



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

MONOGRAFÍA

RED INTERNA DE CONTRASTACION PLANIALTIMETRICA (RINIA)

DISEÑO, IMPLANTACIÓN, OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RED
INTERNA DE REPERES, PILAR (0,0,0) TORNILLOS DE CENTRADOS
FORZOSOS, OAZ Y DIANAS DEL IA

RED GEODESICA INTERNA DEL INSTITUTO DE AGRIMENSURA
(RINIA)

DEPARTAMENTO DE GEODESIA

INSTITUTO DE AGRIMENSURA

FACULTAD DE INGENIERIA

Estudiantes: Bornia, Martin - Cortondo, Agustin - Mourat, Oscar - Musselli, Yosselyn - Lemos,
Lucía - Silva, Juliana - Varela, Valentina

Profs: (R) Fabián Barbato
Jorge Faure, Martín Waistein, Gastón Wurth.
Cálculo y Ajuste de las Observaciones
V2 Octubre de 2024

ÍNDICE

DISEÑO, CALCULO Y ANÁLISIS DE LA RED INTERNA DE REPERES DEL IA

I

Caso Práctico

INTRODUCCIÓN

PRE ANÁLISIS

METODOLOGÍA

ANÁLISIS - TEST DE GRUBBS

II

Conclusión

III

Bibliografía

Caso Práctico

INTRODUCCIÓN

La Red RINIA es un componente esencial para calibración de equipos topográficos como para el desarrollo de habilidades topográficas y de Teoría de Errores. Este estudio desarrolla un análisis comparativo que incluye el tratamiento estadístico de las coordenadas observadas en contraste con aquellas proporcionadas por el equipo docente como referencia, es decir, se trabajó conjuntamente entre estudiantes y docentes. Se explorarán posibles outliers y se examinará si existen factores explicativos de diferencias que superen las tolerancias establecidas. Además, se investigará si estas discrepancias pueden atribuirse a errores aleatorios, sistemáticos u otros elementos relevantes.

Las tolerancias consideradas provienen del preanálisis realizado por el equipo docente (F.Barbato-D.Blanco), basado en un estudio sobre cómo las tolerancias del equipo instrumental y la intervención humana afectan las observaciones. La estación mide ángulos respecto a la horizontal, ángulos respecto a la vertical y distancias inclinadas, y mediante el método de mínimos cuadrados Inverso, se generan las tolerancias para cada una de las coordenadas resultantes de las mediciones de la estación.

Trabajando de acuerdo a las incertidumbres emanadas de las normas ISO, las incertidumbres esperadas son las siguientes:

$$\begin{cases} \sigma_X = 2.0mm \\ \sigma_Y = 2.0mm \\ \sigma_Z = 2.5mm \end{cases}$$

Estas incertidumbres corresponden al 68% de certeza, necesitamos trabajar con un intervalo de confianza más seguro, por lo que cada una debe ser ampliada * 1.96 para obtener un 95% de confianza:

$$\begin{cases} \sigma_{X95\%} = 3.9mm \\ \sigma_{Y95\%} = 3.9mm \\ \sigma_{Z95\%} = 4.9mm \end{cases}$$

Set de coordenadas del equipo docente 2024

	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	0,996	2,444	-0,340
R2	0,908	8,535	-0,344
R3	0,673	25,625	-0,351
R4	0,478	38,562	-0,351
P1	0,879	-1,390	-0,342
P2	0,572	19,095	-0,365
P3	0,271	38,558	-0,356
D1	-1,001	-2,597	1,046
D2	-1,363	9,469	1,444
D3	-1,133	16,872	1,451
D4	-1,562	39,048	1,448
D5	6,419	38,961	-2,717
D6	10,994	19,854	-2,353
D7	11,297	-1,602	-1,148
OAZ	0,000	39,396	0,840

Tabla 1. Set de coordenadas Validadas por equipo docente

PRE ANÁLISIS

Incertidumbre de los instrumentos

La incertidumbre en las mediciones topográficas se refiere a la falta de certeza en los resultados obtenidos. La precisión de los instrumentos y las condiciones de medición influyen directamente en la incertidumbre. La estación total, un instrumento común en topografía, combina un teodolito electrónico y un medidor electrónico de distancia (EDM), tanto láser como infrarrojo, y se utiliza para medir ángulos y distancias con alta precisión.

Varianza a Priori**a. Estación Total con Prisma con Prisma**

Basados en la especificación del fabricante, para la precisión de la distancia consideramos $\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ (partes por millón), en horizontal. Esto significa que el error es de 2 mm más 2 mm por cada kilómetro de distancia medida, pero dicha aportación en medidas de corto alcance como las que vamos a realizar en este informe son despreciables. Las medidas en vertical suelen traer un poco más de incertidumbre por el factor de usar dos ángulos en sus cálculos, por lo cual suele tener una precisión un poco menor.

b. Estación Total con Prisma con Base Nivelante

Considerando que la base nivelante mejora la precisión por centrado y nivelación, podemos suponer que reduce el error en comparación con el prisma en bastón. Supongamos una reducción del error sistemático debido a una mejor nivelación. No introducimos un error adicional; en cambio, mejoramos la precisión. Supondremos que dicha precisión será de aproximadamente $\pm 1,5 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$ (partes por millón), en horizontal. Se aplica lo explicado para el caso anterior.

c. Estación Total con Láser

El sistema láser puede tener una precisión diferente. Supondremos una precisión de $\pm 3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$. Aplica todas las condiciones y especificaciones que se explicaron en las partes anteriores también.

METODOLOGÍA

Realizar un análisis comparativo y tratamiento estadístico de las coordenadas observadas en contraste con las coordenadas de referencia proporcionadas por el equipo docente.

Procedimiento

1. Realizar un análisis comparativo, tratamiento estadístico, e identificación de outliers entre el conjunto de las Coordenadas observadas y las que se suministran como referencia realizadas por el equipo docente.
2. Analizar los factores que podrían explicar diferencias que excedan las tolerancias establecidas, determinando si estas se deben a errores aleatorios, sistemáticos u otros factores relevantes.

