interpreta como la confirmación de que el modelo matemático empleado ha sido correcto y que se cumple la denominada hipótesis nula.

$$H_0: s_0^2 = \sigma_0^2 \quad (41)$$

Siendo:

H_0 Hipótesis nula

s_0^2 Estimador de la varianza a priori de peso unidad

σ_0^2 Estimador de la varianza a posteriori de peso unidad

Rechazar la hipótesis nula indica que el ajuste realizado no ha sido correcto. Esto puede deberse a un modelo funcional incompleto, a un modelo estocástico inadecuado, es decir, pesos erróneos, o a la presencia de errores groseros en los observables.

En el momento en que las varianzas a priori y a posteriori no son estadísticamente iguales, se cumple la hipótesis alternativa.

$$H_1: s_0^2 \neq \sigma_0^2 \quad (42)$$

Siendo:

H_1 Hipótesis alternativa

s_0^2 Estimador de la varianza a priori de peso unidad

σ_0^2 Estimador de la varianza a posteriori de peso unidad

Además, la matriz de pesos cumple un papel adicional. Ésta tipifica las observaciones haciéndolas adimensionales, así pueden mezclarse en un mismo ajuste ecuaciones de observación de diferentes tipos.

10.3 Algoritmo de observaciones indirectas

Al ajustar una red geodésica por mínimos cuadrados se pueden emplear tres posibles modelos:

- El modelo de ecuaciones de condición
- El modelo de observaciones indirectas
- El modelo mixto

La decisión sobre qué modelo de estos tres se ha de emplear depende de la aplicación del trabajo. Pero, en la gran mayoría de aplicaciones geodésicas se suele optar por el modelo de observaciones indirectas.

10.3.1 Formación del modelo

En el modelo de observaciones indirectas han de formarse las siguientes matrices.

La primera de ellas es la matriz de diseño A , esta matriz se forma a partir de las coordenadas aproximadas de los puntos de la red. Su dimensión es de $[m \times n]$ siendo m el número de ecuaciones de observación y n el número de parámetros a determinar. Asimismo, cada fila estará formada por ceros excepto en aquellas columnas que correspondan a los parámetros, cuya ecuación se ha formado previamente.

Cuando la matriz de diseño se trata de rango completo, en el caso de que sea una red ligada, los grados de libertad del ajuste se calculan a partir de la siguiente formulación.

$$gdl = m - n \quad (43)$$

Siendo:

gdl Grados de libertad

m Número de ecuaciones de observación

n Número de parámetros

Pero, en el caso de que la matriz de diseño sea deficiente de rango, se trata de una red libre, los grados de libertad del ajuste se calculan a partir de la siguiente formulación.

$$gdl = m - rg(A) \quad (44)$$

Siendo:

gdl Grados de libertad

m Número de ecuaciones de observación

$rg(A)$ Rango de la matriz de diseño

Luego, se forma la matriz de pesos P [$m \times m$] a partir de la información disponible sobre el instrumental y de la metodología empleada en la observación. Entonces, se estima el error del observable y se calcula el peso a partir de la siguiente formulación.

$$P(i, i) = p_i = \frac{s_0^2}{\sigma_i^2} \quad (45)$$

Siendo:

P Matriz de pesos

s_0^2 Estimador de la varianza de peso unidad a priori

σ_i Error del observable a priori

Esta matriz es cuadrada y su dimensión coincide con el número total de observaciones. De igual forma, la matriz es diagonal solamente en el caso de observables que no estén correladas. Hay que recordar que lo habitual en estos ajustes es adoptar como valor inicial $s_0^2 = 1$ y posteriormente, compararlo con el estimador de la varianza a posteriori σ_0^2 .

Por último, se ha de construir el vector de términos independientes K , obteniéndose restando del observable a ajustar el valor que le correspondiera según el modelo funcional empleado.

$$K(i, 1) = O_i^{obs} - O_i^{cal} \quad (46)$$

Siendo:

K Matriz de términos independientes

O_i^{obs} Observaciones medidas

O_i^{cal} Observaciones calculadas

Una vez tenido todo lo anteriormente mencionado construido y preparado se dispone a realizar el ajuste mínimo cuadrático, siguiendo su característica formulación.

$$Ax - K = v \quad (47)$$

Siendo:

A Matriz de diseño

x Vector de los parámetros

K Vector de términos independientes

v Vector de los residuos

10.3.2 Resultados y precisión de una red geodésica

Una vez realizado el ajuste se nos proporciona una valiosa información, como el vector de los parámetros incógnita del ajuste.

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P K \quad (48)$$

Siendo:

\hat{x} Vector de los parámetros o solución

A Matriz de diseño

P Matriz de pesos

K Vector de términos independientes

El vector de residuos.

$$\hat{v} = A\hat{x} - K \quad (49)$$

Siendo:

\hat{v} Vector de los residuos

\hat{x} Vector de los parámetros o solución

A Matriz de diseño

K Vector de términos independientes

El vector de las observaciones compensadas.

$$O_c = O_0 + \hat{v} \quad (50)$$

Siendo:

O_c Observaciones compensadas

O_0 Observaciones originales

\hat{v} Vector de los residuos

El estimador a posteriori de la desviación típica de la observable de peso unidad.

$$\sigma_0^2 = \frac{\hat{v}^T P \hat{v}}{gdl} \quad (51)$$

Siendo:

σ_0^2 Estimador a posteriori

gdl Grados de libertad

P Matriz de pesos

\hat{v} Vector de los residuos

Asimismo, la precisión de una red geodésica se cuantifica en la información proporcionada que se han obtenido en el ajuste como la matriz varianza-covarianza de los parámetros ajustados.

$$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}} = \sigma_0^2 Q_{xx} \quad \text{con} \quad Q_{xx} = (A^T P A)^{-1} \quad (52)$$

Siendo:

$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}}$ Precisión de los parámetros

σ_0^2 Estimador a posteriori

Q_{xx} Matriz cofactor de los parámetros ajustados

La matriz varianza-covarianza de los residuos estimados.

$$\Sigma_{\hat{v}\hat{v}} = \sigma_0^2 Q_{vv} \quad \text{con} \quad Q_{vv} = (Q_0 - A Q_{xx} A^T) \quad (53)$$

Siendo:

$\Sigma_{\hat{v}\hat{v}}$ Precisión de los residuos

σ_0^2 Estimador a posteriori

Q_{vv} Matriz cofactor de los residuos estimados

Q_0 Matriz cofactor

Y, por último, la matriz varianza-covarianza de los observables ajustados.

$$\Sigma_{\hat{o}\hat{o}} = \sigma_0^2 Q_{oo} \quad \text{con} \quad Q_{oo} = (A Q_{xx} A^T) \quad (54)$$

Siendo:

$\Sigma_{\hat{o}\hat{o}}$ Precisión de los observables

σ_0^2 Estimador a posteriori

Q_{oo} Matriz cofactor de los observables ajustados

Q_{xx} Matriz cofactor de los parámetros ajustados

Cuando queremos analizar los resultados obtenidos conviene representar gráficamente el error de las coordenadas. Como nuestra red es tridimensional su representación gráfica viene dada por los elipsoides de error (véase la Figura 31). En el caso de una red planimétrica se representaría solamente mediante las elipses de error, sin la ordenada vertical. La ventaja de esto es que al estar referidas respecto al marco de referencia nos proporciona una visión global de la calidad geométrica de la red. Además, se pone de manifiesto las zonas más débiles.

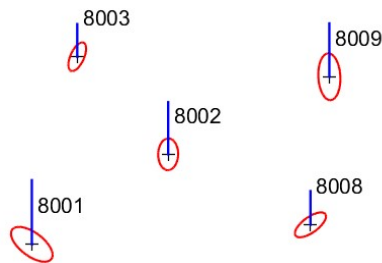


Figura 31: Ejemplo gráfico de las elipses de error incluyendo el error vertical

La formulación de las elipses de error es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} \left[(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\sigma_{xy}} \right] \\
 b &= \frac{1}{2} \left[(\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\sigma_{xy}} \right] \\
 \alpha &= \arctg \frac{-\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\sigma_{xy}}}{2\sigma_{xy}}
 \end{aligned} \tag{55}$$

Siendo:

a Eje mayor

b Eje menor

α Azimut

σ_x Error en x

σ_y Error en y

10.4 Fiabilidad de una red geodésica

La fiabilidad es un apartado que define la calidad de una red geodésica y se interpreta como la capacidad de la red para detectar posibles errores groseros en las observaciones.

Al obtener residuos muy pequeños no supone un indicador de calidad del ajuste. Si no se actúa con cuidado y riesgo estadístico, puede ser que se estén eliminando observables correctas solamente porque éstas presentan un residuo elevado debido al error grosero presente en otras observables. Por tanto, para poder analizar correctamente los resultados obtenidos en la compensación, es prescindible incluir test estadísticos.

Sin embargo, los dos parámetros de fiabilidad, tanto interna como externa, dependen exclusivamente de la configuración de la red, es decir de la matriz de diseño A y de la precisión de los observables contenida en la matriz varianza-covarianza.

En la fiabilidad interna HI se emplea la siguiente expresión, cuando más grande sea el mínimo error detectable menor será la fiabilidad de la red.

$$|\nabla_i| \geq HI \sigma_i \quad \text{con} \quad HI = \frac{\delta_0}{\sqrt{r_i}} \tag{56}$$

Siendo:

$|\nabla_i|$ Mínimo error detectable

HI Fiabilidad interna

σ_i Error a priori

δ_0 Parámetro de no centralidad

r_i Número de redundancia

En la fiabilidad externa el impacto del error grosero sobre los parámetros incluidos en el ajuste depende de la definición del sistema de referencia. Por ello, se debe de cuantificar ese impacto a partir de la siguiente formulación.

$$HE = \delta_0 = \sqrt{\frac{1 - r_i}{r_i}} = |\nabla_i| \cdot \sqrt{1 - r_i} \quad (57)$$

Siendo:

HE Fiabilidad externa

δ_0 Parámetro de no centralidad

r_i Número de redundancia

$|\nabla_i|$ Mínimo error detectable

Este valor es una medida de la fiabilidad externa global para cada observable. Si los valores calculados son homogéneos, la red es robusta frente a posibles errores groseros no detectados. En caso contrario, los parámetros obtenidos en el ajuste son fácilmente alterables por la existencia de estos errores no detectados.

10.4.1 Número de redundancia

El número de redundancia es un valor que informa del grado de control que se tiene del conjunto de la red sobre cada observable. Para su cálculo, se demuestra que la traza, del sumatorio de los valores de los elementos de la propia diagonal del producto de la matriz cofactor de los residuos por la matriz de pesos es igual a los grados de libertad del ajuste (Leick, 1995).

$$tr(Q_{vv}P) = gdl \quad (58)$$

Siendo:

Tr Trazabilidad

Q_{vv} Matriz cofactor de los residuos

gdl Grados de libertad

Suponiendo los observables no correlados, el número de redundancia del observable se calcula mediante la siguiente formulación.

$$r_i = q_i p_i \quad (59)$$

Siendo:

r_i Número de redundancia

q_i Cofactor de los residuos a posteriori de los observables

p_i Pesos de los observables

Este valor siempre estará comprendido en el siguiente rango.

$$0 \leq r_i \leq 1 \quad (60)$$

Siendo:

r_i Número de redundancia

A continuación, se muestra entre que valores, el observable puede estar mejor o peor controlado.

Observable bien controlado.

$$0.6 \leq r_i \leq 1 \quad (61)$$

Observable débilmente controlado.

$$0.1 \leq r_i < 0.6 \quad (62)$$

Observable mal controlado.

$$0 \leq r_i < 0.1 \quad (63)$$

10.5 Aceptación del modelo matemático

Finalmente, para saber si se acepta el ajuste realizado, se tiene que comprobar si el modelo matemático planteado es correcto y que los observables compensados lo cumplan. Por ello se plantean las dos hipótesis H_0 y H_1 anteriormente mencionadas.

Además, para la evaluación del grado de proximidad entre las varianzas de peso unidad a priori y a posteriori se emplea el estadístico X^2 .

$$X^2 = \frac{\sigma_0^2}{s_0^2} gdl = \frac{\hat{v}^T P \hat{v}}{s_0^2} \quad (64)$$

Siendo:

X^2 Estadístico chi-cuadrado

σ_0^2 Estimador de la varianza a posteriori

s_0^2 Estimador de la varianza a priori

gdl Grados de libertad

P Matriz de pesos

\hat{v} Vector de los residuos

No rechazándose la hipótesis nula con un nivel de significación α si se cumple la siguiente condición. Ahora, en caso contrario se rechazaría la hipótesis nula.

$$X_{gdl, \alpha/2}^2 < X^2 < X_{gdl, 1-\alpha/2}^2 \quad (65)$$

Siendo:

X^2 Estadístico chi-cuadrado

10.6 Análisis de los residuos

Para la detección de los errores groseros, el residuo de cada ecuación de observación debe de tener un valor aproximadamente igual a la estimación del error a partir del modelo matemático empleado. Por tanto, conviene analizar estos residuos en relación con su error a priori estimado.

$$p_i = \frac{\hat{v}_i}{\sigma_i} \cong 1 \quad (66)$$

Siendo:

p_i Residuo ponderado

σ_i Error a priori estimado

\hat{v}_i Error a posteriori

Como ya se ha mencionado, el método de mínimos cuadrados tiende a repartir el error de cada observación al resto de las observaciones. Si una o varias mediciones contienen un error grosero, este se propaga por toda la red, afectando a todos los residuos. Por tanto, a efectos de detectar y eliminar errores groseros, se analizan los residuos empleando test estadísticos como el test de Baarda.

10.6.1 Test de Baarda

El test de Baarda analiza los residuos obtenidos en el ajuste con el objeto de detectar posibles errores groseros. Este estadístico emplea un residuo tipificado.

$$w_i = \frac{\hat{v}_i}{\sigma_i \sqrt{r_i}} \quad (67)$$

Siendo:

w_i Residuo tipificado

σ_i Error a priori estimado

\hat{v}_i Error a posteriori

r_i Número de redundancia

Una vez se han tipificado los residuos se comprueba si su valor supera un valor crítico determinado a partir de un cierto nivel de significación α , de una cierta potencia del test β_0 y de un parámetro de no centralidad δ_0 . Este test detecta con una gran probabilidad del 100 $(1 - \alpha)$ el 100 β_0 de los errores groseros que sean superiores a:

$$|\nabla_i| \geq \frac{\delta_0}{\sqrt{r_i}} \sigma_i \quad (68)$$

Siendo:

$|\nabla_i|$ Test w-Baarda

σ_i Error a priori estimado

δ_0 Valor de no centralidad

r_i Número de redundancia

Los valores del test que sean mayores al valor crítico son residuos anormales denominados como *outlier*. Estos residuos deberán de eliminarse del ajuste. En nuestro ajuste, se ha empleado como el valor de la potencia del test de 0.80, el valor del parámetro de no centralidad de 4.13 y el valor de un nivel de significación de 0.001, es decir, del 99.9%.

10.7 Tipos de solución

Para los habituales trabajos topográficos, la solución definitiva se obtiene mediante un ajuste de red ligada, esto es, fijando las coordenadas de una serie de puntos considerados fijos. Estas coordenadas fijas suelen ser coordenadas oficiales y cuando el número de puntos fijos sea suficiente para definir el sistema de referencia, pero el datum de dicha solución, es decir, la situación del origen, la orientación y la escala del sistema de referencia elegido, viene dado únicamente por siete parámetros. Estos siete parámetros se pueden interpretar como los parámetros necesarios para relacionar los dos sistemas de referencia diferentes mediante una transformación de Helmert.

Un problema de las redes ligadas es que, al no ser las coordenadas del marco de referencia exactas, el error de éstas se mezcla con las mediciones, lo que dificulta el análisis de los resultados. Además, hay que tener en cuenta que todos los parámetros de precisión resultantes del ajuste están referidas al datum concreto de la solución. Por ello, en aplicaciones críticas, como es el caso de un control de deformaciones, es importante tener claramente diferenciados los conceptos de marco de referencia y datum, puesto que las precisiones obtenidas siempre están referidas a este último.

Para hacer frente a los problemas mencionados, los controles de deformaciones deberán realizarse siempre a partir de redes libres. Si se emplea la pseudoinversa, el origen, la orientación y la escala del datum queda definida para las coordenadas aproximadas de todos los puntos que conforman la red, lo que equivale a suponer que todos los puntos son igual de estables en el tiempo. Si esta hipótesis es aceptable, se puede emplear el método de la pseudoinversa para invertir el sistema de ecuaciones normales, pero si existe la posibilidad de que unos puntos del marco de referencia se desplazan significativamente, no deberían formar parte del datum, y por tanto sería preferible resolver las redes libres mediante otros métodos de pseudoinversa, como por ejemplo el método de Blaha.

Cabe mencionar, que previamente al control de deformaciones, se debe de realizar un ajuste de red libre que al no disponer de puntos fijos permite analizar los errores de las observaciones sin que los residuos estén contaminados por el error de los puntos fijados. En ella, se detectan y eliminan los errores groseros, se comprueba la precisión de los observables y se valora la precisión máxima en coordenadas, ya que proporciona los residuos mínimos y las mínimas figuras de error.

11. Método de Blaha

El método de Blaha consiste en la aplicación de la metodología de los constreñimientos internos, obteniendo expresiones matriciales analíticas de las soluciones que habilitan una posible interpretación geométrica de las mismas. Además, aunque se trate de una red libre, este método nos permite definir internamente los puntos del datum. Esto sirve para prescindir a la hora de la obtención del datum de aquellos componentes considerados inestables para realizar posteriormente un test de deformaciones a sabiendas de que todos los vértices pertenecientes al datum son estables.

Según se ha mencionado, en el apartado 12, se definía como una red geodésica libre a aquella que, al aplicarle el método de observaciones indirectas, su matriz de diseño A es deficiente de rango y por ello, nos encontramos ante un modelo singular. Por esta razón, para solucionar dicho problema, Blaha desarrolló su método (Sevilla, 2005).

Su modelo matemático es de la siguiente forma:

$$Ax - K = v \quad (69)$$

Siendo:

A Matriz de diseño

x Vector de los parámetros

K Vector de términos independientes

v Vector de los residuos

En primer lugar, formaríamos el sistema anterior, que es el mismo que el de mínimos cuadrados, pero no lo resolveríamos, ya que el problema lo constituye la construcción de la matriz de constreñimientos B que se debe de añadir a la matriz de diseño A . Por ello, impondremos la condición de que la traza de la matriz varianza-covarianza de los parámetros estimados sea mínima.

$$\text{Traza } \Sigma_{x^*x^*} = \text{mínima} \quad (70)$$

Siendo:

$\Sigma_{x^*x^*}$ Matriz varianza-covarianza de los parámetros estimados

Ahora bien, en nuestro caso, tenemos una red geodésica de n vértices que compensamos anteriormente por el método de observaciones indirectas. Así, si x son los parámetros incógnita con su matriz varianza-covarianza Σ_{xx} correspondiente, X_0 los valores aproximados de las coordenadas de los vértices en un determinado sistema de referencia y, X los valores compensados, entonces los parámetros del ajuste quedan definidos mediante la siguiente expresión:

$$x = X - X_0 \quad (71)$$

Siendo:

x Parámetros incógnita

X Coordenadas compensadas

X_0 Coordenadas aproximadas

Pero, en futuras campañas en las que el sistema de referencia pudiera presentar discrepancias respecto al fijado en ajustes previos, entonces, si en vez del sistema anterior tomamos otro ligeramente diferente tendremos unos nuevos parámetros incógnita en el nuevo sistema de referencia en el que se conservaran el máximo de vértices comunes entre ambos sistemas.

$$x^* = X - X_0^* \text{ y } \Sigma_{x^*x^*} \quad (72)$$

Siendo:

x^* Parámetros incógnita en el nuevo sistema

X Coordenadas compensadas

X_0^* Coordenadas aproximadas en el nuevo sistema de referencia

Este nuevo sistema de referencia viene dado con la condición de que la traza sea mínima. Entonces las coordenadas compensadas X son las que en realidad van a definir el sistema de referencia, de manera que

$$X_0 + x = X_0^* + x^* \quad (73)$$

Siendo:

x Parámetros incógnita

X_0 Coordenadas aproximadas

x^* Parámetros incógnita en el nuevo sistema

X_0^* Coordenadas aproximadas en el nuevo sistema de referencia

Es decir, a cada conjunto de valores provisionales les corresponderá un conjunto distinto pero muy próximo de parámetros incógnita. Entonces, se está representando la transformación de un sistema a otro.

$$dx = x - x^* \quad (74)$$

Siendo:

dx Variación de los sistemas de referencia

x Parámetros incógnita

x^* Parámetros incógnita en el nuevo sistema

11.1 Transformación entre sistemas cartesianos tridimensionales

Estableciendo las fórmulas generales de transformación diferencial entre sistemas cartesianos tridimensionales, para nuestra red esta transformación estará constituida por una translación diferenciales representada por la relación vectorial

$$X'_0 = X_0 + \tau \quad (75)$$

Siendo:

X'_0 Coordenadas aproximadas transformadas por translación

X_0 Coordenadas aproximadas

τ Translación

Además, también vendrá dada por tres rotaciones diferenciales alrededor de los ejes (x, y, z) definidos por los tres ángulos en cada uno de sus ejes.

$$X''_0 = R_3(\omega_z)R_2(\omega_y)R_1(\omega_x)X'_0 \quad (76)$$

Siendo:

X''_0 Coordenadas aproximadas transformadas por translación y rotaciones

X'_0 Coordenadas aproximadas transformadas por translación

Y finalmente, por lo que respecta al último parámetro de transformación relativo al factor de escala, éste no se va a aplicar, porque, al haber medido distancias y no haber incluido ningún parámetro de escala en el ajuste, se considera que la escala es la definida por las propias medidas, una vez corregida de todos los posibles errores tanto instrumentales como meteorológicos. Entonces, tendremos el vector p , definido de la siguiente forma:

$$p = \begin{pmatrix} \tau_x \\ \tau_y \\ \tau_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{pmatrix} \quad (77)$$

Siendo:

p Vector de transformación

A partir de este punto, todo lo anteriormente dicho se puede sintetizar, teniendo como objetivo la obtención de la matriz G de rango completo, cuya construcción se obtiene a partir de las coordenadas aproximadas de los vértices, la translación definida en las tres primeras columnas y la rotación definida por las últimas tres columnas.

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_n & y_n \\ 0 & 1 & 0 & z_n & 0 & -x_n \\ 0 & 0 & 1 & -y_n & x_n & 0 \end{pmatrix} \quad (78)$$

Siendo:

$[x, y, z]$ Coordenadas aproximadas locales de los vértices

Una vez obtenida la matriz G , se procede a la obtención de la matriz B . Entonces, si los parámetros de transformación verifican la siguiente condición de que $Bx = p$, significa que los parámetros x^* calculados tienen traza mínima. La matriz B se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$B = (G^T G)^{-1} G^T \quad (79)$$

Siendo:

B Matriz B de constreñimientos de traza mínima

Una vez obtenida la matriz B , se amplía la matriz de diseño inicial A añadiendo las filas correspondientes de B . Además, si decidiéramos dejar fuera del datum alguna componente del propio ajuste, sus columnas correspondientes se rellenarían con ceros. Por ejemplo, si el vértice 8002 en todas sus componentes (x, y, z) se excluyera del datum, las columnas correspondientes se rellenarían con ceros (véase la Figura 32).

8001			8002			8003		
x	y	z	x	y	z	x	y	z
0,2315	-0,0940	-0,0125	0	0	0	0,0850	-0,0712	-0,0121
-0,1152	0,2039	-0,0654	0	0	0	0,0386	0,1836	-0,0283
0,0304	-0,0363	0,4491	0	0	0	-0,0669	-0,0376	0,2838
0,0000	0,0000	0,0002	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	-0,0003	0	0	0	0,0001	0,0000	-0,0002
-0,0002	0,0001	0,0000	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0000

Figura 32: Ejemplo de definición del datum

Asimismo, al vector K se le añadirían tantas filas como constreñimientos haya en la matriz de diseño con ceros. Por último, la matriz de pesos se debe de ampliar, asignando a las nuevas ecuaciones el mismo peso. De esta forma se completaría el sistema (69) y el nuevo sistema ampliado, de rango completo, se resolvería mediante la siguiente expresión:

$$x^* = (A^T P A)^{-1} A^T P K \quad (80)$$

Siendo:

x^* Vector de los parámetros con traza mínima

A Matriz de diseño ampliada con B

P Matriz de pesos más constreñimientos

K Vector de términos independientes más constreñimientos

En definitiva, este método trata de calcular una solución de red libre, pero restringiendo el datum a sólo aquellos puntos que consideramos estables y con unas estimaciones mínimas, lo que no nos permite la solución de la pseudoinversa empleada en los ajustes libres que obligatoriamente considera a todos los puntos de la red en el datum.

12. Control de deformaciones de dos épocas

El análisis simultáneo de dos épocas sucesivas de observación es fundamental, ya que se trata de la fuente más directa para el posterior análisis acerca de la presencia de posibles desplazamientos producidos. Sus principales objetivos son:

- Confirmar la estabilidad de los vértices de la red y detectar posibles movimientos singulares.
- Contrastar un modelo de movimientos a partir de los vectores de deformación obtenidos a partir de la diferencia de coordenadas compensadas.

12.1 Análisis de los observables

Para este control, en primer lugar, debe de partirse de un diseño previo de la red a ajustar. La siguiente fase incluye el completo análisis de los datos obtenidos incluyendo la detección de errores groseros y del test global del modelo. Obviamente, esto se realiza para cada una de las dos épocas independientemente.

Una vez realizada la depuración de posibles observaciones erróneas, se procede al ajuste de red libre minimizando la traza de la matriz cofactor de las incógnitas completa con el método de Blaha anteriormente desarrollado. Esta fase se da por completada si se cumple para cada una de las épocas que:

- No se rechaza el test global del modelo.
- No se detectan observaciones con un error grosero.
- Se verifica que los grupos de observables siguen distribuciones normales.

Una vez se haya cumplido todo lo anterior, nos adentramos en el problema del datum, donde otra vez el método de Blaha nos ayuda a definir el datum dependiendo de qué vértices son estables. Para ello, se realiza un ajuste combinado a partir de las dos épocas independientes. Para este ajuste, ambos modelos deben de estar basados en el mismo datum y los parámetros comunes se consideran los mismos valores aproximados.

Sean los ajustes independientes de una red en dos épocas:

$$\begin{aligned} A_i x_i &= t_i + \varepsilon_i \quad y \quad \Sigma_i = \sigma_o^2 Q_i \\ A_j x_j &= t_j + \varepsilon_j \quad y \quad \Sigma_j = \sigma_o^2 Q_j \end{aligned} \tag{81}$$

Siendo:

i Primera época

j Segunda época

σ_o^2 Estimador a posteriori

con la hipótesis de que el factor del estimador de la varianza a priori es común a las dos épocas.

$$s_{0i}^2 = s_{0j}^2 \quad (82)$$

Siendo:

s_{0i}^2 Varianza a priori de la primera época

s_{0j}^2 Varianza a priori de la segunda época

Entonces, la estimación del factor de varianza común a posteriori, a partir del resultado de cada una de las épocas será:

$$\sigma_{0ij}^2 = \frac{gdl_i \sigma_{0i}^2 + gdl_j \sigma_{0j}^2}{gdl_i + gdl_j} \quad (83)$$

Siendo:

σ_{0ij}^2 Varianza a posteriori común

σ_{0i}^2 Varianza a posteriori de la primera época

σ_{0j}^2 Varianza a posteriori de la segunda época

gdl_i Grados de libertad de la primera época

gdl_j Grados de libertad de la segunda época

Ahora bien, deberá obtenerse su contribución global q_Δ del test de congruencia del bloque de referencia aplicando la hipótesis lineal general.

$$H_0: \quad H^T x = 0 \quad (84)$$

Obteniéndose, directamente,

$$q_\Delta = (x_i - x_j)^T (Q_{xxi} + Q_{xxj})^{-1} (x_i - x_j) \quad (85)$$

Siendo:

q_Δ Valor conjunto de ambas épocas

x_i Vector de parámetros de la primera época

x_j Vector de parámetros de la segunda época

Q_{xxi} Matrix varianza-covarianza de parámetros de la primera época

Q_{xxj} Matrix varianza-covarianza de parámetros de la segunda época

Una vez obtenida q_Δ , se procede a calcular el test de estabilidad global de ambas campañas del bloque objeto para ver si existe deformación. A partir de la siguiente expresión.

$$T = \frac{q_{\Delta} / \text{Rango}(Q_{xxij})}{\sigma_{0ij}^2} \quad (86)$$

Siendo:

- T Test de estabilidad global
 q_{Δ} Valor conjunto de ambas épocas
 Q_{xxij} Matrix varianza-covarianza de parámetros de ambas épocas
 σ_{0ij}^2 Varianza a posteriori común

Posteriormente, si el test del bloque objeto anterior es mayor que la prueba del test estadístico siguiendo una distribución F-Snedecor de $F_{(1-\alpha), \text{Rango}(Q_{xxij}), gdl_{ij}}$ significará que sí existe deformación en el bloque.

$$T > F_{(1-\alpha), \text{Rango}(Q_{xxij}), gdl_{ij}} \quad (87)$$

Siendo:

- T Test de estabilidad global
 F Test F-Snedecor con un nivel de significación α
 Q_{xxij} Matrix varianza-covarianza de parámetros de ambas épocas
 gdl_{ij} Grados de libertad de ambas épocas

Si se detectase deformación en el test del bloque objeto se deberá de realizar un segundo test, pero esta vez singular, es decir, el test punto a punto para identificar qué vértices son los inestables. Para ello, se deberá de calcular su contribución q_{Δ}^{Pi} para cada punto. Siendo la expresión para dicho cálculo la siguiente:

$$q_{\Delta}^{Pi} = (x_i - x_j)^T (Q_{xxi} + Q_{xxj})^{-1} (x_i - x_j) \quad (88)$$

Siendo:

- q_{Δ}^{Pi} Valor de un punto de ambas épocas
 x_i Vector de parámetros de un punto de la primera época
 x_j Vector de parámetros de un punto de la segunda época
 Q_{xxi} Matrix varianza-covarianza de un punto de parámetros de la primera época
 Q_{xxj} Matrix varianza-covarianza de un punto de parámetros de la segunda época

Seguidamente, se plantea el siguiente test para la verificación de si ha habido deformación en cualquier punto. Si, $T_i > F_{(1-\alpha), 3, f}$ significa que ese punto es estable, de lo contrario, indicará que existe deformación.

$$T_i = \frac{q_{\Delta}^{Pi} / 3}{\sigma_{0ij}^2} \quad (89)$$

Siendo:

T_i Valor del test de movimientos singulares

q_{Δ}^{Pi} Contribución de un punto de ambas épocas

σ_{0ij}^2 Varianza a posteriori común

En la formulación anterior (89), se divide su contribución por tres ya que se trata de una red tridimensional [x, y, z]. Si se tratase de una red planimétrica solamente se dividiría por dos.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

13. Análisis

Para realizar el análisis de deformación de una segunda época respecto de una primera inicial, se acomete un ajuste independiente para cada una de ellas, aunque en el ajuste de la segunda época se parte de unas coordenadas locales aproximadas que son el resultado del promedio de las aproximadas de ambas campañas. También, se comparten la mayoría de los vértices fijos salvo aquellos que presentan desplazamientos significativos. En la campaña 2018 no se observó desde el vértice 8006, Camino de Otonel (véase la Tabla 3).

Tabla 3: Coordenadas locales aproximadas promediadas de ambas campañas

Vértice	X	Y	Z	Fijo_x	Fijo_y	Fijo_z
8001	159,4080	94,2085	144,9698	0	0	0
8002	536,2878	341,2315	46,7042	0	0	0
8003	285,0318	608,8921	106,5786	0	0	0
8004	776,2588	914,5211	14,9171	0	0	0
8005	1077,0232	854,3880	74,0851	0	0	0
8006	500,5042	879,7578	69,8567	0	0	0
8007	1224,7748	1647,0648	499,7161	0	0	0
8008	929,5879	147,6373	155,1203	0	0	0
8009	981,7677	554,0399	10,4518	0	0	0
8010	53,8651	1536,3209	467,0784	0	0	0

Todas las observaciones han sido previamente corregidas de errores instrumentales y se le ha aplicado su correspondiente corrección meteorológica. En el apartado Anejos, en su apartado correspondiente a la salida de los resultados del software desarrollado en Matlab, se pueden ver detalladamente los resultados obtenidos para ambas campañas.

13.1 Ajuste campaña 2018

En primer lugar, se realizó un ajuste libre con todos los datos de las libretas depurados para la detección estadística de posibles errores groseros. A continuación, se puede ver cómo se han detectado cuatro errores groseros (*outliers*) en las siguientes observaciones y, por tanto, se ha rechazado el modelo matemático.

```

-----
                        RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO
-----
Número de ecuaciones:   102
Número de incógnitas:   27
Grados de libertad:    75

                        -----
                        ESTIMADORES
                        -----

Varianza de peso unidad: 34512862487.233
Desviación estándar:    185776.378

Test estadístico Chi2: 2588464686542.508 Se RECHAZA el Modelo Matemático
Valor Máximo de corte: 118.599
Valor Mínimo de corte:  42.757

```

La hipótesis nula H0 no se cumple

Observables que pueden ser rechazadas del ajuste:

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8002--8007		401065.255	702029.925	0.772	3.054	1.457
8002--8007		401065.424	702030.219	0.772	3.054	1.457
8008--8007		293464.655	548311.995	0.699	3.161	1.733
8008--8007		293464.784	548312.235	0.699	3.161	1.733

Una vez eliminadas esas observaciones que se han sido detectadas como observaciones a rechazar por parte del ajuste, se procede a calcular otro ajuste libre para verificar que no existen otros posibles errores groseros en la propia red. Como se observa, su modelo matemático es aceptado y su hipótesis nula también.

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 98
 Número de incógnitas: 27
 Grados de libertad: 71

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 1.332
 Desviación estándar: 1.154

Test estadístico Chi2: 94.570 Se ACEPTA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 113.577
 Valor Mínimo de corte: 39.777

La hipótesis nula H_0 se acepta

Entonces, ya se pueden analizar las coordenadas ajustadas, con la certeza de que están libres de errores groseros, para la campaña 2018 con el datum formado por todos los vértices utilizados, es decir, nueve (véase la Tabla 4).

Tabla 4: Coordenadas ajustadas para la campaña 2018 con datum perteneciente a todos los vértices

 COORDENADAS AJUSTADAS (2018) - BLAHA

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4086	0.0005	94.2080	0.0004	144.9711	0.0013	0	0	0
8002	536.2875	0.0003	341.2313	0.0003	46.7020	0.0015	0	0	0
8003	285.0314	0.0002	608.8918	0.0003	106.5778	0.0010	0	0	0
8004	776.2586	0.0004	914.5216	0.0005	14.9180	0.0030	0	0	0
8005	1077.0228	0.0004	854.3887	0.0005	74.0871	0.0017	0	0	0
8007	1224.7755	0.0008	1647.0657	0.0007	499.7152	0.0019	0	0	0
8008	929.5879	0.0005	147.6369	0.0004	155.1183	0.0011	0	0	0
8009	981.7675	0.0004	554.0388	0.0005	10.4536	0.0019	0	0	0
8010	53.8653	0.0007	1536.3213	0.0004	467.0783	0.0012	0	0	0

A continuación, se muestra el gráfico obtenido de sus elipses de error (véase la Figura 33).

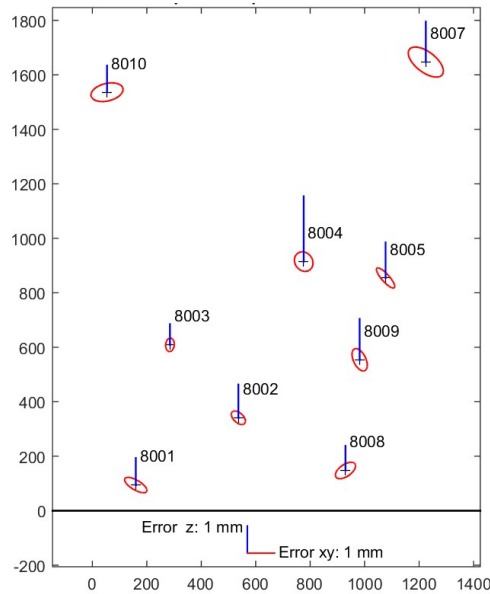


Figura 33: Errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2018

13.2 Ajuste campaña 2019

Una vez realizado el ajuste de la primera campaña se procede a calcular el ajuste de la segunda campaña (2019). En esta campaña, se observó el vértice 8006, Camino de Otonel. Entonces, se procede al ajuste libre con el método de Blaha para dejarlo fuera del datum, ya que ambas épocas tienen que estar igualmente calculadas para el posterior test de deformaciones. Pero, en primer lugar, tenemos que calcular un ajuste de red libre para la detección estadística de posibles errores groseros. A continuación, se puede ver como se han detectado dos errores groseros (*outliers*) en las siguientes observaciones y, por tanto, se ha rechazado el modelo matemático.

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 129
 Número de incógnitas: 30
 Grados de libertad: 99

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 6.378
 Desviación estándar: 2.525

Test estadístico Chi2: 631.428 Se RECHAZA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 148.230
 Valor Mínimo de corte: 61.137

La hipótesis nula H0 no se cumple

Observables que pueden ser rechazadas del ajuste:

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8010--8001		10.129	14.018	0.796	3.750	1.695
8010--8001		9.957	13.781	0.796	3.750	1.695

Una vez eliminadas esas observaciones que se han sido detectadas como observaciones a rechazar por parte del ajuste, se procede a calcular un nuevo ajuste libre para verificar que no existen otros posibles errores groseros en la propia red. Como se observa, su modelo matemático es aceptado y su hipótesis nula también.

RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO	
Número de ecuaciones:	127
Número de incógnitas:	30
Grados de libertad:	97
ESTIMADORES	
Varianza de peso unidad:	0.891
Desviación estándar:	0.944
Test estadístico Chi2:	86.397 Se ACEPTA el Modelo Matemático
Valor Máximo de corte:	145.789
Valor Mínimo de corte:	59.577

La hipótesis nula H_0 se acepta

Por consiguiente, ya se pueden calcular unas coordenadas ajustadas, con la certeza de que están libres de errores groseros, para la campaña 2019 con el datum formado por todos los vértices excepto el 8006, Camino de Otonel. Con ello, se consigue que se disponga del mismo datum para las ambas épocas (véase la Tabla 5).

