



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y**  
**AGRIMENSURA**



**COMPARACIÓN ALTIMETRICA DE NIVELACIÓN**  
**GEOMÉTRICA Y TRIGONOMÉTRICA EN LA PROVINCIA**  
**ISLAY**  
**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MONTESINOS QUINCHO CLAUDIA**

**Bach. SANCHEZ VILCA SERGIO DANIEL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*Con inmenso cariño y gratitud, el trabajo va dedicado a mis padres, Tomas Calixto y Julia por su preocupación, sacrificio y apoyo incondicional en mi formación profesional.*

*Con fraternal afecto a mis hermanos(a); Roger, Alber, Fredy y Yudith por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios. Quienes con su apoyo siempre me mostraron el camino a seguir.*

*Con mucho aprecio a mis sobrinos(a); Marck Gino, Erick, Andree y Leyla Thaiz por sus risas, cariño, amor y grandes manifestaciones de afecto son una gran bendición de Dios que dan muestra de las buenas cosas que los sobrinos(a) tienen para ofrecer, y con ello, nuestra familia en general.*

*A mi compañero Sergio Daniel Sánchez Vilca que de la mano avanzamos poco a poco, pese a las dificultades que se nos presentó durante la ejecución del presente proyecto de investigación.*

*A mis amigos, amigas, a todas aquellas personas, que alguna vez me brindaron su amistad, en especial a Katy Jiménez por su apoyo incondicional.*

***Claudia Montesinos***



## DEDICATORIA

*Con gran fe dedico el presente proyecto de investigación primeramente a Dios por la dicha de la vida, a mi hermana Virginia que está a lado de Dios porque siempre fue un gran apoyo en mi vida.*

*Con cariño y agradecimiento a mis padres Martin y Jacinta, porque gracias a su constante apoyo culmine mis estudios superiores.*

*A mis hermanas que siempre me apoyaron en todo momento al igualmente a mis sobrinos en especial a Adair, porque me demostró gran fortaleza.*

*A mi compañera de investigación Claudia Montesinos Quincho, por su apoyo y compromiso para la ejecución de este proyecto y su fortaleza para salir adelante.*

***Sergio Daniel Sanchez Vilca***



## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de ingeniería Topográfica y Agrimensura, por darnos la oportunidad de formarnos académicamente.
- A la plana Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura por ser parte de nuestra formación profesional a todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos y valores.
- Agradecemos a nuestro Director y Asesor Ing. Arturo J. ventura Mamani por su orientación por sus valiosos consejos y por sus diferentes contribuciones y sus observaciones en esta Investigación.
- A los miembros del Jurado, por sus instrucciones y orientaciones lo cual permitieron la culminación de este proyecto de investigación.





## ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14**

1.1.1. Problema General ..... 14

1.1.2. Problema específico ..... 14

**1.2. JUSTIFICACIÓN..... 15**

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 16**

1.3.1. Hipótesis General ..... 16

1.3.2. Hipótesis Específico ..... 16

**1.4. OBJETIVOS ..... 16**

1.4.1. Objetivo general ..... 16

1.4.2. Objetivos específicos..... 16

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES ..... 17**

**2.2. MARCO TEÓRICO..... 19**

2.2.1. Nivelación ..... 19

2.2.2. Altimetría..... 19

2.2.3. Desnivel entre dos puntos..... 20

2.2.4. Clases de Nivelación ..... 20

**2.3. MARCO CONCEPTUAL..... 33**



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. EQUIPOS Y MATERIALES .....</b>	<b>42</b>
3.1.1. Equipos .....	42
3.1.2. Materiales .....	43
3.1.3. Herramientas .....	44
<b>3.2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>44</b>
3.2.1. Localización de área de estudio.....	44
3.2.2. Demarcación del área de estudio.....	44
<b>3.3. DESARROLLO DE METODOLOGIA DEL TRABAJO.....</b>	<b>46</b>
3.3.1. Tipo de Investigación .....	46
3.3.2. Población y Muestra.....	46
3.3.3. Variables.....	46
3.3.4. Datos Existentes .....	46
3.3.5. Obtencion De Datos .....	48
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>76</b>
<b>4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>83</b>
<b>4.3. DISCUSIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

**ÁREA:** Ciencias Naturales

**TEMA:** Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro

**FECHA DE SUSTENTACION:** 06 de enero del 2020



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calculo de desniveles entre dos puntos .....	20
Figura 2. Método doble punto de cambio- ilustración.....	23
Figura 3. Método por doble puesta de instrumento .....	24
Figura 4. Nivelación ida y vuelta, ejemplo ilustrativo.....	24
Figura 5. Comprobación de nivelación ida y vuelta .....	25
Figura 6. Obtencion de desnivel (Nivelacion Indirecta).....	29
Figura 7. Lectura con estación total.....	30
Figura 8. Descripcion de bench mark .....	35
Figura 9. Promedio de pleamar y bajamar, Nivel $\pm 0,00$ Promedio .....	39
Figura 10. Descripción de niveles respecto a la superficie terrestre.....	40
Figura 11. Localización nacional, provincial y local del área de estudio. ....	44
Figura 12. Tramo poligonal abierta Matarani – Mejia.....	45
Figura 13. Tramo poligonal abierta Mejia – La Curva .....	45
Figura 14. Montaje de instrumento nivel de ingeniero. ....	48
Figura 15. Verificación del tramo y toma de datos.....	49
Figura 16. Ejemplo ilustrativo de una nivelación geométrica .....	49
Figura 17. Importación de datos en microsurvey Starnet .....	52
Figura 18. Configuración de precisión de microsurvey starnet .....	53
Figura 19. Estación de equipo en BM – MP – 02, Matarani. ....	58
Figura 20. Montaje y presentado de prisma nivelacion trigonométrica. ....	59
Figura 21. Importación de datos para calculo de alturas ortometricas .....	68
Figura 22. Configuracion del programa - Microsurvey Starnet.....	69
Figura 23. Importación de modelo geoidal EGM 2008 - Microsurvey Starnet .....	70
Figura 24. Diagrama de cajas – T student .....	81
Figura 25. Diagrama de cajas .....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Corrección de nivel aparente, nivelación indirecta. ....	32
Tabla N° 2. Especificaciones técnicas Estación Total TOPCON ES – 105 .....	42
Tabla N° 3. Especificaciones Técnicas Nivel LEICA NA720 .....	43
Tabla N° 4. Descripción de marca de cota fija (MCF) – MP 2 .....	47
Tabla N° 5. Descripción de marca de cota fija (MCF) – MEJ-001 .....	47
Tabla N° 6. Descripción de marca de cota fija (MCF) – PDM – 457 .....	47
Tabla N° 7. Libreta de recolección de datos nivelación geométrica (MP – 2 a Pt – 1)..	50
Tabla N° 8. Desniveles de BM auxiliares, tramo Matarani – Mejia y Mejia. ....	51
Tabla N° 9. Elevaciones ajustadas y propagación de error - (N.G. Matarani – Mejia)..	54
Tabla N° 10. Ajuste de nivel diferencial observaciones. (N.G. Matarani – Mejia).....	55
Tabla N° 11. Número observaciones y desniveles - (N.G. Mejia-Curva) .....	56
Tabla N° 12. Ajustadas - Nivel diferencial observaciones - (N.G. Mejia-Curva).....	57
Tabla N° 13. Datos de nivelación trigonométrica (tramo Matarani – Mejia).....	60
Tabla N° 14. Datos de campo, nivelación trigonométrica (tramo Mejia – La curva) ....	61
Tabla N° 15. Número de nivel diferencial observaciones (N.T. Matarani – Mejia) .....	62
Tabla N° 16. Ajustadas nivel diferencial observaciones (N.T. Matarani –Mejia).....	63
Tabla N° 17. Número de nivel diferencial observaciones (N.T. Mejia – Curva).....	64
Tabla N° 18. Observaciones ajustadas y residuales (N.T. Mejia – Curva).....	65
Tabla N° 19. Cálculos de residual y distancias por método de nivelacion. ....	67
Tabla N° 20. Datos de sistema de coordenadas. ....	70
Tabla N° 21. Posiciones ajustadas y alturas Elipsoidales. ....	72
Tabla N° 22. Cuadro de resultados de altitudes calculadas por método.....	74
Tabla N° 23. Datos de residuales – comparación de métodos tramo: Matarani - Mejia	77
Tabla N° 24. Resumen de procesamiento de casos. (Matarani – Mejia).....	78
Tabla N° 25. Prueba de Normalidad (Matarani – Mejia) .....	78



Tabla N° 26. Estadística de grupo (Matarani – Mejia).....	79
Tabla N° 27. Prueba de muestras independientes (Matarani- Mejia).....	79
Tabla N° 28. Tabla de cálculos t student (tramo Matarani Mejia) .....	80
Tabla N° 29. Diferencia entre desnivel por método. ....	84
Tabla N° 30. Descriptivo - ANOVA .....	85
Tabla N° 31. ANOVA – Prueba unifactorial.....	85
Tabla N° 32. Comparaciones Múltiples – prueba post hoc .....	85
Tabla N° 33. Tabla comparativa de Tukey .....	86



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

IGN	: Instituto Geográfico Nacional.
BM	: Bench Mark.
NMM	: Nivel Medio del Mar.
NG	: Nivelación Geométrica.
NT	: Nivelación Trigonométrica.
NAP	: Red de nivelación nacional de alta precisión.
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Sistema Satelital de Navegación Global).



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación COMPARACIÓN ALTIMETRICA DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA Y TRIGONOMÉTRICA EN LA PROVINCIA ISLAY. Se realizó en las localidades que comprenden los tramos; Tramo I: Matarani – Mejía y Tramo II: Mejía – La Curva, en la provincia de Islay. Hoy en día el punto de control altimétrico se puede obtener mediante una serie de diferentes métodos, desde nivelación trigonométrica basada con el uso de equipos como teodolitos, estación total, así mismo la nivelación geométrica es un método directo, con el uso de nivel de ingeniero, con una mayor precisión en el trabajo de control altimétrico. Se realizó la investigación con el objetivo de diferenciar los desniveles entre la nivelación geométrica por el método de doble punto de cambio, nivelación trigonométrica, y las alturas elipsoidales, en una poligonal abierta a distancias mayores a 10 km. Lo que se quiere determinar si existe diferencia significativa en el error medio entre los métodos de nivelación geométrica y trigonométrica, y el método preciso para un control altimétrico. Para la obtención de resultados se obtuvo la base datos obtenidos de los métodos de nivelación geométrica y trigonométrica; la compensación y cálculos de error se realizó con el Software Microsurvey Starnet. La investigación se determinó con el análisis de t student, con el que se obtuvo la relación de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio y la nivelación trigonométrica por el método de la estación total, el nivel de significancia que se tomo fue de 5%, se obtuvo un P-valor = 0.0000000146 y la desviación estándar  $\sigma_1 = 0.000198009$  m para nivelación geométrica y para la nivelación trigonométrica con una desviación estándar  $\sigma_2 = 0.001518009$  m, por lo cual el método geométrico presenta mayor precisión; con el análisis ANOVA se obtuvo P-valor = 0.003 y con las comparaciones estadísticas de nivelación geométrica y trigonométrica con una media de 0.01935050 m, nivelación trigonométrica y alturas elipsoidales con una media de 0.10834350 m y nivelación geométrica y alturas elipsoidales con una media y 0.11547100 m, por lo cual se concluyó diciendo que las alturas elipsoidales no son consideradas similar que las altitudes de nivelación geométrica y trigonométrica.

**Palabras Claves:** Nivelación, Geométrica, Trigonométrica, IGN, Desnivel, Altitud.



## ABSTRACT

The present research work ALTIMETRIC COMPARISON OF GEOMETRIC AND TRIGONOMETRIC LEVELS IN THE ISLAY PROVINCE. It was carried out in the towns that comprise the sections; Section I: Matarani - Mejia and Section II: Mejia - La Curva, in the province of Islay. Nowadays the altimetric control point can be obtained by a series of different methods, from trigonometric levelling based on the use of equipment such as theodolites, total station, likewise the geometric levelling is a direct method, with the use of engineer level, with a greater precision in the altimetric control work. The research was carried out with the objective of differentiating the differences between the geometric leveling by the method of double point of change, trigonometric leveling, and the ellipsoidal heights, in an open polygonal at distances greater than 10 km. The aim is to determine whether there is a significant difference in mean error between the geometric and trigonometric levelling methods and the precise method for an altimeter control. To obtain the results, the data obtained from the geometric and trigonometric levelling methods was obtained; the compensation and error calculations were made with the Microsurvey Starnet Software. The research was determined with the t student analysis, with which the geometric leveling relation was obtained by the double point change method and the trigonometric leveling by the total station method, the level of significance that was taken was 5%, a P-value = 0.0000000146 and the standard deviation  $\sigma_1 = 0.000198009$  m for geometric leveling and for trigonometric leveling with a standard deviation  $\sigma_2 = 0.001518009$  m, so the geometric method has greater precision; with the ANOVA analysis, P-value = 0.003 was obtained and with the statistical comparisons of geometric and trigonometric levelling with a mean of 0.01935050 m, trigonometric levelling and ellipsoidal heights with a mean of 0.10834350 m and geometric leveling and ellipsoidal heights with a mean and 0.11547100 m, for which it was concluded that the ellipsoidal heights are not considered similar to the geometric and trigonometric leveling heights.

**Keywords:** Levelling, Geometry, Trigonometry, NGI, Unevenness, Altitude.





## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, el desarrollo de las comunicaciones y las herramientas Informáticas han producido un acrecentamiento tal en la posibilidad de obtener, almacenar, procesar e intercambiar información, que en el caso de la Geodesia se encuentra directamente relacionada con el trabajo de tipo espacial. A fin de definir con precisión la altitud de un punto en el terreno.(Instituto Geografico Nacional, 2016)

Los trabajos alimétricos, o nivelaciones de terrenos, tienen por objeto determinar la altura de sus puntos sobre una superficie de nivel, que se toma como superficie de comparación y se denominan cotas. La cota de un punto referido al nivel del mar se llamará altitud. En todo trabajo ha de partirse de un punto de origen de altitud conocida o de cota arbitraria. En la nivelación, a diferencia de la representación plana de la topografía, debemos tener sumo cuidado con los errores, puesto que en alimetría las superficies de nivel hemos de considerarlas esféricas. Debemos tener presente los errores de esfericidad y de refracción y que los mismos estén contenidos dentro de las tolerancias exigibles.(Bannister & Raymond, 1987)

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación, busca encontrar alturas más adecuadas y precisas para un control alimétrico, de la poligonal abierta que está comprendida entre las localidades de: Matarani – Mejia Tramo I y Mejia-La curva Tramo II. Se emplea el nivel de ingeniero y estación total para la recolectar los datos de campo y los cálculos de ángulos verticales, distancias inclinadas, desniveles, altura de instrumento, para la nivelación trigonometría y la nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio. Tomando como puntos de control los BM (Bench Mark) a cada inicio y final por cada tramo, establecidos por el IGN (Instituto Geográfico Nacional del Perú) con la obtención de datos, se realizó los análisis estadísticos por cada objetivo de nuestra investigación con sus resultados y discusiones correspondientes.