En el siguiente croquis podemos ver como se encuentran ubicados los reperes, dianas y tornillos o bulones de centrado forzoso de la red interna del Instituto de Agrimensura.

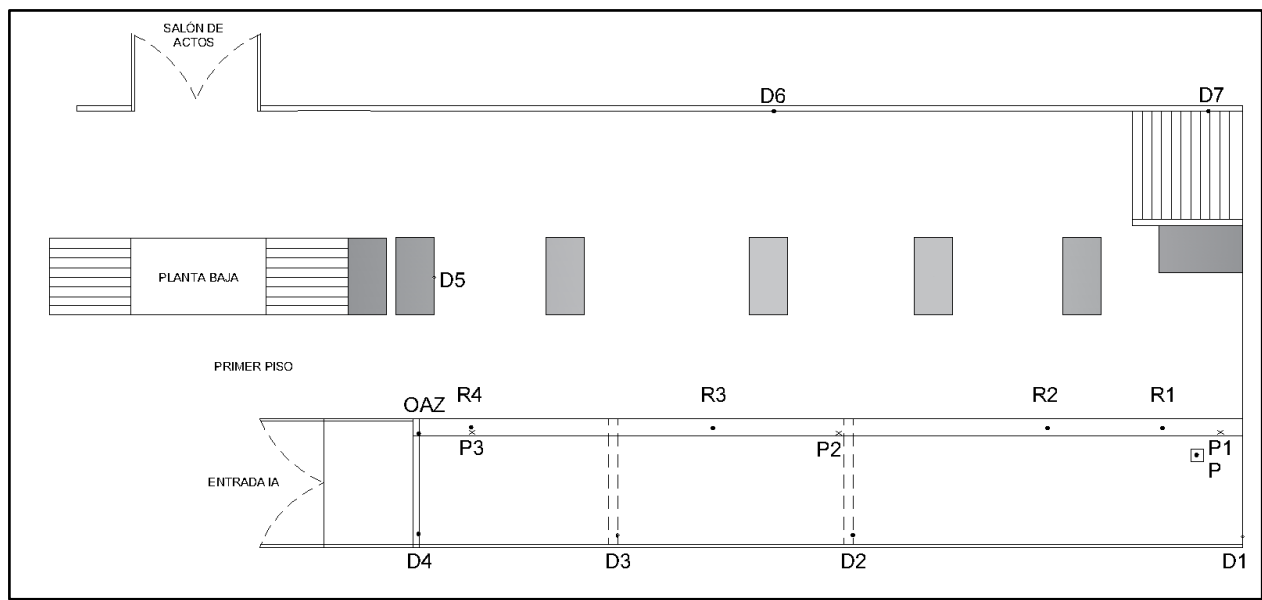


Imagen 1. Croquis de relevamiento.

Donde:

- D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 son dianas.
- R1, R2, R3, R4 repere.
- P1, P2, P3 centrado forzoso.
- P el pilar donde se coloca la estación (punto (0,0,0)).
- OAZ es el punto tomado como origen Cero de referencia para la dirección azimutal.

ANÁLISIS - TEST DE GRUBBS

En la siguiente tabla se presentan las observaciones, series de 6 re mediciones, rompiendo en cada caso la observación, con giro y tránsito, y sin ningún tipo de tratamiento.

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	1	0,996	2,445	-0,351
	2	0,997	2,444	-0,346
	3	0,997	2,444	-0,341
	4	0,996	2,444	-0,343
	5	0,996	2,444	-0,342
	6	0,996	2,445	-0,341
R2	1	0,906	8,535	-0,345
	2	0,908	8,534	-0,350
	3	0,911	8,534	-0,344
	4	0,908	8,534	-0,346
	5	0,907	8,534	-0,346
	6	0,908	8,531	-0,345
R3	1	0,670	25,623	-0,351
	2	0,675	25,623	-0,355
	3	0,672	25,624	-0,354
	4	0,675	25,623	-0,353
	5	0,671	25,624	-0,356
	6	0,671	25,623	-0,354
R4	1	0,476	38,562	-0,350
	2	0,478	38,561	-0,355
	3	0,479	38,562	-0,353
	4	0,477	38,560	-0,353
	5	0,474	38,561	-0,357
	6	0,478	38,561	-0,353

P1	1	0,880	-1,392	-0,346
	2	0,880	-1,392	-0,348
	3	0,880	-1,392	-0,340
	4	0,878	-1,392	-0,342
	5	0,880	-1,391	-0,343
	6	0,879	-1,392	-0,200
P2	1	0,570	19,095	-0,363
	2	0,572	19,094	-0,366
	3	0,571	19,095	-0,362
	4	0,569	19,095	-0,365
	5	0,570	19,095	-0,364
	6	0,570	19,094	-0,225
P3	1	0,266	38,558	-0,358
	2	0,268	38,558	-0,360
	3	0,271	38,558	-0,355
	4	0,267	38,558	-0,355
	5	0,267	38,558	-0,356
	6	0,268	38,558	-0,217
D1	1	-1,002	-2,597	1,047
	2	-1,002	-2,597	1,048
	3	-1,002	-2,597	1,048
	4	-1,002	-2,597	1,044
	5	-1,002	-2,597	1,045
	6	-1,002	-2,597	1,047
D2	1	-1,362	9,467	1,446