Tabla 5: Coordenadas ajustadas para la campaña 2019 con el método de Blaha

COORDENADAS AJUSTADAS (2019) - BLAHA									
ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4072	0.0004	94.2090	0.0003	144.9687	0.0010	0	0	0
8002	536.2881	0.0002	341.2317	0.0002	46.7063	0.0011	0	0	0
8003	285.0323	0.0002	608.8925	0.0003	106.5793	0.0008	0	0	0
8004	776.2590	0.0003	914.5206	0.0003	14.9161	0.0022	0	0	0
8005	1077.0235	0.0003	854.3874	0.0003	74.0831	0.0013	0	0	0
8006	500.5037	0.0003	879.7578	0.0002	69.8567	0.0025	0	0	0
8007	1224.7741	0.0006	1647.0639	0.0005	499.7170	0.0014	0	0	0
8008	929.5880	0.0003	147.6376	0.0003	155.1222	0.0009	0	0	0
8009	981.7680	0.0003	554.0410	0.0004	10.4503	0.0015	0	0	0
8010	53.8649	0.0006	1536.3204	0.0004	467.0785	0.0010	0	0	0

A continuación, se muestra el gráfico obtenido de sus elipses de error (véase la Figura 34).

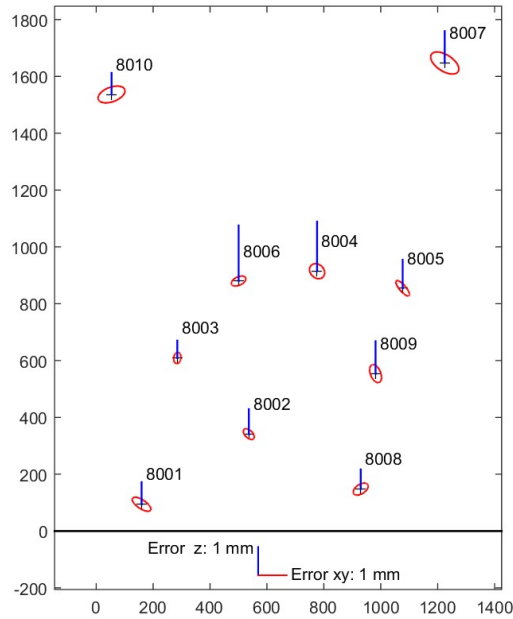


Figura 34: Errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2019

13.3 Primer cálculo del test de deformaciones

Una vez obtenidos los incrementos y las coordenadas compensadas de ambas campañas con el mismo datum, se procede a calcular el primer test de deformaciones. Este test se itera hasta que se disponga de la confianza necesaria para determinar cuáles son los vértices inestables que no deben de formar parte del nuevo datum. A continuación, se expone el resultado del primer cálculo del test de deformaciones.

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 TEST ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE DEFORMACIONES 2018-2019

 DEFORMACIONES DETECTADAS CON DATUM x EN AMBAS CAMPAÑAS

	X	Y	Z
8001	x	x	x
8002	x	x	x
8003	x	x	x
8004	x	x	x
8005	x	x	x
8006	-	-	-
8007	x	x	x
8008	x	x	x
8009	x	x	x
8010	x	x	x

Vector de deformaciones a partir del vector x (2018):

Punto	x	error_x	y	error_y	z	error_z	Total	Error
8001	0.60	0.52	-0.48	0.36	1.29	1.26	1.50	1.41
8002	-0.28	0.33	-0.16	0.32	-2.18	1.55	2.20	1.61
8003	-0.44	0.20	-0.32	0.32	-0.77	0.96	0.94	1.03
8004	-0.22	0.43	0.49	0.45	0.89	3.04	1.04	3.10
8005	-0.37	0.43	0.70	0.47	2.01	1.65	2.16	1.77
8007	0.72	0.82	0.89	0.70	-0.89	1.88	1.45	2.17
8008	-0.04	0.47	-0.40	0.38	-2.00	1.15	2.04	1.30
8009	-0.18	0.35	-1.08	0.52	1.77	1.90	2.08	2.00
8010	0.20	0.75	0.36	0.44	-0.10	1.24	0.42	1.51

Vector de deformaciones a partir del vector x (2019):

Punto	x	error_x	y	error_y	z	error_z	Total	Error
8001	-0.76	0.42	0.48	0.31	-1.13	0.99	1.44	1.12
8002	0.27	0.25	0.24	0.24	2.14	1.12	2.17	1.17
8003	0.50	0.17	0.43	0.25	0.67	0.78	0.94	0.84
8004	0.23	0.34	-0.54	0.34	-1.01	2.22	1.17	2.27
8005	0.27	0.31	-0.63	0.35	-2.00	1.28	2.12	1.36
8007	-0.72	0.63	-0.89	0.49	0.91	1.43	1.46	1.63
8008	0.13	0.33	0.30	0.27	1.87	0.88	1.90	0.98
8009	0.27	0.27	1.09	0.40	-1.55	1.45	1.91	1.53
8010	-0.19	0.60	-0.48	0.38	0.10	0.96	0.52	1.20

Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución 2018)

Estimador de la varianza.....	1.22818
Estimador de la desviación típica.....	1.10823
Grados de libertad.....	77
Chi2.....	94.57001

Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución 2019)

Estimador de la varianza.....	0.83881
Estimador de la desviación típica.....	0.91586
Grados de libertad.....	103
Chi2.....	86.39700

Test estadístico F-TEST de Fisher (Solución Conjunta):

Estimador de la varianza.....	1.00537
Estimador de la desviación típica.....	1.00268
Grados de libertad (f).....	180
qdelta.....	314.83549
Rango de Qdd (h).....	27
f_est.....	11.59826
Valor máximo F(0.990,27,180).....	1.84643

SI 11.59826 > 1.84643 ---> EXISTE DEFORMACIÓN

Según se expone, en la solución conjunta del test estadístico F-Test de Fisher se observa que existe deformación en la red. Por ello, se profundiza con el análisis punto a punto (véase la Tabla 6).

Tabla 6: Análisis singular del primer cálculo del test de deformaciones

Análisis punto por punto:

Punto	d_x	error_x	d_y	error_y	d_z	error_z	Total	Error	T	F(0.990,3,180)	Solución
8001	-1.36	0.47	0.96	0.34	-2.42	1.12	2.93	1.26	1.792	3.89	No existe deformación
8002	0.55	0.29	0.40	0.28	4.32	1.33	4.37	1.39	5.669	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8003	0.94	0.18	0.76	0.28	1.44	0.87	1.88	0.93	5.762	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8004	0.45	0.39	-1.03	0.40	-1.90	2.63	2.21	2.69	2.603	3.89	No existe deformación
8005	0.64	0.37	-1.33	0.41	-4.01	1.46	4.27	1.56	8.252	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8007	-1.43	0.72	-1.78	0.60	1.80	1.65	2.91	1.90	9.680	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8008	0.17	0.40	0.69	0.33	3.88	1.01	3.94	1.14	3.490	3.89	No existe deformación
8009	0.44	0.31	2.17	0.46	-3.31	1.68	3.99	1.77	8.194	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8010	-0.39	0.68	-0.84	0.41	0.20	1.10	0.94	1.35	1.428	3.89	No existe deformación

Se determina que el vértice 8005, perteneciente a Castillo, es el que mayor deformación presenta. Además, analizando los resultados más en profundidad se observa que la componente z del vértice 8009, perteneciente a Playa, presenta un gran desplazamiento. Para el resto de los vértices que presentan deformación según el test, éstas pueden estar provocadas por la inestabilidad de las componentes $[x, y, z]$ del 8005 y $[z]$ del 8009, ya que éste último vértice se sitúa sobre la tierra de la orilla del pantano y puede ser que no haya asentado bien, por lo que es incierto determinar si realmente ha habido deformación o no para dichos vértices.

A continuación, se muestran dos gráficos de los desplazamientos, uno de ellos en 2D y el otro en 3D para la observación de los vectores de deformación de la red de control (véase la Figura 35 y la Figura 36).

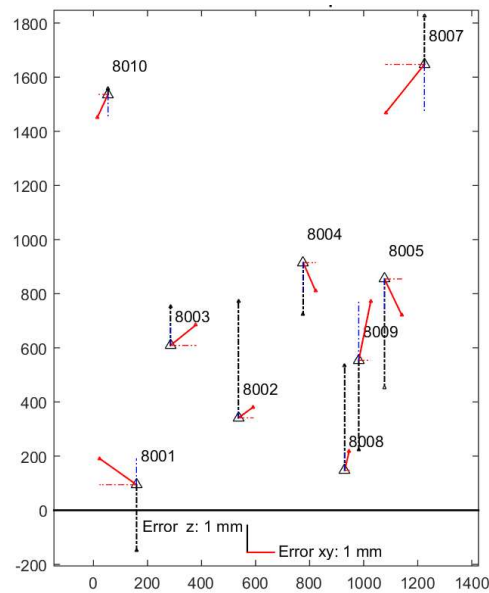


Figura 35: Deformaciones detectadas en 2D con una probabilidad del 95%

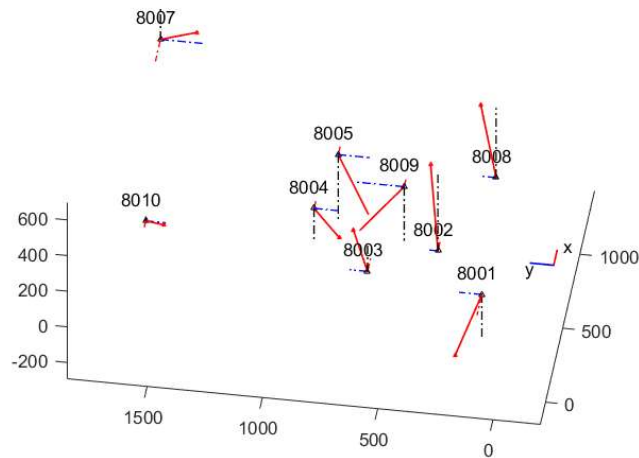


Figura 36: Deformaciones detectadas en 3D con una probabilidad del 95%

13.4 Segundo cálculo del test de deformaciones

Finalmente, se deberán de calcular unas nuevas coordenadas ajustadas con un nuevo datum definido sin las tres componentes [x, y, z] de Catillo y la componente [z] de Playa. Por consiguiente, se deben de ajustar de nuevo ambas campañas.

13.4.1 Nuevo ajuste 2018

El resultado de las coordenadas compensadas del ajuste definitivo utilizando el método de Blaha para un nuevo datum para la campaña del 2018 se observa en la siguiente tabla (véase la Tabla 7). Aceptándose el modelo matemático y su hipótesis nula. Y, se muestran sus elipses de error correspondientes (véase la Figura 37).

Tabla 7: Nuevas coordenadas ajustadas de la campaña 2018 con un nuevo datum

COORDENADAS AJUSTADAS (2018) - BLAHA									

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4085	0.0005	94.2082	0.0004	144.9712	0.0013	0	0	0
8002	536.2876	0.0003	341.2314	0.0003	46.7026	0.0016	0	0	0
8003	285.0314	0.0002	608.8919	0.0003	106.5780	0.0009	0	0	0
8004	776.2588	0.0006	914.5216	0.0005	14.9188	0.0030	0	0	0
8005	1077.0229	0.0005	854.3887	0.0006	74.0883	0.0020	0	0	0
8007	1224.7752	0.0008	1647.0658	0.0006	499.7165	0.0016	0	0	0
8008	929.5878	0.0005	147.6369	0.0004	155.1194	0.0012	0	0	0
8009	981.7677	0.0004	554.0388	0.0006	10.4547	0.0023	0	0	0
8010	53.8650	0.0007	1536.3215	0.0004	467.0780	0.0011	0	0	0

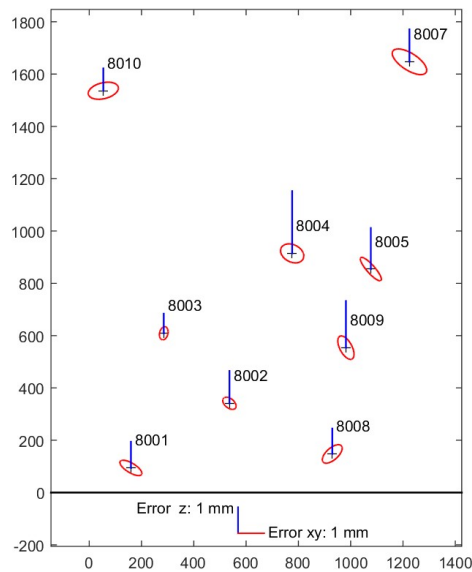


Figura 37: Nuevos errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2018

13.4.2 Nuevo ajuste 2019

El resultado de las coordenadas compensadas para el ajuste definitivo utilizando el método de Blaha para un nuevo datum para la campaña del 2019 se observa en la siguiente tabla (véase la Tabla 8). Aceptándose el modelo matemático y su hipótesis nula. Y, se muestran sus elipses de error correspondientes (véase la Figura 38).

Tabla 8: Nuevas coordenadas ajustadas de la campaña 2019 con un nuevo datum

COORDENADAS AJUSTADAS (2019) - BLAHA									

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4073	0.0004	94.2088	0.0003	144.9686	0.0010	0	0	0
8002	536.2880	0.0002	341.2317	0.0002	46.7058	0.0011	0	0	0
8003	285.0323	0.0002	608.8924	0.0003	106.5791	0.0008	0	0	0
8004	776.2588	0.0004	914.5205	0.0003	14.9153	0.0022	0	0	0
8005	1077.0233	0.0004	854.3874	0.0004	74.0820	0.0015	0	0	0
8006	500.5036	0.0004	879.7577	0.0002	69.8563	0.0025	0	0	0
8007	1224.7744	0.0006	1647.0639	0.0004	499.7158	0.0012	0	0	0
8008	929.5881	0.0003	147.6376	0.0003	155.1211	0.0010	0	0	0
8009	981.7678	0.0003	554.0410	0.0004	10.4492	0.0017	0	0	0
8010	53.8652	0.0006	1536.3202	0.0004	467.0788	0.0008	0	0	0

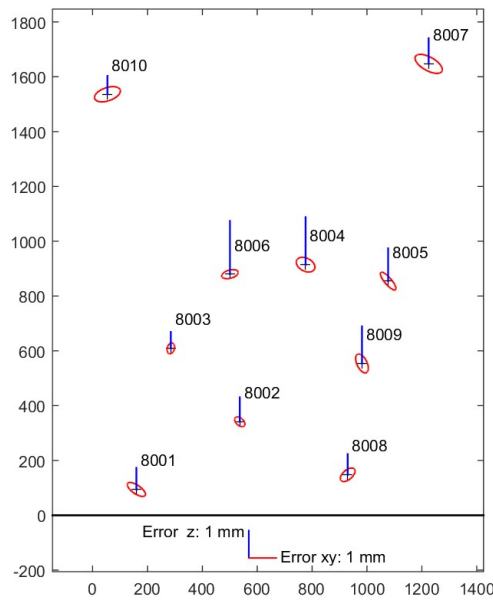


Figura 38: Nuevos errores para una probabilidad del 95% de la campaña 2019

Seguidamente, se calculará por segunda vez el test de deformaciones. A continuación, se expone el resultado obtenido.

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 TEST ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE DEFORMACIONES 2018-2019

 DEFORMACIONES DETECTADAS CON DATUM x EN AMBAS CAMPAÑAS

	X	Y	Z
8001	x	x	x
8002	x	x	x
8003	x	x	x
8004	x	x	x
8005	-	-	-
8006	-	-	-
8007	x	x	x
8008	x	x	x
8009	x	x	-
8010	x	x	x

Vector de deformaciones a partir del vector x (2018):

Punto	x	error_x	y	error_y	z	error_z	Total	Error
8001	0.52	0.53	-0.35	0.37	1.41	1.27	1.54	1.42
8002	-0.19	0.32	-0.09	0.30	-1.60	1.57	1.61	1.63
8003	-0.40	0.21	-0.21	0.32	-0.58	0.95	0.73	1.02
8004	-0.02	0.56	0.53	0.46	1.68	3.01	1.76	3.10
8005	-0.26	0.51	0.70	0.57	3.21	1.99	3.30	2.13
8007	0.36	0.83	0.97	0.62	0.36	1.57	1.09	1.88
8008	-0.12	0.48	-0.35	0.45	-0.86	1.23	0.94	1.39
8009	-0.02	0.39	-1.07	0.57	2.90	2.26	3.09	2.36
8010	-0.13	0.73	0.57	0.41	-0.40	1.08	0.71	1.37

Vector de deformaciones a partir del vector x (2019):

Punto	x	error_x	y	error_y	z	error_z	Total	Error
8001	-0.69	0.43	0.35	0.33	-1.23	1.00	1.45	1.14
8002	0.18	0.24	0.17	0.23	1.60	1.14	1.62	1.18
8003	0.46	0.17	0.32	0.25	0.50	0.76	0.75	0.82
8004	0.03	0.43	-0.57	0.34	-1.76	2.20	1.85	2.27
8005	0.15	0.37	-0.64	0.42	-3.15	1.52	3.21	1.62
8007	-0.39	0.64	-0.95	0.44	-0.29	1.19	1.06	1.42
8008	0.20	0.34	0.26	0.31	0.80	0.96	0.86	1.07
8009	0.10	0.29	1.09	0.44	-2.62	1.72	2.84	1.80
8010	0.11	0.60	-0.68	0.35	0.38	0.85	0.78	1.10

Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución 2018)

Estimador de la varianza.....	1.22818
Estimador de la desviación típica.....	1.10823
Grados de libertad.....	77
Chi2.....	94.57001

Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución 2019)

Estimador de la varianza.....	0.83881
Estimador de la desviación típica.....	0.91586
Grados de libertad.....	103
Chi2.....	86.39700

Test estadístico F-TEST de Fisher (Solución Conjunta):

Estimador de la varianza.....	1.00537
Estimador de la desviación típica.....	1.00268
Grados de libertad (f).....	180
qdelta.....	314.83550
Rango de Qdd (h).....	27
f_est.....	11.59826
Valor máximo F(0.990,27,180).....	1.84643

SI 11.59826 > 1.84643 ---> EXISTE DEFORMACIÓN

Según se expone, en la nueva solución conjunta del test estadístico F-Test de Fisher se observa que siguen existiendo deformaciones en la red. Por ello, se profundiza nuevamente con el análisis punto a punto (véase la Tabla 9).

Tabla 9: Análisis singular del segundo cálculo del test de deformaciones

Análisis punto por punto:

Punto	d_x	error_x	d_y	error_y	d_z	error_z	Total	Error	T	F(0.990,3,180)	Solución
8001	-1.21	0.48	0.69	0.35	-2.63	1.13	2.98	1.28	1.395	3.89	No existe deformación
8002	0.37	0.28	0.26	0.26	3.20	1.35	3.23	1.41	2.626	3.89	No existe deformación
8003	0.86	0.19	0.53	0.29	1.08	0.86	1.48	0.92	3.720	3.89	No existe deformación
8004	0.05	0.50	-1.10	0.40	-3.44	2.61	3.61	2.69	2.187	3.89	No existe deformación
8005	0.41	0.44	-1.34	0.49	-6.36	1.76	6.51	1.88	9.662	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8007	-0.75	0.73	-1.91	0.53	-0.65	1.38	2.15	1.65	10.552	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8008	0.32	0.41	0.61	0.38	1.66	1.09	1.80	1.23	1.058	3.89	No existe deformación
8009	0.12	0.34	2.16	0.50	-5.52	1.99	5.93	2.08	4.869	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8010	0.24	0.67	-1.25	0.38	0.78	0.97	1.49	1.23	3.144	3.89	No existe deformación

A continuación, se muestran los dos gráficos generados, uno de ellos en 2D y el otro en 3D para la observación de los nuevos vectores de deformación de la red de control (véase la Figura 39 y la Figura 40).

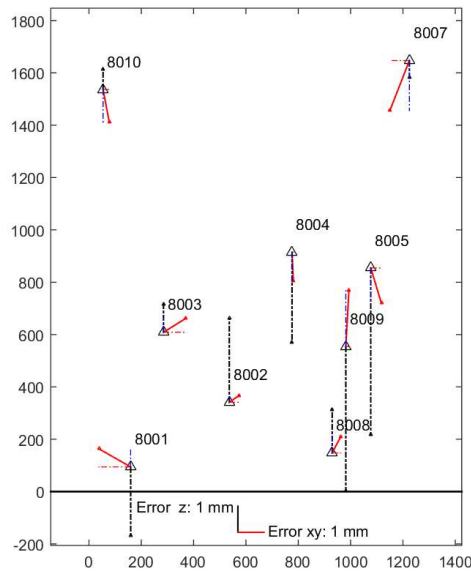


Figura 39: Nuevas deformaciones detectadas en 2D con una probabilidad del 95%

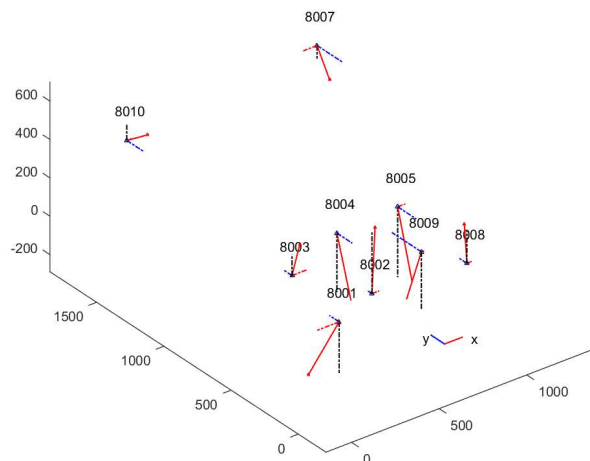


Figura 40: Nuevas deformaciones detectadas en 3D con una probabilidad del 95%

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y PRESUPUESTO

14. Conclusiones y líneas futuras

Como se ha mencionado, el objetivo de este proyecto es la observación, cálculo y compensación de la red geodésica que ha sido ajustada en 2018 y nuevamente observada en 2019 para la verificación de posibles desplazamientos en la red empleando métodos y test estadísticos rigurosos en ambas épocas. Asimismo, se concluye que, según el test de deformaciones empleado con los ajustes realizados con la metodología de Blaha y con todas las observaciones corregidas de sus respectivos errores, existe una deformación en los siguientes vértices (véase la Tabla 10).

Tabla 10: Resultados finales del test de deformación de la red geodésica

Vértices inestables:

Punto	T	F(0.990,3,180)	Solución
8005	9.662	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8007	10.552	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN
8009	4.869	3.89	EXISTE DEFORMACIÓN

Estos vértices inestables no deben de establecer el nuevo datum, es decir, el marco de referencia, cuando se proceda al cálculo de la existencia de deformación en los quince testigos colocados en la ladera norte de la muela de Cortes de Pallás. Cabe destacar, que la red geodésica de Cortes de Pallás es muy sensible a cualquier variación, ya que su redundancia es muy baja, es decir, se debe a que estamos muy en el límite. Pero, los desplazamientos detectados como significativos se producen sobre todo en la componente vertical (como ya se vio en la simulación previa a la monumentación, la precisión vertical se esperaba unas tres veces peor que la horizontal debido por la propia geometría de la red). Por tanto, siendo conservadores, la parte estable del marco de referencia debería excluir esos tres vértices, aunque solo dos campañas (con la primera pocos meses después de la monumentación) es poca información y sería conveniente analizarla con más campañas.

Hoy en día, existe una demanda creciente de técnicas y métodos para la monitorización precisa de la deformación para mitigar los riesgos geotécnicos. Además, aparte de la técnica empleada en este proyecto existen otras técnicas también disponibles actualmente para el monitoreo de la deformación, como el GNSS o la fotogrametría, que contribuyen al desarrollo de soluciones geomáticas y pueden facilitar una gestión eficiente. No obstante, cuando el objeto en cuestión requiere precisiones a un nivel milimétrico a distancias de entre 1-2 km y la zona presenta fuertes condiciones limitantes, como en nuestro caso, la solución adecuada requiere el uso de las técnicas geodésicas más avanzadas.

Los resultados obtenidos llevados a cabo en Cortes de Pallás demuestran que se pueden obtener soluciones submilimétricas precisas incluso cuando las distancias son mayores de 1 km utilizando técnicas EDM de largo alcance junto con conceptos y métodos de metrología de longitud. Sin embargo, para llegar a conclusiones definitivas que sean válidas para la medida de longitudes a la intemperie, todavía queda un largo camino por recorrer. Y, desafortunadamente, las técnicas EDM submilimétricas de largo alcance ya no están disponibles comercialmente y solo unos pocos ME5000 todavía están

funcionando. Por lo tanto, existe una necesidad real de desarrollar nuevas técnicas e instalaciones metrológicas al aire libre para proporcionar distancias precisas (incertidumbres de 1 mm) en largas distancias. Como por ejemplo el proyecto europeo EMPIR 18SIB01 – GeoMetre en la que participa la UPV.

15. Valoración económica

Con la valoración económica se pretende establecer una estimación aproximada de los gastos que puede conllevar la ejecución de un proyecto de estas características. Además, se va a mostrar la viabilidad económica indicando si los resultados obtenidos se adecuan a un coste asumible.

Para ello, se supone que el Área de Carreteras de la Diputación de Valencia ha solicitado los servicios de una empresa de topografía. La empresa contratada debe de hacer frente a unos costes, tantos directos como indirectos. A continuación, se exponen los gastos que determinarán el coste total del proyecto.

15.1 Diagrama de GANTT

En primer lugar, como paso previo a la valoración económica, se ha elaborado un diagrama de GANTT⁷ para visualizar de un golpe de vista la planificación y programación de las diferentes actividades principales realizadas en el proyecto (véase la Figura 41).

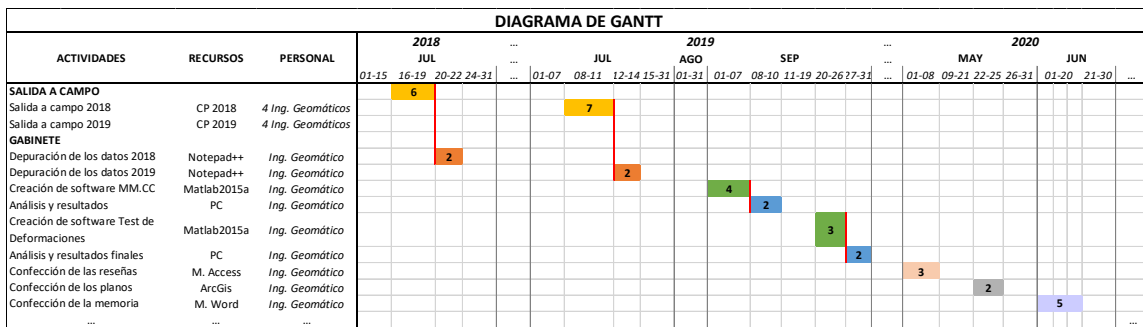


Figura 41: Diagrama de GANTT

A continuación, se desglosa el diagrama anterior en la siguiente tabla para obtener las horas y días totales de trabajo de campo y de gabinete que se requieren según la planificación anterior (véase la Tabla 11).

Tabla 11: Descripción de actividades principales

ACTIVIDADES PRINCIPALES	Duración por actividad (Días)	Duración por actividad (Horas)	Duración por sección (Días)	Duración por sección (Horas)
SALIDA A CAMPO				
Salida a campo 2018	6 / jornada completa	48		
Salida a campo 2019	7 / jornada completa	56	13	104
GABINETE				
Depuración de los datos 2018	2 / jornada completa	16		
Depuración de los datos 2019	2 / jornada completa	16		
Creación de software MM.CC	4 / jornada completa	32		
Análisis y resultados	2 / jornada completa	16		
Creación de software Test de Deformaciones	3 / jornada completa	24	25	200
Análisis y resultados finales	2 / jornada completa	16		
Confección de las reseñas	3 / jornada completa	24		
Confección de los planos	2 / jornada completa	16		
Confección de la memoria	5 / jornada completa	40		
TOTAL:			38 días	304 horas

⁷ Henry Gantt, inventor del diagrama

El equipo de campo y su amortización se presenta en la siguiente tabla (véase la Tabla 12). Este equipo se compone por 4 Ing. en Geomática y Topografía y del instrumental necesario.

Tabla 12: Equipo de campo y amortización

Descripción	Unidades	Precio/Ud (€)	Coste (€)
Seguro de transporte y accidentes	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Soporte prisma	2	60,00 €	120,00 €
Pilar portátil	1	225,00 €	225,00 €
Psicómetro Thies	1	280,00 €	280,00 €
Walkie Talkies	3	60,00 €	180,00 €
Barómetro	1	250,00 €	250,00 €
Estacas	15	0,75 €	11,25 €
Material diverso	-	-	75,00 €
Sombrillas	11	75,00 €	825,00 €
TOTAL:			2.966,25 €
Valor residual 2 años			-
Gasto por mantenimiento			125,00 €
Valor a amortizar			3.091,25 €
Días laborales del año:			
	Días del año	365	
	No laborales	145	
	Laborables	220	
	Precio/año:	1.545,63 €	
	Precio/día:	7,03 €	

Para el cálculo del coste de los recursos humanos se ha consultado su salario a partir del BOE, de la Resolución de 7 de octubre de 2019, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XIX Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos. Cabe destacar, que estos salarios tienen el carácter de mínimos (véase la Tabla 13).

Tabla 13: Salario mínimo para ingeniería y oficinas de estudios técnicos

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual	
	Mes x 14	Anual			
1	LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.712,42	23.973,88	2.349,69	26.323,57
2	DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.291,04	18.074,56	2.349,69	20.424,25
3	TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.º Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.244,93	17.429,02	2.349,69	19.778,71
4	DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.º Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.141,36	15.979,04	2.349,69	18.328,73
5	DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.º, OFICIAL 1.º ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	1.019,82	14.277,48	2.349,69	16.627,17
6	DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.º, OFICIAL 2.º ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	878,63	12.300,82	2.349,69	14.650,51
7	TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.º OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	849,16	11.888,24	2.349,69	14.237,93
8	AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.º OFICIOS VARIOS	790,36	11.065,04	2.349,69	13.414,73
9	AYUDANTE OFICIOS VARIOS	757,29	10.602,06	2.349,69	12.951,75

El trabajo de campo, con sus recursos humanos y materiales, para este proyecto viene detallado en la siguiente tabla (véase la Tabla 14).

Tabla 14: Trabajo de campo

Recursos humanos y materiales	Unidades	Precio/Ud	Precio/día (€)
Ing. Geomática	4	1.908,17 €	254,42 €
Vehículo de alquiler	2	42,75 €	85,50 €
Combustible	-	-	25,00 €
Dietas	2 al día	10,00 €	20,00 €
Estancia (hostal)	1	-	55,00 €
Material complementario			25,00 €
Equipo de campo			7,03 €
		TOTAL (Día):	471,95 €
		TOTAL (Trabajo de campo):	6.135,33 €

El equipo de gabinete y su amortización se presenta en la siguiente tabla (véase la Tabla 15). Además, el trabajo de gabinete consiste en todos los cálculos necesarios para la obtención de los resultados requeridos y su coste (véase la Tabla 16).

Tabla 15: Equipo de Gabinete y amortización

Descripción	Precio (€)
PC	1.200,00 €
Impresora	150,00 €
Licencias Software:	
Matlab	800,00 €
ArcGis Desktop Basic (Anual)	1.695,00 €
Office Hogar y empresas	324,99 €
TOTAL:	4.169,99 €
Valor residual 2 años	-
Gasto por mantenimiento	125,00 €
Valor a amortizar	4.294,99 €
Días laborales del año:	
Días del año	365
No laborales	145
Laborables	220
Precio/año:	2.147,50 €
Precio/día:	9,76 €

Tabla 16: Trabajo de Gabinete

Recursos humanos y materiales	Precio/día (€)
Ing. Geomática	63,61 €
Equipos de Gabinete	9,76 €
Otros gastos:	
Alquiler local	17,31 €
Luz	2,48 €
Agua	1,26 €
TOTAL (Día):	94,42 €
TOTAL (Gabinete):	2.360,43 €

Finalmente, una vez obtenidos todos los costes directos e indirectos del presente trabajo y los costes diarios para el trabajo en campo como de gabinete se presenta a continuación su presupuesto (véase la Tabla 17).

Tabla 17: Presupuesto

Unidades	Precio unitario (€)	Cantidad (Días)	Precio final (€)
Trabajo de campo	471,95 €	13	6.135,33 €
Trabajo de Gabinete	94,42 €	25	2.360,43 €
TOTAL:		38	8.495,75 €
CONCEPTO:			
Control de deformaciones de la red geodésica implementada en la muela de Cortes de Pallás			
	Coste		8.495,75 €
	IVA (21%)		1.784,11 €
	BI (10%)		849,58 €
	TOTAL:		11.129,44 €

16. Bibliografía

- ALBEROLA, M. (8 de abril de 2015). Un derrumbe deja aisladas Cortes de Pallás y la central de Iberdrola. EL PAÍS, revista.
- BADA DE COMINGUES, B. y NUÑEZ G. DEL POZO, A. *Detección de deformaciones de carácter singular en Redes Geodésicas de Control*.
- BERNÉ, J. L., REVHAUG, I., GARRIGUES, P., GARCÍA-ASENJO, L., BASELGA, S. y NAVARRO, S. (2008) *Base de calibración de la Universidad Politécnica de Valencia: descripción y medición*. Valencia, IX Congreso Nacional TOP-CART.
- CASPARY, W. F. (1988) *Concepts of network and deformation analysis*. Sydney, University of New South Wales.
- GARCÍA-ASENJO VILLAMAYOR, L. (2017) *Apuntes de Geodesia Geométrica*. Valencia, Universitat Politècnica de València (UPV).
- GARCÍA-ASENJO, L., BASELGA, S., and GARRIGUES, P. (2016) *Deformation Monitoring of the Submillimetric UPV Calibration Baseline*. Article.
- GARCÍA-ASENJO, L., MARTÍNEZ, L., BASELGA, S., and GARRIGUES, P. (2019) *Establishment of a multi-purpose 3D geodetic reference frame for deformation monitoring in Cortes de Pallás (Spain)*. Article.
- GONZÁLEZ DE LANGARICA SOLÓRZANO, M., VALBUENA DURÁN, J. L. y NUÑEZ G. DEL POZO, A. (1996) *Observación con distanciametría submilimétrica de la red microgeodésica interna de la base espacial de Robledo de Chavela*. VI Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART.
- NIEMEIER, W. (1981) *Statistical tests for detecting movements in repeatedly measured geodetic networks*. Hannover, Hannover University, Geodetic Institute.
- NIEMEIER, W. (1982) *Principal component analysis and geodetic networks – some basic considerations* -. Borre, Kai / WELSCH, Walter (Eds.).
- Norma ISO 17123-4: Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments).
- SCHERRER, R. *Reducción de distancias en los distanciómetros infrarrojos*. Suiza, Wild Heerbrugg SA.
- SEVILLA, M. J. Publicación núm. 200 (2005) *Ajuste de redes libres. Modelos matemáticos singulares*. Madrid, Instituto de Astronomía y Geodesia.
- VALBUENA DURÁN, J. L., NUÑEZ G. DEL POZO, A., SORIANO, M. L. y CORTÉS, V. Vol. VII - N.º 41 (1990) *Calibración de un distanciómetro electrónico submilimétrico*. Revista Del Ilustre Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía, 13-25.

VALBUENA DURÁN, J. L., NUÑEZ G. DEL POZO, A., SORIANO, M. L. y CORTÉS,
V. Vol. VIII -N.º 42 (1991) *Calibración de un distanciómetro electrónico submilimétrico*
(II). Revista Del Ilustre Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía, 19-27

CAPÍTULO V. ANEJOS

17. Reseñas

A continuación, se exponen las correspondientes reseñas de los diez vértices que componen la red geodésica de Cortes de Pallás.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



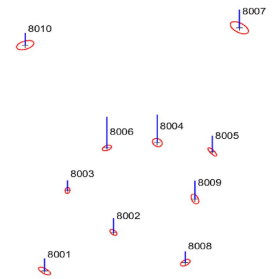
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8001

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE: Mirador

PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678676,8628 m HUSO: 30
Y: 4347112,3219 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 464,1433 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 55' 45.1160"
Lat.: 39° 15' 17.8003"
h: 515,6163 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 con centrado forzoso de aproximadamente 1 m de lado en la base y 1,27 m de pilar.

OBSERVACIONES:

RESEÑA:

Sobre acantilado, al este del Mirador 'Tierra Colorá'.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p.k. 12.8 a la izquierda se encuentra el Mirador 'Tierra Colorá'. Se estaciona el vehículo y a pie hacia el este, a unos 50 m se encuentra el vértice.





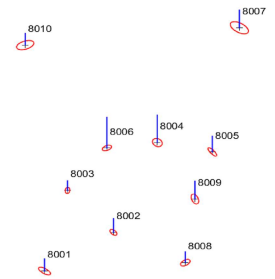
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8002
VÉRTICE: Pretil

MUNICIPIO: Cortes de Pallás
PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678462,2204 m HUSO: 30
Y: 4346716,1598 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 365,8174 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: $-0^{\circ} 55' 54.4435''$
Lat.: $39^{\circ} 15' 5.1165''$
h: 417,2978 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 con centrado forzoso de aproximadamente 1 m de lado en la base y 1,28 m de pilar.

OBSERVACIONES:

RESEÑA:

Cerca de la entrada del desvío que conduce hacia la playa, a unos 50m antes del puente.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 14.15 se gira a la derecha cogiendo un desvío. Próximo a la entrada del camino de bajada a la playa del Embalse en el lado derecho y a unos 50m antes del puente de acceso al túnel que conduce a Cortes de Pallás se encuentra el vértice.





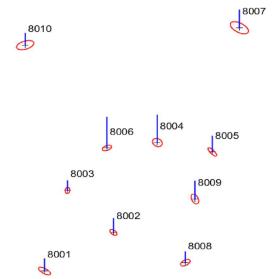
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8003
VÉRTICE: Torre

MUNICIPIO: Cortes de Pallás
PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678810,3296 m HUSO: 30
Y: 4346599,6662 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 425,6991 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 55' 40.0402"
Lat.: 39° 15' 1.0819"
h: 477,1754 m

TIPO DE SEÑAL:

Pilar de hormigón con centrado forzoso que requiere de adaptador 5/8, de base circular de mampostería y 1,18 m de pilar.