La presente investigación finaliza con el análisis de las conclusiones de nuestros objetivos trazados, recomendaciones a partir de nuestros resultados obtenidos y los anexos necesarios para el estudio realizado.



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La nivelación geométrica a nivel mundial es aun el método más confiable en la obtención de desniveles con mayor precisión en comparación de los métodos GNSS, y la nivelación trigonométrica para la obtención de las altitudes, es fundamental que se de una precisión milimétrica para trabajos de ingeniería, para la elaboración de proyectos, a nivel nacional aún hay una serie de dudas para la obtención de datos altimétricos con los diferentes métodos encontrados hasta el momento, la aplicación del método doble punto de cambio es de manera directa sin tener que realizar una nivelación cerrada que acorta el tiempo en la obtención de cotas o altitudes; el método GNSS presenta un menor costo y tiempo de trabajo pero con deficiente precisión altimétrica.

En el control altimétrico para trabajos en la elaboración de proyectos o ejecución, en los diferentes campos de la ingeniería, los desniveles son de suma importancia, la nivelación geométrica es indispensable y requerida, aunque represente un mayor gasto y tiempo de trabajo. Por lo cual es necesario analizar métodos de nivelación geométrica más rápidos y precisos.

### 1.1.1. Problema General

¿Con la aplicación de la nivelación geométrica mediante el método de doble punto de cambio se obtendrá un menor error para el control altimétrico en comparación a una nivelación trigonométrica y alturas elipsoidales, en la provincia de Islay?

### 1.1.2. Problema específico

- ¿Existe una diferencia significativa entre la nivelación geométrica y trigonométrica a partir de BM establecidos por el IGN?
- ¿Cuál es la precisión de nivelación geométrica empleando el método de doble punto de cambio y la nivelación trigonométrica en una poligonal abierta a distancias mayores de 10 km?



## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Los proyectos de ingeniería que se ejecutan se requieren conocer las alturas ortométricas en los BM'S de las redes de nivelación del proyecto. La forma tradicional de obtener nuevos BM'S auxiliares es a través de la nivelación geométrica este proceso requiere de equipos, personal calificado, tiempo y técnicas de procesamiento de datos, todos estos procesos tienen un costo elevado.(Acero Velo & Serruto Flores, 2018). El control altimétrico es de gran importancia ya que es utilizado en la construcción de drenajes, riego, perfiles longitudinales y transversales para el estudio de diseños de carreteras, canales, instalación de tuberías.(Navarro Hudiel, 2010)

Se justifica el presente proyecto porque se desea determinar la precisión de la nivelación geométrica empleando el método doble punto de cambio a mayores distancias en poligonales abiertas tomado como puntos de control los BM (Bench Mark) que constituyen la Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional establecidas por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) puntos de primer orden. Esto para que no sea necesario realizar la tradicional nivelación de ida y vuelta o circuito cerrado que es recomendado para colocado de BM, a partir del dicho método establecer estos puntos de control altimétrico confiables y precisos que denoten un menor costo y tiempo de trabajo por ser un método directo,

De igual manera justificamos el proyecto para realizar una comparación entre la nivelación geométrica y nivelación trigonométrica, que le atribuyen inmediatamente la clasificación de "mediana precisión"(Albornoz Olivares, 2013). Al realizar esta comparación vemos el grado de precisión y así determinamos el grado de confiabilidad en poligonales abiertas y recomendar las áreas de trabajo en las que podrán intervenir.



## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 1.3.1. Hipótesis General

Existe diferencia entre desniveles de nivelación geométrica, nivelación trigonométrica y las alturas elipsoidales, en una poligonal abierta a distancias mayores de 10 km.

### 1.3.2. Hipótesis Específico

- Existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.
- La nivelación geométrica es más precisa a comparación de la nivelación trigonométrica en poligonales abiertas en distancias considerables.

## **1.4. OBJETIVOS**

### 1.4.1. Objetivo general

Determinar y comparar la diferencia entre desniveles de nivelación geométrica, nivelación trigonométrica y las alturas elipsoidales, en una poligonal abierta a distancias mayores de 10 km.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar si existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.
- Determinar el método preciso entre la nivelación geométrica y nivelación trigonométrica en poligonales abiertas en distancias considerables.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

Muchos Ingenieros Geomensores en la actualidad con sólo escuchar “Nivelación Trigonométrica” le atribuyen inmediatamente la clasificación de "mediana precisión", usando solamente la nivelación geométrica para la mayoría de sus trabajos. Sin embargo, se debe tener siempre en cuenta que el método conocido por la mayoría, no necesariamente es el mejor método. En esta tesis, se ofrece una metodología para nivelación trigonométrica de precisión que cumple con las tolerancias admisibles de error de cierre exigidas a la nivelación geométrica de precisión descrita por el Manual de Carreteras, de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en terreno durante el desarrollo de este trabajo.(Albornoz Olivares, 2013).

Cuando se requiere conocer con precisión la altura pseudo ortométrica en un lugar específico, es necesario llevar hasta allí una línea de nivelación, que suele ser costosa y consumidora de tiempo. Tener un modelo geoidal remedia éste y muchos otros problemas. Debido al cada vez más masivo uso del sistema de posicionamiento global y del desarrollo de este en materia de precisión en la obtención de datos planimétricos y altimétricos, se hace necesario y útil el aprovechamiento de esta tecnología. En este tema y centrándonos en la obtención de altura pseudo ortométrica, hasta que no se tenga un pleno conocimiento físico de la superficie terrestre, los modelos matemáticos de interpolación, extrapolación y finalmente predicción son los que posibilitan el uso de la tecnología GNNS en obras de ingeniería..(Ticona Kapquequi, 2012)

Las mediciones GNSS, tienen altas posibilidades de operatividad, a cualquier hora y bajo las condiciones propias del entorno, además de ser una técnica económica que ofrece precisiones de pocos centímetros, por medio de técnicas diferenciales, en coordenadas horizontales (latitud y longitud); sin embargo, la precisión no es tan alta en medidas verticales. Al comparar mediciones de alturas referidas al nivel medio del mar, con precisiones muy altas, a través de técnicas clásicas de la geodesia y alturas medidas con dispositivos GNSS, se encuentran grandes diferencias, debido a que están medidas con respecto a dos superficies diferentes: El elipsoide que es una Figura idealizada, que se aproxima a la figura de la tierra, y por otro lado una superficie equipotencial de referencia (EGM), que sufre alteraciones y deformaciones por fuerzas físicas.



Gravitacionales. Esta diferencia es el resultado de las variaciones de gravedad presente en el área de observación.(Llano Cruz & Gonzales Aceituno, 2018)

Para la validación de los estándares aceptables podemos apreciar en los cuadros N° 1 y N° 2 que el grado de precisión es dependiente a la precisión de los equipos y las normas que especifica el IGN peruano y corroborando con otros autores en la topografía podemos llegar a una conclusión de que el grado de precisión es aplicable al tipo de estudio a realizar. La confiabilidad es según la estadística de T estudent no hay significancia entre los métodos y tipos de precisión de equipos por que los errores están dentro de 0.001 a 0.01 m aceptables en rangos estándares de la topografía y la geodesia.(Álvarez Layme, 2012)

Los proyectos de ingeniería que se ejecutan se requieren conocer las alturas ortométricas en los BM'S de las redes de nivelación del proyecto. La forma tradicional de obtener nuevos BM'S auxiliares es a través de la nivelación geométrica este proceso requiere de equipos, personal calificado, tiempo y técnicas de procesamiento de datos, todo este procesos tienen un costo elevado por que a menudo que los BMS se encuentran en zonas de difícil acceso y requiere de mayor tiempo determinar la altura ortométrica.(Acero Velo & Serruto Flores, 2018)



## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Nivelación

Nivelación es un término genérico que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos a través de las cuales se determinan elevaciones o diferencia entre las mismas. Es una operación fundamental para tener los datos necesarios para la elaboración de mapas o planos de configuración y en proyectos de obras de ingeniería y construcción.

Los resultados de nivelación se utilizan en:

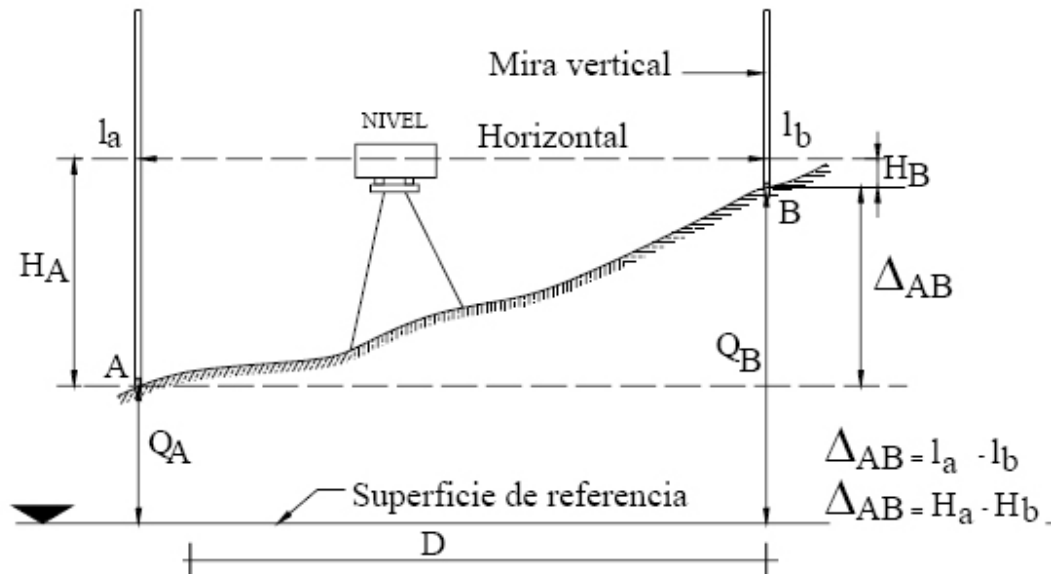
- En el proyecto de carreteras, vías férreas, canales, obras de drenaje y sistemas de suministros de agua cuyas pendientes se adopten en forma óptima a la topografía existente.
- En el trazo de construcciones de acuerdo con las elevaciones planeadas.
- En el cálculo de volúmenes de terracerías y otros materiales.
- En la investigación de las características de escurrimiento o drenaje de una región.
- En la elaboración de mapas y planos que muestren la configuración general del terreno.
- En el estudio de los movimientos de las placas de la corteza terrestre y el asentamiento de las mismas. (Wolf, Paul R; Brinker, 2010)

### 2.2.2. Altimetría

Nivelar significa determinar la altitud de un punto respecto a un plano horizontal de referencia. Esta concepción ha sido usada desde hace mucho tiempo atrás, prueba de ello son la existencia de las grandes fortalezas del imperio incaico, las pirámides de Egipto, o simplemente las construcciones modernas. Hoy en día la construcción de edificios, caminos canales y las grandes obras civiles no quedan exoneradas del proceso de nivelación; incluso los albañiles hacen uso del principio de vasos comunicantes para replantear en obra los niveles que indican los planos.(Mendoza Dueñas, 2017)

### 2.2.3. Desnivel entre dos puntos

El desnivel entre dos puntos muy distantes entre si se realiza por etapas o “estaciones”. Cada posicionamiento del instrumento se llama “estación” y puede ser de 50 metros y no mas de 150 m; lo ideal es ir posicionando el instrumento entre medio de los puntos ya que de esta manera se disminuye el error de paralaje del instrumento ( si lo tuviere) y la curvatura de la tierra. (Wolf, Paul R; Brinker, 2010)



**Figura 1. Calculo de desniveles entre dos puntos**

*Fuente: (Wolf, Paul R; Brinker, 2010)*

### 2.2.4. CLASES DE NIVELACIÓN

1. Nivelación directa ó Geométrica
  2. Nivelación indirecta
- ✓ Nivelación trigonométrica
  - ✓ Nivelación barométrica





## **Nivelación Geométrica**

Es el más preciso y utilizado de todos, se lleva a cabo mediante la utilización de un nivel óptico o electrónico, existen cuatro tipos de nivelación geométrica definidos según su precisión: 1° y 2° orden (utilizados en geodesia), 3° y 4° orden (utilizados en topografía), el procedimiento es igual en todos ellos, solo cambian los elementos utilizados para medir; y también podríamos diferenciar dos tipos más según el trabajo a realizar nivelación geométrica lineal (si se nivela desde un punto hasta otro siguiendo una trayectoria que una ambos) o nivelación geométrica de superficie ( cuando nivelamos un sector o una línea desde una misma estación referida a un mismo plano de referencia). El procedimiento para nivelaciones lineales sean estas topográficas o geodésicas es igual, solo cambia la precisión a alcanzar y los instrumentos a utilizar. Se realiza mediante lecturas efectuadas con el hilo medio del retículo del nivel, sobre una mira graduada que se coloca a una distancia no mayor de 60 o 70 m, estas lecturas se restan convenientemente entre si obteniéndose de esta manera el desnivel existente entre los dos puntos donde estuvo apoyada la mira. (Navarro Hudiel, 2010)

## **PRECISIÓN EN NIVELACIONES**

La precisión o tolerancia en los trabajos de nivelación está en función del trabajo a realizarse. Podemos decir que la nivelación tiene cuatro categorías dependiendo de la precisión que se desee en el levantamiento siendo estas:

### **Nivelación Aproximada**

Para reconocimientos, anteproyectos. Visuales se hacen hasta 300m de longitud. (Si el terreno lo permite) Lecturas de mira hasta el centímetro. No se tiene cuidado en guardar equidistancia entre las LE y LF. Error máximo en metros =  $\pm 0.08$  (D)  $\frac{1}{2}$  D: distancia en Km.

### **Nivelación ordinaria**

Es la usada en la mayor parte de los trabajos de nivelación. Usada en trabajos de carreteras, vías férreas y otras construcciones de obras civiles Visuales hasta 190 m de longitud. Lecturas de mira al milímetro. Equidistancia aproximada entre LE y



LF cuando se siguen itinerarios largos cuesta arriba y cuesta abajo. Error máximo en metros =  $\pm 0.024 (D)^{1/2}$  D: distancia en Km.

### **Nivelación De Alta Precisión**

Es la usada en trabajos de mayor precisión tal como la localización de banco de nivel geodésicos. Visuales 90 m de longitud. Lecturas de mira al milímetro. Equidistancia entre LE y LF. Error máximo en metros =  $\pm 0.004 (D)^{1/2}$  D: distancia en Km.