	2	-1,362	9,467	1,447
	3	-1,362	9,467	1,446
	4	-1,363	9,468	1,443
	5	-1,362	9,467	1,444
	6	-1,362	9,467	1,444
D3	1	-1,133	16,870	1,453
	2	-1,133	16,870	1,454
	3	-1,133	16,870	1,454
	4	-1,133	16,870	1,450
	5	-1,133	16,870	1,451
	6	-1,132	16,870	1,453
D4	1	-1,562	39,047	1,448
	2	-1,558	39,047	1,447
	3	-1,562	39,047	1,448
	4	-1,561	39,046	1,445
	5	-1,562	39,047	1,446
	6	-1,561	39,047	1,448
D5	1	6,419	38,960	-2,717
	2	6,421	38,961	-2,716
	3	6,420	38,961	-2,715
	4	6,419	38,961	-2,721
	5	6,419	38,961	-2,720
	6	6,420	38,960	-2,717
D6	1	10,994	19,854	-2,353
	2	10,995	19,853	-2,353

	3	10,994	19,853	-2,353
	4	10,995	19,853	-2,356
	5	10,994	19,853	-2,354
	6	10,994	19,853	-2,354
D7	1	11,295	-1,603	-1,146
	2	11,296	-1,603	-1,147
	3	11,295	-1,602	-1,146
	4	11,296	-1,602	-1,149
	5	11,296	-1,603	-1,149
	6	11,295	-1,602	-1,147
OAZ	1	0,000	39,397	0,837
	2	-0,001	39,396	0,838
	3	-0,001	39,396	0,837
	4	-0,002	39,396	0,838
	5	0,000	39,396	0,838
	6	0,000	39,397	0,840

Tabla 2. Medidas observadas.

Depuración

Durante la fase de depuración de datos, se utilizó el Test de Grubbs para identificar y eliminar posibles valores atípicos. Se llevará a cabo el test de manera iterativa, realizando la cantidad de repeticiones necesarias para asegurar la detección y eliminación una observación a la vez, de cualquier error presente, garantizando así la fiabilidad de los resultados. Se realizará como mínimo por cada punto tres veces el test de Grubbs una vez por cada coordenada (x,y,z) y en caso de encontrarse algún outlier, se procederá a realizar nuevamente el test para garantizar que no exista más de uno en dicha coordenada. En caso de encontrarse un valor atípico se eliminará la observación completa, pues en la observación de la estación total están relacionadas las tres coordenadas.

Para mayor claridad, se irá abordando cada punto de manera independiente.

R2

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
R2	2	0,908	8,534	-0,350
	6	0,908	8,531	-0,345

Tras aplicar el test de Grubbs, el mismo arrojó que las observaciones con id 2 y 6 del punto R2 se encuentran por fuera del margen. Por lo que se aplicó el test de Grubbs dos veces para cada coordenada y nos quedamos con un total de 4 observaciones para el punto R2. A continuación se presentan los respectivos test que arrojaron la observación fuera de rango aceptable.

Estadísticas descriptivas Media: 8.53367 SD: 0.00137 - de valores: 6 Atílier detectada? Si, Nivel de significancia: 0.05 (dos caras) Valor crítico de Z: 1.8871466793				Descriptive Statistics Mean: -0.34600 SD: 0.00210 # of values: 6 Outlier detected? Yes Significance level: 0.05 (two-sided) Critical value of Z: 1.8871466793			
Sus datos				Your data			
Fila	Valor	Z	Atimino más importante?	Row	Value	Z	Significant Outlier?
1	8.535	0.97590		1	-0.345	0.47673	
2	8.534	0.24398		2	-0.350	1.90693	Significant outlier, P < 0.05
3	8.534	0.24398		3	-0.344	0.95346	
4	8.534	0.24398		4	-0.346	0.00000	
5	8.534	0.24398		5	-0.346	0.00000	
6	8.531	1.95180	Atidolo significativo, P.	6	-0.345	0.47673	

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1	6	0,879	-1,392	-0,200

Tras aplicar el test de Grubbs, el mismo arrojó que la observación con id 6 del punto P1 se encuentran por fuera del margen. Por lo que se aplicó el test de Grubbs dos veces para cada coordenada y nos quedamos con un total de 5 observaciones para el punto P1. A continuación se presentan los respectivos test que arrojaron la observación fuera de rango aceptable.

Descriptive Statistics			
Mean: -0,31983			
SD: 0,05878			
# of values: 6			
Outlier detected? Yes			
Significance level: 0,05 (two-sided)			
Critical value of Z: 1,8871466793			
Your data			
Row	Value	Z	Significant Outlier?
1	-0,346	0,44520	
2	-0,348	0,47922	
3	-0,340	0,34311	
4	-0,342	0,37714	
5	-0,343	0,39415	
6	-0,200	2,03883	Significant outlier, P < 0,05

P2

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
P2	6	0,570	19,094	-0,225

Tras aplicar el test de Grubbs, el mismo arrojó que la observación con id 6 del punto P2 se encuentran por fuera del margen. Por lo que se aplicó el test de Grubbs dos veces para cada coordenada y nos quedamos con un total de 5 observaciones para el punto P2. A continuación se presentan los respectivos test que arrojaron la observación fuera de rango aceptable.

Descriptive Statistics			
		Mean:	-0,34083
		SD:	0,05676
		# of values:	6
		Outlier detected?	Yes
		Significance level:	0,05 (two-sided)
		Critical value of Z:	1,8871466793
Your data			
Row	Value	Z	Significant Outlier?
1	-0,363	0,39050	
2	-0,366	0,44336	
3	-0,362	0,37289	
4	-0,365	0,42574	
5	-0,364	0,40812	
6	-0,225	2,04061	Significant outlier, P < 0,05

P3

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
P3	6	0,268	38,558	-0,217

Tras aplicar el test de Grubbs, el mismo arrojó que la observación con id 6 del punto P3 se encuentran por fuera del margen. Por lo que se aplicó el test de Grubbs dos veces para cada coordenada y nos quedamos con un total de 5 observaciones para el punto P3. A continuación se presentan los respectivos test que arrojaron la observación fuera de rango aceptable.