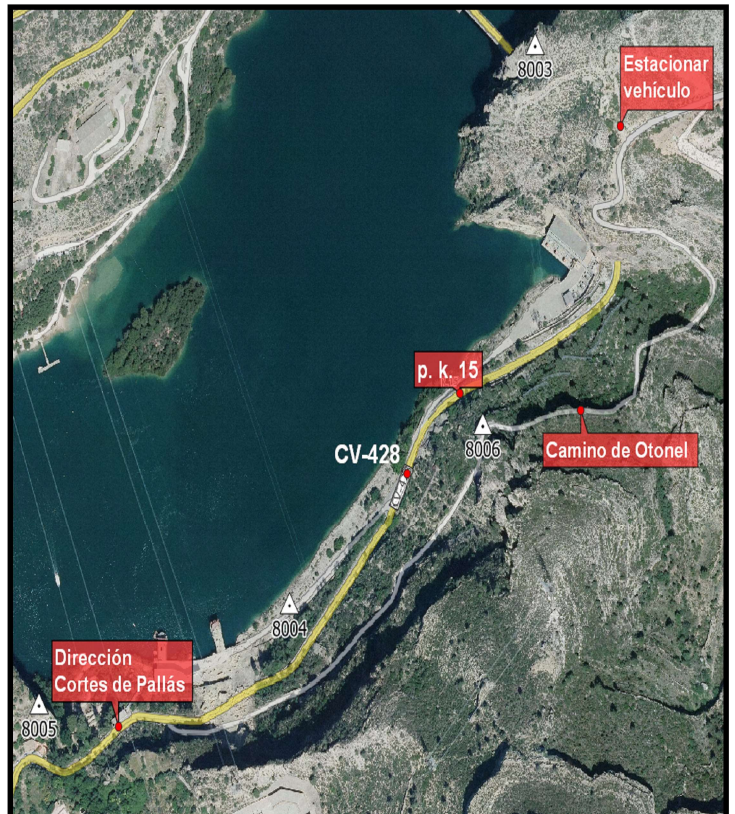
OBSERVACIONES:

RESEÑA:

En el alto de una cumbre que queda aproximadamente alineado con el puente sobre la presa que da acceso a Cortes de Pallás.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 15.5 se gira a la izquierda cogiendo el camino de Otonel. Se continúa por el camino aproximadamente 1 Km hasta superar una fuerte pendiente donde se observa un espacio terraplenado a la izquierda donde se puede estacionar. A pie unos 100 m se encuentra el vértice en dirección noroeste.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



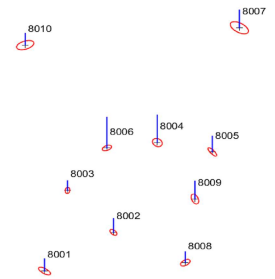
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8004

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE: Bajo Ladera

PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678522,8113 m HUSO: 30
Y: 4346097,6773 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 334,0048 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 55' 52.5065"
Lat.: 39° 14' 45.0215"
h: 385,4928 m

TIPO DE SEÑAL:

*Pilar de 60 cm de lado en la base y 0,65 m de pilar.
Necesita de adaptador macho-macho de 5/8.*

OBSERVACIONES:

RESEÑA:

En camino de entrada a la toma de bombeo de Central Hidroeléctrica de la Muela.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 15.1 se toma el desvío a la derecha hacia la central de bombeo. A unos 100 m se encuentra el vértice en el lado derecho junto al quitamiedos.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



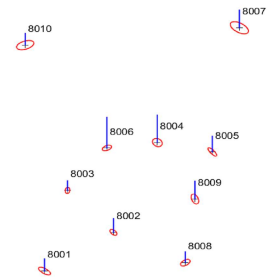
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8005

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE: Castillo

PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678229,5225 m HUSO: 30
Y: 4346007,9980 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 393,1737 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 56' 4.8196"
Lat.: 39° 14' 42.3313"
h: 444,6668 m

TIPO DE SEÑAL:

Con guía para una base de centrado. Se requiere de pilar suplementario.

OBSERVACIONES:

El vértice se encuentra en una zona de patrimonio cultural.

RESEÑA:

Unos 50 m al norte del mirador de La Pileta, cerca de las ruinas de un castillo.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 15.7 estacionamos el vehículo al lado del mirador de La Pileta. Se toma una senda y a unos 50 m se encuentra el vértice.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



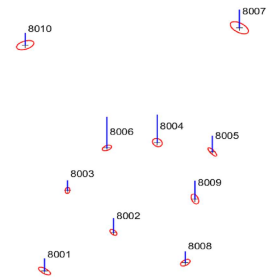
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8006

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE:

Camino de Otonel PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678749,0759 m HUSO: 30
Y: 4346259,0368 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 388,9519 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 55' 42.9191"
Lat.: 39° 14' 50.0847"
h: 440,4341 m

TIPO DE SEÑAL:

Pilar de base circular y 1,10 m de pilar con centrado forzoso.

OBSERVACIONES:

RESEÑA:

En camino de Otonel, a unos 500 m desde la entrada del camino en lado izquierdo.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 15.5 se gira a la izquierda cogiendo el camino de Otonel. Se continúa por el camino unos 500 m y al lado izquierdo se encuentra el vértice. Se estaciona unos metros más adelante donde se ensancha el camino.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



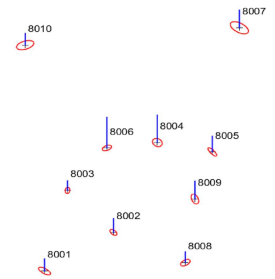
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8007

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE: Cuarto orden

PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678475,3210 m HUSO: 30
Y: 4345240,1758 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 818,8579 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 55' 55.3031"
Lat.: 39° 14' 17.2579"
h: 870,3594 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 recuperado de aproximadamente 65 cm de radio de la base y 1,13 m de pilar. Similar al tipo C-1 del IGN construido con hormigón armado, pilar de observación de PVC y cabeza de centrado

OBSERVACIONES:

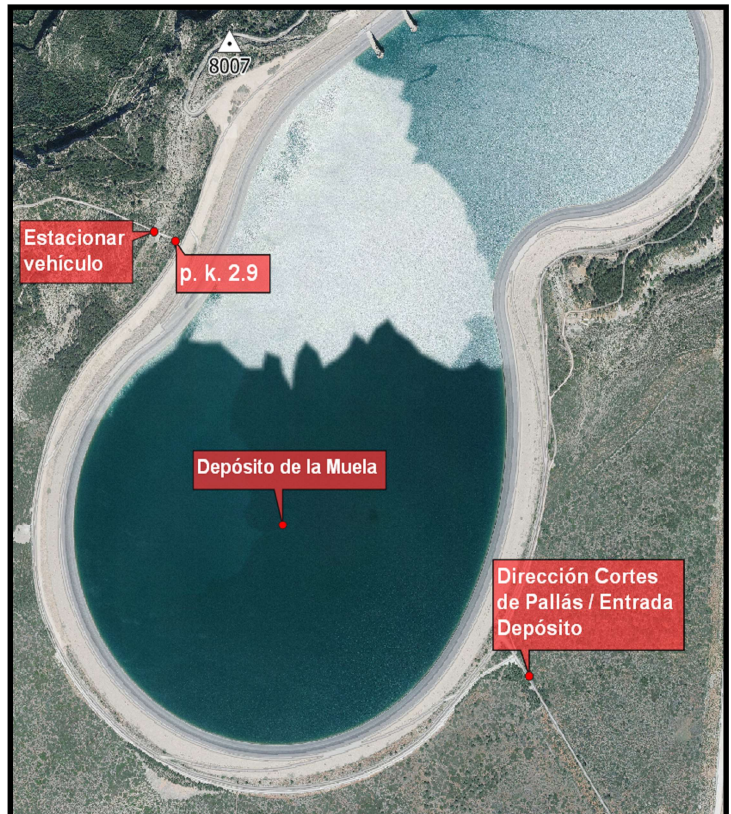
El vértice es perteneciente a la red geodésica de 4º orden del Instituto Cartográfico Valenciano.

RESEÑA:

Al norte del Depósito de la Muela y a 1 Km al sureste de Cortes de Pallás.

ACCESO:

Al llegar al Depósito se gira a la izquierda y seguimos por el camino aproximadamente unos 3 Km. Se estaciona el vehículo junto a una valla paralela al camino cuando se desvía hacia unas antenas entre pinos. Se sigue a pie unos 300 m atravesando un vial atrincherado y tras recorrer 100 m se llega a una zona en la que se encuentra el vértice.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



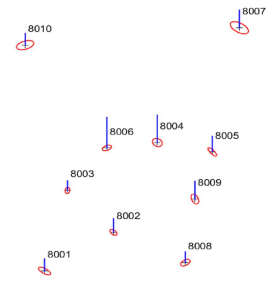
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8008

MUNICIPIO: Cortes de Pallás

VÉRTICE: Cresta

PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678024,1896 m HUSO: 30
Y: 4346700,0817 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 474,2408 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: $-0^{\circ} 56' 12.7226''$
Lat.: $39^{\circ} 15' 4.9194''$
h: 525,7265 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 con centrado forzoso de aproximadamente 1 m de lado en la base y 1,31 m de pilar.

OBSERVACIONES:

El camino tiene zonas de desnivel pronunciados, se recomienda vehículo todoterreno.

RESEÑA:

A la derecha del final del camino bajo una línea de alta tensión y a la altura de una torre de alta tensión se encuentra el vértice.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 12.8 se toma un desvío a la derecha con una pendiente pronunciada. Se sigue por el camino aproximadamente 1 Km hasta llegar al final donde estacionamos el vehículo. A pie, unos 90 m al sur se encuentra el vértice.





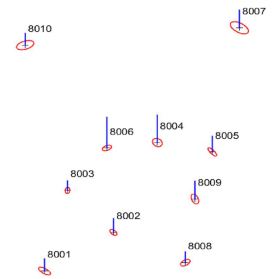
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8009
VÉRTICE: Playa

MUNICIPIO: Cortes de Pallás
PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 678170,9555 m HUSO: 30
Y: 4346317,5767 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 329,5452 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: -0° 56' 6.9669"
Lat.: 39° 14' 52.4107"
h: 381,0343 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 con centrado forzoso de aproximadamente 1 m de lado en la base y 1,21 m de pilar.

OBSERVACIONES:

RESEÑA:

Junto al embarcadero de la playa de Cortes de Pallás.

ACCESO:

Por la carretera CV-428 en dirección Cortes de Pallás en el p. k. 14.15 se gira a la derecha cogiendo un camino. Se sigue por éste unos 600 m y se estaciona el vehículo junto al embarcadero. A pie, pasado el embarcadero a unos 50 m se encuentra el vértice.





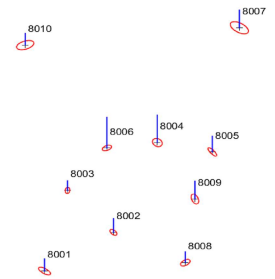
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

IDENTIFICADOR: 8010
VÉRTICE: Sifón

MUNICIPIO: Cortes de Pallás
PROVINCIA: Valencia



COORDENADAS CARTESIANAS:

X: 679453,5481 m HUSO: 30
Y: 4345892,8488 m SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89
H: 786,2616 m *Geoide EGM2008 - REDNAP*

COORDENADAS GEODÉSICAS:

Long.: $-0^{\circ} 55' 13.8986''$
Lat.: $39^{\circ} 14' 37.6900''$
h: 837,7384 m

TIPO DE SEÑAL:

Tipo C-1 con centrado forzoso de aproximadamente 1 m de lado en la base y 1,30 m de pilar.

OBSERVACIONES:

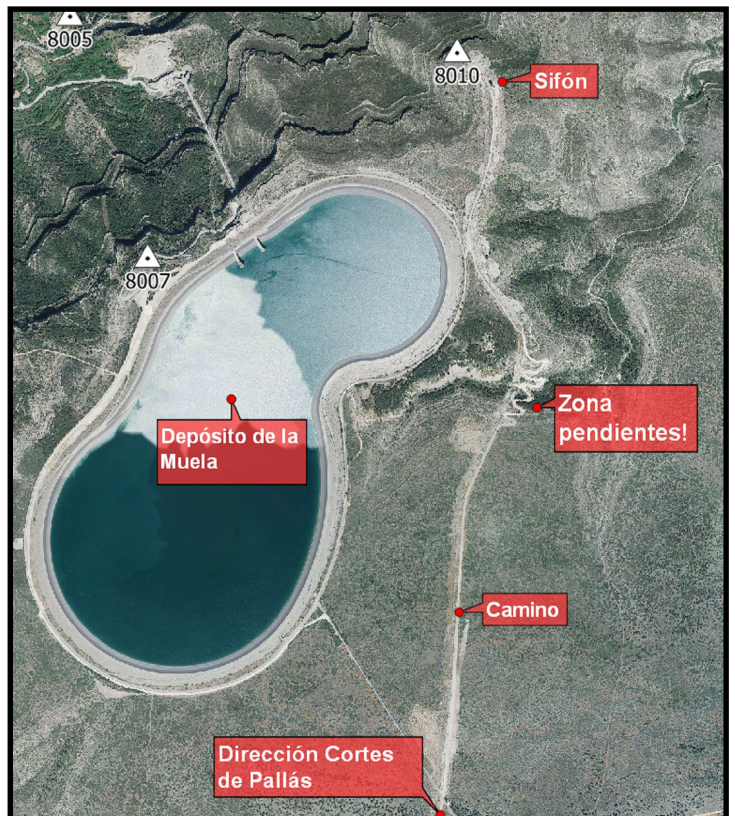
El camino tiene zonas de desnivel muy pronunciados, se recomienda vehículo todoterreno.

RESEÑA:

Al noroeste del sifón. A unos 120 m.

ACCESO:

Por el camino que conduce al depósito de la Muela, en la intersección se sigue todo recto, tomando el camino de tierra. Se continúa hasta pasar el sifón y se estaciona en el fin del camino. A unos 50 m a pie se encuentra el vértice.



18. Salida de resultados del software

18.1 Ajuste libre, detección de errores groseros 2018

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

 DATOS DE LA LIBRETA DE OBSERVACIONES DE CAMPO DEPURADOS (2018)

ID	Fecha	PE	PV	EDM				RFL			
				Dist	Ts	Th	p	hi	Ts	Th	p
1	17/7/2018	8009-8010	1426.2858	22.5	17.5	984.7	0.33	22.0	15.9	929.7	0.33
2	17/7/2018	8009-8010	1426.2858	22.5	17.5	984.7	0.33	22.7	15.8	929.4	0.33
3	17/7/2018	8009-8007	1221.9111	22.9	17.2	984.8	0.33	24.2	16.1	926.8	0.34
4	17/7/2018	8009-8007	1221.9111	22.8	17.0	984.8	0.33	24.2	16.1	926.8	0.34
5	17/7/2018	8009-8003	705.4579	23.0	17.2	984.7	0.33	23.4	14.1	969.6	0.33
6	17/7/2018	8009-8003	705.4576	24.8	18.9	984.8	0.33	24.5	14.3	969.6	0.33
7	17/7/2018	8009-8005	321.4477	24.1	18.7	984.4	0.33	26.2	16.0	973.3	0.33
8	17/7/2018	8009-8005	321.4478	24.9	18.5	984.4	0.33	26.5	15.8	973.4	0.33
9	17/7/2018	8009-8004	414.9642	25.1	19.8	984.3	0.33	23.8	16.6	980.5	0.33
10	17/7/2018	8009-8004	414.9642	24.8	19.2	984.3	0.33	23.9	16.6	980.4	0.33
11	17/7/2018	8002-8010	1355.5736	28.2	20.2	978.8	0.33	26.8	15.8	930.2	0.33

12	17/7/2018	8002-8010	1355.5736	27.8	20.2	978.8	0.33	26.7	16.0	930.3	0.33
13	17/7/2018	8002-8004	622.2859	28.0	20.4	978.8	0.33	28.7	18.4	979.9	0.33
14	17/7/2018	8002-8004	622.2858	28.2	20.1	978.8	0.33	28.5	17.9	979.8	0.33
15	17/7/2018	8002-8007	771.9872	28.4	20.5	978.9	0.33	25.2	15.6	926.8	0.34
16	17/7/2018	8002-8007	771.9871	28.2	20.4	978.9	0.33	25.2	15.6	926.8	0.34
17	17/7/2018	8002-8005	745.9538	28.5	20.3	978.8	0.33	32.8	17.8	972.7	0.33
18	17/7/2018	8002-8005	745.9538	29.1	20.5	978.8	0.33	32.8	17.8	972.7	0.33
19	17/7/2018	8002-8001	461.1985	29.2	20.4	978.8	0.33	30.3	15.7	965.1	0.33
20	17/7/2018	8002-8001	461.1982	29.4	20.2	978.8	0.33	30.8	15.9	965.0	0.33
21	17/7/2018	8002-8003	371.9544	30.2	20.8	978.7	0.33	28.2	16.3	969.1	0.33
22	17/7/2018	8002-8003	371.9546	29.6	20.4	978.7	0.33	28.6	16.3	969.0	0.33
23	17/7/2018	8008-8003	794.0589	30.9	22.1	964.3	0.33	32.3	16.9	967.4	0.32
24	17/7/2018	8008-8003	794.0590	30.4	21.2	964.3	0.33	32.2	17.0	967.2	0.32
25	17/7/2018	8008-8005	726.4795	30.4	21.2	964.4	0.33	33.1	18.1	970.4	0.32
26	17/7/2018	8008-8005	726.4796	30.4	21.2	964.4	0.33	33.1	18.1	970.4	0.32
27	17/7/2018	8008-8007	783.1921	30.8	21.5	964.4	0.33	28.3	16.8	924.7	0.33
28	17/7/2018	8008-8007	783.1921	30.7	21.5	964.4	0.33	28.0	16.7	924.7	0.33
29	17/7/2018	8008-8010	1671.0682	31.1	21.5	964.5	0.33	28.3	16.7	928.2	0.33
30	17/7/2018	8008-8010	1671.0684	30.7	21.5	964.5	0.33	28.5	16.7	928.3	0.33
31	17/7/2018	8008-8004	794.5090	30.5	21.7	964.4	0.33	31.7	18.2	977.6	0.32
32	17/7/2018	8008-8004	794.5091	30.9	21.7	964.4	0.33	31.8	18.2	977.6	0.32
33	17/7/2018	8001-8004	1034.5406	28.6	21.1	964.0	0.33	31.0	17.7	976.8	0.33
34	17/7/2018	8001-8004	1034.5406	28.4	20.9	964.0	0.33	31.4	17.7	976.9	0.33
35	17/7/2018	8001-8010	1481.3652	28.3	21.3	964.0	0.33	26.2	16.6	927.6	0.33
36	17/7/2018	8001-8010	1481.3652	28.0	20.8	964.0	0.33	26.5	16.6	927.6	0.33
37	17/7/2018	8001-8007	1916.2412	27.8	21.0	964.1	0.33	26.7	16.9	924.2	0.33
38	17/7/2018	8001-8007	1916.2412	27.2	20.8	964.1	0.33	26.4	17.0	924.1	0.33
39	17/7/2018	8001-8005	1193.6659	28.0	21.2	964.2	0.33	29.4	18.2	969.9	0.33
40	17/7/2018	8001-8005	1193.6661	27.4	20.6	964.2	0.33	29.3	18.3	969.9	0.33
41	17/7/2018	8001-8003	531.1676	26.6	20.7	964.7	0.33	30.5	18.3	966.4	0.33
42	17/7/2018	8001-8003	531.1676	26.8	20.8	964.7	0.33	29.7	18.3	966.3	0.33
43	18/7/2018	8003-8008	794.0645	21.6	19.4	971.2	0.33	22.9	18.6	962.2	0.33
44	18/7/2018	8003-8008	794.0645	21.5	19.3	971.2	0.33	22.9	18.6	962.2	0.33
45	18/7/2018	8003-8005	829.7869	21.7	19.6	971.2	0.33	21.8	18.1	971.4	0.33
46	18/7/2018	8003-8005	829.7880	21.3	19.3	971.2	0.33	21.9	18.4	971.4	0.33
47	18/7/2018	8003-8001	531.1705	22.1	19.8	971.2	0.33	23.2	18.3	963.6	0.33
48	18/7/2018	8003-8001	531.1705	22.2	19.1	971.2	0.33	23.2	18.3	963.6	0.33
49	18/7/2018	8003-8002	371.9557	22.4	20.0	971.4	0.33	25.0	18.8	974.6	0.33
50	18/7/2018	8003-8002	371.9557	22.2	19.6	971.4	0.33	25.0	18.8	974.6	0.33
51	18/7/2018	8003-8004	585.7482	22.8	20.4	971.4	0.33	23.5	19.5	978.8	0.33
52	18/7/2018	8003-8004	585.7480	22.4	19.9	971.4	0.33	23.4	20.1	978.8	0.33
53	18/7/2018	8003-8009	705.4577	23.2	20.5	971.5	0.33	24.8	18.9	978.9	0.33
54	18/7/2018	8003-8009	705.4576	23.1	20.0	971.5	0.33	24.8	18.9	978.9	0.33
55	18/7/2018	8003-8007	1454.4306	23.6	20.6	971.5	0.33	23.6	18.1	925.3	0.33
56	18/7/2018	8003-8007	1454.4306	22.9	20.0	971.5	0.33	24.3	18.1	925.3	0.33
57	18/7/2018	8003-8010	1021.5029	23.3	20.6	971.6	0.33	21.8	17.8	928.0	0.33
58	18/7/2018	8003-8010	1021.5029	22.9	20.0	971.6	0.33	22.2	17.8	928.1	0.33
59	18/7/2018	8010-8008	1671.0717	25.5	18.9	931.6	0.33	29.9	15.2	962.0	0.33
60	18/7/2018	8010-8008	1671.0715	25.4	18.8	931.6	0.33	29.8	15.8	962.1	0.33
61	18/7/2018	8010-8001	1481.3671	25.8	19.2	931.6	0.33	32.6	16.4	963.4	0.33
62	18/7/2018	8010-8001	1481.3669	25.2	19.0	931.6	0.33	29.6	16.1	963.4	0.33
63	18/7/2018	8010-8002	1355.5723	25.2	19.2	931.5	0.33	31.5	16.6	973.7	0.33
64	18/7/2018	8010-8002	1355.5723	25.4	19.4	931.5	0.33	32.0	16.5	973.6	0.33
65	18/7/2018	8010-8003	1021.4983	25.2	19.0	931.5	0.33	31.4	16.8	967.2	0.33
66	18/7/2018	8010-8003	1021.4983	24.8	18.9	931.5	0.33	30.9	16.7	967.2	0.33
67	18/7/2018	8010-8009	1426.2788	24.8	19.0	931.6	0.33	29.9	17.9	977.7	0.33
68	18/7/2018	8010-8009	1426.2788	25.3	19.0	931.6	0.33	29.4	17.3	977.7	0.33
69	18/7/2018	8007-8003	1454.4209	27.2	19.5	927.1	0.33	31.3	15.9	966.5	0.33
70	18/7/2018	8007-8003	1454.4209	26.1	19.1	927.1	0.33	31.7	16.0	966.4	0.33
71	18/7/2018	8007-8009	1221.9036	27.3	19.7	927.1	0.33	30.8	17.1	976.8	0.33
72	18/7/2018	8007-8009	1221.9036	27.4	19.4	927.1	0.33	30.8	17.2	976.7	0.33
73	18/7/2018	8007-8002	1544.1119	28.3	20.2	927.2	0.33	34.0	16.1	972.6	0.33
74	18/7/2018	8007-8002	1544.1121	28.0	19.7	927.2	0.33	33.7	16.0	972.5	0.33
75	18/7/2018	8007-8008	1566.5249	29.3	19.8	927.1	0.33	33.9	16.3	960.6	0.33
76	18/7/2018	8007-8008	1566.5249	28.1	19.7	927.1	0.33	34.5	16.2	960.7	0.33
77	18/7/2018	8007-8001	1916.2385	26.8	19.2	927.1	0.33	34.0	15.4	962.2	0.33
78	18/7/2018	8007-8001	1916.2385	27.0	19.2	927.1	0.33	33.1	15.4	962.1	0.33
79	18/7/2018	8004-8003	585.7438	34.1	22.1	977.6	0.33	32.8	16.3	964.5	0.33
80	18/7/2018	8004-8003	585.7437	32.8	22.8	977.6	0.33	32.1	16.6	964.7	0.33
81	18/7/2018	8004-8008	794.5072	33.9	22.6	977.8	0.33	31.6	16.3	958.9	0.33
82	18/7/2018	8004-8008	794.5074	33.6	22.7	977.8	0.33	31.7	16.2	959.1	0.33
83	18/7/2018	8004-8005	312.3627	33.0	22.4	977.2	0.33	32.4	17.0	968.2	0.33
84	18/7/2018	8004-8005	312.3626	33.2	22.5	977.2	0.33	33.0	16.7	968.4	0.33
85	18/7/2018	8004-8001	1034.5391	33.4	22.8	977.3	0.33	31.9	16.5	960.6	0.33
86	18/7/2018	8004-8001	1034.5385	32.2	23.0	977.3	0.33	32.3	16.5	960.6	0.33
87	18/7/2018	8004-8009	414.9606	33.1	23.1	977.3	0.33	31.4	16.6	975.1	0.33
88	18/7/2018	8004-8009	414.9607	33.0	23.0	977.3	0.33	31.2	16.5	975.1	0.33
89	18/7/2018	8004-8002	622.2833	33.2	22.4	977.1	0.33	32.6	16.2	970.3	0.33
90	18/7/2018	8004-8002	622.2833	33.2	22.2	977.1	0.33	32.6	16.2	970.3	0.33
91	18/7/2018	8005-8004	312.3628	31.1	21.8	970.8	0.33	35.7	16.7	975.0	0.33
92	18/7/2018	8005-8004	312.3628	30.8	21.5	970.8	0.33	36.6	16.9	975.0	0.33
93	18/7/2018	8005-8009	321.4460	31.1	22.2	970.8	0.33	31.0	16.9	975.1	0.33
94	18/7/2018	8005-8009	321.4460	31.0	21.9	970.8	0.33	30.6	16.5	975.1	0.33
95	18/7/2018	8005-8003	829.7808	31.0	22.3	970.6	0.33	32.6	16.5	964.8	0.33
96	18/7/2018	8005-8003	829.7809	30.3	21.4	970.6	0.33	32.6	16.5	964.8	0.33
97	18/7/2018	8005-8002	745.9523	30.4	22.0	970.8	0.33	29.7	16.4	971.2	0.33
98	18/7/2018	8005-8002	745.9522	30.0	21.2	970.8	0.33	29.6	16.5	971.2	0.33
99	18/7/2018	8005-8001	1193.6651	30.1	21.7	970.8	0.33	29.7	16.4	960.8	0.33

100	18/7/2018	8005-8001	1193.6651	29.7	21.1	970.8	0.33	29.7	16.4	960.8	0.33
101	18/7/2018	8005-8008	726.4794	29.2	21.5	971.0	0.33	29.0	16.4	959.4	0.33
102	18/7/2018	8005-8008	726.4795	28.9	21.1	971.0	0.33	29.1	16.5	959.4	0.33

 INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE LA APLICACIÓN DE LA CORRECCIÓN METEOROLÓGICA
 Y REDUCCIÓN AL CENTRO

*Correcciones dadas en milímetros [mm].

ID	PE	PV	Do	k	c1	c2	c3	cf	rc(apx)	Cor.T	Dcorr	Desvt
1	8009-8010	1426.2858	0.15	32.20	0.00	-0.00	0.13	0.32	32.66	1426.3185	0.75	
2	8009-8010	1426.2858	0.15	32.67	0.00	-0.00	0.13	0.32	33.13	1426.3189	0.75	
3	8009-8007	1221.9111	0.15	29.38	0.00	-0.00	0.11	-2.00	27.50	1221.9386	0.76	
4	8009-8007	1221.9111	0.15	29.32	0.00	-0.00	0.11	-2.00	27.43	1221.9385	0.76	
5	8009-8003	705.4579	0.15	12.60	0.00	-0.00	0.07	-0.14	12.53	705.4704	0.53	
6	8009-8003	705.4576	0.15	13.53	0.00	-0.00	0.07	-0.14	13.46	705.4711	0.53	
7	8009-8005	321.4477	0.15	6.17	0.00	-0.00	0.03	-0.20	6.01	321.4537	0.53	
8	8009-8005	321.4478	0.15	6.32	0.00	-0.00	0.03	-0.20	6.15	321.4539	0.53	
9	8009-8004	414.9642	0.15	7.35	0.00	-0.00	0.04	-0.01	7.37	414.9716	0.47	
10	8009-8004	414.9642	0.15	7.31	0.00	-0.00	0.04	-0.01	7.33	414.9715	0.47	
11	8002-8010	1355.5736	0.14	37.76	0.00	-0.00	0.13	0.31	38.20	1355.6118	0.76	
12	8002-8010	1355.5736	0.14	37.47	0.00	-0.00	0.13	0.31	37.91	1355.6115	0.76	
13	8002-8004	622.2859	0.15	13.67	0.00	-0.00	0.06	0.05	13.78	622.2997	0.60	
14	8002-8004	622.2858	0.15	13.66	0.00	-0.00	0.06	0.05	13.77	622.2996	0.60	
15	8002-8007	771.9872	0.14	21.42	0.00	-0.00	0.07	-1.47	20.02	772.0072	0.65	
16	8002-8007	771.9871	0.14	21.35	0.00	-0.00	0.07	-1.47	19.95	772.0071	0.65	
17	8002-8005	745.9538	0.14	18.51	0.00	-0.00	0.07	-0.04	18.54	745.9723	0.62	
18	8002-8005	745.9538	0.14	18.70	0.00	-0.00	0.07	-0.04	18.74	745.9725	0.62	
19	8002-8001	461.1985	0.14	11.54	0.00	-0.00	0.04	0.11	11.69	461.2102	0.52	
20	8002-8001	461.1982	0.14	11.68	0.00	-0.00	0.04	0.11	11.83	461.2100	0.52	
21	8002-8003	371.9544	0.14	8.96	0.00	-0.00	0.03	0.16	9.15	371.9636	0.44	
22	8002-8003	371.9546	0.14	8.93	0.00	-0.00	0.03	0.16	9.12	371.9637	0.44	
23	8008-8003	794.0589	0.14	22.46	0.00	-0.00	0.07	-0.55	21.99	794.0809	0.54	
24	8008-8003	794.0590	0.14	22.26	0.00	-0.00	0.07	-0.55	21.79	794.0808	0.54	
25	8008-8005	726.4795	0.14	20.35	0.00	-0.00	0.07	-1.12	19.30	726.4988	0.61	
26	8008-8005	726.4796	0.14	20.35	0.00	-0.00	0.07	-1.12	19.30	726.4989	0.61	
27	8008-8007	783.1921	0.14	25.30	0.00	-0.00	0.07	0.44	25.81	783.2179	0.64	
28	8008-8007	783.1921	0.14	25.17	0.00	-0.00	0.07	0.44	25.68	783.2178	0.64	
29	8008-8010	1671.0682	0.14	53.37	0.00	-0.00	0.16	0.37	53.90	1671.1221	0.83	
30	8008-8010	1671.0684	0.14	53.20	0.00	-0.00	0.16	0.37	53.74	1671.1221	0.83	
31	8008-8004	794.5090	0.14	21.09	0.00	-0.00	0.07	-1.76	19.40	794.5284	0.60	
32	8008-8004	794.5091	0.14	21.25	0.00	-0.00	0.07	-1.76	19.56	794.5287	0.60	
33	8001-8004	1034.5406	0.14	26.47	0.00	-0.00	0.10	0.13	26.69	1034.5673	0.69	
34	8001-8004	1034.5406	0.14	26.53	0.00	-0.00	0.10	0.13	26.75	1034.5674	0.69	
35	8001-8010	1481.3652	0.14	44.54	0.00	-0.00	0.14	0.22	44.90	1481.4101	0.81	
36	8001-8010	1481.3652	0.14	44.51	0.00	-0.00	0.14	0.22	44.86	1481.4101	0.81	
37	8001-8007	1916.2412	0.14	58.46	0.00	-0.00	0.18	0.19	58.83	1916.3000	0.95	
38	8001-8007	1916.2412	0.14	57.76	0.00	-0.00	0.18	0.19	58.13	1916.2993	0.95	
39	8001-8005	1193.6659	0.14	30.54	0.00	-0.00	0.11	0.06	30.71	1193.6966	0.73	
40	8001-8005	1193.6661	0.14	30.17	0.00	-0.00	0.11	0.06	30.34	1193.6964	0.73	
41	8001-8003	531.1676	0.14	13.73	0.00	-0.00	0.05	0.07	13.85	531.1814	0.57	
42	8001-8003	531.1676	0.14	13.60	0.00	-0.00	0.05	0.07	13.73	531.1813	0.57	
43	8003-8008	794.0645	0.15	15.98	0.00	-0.00	0.07	0.06	16.12	794.0806	0.54	
44	8003-8008	794.0645	0.15	15.95	0.00	-0.00	0.07	0.06	16.08	794.0806	0.54	
45	8003-8005	829.7869	0.15	15.29	0.00	-0.00	0.08	0.04	15.40	829.8023	0.60	
46	8003-8005	829.7880	0.15	15.18	0.00	-0.00	0.08	0.04	15.29	829.8033	0.60	
47	8003-8001	531.1705	0.15	10.78	0.00	-0.00	0.05	0.07	10.90	531.1814	0.57	
48	8003-8001	531.1705	0.15	10.79	0.00	-0.00	0.05	0.07	10.91	531.1814	0.57	
49	8003-8002	371.9557	0.15	7.33	0.00	-0.00	0.03	-0.16	7.20	371.9629	0.44	
50	8003-8002	371.9557	0.15	7.29	0.00	-0.00	0.03	-0.16	7.16	371.9629	0.44	
51	8003-8004	585.7482	0.15	10.95	0.00	-0.00	0.06	0.16	11.16	585.7594	0.55	
52	8003-8004	585.7480	0.15	10.82	0.00	-0.00	0.06	0.16	11.03	585.7590	0.55	
53	8003-8009	705.4577	0.15	13.68	0.00	-0.00	0.07	-0.14	13.61	705.4713	0.53	
54	8003-8009	705.4576	0.15	13.63	0.00	-0.00	0.07	-0.14	13.56	705.4712	0.53	
55	8003-8007	1454.4306	0.15	38.29	0.00	-0.00	0.14	0.54	38.97	1454.4696	0.82	
56	8003-8007	1454.4306	0.15	38.24	0.00	-0.00	0.14	0.54	38.91	1454.4695	0.82	
57	8003-8010	1021.5029	0.15	25.60	0.00	-0.00	0.10	0.35	26.04	1021.5289	0.68	
58	8003-8010	1021.5029	0.15	25.55	0.00	-0.00	0.10	0.35	26.00	1021.5289	0.68	
59	8010-8008	1671.0717	0.14	50.18	0.00	-0.00	0.16	0.00	50.34	1671.1220	0.83	
60	8010-8008	1671.0715	0.14	50.05	0.00	-0.00	0.16	0.00	50.21	1671.1217	0.83	
61	8010-8001	1481.3671	0.14	46.10	0.00	-0.00	0.14	0.00	46.24	1481.4133	0.81	
62	8010-8001	1481.3669	0.14	43.89	0.00	-0.00	0.14	0.00	44.03	1481.4109	0.81	
63	8010-8002	1355.5723	0.14	39.42	0.00	-0.00	0.13	0.16	39.70	1355.6120	0.76	
64	8010-8002	1355.5723	0.14	39.83	0.00	-0.00	0.13	0.16	40.11	1355.6124	0.76	
65	8010-8003	1021.4983	0.14	30.54	0.00	-0.00	0.10	0.71	31.34	1021.5296	0.68	
66	8010-8003	1021.4983	0.14	30.16	0.00	-0.00	0.10	0.71	30.96	1021.5293	0.68	
67	8010-8009	1426.2788	0.14	39.56	0.00	-0.00	0.13	0.00	39.70	1426.3185	0.75	
68	8010-8009	1426.2788	0.14	39.53	0.00	-0.00	0.13	0.00	39.66	1426.3185	0.75	
69	8007-8003	1454.4209	0.14	45.60	0.00	-0.00	0.14	0.27	46.00	1454.4669	0.82	
70	8007-8003	1454.4209	0.14	45.19	0.00	-0.00	0.14	0.27	45.60	1454.4665	0.82	
71	8007-8009	1221.9036	0.14	36.49	0.00	-0.00	0.11	-0.40	36.20	1221.9398	0.76	
72	8007-8009	1221.9036	0.14	36.54	0.00	-0.00	0.11	-0.40	36.26	1221.9399	0.76	
73	8007-8002	1544.1119	0.14	49.57	0.00	-0.00	0.14	0.59	50.30	1544.1622	0.85	
74	8007-8002	1544.1121	0.14	49.18	0.00	-0.00	0.14	0.59	49.92	1544.1620	0.85	
75	8007-8008	1566.5249	0.14	53.34	0.00	-0.00	0.15	-0.11	53.38	1566.5783	0.85	
76	8007-8008	1566.5249	0.14	52.94	0.00	-0.00	0.15	-0.11	52.98	1566.5779	0.85	
77	8007-8001	1916.2385	0.14	62.90	0.00	-0.00	0.18	0.19	63.27	1916.3018	0.94	
78	8007-8001	1916.2385	0.14	62.39	0.00	-0.00	0.18	0.19	62.76	1916.3013	0.94	
79	8004-8003	585.7438	0.14	16.63	0.00	-0.00	0.06	-0.16	16.53	585.7603	0.55	
80	8004-8003	585.7437	0.14	16.16	0.00	-0.00	0.06	-0.16	16.06	585.7598	0.55	
81	8004-8008	794.5072	0.14	22.70	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.95	794.5301	0.60	
82	8004-8008	794.5074	0.14	22.61	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.86	794.5303	0.60	
83	8004-8005	312.3627	0.14	8.55	0.00	-0.00	0.03	-0.19	8.39	312.3711	0.41	
84	8004-8005	312.3626	0.14	8.65	0.00	-0.00	0.03	-0.19	8.49	312.3711	0.41	
85	8004-8001	1034.5391	0.14	29.32	0.00	-0.00	0.10	0.25	29.67	1034.5688	0.70	
86	8004-8001	1034.5385	0.14	28.99	0.00	-0.00	0.10	0.25	29.34	1034.5678	0.70	

87	8004-8009	414.9606	0.14	10.83	0.00	-0.00	0.04	0.01	10.88	414.9715	0.47
88	8004-8009	414.9607	0.14	10.78	0.00	-0.00	0.04	0.01	10.83	414.9715	0.47
89	8004-8002	622.2833	0.14	16.96	0.00	-0.00	0.06	0.05	17.07	622.3004	0.60
90	8004-8002	622.2833	0.14	16.96	0.00	-0.00	0.06	0.05	17.07	622.3004	0.60
91	8005-8004	312.3628	0.14	8.70	0.00	-0.00	0.03	0.00	8.73	312.3715	0.41
92	8005-8004	312.3628	0.14	8.77	0.00	-0.00	0.03	0.00	8.80	312.3716	0.41
93	8005-8009	321.4460	0.14	8.34	0.00	-0.00	0.03	-0.20	8.17	321.4542	0.53
94	8005-8009	321.4460	0.14	8.27	0.00	-0.00	0.03	-0.20	8.10	321.4541	0.53
95	8005-8003	829.7808	0.14	23.20	0.00	-0.00	0.08	0.00	23.27	829.8041	0.60
96	8005-8003	829.7809	0.14	22.92	0.00	-0.00	0.08	0.00	23.00	829.8039	0.60
97	8005-8002	745.9523	0.14	19.11	0.00	-0.00	0.07	-0.07	19.11	745.9714	0.62
98	8005-8002	745.9522	0.14	18.93	0.00	-0.00	0.07	-0.07	18.93	745.9711	0.62
99	8005-8001	1193.6651	0.14	32.08	0.00	-0.00	0.11	0.12	32.31	1193.6974	0.73
100	8005-8001	1193.6651	0.14	31.85	0.00	-0.00	0.11	0.12	32.08	1193.6972	0.73
101	8005-8008	726.4794	0.14	19.15	0.00	-0.00	0.07	0.11	19.33	726.4987	0.61
102	8005-8008	726.4795	0.14	19.08	0.00	-0.00	0.07	0.11	19.26	726.4988	0.61