Se usa en la determinación de bancos de nivel muy distanciados entre ellos, en el establecimiento de B.M. así como en trabajos de geodesia de primer orden; las visuales pueden ser hasta 100 metros, la lectura en la mira puede tener una aproximación hasta 0,1 cm; el equipo debe ubicarse aproximadamente equidistante entre los puntos a nivelar, para ello basta medir por el método de estadía dichas distancias; el punto de apoyo de la mira debe ser un cuerpo sólido; el equipo debe estar protegido del sol; no obstante se recomienda no nivelar en días calurosos y/o de fuertes vientos. (Mendoza Dueñas, 2017)

$$E_{\max} = \pm 0.004 \sqrt{K}$$

### **COMPROBACIÓN DE LAS NIVELACIONES**

En toda nivelación el número de LE debe ser igual al número de LF. La suma de lecturas de espalda menos las lecturas de frente es igual a la diferencia entre cota inicial y cota final. O sea  $\sum LE - \sum LF = \text{Cota inicial} - \text{cota final}$ . Pero esto solo elimina la posibilidad de equivocación en los cálculos aritméticos o en anotaciones en libreta de campo, pero no indica que el trabajo haya sido realizado de forma correcta.

En las nivelaciones como en cualquier tipo de trabajo topográfico es necesario que los resultados tengan una debida comprobación, con el objetivo de detectar cualquier equivocación cometida y de poder controlar los errores propios del proceso natural del trabajo. Los principales tipos de comprobación son tres:

- ✓ Por doble punto de cambio
- ✓ Por doble puesta de instrumento
- ✓ Por nivelación de ida y vuelta

## Método de doble punto de cambio

En este procedimiento se emplean dos puntos de cambio por cada puesta del instrumento. El Procedimiento de campo a seguir es el siguiente: Con el instrumento situado en la primera posición se toma una mira de espalda sobre el punto de cota conocido BM-1 y miras de frente en los puntos de cambio PC-1 y PC-1'. En la segunda posición del instrumento se toman miras de espalda sobre los puntos PC-1 y PC-1' y miras de frente a los puntos PC-2 y PC-2' y se termina la nivelación tomando una lectura de frente en el BM-2 que es el punto que queremos conocer. La cota BM-2 puede ser calculada por dos rutas o caminos (BM-1, PC-1, PC-2, BM2 o BM-1, PC-1', PC-2', BM2). Si la diferencia entre los niveles está en el rango permisible la elevación del BM-2 será el promedio de las dos cotas calculadas por cada uno de los caminos.

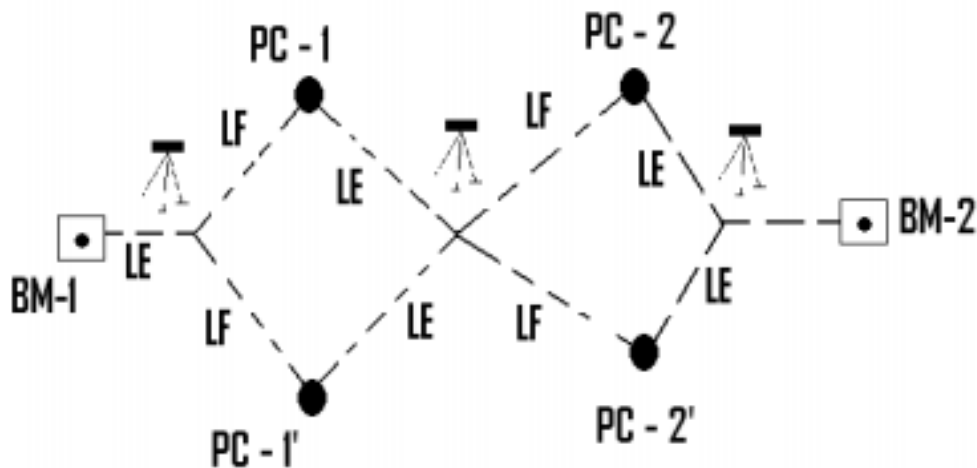


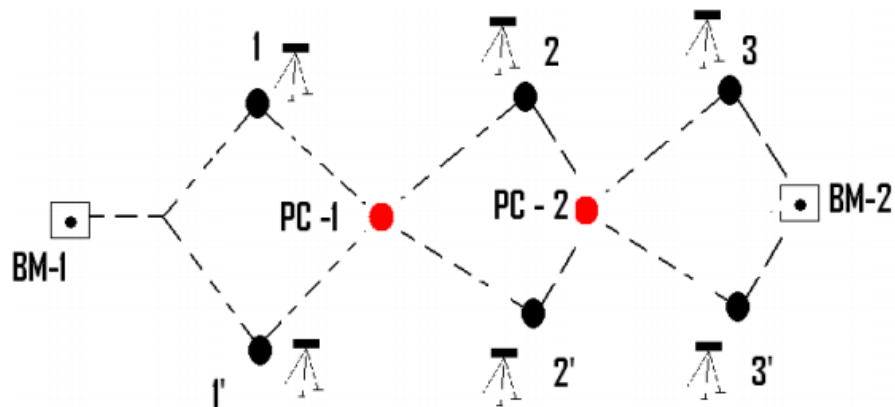
Figura 2. Método doble punto de cambio- ilustración

Fuente: (Instituto Geografico Nacional, 2016)

## Método por doble puesta de instrumento

Este método es similar al anterior con la salvedad que es necesario realizar dos puestas de instrumento para cada punto de cambio. En este método se llevan dos registros de campo, pero el proceso es mas lento y trabajoso ya que en cada nivelada se realizaran dos nivelaciones de instrumento. El procedimiento de campo es el siguiente: Con el instrumento en la posición 1 tomamos una lectura de espalda BM-1 y una lectura de frente en PC-1. con el instrumento en la posición 1' observamos de nuevo una mira de espalda

BM-1 y otra de frente al PC-1. El proceso se continua de esta forma hasta llegar al BM-2 que es la elevación que buscamos.

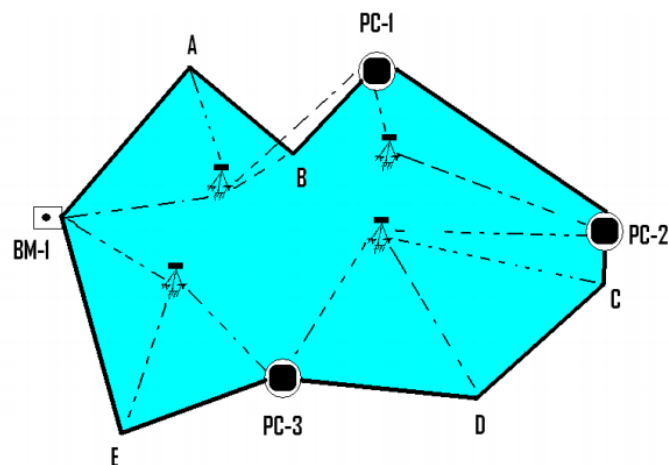


**Figura 3. Método por doble puesta de instrumento**

*Fuente: (Navarro Hudiel, 2010)*

### Método Nivelación de Ida y Vuelta

Cuando no existen puntos de cota definida, es el mejor método para comprobar el trabajo, es el mas practico y mas usado en la topografía para comprobar la nivelación, este método consiste en correr la nivelación de un BM inicial a uno final y luego se regresa partiendo del BM final al inicial por una ruta diferente a al primera, la forma de chequearse es que partiendo del BM final deberá llegarse al BM inicial con la misma elevación. Es preferible hacer la nivelación de vuelta en diferentes horas y días para trabajos de alta precisión.(Navarro Hudiel, 2010)



**Figura 4. Nivelación ida y vuelta, ejemplo ilustrativo.**

*Fuente: (Navarro Hudiel, 2010)*

Una vez realizado el cálculo de la libreta de campo se debe efectuar la comprobación de dicha nivelación. Para ello se utiliza la actividad A y B.

### A) Comprobación del cálculo matemático de la libreta

Muchas veces el cálculo de la libreta se realiza en campo, por ende, está sujeto a posibles errores, el cual se puede detectar con la siguiente expresión:

$$EL(+) - EL(-) = \text{Cota final} - \text{Cota inicial}$$

### B) Comprobación de la nivelación propiamente dicha

La comprobación de la libreta de campo, no indica si la nivelación es correcta, para ello es necesario verificar que el error accidental total sea menor que el máximo tolerable, el cual dependerá de la precisión buscada

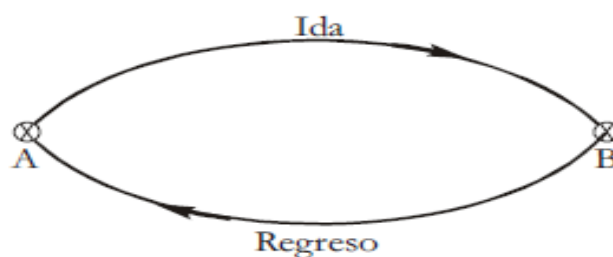
Existen dos casos:

#### B-1) Cuando sólo sea conocido un banco de nivel

Generalmente se utiliza cuando el objetivo es determinar la cota de uno o varios puntos específicos, partiendo de una cota conocida.

Cota conocida      A                                      cota por conocer      B

Para ello es necesario realizar la nivelación tanto de ida como de regreso. Teóricamente la cota inicial debe ser exactamente igual a la cota final, dado que es el mismo punto, en la práctica, siempre existe una diferencia entre dichas lecturas; a esta diferencia se le llama error de cierre alimétrico, su aceptación dependerá de la precisión que se busca. (Mendoza Dueñas, 2017)



**Figura 5. Comprobación de nivelación ida y vuelta**

*Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)*



## **B-2) cuando se conozcan dos bancos de nivel**

Generalmente se utiliza cuando el objetivo es determinar la configuración altimétrica del terreno a lo largo de una línea definida planimetricamente y que enlaza los puntos dados. Para ello es necesario realizar la nivelación de ida solamente. Teóricamente la cota final calculada, debe ser exactamente igual a la cota final conocida dado que es el mismo punto; en la práctica, siempre existe una diferencia entre dichas lecturas; a esa diferencia se le llama error de cierre altimétrico, su aceptación dependerá de la precisión que se busca. (Mendoza Dueñas, 2017)

Cota Conocida

Cota Conocida

A

B

## **CLASIFICACIÓN DE LA RED DE NIVELACIÓN**

La presencia de trancos de nivel o B.M., es importante en un país o una región, dado que estos servirán como puntos de partida para trabajos topográficos en obras de ingeniería. No todos los bancos de nivel tendrán la misma importancia o precisión, ello dependerá del grado u orden en el cual se involucre el circuito al cual pertenezca.

### **Nivelación de primer orden**

Se deben utilizar equipos de alta precisión, el proceso de campo debe ser de alta rigurosidad; los sub circuitos cerrados deben tener una longitud máxima de 4 kilómetros (2 de ida y 2 de regreso)

El error máximo en metros está limitado por:

$$E_{\max} = 0.004\sqrt{k}$$

Se usa generalmente en redes principales de un país así como enlace con cotas fijas en todas las estaciones mareográficas; la distancia entre cada banco puede variar entre 50 a 300 km.

### **Nivelación de segundo orden**

Difiere respecto a la de primer orden en el error máximo tolerable (en metros):



$$E_{\max} = 0.008\sqrt{k}$$

Se permitirá nivelar las líneas en un solo sentido cuando comiencen y terminen en bancos de nivel previa-mente establecido mediante nivelación de orden mayor; en dicho caso también rige:

Cota Conocida 1<sup>er</sup> orden    A

Cota Conocida 1<sup>er</sup> orden    B

Se usa en áreas urbanas para grandes y medianas obras de ingeniería, topografía y cartografía.

### **Nivelación de tercer orden**

Subdividen las nivelaciones de primer y/o segundo orden; el máximo error tolerable en metros es:

$$E_{\max} = 0.012\sqrt{k}$$

Se utiliza como dato altimétrico de arranque en trabajos de ingeniería menores o cartografía a pequeña escala.(Mendoza Dueñas, 2017)

### **NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN (NAP)**

**Tolerancias.** Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

Dónde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

$$T = 1,5 \text{ mm } \sqrt{K}$$



### Nivelación de Precisión (NP)

Tolerancias. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

- a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 2,5 \text{ mm} \sqrt{K}$$

Dónde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

- b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma.

### Nivelación Ordinaria (NO)

Para una Nivelación Ordinaria, se usará el tipo de nivelación indirecta (trigonométrica o satelital); siendo el procedimiento más rápido que se realiza para llevar la altura o cota de un punto a otro.

**Tolerancias.** Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia:

- a) El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:

$$T = 7,0 \text{ mm} \sqrt{K}$$

Dónde: K es la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros.

- b) Si al comparar el error de cierre con la tolerancia y resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma. (Instituto Geografico Nacional, 2016)



## NIVELACIÓN INDIRECTA

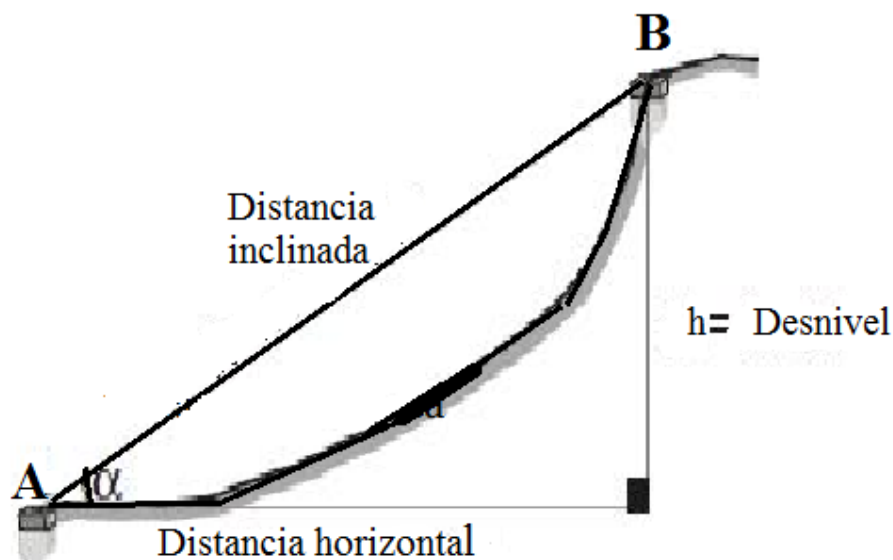
Este método se basa en el uso de un instrumento u operación matemática mediante el cual se calcula indirectamente el desnivel entre dos puntos.

Se emplea cuando no se requiere tanta precisión como para optar por una nivelación directa.

### Nivelación trigonométrica

La trigonométrica es el principio fundamental en este tipo de nivelación; en este método es preciso contar como datos: el ángulo vertical " $\alpha$ " y la distancia inclinada entre A y B o la correspondiente proyectada al horizonte, el objetivo a calcular el desnivel  $\Delta h$  entre dos puntos.