Descriptive Statistics			
		Mean:	-0,33350
		SD:	0,05711
		# of values:	6
		Outlier detected?	Yes
		Significance level:	0,05 (two-sided)
		Critical value of Z:	1,8871466793
Your data			
Row	Value	Z	Significant Outlier?
1	-0,358	0,42903	
2	-0,360	0,46405	
3	-0,355	0,37649	
4	-0,355	0,37649	
5	-0,356	0,39400	
6	-0,217	2,04006	Significant outlier, P < 0,05

D4

Punto	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
D4	2	-1,558	39,047	1,447

Tras aplicar el test de Grubbs, el mismo arrojó que la observación con id 2 del punto D4 se encuentran por fuera del margen. Por lo que se aplicó el test de grubbs dos veces para cada coordenada y nos quedamos con un total de 5 observaciones para el punto D4. A continuación se presentan los respectivos test que arrojaron la observación fuera de rango aceptable.

Descriptive Statistics			
Mean: -1,56100			
SD: 0,00155			
# of values: 6			
Outlier detected? Yes			
Significance level: 0,05 (two-sided)			
Critical value of Z: 1,8871466793			
Your data			
Row	Value	Z	Significant Outlier?
1	-1,562	0,64550	
2	-1,558	1,93649	Significant outlier, P < 0,05
3	-1,562	0,64550	
4	-1,561	0,00000	
5	-1,562	0,64550	
6	-1,561	0,00000	

Cálculo de coordenadas finales

Se aplicó promedios para cada punto coordenada (x,y,z), lo cual en este caso es equivalente a aplicar MMC (con todo el set de datos y con los pesos adecuados, en base a la incertidumbre de la estación prevista para cada método de medida que se usó) bajo las hipótesis que se plantean a continuación. En este caso se consideraron independientes y libres de error a cada observación y coordenadas (en esta instancia luego de realizada la depuración), y debido al tamaño y complejidad de trabajar con una matriz de dimensión tan grande se optó por calcular directamente los promedios de manera clásica.

Los valores promedio obtenidos de las observaciones tras la depuración fueron los siguientes:

Estudiantes 2024			
	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	0,996	2,444	-0,344
R2	0,908	8,534	-0,345
R3	0,672	25,623	-0,354
R4	0,477	38,561	-0,354
P1	0,880	-1,392	-0,344
P2	0,570	19,095	-0,364
P3	0,268	38,558	-0,357
D1	-1,002	-2,597	1,047
D2	-1,362	9,467	1,445
D3	-1,133	16,870	1,453
D4	-1,562	39,047	1,447
D5	6,420	38,961	-2,718
D6	10,994	19,853	-2,354
D7	11,296	-1,603	-1,147
OAZ	-0,001	39,396	0,838

Tabla 3. Set Coordenadas del promedio post depuración.

Comparativo con datos de Docentes

El set de coordenadas se considera libre de error y patrón de comparación (set de datos suministrados por el cuerpo docente).

Cada terna de coordenadas medida deberá ser comparada su diferencia respecto a patrón variable a variable y si alguna diferencia no cumple con las tolerancias, se descarta y no se valida.

Por lo cual se realizará un comparativo entre los valores de referencia entregados por los profesores y los obtenidos tras realizar el relevamiento y depuración.

Dif. Prof. - Estudiantes (2024)			
	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	0,000	0,000	0,004
R2	0,000	0,001	0,001
R3	0,001	0,002	0,003
R4	0,001	0,001	0,002
P1	-0,001	0,002	0,002
P2	0,002	0,000	-0,001
P3	0,003	0,000	0,001
D1	0,001	0,000	0,000
D2	-0,001	0,002	-0,001
D3	0,000	0,002	-0,001
D4	0,000	0,001	0,001
D5	-0,001	0,000	0,001
D6	0,000	0,001	0,001
D7	0,002	0,000	-0,001
OAZ	0,001	0,000	0,002

Tabla 4. Comparativo de diferencias entre valores de referencia y los obtenidos.

Al analizar estas diferencias presentadas coordenada a coordenada, podemos ver que a priori se cumplen tanto estar dentro de las varianzas aceptables con respecto a la medida patrón, como de asimilarse a lo que son las varianzas a priori que se esperaban a partir del pre-análisis. (La correlación de menor varianza de parte de las observaciones realizadas con prisma vs las de base nivelante se explicará más adelante).

De esta manera si contrastamos estas diferencias con los valores aceptables de las varianzas según las normas ISO para certeza del 95%, se obtiene la siguiente tabla que trae a colación.

	Cumple sigma o no		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	Si	Si	Si
R2	Si	Si	Si
R3	Si	Si	Si
R4	Si	Si	Si
P1	Si	Si	Si
P2	Si	Si	Si
P3	Si	Si	Si
D1	Si	Si	Si
D2	Si	Si	Si
D3	Si	Si	Si
D4	Si	Si	Si
D5	Si	Si	Si
D6	Si	Si	Si
D7	Si	Si	Si
OAZ	Si	Si	Si

Tabla 5. Comparativo de diferencias entre las diferencia a valor de referencias y las varianzas aceptables.

Efectivamente como se anticipaba anteriormente, se cumple que las medidas obtenidas están cerca de los valores patrón para incertidumbres del 95%, pudiendo así considerar que se trató de una aceptable serie de mediciones, y que se siguieron los criterios de medición y de buenas prácticas al momento de medir.

Es interesante comparar también con los resultados obtenidos tras relevar estos mismos puntos el año 2023 en la unidad curricular Errores 1.

Estudiantes 2023

Descripción	X (m)	Y (m)	Z (m)
OAZ	0,0000	39,3983	0,8397
R1	0,9853	2,4184	-0,3343
R2	0,9050	8,5059	-0,3425
R3	0,6722	25,5954	-0,3506
R4	0,4769	38,5333	-0,3513
D1	-1,0021	-2,5981	1,0454
D2	-1,3633	9,4704	1,4447
D3	-1,1335	16,8732	1,4525
D4	-1,5616	39,0494	1,4481
D5	6,4195	38,9618	-2,7165
D6	10,9927	19,8520	-2,3534
D7	11,2986	-1,6027	-1,1486

Tabla 6. Set Coordenadas del promedio post depuración (2023 - Errores 1).