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 102
 Número de incógnitas: 27
 Grados de libertad: 75

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 34512862487.233
 Desviación estándar: 185776.378

Test estadístico Chi2: 2588464686542.508 Se RECHAZA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 118.599
 Valor Mínimo de corte: 42.757

La hipótesis nula H0 no se cumple

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 702030.2194

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8009--8010		52344.707	78741.158	0.786	3.495	1.618
8009--8010		52344.235	78740.449	0.786	3.495	1.618
8009--8007		-57790.503	-87021.512	0.764	3.592	1.747
8009--8007		-57790.441	-87021.418	0.764	3.592	1.747
8009--8003		-9206.854	-19887.698	0.763	2.506	1.220
8009--8003		-9207.486	-19889.061	0.763	2.506	1.220
8009--8005		21687.700	46915.593	0.761	2.510	1.228
8009--8005		21687.455	46915.064	0.761	2.510	1.228
8009--8004		-11234.084	-27568.756	0.752	2.239	1.116
8009--8004		-11234.044	-27568.658	0.752	2.239	1.116
8002--8010		-100555.902	-140767.016	0.883	3.339	1.140
8002--8010		-100555.608	-140766.604	0.883	3.339	1.140
8002--8004		19406.587	35937.340	0.810	2.753	1.200
8002--8004		19406.697	35937.544	0.810	2.753	1.200
8002--8007		401065.255	702029.925	0.772	3.054	1.457
8002--8007		401065.424	702030.219	0.772	3.054	1.457
8002--8005		-90129.917	-155560.710	0.873	2.740	0.975
8002--8005		-90130.111	-155561.045	0.873	2.740	0.975
8002--8001		-27059.070	-65789.033	0.626	2.715	1.661
8002--8001		-27058.909	-65788.642	0.626	2.715	1.661
8002--8003		14556.197	37392.674	0.783	2.054	0.957
8002--8003		14556.029	37392.242	0.783	2.054	0.957
8008--8003		3496.156	7375.172	0.771	2.540	1.217
8008--8003		3496.257	7375.384	0.771	2.540	1.217
8008--8005		-6002.997	-10969.595	0.805	2.808	1.241
8008--8005		-6003.097	-10969.777	0.805	2.808	1.241
8008--8007		293464.655	548311.995	0.699	3.161	1.733

8008--8007	293464.784	548312.235	0.699	3.161	1.733
8008--8010	-14355.458	-19609.329	0.778	3.886	1.831
8008--8010	-14355.496	-19609.381	0.778	3.886	1.831
8008--8004	2859.369	5278.565	0.815	2.745	1.180
8008--8004	2859.105	5278.079	0.815	2.745	1.180
8001--8004	8403.904	12888.584	0.893	3.016	0.986
8001--8004	8403.841	12888.487	0.893	3.016	0.986
8001--8010	54594.694	75743.597	0.792	3.759	1.715
8001--8010	54594.729	75743.645	0.792	3.759	1.715
8001--8007	-108250.101	-126753.188	0.808	4.364	1.912
8001--8007	-108249.404	-126752.372	0.808	4.364	1.912
8001--8005	83814.842	125389.985	0.838	3.293	1.323
8001--8005	83815.016	125390.245	0.838	3.293	1.323
8001--8003	-23446.651	-46319.744	0.789	2.651	1.219
8001--8003	-23446.529	-46319.504	0.789	2.651	1.219
8003--8008	3496.425	7375.739	0.771	2.540	1.217
8003--8008	3496.463	7375.819	0.771	2.540	1.217
8003--8005	7823.956	14874.411	0.769	2.827	1.360
8003--8005	7822.966	14872.529	0.769	2.827	1.360
8003--8001	-23446.604	-46319.651	0.789	2.651	1.219
8003--8001	-23446.612	-46319.668	0.789	2.651	1.219
8003--8002	14556.851	37394.353	0.783	2.054	0.957
8003--8002	14556.889	37394.452	0.783	2.054	0.957
8003--8004	-16630.154	-34273.405	0.778	2.575	1.212
8003--8004	-16629.828	-34272.734	0.778	2.575	1.212
8003--8009	-9207.730	-19889.590	0.763	2.506	1.220
8003--8009	-9207.585	-19889.277	0.763	2.506	1.220
8003--8007	-13993.003	-19233.951	0.787	3.817	1.761
8003--8007	-13992.945	-19233.871	0.787	3.817	1.761
8003--8010	13092.432	21580.316	0.796	3.148	1.422
8003--8010	13092.477	21580.390	0.796	3.148	1.422
8010--8008	-14355.402	-19609.253	0.778	3.886	1.831
8010--8008	-14355.069	-19608.798	0.778	3.886	1.831
8010--8001	54591.453	75739.100	0.792	3.759	1.715
8010--8001	54593.861	75742.441	0.792	3.759	1.715
8010--8002	-100556.099	-140767.292	0.883	3.339	1.140
8010--8002	-100556.513	-140767.872	0.883	3.339	1.140
8010--8003	13091.731	21579.161	0.796	3.148	1.422
8010--8003	13092.116	21579.796	0.796	3.148	1.422
8010--8009	52344.667	78741.099	0.786	3.495	1.618
8010--8009	52344.703	78741.152	0.786	3.495	1.618
8007--8003	-13990.335	-19230.285	0.787	3.817	1.761
8007--8003	-13989.928	-19229.725	0.787	3.817	1.761
8007--8009	-57791.707	-87023.324	0.764	3.592	1.747
8007--8009	-57791.763	-87023.408	0.764	3.592	1.747
8007--8002	-371089.727	-468879.469	0.867	3.770	1.375
8007--8002	-371089.539	-468879.232	0.867	3.770	1.375
8007--8008	-489895.716	-632792.970	0.830	3.854	1.591
8007--8008	-489895.309	-632792.445	0.830	3.854	1.591
8007--8001	-108251.845	-128430.178	0.804	4.329	1.917
8007--8001	-108251.332	-128429.569	0.804	4.329	1.917
8004--8003	-16631.126	-34275.409	0.778	2.575	1.212
8004--8003	-16630.557	-34274.236	0.778	2.575	1.212
8004--8008	2857.616	5275.329	0.815	2.745	1.180
8004--8008	2857.501	5275.117	0.815	2.745	1.180
8004--8005	1521.100	4253.195	0.761	1.941	0.949
8004--8005	1521.109	4253.219	0.761	1.941	0.949
8004--8001	8402.425	12680.694	0.896	3.054	0.985
8004--8001	8403.357	12682.100	0.896	3.054	0.985
8004--8009	-11233.992	-27568.530	0.752	2.239	1.116
8004--8009	-11234.037	-27568.642	0.752	2.239	1.116
8004--8002	19405.892	35936.054	0.810	2.753	1.200
8004--8002	19405.898	35936.064	0.810	2.753	1.200
8005--8004	1520.663	4251.973	0.761	1.941	0.949
8005--8004	1520.591	4251.771	0.761	1.941	0.949
8005--8009	21687.230	46914.578	0.761	2.510	1.228
8005--8009	21687.305	46914.740	0.761	2.510	1.228
8005--8003	7822.187	14871.048	0.769	2.827	1.360

8005--8003	7822.357	14871.372	0.769	2.827	1.360
8005--8002	-90128.983	-155559.097	0.873	2.740	0.975
8005--8002	-90128.706	-155558.620	0.873	2.740	0.975
8005--8001	83814.045	125388.793	0.838	3.293	1.323
8005--8001	83814.272	125389.133	0.838	3.293	1.323
8005--8008	-6002.934	-10969.478	0.805	2.808	1.241
8005--8008	-6002.963	-10969.532	0.805	2.808	1.241

Observables que pueden ser rechazadas del ajuste:

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8009--8010		52344.707	78741.158	0.786	3.495	1.618
8009--8010		52344.235	78740.449	0.786	3.495	1.618
8009--8005		21687.700	46915.593	0.761	2.510	1.228
8009--8005		21687.455	46915.064	0.761	2.510	1.228
8002--8004		19406.587	35937.340	0.810	2.753	1.200
8002--8004		19406.697	35937.544	0.810	2.753	1.200
8002--8007		401065.255	702029.925	0.772	3.054	1.457
8002--8007		401065.424	702030.219	0.772	3.054	1.457
8002--8003		14556.197	37392.674	0.783	2.054	0.957
8002--8003		14556.029	37392.242	0.783	2.054	0.957
8008--8003		3496.156	7375.172	0.771	2.540	1.217
8008--8003		3496.257	7375.384	0.771	2.540	1.217
8008--8007		293464.655	548311.995	0.699	3.161	1.733
8008--8007		293464.784	548312.235	0.699	3.161	1.733
8008--8004		2859.369	5278.565	0.815	2.745	1.180
8008--8004		2859.105	5278.079	0.815	2.745	1.180
8001--8004		8403.904	12888.584	0.893	3.016	0.986
8001--8004		8403.841	12888.487	0.893	3.016	0.986
8001--8010		54594.694	75743.597	0.792	3.759	1.715
8001--8010		54594.729	75743.645	0.792	3.759	1.715
8001--8005		83814.842	125389.985	0.838	3.293	1.323
8001--8005		83815.016	125390.245	0.838	3.293	1.323
8003--8008		3496.425	7375.739	0.771	2.540	1.217
8003--8008		3496.463	7375.819	0.771	2.540	1.217
8003--8005		7823.956	14874.411	0.769	2.827	1.360
8003--8005		7822.966	14872.529	0.769	2.827	1.360
8003--8002		14556.851	37394.353	0.783	2.054	0.957
8003--8002		14556.889	37394.452	0.783	2.054	0.957
8003--8010		13092.432	21580.316	0.796	3.148	1.422
8003--8010		13092.477	21580.390	0.796	3.148	1.422
8010--8001		54591.453	75739.100	0.792	3.759	1.715
8010--8001		54593.861	75742.441	0.792	3.759	1.715
8010--8003		13091.731	21579.161	0.796	3.148	1.422
8010--8003		13092.116	21579.796	0.796	3.148	1.422
8010--8009		52344.667	78741.099	0.786	3.495	1.618
8010--8009		52344.703	78741.152	0.786	3.495	1.618
8004--8008		2857.616	5275.329	0.815	2.745	1.180
8004--8008		2857.501	5275.117	0.815	2.745	1.180
8004--8005		1521.100	4253.195	0.761	1.941	0.949
8004--8005		1521.109	4253.219	0.761	1.941	0.949
8004--8001		8402.425	12680.694	0.896	3.054	0.985
8004--8001		8403.357	12682.100	0.896	3.054	0.985
8004--8002		19405.892	35936.054	0.810	2.753	1.200
8004--8002		19405.898	35936.064	0.810	2.753	1.200
8005--8004		1520.663	4251.973	0.761	1.941	0.949
8005--8004		1520.591	4251.771	0.761	1.941	0.949
8005--8009		21687.230	46914.578	0.761	2.510	1.228
8005--8009		21687.305	46914.740	0.761	2.510	1.228
8005--8003		7822.187	14871.048	0.769	2.827	1.360
8005--8003		7822.357	14871.372	0.769	2.827	1.360
8005--8001		83814.045	125388.793	0.838	3.293	1.323
8005--8001		83814.272	125389.133	0.838	3.293	1.323

18.2 Ajuste libre – Blaha 2018

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 MÉTODO DE BLAHA - DEFINICIÓN DEL DATUM

AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

 INFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUE HAN SIDO INCLUIDAS EN EL AJUSTE

ID	PE	PV	Dcorr	Desvt
1	8009-8010	1426.3198	0.75	
2	8009-8010	1426.3205	0.75	
3	8009-8007	1221.9396	0.76	
4	8009-8007	1221.9390	0.76	
5	8009-8003	705.4707	0.53	
6	8009-8003	705.4713	0.53	
7	8009-8005	321.4541	0.53	
8	8009-8005	321.4542	0.53	
9	8009-8004	414.9719	0.47	
10	8009-8004	414.9719	0.47	

11	8002-8010	1355.6130	0.76
12	8002-8010	1355.6124	0.76
13	8002-8004	622.3002	0.60
14	8002-8004	622.3002	0.60
15	8002-8005	745.9730	0.62
16	8002-8005	745.9733	0.62
17	8002-8001	461.2105	0.52
18	8002-8001	461.2103	0.52
19	8002-8003	371.9639	0.44
20	8002-8003	371.9640	0.44
21	8008-8003	794.0819	0.54
22	8008-8003	794.0814	0.54
23	8008-8005	726.4993	0.61
24	8008-8005	726.4997	0.61
25	8008-8010	1671.1237	0.83
26	8008-8010	1671.1236	0.83
27	8008-8004	794.5290	0.60
28	8008-8004	794.5294	0.60
29	8001-8004	1034.5681	0.69
30	8001-8004	1034.5679	0.69
31	8001-8010	1481.4114	0.81
32	8001-8010	1481.4114	0.81
33	8001-8007	1916.3014	0.95
34	8001-8007	1916.3008	0.95
35	8001-8005	1193.6978	0.73
36	8001-8005	1193.6975	0.73
37	8001-8003	531.1820	0.57
38	8001-8003	531.1820	0.57
39	8003-8008	794.0813	0.54
40	8003-8008	794.0813	0.54
41	8003-8005	829.8032	0.60
42	8003-8005	829.8042	0.60
43	8003-8001	531.1821	0.57
44	8003-8001	531.1820	0.57
45	8003-8002	371.9633	0.44
46	8003-8002	371.9632	0.44
47	8003-8004	585.7600	0.55
48	8003-8004	585.7598	0.55
49	8003-8009	705.4719	0.53
50	8003-8009	705.4718	0.53
51	8003-8007	1454.4708	0.82
52	8003-8007	1454.4709	0.82
53	8003-8010	1021.5300	0.68
54	8003-8010	1021.5301	0.68
55	8010-8008	1671.1231	0.83
56	8010-8008	1671.1228	0.83
57	8010-8001	1481.4154	0.81
58	8010-8001	1481.4125	0.81
59	8010-8002	1355.6130	0.76
60	8010-8002	1355.6137	0.76
61	8010-8003	1021.5303	0.68
62	8010-8003	1021.5301	0.68
63	8010-8009	1426.3190	0.75
64	8010-8009	1426.3195	0.75
65	8007-8003	1454.4680	0.82
66	8007-8003	1454.4677	0.82
67	8007-8009	1221.9406	0.76
68	8007-8009	1221.9408	0.76
69	8007-8002	1544.1638	0.85
70	8007-8002	1544.1636	0.85
71	8007-8008	1566.5790	0.85
72	8007-8008	1566.5789	0.85
73	8007-8001	1916.3052	0.94
74	8007-8001	1916.3037	0.94
75	8004-8003	585.7611	0.55
76	8004-8003	585.7605	0.55
77	8004-8008	794.5308	0.60
78	8004-8008	794.5310	0.60

79	8004-8005	312.3716	0.41
80	8004-8005	312.3714	0.41
81	8004-8001	1034.5704	0.70
82	8004-8001	1034.5688	0.70
83	8004-8009	414.9719	0.47
84	8004-8009	414.9719	0.47
85	8004-8002	622.3011	0.60
86	8004-8002	622.3009	0.60
87	8005-8004	312.3719	0.41
88	8005-8004	312.3720	0.41
89	8005-8009	321.4544	0.53
90	8005-8009	321.4544	0.53
91	8005-8003	829.8046	0.60
92	8005-8003	829.8045	0.60
93	8005-8002	745.9720	0.62
94	8005-8002	745.9717	0.62
95	8005-8001	1193.6987	0.73
96	8005-8001	1193.6982	0.73
97	8005-8008	726.4992	0.61
98	8005-8008	726.4992	0.61

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 98
 Número de constreñimientos: 6
 Número de incógnitas: 27
 Grados de libertad: 77

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 1.228
 Desviación estándar: 1.108

Test estadístico Chi2: 94.570 Se ACEPTA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 121.100
 Valor Mínimo de corte: 44.258

La hipótesis nula H_0 se acepta

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 2.5379

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8009--8010		-0.247	-0.371	0.784	3.499	1.627
8009--8010		-0.947	-1.426	0.784	3.499	1.627
8009--8007		0.490	0.739	0.761	3.598	1.759
8009--8007		1.090	1.644	0.761	3.598	1.759
8009--8003		0.774	1.672	0.763	2.506	1.221
8009--8003		0.174	0.376	0.763	2.506	1.221
8009--8005		0.171	0.370	0.759	2.512	1.232
8009--8005		0.071	0.153	0.759	2.512	1.232
8009--8004		0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8009--8004		0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8002--8010		0.263	0.372	0.867	3.372	1.232
8002--8010		0.863	1.220	0.867	3.372	1.232
8002--8004		0.407	0.755	0.809	2.756	1.206
8002--8004		0.407	0.755	0.809	2.756	1.206
8002--8005		-0.425	-0.741	0.855	2.770	1.056
8002--8005		-0.725	-1.264	0.855	2.770	1.056

8002--8001	-0.072	-0.176	0.624	2.718	1.667
8002--8001	0.128	0.311	0.624	2.718	1.667
8002--8003	-0.354	-0.911	0.782	2.055	0.960
8002--8003	-0.454	-1.168	0.782	2.055	0.960
8008--8003	-0.470	-0.991	0.770	2.541	1.218
8008--8003	0.030	0.064	0.770	2.541	1.218
8008--8005	-0.011	-0.020	0.804	2.810	1.245
8008--8005	-0.411	-0.751	0.804	2.810	1.245
8008--8010	-0.341	-0.466	0.776	3.893	1.844
8008--8010	-0.241	-0.329	0.776	3.893	1.844
8008--8004	1.126	2.080	0.815	2.745	1.182
8008--8004	0.726	1.341	0.815	2.745	1.182
8001--8004	0.447	0.686	0.893	3.016	0.987
8001--8004	0.647	0.992	0.893	3.016	0.987
8001--8010	1.117	1.551	0.790	3.765	1.727
8001--8010	1.117	1.551	0.790	3.765	1.727
8001--8007	1.560	1.833	0.803	4.379	1.944
8001--8007	2.160	2.538	0.803	4.379	1.944
8001--8005	0.271	0.407	0.833	3.303	1.348
8001--8005	0.571	0.857	0.833	3.303	1.348
8001--8003	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8001--8003	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8003--8008	0.130	0.275	0.770	2.541	1.218
8003--8008	0.130	0.275	0.770	2.541	1.218
8003--8005	0.915	1.741	0.766	2.831	1.368
8003--8005	-0.085	-0.163	0.766	2.831	1.368
8003--8001	0.068	0.135	0.788	2.652	1.221
8003--8001	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8003--8002	0.246	0.631	0.782	2.055	0.960
8003--8002	0.346	0.888	0.782	2.055	0.960
8003--8004	0.439	0.905	0.778	2.576	1.214
8003--8004	0.639	1.318	0.778	2.576	1.214
8003--8009	-0.426	-0.920	0.763	2.506	1.221
8003--8009	-0.326	-0.704	0.763	2.506	1.221
8003--8007	-1.427	-1.971	0.780	3.834	1.797
8003--8007	-1.527	-2.109	0.780	3.834	1.797
8003--8010	0.115	0.190	0.790	3.159	1.447
8003--8010	0.015	0.024	0.790	3.159	1.447
8010--8008	0.259	0.355	0.776	3.893	1.844
8010--8008	0.559	0.765	0.776	3.893	1.844
8010--8001	-2.883	-4.006	0.790	3.765	1.727
8010--8001	0.017	0.023	0.790	3.765	1.727
8010--8002	0.263	0.372	0.867	3.372	1.232
8010--8002	-0.437	-0.618	0.867	3.372	1.232
8010--8003	-0.185	-0.307	0.790	3.159	1.447
8010--8003	0.015	0.024	0.790	3.159	1.447
8010--8009	0.553	0.833	0.784	3.499	1.627
8010--8009	0.053	0.080	0.784	3.499	1.627
8007--8003	1.373	1.895	0.780	3.834	1.797
8007--8003	1.673	2.309	0.780	3.834	1.797
8007--8009	-0.510	-0.770	0.761	3.598	1.759
8007--8009	-0.710	-1.071	0.761	3.598	1.759
8007--8002	-0.591	-0.800	0.754	4.042	2.003
8007--8002	-0.391	-0.529	0.754	4.042	2.003
8007--8008	-0.092	-0.143	0.570	4.648	3.046
8007--8008	0.008	0.013	0.570	4.648	3.046
8007--8001	-2.240	-2.666	0.799	4.344	1.949
8007--8001	-0.740	-0.881	0.799	4.344	1.949
8004--8003	-0.661	-1.362	0.778	2.576	1.214
8004--8003	-0.061	-0.125	0.778	2.576	1.214
8004--8008	-0.674	-1.244	0.815	2.745	1.182
8004--8008	-0.874	-1.613	0.815	2.745	1.182
8004--8005	0.106	0.297	0.761	1.941	0.950
8004--8005	0.306	0.856	0.761	1.941	0.950
8004--8001	-1.853	-2.797	0.896	3.054	0.985
8004--8001	-0.253	-0.382	0.896	3.054	0.985
8004--8009	0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8004--8009	0.011	0.026	0.751	2.239	1.117

8004--8002	-0.493	-0.913	0.809	2.756	1.206
8004--8002	-0.293	-0.543	0.809	2.756	1.206
8005--8004	-0.194	-0.542	0.761	1.941	0.950
8005--8004	-0.294	-0.822	0.761	1.941	0.950
8005--8009	-0.129	-0.280	0.759	2.512	1.232
8005--8009	-0.129	-0.280	0.759	2.512	1.232
8005--8003	-0.485	-0.924	0.766	2.831	1.368
8005--8003	-0.385	-0.734	0.766	2.831	1.368
8005--8002	0.575	1.004	0.855	2.770	1.056
8005--8002	0.875	1.527	0.855	2.770	1.056
8005--8001	-0.629	-0.943	0.833	3.303	1.348
8005--8001	-0.129	-0.193	0.833	3.303	1.348
8005--8008	0.089	0.163	0.804	2.810	1.245
8005--8008	0.089	0.163	0.804	2.810	1.245

 INCREMENTOS OBTENIDOS TRAS EL AJUSTE (2018)

ID	dX	Desv.T	dY	Desv.T	dz	Desv.T
8001	0.0006	0.0005	-0.0005	0.0004	0.0013	0.0013
8002	-0.0003	0.0003	-0.0002	0.0003	-0.0022	0.0015
8003	-0.0004	0.0002	-0.0003	0.0003	-0.0008	0.0010
8004	-0.0002	0.0004	0.0005	0.0005	0.0009	0.0030
8005	-0.0004	0.0004	0.0007	0.0005	0.0020	0.0017
8007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0007	-0.0009	0.0019
8008	-0.0000	0.0005	-0.0004	0.0004	-0.0020	0.0011
8009	-0.0002	0.0004	-0.0011	0.0005	0.0018	0.0019
8010	0.0002	0.0007	0.0004	0.0004	-0.0001	0.0012

 COORDENADAS AJUSTADAS (2018) - BLAHA

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4086	0.0005	94.2080	0.0004	144.9711	0.0013	0	0	0
8002	536.2875	0.0003	341.2313	0.0003	46.7020	0.0015	0	0	0
8003	285.0314	0.0002	608.8918	0.0003	106.5778	0.0010	0	0	0
8004	776.2586	0.0004	914.5216	0.0005	14.9180	0.0030	0	0	0
8005	1077.0228	0.0004	854.3887	0.0005	74.0871	0.0017	0	0	0
8007	1224.7755	0.0008	1647.0657	0.0007	499.7152	0.0019	0	0	0
8008	929.5879	0.0005	147.6369	0.0004	155.1183	0.0011	0	0	0
8009	981.7675	0.0004	554.0388	0.0005	10.4536	0.0019	0	0	0
8010	53.8653	0.0007	1536.3213	0.0004	467.0783	0.0012	0	0	0

 ELIPSES DE ERROR ESTÁNDAR

Punto	a (mm)	b (mm)	acimut (gon)
8001	0.46	0.18	366.1035
8002	0.31	0.18	352.9849
8003	0.25	0.16	94.0104
8004	0.38	0.32	339.4880
8005	0.48	0.14	346.5665
8007	0.76	0.37	358.1229
8008	0.43	0.22	38.7926
8009	0.44	0.23	328.4294
8010	0.60	0.32	15.0934

18.3 Ajuste libre, detección de errores groseros 2019

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8006	500.5042	879.7578	69.8567	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8006	39.1450084889	-0.5542918888	440.4377	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8006	4945698.8268	-80161.6040	4013889.9789	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

DATOS DE LA LIBRETA DE OBSERVACIONES DE CAMPO DEPURADOS (2019)

ID	Fecha	Hora	PE	PV	Dist	EDM				RFL			
						Ts	Th	p	hi	Ts	Th	p	hi
1	9/7/2019	10:22:0	8002-8003	371.9551	25.1	17.6	975.2	0.33	24.7	11.5	964.6	0.33	
2	9/7/2019	10:24:0	8002-8003	371.9551	25.8	17.5	975.2	0.33	25.0	11.9	965.1	0.33	
3	9/7/2019	10:42:0	8002-8001	461.1994	27.0	18.2	974.6	0.33	25.1	11.8	960.5	0.33	
4	9/7/2019	10:43:0	8002-8001	461.1995	26.4	17.4	974.6	0.33	24.9	11.4	960.5	0.33	
5	9/7/2019	10:46:0	8002-8006	540.1981	25.8	17.4	974.5	0.33	23.7	10.8	968.3	0.33	
6	9/7/2019	10:47:0	8002-8006	540.1981	26.3	17.5	974.5	0.33	23.9	11.0	968.8	0.33	
7	9/7/2019	11: 6:0	8002-8005	745.9536	26.9	17.9	974.0	0.33	25.1	11.0	968.3	0.33	
8	9/7/2019	11: 7:0	8002-8005	745.9536	26.4	17.3	974.0	0.33	25.4	11.2	968.2	0.33	
9	9/7/2019	11:20:0	8002-8007	1544.1167	27.5	17.8	973.8	0.33	20.9	9.9	922.0	0.33	
10	9/7/2019	11:22:0	8002-8007	1544.1167	27.7	17.9	973.8	0.33	21.0	9.5	922.1	0.33	
11	9/7/2019	11:32:0	8002-8004	622.2857	27.7	18.2	973.6	0.33	26.9	12.3	974.9	0.33	
12	9/7/2019	11:34:0	8002-8004	622.2857	27.4	17.8	973.6	0.33	26.6	12.7	974.9	0.33	
13	9/7/2019	11:37:0	8002-8010	1355.5743	27.4	18.8	973.6	0.33	21.2	9.3	925.8	0.33	

14	9/7/2019	11:39:0	8002-8010	1355.5745	27.6	20.8	973.6	0.33	21.0	9.2	925.7	0.33
15	9/7/2019	12: 0:0	8009-8004	414.9597	26.8	17.4	977.1	0.33	28.4	11.4	974.8	0.33
16	9/7/2019	12: 2:0	8009-8004	414.9597	26.7	17.3	977.1	0.33	27.8	11.5	975.0	0.33
17	9/7/2019	12:19:0	8009-8005	321.4435	27.8	19.3	977.3	0.33	27.0	10.3	968.2	0.33
18	9/7/2019	12:21:0	8009-8005	321.4434	27.5	17.6	977.3	0.33	27.2	10.5	968.2	0.33
19	9/7/2019	12:36:0	8009-8006	584.1403	27.4	17.3	977.2	0.33	26.9	10.0	968.6	0.33
20	9/7/2019	12:38:0	8009-8006	584.1403	27.6	17.5	977.2	0.33	27.0	9.5	968.6	0.33
21	9/7/2019	12:41:0	8009-8007	1221.9036	28.4	18.7	977.3	0.33	22.6	9.1	922.3	0.33
22	9/7/2019	12:42:0	8009-8007	1221.9035	27.3	17.4	977.3	0.33	22.8	9.2	922.3	0.33
23	9/7/2019	12:54:0	8009-8003	705.4551	27.4	17.3	977.0	0.33	26.3	9.7	964.8	0.33
24	9/7/2019	12:55:0	8009-8003	705.4550	27.2	17.5	977.0	0.33	26.1	9.9	964.9	0.33
25	9/7/2019	12:58:0	8009-8010	1426.2792	27.4	17.4	977.0	0.33	23.0	9.6	925.9	0.33
26	9/7/2019	13: 0:0	8009-8010	1426.2790	27.2	17.3	977.0	0.33	23.3	9.4	926.1	0.33
27	9/7/2019	17: 3:0	8008-8003	794.0576	31.2	16.8	960.7	0.33	30.9	5.1	963.1	0.33
28	9/7/2019	17: 5:0	8008-8003	794.0577	31.5	16.6	960.7	0.33	30.4	4.8	963.1	0.33
29	9/7/2019	17:24:0	8008-8007	1566.5222	31.6	17.5	960.4	0.33	28.0	4.7	921.1	0.33
30	9/7/2019	17:26:0	8008-8007	1566.5220	31.6	17.5	960.4	0.33	28.9	5.6	920.5	0.33
31	9/7/2019	17:31:0	8008-8006	852.8428	32.2	17.7	960.3	0.33	32.7	6.1	966.9	0.33
32	9/7/2019	17:34:0	8008-8006	852.8430	32.0	17.4	960.3	0.33	32.9	5.7	966.9	0.33
33	9/7/2019	17:36:0	8008-8010	1671.0648	32.0	17.2	960.2	0.33	28.6	7.6	924.8	0.33
34	9/7/2019	17:38:0	8008-8010	1671.0648	31.6	16.9	960.2	0.33	28.6	7.6	924.8	0.33
35	9/7/2019	17:59:0	8008-8005	726.4764	31.8	18.4	959.8	0.33	33.5	7.8	966.4	0.33
36	9/7/2019	18: 0:0	8008-8005	726.4762	31.8	17.5	959.8	0.33	32.8	6.9	966.4	0.33
37	9/7/2019	18:15:0	8008-8004	794.5061	31.2	17.3	959.6	0.33	33.2	7.5	972.9	0.33
38	9/7/2019	18:17:0	8008-8004	794.5059	31.3	17.2	959.6	0.33	33.9	8.7	972.9	0.33
39	9/7/2019	19:17:0	8001-8010	1481.3613	29.9	17.6	960.9	0.33	28.4	7.6	924.7	0.33
40	9/7/2019	19:19:0	8001-8010	1481.3611	29.6	17.2	960.9	0.33	27.9	7.1	924.8	0.33
41	9/7/2019	19:22:0	8001-8004	1034.5382	30.2	18.2	960.8	0.33	34.8	9.5	972.9	0.33
42	9/7/2019	19:24:0	8001-8004	1034.5383	30.1	17.5	960.8	0.33	34.5	10.3	972.9	0.33
43	9/7/2019	19:29:0	8001-8002	461.1969	30.0	20.5	960.8	0.33	30.6	14.6	969.9	0.33
44	9/7/2019	19:31:0	8001-8002	461.1969	29.3	19.8	960.8	0.33	30.0	15.0	969.9	0.33
45	9/7/2019	19:38:0	8001-8007	1916.2373	28.8	19.6	960.9	0.33	32.4	17.6	920.5	0.33
46	9/7/2019	19:40:0	8001-8007	1916.2376	28.9	19.8	960.9	0.33	32.4	17.6	922.6	0.33
47	9/7/2019	19:46:0	8001-8005	1193.6643	28.4	20.2	960.9	0.33	31.0	15.7	966.3	0.33
48	9/7/2019	19:48:0	8001-8005	1193.6640	28.6	20.5	960.9	0.33	30.6	16.3	966.4	0.33
49	9/7/2019	20: 5:0	8001-8006	859.6718	27.4	20.9	961.3	0.33	30.0	17.1	967.3	0.33
50	9/7/2019	20:10:0	8001-8006	859.6717	27.2	20.4	961.5	0.33	29.0	16.8	967.4	0.33
51	9/7/2019	20:31:0	8001-8003	531.1679	26.4	19.9	962.0	0.33	28.6	16.8	963.6	0.33
52	9/7/2019	20:32:0	8001-8003	531.1679	26.2	20.0	962.0	0.33	28.6	16.8	963.6	0.33
53	10/7/2019	8:46:0	8003-8006	348.0513	21.1	18.1	971.2	0.33	22.7	16.3	971.5	0.33
54	10/7/2019	8:47:0	8003-8006	348.0513	21.3	18.2	971.2	0.33	22.5	16.0	971.5	0.33
55	10/7/2019	9: 8:0	8003-8005	829.7867	21.6	18.3	971.3	0.33	24.9	16.2	971.1	0.33
56	10/7/2019	9: 9:0	8003-8005	829.7867	21.6	18.2	971.3	0.33	26.0	16.9	971.1	0.33
57	10/7/2019	9:19:0	8003-8010	1021.5033	22.0	18.3	971.3	0.33	21.5	15.8	928.4	0.33
58	10/7/2019	9:20:0	8003-8010	1021.5033	21.4	18.4	971.3	0.33	21.7	15.2	928.3	0.33
59	10/7/2019	9:24:0	8003-8001	531.1710	22.4	18.6	971.2	0.33	23.4	16.4	963.3	0.33
60	10/7/2019	9:25:0	8003-8001	531.1709	22.0	18.2	971.2	0.33	23.3	16.0	963.3	0.33
61	10/7/2019	9:28:0	8003-8004	585.7482	22.1	18.4	971.3	0.33	21.7	16.8	978.1	0.33
62	10/7/2019	9:30:0	8003-8004	585.7482	21.9	18.4	971.3	0.33	21.8	16.6	978.1	0.33
63	10/7/2019	9:44:0	8003-8007	1454.4284	22.7	19.0	971.2	0.33	32.4	17.6	924.8	0.33
64	10/7/2019	9:46:0	8003-8007	1454.4279	23.2	16.6	971.2	0.33	32.4	17.8	925.0	0.33
65	10/7/2019	9:52:0	8003-8008	794.0627	23.1	19.3	971.2	0.33	26.5	11.5	962.1	0.33
66	10/7/2019	9:54:0	8003-8008	794.0626	23.3	19.2	971.2	0.33	26.5	11.5	962.1	0.33
67	10/7/2019	10:17:0	8003-8002	371.9550	23.7	19.6	970.8	0.33	27.2	17.9	974.4	0.33
68	10/7/2019	10:18:0	8003-8002	371.9550	23.7	19.5	970.8	0.33	27.0	17.9	974.4	0.33
69	10/7/2019	10:33:0	8003-8009	705.4565	23.9	19.7	970.7	0.33	25.7	18.3	978.5	0.33
70	10/7/2019	10:36:0	8003-8009	705.4565	23.9	19.7	970.7	0.33	25.6	18.4	978.2	0.33
71	10/7/2019	12: 2:0	8010-8008	1671.0710	24.0	19.2	932.1	0.33	30.4	17.6	961.6	0.33
72	10/7/2019	12: 4:0	8010-8008	1671.0715	24.1	19.2	932.1	0.33	30.0	17.3	961.6	0.33
73	10/7/2019	12: 6:0	8010-8008	1671.0715	24.4	19.4	932.1	0.33	30.3	17.1	961.6	0.33
74	10/7/2019	12:15:0	8010-8003	1021.4990	24.3	18.9	931.1	0.33	28.4	16.9	967.0	0.33
75	10/7/2019	12:20:0	8010-8003	1021.4987	24.1	19.0	931.1	0.33	28.3	17.1	967.0	0.33
76	10/7/2019	12:35:0	8010-8001	1481.3476	24.6	19.3	931.2	0.33	31.0	17.2	962.7	0.33
77	10/7/2019	12:36:0	8010-8001	1481.3474	25.2	19.4	931.2	0.33	31.0	17.2	962.7	0.33
78	10/7/2019	12:48:0	8010-8002	1355.5716	24.7	19.2	931.2	0.33	32.4	17.5	973.8	0.33
79	10/7/2019	12:50:0	8010-8002	1355.5716	24.8	19.1	931.2	0.33	32.4	17.6	973.8	0.33
80	10/7/2019	12:53:0	8010-8009	1426.2779	24.6	18.9	931.2	0.33	29.8	17.5	977.6	0.33
81	10/7/2019	12:55:0	8010-8009	1426.2774	24.8	19.0	931.2	0.33	30.0	18.1	977.5	0.33
82	10/7/2019	13:47:0	8007-8009	1221.9014	28.6	20.6	927.2	0.33	31.6	18.2	977.1	0.33
83	10/7/2019	13:49:0	8007-8009	1221.9012	27.9	20.0	927.2	0.33	32.4	19.6	977.1	0.33
84	10/7/2019	13:51:0	8007-8002	1544.1122	27.6	19.8	927.2	0.33	34.2	16.8	973.2	0.33
85	10/7/2019	13:54:0	8007-8002	1544.1124	26.8	18.9	927.2	0.33	34.9	17.2	973.1	0.33
86	10/7/2019	14: 8:0	8007-8003	1454.4200	26.6	19.7	927.2	0.33	32.5	16.0	966.0	0.33
87	10/7/2019	14:10:0	8007-8003	1454.4200	27.0	19.2	927.2	0.33	32.5	16.0	966.0	0.33
88	10/7/2019	14:13:0	8007-8001	1916.2387	27.8	19.3	927.1	0.33	32.1	15.8	961.8	0.33
89	10/7/2019	14:15:0	8007-8001	1916.2389	29.0	19.6	927.1	0.33	32.3	15.9	961.8	0.33
90	10/7/2019	14:31:0	8007-8008	1566.5237	28.7	19.6	927.1	0.33	32.2	15.2	960.4	0.33
91	10/7/2019	14:33:0	8007-8008	1566.5235	28.2	18.9	927.1	0.33	32.7	15.8	960.3	0.33
92	10/7/2019	17:42:0	8005-8003	829.7797	32.2	22.4	971.0	0.33	31.8	17.0	964.6	0.33
93	10/7/2019	17:44:0	8005-8003	829.7797	31.8	22.3	971.0	0.33	32.5	17.3	964.6	0.33
94	10/7/2019	17:46:0	8005-8009	321.4422	31.8	22.3	971.0	0.33	31.6	18.2	975.4	0.33
95	10/7/2019	17:47:0	8005-8009	321.4422	31.3	22.0	971.0	0.33	31.9	18.3	975.2	0.33
96	10/7/2019	18: 3:0	8005-8006	577.0765	32.0	23.0	971.0	0.33	34.0	17.6	968.4	0.33
97	10/7/2019	18: 4:0	8005-8006	577.0766	31.6	22.5	971.0	0.33	34.0	17.6	968.4	0.33
98	10/7/2019	18: 8:0	8005-8002	745.9503	31.5	22.4	971.0	0.33	33.4	17.9	970.8	0.33
99	10/7/2019	18: 9:0	8005-8002	745.9504	31.4	22.1	970.9	0.33	32.9	18.0	971.0	0.33
100	10/7/2019	18:19:0	8005-8004	312.3626	31.8	22.9	970.9	0.33	34.6	18.7	974.6	0.33
101	10/7/2019	18:21:0	8005-8004	312.3626	31.3	22.6	970.9	0.33	33.8	19.2	974.6	0.33
102	10/7/2019	18:26:0	8005-8001	1193.6632	31.2	22.5	970.9	0.33	32.0			

117	10/7/2019	20:10:0	8004-8009	414.9592	29.0	23.2	977.9	0.33	27.6	21.0	975.9	0.33
118	11/7/2019	8:50:0	8006-8003	348.0516	21.3	17.8	975.6	0.33	21.0	15.8	967.5	0.33
119	11/7/2019	8:52:0	8006-8003	348.0515	21.5	18.1	975.6	0.33	21.2	15.7	967.5	0.33
120	11/7/2019	9: 2:0	8006-8008	852.8493	21.5	17.9	975.6	0.33	23.9	16.5	962.2	0.33
121	11/7/2019	9: 4:0	8006-8008	852.8491	21.8	18.2	975.6	0.33	23.9	16.6	962.1	0.33
122	11/7/2019	9:14:0	8006-8005	577.0811	23.0	18.8	975.6	0.33	26.2	17.2	971.0	0.33
123	11/7/2019	9:16:0	8006-8005	577.0811	22.7	18.6	975.6	0.33	26.5	17.1	971.0	0.33
124	11/7/2019	9:24:0	8006-8001	859.6763	23.6	19.0	975.7	0.33	24.2	16.3	963.4	0.33
125	11/7/2019	9:26:0	8006-8001	859.6763	24.2	19.4	975.7	0.33	24.4	16.2	963.4	0.33
126	11/7/2019	9:30:0	8006-8009	584.1422	24.8	20.0	975.7	0.33	25.2	17.7	978.5	0.33
127	11/7/2019	9:31:0	8006-8009	584.1422	24.1	19.3	975.7	0.33	25.2	17.7	978.5	0.33
128	11/7/2019	9:43:0	8006-8002	540.1985	23.1	18.7	975.6	0.33	26.4	17.6	974.6	0.33
129	11/7/2019	9:44:0	8006-8002	540.1984	23.0	18.5	975.6	0.33	26.5	17.4	974.6	0.33

 INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE LA APLICACIÓN DE LA CORRECCIÓN METEOROLÓGICA
 Y REDUCCIÓN AL CENTRO

*Correcciones dadas en milímetros [mm].