Se emplea mucho en terrenos ondulados y donde hay quebradas; en las exploraciones y reconocimiento mediante la utilización del eclímetro y distancia a pasos. En trabajos de mayor precisión, los ángulos se miden con teodolitos y las distancias con estadía. Hoy en día este método se usa masivamente con ayuda de la estación total; no obstante ello, la precisión por el método trigonométrico no es comparable con el geométrico. (Mendoza Dueñas, 2017)

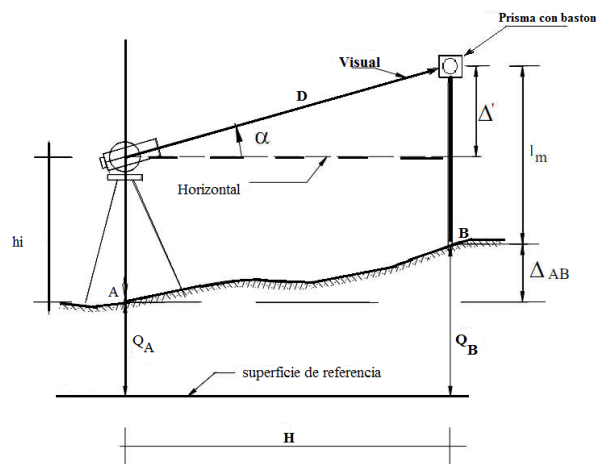


*Figura 6. Obtencion de desnivel (nivelacion indirecta)*

*Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)*

## Levantamiento con estación total

Consiste en ubicar la estación total en un punto de cota conocida, para luego medir la altura instrumental, mientras que el ayudante coloca la porta prisma vertical en un punto “B” cuya cota se desea conocer (previamente se debe medir la altura del mismo). Finalmente, el operador realiza la medición electrónica respectiva.



**Figura 7. Lectura con estación total**

*Fuente: (Navarro Hudiel, 2010)*

Analizando el nivel base:

$$\text{Cota A} + h + Dv = \text{Cota B} + H$$

$$\text{Cota B} - \text{Cota A} = Dv + (h - H)$$

Este método utiliza ángulos verticales para la determinación del desnivel entre dos puntos. Para realizar este método es primordial utilizar estaciones totales. (Mendoza Dueñas, 2017)

Las características de las mismas están definidas en las normas ISO 1900, generalizadas en:

### Distanciómetro de infrarrojos:

- Alcance: 2 000 m.
- Precisión:  $1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$



### Estación total:

- Sensibilidad: 30cc

- Aumentos: 30 x

Las ecuaciones generales utilizadas en la nivelación trigonométrica se pueden deducir de la siguiente manera:

$$\Delta_{AB} = D \operatorname{sen} \alpha + (1 - K) \left[ \frac{(D \cdot \cos \alpha)^2}{2R} \right] + (h_i - l_m)$$

En donde:

$\Delta_{AB}$  = Desnivel entre A y B

D = Distancia inclinada (en m.)

$\alpha$  = Angulo vertical de elevación

R = Radio de la tierra

(Ecuador = 6 378 137 m.)

(Polo = 6 356 752 m.)

K = Refracción de Gauss (0.16)

$h_i$  = Altura del instrumento

$l_m$  = Altura del prisma

El ángulo vertical se mide con una estación total.

El método de nivelación trigonométrica o por pendientes es de utilidad, cuando los puntos entre los que se desea conocer el desnivel se encuentran alejados pero existe visibilidad entre ellos, siendo de gran aplicación en terrenos montañosos. Este método de nivelación es menos preciso que el de la nivelación Geométrica. Para realizar una nivelación Trigonométrica es necesario que la estación total tenga un bastón de medición de altura de instrumento incorporado o poseer un dispositivo de medición de altura de equipo y que el bastón del prisma se nivele con un trípode fijo, además se debe tener convenientemente materializados y señalizados los puntos a desnivel. (Instituto Geografico Nacional, 2016).



### Corrección de nivel aparente (C)

Cuando la distancia horizontal entre los puntos a nivelar es muy grande hay que tener en cuenta el error de nivel aparente que viene a ser la suma de los errores producidos por la curvatura terrestre y la refracción atmosférica.

El análisis es similar al que se realizó en el método de nivelación geométrica.

$$C = \frac{6}{14} \left( \frac{D^2}{R} \right)$$

C: corrección de nivel aparente (siempre positivo)

D: distancia horizontal entre los puntos a nivelar

R: radio terrestre (6 400 km)

A continuación, se muestran algunos valores de C para diferentes distancias. (Mendoza Dueñas, 2017)

Tabla N° 1. Corrección de nivel aparente, nivelación indirecta.

D (m)	C (m)
0	0,0000
100	0,0007
250	0,004
500	0,017
1000	0,067
1500	0,15
2000	0,27
2500	0,42
3000	0,60

Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)



## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### **Ajuste**

Es el proceso de corregir observaciones para producir los mejores valores finales de los valores desconocidos.

### **Altimetría**

Es el conjunto o estudio de operaciones, métodos y procedimientos necesarios para definir y representar, numérica o gráficamente, el relieve del terreno con el fin de determinar las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación.

### **Altitud**

Es la distancia vertical referido a un origen determinado, (nivel medio del mar, geoide) a un punto superficial del terreno.

### **Altitud Ortométrica**

Es la distancia entre un punto en el terreno con respecto al geoide, medida a lo largo de la vertical del lugar. Generalmente se denomina elevación.

### **Altura**

Es la distancia vertical entre dos puntos en el terreno.

### **Altura Elipsoidal**

Las alturas elipsoidales ( $h$ ) representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y el elipsoide. Dicha separación se calcula sobre la línea perpendicular a este último. Las alturas elipsoidales son obtenidas a partir de las coordenadas geocéntricas cartesianas ( $X, Y, Z$ ) definidas sobre un elipsoide de referencia (p. ej. el modelo Geodetic Reference System 1980, GRS80, o el World Geodetic System 1984, WGS84, los cuales, en la práctica, son iguales), y determinadas a partir del posicionamiento satelital de los puntos de interés.



### **Altura Geoidal**

Distancia del geode sobre o por debajo del elipsoide de referencia. También se conoce como separación geoidal u ondulación geoidal.

### **Altura Nivelada**

Son las obtenidas por medio de métodos de nivelación clásicos y no tienen en cuenta la falta de paralelismo entre las superficies equipotenciales, originado por la irregular distribución de las masas internas de la Tierra.

### **Angulo Vertical**

Es un ángulo que existe entre dos líneas que se interceptan en un plano vertical.

### **ANOVA**

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes. Se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes y con distribución normal. Supuestas  $k$  poblaciones independientes, las hipótesis del contraste son siguientes: 1.  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales 2.  $H_1$ : Al menos dos medias poblacionales son distintas Para realizar el contraste ANOVA, se requieren  $k$  muestras independientes de la variable de interés. Una variable de agrupación denominada Factor y clasifica las observaciones de la variable en las distintas muestras. Suponiendo que la hipótesis nula es cierta, el estadístico utilizado en el análisis de varianza sigue una distribución F de Fisher-Snedecor con  $k-1$  y  $n-k$  grados de libertad, siendo  $k$  el número de muestras y  $n$  el número total de observaciones que participan en el estudio. (Behar Rivero, 2008)

### **Banco de Nivel**

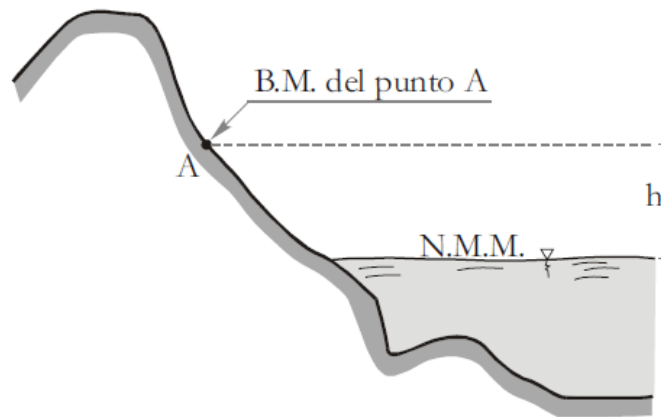
Punto de referencia cuya elevación con respecto a un plano es conocida. Se usa como punto de arranque o punto de cierre de una nivelación.

### **Bench Mark (B.M.)**

También conocida como Marca de Cota Fija, el cual es un punto de carácter permanente, del cual se conocen su ubicación, localización y altitud que ha sido determinada previamente por una nivelación de precisión. En casos excepcionales y/o especiales, donde no exista Red de Nivelación Nacional se podrá establecer una marca de cota referencial zonal que sirva de base para efectuar proyectos de nivelación local.

### **Bench Mark (B.M.)**

Es la altitud de un punto respecto al plano correspondiente al nivel medio del mar, se le llama también cota absoluta.



**Figura 8. Descripción de bench mark**

*Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)*

Todos los países tienen una red de nivelación con señales permanentes. En el Perú el Instituto geográfico Nacional (IGN) es la entidad que proporciona el B.M. de un punto cercano a la zona de trabajo.(Mendoza Dueñas, 2017).

### **Cenit o Zenit**

Punto del firmamento que corresponde verticalmente al lugar de la Tierra donde está situado el observador.

### **Control Vertical**

Serie de bancos de nivel u otros puntos de cota conocida que se colocan para un trabajo geodésico.



## **Datum**

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum geodésico se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales.

## **EGM 2008**

Modelo matemático de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial Intelligence Agency (NGA) de los Estados Unidos de América en el año 2008. Se trata de un modelo establecido para la transformación entre alturas.

## **Elevación o Cota**

Distancia medida sobre un plano vertical, desde un plano tomando como referencia

(Usualmente el nivel de mar), hasta el punto considerado.

## **Errores y Tolerancia**

Define que los errores principales en una nivelación con frecuencia son fallas de los instrumentos cuando estos no son revisados y ajustados antes de iniciar los trabajos, o por descuido del operador al momento de hacer la nivelación. Excepto algún defecto de fabricación, lo anterior puede reducirse a cero se revisa antes el aparato y se tiene cuidado al hacer las observaciones. (Alcantara Garcia, 2014)

Des corrección del instrumento produce cuando el eje de colimación del anteojo no es paralelo al eje de nivel de aire, permaneciendo la línea siempre inclinada, aunque la burbuja se encuentre encerrada. Cambios de temperatura; producidos por rayos solares, pero su efecto no reviste mayor importancia; la graduación de la mira, es independiente de la longitud nivelada, generalmente se origina por el desgaste en la parte inferior de la mira. Considera falta de perpendicularidad de la mira, asentamiento de trípode, puntos de





cambio defectuoso, desplazamiento de burbujas y la dilatación o contracción de mira. (Tassara C, 1999)

## **GNSS**

Es el acrónimo de GNSS (Global Navigation Satellite Systems) utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales NAVSTAR – GPS, GLONASS y a los nuevos sistemas de la Unión Europea GALILEO, el chino BEIDOU, el japonés QZSS y el Indio IRNSS.

## **Nivelación**

Es una operación para determinar desniveles entre dos o más puntos, y permite determinar las elevaciones o alturas de diversos puntos, midiendo las distancias verticales con referencia a una superficie de nivel cuya altura se conoce, y de esta manera se determina la elevación o cota de dichos puntos.

Llamamos Altimetría a aquella parte de la Topografía que estudia los métodos e instrumentos necesarios para definir el relieve del terreno, mediante la obtención de la elevación o altura de puntos del terreno respecto a una superficie de comparación o la diferencia de elevación o altura entre dos o más puntos del terreno.

En altimetría, las superficies de comparación que se toman como referencia para determinar la elevación de los puntos del terreno corresponden a las superficies equipotenciales del campo gravitatorio terrestre, denominadas también superficies de nivel. En ellas, la elevación de todos sus puntos es constante y la dirección de la gravedad es perpendicular en todos ellos. En realidad, debido al aplastamiento de la Tierra en la zona de los polos, las superficies de nivel a diferentes alturas y en diferentes latitudes no son verdaderamente concéntricas. De todas estas superficies de nivel, la más importante es a que corresponde a la de potencial cero, denominada geoide y definida como la resultante de prolongar idealmente la superficie de los mares en calma por debajo de los continentes. (Farjas Abadía, 2013)



## TIPOS DE NIVELACION

Al igual que en la taquimetría, existen varios métodos alimétricos. El más usado para obtener el desnivel entre dos puntos es el denominado “nivelación geométrica o *por alturas*”, también puede utilizarse la “nivelación trigonométrica o *por pendientes*” y, por último, la nivelación barométrica. De todas ellas, la más importante es la nivelación geométrica o por alturas y la más imprecisa la barométrica, hoy en día prácticamente en desuso.

Clasifica en dos: a) nivelación directa o geométrica, b) nivelación indirecta ( nivelación trigonométrica nivelación barométrica) (Mendoza Dueñas, 2017)

## NIVELACION DIRECTA

### Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica es un método de obtención de desniveles entre dos puntos, que utiliza visuales horizontales. Los equipos que se emplean son los niveles o equialtimetros. Los métodos de nivelación los clasificamos en simples cuando el desnivel a medir se determina con única observación. Aquellas nivelaciones que llevan consigo.(Farjas Abadía, 2013)

Conocida también como nivelación directa o nivelación diferencial, es el procedimiento mediante el cual se determinan las diferencias de nivel entre puntos, por medio de la medición o lectura de distancias verticales de forma directa.

Si los puntos a nivelar están alineados se llama nivelación longitudinal, en caso contrario se define como nivelación radial. Esta nivelación es la más precisa para realizar levantamientos alimétricos y controles topográficos en la construcción de obras civiles.

## NIVELACION INDIRECTA

### Nivelación Trigonométrica

La nivelación trigonométrica es el método de nivelación que utiliza ángulos verticales y distancias inclinadas para la determinación de diferencia de nivel entre dos puntos.(Albornoz Olivares, 2013)

La trigonometría es el principio fundamental en este tipo de nivelación; en este método es preciso contar como datos: el ángulo vertical " $\alpha$ " y la distancia inclinada entre A y B o la correspondiente proyectada al horizonte, el objetivo a calcular el desnivel  $\Delta h$  entre dos puntos.

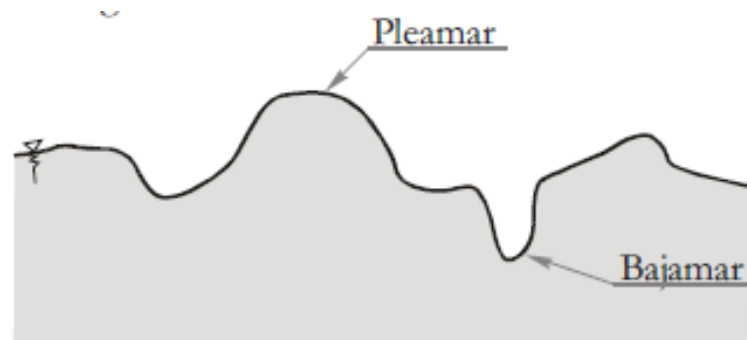
Se emplea mucho en terrenos ondulados y donde hay quebradas; en las exploraciones y reconocimiento mediante la utilización del eclímetro y distancia a pasos. En trabajos de mayor precisión, los ángulos se miden con teodolitos y las distancias con estadía. Hoy en día este método se usa masivamente con ayuda de la estación total; no obstante ello, la precisión por el método trigonométrico no es comparable con el geométrico.(Mendoza Dueñas, 2017)

### **Nivel Medio del Mar**

Es la altura promedio de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo aproximado de 19 años.(WOLF)

### **Nivel medio del mar (N.M.M)**

Es el nivel  $\pm 0,00$  adoptado convencionalmente y viene a ser el promedio de la máxima elevación del mar (PLEAMAR) y su máximo descenso (BAJAMAR) en un lugar.