Dado el set antes presentado de datos del año anterior procederemos a comparar con los valores que se obtuvieron este año. Pero antes de pasar a realizar dichas comparaciones cabe recordar las condiciones en las que se midió el año anterior y cuáles fueron las conclusiones a las que se llegó en dicha instancia.

Éstas se resumen en que en esa instancia aún no se contaba con la presencia de los bulones dispuestos para colocar en ellos las bases nivelantes por lo cual no se contó con esos valores para contrastar. Por otro lado cuando se midió con los prismas en los repere en ese año, hubo diferencias con las medidas patrón por un factor erróneo de constantes de prisma que no se aplicó de manera correcta al medir. Por lo cual los valores comparables de manera fiable que aportan contenido de relevancia son solamente los obtenidos de las dianas del 2023.

Dif 2023-2024			
	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	-0,0107	-0,0256	0,0097
R2	-0,0030	-0,0283	0,0027
R3	-0,0001	-0,0279	0,0032
R4	-0,0001	-0,0279	0,0022
P1	-	-	-
P2	-	-	-
P3	-	-	-
D1	0,000	-0,001	-0,001
D2	-0,001	0,003	0,000
D3	-0,001	0,003	0,000
D4	-0,001	0,003	0,001
D5	0,000	0,001	0,001
D6	-0,002	-0,001	0,000
D7	0,003	0,000	-0,001
OAZ	0,001	0,002	0,002

Tabla 7. Diferencias entre set coordenadas (2023 - Errores 1 y 2024 - Cal. y ajuste de Obs.).

Como se aprecia en la tabla anterior con las comparaciones entre los valores obtenidos ambos años por los estudiantes, para el caso de las dianas nos encontramos que todas las diferencias están por debajo de los 3,5 mm por lo cual se puede concluir que si usáramos estas como patrón para comparar aun se cumpliría con estar dentro de las tolerancias especificadas.

Validación del Trabajo

Cuando se realizó el pre-análisis correspondiente, uno de los componentes que se establecieron para validación final del trabajo fue relajar un cálculo de Estación Libre o Intersección Inversa del PILAR_IA, tanto manual como asistida por el software STAR*NET v13.

El cálculo y ajuste se realizó dejando libre el Vértice Pilar_IA, e integrando todos los vértices restantes como constrained o fijos, así todo el ajuste y con ello el peor escenario posible recae en el PILAR_IA.

En este escenario los resultados fueron ampliamente satisfactorios, logrando unas coordenadas ajustadas que respecto a las originales (0,0,0) se diferencian por debajo del mm.

PILAR_IA (adj)	0.000492 m	-0.000015 m
-----------------------	-------------------	--------------------

PILAR_IA	0.000 m	0.000 m
-----------------	----------------	----------------

Procesamiento:

MicroSurvey STAR*NET-PRO Version 13.0.2.5829

Run Date: Fri Oct 4 2024 18:04:46

Project Name INTERSINV

Project Folder C:_FING_IA\...\REDINTERNA_ESTLIBRE_2D OK

Data File List 1. 2DredinternaSTAR.DAT

Project Option Settings

STAR*NET Run Mode : Adjust with Error Propagation

Type of Adjustment : 2D

Project Units : Meters; DMS

Coordinate System : LOCAL

Default Project Elevation : 0.0000 Meters

Apply Average Scale Factor : 1.0000000000

Input/Output Coordinate Order : East-North

Angle Data Station Order : At-From-To

Distance/Vertical Data Type : Hor Dist/DE

Convergence Limit; Max Iterations : 0.003000; 10

Default Coefficient of Refraction : 0.070000

Earth Radius : 6372000.00 Meters

Create Coordinate File : Yes

Create Ground Scale Coordinate File : No

Create Dump File : No

Instrument Standard Error Settings

Project Default Instrument

Distances (Constant) : 0.001000 Meters

Distances (PPM) : 1.000000

Angles : 2.000000 Seconds

Directions : 2.000000 Seconds

Azimuths & Bearings : 2.000000 Seconds

Centering Error Instrument : 0.000000 Meters

Centering Error Target : 0.000000 Meters

Summary of Unadjusted Input Observations

=====

Number of Entered Stations (Meters) = 16

Fixed Stations	E	N	Description
R1	0.996000	2.444000	
R2	0.908000	8.535000	
R3	0.673000	25.625000	
R4	0.478000	38.562000	
P1	0.879000	-1.390000	
P2	0.572000	19.095000	
P3	0.271000	38.558000	
D1	-1.001000	-2.597000	
D2	-1.363000	9.469000	
D3	-1.133000	16.872000	
D4	-1.562000	39.048000	
D5	6.419000	38.961000	
D6	10.994000	19.854000	
D7	11.297000	-1.602000	
OAZ	0.000000	39.396000	

Free Stations	E	N	Description
---------------	---	---	-------------

PIL	0.000000	0.000000	
-----	----------	----------	--

Number of Distance Observations (Meters) = 15

From	To	Distance	StdErr
PIL	R1	2.640000	0.001003
PIL	R2	8.584000	0.001009
PIL	R3	25.633000	0.001026
PIL	R4	38.563000	0.001039
PIL	P1	1.645000	0.001002
PIL	P2	19.098000	0.001019
PIL	P3	38.565000	0.001039
PIL	D1	2.783000	0.001003
PIL	D2	9.567000	0.001010
PIL	D3	16.910000	0.001017
PIL	D4	39.079000	0.001039
PIL	D5	39.487000	0.001039
PIL	D6	22.695000	0.001023
PIL	D7	11.410000	0.001011
PIL	0AZ	39.396000	0.001039

Adjustment Statistical Summary

=====

Iterations = 2

Number of Stations = 16

Number of Observations = 15

Number of Unknowns = 2

Number of Redundant Obs = 13

Observation	Count	Sum Squares	Error
-------------	-------	-------------	-------

	of StdRes	Factor
--	-----------	--------

Distances	15	70.118	2.322
-----------	----	--------	-------

Total	15	70.118	2.322
-------	----	--------	-------

Warning: The Chi-Square Test at 5.00% Level Exceeded Upper Bound

Lower/Upper Bounds (0.621/1.379)