ID	PE	PV	Do	k	c1	c2	c3	cf	rc(apx)	Cor.T	Dcorr	Desvt
1	8002-8003	371.9551	0.15	7.90	0.00	-0.00	0.03	0.00	7.94	371.9630	0.44	
2	8002-8003	371.9551	0.15	8.04	0.00	-0.00	0.03	0.00	8.08	371.9632	0.44	
3	8002-8001	461.1994	0.15	10.56	0.00	-0.00	0.04	0.00	10.61	461.2100	0.52	
4	8002-8001	461.1995	0.15	10.39	0.00	-0.00	0.04	0.00	10.43	461.2099	0.52	
5	8002-8006	540.1981	0.15	11.17	0.00	-0.00	0.05	-0.09	11.14	540.2092	0.55	
6	8002-8006	540.1981	0.15	11.30	0.00	-0.00	0.05	-0.09	11.27	540.2094	0.55	
7	8002-8005	745.9536	0.15	16.30	0.00	-0.00	0.07	-0.04	16.33	745.9699	0.62	
8	8002-8005	745.9536	0.15	16.23	0.00	-0.00	0.07	-0.04	16.26	745.9699	0.62	
9	8002-8007	1544.1167	0.15	41.15	0.00	-0.00	0.14	-0.88	40.42	1544.1571	0.85	
10	8002-8007	1544.1167	0.15	41.31	0.00	-0.00	0.14	-0.88	40.58	1544.1573	0.85	
11	8002-8004	622.2857	0.15	13.79	0.00	-0.00	0.06	0.10	13.95	622.2997	0.60	
12	8002-8004	622.2857	0.15	13.63	0.00	-0.00	0.06	0.10	13.79	622.2995	0.60	
13	8002-8010	1355.5743	0.15	35.59	0.00	-0.00	0.13	0.00	35.72	1355.6100	0.76	
14	8002-8010	1355.5745	0.15	35.71	0.00	-0.00	0.13	0.00	35.84	1355.6103	0.76	
15	8009-8004	414.9597	0.15	9.09	0.00	-0.00	0.04	-0.01	9.12	414.9688	0.47	
16	8009-8004	414.9597	0.15	8.95	0.00	-0.00	0.04	-0.01	8.98	414.9687	0.47	
17	8009-8005	321.4435	0.15	7.28	0.00	-0.00	0.03	0.00	7.31	321.4508	0.53	
18	8009-8005	321.4434	0.15	7.24	0.00	-0.00	0.03	0.00	7.27	321.4507	0.53	
19	8009-8006	584.1403	0.15	13.03	0.00	-0.00	0.05	-0.10	12.98	584.1533	0.48	
20	8009-8006	584.1403	0.15	13.10	0.00	-0.00	0.05	-0.10	13.05	584.1534	0.48	
21	8009-8007	1221.9036	0.14	33.28	0.00	-0.00	0.11	-0.80	32.60	1221.9362	0.76	
22	8009-8007	1221.9035	0.15	32.76	0.00	-0.00	0.11	-0.80	32.07	1221.9356	0.76	
23	8009-8003	705.4551	0.15	15.93	0.00	-0.00	0.07	0.00	16.00	705.4711	0.53	
24	8009-8003	705.4550	0.15	15.81	0.00	-0.00	0.07	0.00	15.88	705.4709	0.53	
25	8009-8010	1426.2792	0.15	37.79	0.00	-0.00	0.13	0.32	38.24	1426.3174	0.75	
26	8009-8010	1426.2790	0.15	37.79	0.00	-0.00	0.13	0.32	38.25	1426.3172	0.75	
27	8008-8003	794.0576	0.14	22.52	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.78	794.0804	0.54	
28	8008-8003	794.0577	0.14	22.44	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.70	794.0804	0.54	
29	8008-8007	1566.5222	0.14	51.76	0.00	-0.00	0.15	-0.66	51.24	1566.5734	0.85	
30	8008-8007	1566.5220	0.14	52.48	0.00	-0.00	0.15	-0.66	51.96	1566.5740	0.85	
31	8008-8006	852.8428	0.14	24.82	0.00	-0.00	0.08	0.20	25.10	852.8679	0.59	
32	8008-8006	852.8430	0.14	24.81	0.00	-0.00	0.08	0.20	25.09	852.8681	0.59	
33	8008-8010	1671.0648	0.14	55.19	0.00	-0.00	0.16	0.00	55.35	1671.1201	0.83	
34	8008-8010	1671.0648	0.14	54.90	0.00	-0.00	0.16	0.00	55.06	1671.1199	0.83	
35	8008-8005	726.4764	0.14	21.41	0.00	-0.00	0.07	0.33	21.81	726.4982	0.61	
36	8008-8005	726.4762	0.14	21.16	0.00	-0.00	0.07	0.33	21.56	726.4978	0.61	
37	8008-8004	794.5061	0.14	22.42	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.67	794.5288	0.60	
38	8008-8004	794.5059	0.14	22.70	0.00	-0.00	0.07	0.18	22.95	794.5289	0.60	
39	8001-8010	1481.3613	0.14	47.44	0.00	-0.00	0.14	0.00	47.58	1481.4089	0.81	
40	8001-8010	1481.3611	0.14	46.90	0.00	-0.00	0.14	0.00	47.04	1481.4081	0.81	
41	8001-8004	1034.5382	0.14	29.37	0.00	-0.00	0.10	0.25	29.71	1034.5679	0.69	
42	8001-8004	1034.5383	0.14	29.19	0.00	-0.00	0.10	0.25	29.54	1034.5678	0.69	
43	8001-8002	461.1969	0.14	12.55	0.00	-0.00	0.04	0.00	12.60	461.2095	0.52	
44	8001-8002	461.1969	0.14	12.30	0.00	-0.00	0.04	0.00	12.34	461.2092	0.52	
45	8001-8007	1916.2373	0.14	65.29	0.00	-0.00	0.18	-0.56	64.92	1916.3022	0.95	
46	8001-8007	1916.2376	0.14	64.85	0.00	-0.00	0.18	-0.56	64.48	1916.3021	0.95	
47	8001-8005	1193.6643	0.14	32.48	0.00	-0.00	0.11	0.18	32.77	1193.6971	0.73	
48	8001-8005	1193.6640	0.14	32.41	0.00	-0.00	0.11	0.18	32.70	1193.6967	0.73	
49	8001-8006	859.6718	0.14	22.59	0.00	-0.00	0.08	0.17	22.84	859.6946	0.65	
50	8001-8006	859.6717	0.14	22.10	0.00	-0.00	0.08	0.17	22.35	859.6941	0.65	
51	8001-8003	531.1679	0.14	13.61	0.00	-0.00	0.05	0.29	13.95	531.1819	0.57	
52	8001-8003	531.1679	0.14	13.57	0.00	-0.00	0.05	0.29	13.91	531.1818	0.57	
53	8003-8006	348.0513	0.15	6.41	0.00	-0.00	0.03	0.21	6.65	348.0580	0.52	
54	8003-8006	348.0513	0.15	6.41	0.00	-0.00	0.03	0.21	6.65	348.0580	0.52	
55	8003-8005	829.7867	0.15	16.29	0.00	-0.00	0.08	0.00	16.37	829.8031	0.60	
56	8003-8005	829.7867	0.15	16.70	0.00	-0.00	0.08	0.00	16.78	829.8035	0.60	
57	8003-8010	1021.5033	0.15	24.71	0.00	-0.00	0.10	0.35	25.16	1021.5285	0.68	
58	8003-8010	1021.5033	0.15	24.53	0.00	-0.00	0.10	0.35	24.97	1021.5283	0.68	
59	8003-8001	531.1710	0.15	10.85	0.00	-0.00	0.05	0.07	10.98	531.1820	0.57	
60	8003-8001	531.1709	0.15	10.72	0.00	-0.00	0.05	0.07	10.85	531.1817	0.57	
61	8003-8004	585.7482	0.15	10.27	0.00	-0.00	0.06	0.31	10.63	585.7588	0.55	
62	8003-8004	585.7482	0.15	10.24	0.00	-0.00	0.06	0.31	10.60	585.7588	0.55	
63	8003-8007	1454.4284	0.14	42.89	0.00	-0.00	0.14	-0.54	42.49	1454.4709	0.82	
64	8003-8007	1454.4279	0.14	43.05	0.00	-0.00	0.14	-0.54	42.65	1454.4706	0.82	
65	8003-8008	794.0627	0.15	17.55	0.00	-0.00	0.07	0.06	17.68	794.0804	0.54	
66	8003-8008	794.0626	0.15	17.61	0.00	-0.00	0.07	0.06	17.75	794.0803	0.54	
67	8003-8002	371.9550	0.15	7.91	0.00	-0.00	0.03	-0.32	7.62	371.9626	0.44	
68	8003-8002	371.9550	0.15	7.88	0.00	-0.00	0.03	-0.32	7.59	371.9626	0.44	
69	8003-8009	705.4565	0.15	14.24	0.00	-0.00	0.07	-0.27	14.03	705.4705	0.53	
70	8003-8009	705.4565	0.15	14.24	0.00	-0.00	0.07	-0.27	14.03	705.4705	0.53	
71	8010-8008	1671.0710	0.14	49.62	0.00	-0.00	0.16	-0.19	49.59	1671.1206	0.83	
72	8010-8008	1671.0715	0.14	49.40	0.00	-0.00	0.16	-0.19	49.37	1671.1209	0.83	
73	8010-8008	1671.0715	0.14	49.82	0.00	-0.00	0.16	-0.19	49.79	1671.1213	0.83	
74	8010-8003	1021.4990	0.14	28.98	0.00	-0.00	0.10	-0.35	28.72	1021.5277	0.68	
75	8010-8003	1021.4987	0.14	28.86	0.00	-0.00	0.10	-0.35	28.61	1021.5273	0.68	
76	8010-8001	1481.3476	0.14	44.67	0.00	-0.00	0.14	-0.22	44.59	1481.3922	0.81	
77	8010-8001	1481.3474	0.14	45.04	0.00	-0.00	0.14	-0.22	44.96	1481.3924	0.81	

78	8010-8002	1355.5716	0.14	39.72	0.00	-0.00	0.13	-0.62	39.22	1355.6108	0.76
79	8010-8002	1355.5716	0.14	39.77	0.00	-0.00	0.13	-0.62	39.28	1355.6109	0.76
80	8010-8009	1426.2779	0.14	39.46	0.00	-0.00	0.13	0.32	39.91	1426.3178	0.75
81	8010-8009	1426.2774	0.14	39.75	0.00	-0.00	0.13	0.32	40.20	1426.3176	0.75
82	8007-8009	1221.9014	0.14	37.55	0.00	-0.00	0.11	-0.40	37.27	1221.9387	0.76
83	8007-8009	1221.9012	0.14	37.65	0.00	-0.00	0.11	-0.40	37.36	1221.9386	0.76
84	8007-8002	1544.1122	0.14	49.15	0.00	-0.00	0.14	-1.17	48.13	1544.1603	0.85
85	8007-8002	1544.1124	0.14	49.08	0.00	-0.00	0.14	-1.17	48.05	1544.1605	0.85
86	8007-8003	1454.4200	0.14	46.05	0.00	-0.00	0.14	-0.27	45.92	1454.4659	0.82
87	8007-8003	1454.4200	0.14	46.26	0.00	-0.00	0.14	-0.27	46.12	1454.4661	0.82
88	8007-8001	1916.2387	0.14	62.34	0.00	-0.00	0.18	-0.74	61.78	1916.3005	0.94
89	8007-8001	1916.2389	0.14	63.44	0.00	-0.00	0.18	-0.74	62.89	1916.3018	0.94
90	8007-8008	1566.5237	0.14	51.87	0.00	-0.00	0.15	-0.88	51.14	1566.5748	0.85
91	8007-8008	1566.5235	0.14	51.88	0.00	-0.00	0.15	-0.88	51.15	1566.5747	0.85
92	8005-8003	829.7797	0.14	23.33	0.00	-0.00	0.08	0.00	23.41	829.8031	0.60
93	8005-8003	829.7797	0.14	23.43	0.00	-0.00	0.08	0.00	23.51	829.8032	0.60
94	8005-8009	321.4422	0.14	8.51	0.00	-0.00	0.03	-0.40	8.14	321.4503	0.53
95	8005-8009	321.4422	0.14	8.49	0.00	-0.00	0.03	-0.40	8.12	321.4503	0.53
96	8005-8006	577.0765	0.14	16.43	0.00	-0.00	0.05	0.01	16.49	577.0930	0.49
97	8005-8006	577.0766	0.14	16.32	0.00	-0.00	0.05	0.01	16.38	577.0930	0.49
98	8005-8002	745.9503	0.14	20.65	0.00	-0.00	0.07	-0.04	20.69	745.9710	0.62
99	8005-8002	745.9504	0.14	20.46	0.00	-0.00	0.07	-0.04	20.49	745.9709	0.62
100	8005-8004	312.3626	0.14	8.70	0.00	-0.00	0.03	0.19	8.92	312.3715	0.41
101	8005-8004	312.3626	0.14	8.54	0.00	-0.00	0.03	0.19	8.76	312.3714	0.41
102	8005-8001	1193.6632	0.14	34.01	0.00	-0.00	0.11	0.06	34.19	1193.6974	0.73
103	8005-8001	1193.6631	0.14	33.75	0.00	-0.00	0.11	0.06	33.92	1193.6970	0.73
104	8005-8008	726.4764	0.14	20.15	0.00	-0.00	0.07	0.00	20.22	726.4966	0.61
105	8005-8008	726.4763	0.14	20.15	0.00	-0.00	0.07	0.00	20.21	726.4965	0.61
106	8004-8005	312.3633	0.14	7.99	0.00	-0.00	0.03	0.00	8.02	312.3713	0.41
107	8004-8005	312.3633	0.14	7.89	0.00	-0.00	0.03	0.00	7.92	312.3712	0.41
108	8004-8008	794.5076	0.14	20.52	0.00	-0.00	0.07	0.18	20.77	794.5284	0.60
109	8004-8008	794.5076	0.14	20.55	0.00	-0.00	0.07	0.18	20.80	794.5284	0.60
110	8004-8003	585.7447	0.14	14.46	0.00	-0.00	0.06	0.00	14.51	585.7592	0.55
111	8004-8003	585.7446	0.14	14.41	0.00	-0.00	0.06	0.00	14.46	585.7591	0.55
112	8004-8001	1034.5409	0.14	25.93	0.00	-0.00	0.10	0.25	26.27	1034.5672	0.70
113	8004-8001	1034.5404	0.14	26.21	0.00	-0.00	0.10	0.25	26.55	1034.5670	0.70
114	8004-8002	622.2842	0.15	14.50	0.00	-0.00	0.06	0.10	14.66	622.2989	0.60
115	8004-8002	622.2842	0.15	14.53	0.00	-0.00	0.06	0.10	14.69	622.2989	0.60
116	8004-8009	414.9592	0.15	9.41	0.00	-0.00	0.04	-0.01	9.44	414.9686	0.47
117	8004-8009	414.9592	0.15	9.46	0.00	-0.00	0.04	-0.01	9.49	414.9687	0.47
118	8006-8003	348.0516	0.15	6.15	0.00	-0.00	0.03	-0.11	6.08	348.0577	0.52
119	8006-8003	348.0515	0.15	6.22	0.00	-0.00	0.03	-0.11	6.14	348.0576	0.52
120	8006-8008	852.8493	0.15	16.87	0.00	-0.00	0.08	0.00	16.95	852.8662	0.59
121	8006-8008	852.8491	0.15	17.00	0.00	-0.00	0.08	0.00	17.08	852.8662	0.59
122	8006-8005	577.0811	0.15	11.70	0.00	-0.00	0.05	-0.01	11.75	577.0929	0.49
123	8006-8005	577.0811	0.15	11.70	0.00	-0.00	0.05	-0.01	11.74	577.0928	0.49
124	8006-8001	859.6763	0.15	17.78	0.00	-0.00	0.08	0.09	17.95	859.6942	0.65
125	8006-8001	859.6763	0.15	18.09	0.00	-0.00	0.08	0.09	18.26	859.6946	0.65
126	8006-8009	584.1422	0.15	11.49	0.00	-0.00	0.05	0.10	11.65	584.1538	0.48
127	8006-8009	584.1422	0.15	11.30	0.00	-0.00	0.05	0.10	11.45	584.1537	0.48
128	8006-8002	540.1985	0.15	10.77	0.00	-0.00	0.05	0.00	10.82	540.2093	0.55
129	8006-8002	540.1984	0.15	10.76	0.00	-0.00	0.05	0.00	10.81	540.2092	0.55

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 129
 Número de incógnitas: 30
 Grados de libertad: 99

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 6.378
 Desviación estándar: 2.525

Test estadístico Chi2: 631.428 Se RECHAZA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 148.230
 Valor Mínimo de corte: 61.137

La hipótesis nula H0 no se cumple

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 14.0178

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8002--8003		-0.100	-0.256	0.794	2.039	0.924
8002--8003		-0.238	-0.606	0.794	2.039	0.924
8002--8001		0.250	0.541	0.788	2.419	1.113

8002--8001	0.325	0.705	0.788	2.419	1.113
8002--8006	0.508	1.017	0.824	2.502	1.048
8002--8006	0.377	0.756	0.824	2.502	1.048
8002--8005	0.684	1.182	0.872	2.742	0.981
8002--8005	0.749	1.294	0.872	2.742	0.981
8002--8007	2.475	3.181	0.838	3.835	1.544
8002--8007	2.312	2.971	0.838	3.835	1.544
8002--8004	-0.184	-0.334	0.842	2.700	1.072
8002--8004	-0.024	-0.043	0.842	2.700	1.072
8002--8010	-1.188	-1.663	0.883	3.340	1.141
8002--8010	-1.509	-2.112	0.883	3.340	1.141
8009--8004	0.028	0.068	0.765	2.219	1.076
8009--8004	0.163	0.395	0.765	2.219	1.076
8009--8005	-0.469	-1.014	0.762	2.508	1.224
8009--8005	-0.337	-0.728	0.762	2.508	1.224
8009--8006	-0.067	-0.156	0.803	2.212	0.981
8009--8006	-0.138	-0.320	0.803	2.212	0.981
8009--8007	0.388	0.584	0.763	3.593	1.749
8009--8007	1.010	1.522	0.763	3.593	1.749
8009--8003	-0.773	-1.649	0.784	2.473	1.150
8009--8003	-0.553	-1.179	0.784	2.473	1.150
8009--8010	1.748	2.624	0.789	3.488	1.603
8009--8010	1.943	2.917	0.789	3.488	1.603
8008--8003	0.383	0.800	0.789	2.511	1.155
8008--8003	0.361	0.752	0.789	2.511	1.155
8008--8007	1.546	2.073	0.770	4.001	1.919
8008--8007	1.025	1.375	0.770	4.001	1.919
8008--8006	-0.530	-0.992	0.820	2.691	1.142
8008--8006	-0.713	-1.335	0.820	2.691	1.142
8008--8010	-0.495	-0.660	0.819	3.788	1.612
8008--8010	-0.207	-0.276	0.819	3.788	1.612
8008--8005	-0.757	-1.379	0.811	2.797	1.216
8008--8005	-0.312	-0.568	0.811	2.797	1.216
8008--8004	-0.751	-1.379	0.824	2.730	1.146
8008--8004	-0.831	-1.526	0.824	2.730	1.146
8001--8010	-6.558	-9.076	0.796	3.750	1.695
8001--8010	-5.819	-8.054	0.796	3.750	1.695
8001--8004	-0.576	-0.876	0.906	2.994	0.919
8001--8004	-0.504	-0.767	0.906	2.994	0.919
8001--8002	0.758	1.643	0.788	2.419	1.113
8001--8002	1.012	2.193	0.788	2.419	1.113
8001--8007	-2.426	-2.841	0.808	4.364	1.912
8001--8007	-2.286	-2.677	0.808	4.364	1.912
8001--8005	0.371	0.555	0.840	3.289	1.315
8001--8005	0.746	1.116	0.840	3.289	1.315
8001--8006	-0.722	-1.176	0.891	2.844	0.939
8001--8006	-0.132	-0.216	0.891	2.844	0.939
8001--8003	-0.546	-1.052	0.831	2.583	1.063
8001--8003	-0.504	-0.970	0.831	2.583	1.063
8003--8006	-0.293	-0.611	0.851	2.327	0.897
8003--8006	-0.291	-0.607	0.851	2.327	0.897
8003--8005	-0.427	-0.777	0.839	2.705	1.084
8003--8005	-0.835	-1.519	0.839	2.705	1.084
8003--8010	-1.014	-1.672	0.796	3.147	1.420
8003--8010	-0.829	-1.366	0.796	3.147	1.420
8003--8001	-0.673	-1.295	0.831	2.583	1.063
8003--8001	-0.442	-0.850	0.831	2.583	1.063
8003--8004	0.403	0.821	0.795	2.547	1.152
8003--8004	0.432	0.881	0.795	2.547	1.152
8003--8007	-1.806	-2.483	0.787	3.819	1.764
8003--8007	-1.466	-2.016	0.787	3.819	1.764
8003--8008	0.382	0.796	0.789	2.511	1.155
8003--8008	0.416	0.868	0.789	2.511	1.155
8003--8002	0.316	0.806	0.794	2.039	0.924
8003--8002	0.349	0.890	0.794	2.039	0.924
8003--8009	-0.211	-0.450	0.784	2.473	1.150
8003--8009	-0.212	-0.452	0.784	2.473	1.150
8010--8008	-0.943	-1.255	0.819	3.788	1.612

8010--8008	-1.220	-1.624	0.819	3.788	1.612
8010--8008	-1.634	-2.176	0.819	3.788	1.612
8010--8003	-0.277	-0.456	0.796	3.147	1.420
8010--8003	0.139	0.230	0.796	3.147	1.420
8010--8001	10.129	14.018	0.796	3.750	1.695
8010--8001	9.957	13.781	0.796	3.750	1.695
8010--8002	-1.991	-2.787	0.883	3.340	1.141
8010--8002	-2.046	-2.864	0.883	3.340	1.141
8010--8009	1.381	2.073	0.789	3.488	1.603
8010--8009	1.589	2.385	0.789	3.488	1.603
8007--8009	-2.083	-3.137	0.763	3.593	1.749
8007--8009	-1.978	-2.979	0.763	3.593	1.749
8007--8002	-0.734	-0.944	0.838	3.835	1.544
8007--8002	-0.862	-1.107	0.838	3.835	1.544
8007--8003	3.168	4.356	0.787	3.819	1.764
8007--8003	2.960	4.070	0.787	3.819	1.764
8007--8001	-0.693	-0.822	0.804	4.330	1.917
8007--8001	-1.996	-2.369	0.804	4.330	1.917
8007--8008	0.151	0.202	0.770	4.001	1.919
8007--8008	0.337	0.452	0.770	4.001	1.919
8005--8003	-0.464	-0.845	0.839	2.705	1.084
8005--8003	-0.570	-1.037	0.839	2.705	1.084
8005--8009	-0.006	-0.012	0.762	2.508	1.224
8005--8009	0.015	0.032	0.762	2.508	1.224
8005--8006	-0.100	-0.228	0.803	2.259	1.004
8005--8006	-0.093	-0.213	0.803	2.259	1.004
8005--8002	-0.374	-0.646	0.872	2.742	0.981
8005--8002	-0.276	-0.476	0.872	2.742	0.981
8005--8004	-0.026	-0.074	0.762	1.940	0.946
8005--8004	0.137	0.383	0.762	1.940	0.946
8005--8001	0.059	0.089	0.840	3.289	1.315
8005--8001	0.426	0.637	0.840	3.289	1.315
8005--8008	0.835	1.520	0.811	2.797	1.216
8005--8008	0.938	1.708	0.811	2.797	1.216
8004--8005	0.173	0.484	0.762	1.940	0.946
8004--8005	0.275	0.768	0.762	1.940	0.946
8004--8008	-0.348	-0.638	0.824	2.730	1.146
8004--8008	-0.375	-0.688	0.824	2.730	1.146
8004--8003	0.022	0.045	0.795	2.547	1.152
8004--8003	0.174	0.354	0.795	2.547	1.152
8004--8001	0.164	0.246	0.908	3.033	0.918
8004--8001	0.384	0.575	0.908	3.033	0.918
8004--8002	0.602	1.094	0.842	2.700	1.072
8004--8002	0.576	1.046	0.842	2.700	1.072
8004--8009	0.209	0.508	0.765	2.219	1.076
8004--8009	0.157	0.381	0.765	2.219	1.076
8006--8003	-0.019	-0.039	0.851	2.327	0.897
8006--8003	0.017	0.036	0.851	2.327	0.897
8006--8008	1.126	2.107	0.820	2.691	1.142
8006--8008	1.189	2.225	0.820	2.691	1.142
8006--8005	0.039	0.089	0.803	2.259	1.004
8006--8005	0.047	0.108	0.803	2.259	1.004
8006--8001	-0.329	-0.536	0.891	2.844	0.939
8006--8001	-0.637	-1.038	0.891	2.844	0.939
8006--8009	-0.631	-1.467	0.803	2.212	0.981
8006--8009	-0.438	-1.019	0.803	2.212	0.981
8006--8002	0.426	0.854	0.824	2.502	1.048
8006--8002	0.535	1.071	0.824	2.502	1.048

Observables que pueden ser rechazadas del ajuste:

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8010--8001	10.129	14.018	0.796	3.750	1.695	1.695
8010--8001	9.957	13.781	0.796	3.750	1.695	1.695
8007--8003	3.168	4.356	0.787	3.819	1.764	1.764
8007--8003	2.960	4.070	0.787	3.819	1.764	1.764

18.4 Ajuste libre - Blaha 2019

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 MÉTODO DE BLAHA - DEFINICIÓN DEL DATUM

AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8006	500.5042	879.7578	69.8567	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8006	39.1450084889	-0.5542918888	440.4377	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8006	4945698.8268	-80161.6040	4013889.9789	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

 INFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUE HAN SIDO INCLUIDAS EN EL AJUSTE

ID	PE	PV	Dcorr	Desvt
1	8002-8003		371.9632	0.44
2	8002-8003		371.9633	0.44
3	8002-8001		461.2105	0.52
4	8002-8001		461.2105	0.52
5	8002-8006		540.2097	0.55
6	8002-8006		540.2098	0.55
7	8002-8005		745.9707	0.62

8	8002-8005	745.9706	0.62
9	8002-8007	1544.1587	0.85
10	8002-8007	1544.1590	0.85
11	8002-8004	622.3003	0.60
12	8002-8004	622.3004	0.60
13	8002-8010	1355.6114	0.76
14	8002-8010	1355.6118	0.76
15	8009-8004	414.9691	0.47
16	8009-8004	414.9691	0.47
17	8009-8005	321.4514	0.53
18	8009-8005	321.4513	0.53
19	8009-8006	584.1540	0.48
20	8009-8006	584.1540	0.48
21	8009-8007	1221.9377	0.76
22	8009-8007	1221.9371	0.76
23	8009-8003	705.4721	0.53
24	8009-8003	705.4718	0.53
25	8009-8010	1426.3192	0.75
26	8009-8010	1426.3187	0.75
27	8008-8003	794.0812	0.54
28	8008-8003	794.0812	0.54
29	8008-8007	1566.5756	0.85
30	8008-8007	1566.5751	0.85
31	8008-8006	852.8690	0.59
32	8008-8006	852.8694	0.59
33	8008-8010	1671.1216	0.83
34	8008-8010	1671.1214	0.83
35	8008-8005	726.4993	0.61
36	8008-8005	726.4990	0.61
37	8008-8004	794.5301	0.60
38	8008-8004	794.5298	0.60
39	8001-8010	1481.4107	0.81
40	8001-8010	1481.4101	0.81
41	8001-8004	1034.5684	0.69
42	8001-8004	1034.5686	0.69
43	8001-8002	461.2099	0.52
44	8001-8002	461.2096	0.52
45	8001-8007	1916.3017	0.95
46	8001-8007	1916.3011	0.95
47	8001-8005	1193.6984	0.73
48	8001-8005	1193.6982	0.73
49	8001-8006	859.6955	0.65
50	8001-8006	859.6949	0.65
51	8001-8003	531.1824	0.57
52	8001-8003	531.1823	0.57
53	8003-8006	348.0583	0.52
54	8003-8006	348.0583	0.52
55	8003-8005	829.8036	0.60
56	8003-8005	829.8035	0.60
57	8003-8010	1021.5296	0.68
58	8003-8010	1021.5293	0.68
59	8003-8001	531.1825	0.57
60	8003-8001	531.1822	0.57
61	8003-8004	585.7592	0.55
62	8003-8004	585.7592	0.55
63	8003-8007	1454.4659	0.82
64	8003-8007	1454.4653	0.82
65	8003-8008	794.0805	0.54
66	8003-8008	794.0805	0.54
67	8003-8002	371.9629	0.44
68	8003-8002	371.9629	0.44
69	8003-8009	705.4712	0.53
70	8003-8009	705.4711	0.53
71	8010-8008	1671.1216	0.83
72	8010-8008	1671.1225	0.83
73	8010-8008	1671.1224	0.83
74	8010-8003	1021.5280	0.68
75	8010-8003	1021.5277	0.68

76	8010-8002	1355.6115	0.76
77	8010-8002	1355.6117	0.76
78	8010-8009	1426.3187	0.75
79	8010-8009	1426.3185	0.75
80	8007-8009	1221.9396	0.76
81	8007-8009	1221.9390	0.76
82	8007-8002	1544.1606	0.85
83	8007-8002	1544.1605	0.85
84	8007-8003	1454.4658	0.82
85	8007-8003	1454.4666	0.82
86	8007-8001	1916.3018	0.94
87	8007-8001	1916.3029	0.94
88	8007-8008	1566.5762	0.85
89	8007-8008	1566.5754	0.85
90	8005-8003	829.8040	0.60
91	8005-8003	829.8040	0.60
92	8005-8009	321.4506	0.53
93	8005-8009	321.4506	0.53
94	8005-8006	577.0932	0.49
95	8005-8006	577.0930	0.49
96	8005-8002	745.9713	0.62
97	8005-8002	745.9712	0.62
98	8005-8004	312.3716	0.41
99	8005-8004	312.3715	0.41
100	8005-8001	1193.6982	0.73
101	8005-8001	1193.6979	0.73
102	8005-8008	726.4974	0.61
103	8005-8008	726.4974	0.61
104	8004-8005	312.3716	0.41
105	8004-8005	312.3715	0.41
106	8004-8008	794.5290	0.60
107	8004-8008	794.5290	0.60
108	8004-8003	585.7599	0.55
109	8004-8003	585.7598	0.55
110	8004-8001	1034.5676	0.70
111	8004-8001	1034.5671	0.70
112	8004-8002	622.2991	0.60
113	8004-8002	622.2992	0.60
114	8004-8009	414.9690	0.47
115	8004-8009	414.9690	0.47
116	8006-8003	348.0579	0.52
117	8006-8003	348.0579	0.52
118	8006-8008	852.8666	0.59
119	8006-8008	852.8666	0.59
120	8006-8005	577.0931	0.49
121	8006-8005	577.0930	0.49
122	8006-8001	859.6950	0.65
123	8006-8001	859.6953	0.65
124	8006-8009	584.1544	0.48
125	8006-8009	584.1542	0.48
126	8006-8002	540.2096	0.55
127	8006-8002	540.2096	0.55

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 127
 Número de constreñimientos: 6
 Número de incógnitas: 30
 Grados de libertad: 103

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 0.839
 Desviación estándar: 0.916

Test estadístico Chi2: 86.397 Se ACEPTA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 153.099
 Valor Mínimo de corte: 64.269

La hipótesis nula H_0 se acepta

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 2.3092

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8002--8003		-0.124	-0.315	0.794	2.039	0.925
8002--8003		-0.224	-0.570	0.794	2.039	0.925
8002--8001		-0.252	-0.545	0.787	2.421	1.117
8002--8001		-0.252	-0.545	0.787	2.421	1.117
8002--8006		0.233	0.466	0.824	2.502	1.049
8002--8006		0.133	0.266	0.824	2.502	1.049
8002--8005		0.447	0.772	0.872	2.743	0.983
8002--8005		0.547	0.945	0.872	2.743	0.983
8002--8007		1.044	1.342	0.838	3.836	1.545
8002--8007		0.744	0.956	0.838	3.836	1.545
8002--8004		-0.728	-1.322	0.842	2.700	1.073
8002--8004		-0.828	-1.503	0.842	2.700	1.073
8002--8010		-0.166	-0.233	0.880	3.346	1.158
8002--8010		-0.566	-0.794	0.880	3.346	1.158
8009--8004		0.039	0.095	0.765	2.220	1.076
8009--8004		0.039	0.095	0.765	2.220	1.076
8009--8005		-0.480	-1.038	0.762	2.508	1.225
8009--8005		-0.380	-0.822	0.762	2.508	1.225
8009--8006		-0.025	-0.058	0.803	2.212	0.982
8009--8006		-0.025	-0.058	0.803	2.212	0.982
8009--8007		0.526	0.793	0.762	3.595	1.753
8009--8007		1.126	1.697	0.762	3.595	1.753
8009--8003		-0.580	-1.238	0.782	2.475	1.155
8009--8003		-0.280	-0.598	0.782	2.475	1.155
8009--8010		-0.052	-0.078	0.783	3.501	1.631
8009--8010		0.448	0.675	0.783	3.501	1.631
8008--8003		-0.212	-0.443	0.788	2.512	1.157
8008--8003		-0.212	-0.443	0.788	2.512	1.157
8008--8007		0.180	0.241	0.769	4.004	1.926
8008--8007		0.680	0.912	0.769	4.004	1.926
8008--8006		-1.167	-2.184	0.819	2.692	1.144
8008--8006		-1.567	-2.933	0.819	2.692	1.144
8008--8010		0.094	0.126	0.817	3.792	1.622
8008--8010		0.294	0.392	0.817	3.792	1.622
8008--8005		-1.003	-1.825	0.811	2.797	1.216
8008--8005		-0.703	-1.279	0.811	2.797	1.216
8008--8004		-0.673	-1.237	0.823	2.732	1.150
8008--8004		-0.373	-0.686	0.823	2.732	1.150
8001--8010		0.567	0.865	0.655	4.135	2.430
8001--8010		1.167	1.780	0.655	4.135	2.430
8001--8004		-0.419	-0.638	0.906	2.994	0.920
8001--8004		-0.619	-0.942	0.906	2.994	0.920
8001--8002		0.348	0.755	0.787	2.421	1.117
8001--8002		0.648	1.406	0.787	2.421	1.117
8001--8007		-0.225	-0.264	0.803	4.378	1.942
8001--8007		0.375	0.440	0.803	4.378	1.942
8001--8005		-0.159	-0.238	0.840	3.290	1.316
8001--8005		0.041	0.061	0.840	3.290	1.316
8001--8006		-0.478	-0.779	0.890	2.845	0.942
8001--8006		0.122	0.199	0.890	2.845	0.942
8001--8003		-0.166	-0.320	0.829	2.586	1.069
8001--8003		-0.066	-0.128	0.829	2.586	1.069