**Figura 9. Promedio de pleamar y bajamar.**

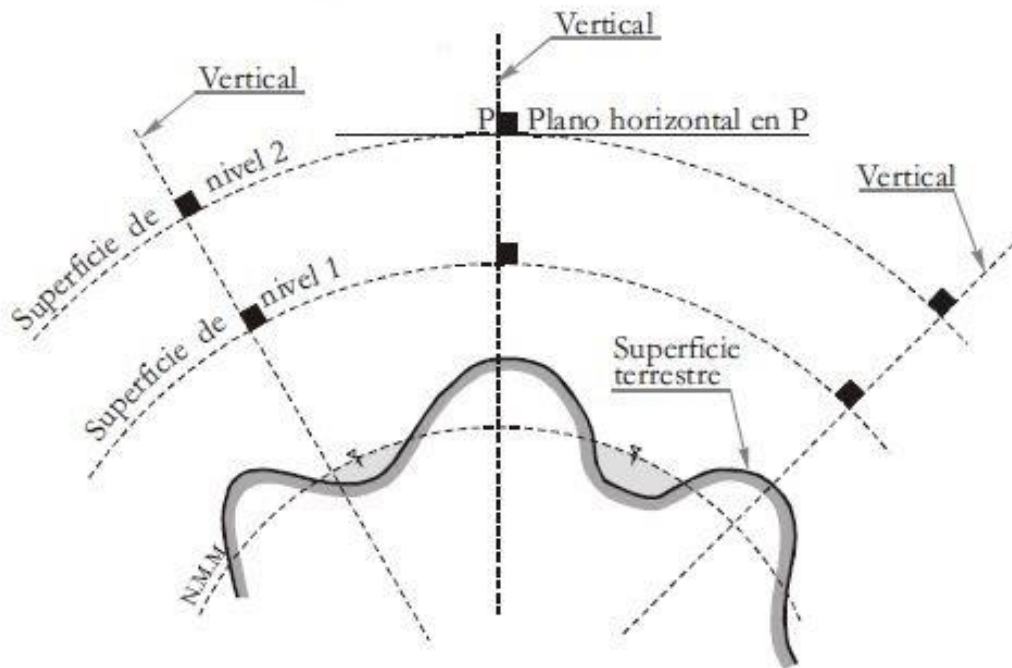
*Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)*

El movimiento de las aguas del mar se debe a la variación de la atracción gravitatoria de los astros (sol y luna) dando lugar a las oscilaciones que toman el nombre de flujo (elevación) y reflujo (descenso).El nivel medio del mar en un punto es la medida de las observaciones registradas en dicho punto por un mareógrafo en un período de varios años, con el objeto de anular todas las causas perturbadoras del equilibrio del agua.

En el Perú, la bajamar y la pleamar los publica mediante tablas la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú

### Plano horizontal

Es aquel plano perpendicular a la dirección de la vertical y tangente a una superficie de nivel en un solo punto.



**Figura 10. Descripción de niveles respecto a la superficie terrestre**

*Fuente: (Mendoza Dueñas, 2017)*

### Precisión

Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.

### Punto de Cambio

Es un punto sobre el cual se toma una vista más con el objeto de determinar la altura instrumental. La característica distintiva de un punto de cambio es que sobre él se dirigen dos visuales; una vista menos desde una posición del nivel y una vista más, de la siguiente posición.



## **Red Geodésica**

Es el conjunto de puntos, físicamente establecidos mediante marcas, hitos o señales sobre el terreno, medidos con gran precisión, que proporcionan las coordenadas geodésicas: Latitud, Longitud y Altitud. Se encuentran enlazados y ajustados a marcos geodésicos nacionales o mundiales. (Mendoza Dueñas, 2017)

## **T STUDENT**

La prueba t-Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente (aunque en este último caso es preferible realizar una prueba no paramétrica). Para conocer si se puede suponer que los datos siguen una distribución normal, se pueden realizar diversos contrastes llamados de bondad de ajuste, de los cuales el más usado es la prueba de Kolmogorov. A menudo, la prueba de Kolmogorov es referida erróneamente como prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que en realidad esta última, sirve para contrastar si dos poblaciones tienen la misma distribución. Otros tests empleados para la prueba de normalidad son debidos a Saphiro y Wilks. Existen dos versiones de la prueba t-Student: una que supone que las varianzas poblacionales son iguales y otra versión que no asume esto último. Para decidir si se puede suponer o no la igualdad de varianza en las dos poblaciones, se debe realizar previamente la prueba F-Snedecor de comparación de dos varianzas. (Behar Rivero, 2008)

## **Vista atrás o Vista de Espalda (V+)**

Es una visual tomada sobre una mira situada sobre un punto de elevación conocida para determinar qué tan alto está el plano de vista sobre ese punto y establecer la altura del instrumento con respecto al plano de referencia asumida.

## **Vista adelante o Vista de Frente (V-)**

Es una visual tomada sobre una mira situada en un punto de elevación desconocida para determinar qué tanto por debajo del plano de vista se encuentra ese punto, esto determina la elevación del punto con respecto al plano de referencia. (Bannister & Raymond, 1987)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. EQUIPOS Y MATERIALES

##### 3.1.1. Equipos

- Estación Total TOPCON ES – 105

La serie ES-105 está disponible en 2 "y 5" del modelo. Ambos son compatibles con 30x magnífica educación y puede almacenar hasta 24 000 puntos en la memoria interna, además de Topcon bordo de software.

Teclado expandido, numérico completo, La ES-105 proporciona un teclado numérico expandido para la entrada simple, seguro de puntos y la información de diseño incluyendo los cálculos.

La ES-105 de Topcon ofrece los estándares más exigentes para precisión y tecnología avanzada en un diseño compacto ligero, paquete que se construye específicamente para los rigores de un activo lugar de trabajo. Resistente al agua y al polvo, que está listo para trabajar cuando usted lo necesita, no sólo cuando las condiciones ambientales están en lo cierto.

Tabla N° 2. Especificaciones técnicas Estación Total TOPCON ES – 105

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Imagen	Real Directa
Aumentos	30X
Abertura del Objetivo	45mm
Longitud del Telescopio	150mm
Enfoque Mínimo	1.30 m
Precisión (DIN 18723)	5"
Lectura Angular Directa	1" / 5"
Precisión	1P :±(2+2ppm x D)mm 02, ( LCD Matriz Grafico ( 160x64 )
Pantalla LCD	Iluminación
Plomada Óptica	3x 9Hrs./Aprox. (Dist. y Ángulos) / 40 Hrs. (Para Ángulos)
Batería NB-20A	IP54
Protección	Rango con Prismas, en Buenas Condiciones.
Distanciometro	2 000 m
Con 1 Prisma	

Fuente: Manual de usuario TOPCON ES – 105



- Nivel de ingeniero Óptico.

Tabla N° 3. Especificaciones Técnicas Nivel LEICA NA720

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Aumento	20x
Imagen	Derecha
Anteojo cargado con nitrógeno	Sí
Diámetro del objetivo	30 mm
Distancia mínima de enfoque	0,5 m
Medición de ángulos	360 grados / 400 gon, seleccionable
▶ MEDICIÓN DE DISTANCIA	
Factor de multiplicación	100
Constante de adición	0
Nivel de burbuja	10' / 2 mm
Tornillo para movimiento horizontal	Dos lados, sin fín
▶ PRECISIÓN (DESVIACIÓN TÍPICA)	
Nivelación doble por km	2.5 mm
Medición simple con distancia de enfoque de 30 m	1.5 mm
▶ COMPENSADOR	
Precisión de estabilización	<0,5"
Tornillo para movimiento horizontal	± 15'
▶ IMPACTO AMBIENTAL	
Resistencia a la caída	ISO 9022-33-5
Estanqueidad al agua y al polvo	IP 57 (estanco a inmersión completa)
Margen de temperature	En empleo En almacén
▶ DIMENSIONES	
Medidas	19 × 12 × 12 cm
Peso	1.6 kg

Fuente: Manual de usuario nivel de ingeniero LEICA NA720

- GPS Navegador Garmin.
- Radios intercomunicadores
- Cámara fotográfica

### 3.1.2. Materiales

- Pintura
- Pincel
- Clavo
- Libreta de campo
- Lápiz

### 3.1.3. Herramientas

- Pala
- Clavos acerados
- Flexómetro
- Comba de 1 lb

## 3.2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

### 3.2.1. Localización de área de estudio.

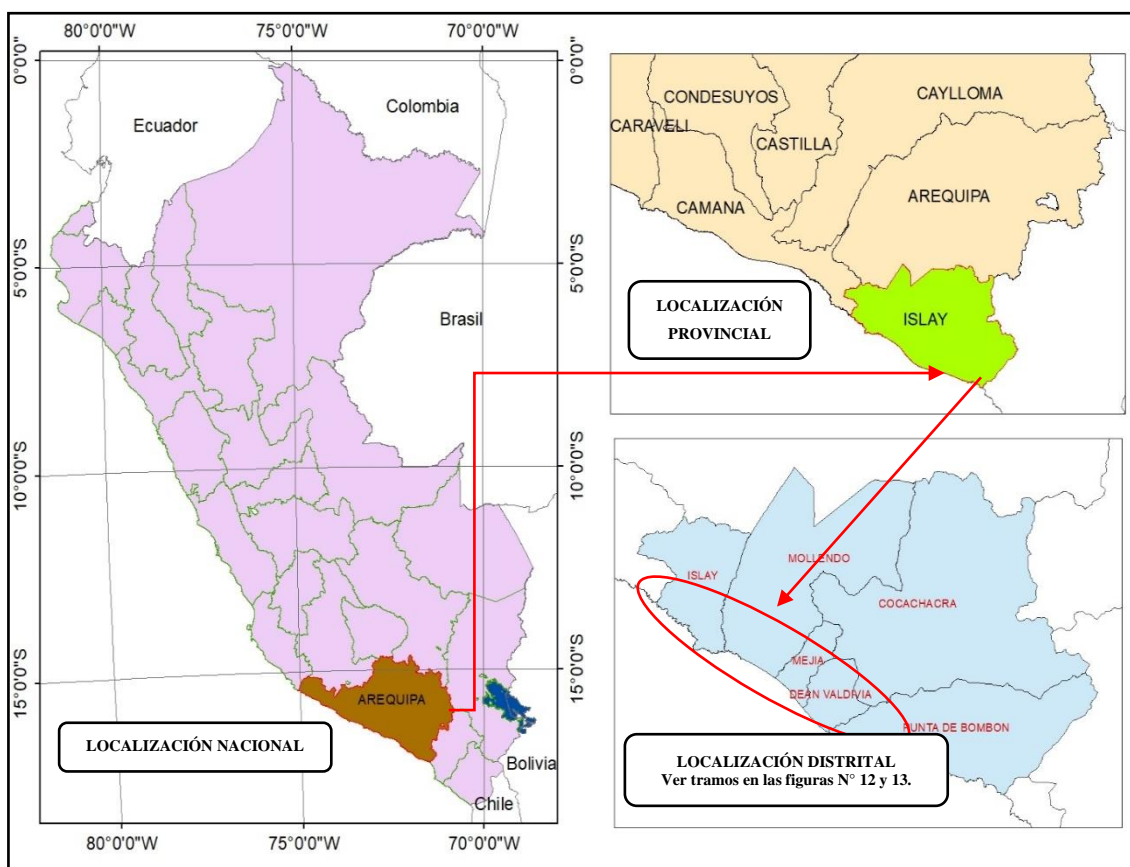


Figura 11. Localización nacional, provincial y local del área de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.2. Demarcación del área de estudio

La demarcación del área de estudio comprende la provincia de Islay, en el departamento de Arequipa, con poligonal abierta, que intersecta las siguientes localidades:



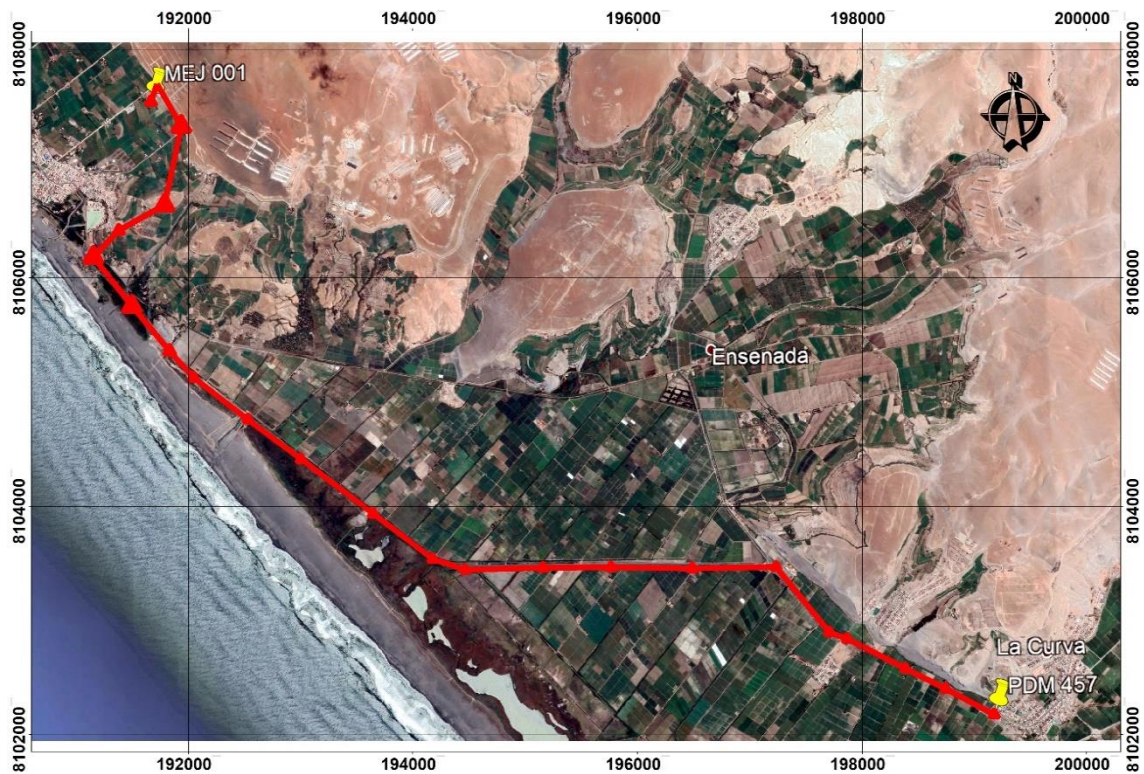
- Tramo I: Matarani – Mejia



**Figura 12. Tramo poligonal abierta Matarani – Mejia**

*Fuente: Elaboración propia*

- Tramo II: Mejia – La Curva



**Figura 13. Tramo poligonal abierta Mejia – La Curva**

*Fuente: Elaboración propia*



### **3.3. DESARROLLO DE METODOLOGIA DEL TRABAJO**

#### **3.3.1. Tipo de Investigación**

En el presente trabajo, la investigación es de tipo transversal.