Adjusted Coordinates (Meters)

=====

Station	E	N	Description
R1	0.996000	2.444000	
R2	0.908000	8.535000	
R3	0.673000	25.625000	
R4	0.478000	38.562000	
P1	0.879000	-1.390000	
P2	0.572000	19.095000	
P3	0.271000	38.558000	
D1	-1.001000	-2.597000	
D2	-1.363000	9.469000	
D3	-1.133000	16.872000	
D4	-1.562000	39.048000	
D5	6.419000	38.961000	
D6	10.994000	19.854000	
D7	11.297000	-1.602000	
0AZ	0.000000	39.396000	
PIL	-0.000394	-0.000009	VALIDACION EJECUTADA Y CUMPLIDA

Adjusted Observations and Residuals

=====

Adjusted Distance Observations (Meters)

From	To	Distance	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
PIL	R1	2.639314	-0.000686	0.001003	0.7	1:25
PIL	R2	8.583214	-0.000786	0.001009	0.8	1:26
PIL	R3	25.633855	0.000855	0.001026	0.8	1:27
PIL	R4	38.564976	0.001976	0.001039	1.9	1:28
PIL	P1	1.644813	-0.000187	0.001002	0.2	1:29
PIL	P2	19.103586	0.005586	0.001019	5.5*	1:30
PIL	P3	38.558964	-0.006036	0.001039	5.8*	1:31
PIL	D1	2.783088	0.000088	0.001003	0.1	1:32
PIL	D2	9.566547	-0.000453	0.001010	0.4	1:33
PIL	D3	16.909982	-0.000018	0.001017	0.0	1:34
PIL	D4	39.079222	0.000222	0.001039	0.2	1:35
PIL	D5	39.486312	-0.000688	0.001039	0.7	1:36
PIL	D6	22.694897	-0.000103	0.001023	0.1	1:37
PIL	D7	11.410411	0.000411	0.001011	0.4	1:38
PIL	OAZ	39.396009	0.000009	0.001039	0.0	1:39

Adjusted Bearings (DMS) and Horizontal Distances (Meters)

=====

(Relative Confidence of Bearing is in Seconds)

NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test

Angular and Distance Errors are Scaled by Total Error Factor

From	To	Bearing	Distance	95% RelConfidence
		Brg	Dist	PPM
0AZ	PIL	S00-00-02.06W	39.396009	77.46 0.005297 134.4533
D1	PIL	N21-04-17.03E	2.783088	1078.45 0.005174 1858.9081
D2	PIL	S08-11-19.48E	9.566547	317.00 0.005185 541.9583
D3	PIL	S03-50-25.67E	16.909982	180.10 0.005208 307.9800
D4	PIL	S02-17-24.54E	39.079222	78.01 0.005298 135.5597
D5	PIL	S09-21-22.51W	39.486312	77.16 0.005300 134.2310
D6	PIL	S28-58-33.65W	22.694897	129.92 0.005288 232.9904
D7	PIL	N81-55-44.98W	11.410411	215.57 0.005480 480.2470
P1	PIL	N32-19-11.84W	1.644813	1742.68 0.005241 3186.1448
P2	PIL	S01-43-01.16W	19.103586	159.81 0.005213 272.8604
P3	PIL	S00-24-11.79W	38.558964	79.16 0.005293 137.2777
PIL	R1	N22-10-48.53E	2.639314	1134.76 0.005176 1961.2753
PIL	R2	N06-04-30.74E	8.583214	355.56 0.005170 602.2949
PIL	R3	N01-30-19.14E	25.633855	119.10 0.005240 204.4045
PIL	R4	N00-42-38.75E	38.564976	79.15 0.005293 137.2521

Error Propagation

=====

Station Coordinate Standard Deviations (Meters)

NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test

Standard Deviations are Scaled by Total Error Factor

Station	E	N
R1	0.004408	0.002946
R2	0.004626	0.002426
R3	0.004644	0.002409
R4	0.004645	0.002424
P1	0.004221	0.003490
P2	0.004643	0.002401
P3	0.004645	0.002425
D1	0.004429	0.002898
D2	0.004611	0.002514
D3	0.004637	0.002434
D4	0.004642	0.002441
D5	0.004600	0.002525
D6	0.004270	0.003266
D7	0.003741	0.004628
0AZ	0.004645	0.002427
PIL	0.003868	0.001449

Station Coordinate Error Ellipses (Meters)

NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test

Error Ellipses are Scaled by Total Error Factor

Confidence Region = 95%

Station	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
R1	0.000000	0.000000	0-00
R2	0.000000	0.000000	0-00
R3	0.000000	0.000000	0-00
R4	0.000000	0.000000	0-00
P1	0.000000	0.000000	0-00
P2	0.000000	0.000000	0-00
P3	0.000000	0.000000	0-00
D1	0.000000	0.000000	0-00
D2	0.000000	0.000000	0-00
D3	0.000000	0.000000	0-00
D4	0.000000	0.000000	0-00
D5	0.000000	0.000000	0-00
D6	0.000000	0.000000	0-00
D7	0.000000	0.000000	0-00
0AZ	0.000000	0.000000	0-00
PIL	0.009480	0.003515	93-05

Relative Error Ellipses (Meters)

NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test

Relative Error Ellipses are Scaled by Total Error Factor

Confidence Region = 95%

Stations		Semi-Major	Semi-Minor	Azimuth of
From	To	Axis	Axis	Major Axis
0AZ	PIL	0.014796	0.005297	90-16
D1	PIL	0.014555	0.005163	109-39
D2	PIL	0.014704	0.005180	82-43
D3	PIL	0.014766	0.005206	86-44
D4	PIL	0.014780	0.005296	88-10
D5	PIL	0.014772	0.005299	98-49
D6	PIL	0.014303	0.005266	116-56
D7	PIL	0.011926	0.005478	8-46
P1	PIL	0.013908	0.005210	60-13
P2	PIL	0.014802	0.005213	91-50
P3	PIL	0.014797	0.005293	90-38
PIL	R1	0.014524	0.005164	110-41
PIL	R2	0.014796	0.005169	95-50
PIL	R3	0.014801	0.005240	91-38
PIL	R4	0.014799	0.005293	90-55

Positional Tolerance Check (Meters)

NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test

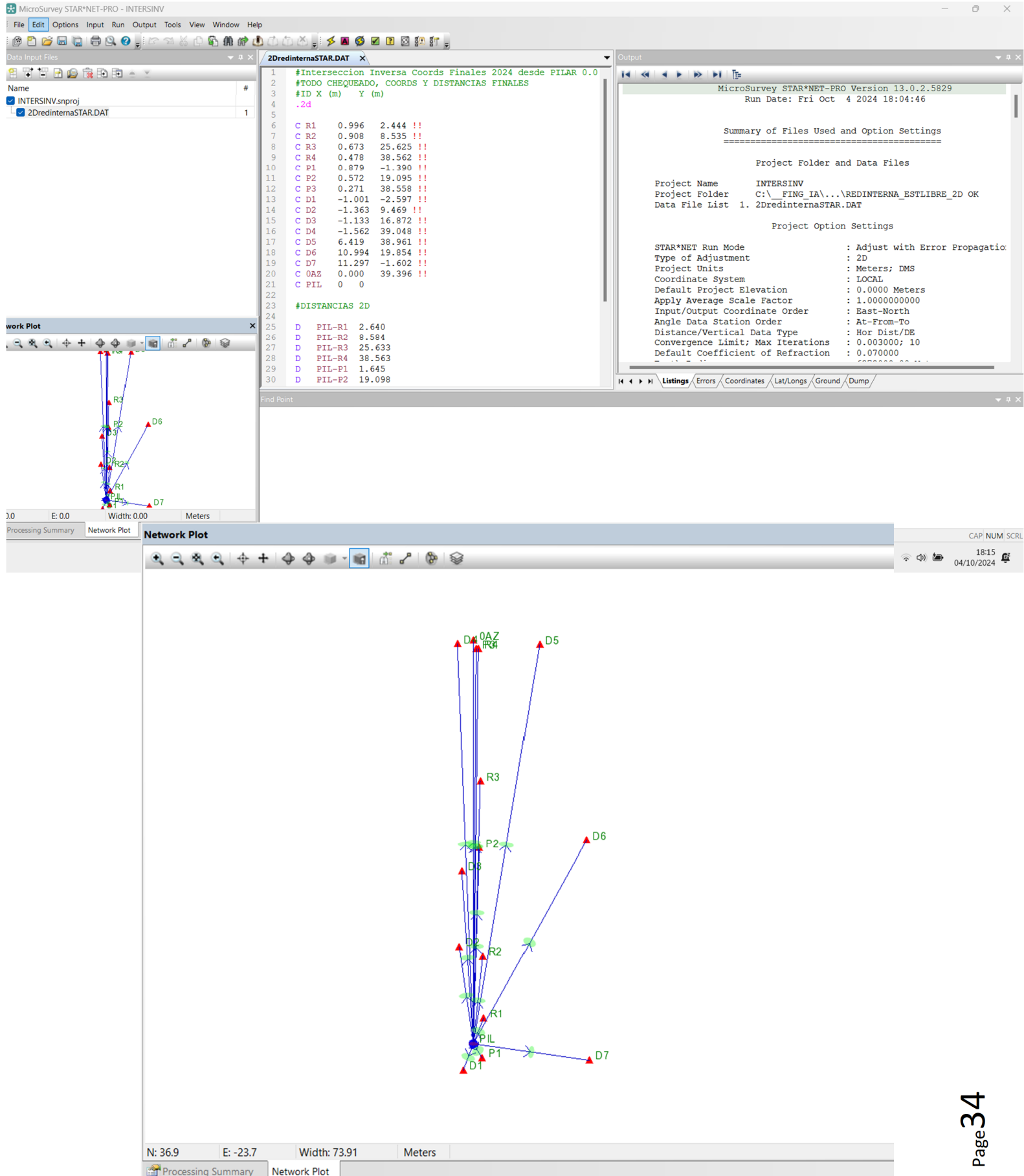
Relative Error Ellipses are Scaled by Total Error Factor

Allowable Tolerance = 0.0100 + 1 PPM

Tolerance Check Confidence Region = 95%

Listing Failures Only

Stations		Horizontal	Semi-Major-Axis		Ratio
From	To	Distance	Actual	Allowed	Actual/Allowed
0AZ	PIL	39.3960	0.0148	0.0100	1.4738 *
D1	PIL	2.7831	0.0146	0.0100	1.4551 *
D2	PIL	9.5665	0.0147	0.0100	1.4690 *
D3	PIL	16.9100	0.0148	0.0100	1.4741 *
D4	PIL	39.0792	0.0148	0.0100	1.4723 *
D5	PIL	39.4863	0.0148	0.0100	1.4714 *
D6	PIL	22.6949	0.0143	0.0100	1.4271 *
D7	PIL	11.4104	0.0119	0.0100	1.1912 *
P1	PIL	1.6448	0.0139	0.0100	1.3906 *
P2	PIL	19.1036	0.0148	0.0100	1.4773 *
P3	PIL	38.5590	0.0148	0.0100	1.4741 *
PIL	R1	2.6393	0.0145	0.0100	1.4521 *
PIL	R2	8.5832	0.0148	0.0100	1.4783 *
PIL	R3	25.6339	0.0148	0.0100	1.4763 *
PIL	R4	38.5650	0.0148	0.0100	1.4742 *



Resumen Ejecutivo

Antes de dar una conclusión general abordaremos la discordancia teórica que obtuvimos, ya que las precisiones obtenidas de los reperes que fueron medidos con un prisma, fueron más precisas en comparación contra los valores obtenidos de los vértices de centrado forzoso, medidos con el mismo prisma pero ahora con base nivelante.