8003--8006	-0.185	-0.385	0.851	2.328	0.897
8003--8006	-0.185	-0.385	0.851	2.328	0.897
8003--8005	-0.178	-0.324	0.839	2.705	1.086
8003--8005	-0.078	-0.142	0.839	2.705	1.086
8003--8010	-1.068	-1.761	0.795	3.150	1.426
8003--8010	-0.768	-1.266	0.795	3.150	1.426
8003--8001	-0.266	-0.513	0.829	2.586	1.069
8003--8001	0.034	0.065	0.829	2.586	1.069
8003--8004	0.420	0.856	0.795	2.547	1.152
8003--8004	0.420	0.856	0.795	2.547	1.152
8003--8007	0.223	0.307	0.785	3.823	1.774
8003--8007	0.823	1.133	0.785	3.823	1.774
8003--8008	0.488	1.017	0.788	2.512	1.157
8003--8008	0.488	1.017	0.788	2.512	1.157
8003--8002	0.176	0.450	0.794	2.039	0.925
8003--8002	0.176	0.450	0.794	2.039	0.925
8003--8009	0.320	0.682	0.782	2.475	1.155
8003--8009	0.420	0.895	0.782	2.475	1.155
8010--8008	0.094	0.126	0.817	3.792	1.622
8010--8008	-0.806	-1.074	0.817	3.792	1.622
8010--8008	-0.706	-0.940	0.817	3.792	1.622
8010--8003	0.532	0.878	0.795	3.150	1.426
8010--8003	0.832	1.373	0.795	3.150	1.426
8010--8002	-0.266	-0.374	0.880	3.346	1.158
8010--8002	-0.466	-0.654	0.880	3.346	1.158
8010--8009	0.448	0.675	0.783	3.501	1.631
8010--8009	0.648	0.977	0.783	3.501	1.631
8007--8009	-1.374	-2.070	0.762	3.595	1.753
8007--8009	-0.774	-1.166	0.762	3.595	1.753
8007--8002	-0.856	-1.101	0.838	3.836	1.545
8007--8002	-0.756	-0.972	0.838	3.836	1.545
8007--8003	0.323	0.445	0.785	3.823	1.774
8007--8003	-0.477	-0.656	0.785	3.823	1.774
8007--8001	-0.325	-0.387	0.799	4.343	1.947
8007--8001	-1.425	-1.696	0.799	4.343	1.947
8007--8008	-0.420	-0.564	0.769	4.004	1.926
8007--8008	0.380	0.510	0.769	4.004	1.926
8005--8003	-0.578	-1.052	0.839	2.705	1.086
8005--8003	-0.578	-1.052	0.839	2.705	1.086
8005--8009	0.320	0.691	0.762	2.508	1.225
8005--8009	0.320	0.691	0.762	2.508	1.225
8005--8006	0.009	0.020	0.802	2.259	1.004
8005--8006	0.209	0.476	0.802	2.259	1.004
8005--8002	-0.153	-0.264	0.872	2.743	0.983
8005--8002	-0.053	-0.091	0.872	2.743	0.983
8005--8004	-0.057	-0.160	0.762	1.940	0.947
8005--8004	0.043	0.119	0.762	1.940	0.947
8005--8001	0.041	0.061	0.840	3.290	1.316
8005--8001	0.341	0.510	0.840	3.290	1.316
8005--8008	0.897	1.633	0.811	2.797	1.216
8005--8008	0.897	1.633	0.811	2.797	1.216
8004--8005	-0.057	-0.160	0.762	1.940	0.947
8004--8005	0.043	0.119	0.762	1.940	0.947
8004--8008	0.427	0.784	0.823	2.732	1.150
8004--8008	0.427	0.784	0.823	2.732	1.150
8004--8003	-0.280	-0.571	0.795	2.547	1.152
8004--8003	-0.180	-0.367	0.795	2.547	1.152
8004--8001	0.381	0.571	0.908	3.033	0.918
8004--8001	0.881	1.321	0.908	3.033	0.918
8004--8002	0.472	0.857	0.842	2.700	1.073
8004--8002	0.372	0.676	0.842	2.700	1.073
8004--8009	0.139	0.339	0.765	2.220	1.076
8004--8009	0.139	0.339	0.765	2.220	1.076
8006--8003	0.215	0.449	0.851	2.328	0.897
8006--8003	0.215	0.449	0.851	2.328	0.897
8006--8008	1.233	2.309	0.819	2.692	1.144
8006--8008	1.233	2.309	0.819	2.692	1.144
8006--8005	0.109	0.248	0.802	2.259	1.004

8006--8005	0.209	0.476	0.802	2.259	1.004
8006--8001	0.022	0.036	0.890	2.845	0.942
8006--8001	-0.278	-0.453	0.890	2.845	0.942
8006--8009	-0.425	-0.988	0.803	2.212	0.982
8006--8009	-0.225	-0.523	0.803	2.212	0.982
8006--8002	0.333	0.667	0.824	2.502	1.049
8006--8002	0.333	0.667	0.824	2.502	1.049

 INCREMENTOS OBTENIDOS TRAS EL AJUSTE (2019) - BLAHA

ID	dX	Desv.T	dY	Desv.T	dz	Desv.T
8001	-0.0008	0.0004	0.0005	0.0003	-0.0011	0.0010
8002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0021	0.0011
8003	0.0005	0.0002	0.0004	0.0003	0.0007	0.0008
8004	0.0002	0.0003	-0.0005	0.0003	-0.0010	0.0022
8005	0.0003	0.0003	-0.0006	0.0003	-0.0020	0.0013
8006	-0.0005	0.0003	-0.0000	0.0002	0.0000	0.0025
8007	-0.0007	0.0006	-0.0009	0.0005	0.0009	0.0014
8008	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0019	0.0009
8009	0.0003	0.0003	0.0011	0.0004	-0.0015	0.0015
8010	-0.0002	0.0006	-0.0005	0.0004	0.0001	0.0010

 COORDENADAS AJUSTADAS (2019) - BLAHA

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4072	0.0004	94.2090	0.0003	144.9687	0.0010	0	0	0
8002	536.2881	0.0002	341.2317	0.0002	46.7063	0.0011	0	0	0
8003	285.0323	0.0002	608.8925	0.0003	106.5793	0.0008	0	0	0
8004	776.2590	0.0003	914.5206	0.0003	14.9161	0.0022	0	0	0
8005	1077.0235	0.0003	854.3874	0.0003	74.0831	0.0013	0	0	0
8006	500.5037	0.0003	879.7578	0.0002	69.8567	0.0025	0	0	0
8007	1224.7741	0.0006	1647.0639	0.0005	499.7170	0.0014	0	0	0
8008	929.5880	0.0003	147.6376	0.0003	155.1222	0.0009	0	0	0
8009	981.7680	0.0003	554.0410	0.0004	10.4503	0.0015	0	0	0
8010	53.8649	0.0006	1536.3204	0.0004	467.0785	0.0010	0	0	0

 ELIPSES DE ERROR ESTÁNDAR

Punto	a (mm)	b (mm)	acimut (gon)
8001	0.38	0.15	362.5298
8002	0.24	0.13	351.0912
8003	0.20	0.13	92.0569
8004	0.29	0.23	350.8584
8005	0.34	0.11	345.1912
8006	0.27	0.15	27.0680
8007	0.56	0.29	363.5955
8008	0.29	0.17	37.1238
8009	0.33	0.18	324.5151
8010	0.50	0.26	22.5345

18.5 Nuevo ajuste – Blaha 2018

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 MÉTODO DE BLAHA - DEFINICIÓN DEL DATUM

 AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

 COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

 COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

 COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

 INFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUE HAN SIDO INCLUIDAS EN EL AJUSTE

ID	PE	PV	Dcorr	Desvt
1	8009-8010	1426.3198	0.75	
2	8009-8010	1426.3205	0.75	
3	8009-8007	1221.9396	0.76	
4	8009-8007	1221.9390	0.76	
5	8009-8003	705.4707	0.53	
6	8009-8003	705.4713	0.53	
7	8009-8005	321.4541	0.53	
8	8009-8005	321.4542	0.53	
9	8009-8004	414.9719	0.47	
10	8009-8004	414.9719	0.47	

11	8002-8010	1355.6130	0.76
12	8002-8010	1355.6124	0.76
13	8002-8004	622.3002	0.60
14	8002-8004	622.3002	0.60
15	8002-8005	745.9730	0.62
16	8002-8005	745.9733	0.62
17	8002-8001	461.2105	0.52
18	8002-8001	461.2103	0.52
19	8002-8003	371.9639	0.44
20	8002-8003	371.9640	0.44
21	8008-8003	794.0819	0.54
22	8008-8003	794.0814	0.54
23	8008-8005	726.4993	0.61
24	8008-8005	726.4997	0.61
25	8008-8010	1671.1237	0.83
26	8008-8010	1671.1236	0.83
27	8008-8004	794.5290	0.60
28	8008-8004	794.5294	0.60
29	8001-8004	1034.5681	0.69
30	8001-8004	1034.5679	0.69
31	8001-8010	1481.4114	0.81
32	8001-8010	1481.4114	0.81
33	8001-8007	1916.3014	0.95
34	8001-8007	1916.3008	0.95
35	8001-8005	1193.6978	0.73
36	8001-8005	1193.6975	0.73
37	8001-8003	531.1820	0.57
38	8001-8003	531.1820	0.57
39	8003-8008	794.0813	0.54
40	8003-8008	794.0813	0.54
41	8003-8005	829.8032	0.60
42	8003-8005	829.8042	0.60
43	8003-8001	531.1821	0.57
44	8003-8001	531.1820	0.57
45	8003-8002	371.9633	0.44
46	8003-8002	371.9632	0.44
47	8003-8004	585.7600	0.55
48	8003-8004	585.7598	0.55
49	8003-8009	705.4719	0.53
50	8003-8009	705.4718	0.53
51	8003-8007	1454.4708	0.82
52	8003-8007	1454.4709	0.82
53	8003-8010	1021.5300	0.68
54	8003-8010	1021.5301	0.68
55	8010-8008	1671.1231	0.83
56	8010-8008	1671.1228	0.83
57	8010-8001	1481.4154	0.81
58	8010-8001	1481.4125	0.81
59	8010-8002	1355.6130	0.76
60	8010-8002	1355.6137	0.76
61	8010-8003	1021.5303	0.68
62	8010-8003	1021.5301	0.68
63	8010-8009	1426.3190	0.75
64	8010-8009	1426.3195	0.75
65	8007-8003	1454.4680	0.82
66	8007-8003	1454.4677	0.82
67	8007-8009	1221.9406	0.76
68	8007-8009	1221.9408	0.76
69	8007-8002	1544.1638	0.85
70	8007-8002	1544.1636	0.85
71	8007-8008	1566.5790	0.85
72	8007-8008	1566.5789	0.85
73	8007-8001	1916.3052	0.94
74	8007-8001	1916.3037	0.94
75	8004-8003	585.7611	0.55
76	8004-8003	585.7605	0.55
77	8004-8008	794.5308	0.60
78	8004-8008	794.5310	0.60

79	8004-8005	312.3716	0.41
80	8004-8005	312.3714	0.41
81	8004-8001	1034.5704	0.70
82	8004-8001	1034.5688	0.70
83	8004-8009	414.9719	0.47
84	8004-8009	414.9719	0.47
85	8004-8002	622.3011	0.60
86	8004-8002	622.3009	0.60
87	8005-8004	312.3719	0.41
88	8005-8004	312.3720	0.41
89	8005-8009	321.4544	0.53
90	8005-8009	321.4544	0.53
91	8005-8003	829.8046	0.60
92	8005-8003	829.8045	0.60
93	8005-8002	745.9720	0.62
94	8005-8002	745.9717	0.62
95	8005-8001	1193.6987	0.73
96	8005-8001	1193.6982	0.73
97	8005-8008	726.4992	0.61
98	8005-8008	726.4992	0.61

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 98
 Número de constreñimientos: 6
 Número de incógnitas: 27
 Grados de libertad: 77

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 1.228
 Desviación estándar: 1.108

Test estadístico Chi2: 94.570 Se ACEPTA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 121.100
 Valor Mínimo de corte: 44.258

La hipótesis nula H_0 se acepta

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 2.5379

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8009--8010		-0.247	-0.371	0.784	3.499	1.627
8009--8010		-0.947	-1.426	0.784	3.499	1.627
8009--8007		0.490	0.739	0.761	3.598	1.759
8009--8007		1.090	1.644	0.761	3.598	1.759
8009--8003		0.774	1.672	0.763	2.506	1.221
8009--8003		0.174	0.376	0.763	2.506	1.221
8009--8005		0.171	0.370	0.759	2.512	1.232
8009--8005		0.071	0.153	0.759	2.512	1.232
8009--8004		0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8009--8004		0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8002--8010		0.263	0.372	0.867	3.372	1.232
8002--8010		0.863	1.220	0.867	3.372	1.232
8002--8004		0.407	0.755	0.809	2.756	1.206
8002--8004		0.407	0.755	0.809	2.756	1.206
8002--8005		-0.425	-0.741	0.855	2.770	1.056
8002--8005		-0.725	-1.264	0.855	2.770	1.056

8002--8001	-0.072	-0.176	0.624	2.718	1.667
8002--8001	0.128	0.311	0.624	2.718	1.667
8002--8003	-0.354	-0.911	0.782	2.055	0.960
8002--8003	-0.454	-1.168	0.782	2.055	0.960
8008--8003	-0.470	-0.991	0.770	2.541	1.218
8008--8003	0.030	0.064	0.770	2.541	1.218
8008--8005	-0.011	-0.020	0.804	2.810	1.245
8008--8005	-0.411	-0.751	0.804	2.810	1.245
8008--8010	-0.341	-0.466	0.776	3.893	1.844
8008--8010	-0.241	-0.329	0.776	3.893	1.844
8008--8004	1.126	2.080	0.815	2.745	1.182
8008--8004	0.726	1.341	0.815	2.745	1.182
8001--8004	0.447	0.686	0.893	3.016	0.987
8001--8004	0.647	0.992	0.893	3.016	0.987
8001--8010	1.117	1.551	0.790	3.765	1.727
8001--8010	1.117	1.551	0.790	3.765	1.727
8001--8007	1.560	1.833	0.803	4.379	1.944
8001--8007	2.160	2.538	0.803	4.379	1.944
8001--8005	0.271	0.407	0.833	3.303	1.348
8001--8005	0.571	0.857	0.833	3.303	1.348
8001--8003	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8001--8003	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8003--8008	0.130	0.275	0.770	2.541	1.218
8003--8008	0.130	0.275	0.770	2.541	1.218
8003--8005	0.915	1.741	0.766	2.831	1.368
8003--8005	-0.085	-0.163	0.766	2.831	1.368
8003--8001	0.068	0.135	0.788	2.652	1.221
8003--8001	0.168	0.332	0.788	2.652	1.221
8003--8002	0.246	0.631	0.782	2.055	0.960
8003--8002	0.346	0.888	0.782	2.055	0.960
8003--8004	0.439	0.905	0.778	2.576	1.214
8003--8004	0.639	1.318	0.778	2.576	1.214
8003--8009	-0.426	-0.920	0.763	2.506	1.221
8003--8009	-0.326	-0.704	0.763	2.506	1.221
8003--8007	-1.427	-1.971	0.780	3.834	1.797
8003--8007	-1.527	-2.109	0.780	3.834	1.797
8003--8010	0.115	0.190	0.790	3.159	1.447
8003--8010	0.015	0.024	0.790	3.159	1.447
8010--8008	0.259	0.355	0.776	3.893	1.844
8010--8008	0.559	0.765	0.776	3.893	1.844
8010--8001	-2.883	-4.006	0.790	3.765	1.727
8010--8001	0.017	0.023	0.790	3.765	1.727
8010--8002	0.263	0.372	0.867	3.372	1.232
8010--8002	-0.437	-0.618	0.867	3.372	1.232
8010--8003	-0.185	-0.307	0.790	3.159	1.447
8010--8003	0.015	0.024	0.790	3.159	1.447
8010--8009	0.553	0.833	0.784	3.499	1.627
8010--8009	0.053	0.080	0.784	3.499	1.627
8007--8003	1.373	1.895	0.780	3.834	1.797
8007--8003	1.673	2.309	0.780	3.834	1.797
8007--8009	-0.510	-0.770	0.761	3.598	1.759
8007--8009	-0.710	-1.071	0.761	3.598	1.759
8007--8002	-0.591	-0.800	0.754	4.042	2.003
8007--8002	-0.391	-0.529	0.754	4.042	2.003
8007--8008	-0.092	-0.143	0.570	4.648	3.046
8007--8008	0.008	0.013	0.570	4.648	3.046
8007--8001	-2.240	-2.666	0.799	4.344	1.949
8007--8001	-0.740	-0.881	0.799	4.344	1.949
8004--8003	-0.661	-1.362	0.778	2.576	1.214
8004--8003	-0.061	-0.125	0.778	2.576	1.214
8004--8008	-0.674	-1.244	0.815	2.745	1.182
8004--8008	-0.874	-1.613	0.815	2.745	1.182
8004--8005	0.106	0.297	0.761	1.941	0.950
8004--8005	0.306	0.856	0.761	1.941	0.950
8004--8001	-1.853	-2.797	0.896	3.054	0.985
8004--8001	-0.253	-0.382	0.896	3.054	0.985
8004--8009	0.011	0.026	0.751	2.239	1.117
8004--8009	0.011	0.026	0.751	2.239	1.117

8004--8002	-0.493	-0.913	0.809	2.756	1.206
8004--8002	-0.293	-0.543	0.809	2.756	1.206
8005--8004	-0.194	-0.542	0.761	1.941	0.950
8005--8004	-0.294	-0.822	0.761	1.941	0.950
8005--8009	-0.129	-0.280	0.759	2.512	1.232
8005--8009	-0.129	-0.280	0.759	2.512	1.232
8005--8003	-0.485	-0.924	0.766	2.831	1.368
8005--8003	-0.385	-0.734	0.766	2.831	1.368
8005--8002	0.575	1.004	0.855	2.770	1.056
8005--8002	0.875	1.527	0.855	2.770	1.056
8005--8001	-0.629	-0.943	0.833	3.303	1.348
8005--8001	-0.129	-0.193	0.833	3.303	1.348
8005--8008	0.089	0.163	0.804	2.810	1.245
8005--8008	0.089	0.163	0.804	2.810	1.245

 INCREMENTOS OBTENIDOS TRAS EL AJUSTE (2018) - BLAHA

ID	dX	Desv.T	dY	Desv.T	dz	Desv.T
8001	0.0005	0.0005	-0.0003	0.0004	0.0014	0.0013
8002	-0.0002	0.0003	-0.0001	0.0003	-0.0016	0.0016
8003	-0.0004	0.0002	-0.0002	0.0003	-0.0006	0.0009
8004	-0.0000	0.0006	0.0005	0.0005	0.0017	0.0030
8005	-0.0003	0.0005	0.0007	0.0006	0.0032	0.0020
8007	0.0004	0.0008	0.0010	0.0006	0.0004	0.0016
8008	-0.0001	0.0005	-0.0004	0.0004	-0.0009	0.0012
8009	-0.0000	0.0004	-0.0011	0.0006	0.0029	0.0023
8010	-0.0001	0.0007	0.0006	0.0004	-0.0004	0.0011

 COORDENADAS AJUSTADAS (2018) - BLAHA

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4085	0.0005	94.2082	0.0004	144.9712	0.0013	0	0	0
8002	536.2876	0.0003	341.2314	0.0003	46.7026	0.0016	0	0	0
8003	285.0314	0.0002	608.8919	0.0003	106.5780	0.0009	0	0	0
8004	776.2588	0.0006	914.5216	0.0005	14.9188	0.0030	0	0	0
8005	1077.0229	0.0005	854.3887	0.0006	74.0883	0.0020	0	0	0
8007	1224.7752	0.0008	1647.0658	0.0006	499.7165	0.0016	0	0	0
8008	929.5878	0.0005	147.6369	0.0004	155.1194	0.0012	0	0	0
8009	981.7677	0.0004	554.0388	0.0006	10.4547	0.0023	0	0	0
8010	53.8650	0.0007	1536.3215	0.0004	467.0780	0.0011	0	0	0

 ELIPSES DE ERROR ESTÁNDAR

Punto	a (mm)	b (mm)	acimut (gon)
8001	0.48	0.18	365.2247
8002	0.30	0.18	356.1144
8003	0.26	0.16	84.9661
8004	0.47	0.33	369.9467
8005	0.58	0.15	346.1225
8007	0.76	0.32	363.5006
8008	0.47	0.23	46.4970
8009	0.49	0.23	331.3115
8010	0.59	0.30	15.1485

18.6 Nuevo ajuste – Blaha 2019

 CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE REFERENCIA
 DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS

 MÉTODO DE BLAHA - DEFINICIÓN DEL DATUM

AJUSTE POR MM.CC - Observaciones Indirectas

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA LOCAL - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	159.4080	94.2085	144.9698	0	0	0
8002	536.2878	341.2315	46.7042	0	0	0
8003	285.0318	608.8921	106.5786	0	0	0
8004	776.2588	914.5211	14.9171	0	0	0
8005	1077.0232	854.3880	74.0851	0	0	0
8006	500.5042	879.7578	69.8567	0	0	0
8007	1224.7748	1647.0648	499.7161	0	0	0
8008	929.5879	147.6373	155.1203	0	0	0
8009	981.7677	554.0399	10.4518	0	0	0
8010	53.8651	1536.3209	467.0784	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO - (CP_AVGFRAME)

ID	Lat	Lon	h	FX	FY	FZ
8001	39.1517800339	-0.5545116022	515.6147	0	0	0
8002	39.1505116550	-0.5554443531	417.2997	0	0	0
8003	39.1501081915	-0.5540040272	477.1757	0	0	0
8004	39.1445021527	-0.5552506557	385.4917	0	0	0
8005	39.1442331379	-0.5604819651	444.6648	0	0	0
8006	39.1450084889	-0.5542918888	440.4377	0	0	0
8007	39.1417257946	-0.5555303119	870.3602	0	0	0
8008	39.1504919394	-0.5612722627	525.7285	0	0	0
8009	39.1452410685	-0.5606966969	381.0325	0	0	0
8010	39.1437690047	-0.5513898699	837.7378	0	0	0

COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF - (CP_AVGFRAME)

ID	X	Y	Z	FX	FY	FZ
8001	4945215.4152	-80206.4590	4014599.4700	0	0	0
8002	4945383.1504	-80432.8739	4014234.3453	0	0	0
8003	4945513.8361	-80089.5683	4014175.8712	0	0	0
8004	4945751.3313	-80392.4057	4013734.2826	0	0	0
8005	4945844.8249	-80689.2487	4013707.4652	0	0	0
8006	4945698.8268	-80161.6040	4013889.9789	0	0	0
8007	4946667.3233	-80474.3802	4013377.8337	0	0	0
8008	4945463.8034	-80872.5670	4014298.2421	0	0	0
8009	4945598.0735	-80736.7229	4013907.9438	0	0	0
8010	4946259.5199	-79474.6024	4013845.2734	0	0	0

 INFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUE HAN SIDO INCLUIDAS EN EL AJUSTE

ID	PE	PV	Dcorr	Desvt
1	8002-8003		371.9632	0.44
2	8002-8003		371.9633	0.44
3	8002-8001		461.2105	0.52
4	8002-8001		461.2105	0.52
5	8002-8006		540.2097	0.55
6	8002-8006		540.2098	0.55
7	8002-8005		745.9707	0.62

8	8002-8005	745.9706	0.62
9	8002-8007	1544.1587	0.85
10	8002-8007	1544.1590	0.85
11	8002-8004	622.3003	0.60
12	8002-8004	622.3004	0.60
13	8002-8010	1355.6114	0.76
14	8002-8010	1355.6118	0.76
15	8009-8004	414.9691	0.47
16	8009-8004	414.9691	0.47
17	8009-8005	321.4514	0.53
18	8009-8005	321.4513	0.53
19	8009-8006	584.1540	0.48
20	8009-8006	584.1540	0.48
21	8009-8007	1221.9377	0.76
22	8009-8007	1221.9371	0.76
23	8009-8003	705.4721	0.53
24	8009-8003	705.4718	0.53
25	8009-8010	1426.3192	0.75
26	8009-8010	1426.3187	0.75
27	8008-8003	794.0812	0.54
28	8008-8003	794.0812	0.54
29	8008-8007	1566.5756	0.85
30	8008-8007	1566.5751	0.85
31	8008-8006	852.8690	0.59
32	8008-8006	852.8694	0.59
33	8008-8010	1671.1216	0.83
34	8008-8010	1671.1214	0.83
35	8008-8005	726.4993	0.61
36	8008-8005	726.4990	0.61
37	8008-8004	794.5301	0.60
38	8008-8004	794.5298	0.60
39	8001-8010	1481.4107	0.81
40	8001-8010	1481.4101	0.81
41	8001-8004	1034.5684	0.69
42	8001-8004	1034.5686	0.69
43	8001-8002	461.2099	0.52
44	8001-8002	461.2096	0.52
45	8001-8007	1916.3017	0.95
46	8001-8007	1916.3011	0.95
47	8001-8005	1193.6984	0.73
48	8001-8005	1193.6982	0.73
49	8001-8006	859.6955	0.65
50	8001-8006	859.6949	0.65
51	8001-8003	531.1824	0.57
52	8001-8003	531.1823	0.57
53	8003-8006	348.0583	0.52
54	8003-8006	348.0583	0.52
55	8003-8005	829.8036	0.60
56	8003-8005	829.8035	0.60
57	8003-8010	1021.5296	0.68
58	8003-8010	1021.5293	0.68
59	8003-8001	531.1825	0.57
60	8003-8001	531.1822	0.57
61	8003-8004	585.7592	0.55
62	8003-8004	585.7592	0.55
63	8003-8007	1454.4659	0.82
64	8003-8007	1454.4653	0.82
65	8003-8008	794.0805	0.54
66	8003-8008	794.0805	0.54
67	8003-8002	371.9629	0.44
68	8003-8002	371.9629	0.44
69	8003-8009	705.4712	0.53
70	8003-8009	705.4711	0.53
71	8010-8008	1671.1216	0.83
72	8010-8008	1671.1225	0.83
73	8010-8008	1671.1224	0.83
74	8010-8003	1021.5280	0.68
75	8010-8003	1021.5277	0.68

76	8010-8002	1355.6115	0.76
77	8010-8002	1355.6117	0.76
78	8010-8009	1426.3187	0.75
79	8010-8009	1426.3185	0.75
80	8007-8009	1221.9396	0.76
81	8007-8009	1221.9390	0.76
82	8007-8002	1544.1606	0.85
83	8007-8002	1544.1605	0.85
84	8007-8003	1454.4658	0.82
85	8007-8003	1454.4666	0.82
86	8007-8001	1916.3018	0.94
87	8007-8001	1916.3029	0.94
88	8007-8008	1566.5762	0.85
89	8007-8008	1566.5754	0.85
90	8005-8003	829.8040	0.60
91	8005-8003	829.8040	0.60
92	8005-8009	321.4506	0.53
93	8005-8009	321.4506	0.53
94	8005-8006	577.0932	0.49
95	8005-8006	577.0930	0.49
96	8005-8002	745.9713	0.62
97	8005-8002	745.9712	0.62
98	8005-8004	312.3716	0.41
99	8005-8004	312.3715	0.41
100	8005-8001	1193.6982	0.73
101	8005-8001	1193.6979	0.73
102	8005-8008	726.4974	0.61
103	8005-8008	726.4974	0.61
104	8004-8005	312.3716	0.41
105	8004-8005	312.3715	0.41
106	8004-8008	794.5290	0.60
107	8004-8008	794.5290	0.60
108	8004-8003	585.7599	0.55
109	8004-8003	585.7598	0.55
110	8004-8001	1034.5676	0.70
111	8004-8001	1034.5671	0.70
112	8004-8002	622.2991	0.60
113	8004-8002	622.2992	0.60
114	8004-8009	414.9690	0.47
115	8004-8009	414.9690	0.47
116	8006-8003	348.0579	0.52
117	8006-8003	348.0579	0.52
118	8006-8008	852.8666	0.59
119	8006-8008	852.8666	0.59
120	8006-8005	577.0931	0.49
121	8006-8005	577.0930	0.49
122	8006-8001	859.6950	0.65
123	8006-8001	859.6953	0.65
124	8006-8009	584.1544	0.48
125	8006-8009	584.1542	0.48
126	8006-8002	540.2096	0.55
127	8006-8002	540.2096	0.55

 RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO CUADRÁTICO

Número de ecuaciones: 127
 Número de constreñimientos: 6
 Número de incógnitas: 30
 Grados de libertad: 103

 ESTIMADORES

Varianza de peso unidad: 0.839
 Desviación estándar: 0.916

Test estadístico Chi2: 86.397 Se ACEPTA el Modelo Matemático
 Valor Máximo de corte: 153.099
 Valor Mínimo de corte: 64.269

La hipótesis nula H_0 se acepta

 TEST ESTADÍSTICO w-Baarda

Test estadístico w-Baarda. Detección de errores groseros.
 Para un Alpha=0.001 Beta=0.80 Crítico_Barda=3.29
 Valor máximo w-Baarda: 2.3092

PE	PV	Residuo	w-Baarda	NR	HI	HE
8002--8003		-0.124	-0.315	0.794	2.039	0.925
8002--8003		-0.224	-0.570	0.794	2.039	0.925
8002--8001		-0.252	-0.545	0.787	2.421	1.117
8002--8001		-0.252	-0.545	0.787	2.421	1.117
8002--8006		0.233	0.466	0.824	2.502	1.049
8002--8006		0.133	0.266	0.824	2.502	1.049
8002--8005		0.447	0.772	0.872	2.743	0.983
8002--8005		0.547	0.945	0.872	2.743	0.983
8002--8007		1.044	1.342	0.838	3.836	1.545
8002--8007		0.744	0.956	0.838	3.836	1.545
8002--8004		-0.728	-1.322	0.842	2.700	1.073
8002--8004		-0.828	-1.503	0.842	2.700	1.073
8002--8010		-0.166	-0.233	0.880	3.346	1.158
8002--8010		-0.566	-0.794	0.880	3.346	1.158
8009--8004		0.039	0.095	0.765	2.220	1.076
8009--8004		0.039	0.095	0.765	2.220	1.076
8009--8005		-0.480	-1.038	0.762	2.508	1.225
8009--8005		-0.380	-0.822	0.762	2.508	1.225
8009--8006		-0.025	-0.058	0.803	2.212	0.982
8009--8006		-0.025	-0.058	0.803	2.212	0.982
8009--8007		0.526	0.793	0.762	3.595	1.753
8009--8007		1.126	1.697	0.762	3.595	1.753
8009--8003		-0.580	-1.238	0.782	2.475	1.155
8009--8003		-0.280	-0.598	0.782	2.475	1.155
8009--8010		-0.052	-0.078	0.783	3.501	1.631
8009--8010		0.448	0.675	0.783	3.501	1.631
8008--8003		-0.212	-0.443	0.788	2.512	1.157
8008--8003		-0.212	-0.443	0.788	2.512	1.157
8008--8007		0.180	0.241	0.769	4.004	1.926
8008--8007		0.680	0.912	0.769	4.004	1.926
8008--8006		-1.167	-2.184	0.819	2.692	1.144
8008--8006		-1.567	-2.933	0.819	2.692	1.144
8008--8010		0.094	0.126	0.817	3.792	1.622
8008--8010		0.294	0.392	0.817	3.792	1.622
8008--8005		-1.003	-1.825	0.811	2.797	1.216
8008--8005		-0.703	-1.279	0.811	2.797	1.216
8008--8004		-0.673	-1.237	0.823	2.732	1.150
8008--8004		-0.373	-0.686	0.823	2.732	1.150
8001--8010		0.567	0.865	0.655	4.135	2.430
8001--8010		1.167	1.780	0.655	4.135	2.430
8001--8004		-0.419	-0.638	0.906	2.994	0.920
8001--8004		-0.619	-0.942	0.906	2.994	0.920
8001--8002		0.348	0.755	0.787	2.421	1.117
8001--8002		0.648	1.406	0.787	2.421	1.117
8001--8007		-0.225	-0.264	0.803	4.378	1.942
8001--8007		0.375	0.440	0.803	4.378	1.942
8001--8005		-0.159	-0.238	0.840	3.290	1.316
8001--8005		0.041	0.061	0.840	3.290	1.316
8001--8006		-0.478	-0.779	0.890	2.845	0.942
8001--8006		0.122	0.199	0.890	2.845	0.942
8001--8003		-0.166	-0.320	0.829	2.586	1.069
8001--8003		-0.066	-0.128	0.829	2.586	1.069

8003--8006	-0.185	-0.385	0.851	2.328	0.897
8003--8006	-0.185	-0.385	0.851	2.328	0.897
8003--8005	-0.178	-0.324	0.839	2.705	1.086
8003--8005	-0.078	-0.142	0.839	2.705	1.086
8003--8010	-1.068	-1.761	0.795	3.150	1.426
8003--8010	-0.768	-1.266	0.795	3.150	1.426
8003--8001	-0.266	-0.513	0.829	2.586	1.069
8003--8001	0.034	0.065	0.829	2.586	1.069
8003--8004	0.420	0.856	0.795	2.547	1.152
8003--8004	0.420	0.856	0.795	2.547	1.152
8003--8007	0.223	0.307	0.785	3.823	1.774
8003--8007	0.823	1.133	0.785	3.823	1.774
8003--8008	0.488	1.017	0.788	2.512	1.157
8003--8008	0.488	1.017	0.788	2.512	1.157
8003--8002	0.176	0.450	0.794	2.039	0.925
8003--8002	0.176	0.450	0.794	2.039	0.925
8003--8009	0.320	0.682	0.782	2.475	1.155
8003--8009	0.420	0.895	0.782	2.475	1.155
8010--8008	0.094	0.126	0.817	3.792	1.622
8010--8008	-0.806	-1.074	0.817	3.792	1.622
8010--8008	-0.706	-0.940	0.817	3.792	1.622
8010--8003	0.532	0.878	0.795	3.150	1.426
8010--8003	0.832	1.373	0.795	3.150	1.426
8010--8002	-0.266	-0.374	0.880	3.346	1.158
8010--8002	-0.466	-0.654	0.880	3.346	1.158
8010--8009	0.448	0.675	0.783	3.501	1.631
8010--8009	0.648	0.977	0.783	3.501	1.631
8007--8009	-1.374	-2.070	0.762	3.595	1.753
8007--8009	-0.774	-1.166	0.762	3.595	1.753
8007--8002	-0.856	-1.101	0.838	3.836	1.545
8007--8002	-0.756	-0.972	0.838	3.836	1.545
8007--8003	0.323	0.445	0.785	3.823	1.774
8007--8003	-0.477	-0.656	0.785	3.823	1.774
8007--8001	-0.325	-0.387	0.799	4.343	1.947
8007--8001	-1.425	-1.696	0.799	4.343	1.947
8007--8008	-0.420	-0.564	0.769	4.004	1.926
8007--8008	0.380	0.510	0.769	4.004	1.926
8005--8003	-0.578	-1.052	0.839	2.705	1.086
8005--8003	-0.578	-1.052	0.839	2.705	1.086
8005--8009	0.320	0.691	0.762	2.508	1.225
8005--8009	0.320	0.691	0.762	2.508	1.225
8005--8006	0.009	0.020	0.802	2.259	1.004
8005--8006	0.209	0.476	0.802	2.259	1.004
8005--8002	-0.153	-0.264	0.872	2.743	0.983
8005--8002	-0.053	-0.091	0.872	2.743	0.983
8005--8004	-0.057	-0.160	0.762	1.940	0.947
8005--8004	0.043	0.119	0.762	1.940	0.947
8005--8001	0.041	0.061	0.840	3.290	1.316
8005--8001	0.341	0.510	0.840	3.290	1.316
8005--8008	0.897	1.633	0.811	2.797	1.216
8005--8008	0.897	1.633	0.811	2.797	1.216
8004--8005	-0.057	-0.160	0.762	1.940	0.947
8004--8005	0.043	0.119	0.762	1.940	0.947
8004--8008	0.427	0.784	0.823	2.732	1.150
8004--8008	0.427	0.784	0.823	2.732	1.150
8004--8003	-0.280	-0.571	0.795	2.547	1.152
8004--8003	-0.180	-0.367	0.795	2.547	1.152
8004--8001	0.381	0.571	0.908	3.033	0.918
8004--8001	0.881	1.321	0.908	3.033	0.918
8004--8002	0.472	0.857	0.842	2.700	1.073
8004--8002	0.372	0.676	0.842	2.700	1.073
8004--8009	0.139	0.339	0.765	2.220	1.076
8004--8009	0.139	0.339	0.765	2.220	1.076
8006--8003	0.215	0.449	0.851	2.328	0.897
8006--8003	0.215	0.449	0.851	2.328	0.897
8006--8008	1.233	2.309	0.819	2.692	1.144
8006--8008	1.233	2.309	0.819	2.692	1.144
8006--8005	0.109	0.248	0.802	2.259	1.004

8006--8005	0.209	0.476	0.802	2.259	1.004
8006--8001	0.022	0.036	0.890	2.845	0.942
8006--8001	-0.278	-0.453	0.890	2.845	0.942
8006--8009	-0.425	-0.988	0.803	2.212	0.982
8006--8009	-0.225	-0.523	0.803	2.212	0.982
8006--8002	0.333	0.667	0.824	2.502	1.049
8006--8002	0.333	0.667	0.824	2.502	1.049

 INCREMENTOS OBTENIDOS TRAS EL AJUSTE (2019) - BLAHA

ID	dX	Desv.T	dY	Desv.T	dz	Desv.T
8001	-0.0007	0.0004	0.0003	0.0003	-0.0012	0.0010
8002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0016	0.0011
8003	0.0005	0.0002	0.0003	0.0003	0.0005	0.0008
8004	0.0000	0.0004	-0.0006	0.0003	-0.0018	0.0022
8005	0.0001	0.0004	-0.0006	0.0004	-0.0031	0.0015
8006	-0.0006	0.0004	-0.0001	0.0002	-0.0004	0.0025
8007	-0.0004	0.0006	-0.0009	0.0004	-0.0003	0.0012
8008	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0008	0.0010
8009	0.0001	0.0003	0.0011	0.0004	-0.0026	0.0017
8010	0.0001	0.0006	-0.0007	0.0004	0.0004	0.0008

 COORDENADAS AJUSTADAS (2019) - BLAHA

ID	X	Desv.T	Y	Desv.T	Z	Desv.T	FX	FY	FZ
8001	159.4073	0.0004	94.2088	0.0003	144.9686	0.0010	0	0	0
8002	536.2880	0.0002	341.2317	0.0002	46.7058	0.0011	0	0	0
8003	285.0323	0.0002	608.8924	0.0003	106.5791	0.0008	0	0	0
8004	776.2588	0.0004	914.5205	0.0003	14.9153	0.0022	0	0	0
8005	1077.0233	0.0004	854.3874	0.0004	74.0820	0.0015	0	0	0
8006	500.5036	0.0004	879.7577	0.0002	69.8563	0.0025	0	0	0
8007	1224.7744	0.0006	1647.0639	0.0004	499.7158	0.0012	0	0	0
8008	929.5881	0.0003	147.6376	0.0003	155.1211	0.0010	0	0	0
8009	981.7678	0.0003	554.0410	0.0004	10.4492	0.0017	0	0	0
8010	53.8652	0.0006	1536.3202	0.0004	467.0788	0.0008	0	0	0