#### **3.3.2. Población y Muestra**

- Población: Las altitudes de la nivelación geométrica y trigonométrica en los dos tramos.
- Muestra: Los desniveles calculados de nivelación geométrica y trigonométrica de los tramos definidos.

#### **3.3.3. Variables**

- Variable dependiente:
  - Diferencia de desnivel de vértices.
- Variable independiente:
  - BM establecida por del IGN Perú.

#### **3.3.4. DATOS EXISTENTES**

##### **3.3.4.1. Marcas de cota fija establecidas por de IGN (Instituto Geográfico Nacional) Perú**

Las marcas de cota fija establecidas por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) Perú, de 1er orden, que son necesarias para la referencia del estudio, están ubicadas en las localidades de Matarani, Mejia y La Curva, en nuestra poligonal abierta; con diferentes descripciones monográficas y códigos:



- BM – MP – 2

Tabla N° 4. Descripción de marca de cota fija (MCF) – MP 2

DEPARTAMENTO: AREQUIPA	CARACTERISTICAS DE LA MARCA DISCO DE BRONCE DE 9cm DE DIAMETRO	CODIGO: MP - 2
PROVINCIA: ISLAY	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	ALTITUD (m) 53.2901
LINEA: MATARANI-PUNO	CODIGO DE HOJA: CN 34-r(2437) Esc: 1/100 000	ORDEN 1 er
TRAMO: MATARANI-AREQUIPA	ESTAMPADO: MP-2-2005	DATUM: nmm

*Fuente: Ficha monográfica del Instituto geográfico Nacional, Tramo de nivelación (Puno – Desaguadero-Matarani) emitido en septiembre 2005.*

- MEJ – 001

Tabla N° 5. Descripción de marca de cota fija (MCF) – MEJ-001

DEPARTAMENTO: AREQUIPA	CARACTERISTICAS DE LA MARCA DISCO DE BRONCE DE 5cm DE DIAMETRO	CODIGO: <b>MEJ-001</b>
PROVINCIA: ISLAY	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	ALTITUD (m) <b>72.8187</b>
LINEA: PUNO-DESAGUADERO-MATARANI	CODIGO DE HOJA: CN 35-s(2536) Esc: 1/100 000	ORDEN 1 er
TRAMO: PDM-464/MEJ-001	ESTAMPADO: BM-MEJ-001-2014	DATUM: <b>N.M.M.</b>

*Fuente: Ficha monográfica del Instituto geográfico Nacional, Tramo de nivelación (Puno – Desaguadero-Matarani) emitido en marzo 2014.*

- PDM – 457

Tabla N° 6. Descripción de marca de cota fija (MCF) – PDM – 457

DEPARTAMENTO: AREQUIPA	CARACTERISTICAS DE LA MARCA DISCO DE BRONCE DE 9cm DE DIAMETRO	CODIGO: PDM-457
PROVINCIA: ISLAY	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	ALTITUD (M) 13.0481 m
LINEA: MATARANI-PUNO	CODIGO DE HOJA: CN 35-s Esc: 1/100 000	ORDEN: 1 er
TRAMO: MATARANI-CLEMESI	ESTAMPADO: PDM - 457 2006	DATUM: N.M.M.

*Fuente: Ficha monográfica del Instituto geográfico Nacional, Tramo de nivelación (Puno – Desaguadero-Matarani) emitido en junio 2006.*



### 3.3.5. OBTENCION DE DATOS

#### 3.3.5.1. Metodología Para El Objetivo Especifico 1.

##### A. NIVELACION GEOMETRICA MEDIANTE EL METODO DOBLE PUNTO DE CAMBIO

- **Recolección de campo**

Se ubicaron las Marcas de cota Fija establecidas por el IGN, y se realizó el reconocimiento de terreno a partir de estas. Luego se realizó la recolección de datos en el primer tramo, desde MP – 2 ubicado en Matarani, hasta MEJ-001 ubicado en Mejia, con una diferencia de 28 km y en el segundo tramo desde MEJ-001 ubicado en Mejia hasta PDM – 457 ubicado en La Curva, con una distancia de 11 km.

- Con el tramo definido a realizar la nivelación, nos estacionamos:



**Figura 14. Montaje De Instrumento Nivel De Ingeniero.**

*Fuente: Elaboración Propia.*



Figura 15. Verificación del tramo y toma de datos

Fuente: Elaboración Propia

- Se realiza la lectura de dos puntos de cambio (vista atrás), con los que sacamos el desnivel, y realizamos una nueva estación de tal forma que la lectura de vista adelante, será los dos puntos de cambio que tienen que cumplir el mismo desnivel.

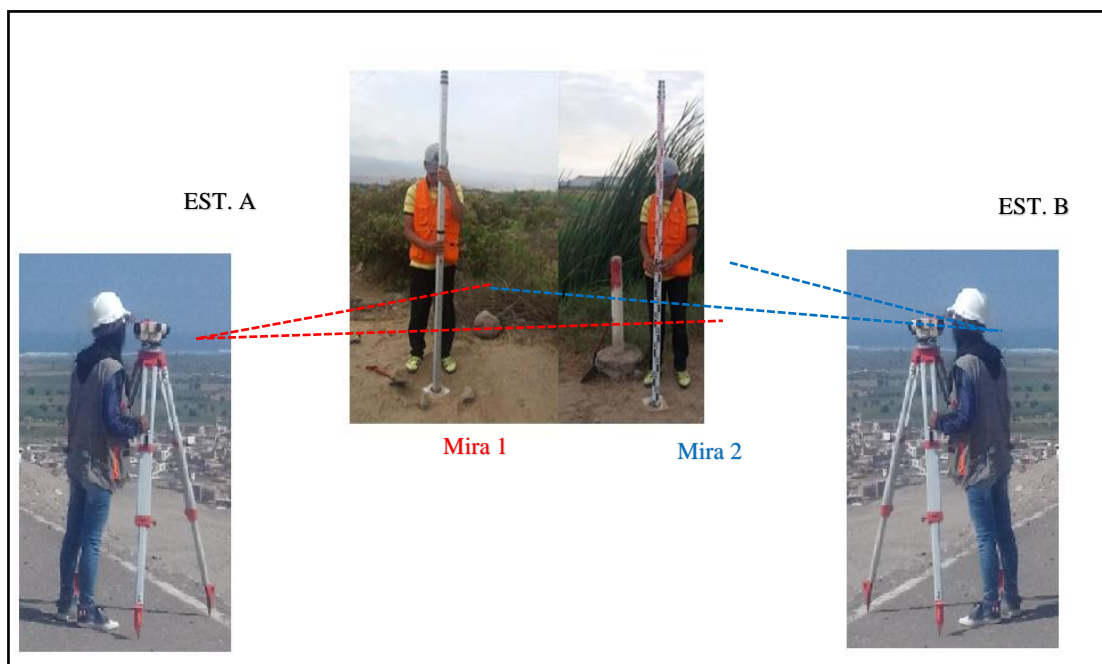


Figura 16. Ejemplo Ilustrativo De Una Nivelación Geométrica Con Doble Punto De Cambio

Fuente: Elaboración Propia.

V( - ). en (est. A)

V(+ ) en (est. B)

Lecturas =>

Mira 1 – Mira 2

=

Mira 1 – Mira 2



Tabla N° 7. Libreta de recolección de datos nivelación geométrica (MP – 2 a Pt – 1)

<b>LIBRETA DE NIVELACION</b>					
<b>MIRA - 1</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>V. Atrás</b>	<b>H. Instrumento</b>	<b>V. Adelante</b>	<b>Cota</b>	<b>d (m)</b>
<b>BM - MP - 2</b>	1.888	55.1781		<b>53.2901</b>	
MP2 - 1	2.258	56.7791	0.657	54.5211	5.000
1-2	2.032	58.1211	0.69	56.0891	12.000
2-3	2.401	59.8621	0.66	57.4611	11.000
3-4	2.21	61.4701	0.602	59.2601	13.000
4-5	3.196	64.4021	0.264	61.2061	10.000
5-6	3.075	67.4121	0.065	64.3371	15.000
6-7	2.138	69.1531	0.397	67.0151	15.000
<b>7 – PL13</b>			0.856	<b>68.2971</b>	5.000
				<b>desnivel</b>	<b>D(m)</b>
$\Sigma$ (sumatoria)	19.198			4.191	<b>15.007</b> 86.000
<b>MIRA - 2</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>V. Atrás</b>	<b>H. Instrumento</b>	<b>V. Adelante</b>	<b>Cota</b>	<b>d (m)</b>
<b>BM - MP - 2</b>	1.888	55.1781		<b>53.2901</b>	
MP2 - 1	2.209	56.7791	0.608	54.5701	5.000
1-2	1.954	58.1211	0.612	56.1671	12.000
2-3	2.342	59.8621	0.601	57.5201	11.000
3-4	2.274	61.4691	0.667	59.1951	13.000
4-5	3.188	64.4011	0.256	61.2131	10.000
5-6	3.068	67.4101	0.059	64.3421	15.000
6-7	2.247	69.1531	0.504	66.9061	15.000
<b>7 – PL13</b>			0.856	<b>68.2971</b>	5.000
				<b>desnivel</b>	<b>D(m)</b>
$\Sigma$ (sumatoria)	19.17			4.163	<b>15.007</b> 86.000
Distancia = 86.00 m					
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>				15.007	

*Fuente: Elaboración propia*



Una vez terminado la recolección de datos se concluye en el siguiente cuadro de datos:

Tabla N° 8. Desniveles de BM auxiliares, tramo Matarani – Mejia y Mejia – La curva

TRAMO: MATARANI-MEJIA				TRAMO: MEJIA - CURVA			
De	A	Dif (m)	Distancia(m)	De	A	Dif (m)	Distancia (m)
MP - 2	PL13	15.007	85.758	MEJ-001	MEJ02	8.326	167.043
PL13	PL12	7.704	142.589	MEJ02	PL72	0.490	429.672
PL12	PL15	13.967	280.401	PL72	PL71	-4.292	704.888
PL15	PL16	0.985	82.652	PL71	ARE0709	-24.649	464.382
PL16	PL17	3.786	169.462	ARE0709	PL77	-37.945	326.266
PL17	PL18	7.850	325.421	PL77	PL78	-9.549	549.543
PL18	PL19	-1.768	301.719	PL78	PL79	-0.823	517.562
PL19	PL20	-9.411	301.986	PL79	PL80	-0.883	320.155
PL20	PL25	76.529	1117.780	PL80	PL81	-0.624	602.104
PL25	LIN022	9.214	580.407	PL81	PL82	0.741	586.267
LIN022	PL26	26.314	776.419	PL82	PL83	-0.007	800.359
PL26	PL27	16.429	857.706	PL83	PL84	0.921	662.272
PL27	PL28	9.976	923.151	PL84	PL85	0.127	306.145
PL28	PL29	-7.517	835.163	PL85	PL86	-0.306	691.282
PL29	LIN021	12.232	361.827	PL86	PL87	0.500	606.497
LIN021	PL30	-10.886	828.911	PL87	PL88	0.983	721.239
PL30	PL31	-3.217	120.594	PL88	PL100	2.725	745.908
PL31	PL32	31.265	974.296	PL100	PL129	0.820	742.562
PL32	PL34	-19.363	1080.385	PL129	PL130	0.608	168.569
PL34	PL35	-3.837	413.019	PL130	PL131	0.934	580.884
PL35	PL56	-5.146	1212.434	PL131	PL132	0.903	399.364
PL56	PL37	-12.686	741.556	PL132	PDM457	1.297	485.100
PL37	PL38	-56.140	1250.725				
PL38	PL39	-15.777	463.734				
PL39	PL40	-94.738	1443.044				
PL40	PL41	-35.142	789.244				
PL41	PL42	-3.146	784.716				
PL42	PL43	-0.091	653.580				
PL43	LIN018	-0.843	507.339				
LIN018	PL44	1.047	632.070				
PL44	PL52	-0.452	638.044				
PL52	PL53	-0.323	576.262				
PL53	PL54	-0.335	601.701				
PL54	PL55	0.946	704.558				
PL55	PL36	0.405	525.818				
PL36	PL57	-0.406	666.803				
PL57	PL58	-0.297	666.303				
PL58	PL59	0.690	721.389				

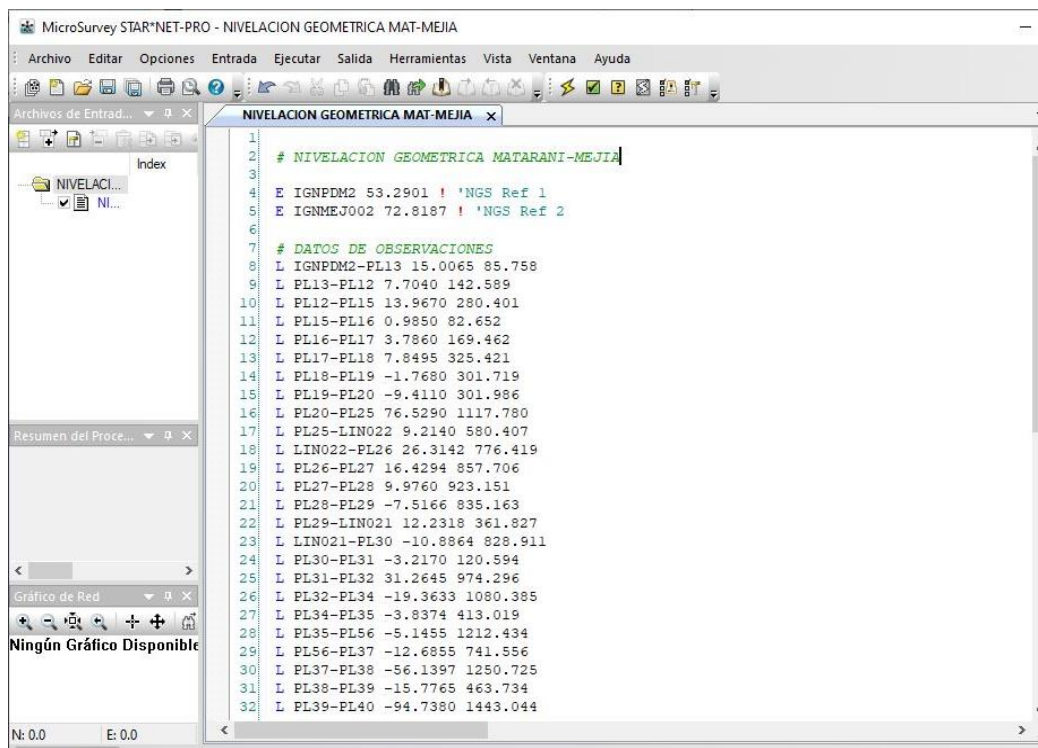
PL59	PL60	-1.415	737.307
PL60	PL61	0.928	693.221
PL61	PL75	74.503	945.870
PL75	PL74	1.828	437.745
PL74	PL76	-0.852	593.823
PL76	PL73	-0.335	206.483
PL73	MEJ002	0.391	498.334
MEJ002	MEJ-001	-8.326	167.043

*Fuente: datos de campo nivelación Geométrica mediante el método doble punto de cambio, elaboración propia*

### • Procesamiento en Gabinete

Una vez obtenidos los desniveles de los diferentes BM auxiliares o puntos de cambios se realizaron el post Proceso de Cálculos de compensación, para tal acción se emplea el uso del software Microsurvey Starnet.