El factor que se intuye como generante de estas condiciones es el hecho de la falta de una calibración más fina del soporte del prisma, pues este al momento de colocarlo en la base nivelante (ya nivelada), si bien la burbuja de nivelación del prisma se encontraba dentro de la tolerancia del mismo, no se encontraba centrada completamente en este.

Resultados Generales

En este estudio se realizó un análisis comparativo de las coordenadas observadas y las coordenadas de referencia proporcionadas por el equipo docente. Se identificaron y eliminaron outliers utilizando el Test de Grubbs, asegurando así la fiabilidad de los resultados. Se calcularon los promedios de las coordenadas (x, y, z) después de la depuración de datos, lo que permitió obtener un conjunto de coordenadas finales para cada punto medido.

Comparación con Mediciones de Docentes

Las diferencias entre las coordenadas obtenidas y las de referencia suministradas por los profesores se mantuvieron dentro de las varianzas aceptables según las normas ISO para una certeza del 95%. Las medidas obtenidas se consideraron cercanas a los valores patrón, indicando una buena serie de mediciones y el cumplimiento de los criterios de medición y buenas prácticas. Se observó una menor varianza en las observaciones realizadas con prisma en comparación con las de base nivelante.

Comparación con el Preamálisis

Las tolerancias establecidas en el preanálisis se cumplieron adecuadamente. Las diferencias observadas estuvieron dentro de las incertidumbres esperadas para un 95% de confianza. Esto demuestra que las mediciones realizadas siguieron los criterios de precisión y exactitud esperados, y que los factores de error aleatorio y sistemático fueron controlados de manera efectiva. En resumen, las mediciones actuales son consistentes con las referencias proporcionadas, muestran mejoras en comparación con el

año anterior y cumplen con las expectativas del preanálisis, asegurando así la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos en este estudio.

COORDENADAS FINALES V2 DE LOS VERTICES DE LA RED RINIA

Coordenadas Validadas				Estudiantes Curso				Diferencias			
ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
R1	0.996	2.444	-0.340	R1	0.996	2.444	-0.344	R1	0.000	0.000	0.003
R2	0.908	8.535	-0.344	R2	0.908	8.534	-0.345	R2	0.000	0.001	0.001
R3	0.673	25.625	-0.351	R3	0.672	25.623	-0.354	R3	0.001	0.002	0.003
R4	0.478	38.562	-0.351	R4	0.477	38.561	-0.354	R4	0.001	0.001	0.002
P1	0.879	-1.39	-0.342	P1	0.880	-1.392	-0.344	P1	-0.001	0.002	0.002
P2	0.572	19.095	-0.365	P2	0.570	19.095	-0.364	P2	0.002	0.000	-0.001
P3	0.271	38.558	-0.356	P3	0.268	38.558	-0.357	P3	0.003	0.000	0.001
D1	-1.001	-2.597	1.046	D1	-1.002	-2.597	1.048	D1	0.001	0.000	-0.002
D2	-1.363	9.469	1.444	D2	-1.362	9.467	1.446	D2	-0.001	0.002	-0.002
D3	-1.133	16.872	1.451	D3	-1.133	16.870	1.454	D3	0.000	0.002	-0.003
D4	-1.562	39.048	1.448	D4	-1.561	39.047	1.448	D4	-0.001	0.001	0.000
D5	6.419	38.961	-2.717	D5	6.420	38.961	-2.716	D5	-0.001	0.000	-0.001
D6	10.994	19.854	-2.353	D6	10.994	19.853	-2.353	D6	0.000	0.001	0.000
D7	11.297	-1.602	-1.148	D7	11.295	-1.603	-1.146	D7	0.002	0.001	-0.002
OAZ	0.000	39.396	0.840	OAZ	origen	azimut	origen				
ORIGEN AZIMUT ORIGEN											
R repes											
D dianas											
P centrados forzosos											
F.BARBATO											

Validado y Aprobado: *Prof.Fabián Barbato 04102024*

Bibliografía

- ❖ Apuntes del curso, Tema: Mínimos Cuadrados. Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura. Departamento de Topografía. Autores: Ing. Agrim. Fabián Barbato.
- ❖ Apuntes del curso, Tema: Varianza a priori - Varianza a posteriori. Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura. Departamento de Topografía. Autores: Ing. Agrim. Fabián Barbato.
- ❖ Leica FlexLine - TS02/TS06/TS09 - Manual de empleo. Disponible en:
https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Leica/Leica%20TS02%20TS06%20TS09%20FLEXLINE%20ESP_V2.0.pdf
- ❖ MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL. (2011). M.I. LEOPOLDO HERNÁNDEZ VALENCIA. Disponible en:
https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf
- ❖ ISO 17.123, Part 5 : Electro-optical distance meters (EDM instruments), 2018.
- ❖ ISO 17.123, Part 5 : Electro-optical distance meters (EDM instruments), 2005.
- ❖ M Chueca Pazos – Tratado de Topografía 1: “Teoría de errores e Instrumentación”, 1996.
- ❖ Ghilani, C. and P. Wolf. Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, 2006.
- ❖ VIM (Vocabulario Internacional de Metrología) 3ra edición, 2012.
- ❖ Sokkia, Serie10K, Manual del operador 2da edición, 2006.
- ❖ Incertidumbres en la medida de ángulos, distancias y desniveles. (2020). Alejandro Blandon Santana. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/485929831/Incertidumbre-de-la-determinacion-de-mensurandos-de-topografia>
- ❖ Tema 2: Incertidumbres y errores en Topografía. J.L. de la Cruz González. Disponible en:
https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/725/mod_label/intro/Tema_2_Incertidumbre_Observaciones_Topograficas.pdf