 ELIPSES DE ERROR ESTÁNDAR

Punto	a (mm)	b (mm)	acimut (gon)
8001	0.39	0.16	361.7308
8002	0.22	0.13	354.0851
8003	0.20	0.13	82.2815
8004	0.36	0.24	369.2554
8005	0.42	0.13	345.0991
8006	0.31	0.15	17.0501
8007	0.55	0.25	367.4590
8008	0.32	0.17	44.9430
8009	0.37	0.18	328.3196
8010	0.49	0.24	20.8595

19. Programación del software con Matlab

19.1 Programa Ajuste

```

% Programa : Ajuste
% Objeto   : Ajuste mínimo cuadrático mediante ecuaciones de condición con
% el método de Blaha o sin éste con sus elipses de error. Además, si se desea
% realiza el test de deformaciones.
% Llama a las funciones min_cuadrados, standardEllipses,
% Test_Deformaciones, Vector_Deformaciones y Vector_Deformaciones3d
% Recibe   : Coordenadas aproximadas promediadas CP2018 y CP2019 y
% Observaciones de la libreta de campo
% Autor    : Fillol Castelló, Joan

clear all
format long

reply = input('¿Qué desea realizar? [A/B/T] A=Ajuste B=Ajuste_Blaha T=Test de
deformaciones: ','s');
if strcmp(reply,'A')
    display('Ajustando solamente observaciones entre pilares.');
```

```

    obsd=xlsread('Observaciones_pilares_2018');
    obsd_p=xlsread('Observaciones_Ajuste_2018');
    coor_apx=xlsread('Cord_Iniciales_Matrix2018');
    coor_i=xlsread('Cord_Iniciales_Array2018');
```

```

    %Elipses
    parcrd = load('Par_crd_2018.dat');
    qxx = load('Qxx_el_2018.dat');
    so2 = load('Est_var2018.dat');
    gradlib = load('Grad_lib2018.dat');
    hor_scale = 100000; % escala horizontal para representar las figuras/error
    ver_scale = 100000; % escala vertical para representar las figuras/error
    alfa = 0.05; %nivel de significación de las figuras 0.05 = 95%
```

```

    %apertura del fichero de salida
    sal = fopen('figuras_de_error.txt','w');
```

```

[A,K,P,parcrd,numpar,CF,In,dX,dY,dZ,xF,yF,zF,Des_x,Des_y,Des_z]=min_cuadrados2
018(obsd,coor_apx,coor_i,obsd_p);
```

```

[ellipses]=standardEllipses(coor_apx,parcrd,qxx,so2,gradlib,alfa,hor_scale,ver
_scale,sal);
```

```

    %cierre del fichero de salida
    fclose(sal);
```

```

elseif strcmp(reply,'B')
    display('Se procederá a ajustar mínimos cuadrados con un datum calculado a
partir del método de Blaha.');
```

```

    obsd=xlsread('Observaciones_pilares_2019');
    obsd_p=xlsread('Observaciones_Ajuste');
    coor_apx=xlsread('Cord_Iniciales_Matrix');
    coor_i=xlsread('Cord_Iniciales_Array');
    G=xlsread('Matriz_G2019');
```

```

    A=xlsread('A_Blaha2019');
    K=xlsread('K_Blaha2019');
    P=xlsread('P_Blaha2019');
```

```

    %Elipses
    parcrd = load('Par_crd_2019.dat');
    qxx = load('Qxx_el_2019.dat');
    so2 = load('Est_var_2019.dat');
    gradlib = load('Grad_lib_2019.dat');
```

```

hor_scale = 100000; % escala horizontal para representar las figuras/error
ver_scale = 100000; % escala vertical para representar las figuras/error
alfa = 0.05; %nivel de significación de las figuras 0.05 = 95%

%apertura del fichero de salida
sal = fopen('figuras_de_error.txt','w');

[parcrd,numpar,B,CF,In,v]=min_cuadrados_Blaha2019(obsd,coor_apx,coor_i,G,A,K,P
,obsd_p);

[ellipses]=standardEllipses(coor_apx,parcrd,qxx,so2,gradlib,alfa,hor_scale,ver
_scale,sal);

%cierre del fichero de salida
fclose(sal);

elseif strcmp(reply,'T')
display('Se procederá al test estadístico para el análisis de
deformaciones.');
```

```

%Coordenadas aproximadas
coor_apx=xlsread('Cord_Iniciales_Matrix');
Desp=load('Desplazamientos.dat');
```

```

%Datos 2018
Incrementos_18=load('Incrementos_2018.dat');
so2_18 = load('Est_var2018.dat');
gradlib_18 = load('Grad_lib2018.dat');
desv2_18 = load('Est_Des2018.dat');
Chi2_18 = load('Chi2_2018.dat');
x_18 = load('x2018.dat');
qxx_18 = load('Qxx_2018.dat');
```

```

%Datos 2019
Incrementos_19=load('Incrementos_2019.dat');
so2_19 = load('Est_var_2019.dat');
gradlib_19 = load('Grad_lib_2019.dat');
desv2_19 = load('Est_Des_2019.dat');
Chi2_19 = load('Chi2_2019.dat');
x_19 = load('x_2019.dat');
qxx_19 = xlsread('Qxx_2019');
```

```

%Elipses
parcrd = load('Par_crd_2019.dat');
qxx = load('Qxx_el_2018.dat');
so2 = load('Est_var_2019.dat');
gradlib = load('Grad_lib_2019.dat');
hor_scale = 100000; % escala horizontal para representar las figuras/error
ver_scale = 100000; % escala vertical para representar las figuras/error
alfa = 0.05; %nivel de significación de las figuras 0.05 = 95%
```

```

[V_max,f_est]=Test_Deformaciones(Incrementos_18,so2_18,gradlib_18,desv2_18,Chi
2_18,x_18,qxx_18,Incrementos_19,so2_19,gradlib_19,desv2_19,Chi2_19,x_19,qxx_19
);

[Deformacion_xy]=Vector_Deformaciones(coor_apx,parcrd,alfa,hor_scale,ver_scale
,Desp);

[Deformacion3d]=Vector_Deformaciones3d(coor_apx,parcrd,alfa,hor_scale,ver_scal
e,Desp);
end
```

19.2 Script min_cuadrados_Blaha

```

% Función : min_cuadrados_Blaha
% Objeto : Ajuste mínimo cuadrático mediante observaciones indirectas
% con/sin constreñimientos a partir del método de Blaha
% Recibe : Datos de entrada que proporciona el programa Ajuste
% Devuelve: Estimadores del ajuste MM.CC, test estadísticos Chi-cuadrado,
% w-Baarda y coordenadas compensadas
% Autor : Fillol Castelló, Joan

function
[parcrd,numpar,B,CF,In,v,Q,Qxx]=min_cuadrados_Blaha2019(obsd,coor_apx,coor_i,G
,A,K,P,obsd_p)
% Apertura y escritura en el fichero creado.
Salidal=fopen('Resultado_Ajuste_Blaha2019.txt','w');
% Escribe encabezamientos en el archivo de escritura.
fprintf(Salidal,'
-----\n');
fprintf(Salidal,'
CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE
REFERENCIA\n');
fprintf(Salidal,'
DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n');
fprintf(Salidal,'
MÉTODO DE BLAHA - DEFINICIÓN DEL
DATUM\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n');
fprintf(Salidal,'
AJUSTE POR MM.CC - Observaciones
Indirectas\n\n');
fprintf(Salidal,'
(CP_AVGFRAME)\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n');
fprintf(Salidal,' \n
ID X Y Z FX FY
FZ\n');
[md,nd]=size(obsd);
[mc,nc]=size(coor_apx);
[mci,nci]=size(coor_i);
numpar = 0;
parcrd = 0;
% Ctes para corrección meteorológica
lan=300000000/479358170;
R=6371000; %m
% Bucle para formar el esq_apxcrd + param
for i=1:mc,
PE=coor_apx(i,1);
X=coor_apx(i,2);
Y=coor_apx(i,3);
Z=coor_apx(i,4);
fix_x=coor_apx(i,5);
fix_y=coor_apx(i,6);
fix_z=coor_apx(i,7);

fprintf(Salidal,'%13d%12.4f%12.4f%12.4f%4d%4d%4d\n',PE,X,Y,Z,fix_x,fix_y,fix_z
);
parcrd(i,1)=PE;
if fix_x == 0,
numpar = numpar + 1;
parcrd(i,2) = numpar;
else
parcrd(i,2) = 0;
end;
if fix_y == 0,
numpar = numpar + 1;
parcrd(i,3) = numpar;
else

```



```

        parcrd(i,3) = 0;
    end;
    if fix_z == 0,
        numpar = numpar + 1;
        parcrd(i,4) = numpar;
    else
        parcrd(i,4) = 0;
    end;
end;
fprintf(Salida1, '\n                COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA GEODÉSICO -
(CP_AVGFRAME)\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, '\n                ID                Lat                Lon                h
FX  FY  FZ\n');
geo=xlsread('Cord_Geodesicas');
[mg,ng]=size(geo);
for i=1:mg,
    Id=geo(i,1);
    fip=geo(i,2);
    lonp=geo(i,3);
    hp=geo(i,4);
    fix_x=geo(i,5);
    fix_y=geo(i,6);
    fix_z=geo(i,7);

fprintf(Salida1, '%13d%16.10f%16.10f%12.4f%4d%4d%4d\n', Id, fip, lonp, hp, fix_x, fix
_y, fix_z);
end
fprintf(Salida1, '\n                COORDENADAS EXPRESADAS EN SISTEMA ECEF -
(CP_AVGFRAME)\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, '\n                ID                X                Y                Z
FX  FY  FZ\n');
for i=1:mg,
    elipsoide=[6378137 0.00335281068118232 6356752.31414036 0.0818191910428151
0.0820944381519163]; %grs80 Asociado al sistema ETRS89.
    Id=geo(i,1);
    fip=psdo_rad(geo(i,2)); %entrada de datos en radianes
    lonp=psdo_rad(geo(i,3));
    hp=geo(i,4);
    fix_x=geo(i,5);
    fix_y=geo(i,6);
    fix_z=geo(i,7);
    [x,y,z]=geotri(fip,lonp,hp,elipsoide);
    fprintf(Salida1, '%13d      ', Id);
    fprintf(Salida1, '%12.4f      ', x);
    fprintf(Salida1, '%12.4f      ', y);
    fprintf(Salida1, '%12.4f      ', z);
    fprintf(Salida1, '%1d      ', fix_x);
    fprintf(Salida1, '%2d      ', fix_y);
    fprintf(Salida1, '%2d      \n', fix_z);
end;
fprintf(Salida1, '\n                -----\n');
fprintf(Salida1, '                DATOS DE LA LIBRETA DE OBSERVACIONES
DE CAMPO DEPURADOS (2019)\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, '                EDM                RFL\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, '                ID  Fecha  Hora  PE  PV  Dist  Ts  Th
p      hi      Ts      Th      p      hi\n');
for i=1:md
    ID=obsd(i,1);

```

```

Camp=obsd(i,2);
ID2=obsd(i,3);
Dia=obsd(i,4);
Mes=obsd(i,5);
Ano=obsd(i,6);
Hora=obsd(i,7);
Min=obsd(i,8);
seg=obsd(i,9);
PE=obsd(i,10);
PV=obsd(i,11);
Do=obsd(i,12);
Iedm=obsd(i,13);
Tsedm=obsd(i,14); % para impresión de los datos
Thedm=obsd(i,15); % para impresión de los datos
pE=obsd(i,16);
hiE=obsd(i,17);
Irf1=obsd(i,18);
Tsrfl=obsd(i,19); % para impresión de los datos
Thrfl=obsd(i,20); % para impresión de los datos
pR=obsd(i,21);
hiR=obsd(i,22);
sigmad=obsd(i,23);
fprintf(Salida1,'%4d%4d/%d/%d%4d:%2d:%1.0f%6d-
%d%11.4f%8.1f%8.1f%8.1f%8.2f%8.1f%8.1f%8.1f%8.2f\n',ID,Dia,Mes,Ano,Hora,Min,seg,
PE,PV,Do,Tsedm,Thedm,pE,hiE,Tsrfl,Thrfl,pR,hiR);
end;
fprintf(Salida1,'\n\n
-----\n');
fprintf(Salida1,'
INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE LA APLICACIÓN DE
LA CORRECCIÓN METEOROLÓGICA\n');
fprintf(Salida1,'
Y REDUCCIÓN AL
CENTRO\n');
fprintf(Salida1,'
-----\n');
fprintf(Salida1,'*Correcciones dadas en milímetros [mm].\n');
fprintf(Salida1,'\n ID PE PV Do k c1 c2
c3 cf rc(apx) Cor.T Dcorr Desvt\n');
fila=0;
for i=1:md
ID=obsd(i,1);
PE=obsd(i,10);
PV=obsd(i,11);
Do=obsd(i,12);
%Parametros meteorológicos.
TsE=273.15+obsd(i,14);
ThE=273.15+obsd(i,15);
pE=obsd(i,16);
hiE=obsd(i,17);
TsR=273.15+obsd(i,19);
ThR=273.15+obsd(i,20);
pR=obsd(i,21);
hiR=obsd(i,22);
sigmad=obsd(i,23);
for j=1:mc,
if PE==coor_apx(j,1)
Xi=coor_apx(j,2); % asignación
Yi=coor_apx(j,3);
Zi=coor_apx(j,4);
end;
if PV==coor_apx(j,1)
Xj=coor_apx(j,2);
Yj=coor_apx(j,3);
Zj=coor_apx(j,4);
end;
end;
%Distancia calculada a partir de las coord. aproximadas.
Dcal=sqrt(((Xj-Xi)^2)+((Yj-Yi)^2)+((Zj-Zi)^2));

```

```

    %Aplicación de las correcciones meteorológicas a las distancias
    observadas.
    %Corrección del Factor de Escala de la frecuencia.
    cf=((1.0000000939-1)*Do); %m
    %Primera corrección de velocidad.
    ng=(287.6155+(4.88660/lan^2)+(0.06800/lan^4))*0.000001; %micrometros %(ng-
1) mismo para EDM y RFL.
    EDM=10^(26.251025-(3049.50/ThE)-5.8697*log10(ThE));
    ERFL=10^(26.251025-(3049.50/ThR)-5.8697*log10(ThR));
    eEDM=EEDM-0.00066*(1+0.001125*(ThE-273.15))*pE*(TsE-ThE);
    eRFL=ERFL-0.00066*(1+0.001125*(ThR-273.15))*pR*(TsR-ThR);
    nEDM=1+(273.15/1013.25)*(pE/TsE)*ng-0.00001127*(eEDM/TsE);
    nRFL=1+(273.15/1013.25)*(pR/TsR)*ng-0.00001127*(eRFL/TsR);
    nm=(nEDM+nRFL)/2;
    c1=(Do*((1.000284515/nm)-1)); %m
    %Segunda corrección de velocidad.
    KEDM=R*(0.000078*(pE/TsE^2)*(0.034+(-0.0065))+(0.000011/TsE)*(-0.0035));
    KRFL=R*(0.000078*(pR/TsR^2)*(0.034+(-0.0065))+(0.000011/TsR)*(-0.0035));
    k=(KEDM+KRFL)/2;
    c2=((k*(1-k)*Do^3)/(12*R^2)); %m
    %Corrección por curvatura del rayo.
    c3=-((k^2*Do^3)/(24*R^2)); %m
    %Reducción a la cabeza del pilar aproximada.
    iZ=Zj-Zi;
    Dr=sqrt(((Xj-Xi)^2)+((Yj-Yi)^2));
    c=iZ;
    p=sqrt(Dr^2+c^2);
    c00=iZ+(hiR)-(hiE);
    dg=sqrt(Dr^2+c00^2);
    c4=p-dg;
    %Error total.
    Err=c1+c2+c3+c4+cf;
    %Distancia obs corregida.
    Doc=Do+Err;
    fprintf(Salida1,'%6d%8d-
%d%12.4f%8.2f%8.2f%8.2f%8.2f%9.2f%12.4f%7.2f\n',ID,PE,PV,Do,k,c1*100
0,c2*1000,c3*1000,cf*1000,c4*1000,Err*1000,Doc,sigmad);
end;

fprintf(Salida1,'\n\n
-----\n');
fprintf(Salida1,'
INFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUE HAN SIDO
INCLUIDAS EN EL AJUSTE\n');
fprintf(Salida1,'
-----\n');
fprintf(Salida1,'\n
ID      PE      PV      Dcorr      Desvt\n');
[mp,np]=size(obsd_p);
for i=1:mp
    ID=obsd_p(i,1);
    PE=obsd_p(i,2);
    PV=obsd_p(i,3);
    Do_p=obsd_p(i,4);
    sigmad_p=obsd_p(i,5);
    fprintf(Salida1,'%6d%8d-%d%12.4f%8.2f\n',ID,PE,PV,Do_p,sigmad_p);
end;

fprintf(Salida1,'\n\n
-----\n');
fprintf(Salida1,'
RESULTADOS DEL AJUSTE MÍNIMO
CUADRÁTICO\n');
fprintf(Salida1,'
-----\n');

% MÉTODO DE BLAHA. CONSTREÑIMIENTOS INTERNOS.
%La matriz G se ha construido previamente en excel.

```

```

B=pinv(G'*G)*G'; %fórmula 320 del libro

% AJUSTE. RESULTADOS (x) y RESIDUOS (v)
N=A'*P*A;
t=A'*P*K;
x=(pinv(N)*t);
v=(A*x-K);
% ESTIMADORES A POSTERIORI
% Rango de A (fila, columna), para conocer los grados de libertad
[Bm,Bn]=size(B);
[Am,An]=size(A);
Grad_li=md-rank(A)+Bm;
Vmpu=v'*P*v/(Grad_li); %respecto a la unidad
Smpu=sqrt(Vmpu);
% MATRICES COFACTOR (Q, Qxx, Qcc y Qvv)
Q=pinv(P);
Qxx=pinv(N);
Qcc=A*Qxx*A';
Qvv=Q-Qcc;
Qxx_m=Qxx/10000000; %Factor de escala para el gráfico.
% guardar en formato .dat
save('Qxx_el_2019.dat','Qxx_m','-ascii');
save('Qxx_2019.dat','Qxx','-ascii');
save('Par_crd_2019.dat','parcrd','-ascii');
save('Est_var_2019.dat','Vmpu','-ascii');
save('Est_Des_2019.dat','Smpu','-ascii');
save('Grad_lib_2019.dat','Grad_li','-ascii');
% MATRICES VARIANZA-COVARIANZA (Vxx, Vcc, y Vvv)
Vxx=Vmpu*Qxx;
Vcc=Vmpu*Qcc;
Vvv=Vmpu*Qvv;
%ImprimeMatriz_AjusteVC(Vxx,' - Matriz V-C de Parámetros.','Salidal);
%ImprimeMatriz_AjusteVC(Vvv,' - Matriz V-C de Residuos.','Salidal);
% PRECISIONES DE "x" y de "v"
Sx=sqrt(diag(Vxx));
Sv=sqrt(diag(Vvv));
fprintf(Salidal,'\n    Número de ecuaciones:');
fprintf(Salidal,'%9d\n',md);
fprintf(Salidal,'    Número de constreñimientos:');
fprintf(Salidal,'%3d\n',Bm);
fprintf(Salidal,'    Número de incógnitas:');
fprintf(Salidal,'%9d\n',numpar);
fprintf(Salidal,'    Grados de libertad:');
fprintf(Salidal,'%11d\n',Grad_li);
fprintf(Salidal,'
\n');
-----
ESTIMADORES\n');
-----
\n');
fprintf(Salidal,'\n    Varianza de peso unidad:');
fprintf(Salidal,'%8.3f\n',Vmpu);
fprintf(Salidal,'    Desviación estándar:');
fprintf(Salidal,'%12.3f\n',Smpu);
%TEST ESTADÍSTICO CHI2

Var=v'*P*v;
varmin=chi2inv(0.001,Grad_li); % alpha 0.001
varmax=chi2inv(0.999,Grad_li); % alpha 0.001
if Var>varmin && Var<varmax,
    Chi2=1;
    Chi2test='Se ACEPTA el Modelo Matemático';
    Ho='*La hipótesis nula Ho se acepta*';
Else
    Chi2=0;
    Chi2test='Se RECHAZA el Modelo Matemático';
    Ho='*La hipótesis nula H0 no se cumple*';
end;
fprintf(Salidal,'\n    Test estadístico Chi2: %6.3f %30s',Var,Chi2test);

```

```

fprintf(Salida1, '\n Valor Máximo de corte: %6.3f', varmax);
fprintf(Salida1, '\n Valor Mínimo de corte: %6.3f\n', varmin);
fprintf(Salida1, '\n %40s\n', Ho);
fprintf(Salida1, '\n -----
----\n');
fprintf(Salida1, ' TEST ESTADÍSTICO w-Baarda\n');
fprintf(Salida1, ' -----
---\n');
fprintf(Salida1, '\n Test estadístico w-Baarda. Detección de errores
groseros. ');
fprintf(Salida1, '\n Para un Alpha=0.001 Beta=0.80
Crítico_Barda=3.29\n');
RM=Qvv*P;

save('Pesos_2019.dat', 'P', '-ascii');
save('Residuos_2019.dat', 'v', '-ascii');
save('qvv_2019.dat', 'Qvv', '-ascii');
save('x_2019.dat', 'x', '-ascii');
save('Chi2_2019.dat', 'Var', '-ascii');

for i=1:mp
    NR(i,1)=RM(i,i); %Número de redundancia
    HI(i,1)=4.13/sqrt(NR(i,1))/sqrt(P(i,i)); % Error mínimo detectable en
mm. Fiabilidad interna
    w(i,1)=v(i,1)/sqrt(Qvv(i,i)); %w-Baarda
    HE(i,1)=HI(i,1)*sqrt(1-NR(i,1)); %mm Fiabilidad externa
end;
Maxi=max(w);
fprintf(Salida1, ' Valor máximo w-Baarda:% 5.4f\n',Maxi);
fprintf(Salida1, '\n PE PV Residuo w-Baarda NR HI
HE');
for i=1:mp
    PE(i,1)=obsd_p(i,2);
    PV(i,1)=obsd_p(i,3);
end;
for i=1:mp
    fprintf(Salida1, '\n%12d--
%d%10.3f%10.3f%10.3f%10.3f%10.3f', PE(i,1), PV(i,1), v(i,1), w(i,1), NR(i,1), HI(i,1),
), HE(i,1));
end;
fprintf(Salida1, '\n\n Observables que pueden ser rechazadas del
ajuste: ');
fprintf(Salida1, '\n -----');
fprintf(Salida1, '\n PE PV Residuo w-Baarda NR HI
HE');
for i=1:mp
    if w(i,1)>3.29
        fprintf(Salida1, '\n%12d--
%d%10.3f%10.3f%10.3f%10.3f%10.3f', PE(i,1), PV(i,1), v(i,1), w(i,1), NR(i,1), HI(i,1),
), HE(i,1));
    end;
end;
fprintf(Salida1, '\n\n -----
----\n');
fprintf(Salida1, ' INCREMENTOS OBTENIDOS TRAS EL AJUSTE (2019) -
BLAHA\n');
fprintf(Salida1, ' -----
--\n');
fprintf(Salida1, '\n ID dX Desv.T dY Desv.T
dz Desv.T\n');
% INCREMENTOS en m
dX=x(1:3:end)/1000; %m
dY=x(2:3:end)/1000;
dZ=x(3:3:end)/1000;
Des_x=Sx(1:3:end)/1000; %m
Des_y=Sx(2:3:end)/1000;
Des_z=Sx(3:3:end)/1000;
for i=1:mc

```

```

PEi=coor_apx(i,1);
fix_x=coor_apx(i,5);
fix_y=coor_apx(i,6);
fix_z=coor_apx(i,7);

PEv(i,1)=PEi(1:end);
fix_xx(i,1)=fix_x(1:end);
fix_yy(i,1)=fix_y(1:end);
fix_zz(i,1)=fix_z(1:end);
end;
[mfin,nfin]=size(PEv);
for i=1:mfin
    In(i,1)=PEv(i,1);
    In(i,2)=dX(i,1);
    In(i,3)=Des_x(i,1);
    In(i,4)=dY(i,1);
    In(i,5)=Des_y(i,1);
    In(i,6)=dZ(i,1);
    In(i,7)=Des_z(i,1);

fprintf(Salidal, '%10d%12.4f%8.4f%12.4f%8.4f%12.4f%8.4f\n', In(i,1), In(i,2), In(i,
3), In(i,4), In(i,5), In(i,6), In(i,7));
end;
save('Incrementos_2019.dat', 'In', '-ascii');
fprintf(Salidal, '\n\n
-----\n');
fprintf(Salidal, '
COORDENADAS AJUSTADAS (2019) -
BLAHA\n');
fprintf(Salidal, '
-----\n');
fprintf(Salidal, '\n
ID          X      Desv.T      Y      Desv.T      Z
Desv.T  FX  FY  FZ\n');
%COORDENADAS FINALES en m
for i=1:mci
    cord=coor_i(i,1);
    h(i,1)=cord*1000;
end;
CFin=(h+x)/1000;
xF=CFin(1:3:end); %m
yF=CFin(2:3:end);
zF=CFin(3:3:end);
for i=1:mfin
    CF(i,1)=PEv(i,1);
    CF(i,2)=xF(i,1);
    CF(i,3)=Des_x(i,1);
    CF(i,4)=yF(i,1);
    CF(i,5)=Des_y(i,1);
    CF(i,6)=zF(i,1);
    CF(i,7)=Des_z(i,1);
    CF(i,8)=fix_xx(i,1);
    CF(i,9)=fix_yy(i,1);
    CF(i,10)=fix_zz(i,1);

fprintf(Salidal, '%10d%12.4f%8.4f%12.4f%8.4f%12.4f%8.4f%6d%4d%4d\n', CF(i,1), CF(
i,2), CF(i,3), CF(i,4), CF(i,5), CF(i,6), CF(i,7), CF(i,8), CF(i,9), CF(i,10));
end;
fclose(Salidal);

```

19.3 Script standarEllipses

```

% Función : standardEllipses
% Objeto : calcular e imprimir las elipses de error
% Recibe : Datos de entrada que proporciona el programa ajuste
% Devuelve: Gráfico con las elipses de error
% Autor : García-Asenjo Villamayor, Luis
% Modificado por Fillol Castelló, Joan
function[ellipses]=standardEllipses (apxcrd,crd_par,qxx,so2,gradlib,alfa,hor_sc
ale,ver_scale,sal)
if alfa > 0,
    F = finv(1-alfa,2,gradlib);
    c = sqrt(2*F);
    head = [ 'Errores para una probabilidad del ' num2str(100*(1-alfa)) '%'];
else,
    c = 1;
    head = [ 'Errores estándar ( $\pm 1\sigma$ )'];
end

cont = 0;
[m,n] = size(crd_par);
for i = 1 : m,
    num = crd_par(i,1);
    posx = crd_par(i,2);
    posy = crd_par(i,3);
    posz = crd_par(i,4);
    fil = busca(num,apxcrd);
    if fil > 0,

        cont = cont + 1;
        ellipses(cont,1) = num;
        ellipses(cont,2) = apxcrd(fil,2);
        ellipses(cont,3) = apxcrd(fil,3);

        if posx > 0 & posy > 0,
            q11 = qxx(posx,posx);
            q12 = qxx(posx,posy);
            q22 = qxx(posy,posy);
            W = sqrt( (q11-q22)^2 + 4 * q12^2 );
            qsum = q11+q22;
            lambda1 = 0.5 * ( qsum + W );
            lambda2 = 0.5 * ( qsum - W );
            a = c*sqrt(so2*lambda1);
            b = c*sqrt(so2*lambda2);
            sin2az = 2 * q12 / W;
            cos2az = ( q11-q22 ) / W;
            az = 0.5 * atan2(sin2az,cos2az);
            if az < 0,
                az = az + 2*pi;
            end
            ellipses(cont,4) = a;
            ellipses(cont,5) = b;
            ellipses(cont,6) = az;
            if posz > 0,
                ellipses(cont,7) = c*sqrt(so2*qxx(posz,posz));
            else
                ellipses(cont,7) = 0;
            end
        else
            ellipses(cont,4) = 0;
            ellipses(cont,5) = 0;
            ellipses(cont,6) = 0;
            ellipses(cont,7) = 0;
        end
    end
end

% get area limits

```

```

oversize = 200;
xmin = min(ellipses(:,2)) - oversize;
xmax = max(ellipses(:,2)) + oversize;
ymin = min(ellipses(:,3)) - oversize*1.5;
ymax = max(ellipses(:,3)) + oversize;

L(1) = plot(ellipses(:,2),ellipses(:,3),'k','LineWidth',0.5);
axis([xmin xmax ymin ymax]);

% establecer la misma escala en los ejes xy
% la siguiente línea significa que 10 unidades del eje 1 son iguales a 1
% unidad del eje 2
%set(gca,'DataAspectRatio',[10 1 1])
%
set(gca,'DataAspectRatio',[1 1 1]);
title(head);

% plot id points
hold on
dx = 15;
dy = 110;
text(ellipses(:,2)+dx,ellipses(:,3)+dy,num2str(ellipses(:,1)));

%plotting horizontal errors
[m,n] = size(ellipses);
for i = 1 : m,

    num = ellipses(i,1);
    xo = ellipses(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yo = ellipses(i,3);
    a = hor_scale*ellipses(i,4); % horizontal radius
    b = hor_scale*ellipses(i,5);
    rot = ellipses(i,6);

    t=-pi:0.01:pi;
    x = a * cos(t);
    y = b * sin(t);
    xt = xo + x*cos(rot) - y*sin(rot);
    yt = yo + x*sin(rot) + y*cos(rot);

    hold on;
    L(2) = plot(xt,yt,'r','LineWidth',1);

end

% plotting vertical errors
% imprimir las distancias
[m,n] = size(ellipses);
for i = 1 : m,

    num = ellipses(i,1);
    xi = ellipses(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yi = ellipses(i,3);
    errz = ver_scale*ellipses(i,7); % vertical error
    xf = xi;
    yf = yi + errz;
    x=[ xi xf ];
    y=[ yi yf ];

    hold on;
    L(3) = plot(x',y','b','LineWidth',0.9);

end

% add scale bar
xo = xmin + (xmax-xmin)/2;
yo = ymin + oversize/4;
xv = xo;

```



```

yv = yo+1e-3*ver_scale;
xh = xo+1e-3*hor_scale;
yh = yo;
xvtext = xo - (xv-xo)/2;
yvtext = yo + (yv-yo)/2;
xhtext = xh + (xv-xo)/2;
yhtext = yh;

hold on
plot([xo-70;xv-70], [yo;yv], '-b', [xo-70;xh-70], [yo;yh], 'r', 'LineWidth',
1);
plot([xmin; xmax], [0;0], '-k', 'LineWidth', 1.25);
hold off;

text(xvtext-85,yvtext+50, 'Error z: 1 mm', 'HorizontalAlignment','right')
text(xhtext-55,yhtext+10, 'Error xy: 1 mm', 'HorizontalAlignment','left')

saveas(gcf, 'ellipses.png');

if sal ~= 0,
    fprintf(sal, '-----\n');
    fprintf(sal, '          ELIPSES DE ERROR ESTÁNDAR\n');
    fprintf(sal, '-----\n');
    fprintf(sal, '          Punto          a (mm)          b (mm)          acimut (gon)\n');
    [m,n] = size(ellipses);
    for i = 1 : m,

fprintf(sal, '%10d%14.2f%14.2f%14.4f\n', ellipses(i,1), 1e3*ellipses(i,4), 1e3*ell
ipses(i,5), rad_cent(ellipses(i,6)));
        end
    end
end

```

19.4 Script Test_Deformaciones

```

% Función : Test_Deformaciones
% Objeto  : Cálculo del test de deformaciones para detectar vértices
           inestables.
% Recibe  : Datos de entrada de las salidas del ajuste 2018 y ajuste 2019.
% Devuelve: Si existe deformación o no en n vértices. Desplazamientos.dat
% Autor   : Fíllol Castelló, Joan

function
[V_max,f_est]=Test_Deformaciones(Incrementos_18,so2_18,gradlib_18,desv2_18,Chi
2_18,x_18,qxx_18,Incrementos_19,so2_19,gradlib_19,desv2_19,Chi2_19,x_19,qxx_19
)
% Apertura y escritura en el fichero creado.
Salidal=fopen('Resultado_Test_Deformaciones.txt','w');
% Escribe encabezamientos en el archivo de escritura.
fprintf(Salidal,'
-----\n');
fprintf(Salidal,'
                CONTROL DE DEFORMACIONES DEL MARCO DE
REFERENCIA\n');
fprintf(Salidal,'
                DE LA MUELA DE CORTES DE PALLÁS\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n\n');
fprintf(Salidal,'
                TEST ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE DEFORMACIONES
2018-2019\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n\n');
fprintf(Salidal,'
                DEFORMACIONES DETECTADAS CON DATUM x EN AMBAS
CAMPAÑAS\n');
fprintf(Salidal,'
-----\n\n');

%Formación del Datum
fprintf(Salidal,'
                X    Y    Z\n');
fprintf(Salidal,'8001    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8002    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8003    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8004    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8005    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8006    -    -    -\n');
fprintf(Salidal,'8007    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8008    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8009    x    x    x\n');
fprintf(Salidal,'8010    x    x    x\n');

fprintf(Salidal,'\n Vector de deformaciones a partir del vector x (2018):\n');
fprintf(Salidal,'-----\n\n');
fprintf(Salidal,'
                Punto      x      error_x      y      error_y
z      error_z      Total      Error\n');

[m18,n18]=size(Incrementos_18);
[m19,n19]=size(Incrementos_19);
for i=1:m18
    ID=Incrementos_18(i,1);
    dx=Incrementos_18(i,2)*1000; % paso a mm.
    ex=Incrementos_18(i,3)*1000;
    dy=Incrementos_18(i,4)*1000;
    ey=Incrementos_18(i,5)*1000;
    dz=Incrementos_18(i,6)*1000;
    ez=Incrementos_18(i,7)*1000;

    tot_18(i,1)=sqrt((dx)^2+(dy)^2+(dz)^2);
    e_tot_18(i,1)=sqrt((ex)^2+(ey)^2+(ez)^2);

```

```

fprintf(Salida1, '%8d%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f\n', ID, dx,
ex, dy, ey, dz, ez, tot_18(i,1), e_tot_18(i,1));
end;

fprintf(Salida1, '\n Vector de deformaciones a partir del vector x (2019):\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, '*Sin el vértice 8006 - Camino de Otonel\n');
fprintf(Salida1, '  Punto      x      error_x      y      error_y
z      error_z      Total      Error\n');

for i=1:m19
    ID=Incrementos_19(i,1);
    dx=Incrementos_19(i,2)*1000; % paso a mm.
    ex=Incrementos_19(i,3)*1000;
    dy=Incrementos_19(i,4)*1000;
    ey=Incrementos_19(i,5)*1000;
    dz=Incrementos_19(i,6)*1000;
    ez=Incrementos_19(i,7)*1000;

    tot_19(i,1)=sqrt((dx)^2+(dy)^2+(dz)^2);
    e_tot_19(i,1)=sqrt((ex)^2+(ey)^2+(ez)^2);

fprintf(Salida1, '%8d%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f\n', ID, dx,
ex, dy, ey, dz, ez, tot_19(i,1), e_tot_19(i,1));
end;

fprintf(Salida1, '\n Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución
2018)\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, ' Estimador de la varianza..... %2.5f\n',
so2_18);
fprintf(Salida1, ' Estimador de la desviación típica..... %2.5f\n',
desv2_18);
fprintf(Salida1, ' Grados de libertad..... %5d\n',
gradlib_18);
fprintf(Salida1, ' Chi2..... %2.5f\n',
Chi2_18);

fprintf(Salida1, '\n Campaña Cortes de Pallás. Marco de Referencia (Solución
2019)\n');
fprintf(Salida1, '-----\n');
fprintf(Salida1, ' Estimador de la varianza..... %2.5f\n',
so2_19);
fprintf(Salida1, ' Estimador de la desviación típica..... %2.5f\n',
desv2_19);
fprintf(Salida1, ' Grados de libertad..... %5d\n',
gradlib_19);
fprintf(Salida1, ' Chi2..... %2.5f\n',
Chi2_19);

% Cálculo del test conjunto Fisher.
S_gradlib=gradlib_19+gradlib_18;

So2=(gradlib_19*so2_19+gradlib_18*so2_18)/(S_gradlib);
So=sqrt(So2);

q=(gradlib_19*so2_19+gradlib_18*so2_18);

Qdd=(qxx_19+qxx_18);
d=x_19-x_18;

```

```

Vxx_18=so2_18*qxx_18;
Sx_18=sqrt(diag(Vxx_18));
Vxx_19=so2_19*qxx_19;
Sx_19=sqrt(diag(Vxx_19));

e_d=(Sx_19+Sx_18)/2;

Qdel=d'*(inv(Qdd))*d;

h=rank(Qdd);
f_est=(Qdel/h)/So2;

V_max=finv(0.990,27,S_gradlib);

fprintf(Salida1,'\n Test estadístico F-TEST de Fisher (Solución
Conjunta):\n');
fprintf(Salida1,'-----
\n');
fprintf(Salida1,' Estimador de la varianza.....
%2.5f\n',So2);
fprintf(Salida1,' Estimador de la desviación típica..... %2.5f\n',
So);
fprintf(Salida1,' Grados de libertad (f)..... %5d\n',
S_gradlib);
fprintf(Salida1,' qdelta..... %2.5f\n',
Qdel);
fprintf(Salida1,' Rango de Qdd (h)..... %5d\n',
h);
fprintf(Salida1,' f_est..... %2.5f\n',
f_est);
fprintf(Salida1,' Valor máximo F(0.990,27,180)..... %2.5f\n',
V_max);

if f_est > V_max
    Fisher='EXISTE DEFORMACIÓN';
else
    Fisher='NO EXISTE DEFORMACIÓN';
end;

fprintf(Salida1,'\n SI %2.5f > %2.5f ---> %10s\n',f_est,V_max,Fisher);

fprintf(Salida1,'\n Análisis punto por punto:\n');
fprintf(Salida1,'-----\n');
fprintf(Salida1,'
Punto      d_x      error_x      d_y      error_y
d_z      error_z      Total      Error      T      F(0.990,3,180)
Solución\n');

d_X=d(1:3:end); %m
d_Y=d(2:3:end);
d_Z=d(3:3:end);

E_X=e_d(1:3:end); %m
E_Y=e_d(2:3:end);
E_Z=e_d(3:3:end);

% Test punto a punto.
% PARA 8001
for i=1:3
    qxx_p1_18(i,i)=qxx_18(i,i);
    for j=1:3
        qxx_p1_18(i,j)=qxx_18(i,j);
        qxx_p1_18(i,j)=qxx_18(j,i);
    end
end
end