- Se realiza la importación de los datos necesarios para el cálculo de compensación: tramo, desnivel y distancia horizontal; necesarios para el Software:



**Figura 17. Importación de datos en Microsurvey Starnet**

*Fuente: Elaboración Propia.*



- Se realizó las configuraciones del software con respecto a nuestro proyecto, y se estableció la precisión, respecto a los objetivos que nos trazamos, en esta ocasión tomamos el factor de error de nivelación de alta precisión, dispuesto del libro **TOPOGRAFIA técnicas modernas**, del Ing. Jorge Mendoza Dueñas:

$$E_{\max} = \pm 0,004 \sqrt{k}$$

Opciones de Proyecto

Ajuste General Instrumento Archivo de Listado Otros Archivos Especial GPS Modelado

Convencional

Constante de Distancia: 0.009144 Meters

PPM de Distancia: 0.000

Angulo: 4.000000 Segundos

Dirección: 3.000000 Segundos

Azimut / Rumbo: 4.000000 Segundos

Cenit: 10.000000 Segundos

Constante Dif Elev: 0.015240 Meters

PPM Dif Elev: 0.000

Errores de Centrado:

Horiz Instrumento: 0.000000 Meters

Horiz Prisma: 0.000000 Meters

Vertical: 0.000000 Meters

Nivelación

Sección como:  Longitud  Puntos de Liga

Dif en Elev: 0.004000 Metros/Km

Aceptar Cancelar Ayuda

**Figura 18. Configuración de precisión de Microsurvey Starnet**

*Fuente: Elaboración Propia*

- Al realizar el cálculo de tolerancias para la precisión deseada se obtuvo:

$$E_{\text{cierre}} = 0.0189 < E_{\max} = 0.0213 \dots\dots\dots (\text{cumple}).$$



Tabla N° 9. Elevaciones ajustadas y Propagación de Error - (N.G. Matarani – Mejía)

<b>Estación</b>	<b>Elev</b>	<b>DesvStd</b>	<b>95%</b>	<b>Descripción</b>
MP 2	53.290100	0.000000	0.000000	NGS Ref 1
MEJ001	72.818700	0.000000	0.000000	NGS Ref 2
PL13	68.296543	0.001170	0.002292	PL13
PL12	76.000447	0.001904	0.003731	PL12
PL15	89.967260	0.002827	0.005542	PL15
PL16	90.952205	0.003044	0.005966	PL16
PL17	94.738091	0.003442	0.006746	PL17
PL18	102.587374	0.004089	0.008013	PL18
PL19	100.819172	0.004596	0.009008	PL19
PL20	91.407970	0.005043	0.009884	PL20
PL25	167.936223	0.006363	0.012471	PL25
LIN022	177.149835	0.006910	0.013543	LIN022
PL26	203.463516	0.007541	0.014780	PL26
PL27	219.892342	0.008134	0.015942	PL27
PL28	229.867725	0.008673	0.016999	PL28
PL29	222.350567	0.009089	0.017814	PL29
LIN021	234.582125	0.009250	0.018129	LIN021
PL30	223.695171	0.009579	0.018775	PL30
PL31	220.478090	0.009623	0.018861	PL31
PL32	251.741939	0.009939	0.019480	PL32
PL34	232.377916	0.010217	0.020024	PL34
PL35	228.540240	0.010304	0.020196	PL35
PL56	223.393930	0.010504	0.020587	PL56
PL37	210.707934	0.010586	0.020748	PL37
PL38	154.567398	0.010657	0.020887	PL38
PL39	138.790587	0.010662	0.020897	PL39
PL40	44.051623	0.010605	0.020786	PL40
PL41	8.909095	0.010527	0.020633	PL41
PL42	5.762770	0.010416	0.020414	PL42
PL43	5.671033	0.010296	0.020180	PL43
LIN018	4.827694	0.010186	0.019965	LIN018
PL44	5.874472	0.010027	0.019653	PL44
PL52	5.422245	0.009841	0.019288	PL52
PL53	5.098560	0.009650	0.018913	PL53
PL54	4.763358	0.009424	0.018471	PL54
PL55	5.709086	0.009125	0.017885	PL55
PL36	6.113935	0.008875	0.017394	PL36
PL57	5.707689	0.008520	0.016700	PL57
PL58	5.410444	0.008120	0.015915	PL58
PL59	6.099661	0.007627	0.014948	PL59
PL60	4.684368	0.007044	0.013806	PL60
PL61	5.612105	0.006405	0.012553	PL61
PL75	80.113973	0.005331	0.010448	PL75
PL74	81.941680	0.004716	0.009243	PL74



PL76	81.089283	0.003677	0.007207	PL76
PL73	80.754145	0.003224	0.006320	PL73
MEJ002	81.144812	0.001630	0.003195	MEJ002

Fuente: *Desniveles compensados – Microsurvey Starnet*

### OBSERVACIONES AJUSTADAS Y RESIDUALES

Tabla N° 10. Ajuste de nivel diferencial observaciones. (N.G. Matarani – Mejia)

De	A	Dif en Elev	Residual	ErrStd	ResStd
MP - 2	PL13	15.006443	-0.000057	0.001171	0.0
PL13	PL12	7.703905	-0.000095	0.001510	0.1
PL12	PL15	13.966813	-0.000187	0.002118	0.1
PL15	PL16	0.984945	-0.000055	0.001150	0.0
PL16	PL17	3.785887	-0.000113	0.001647	0.1
PL17	PL18	7.849282	-0.000218	0.002282	0.1
PL18	PL19	-1.768202	-0.000202	0.002197	0.1
PL19	PL20	-9.411202	-0.000202	0.002198	0.1
PL20	PL25	76.528253	-0.000747	0.004229	0.2
PL25	LIN022	9.213612	-0.000388	0.003047	0.1
LIN022	PL26	26.313681	-0.000519	0.003525	0.1
PL26	PL27	16.428827	-0.000573	0.003704	0.2
PL27	PL28	9.975383	-0.000617	0.003843	0.2
PL28	PL29	-7.517158	-0.000558	0.003655	0.2
PL29	LIN021	12.231558	-0.000242	0.002406	0.1
LIN021	PL30	-10.886954	-0.000554	0.003642	0.2
PL30	PL31	-3.217081	-0.000081	0.001389	0.1
PL31	PL32	31.263849	-0.000651	0.003948	0.2
PL32	PL34	-19.364022	-0.000722	0.004158	0.2
PL34	PL35	-3.837676	-0.000276	0.002571	0.1
PL35	PL56	-5.146311	-0.000811	0.004404	0.2
PL56	PL37	-12.685996	-0.000496	0.003445	0.1
PL37	PL38	-56.140536	-0.000836	0.004473	0.2
PL38	PL39	-15.77681	-0.000310	0.002724	0.1
PL39	PL40	-94.738965	-0.000965	0.004805	0.2
PL40	PL41	-35.142528	-0.000528	0.003554	0.1
PL41	PL42	-3.146325	-0.000525	0.003543	0.1
PL42	PL43	-0.091737	-0.000437	0.003234	0.1
PL43	LIN018	-0.843339	-0.000339	0.002849	0.1
LIN018	PL44	1.046777	-0.000423	0.003180	0.1
PL44	PL52	-0.452227	-0.000427	0.003195	0.1
PL52	PL53	-0.323685	-0.000385	0.003036	0.1
PL53	PL54	-0.335202	-0.000402	0.003103	0.1
PL54	PL55	0.945729	-0.000471	0.003358	0.1
PL55	PL36	0.404848	-0.000352	0.002901	0.1
PL36	PL57	-0.406246	-0.000446	0.003266	0.1



PL57	PL58	-0.297245	-0.000445	0.003265	0.1
PL58	PL59	0.689218	-0.000482	0.003397	0.1
PL59	PL60	-1.415293	-0.000493	0.003435	0.1
PL60	PL61	0.927737	-0.000463	0.003330	0.1
PL61	PL75	74.501868	-0.000632	0.003890	0.2
PL75	PL74	1.827707	-0.000293	0.002646	0.1
PL74	PL76	-0.852397	-0.000397	0.003082	0.1
PL76	PL73	-0.335138	-0.000138	0.001818	0.1
PL73	MEJ002	0.390667	-0.000333	0.002824	0.1
MEJ002	MEJ-001	-8.326112	-0.000112	0.001635	0.1

*Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet*

Para los cálculos del segundo tramo que comprende desde el B.M. – MEJ-001, ubicado en Mejia, hasta el B.M. PDM-457, ubicado en la localidad la Curva, con una diferencia de 10 km, también se realiza el post proceso de cálculos de compensación, nuevamente realizamos el cálculo de compensación en poligonal abierta con el uso del software Microsurvey Starnet.

Tabla N° 11. Número Observaciones y desniveles - (N.G. Mejia-Curva)

De	A	Dif en elv	ErrStd	Distancia (m)
MEJ-001	MEJ02	8.3259	0.001635	167
MEJ02	PL72	0.4894	0.002623	430
PL72	PL71	-4.2922	0.003359	705
PL71	ARE0709	-24.6492	0.002725	464
ARE0709	PL77	-37.9469	0.002284	326
PL77	PL78	-9.5487	0.002966	550
PL78	PL79	-0.8233	0.002879	518
PL79	PL80	-0.8832	0.002263	320
PL80	PL81	-0.6250	0.003104	602
PL81	PL82	0.7409	0.003062	586
PL82	PL83	-0.0075	0.003578	800
PL83	PL84	0.9199	0.003255	662
PL84	PL85	0.1268	0.002213	306
PL85	PL86	-0.3064	0.003325	691
PL86	PL87	0.4998	0.003114	606
PL87	PL88	0.9820	0.003396	721
PL88	PL100	2.7236	0.003455	746
PL100	PL129	0.8193	0.003448	743
PL129	PL130	0.6072	0.001644	169
PL130	PL131	0.9330	0.003049	581
PL131	PL132	0.9028	0.002527	399
PL132	PDM457	1.2967	0.002786	485

*Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet*



Observaciones Ajustadas y Residuales

Tabla N° 12. Ajustadas - Nivel Diferencial Observaciones - (N.G. Mejia-Curva)

<b>De</b>	<b>A</b>	<b>Dif en elv</b>	<b>Residual</b>	<b>ErrStd</b>	<b>ResStd</b>
MEJ 001	MEJ02	8.3259	-0.0001	0.00163	0.6
MEJ02	PL72	0.4894	-0.0001	0.00262	0.9
PL72	PL71	-4.2922	-0.0002	0.00336	1.2
PL71	ARE0709	-24.6492	-0.0002	0.00272	1.0
ARE0709	PL77	-37.9469	-0.0019	0.00228	0.8
PL77	PL78	-9.5487	-0.0002	0.00297	1.1
PL78	PL79	-0.8233	-0.0003	0.00288	1.0
PL79	PL80	-0.8832	-0.0002	0.00226	0.8
PL80	PL81	-0.6250	-0.001	0.00310	1.1
PL81	PL82	0.7409	-0.0001	0.00306	1.1
PL82	PL83	-0.0075	-0.001	0.00358	1.3
PL83	PL84	0.9199	-0.0011	0.00325	1.2
PL84	PL85	0.1268	-0.0002	0.00221	0.8
PL85	PL86	-0.3064	-0.0004	0.00333	1.2
PL86	PL87	0.4998	-0.0002	0.00311	1.1
PL87	PL88	0.9820	-0.001	0.00340	1.2
PL88	PL100	2.7236	-0.0014	0.00345	1.3
PL100	PL129	0.8193	-0.0002	0.00345	1.2
PL129	PL130	0.6072	-0.0008	0.00164	0.6
PL130	PL131	0.9330	-0.0005	0.00305	1.1
PL131	PL132	0.9028	-0.0002	0.00253	0.9
PL132	PDM457	1.2967	-0.0003	0.00279	1.0

*Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet*

## B. NIVELACION TRIGONOMETRICA TRAMO: MATARANI – MEJIA y MEJIA – LA CURVA

- **Recolección de campo**

Se inició el trabajo de campo partiendo de la localidad de Matarani, en el B.M. (marca de cota fija), con código MP-2, hasta el la siguiente B.M. (marca de cota fija), MEJ – 001, ubicado en la localidad de Mejia, se empleó el método de la estación total.



**Figura 19. Estación de equipo en BM – MP – 02, Matarani.**

*Fuente: Elaboración propia*





**Figura 20. Montaje y presentado de prisma nivelacion trigonométrica.**

*Fuente: elaboración propia*

Obteniendo la base de datos de nuestra nivelación trigonométrica se empieza a realizar las compensaciones y cálculos para la obtención de desniveles de cada tramo, con las formulas establecidas en el libro de TECNICAS MODERNAS del Ing. Jorge Mendoza Dueñas, descritas en este método.

$$\text{COTA "B"} = \text{COTA "A"} + DV + (\text{HI-HP}) + C$$

$$DV = DI * \text{SEN} (\alpha)$$

Se tiene que considerar la corrección por nivel aparente, por el tratamiento de medición de grandes distancias, usamos la siguiente formula:

$$C = \frac{6}{14} * \frac{(DH)^2}{R}$$

Donde:

C = corrección por nivel aparente, DH = distancia horizontal, R= radio de curvatura terrestre.