```

```

for i=1:3
    qxx_p1_19(i,i)=qxx_19(i,i);
    for j=1:3
        qxx_p1_19(i,j)=qxx_19(i,j);
        qxx_p1_19(i,j)=qxx_19(j,i);
    end
end

x_p1_18=x_18(1:3);
x_p1_19=x_19(1:3);

Qdd_p1=(qxx_p1_19+qxx_p1_18); %3x3
d_p1=x_p1_19-x_p1_18; %3x1

Qdel_p1=d_p1'*(inv(Qdd_p1))*d_p1;

% PARA 8002

qxx_p2_18(1,1)=qxx_18(4,4);
qxx_p2_18(2,2)=qxx_18(5,5);
qxx_p2_18(3,3)=qxx_18(6,6);

qxx_p2_18(1,2)=qxx_18(4,5);
qxx_p2_18(1,3)=qxx_18(4,6);
qxx_p2_18(2,1)=qxx_18(5,4);
qxx_p2_18(2,3)=qxx_18(5,6);
qxx_p2_18(3,1)=qxx_18(6,4);
qxx_p2_18(3,2)=qxx_18(6,5);

qxx_p2_19(1,1)=qxx_19(4,4);
qxx_p2_19(2,2)=qxx_19(5,5);
qxx_p2_19(3,3)=qxx_19(6,6);

qxx_p2_19(1,2)=qxx_19(4,5);
qxx_p2_19(1,3)=qxx_19(4,6);
qxx_p2_19(2,1)=qxx_19(5,4);
qxx_p2_19(2,3)=qxx_19(5,6);
qxx_p2_19(3,1)=qxx_19(6,4);
qxx_p2_19(3,2)=qxx_19(6,5);

x_p2_18=x_18(4:6);
x_p2_19=x_19(4:6);

Qdd_p2=(qxx_p2_19+qxx_p2_18); %3x3
d_p2=x_p2_19-x_p2_18; %3x1

Qdel_p2=d_p2'*(inv(Qdd_p2))*d_p2;

% PARA 8003

qxx_p3_18(1,1)=qxx_18(7,7);
qxx_p3_18(2,2)=qxx_18(8,8);
qxx_p3_18(3,3)=qxx_18(9,9);

qxx_p3_18(1,2)=qxx_18(7,8);
qxx_p3_18(1,3)=qxx_18(7,9);
qxx_p3_18(2,1)=qxx_18(8,7);
qxx_p3_18(2,3)=qxx_18(8,9);
qxx_p3_18(3,1)=qxx_18(9,7);
qxx_p3_18(3,2)=qxx_18(9,8);

qxx_p3_19(1,1)=qxx_19(7,7);
qxx_p3_19(2,2)=qxx_19(8,8);
qxx_p3_19(3,3)=qxx_19(9,9);

qxx_p3_19(1,2)=qxx_19(7,8);
qxx_p3_19(1,3)=qxx_19(7,9);
qxx_p3_19(2,1)=qxx_19(8,7);

```

```

qxx_p3_19(2,3)=qxx_19(8,9);
qxx_p3_19(3,1)=qxx_19(9,7);
qxx_p3_19(3,2)=qxx_19(9,8);

x_p3_18=x_18(7:9);
x_p3_19=x_19(7:9);

Qdd_p3=(qxx_p3_19+qxx_p3_18); %3x3
d_p3=x_p3_19-x_p3_18; %3x1

Qdel_p3=d_p3'*(inv(Qdd_p3))*d_p3;

% PARA 8004

qxx_p4_18(1,1)=qxx_18(10,10);
qxx_p4_18(2,2)=qxx_18(11,11);
qxx_p4_18(3,3)=qxx_18(12,12);

qxx_p4_18(1,2)=qxx_18(10,11);
qxx_p4_18(1,3)=qxx_18(10,12);
qxx_p4_18(2,1)=qxx_18(11,10);
qxx_p4_18(2,3)=qxx_18(11,12);
qxx_p4_18(3,1)=qxx_18(12,10);
qxx_p4_18(3,2)=qxx_18(12,11);

qxx_p4_19(1,1)=qxx_19(10,10);
qxx_p4_19(2,2)=qxx_19(11,11);
qxx_p4_19(3,3)=qxx_19(12,12);

qxx_p4_19(1,2)=qxx_19(10,11);
qxx_p4_19(1,3)=qxx_19(10,12);
qxx_p4_19(2,1)=qxx_19(11,10);
qxx_p4_19(2,3)=qxx_19(11,12);
qxx_p4_19(3,1)=qxx_19(12,10);
qxx_p4_19(3,2)=qxx_19(12,11);

x_p4_18=x_18(10:12);
x_p4_19=x_19(10:12);

Qdd_p4=(qxx_p4_19+qxx_p4_18); %3x3
d_p4=x_p4_19-x_p4_18; %3x1

Qdel_p4=d_p4'*(inv(Qdd_p4))*d_p4;

% PARA 8005

qxx_p5_18(1,1)=qxx_18(13,13);
qxx_p5_18(2,2)=qxx_18(14,14);
qxx_p5_18(3,3)=qxx_18(15,15);

qxx_p5_18(1,2)=qxx_18(13,14);
qxx_p5_18(1,3)=qxx_18(13,15);
qxx_p5_18(2,1)=qxx_18(14,13);
qxx_p5_18(2,3)=qxx_18(14,15);
qxx_p5_18(3,1)=qxx_18(15,13);
qxx_p5_18(3,2)=qxx_18(15,14);

qxx_p5_19(1,1)=qxx_19(13,13);
qxx_p5_19(2,2)=qxx_19(14,14);
qxx_p5_19(3,3)=qxx_19(15,15);

qxx_p5_19(1,2)=qxx_19(13,14);
qxx_p5_19(1,3)=qxx_19(13,15);
qxx_p5_19(2,1)=qxx_19(14,13);
qxx_p5_19(2,3)=qxx_19(14,15);
qxx_p5_19(3,1)=qxx_19(15,13);
qxx_p5_19(3,2)=qxx_19(15,14);

```

```

x_p5_18=x_18(13:15);
x_p5_19=x_19(13:15);

Qdd_p5=(qxx_p5_19+qxx_p5_18); %3x3
d_p5=x_p5_19-x_p5_18; %3x1

Qdel_p5=d_p5'*(inv(Qdd_p5))*d_p5;

% PARA 8006

% PARA 8007

qxx_p7_18(1,1)=qxx_18(16,16);
qxx_p7_18(2,2)=qxx_18(17,17);
qxx_p7_18(3,3)=qxx_18(18,18);

qxx_p7_18(1,2)=qxx_18(16,17);
qxx_p7_18(1,3)=qxx_18(16,18);
qxx_p7_18(2,1)=qxx_18(17,16);
qxx_p7_18(2,3)=qxx_18(17,18);
qxx_p7_18(3,1)=qxx_18(18,16);
qxx_p7_18(3,2)=qxx_18(18,17);

qxx_p7_19(1,1)=qxx_19(16,16);
qxx_p7_19(2,2)=qxx_19(17,17);
qxx_p7_19(3,3)=qxx_19(18,18);

qxx_p7_19(1,2)=qxx_19(16,17);
qxx_p7_19(1,3)=qxx_19(16,18);
qxx_p7_19(2,1)=qxx_19(17,16);
qxx_p7_19(2,3)=qxx_19(17,18);
qxx_p7_19(3,1)=qxx_19(18,16);
qxx_p7_19(3,2)=qxx_19(18,17);

x_p7_18=x_18(16:18);
x_p7_19=x_19(16:18);

Qdd_p7=(qxx_p7_19+qxx_p7_18); %3x3
d_p7=x_p7_19-x_p7_18; %3x1

Qdel_p7=d_p7'*(inv(Qdd_p7))*d_p7;

% PARA 8008

qxx_p8_18(1,1)=qxx_18(19,19);
qxx_p8_18(2,2)=qxx_18(20,20);
qxx_p8_18(3,3)=qxx_18(21,21);

qxx_p8_18(1,2)=qxx_18(19,20);
qxx_p8_18(1,3)=qxx_18(19,21);
qxx_p8_18(2,1)=qxx_18(20,19);
qxx_p8_18(2,3)=qxx_18(20,21);
qxx_p8_18(3,1)=qxx_18(21,19);
qxx_p8_18(3,2)=qxx_18(21,20);

qxx_p8_19(1,1)=qxx_19(19,19);
qxx_p8_19(2,2)=qxx_19(20,20);
qxx_p8_19(3,3)=qxx_19(21,21);

qxx_p8_19(1,2)=qxx_19(19,20);
qxx_p8_19(1,3)=qxx_19(19,21);
qxx_p8_19(2,1)=qxx_19(20,19);
qxx_p8_19(2,3)=qxx_19(20,21);
qxx_p8_19(3,1)=qxx_19(21,19);
qxx_p8_19(3,2)=qxx_19(21,20);

x_p8_18=x_18(19:21);

```

```

x_p8_19=x_19(19:21);

Qdd_p8=(qxx_p8_19+qxx_p8_18); %3x3
d_p8=x_p8_19-x_p8_18; %3x1

Qdel_p8=d_p8'*(inv(Qdd_p8))*d_p8;

% PARA 8009

qxx_p9_18(1,1)=qxx_18(22,22);
qxx_p9_18(2,2)=qxx_18(23,23);
qxx_p9_18(3,3)=qxx_18(24,24);

qxx_p9_18(1,2)=qxx_18(22,23);
qxx_p9_18(1,3)=qxx_18(22,24);
qxx_p9_18(2,1)=qxx_18(23,22);
qxx_p9_18(2,3)=qxx_18(23,24);
qxx_p9_18(3,1)=qxx_18(24,22);
qxx_p9_18(3,2)=qxx_18(24,23);

qxx_p9_19(1,1)=qxx_19(22,22);
qxx_p9_19(2,2)=qxx_19(23,23);
qxx_p9_19(3,3)=qxx_19(24,24);

qxx_p9_19(1,2)=qxx_19(22,23);
qxx_p9_19(1,3)=qxx_19(22,24);
qxx_p9_19(2,1)=qxx_19(23,22);
qxx_p9_19(2,3)=qxx_19(23,24);
qxx_p9_19(3,1)=qxx_19(24,22);
qxx_p9_19(3,2)=qxx_19(24,23);

x_p9_18=x_18(22:24);
x_p9_19=x_19(22:24);

Qdd_p9=(qxx_p9_19+qxx_p9_18); %3x3
d_p9=x_p9_19-x_p9_18; %3x1

Qdel_p9=d_p9'*(inv(Qdd_p9))*d_p9;

% PARA 8010

qxx_p10_18(1,1)=qxx_18(25,25);
qxx_p10_18(2,2)=qxx_18(26,26);
qxx_p10_18(3,3)=qxx_18(27,27);

qxx_p10_18(1,2)=qxx_18(25,26);
qxx_p10_18(1,3)=qxx_18(25,27);
qxx_p10_18(2,1)=qxx_18(26,25);
qxx_p10_18(2,3)=qxx_18(26,27);
qxx_p10_18(3,1)=qxx_18(27,25);
qxx_p10_18(3,2)=qxx_18(27,26);

qxx_p10_19(1,1)=qxx_19(25,25);
qxx_p10_19(2,2)=qxx_19(26,26);
qxx_p10_19(3,3)=qxx_19(27,27);

qxx_p10_19(1,2)=qxx_19(25,26);
qxx_p10_19(1,3)=qxx_19(25,27);
qxx_p10_19(2,1)=qxx_19(26,25);
qxx_p10_19(2,3)=qxx_19(26,27);
qxx_p10_19(3,1)=qxx_19(27,25);
qxx_p10_19(3,2)=qxx_19(27,26);

x_p10_18=x_18(25:27);
x_p10_19=x_19(25:27);

```



```

Qdd_p10=(qxx_p10_19+qxx_p10_18); %3x3
d_p10=x_p10_19-x_p10_18; %3x1

Qdel_p10=d_p10'*(inv(Qdd_p10))*d_p10;

%Almacenar en un vector cada punto singular
Qdel_pi(1,1)=Qdel_p1;
Qdel_pi(2,1)=Qdel_p2;
Qdel_pi(3,1)=Qdel_p3;
Qdel_pi(4,1)=Qdel_p4;
Qdel_pi(5,1)=Qdel_p5;
% Sin 8006
Qdel_pi(6,1)=Qdel_p7;
Qdel_pi(7,1)=Qdel_p8;
Qdel_pi(8,1)=Qdel_p9;
Qdel_pi(9,1)=Qdel_p10;
%Mostrar resultados en pantalla
for i=1:m19
    ID(i,1)=Incrementos_19(i,1);
    dx(i,2)=d_X(i,1);
    ex(i,3)=E_X(i,1);
    dy(i,4)=d_Y(i,1);
    ey(i,5)=E_Y(i,1);
    dz(i,6)=d_Z(i,1);
    ez(i,7)=E_Z(i,1);

    tot(i,8)=sqrt((dx(i,2))^2+(dy(i,4))^2+(dz(i,6))^2);
    e_tot(i,9)=sqrt((ex(i,3))^2+(ey(i,5))^2+(ez(i,7))^2);

    t=(Qdel_pi(i,1)/3)/So2; %punto por punto

    F=finv(0.990,3,S_gradlib);

    if t > F
        Fisher='EXISTE DEFORMACIÓN';
    else
        Fisher='No existe deformación';
    end;

fprintf(Salida1, '%8d%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.2f%12.5f%12.5f%26s\n', ID(i,1), dx(i,2), ex(i,3), dy(i,4), ey(i,5), dz(i,6), ez(i,7), tot(i,8), e_tot(i,9), t, F, Fisher);
end;

for i=1:m19
    Des(i,1)=Incrementos_19(i,1);
    Des(i,2)=d_X(i,1);
    Des(i,3)=E_X(i,1);
    Des(i,4)=d_Y(i,1);
    Des(i,5)=E_Y(i,1);
    Des(i,6)=d_Z(i,1);
    Des(i,7)=E_Z(i,1);
end
save('Desplazamientos.dat', 'Des', '-ascii');
fclose(Salida1);

```

19.5 Script Vector_Deformaciones

```

% Función : Vector_Deformaciones
% Objeto  : Gráficar el vector de deformación en dos dimensiones
% Autor   : Fillol Castelló, Joan
% Basado en el programa de García-Asenjo Villamayor, Luis de standarellipses

function[Deformacion_xy]=Vector_Deformaciones(coor_apx,parcrd,alfa,hor_scale,ver_scale,Desp)
if alfa > 0,
    head = [ 'Deformaciones detectadas con una probabilidad del '
num2str(100*(1-alfa)) '%'];
end
cont = 0;
[me,ne] = size(parcrd);
for i = 1 : me,
    num = parcrd(i,1);
    posx = parcrd(i,2);
    posy = parcrd(i,3);
    posz = parcrd(i,4);
    fil = busca(num,coor_apx);
    if fil > 0,
        cont = cont + 1;
        Deformacion_xy(cont,1) = num;
        Deformacion_xy(cont,2) = coor_apx(fil,2);
        Deformacion_xy(cont,3) = coor_apx(fil,3);
    end
end
[mp,np] = size(Desp);
for i=1:mp,
    dx=Desp(i,2)/1000;
    dy=Desp(i,4)/1000;
    dz=Desp(i,6)/1000;
    Deformacion_xy(i,4) = dx;
    Deformacion_xy(i,5) = dy;
    Deformacion_xy(i,6) = dz;
end
% Límites del gráfico
oversize = 200;
xmin = min(Deformacion_xy(:,2)) - oversize;
xmax = max(Deformacion_xy(:,2)) + oversize;
ymin = min(Deformacion_xy(:,3)) - oversize*1.5;
ymax = max(Deformacion_xy(:,3)) + oversize;

L(1) = plot(Deformacion_xy(:,2),Deformacion_xy(:,3),'+k');
L(1).MarkerSize=6;
L(1).Marker='^';
axis([xmin xmax ymin ymax]);
% establecer la misma escala en los ejes xy
% la siguiente línea significa que 10 unidades del eje 1 son iguales a 1
% unidad del eje 2
set(gca,'DataAspectRatio',[10 1 1])
set(gca,'DataAspectRatio',[1 1 1]);
title(head);
% Gráficar ID puntos
hold on
text(Deformacion_xy(:,2)+15,Deformacion_xy(:,3)+110,num2str(Deformacion_xy(:,1)
));
% Gráficar errores horizontales [x,y]
[me,ne] = size(Deformacion_xy);
for i = 1 : me,
    xi = Deformacion_xy(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yi = Deformacion_xy(i,3);
    d_x = hor_scale*Deformacion_xy(i,4); % horizontal radius
    d_y = hor_scale*Deformacion_xy(i,5); % vertical radius
    xf = xi+d_x;
    yf = yi+d_y;
    x=[ xi xf ];

```

```

y=[ yi yf ];
hold on;
L1(2) = plot(x',y', 'r');
L1(2).LineWidth=1;
L1(2).LineStyle='-';

L1(2) = plot(xf',yf', 'r');
L1(2).MarkerSize=2;
L1(2).Marker='^';
end
% Gráficar errores verticales [z]
[me,ne] = size(Deformacion_xy);
for i = 1 : me,
xi = Deformacion_xy(i,2);
yi = Deformacion_xy(i,3);
errz = ver_scale*Deformacion_xy(i,6);
xf = xi;
yf = yi + errz;
x=[ xi xf ];
y=[ yi yf ];
hold on;
L1(3) = plot(x',y', 'k');
L1(3).LineWidth=1;
L1(3).LineStyle='-.';

L1(3) = plot(xf',yf', 'k');
L1(3).MarkerSize=2;
L1(3).Marker='^';
end

% Solo el eje x
for i = 1 : me,
xi = Deformacion_xy(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
yi = Deformacion_xy(i,3);
d_x = hor_scale*Deformacion_xy(i,4); % horizontal radius
d_y = hor_scale*Deformacion_xy(i,5); % vertical radius
xf = xi+d_x;
yf = yi+d_y;
x=[yi yi];
y=[xi xf];
hold on;
L1(4) = plot(y',x', 'r');
L1(4).LineWidth=0.5;
L1(4).LineStyle='-.';
end

% Solo el eje y
for i = 1 : me,
xi = Deformacion_xy(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
yi = Deformacion_xy(i,3);
d_x = hor_scale*Deformacion_xy(i,4); % horizontal radius
d_y = hor_scale*Deformacion_xy(i,5); % vertical radius
xf = xi+d_x;
yf = yi+d_y;
x=[xi xi];
y=[yi yf];
hold on;
L1(5) = plot(x',y', 'b');
L1(5).LineWidth=0.5;
L1(5).LineStyle='-.';
end

% add scale bar
xo = xmin + (xmax-xmin)/2;
yo = ymin + oversize/4;
xv = xo;
yv = yo+1e-3*ver_scale;
xh = xo+1e-3*hor_scale;

```

```
yh = yo;
xvtext = xo - (xv-xo)/2;
yvtext = yo + (yv-yo)/2;
xhtext = xh + (xv-xo)/2;
yhtext = yh;
hold on
plot([xo-70;xv-70], [yo;yv], '-k', [xo-70;xh-70], [yo;yh], 'r', 'LineWidth',
1);
plot([xmin; xmax], [0;0], '-k', 'LineWidth', 1.25);
hold off;

text(xvtext-85,yvtext+50, 'Error z: 1 mm', 'HorizontalAlignment','right')
text(xhtext-55,yhtext+10, 'Error xy: 1 mm', 'HorizontalAlignment','left')
saveas(gcf, 'Grafico_deformaciones.png');
```

19.6 Script Vector_Deformaciones3d

```

% Función : Vector_Deformaciones
% Objeto  : Gráficar el vector de deformación en dos dimensiones
% Autor   : Fillol Castelló, Joan
% Basado en el programa de García-Asenjo Villamayor, Luis de standarellipses
function[Deformacion3d]=Vector_Deformaciones3d(coor_apx,parcrd,alfa,hor_scale,
ver_scale,Desp)
if alfa > 0,
    head = [ 'Deformaciones detectadas con una probabilidad del '
num2str(100*(1-alfa)) '%'];
end
cont = 0;
[me,ne] = size(parcrd);
for i = 1 : me,
    num = parcrd(i,1);
    posx = parcrd(i,2);
    posy = parcrd(i,3);
    posz = parcrd(i,4);
    fil = busca(num,coor_apx);
    if fil > 0,
        cont = cont + 1;
        Deformacion3d(cont,1) = num;
        Deformacion3d(cont,2) = coor_apx(fil,2);
        Deformacion3d(cont,3) = coor_apx(fil,3);
        Deformacion3d(cont,4) = coor_apx(fil,4);
    end
end
[mp,np] = size(Desp);
for i=1:mp,
    dx=Desp(i,2)/1000;
    dy=Desp(i,4)/1000;
    dz=Desp(i,6)/1000;
    Deformacion3d(i,5) = dx;
    Deformacion3d(i,6) = dy;
    Deformacion3d(i,7) = dz;
end
% Límites del gráfico
oversize = 200;
xmin = min(Deformacion3d(:,2)) - oversize;
xmax = max(Deformacion3d(:,2)) + oversize;
ymin = min(Deformacion3d(:,3)) - oversize*1.5;
ymax = max(Deformacion3d(:,3)) + oversize;

zmin = min(Deformacion3d(:,4)) - oversize*1.5;
zmax = max(Deformacion3d(:,4)) + oversize;

L(1) = plot3(Deformacion3d(:,2),Deformacion3d(:,3),Deformacion3d(:,4), '+k');
L(1).MarkerSize=3;
L(1).Marker='^';
axis([xmin xmax ymin ymax zmin zmax]);
% establecer la misma escala en los ejes xy
% la siguiente línea significa que 10 unidades del eje 1 son iguales a 1
% unidad del eje 2
set(gca,'DataAspectRatio',[10 1 1])
set(gca,'DataAspectRatio',[1 1 1]);
title(head);
% Gráficar ID puntos
hold on
text(Deformacion3d(:,2)+15,Deformacion3d(:,3)+110,Deformacion3d(:,4)+100,num2s
tr(Deformacion3d(:,1)));
% Gráficar errores 3d [x,y,z]
[me,ne] = size(Deformacion3d);
for i = 1 : me,
    xi = Deformacion3d(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yi = Deformacion3d(i,3);
    zi = Deformacion3d(i,4);

```

```

d_x = hor_scale*Deformacion3d(i,5);
d_y = hor_scale*Deformacion3d(i,6);
d_z = ver_scale*Deformacion3d(i,7);
xf = xi+d_x;
yf = yi+d_y;
zf = zi+d_z;
x=[ xi xf ];
y=[ yi yf ];
z=[ zi zf ];
hold on;
L1(2) = plot3(x',y',z','r');
L1(2).LineWidth=1;
L1(2).LineStyle='-';

L1(2) = plot3(xf',yf',zf','r');
L1(2).MarkerSize=2;
L1(2).Marker='^';
end
% Gráficar errores verticales [z]
[me,ne] = size(Deformacion3d);
for i = 1 : me,
    xi = Deformacion3d(i,2);
    yi = Deformacion3d(i,3);
    zi = Deformacion3d(i,4);

    d_x = hor_scale*Deformacion3d(i,5);
    d_y = hor_scale*Deformacion3d(i,6);
    d_z = ver_scale*Deformacion3d(i,7);
    xf = xi;
    yf = yi;
    zf = zi + d_z;
    x=[ xi xf ];
    y=[ yi yf ];
    z=[ zi zf ];
    hold on;
    L1(3) = plot3(x',y',z','k');
    L1(3).LineWidth=0.8;
    L1(3).LineStyle='-.';
end

% Solo el eje x
for i = 1 : me,
    xi = Deformacion3d(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yi = Deformacion3d(i,3);
    zi = Deformacion3d(i,4);
    d_x = hor_scale*Deformacion3d(i,5); % horizontal radius
    d_y = hor_scale*Deformacion3d(i,6); % vertical radius
    d_z = hor_scale*Deformacion3d(i,7); % vertical radius
    xf = xi+d_x;
    yf = yi+d_y;
    zf = zi+d_z;
    x=[yi yi];
    y=[xi xf];
    z=[zi zi];
    hold on;
    L1(4) = plot3(y',x',z','r');
    L1(4).LineWidth=0.8;
    L1(4).LineStyle='-.';
end

% Solo el eje y
for i = 1 : me,
    xi = Deformacion3d(i,2); % x0,y0 ellipse centre coordinates
    yi = Deformacion3d(i,3);
    zi = Deformacion3d(i,4);
    d_x = hor_scale*Deformacion3d(i,5); % horizontal radius
    d_y = hor_scale*Deformacion3d(i,6); % vertical radius
    d_z = hor_scale*Deformacion3d(i,7);
    xf = xi+d_x;
    yf = yi+d_y;
    zf = zi+d_z;

```

```

    x=[xi xi];
    y=[yi yf];
    z=[zi zi];
    hold on;
    L1(5) = plot3(x',y',z', 'b');
    L1(5).LineWidth=0.8;
    L1(5).LineStyle='-.';
end
% add scale bar
xo = xmin + (xmax-xmin)/2;
yo = ymin + oversize/4;
xv = xo;
yv = yo+1e-3*ver_scale;
xh = xo+1e-3*hor_scale;
yh = yo;
xvtext = xo - (xv-xo)/2;
yvtext = yo + (yv-yo)/2;
xhtext = xh + (xv-xo)/2;
yhtext = yh;
hold on
plot([xo-70;xv-70], [yo;yv], '-b', [xo-70;xh-70], [yo;yh], 'r', 'LineWidth',
1);
hold off;

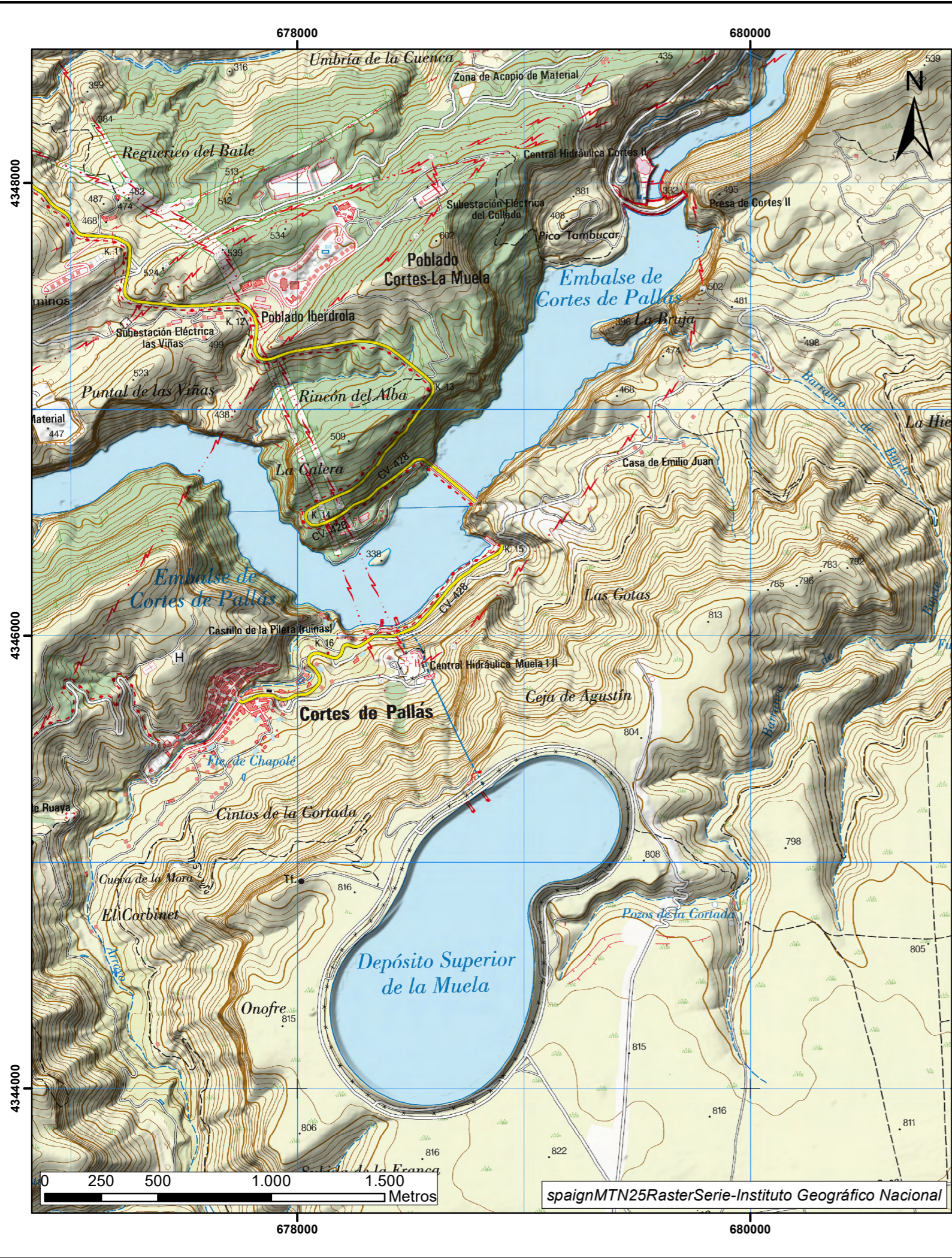
text(xhtext-30,yhtext-40, 'x', 'HorizontalAlignment','center')
text(xvtext-100,yvtext+50, 'y', 'HorizontalAlignment','center')

saveas(gcf, 'Grafico_deformaciones3D.png');

```

20. Planos

A continuación, se exponen los tres planos realizados, los dos primeros de ellos en formato A3 y el último en formato A2.

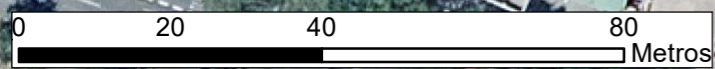


Nombre:	Firma:	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
Dibujado:	<i>Fillol Castelló, Joan</i>	
Escala:	Plano de situación y emplazamiento	Nº Plano: 1
1:20.000		Destinatario: <i>Trabajo fin de grado</i>
		Fecha: 21/05/2019



Leyenda

- Vértices
- Línea teórica



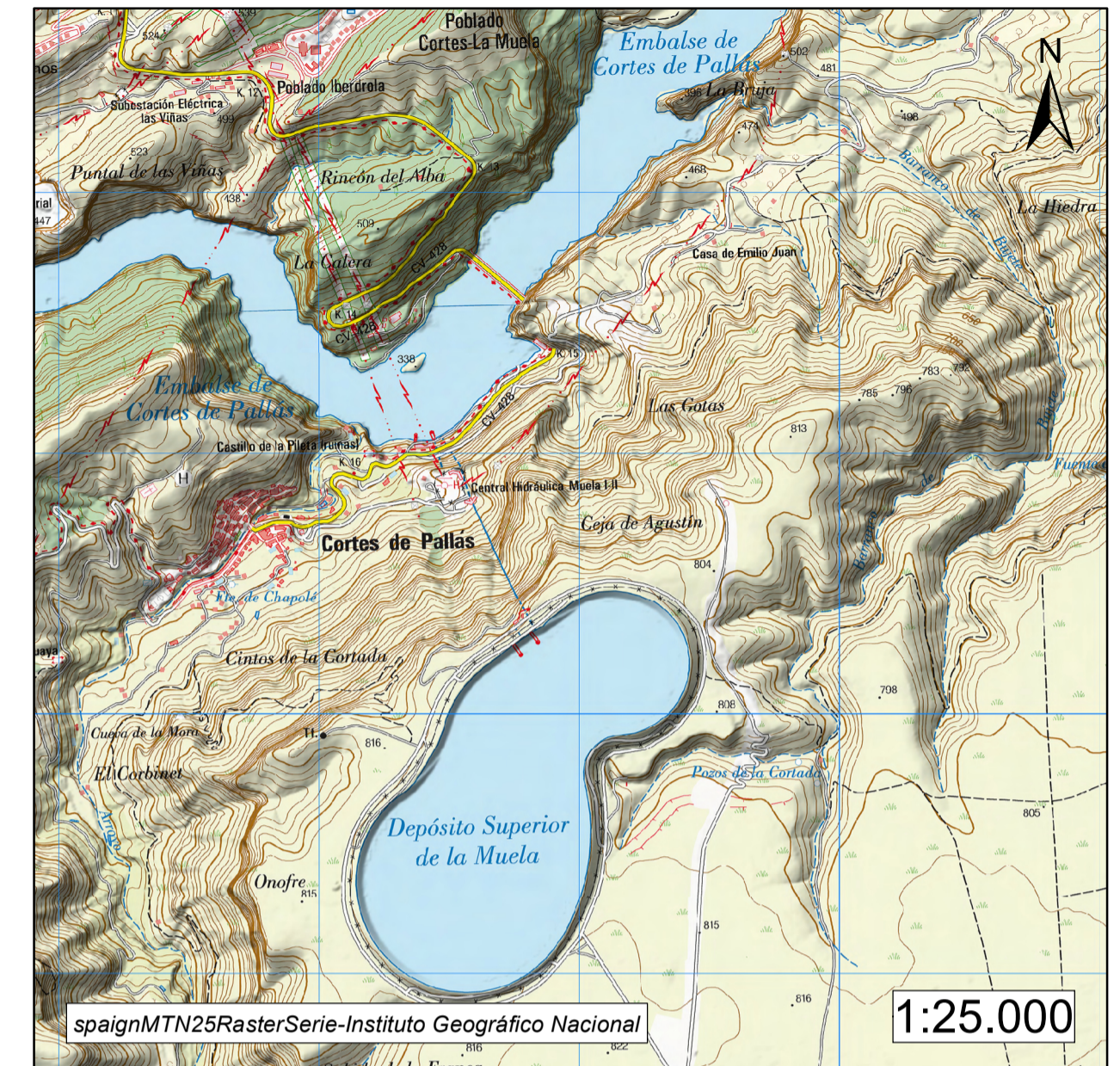
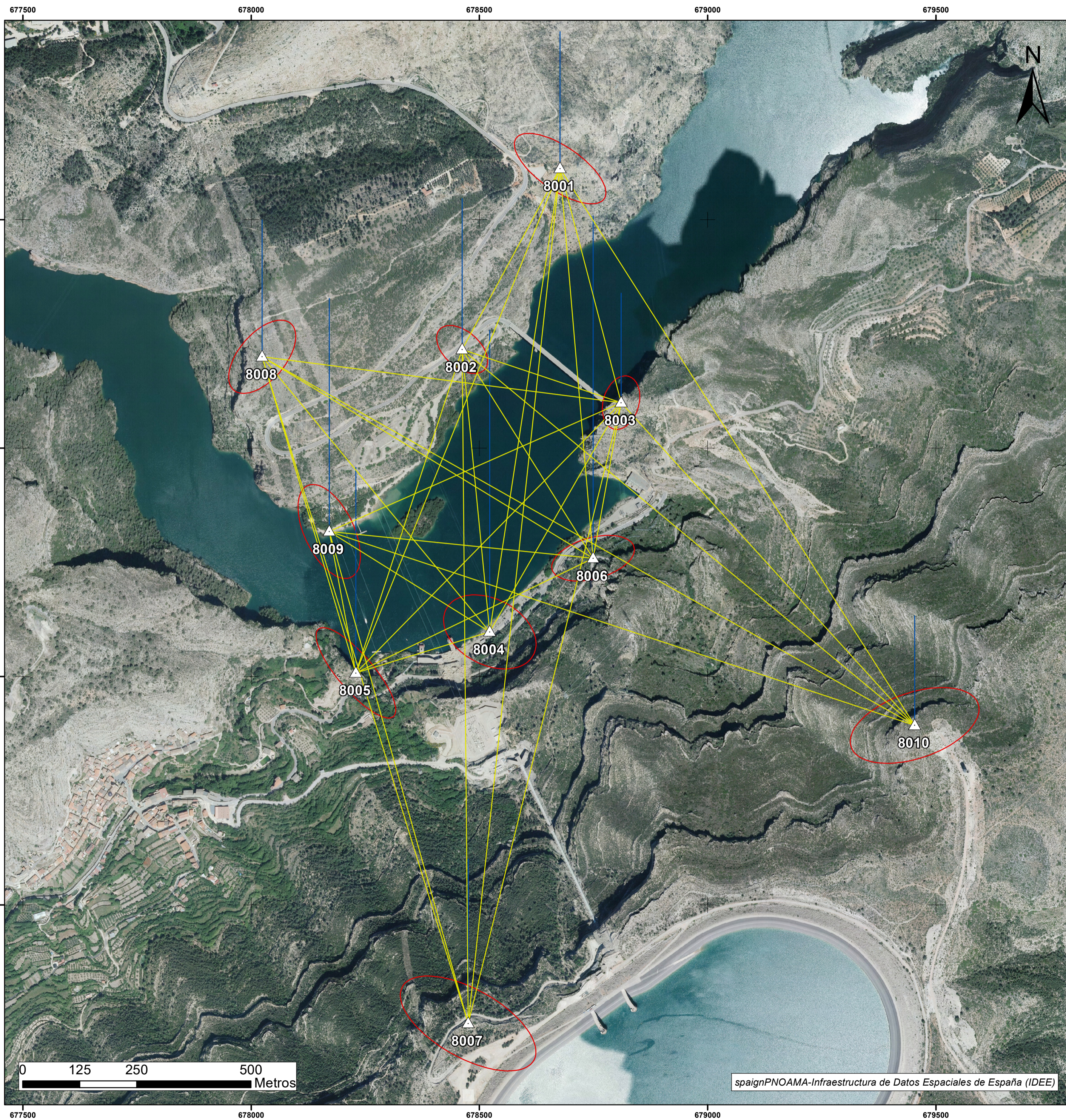
spainPNOAMA-Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)

Nombre:	Firma:
Dibujado: <i>Fillol Castelló, Joan</i>	

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

Escala: 1:1.000	Plano de la base de calibración UPV	Nº Plano: 2
		Destinatario: <i>Trabajo fin de grado</i>
		Fecha: <i>21/05/2019</i>



Escala gráfica para las elipses y su cota (z) en [30:1]



PROPIEDADES DE LOS VÉRTICES:

ID	X	Y	Z	Nombre
8001	678676,863	4347112,322	464,143	Mirador
8002	678462,220	4346716,160	365,817	Pretil
8003	678810,330	4346599,666	425,699	Torre
8004	678522,811	4346097,677	334,005	Bajo Ladera
8005	678229,523	4346007,998	393,174	Castillo
8006	678749,076	4346259,037	388,952	Camino de Otonel
8007	678475,321	4345240,176	818,858	Cuarto Orden
8008	678024,190	4346700,082	474,241	Cresta
8009	678170,956	4346317,577	329,545	Playa
8010	679453,548	4345892,849	786,262	Sifón

Leyenda

- Vértices
- Elipse de incertidumbre
- Línea observada
- Desviación típica en Z

Dibujado:	Nombre:	Firma:	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
	Fillol Castelló, Joan		
Escala:	Nº Plano: 3		
1:6.250	Marco de referencia - Campaña 2019		Destinatario: Trabajo fin de grado
			Fecha: 20/06/2020

spainPNOAMA-Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)