Al realizar los trabajos de compensación por nivel aparente se obtiene los siguientes resultados, o desniveles por cada tramo:

- Se hace el cálculo de tolerancias para la precisión deseada se obtuvo:

$$E_{\text{cierre}} = 0.138 > E_{\text{max}} = 0.0213 \dots\dots\dots(\text{no cumple})$$

Tabla N° 13. Datos de nivelación trigonométrica (tramo Matarani – Mejia)

DE	A	DH	DI	∠ VERTC.	HI	HP	DESNIVEL	
MP - 2	Pt-1	85.758	87.184	79°37'15"	1.299	2.00	15.006	
	Pt-1	Pt-2	142.589	142.82	86°44'35"	1.606	2.00	7.722
	Pt-2	PC 01	204.298	205.107	84°54'48"	1.589	2.00	17.777
	PC 01	Pt-4	107.778	107.806	91°18'50"	1.615	2.00	-2.856
	Pt-4	Pt-5	169.462	169.511	88°35'27"	1.586	2.00	3.757
	Pt-5	Pt-6	325.421	325.544	88°25'52"	1.555	2.65	7.825
	Pt-6	Pt-7	301.719	301.722	90°15'28"	1.543	2.00	-1.809
	Pt-7	PC 02	384.726	384.82	91°15'55"	1.530	2.00	-8.959
	PC 02	Pt-8	87.314	87.312	89°56'42"	1.431	2.00	-0.485
	Pt-8	PL-20	208.202	208.214	89°23'7"	1.550	2.00	1.786
	PL-20	Pt-9	1022.294	1025.055	85°48'8"	1.530	2.00	74.634
	Pt-9	Pt-10	580.407	580.488	89°3'13"	1.536	2.00	9.145
	Pt-10	Pt-11	776.419	776.887	88°1'4"	1.633	2.00	26.545
	Pt-11	Pt-12	857.706	857.873	88°52'37"	1.532	2.00	16.395
	Pt-12	Pt-13	923.151	923.21	89°21'27"	1.541	2.00	9.950
	Pt-13	Pt-14	835.163	835.191	90°28'50"	1.535	2.00	-7.425
	Pt-14	Pt-15	361.827	362.052	87°59'6"	1.493	2.00	12.230
	Pt-15	Pt-16	828.911	828.974	90°42'37"	1.351	2.00	-10.881
	Pt-16	Pt-17	120.594	120.624	91°17'24"	1.500	2.00	-3.215
	Pt-17	Pt-18	974.296	974.818	88°8'2.19"	1.473	2.00	31.280
	Pt-18	Pt-19	1080.385	1080.549	91°0'29"	1.571	2.00	-19.364
	Pt-19	Pt-20	413.019	413.032	90°27'54"	1.499	2.00	-3.844
	Pt-20	PC 04	513.995	514.022	90°35'28"	1.560	2.00	-5.726
	PC 04	Pt-21	698.588	698.589	89°54'33"	1.413	2.00	0.552
	Pt-21	Pt-22	741.556	741.655	90°56'46"	1.530	2.00	-12.681
	Pt-22	Pt-23	1250.725	1251.958	92°32'33"	1.559	2.00	-55.878
	Pt-23	Pt-24	463.734	463.986	91°53'40"	1.433	2.00	-15.893
	Pt-24	Pt-25	1443.044	1446.053	93°42'31"	1.356	2.65	-94.691
	Pt-25	Pt-26	789.244	790.006	92°31'34"	1.564	2.00	-35.214
	Pt-26	Pt-27	784.716	784.721	90°11'30"	1.602	2.00	-2.983
	Pt-27	Pt-28	653.58	653.625	89°59'10."	1.584	2.00	-0.231
	Pt-28	Pt-29	507.339	507.339	90°1'49"	1.411	2.00	-0.840
	Pt-29	Pt-30	632.07	632.071	89°54'7"	1.433	1.58	0.961
	Pt-30	Pt-31	638.044	638.044	89°59'51"	1.610	2.00	-0.337
	Pt-31	Pt-32	576.262	576.262	90°0'34"	1.636	2.00	-0.439





Pt-32	Pt-33	601.701	601.701	89°58'22"	1.512	2.00	-0.180
Pt-33	Pt-34	704.558	704.559	89°53'51"	1.573	2.00	0.865
Pt-34	Pt-35	525.818	525.819	89°54'51"	1.600	2.00	0.405
Pt-35	Pt-36	666.803	666.803	90°1'2"	1.680	2.00	-0.492
Pt-36	Pt-37	666.303	666.303	89°59'5"	1.580	2.00	-0.214
Pt-37	Pt-38	721.389	721.39	89°55'6"	1.556	2.00	0.619
Pt-38	Pt-39	737.307	737.307	90°3'34"	1.488	2.00	-1.243
Pt-39	Pt-40	693.221	693.223	89°53'21"	1.503	2.00	0.874
Pt-40	Pt-41	945.87	948.826	85°28'33"	1.588	2.00	74.489
Pt-41	Pt-42	437.745	437.751	89°42'10"	1.525	2.00	1.807
Pt-42	Pt-43	593.823	593.823	90°2'9"	1.555	2.00	-0.795
Pt-43	Pt-44	206.483	206.483	89°55'58"	1.476	2.00	-0.280
Pt-44	Pt-45	498.334	498.335	89°53'31"	1.372	2.00	0.328
Pt-45	PC 06	91.551	91.917	95°6'48"	1.551	2.00	-8.641
PC 06	MEJ - 001	99.925	99.928	89°29'56"	1.445	2.00	0.319

*Fuente: resultados de campo nivelación Trigonométrica con estación total, elaboración propia*

Tabla N° 14. Datos de campo, nivelación trigonométrica (tramo Mejia – La curva)

DE	A	DH	DI	∠ VERTC.	HI	HP	DESNIVEL
MEJ - 001	PC6	99.923	99.923	89°52'10"	1.452	2.000	-0.320
PC6	Pt-45	91.551	92.006	84°17'48"	1.500	2.000	8.644
Pt-45	PC 07	446.620	446.621	89°54'42"	1.377	2.000	0.078
PC 07	Pt-47	694.950	694.959	90°17'9"	1.589	2.000	-3.846
Pt-47	Pt-48	464.382	465.012	92°59'11"	1.464	2.000	-24.748
Pt-48	Pt-49	326.266	328.414	96°33'21"	1.553	2.000	-37.937
Pt-49	Pt-50	549.543	549.617	90°56'44"	1.511	2.000	-9.539
Pt-50	Pt-51	517.562	517.562	90°2'15"	1.502	2.000	-0.820
Pt-51	Pt-52	320.155	320.155	90°5'12"	1.589	2.000	-0.889
Pt-52	Pt-53	602.104	602.104	90°0'49"	1.540	2.000	-0.580
Pt-53	Pt-54	586.267	586.268	89°54'21"	1.668	2.000	0.653
Pt-54	Pt-55	800.359	800.359	89°57'55"	1.553	2.000	0.078
Pt-55	Pt-56	662.272	662.273	89°53'55"	1.673	2.000	0.874
Pt-56	Pt-57	306.145	306.145	89°52'47"	1.489	2.000	0.137
Pt-57	Pt-58	691.282	691.282	90°0'34"	1.730	2.000	-0.355
Pt-58	Pt-59	606.497	606.497	89°54'14"	1.507	2.000	0.547
Pt-59	Pt-60	721.239	721.24	89°54'32"	1.668	2.000	0.848
Pt-60	Pt-61	745.908	745.915	89°44'44"	1.507	2.000	2.856
Pt-61	Pt-62	742.562	742.564	89°54'20"	1.539	2.000	0.799
Pt-62	Pt-64	747.688	747.691	89°50'12"	1.492	2.000	1.660
Pt-64	Pt-65	399.364	399.366	89°48'40"	1.520	2.000	0.847
Pt-65	PDM - 457	485.100	485.104	89°46'54"	1.522	2.000	1.385

*Fuente: resultados de campo nivelación Trigonométrica con estación total, elaboración propia*



- **Procesamiento en Gabinete**

Al obtener los desniveles de los diferentes BM auxiliares o puntos de cambios se realiza el post proceso de cálculos de compensación, nuevamente realizamos el cálculo de compensación en poligonal abierta con el uso del software Microsurvey Starnet.

Se realizó el trabajo de compensación para el primer tramo que comprende Matarani a La curva.

Tabla N° 15. Número de Nivel Diferencial Observaciones (N.T. Matarani – Mejia)

De	A	Dif en elev.	ErrStd	Distancia (m)
PDM2	PL13	15.006	0.0012	86
PL13	PL12	7.722	0.0015	143
PL12	PC01	17.777	0.0018	204
PC01	PL16	-2.856	0.0013	108
PL16	PL17	3.757	0.0016	169
PL17	PL18	7.825	0.0023	325
PL18	PL19	-1.809	0.0022	302
PL19	PC02	-8.959	0.0025	385
PC02	PL20	-0.485	0.0012	87
PL20	PL24	1.786	0.0018	208
PL24	PL25	74.634	0.0040	1022
PL25	LIN022	9.145	0.0030	580
LIN022	PL26	26.545	0.0035	776
PL26	PL27	16.395	0.0037	858
PL27	PL28	9.950	0.0038	923
PL28	PL29	-7.425	0.0037	835
PL29	LIN021	12.230	0.0024	362
LIN021	PL30	-10.881	0.0036	829
PL30	PL31	-3.215	0.0014	121
PL31	PL32	31.280	0.0039	974
PL32	PL34	-19.364	0.0042	1080
PL34	PL35	-3.844	0.0026	413
PL35	PC04	-5.726	0.0029	514
PC04	PL56	0.552	0.0033	699
PL56	PL37	-12.681	0.0034	742
PL37	PL38	-55.878	0.0045	1251
PL38	PL39	-15.893	0.0027	464
PL39	PL40	-94.691	0.0048	1443
PL40	PL41	-35.214	0.0036	789
PL41	PL42	-2.983	0.0035	785
PL42	PL43	-0.231	0.0032	654
PL43	LIN018	-0.840	0.0028	507



LIN018	PL44	0.961	0.0032	632
PL44	PL52	-0.337	0.0032	638
PL52	PL53	-0.439	0.0030	576
PL53	PL54	-0.180	0.0031	602
PL54	PL55	0.865	0.0034	705
PL55	PL36	0.405	0.0029	526
PL36	PL57	-0.492	0.0033	667
PL57	PL58	-0.214	0.0033	666
PL58	PL59	0.619	0.0034	721
PL59	PL60	-1.243	0.0034	737
PL60	PL61	0.874	0.0033	693
PL61	PL75	74.489	0.0039	946
PL75	PL74	1.807	0.0026	438
PL74	PL76	-0.795	0.0031	594
PL76	PL73	-0.280	0.0018	206
PL73	MEJ02	0.328	0.0028	498
MEJ02	PC06	-8.641	0.0012	92
PC06	IGNMEJ002	0.319	0.0013	100

Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet

### Observaciones Ajustadas y Residuales

Tabla N° 16. Ajustadas Nivel Diferencial Observaciones (N.T. Matarani –Mejia)

De	A	Dif en elev	Residual	ErrStd	ResStd
PDM2	PL13	15.0056	-0.0004	0.0012	0.4
PL13	PL12	7.7213	-0.0007	0.0015	0.5
PL12	PC01	17.776	-0.0010	0.0018	0.6
PC01	PL16	-2.8566	-0.0006	0.0013	0.4
PL16	PL17	3.7561	-0.0009	0.0016	0.5
PL17	PL18	7.8233	-0.0017	0.0023	0.7
PL18	PL19	-1.8105	-0.0015	0.0022	0.7
PL19	PC02	-8.961	-0.0020	0.0025	0.8
PC02	PL20	-0.4854	-0.0004	0.0012	0.4
PL20	PL24	1.7849	-0.0011	0.0018	0.6
PL24	PL25	74.6288	-0.0052	0.0040	1.3
PL25	LIN022	9.142	-0.0030	0.0030	1.0
LIN022	PL26	26.541	-0.0040	0.0035	1.1
PL26	PL27	16.3906	-0.0044	0.0037	1.2
PL27	PL28	9.9453	-0.0047	0.0038	1.2
PL28	PL29	-7.4293	-0.0043	0.0037	1.2
PL29	LIN021	12.2282	-0.0018	0.0024	0.8
LIN021	PL30	-10.8852	-0.0042	0.0036	1.2
PL30	PL31	-3.2156	-0.0006	0.0014	0.4
PL31	PL32	31.275	-0.0050	0.0039	1.3
PL32	PL34	-19.3695	-0.0055	0.0042	1.3
PL34	PL35	-3.8461	-0.0021	0.0026	0.8



PL35	PC04	-5.7286	-0.0026	0.0029	0.9
PC04	PL56	0.5484	-0.0036	0.0033	1.1
PL56	PL37	-12.6848	-0.0038	0.0034	1.1
PL37	PL38	-55.8844	-0.0064	0.0045	1.4
PL38	PL39	-15.8954	-0.0024	0.0027	0.9
PL39	PL40	-94.6984	-0.0074	0.0048	1.5
PL40	PL41	-35.218	-0.0040	0.0036	1.1
PL41	PL42	-2.987	-0.0040	0.0035	1.1
PL42	PL43	-0.2343	-0.0033	0.0032	1.0
PL43	LIN018	-0.8426	-0.0026	0.0028	0.9
LIN018	PL44	0.9578	-0.0032	0.0032	1.0
PL44	PL52	-0.3403	-0.0033	0.0032	1.0
PL52	PL53	-0.4419	-0.0029	0.0030	1.0
PL53	PL54	-0.1831	-0.0031	0.0031	1.0
PL54	PL55	0.8614	-0.0036	0.0034	1.1
PL55	PL36	0.4023	-0.0027	0.0029	0.9
PL36	PL57	-0.4954	-0.0034	0.0033	1.0
PL57	PL58	-0.2174	-0.0034	0.0033	1.0
PL58	PL59	0.6153	-0.0037	0.0034	1.1
PL59	PL60	-1.2468	-0.0038	0.0034	1.1
PL60	PL61	0.8705	-0.0035	0.0033	1.1
PL61	PL75	74.4842	-0.0048	0.0039	1.2
PL75	PL74	1.8048	-0.0022	0.0026	0.8
PL74	PL76	-0.798	-0.0030	0.0031	1.0
PL76	PL73	-0.2811	-0.0011	0.0018	0.6
PL73	MEJ02	0.3255	-0.0025	0.0028	0.9
MEJ02	PC06	-8.6415	-0.0005	0.0012	0.4
PC06	IGNMEJ01	0.3185	-0.0005	0.0013	0.4

Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet

Se realizó el procesamiento de cálculos de compensación del segundo tramo que comprende Mejia – La Curva:

Tabla N° 17. Número de Nivel Diferencial Observaciones (N.T. Mejia – Curva)

De	A	Dif en elev	ErrStd	Distancia (m)
IGNMEJ	PC6	-0.3197	0.0013	100
PC6	MEJ02	8.6438	0.0012	92
MEJ02	PC7	0.0775	0.0027	447
PC7	PL71	-3.8461	0.0033	695
PL71	ARE0709	-24.748	0.0027	464
ARE0709	PL77	-37.9365	0.0023	326
PL77	PL78	-9.5386	0.003	550
PL78	PL79	-0.8202	0.0029	518
PL79	PL80	-0.8888	0.0023	320



PL80	PL81	-0.5798	0.0031	602
PL81	PL82	0.6525	0.0031	586
PL82	PL83	0.078	0.0036	800
PL83	PL84	0.8738	0.0033	662
PL84	PL85	0.1374	0.0022	306
PL85	PL86	-0.3545	0.0033	691
PL86	PL87	0.5473	0.0031	606
PL87	PL88	0.8478	0.0034	721
PL88	PL100	2.8555	0.0035	746
PL100	PL129	0.7994	0.0034	743
PL129	PL131	1.6596	0.0035	748
PL131	PL132	0.8466	0.0025	399
PL132	PDMIGN	1.385	0.0028	485

Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet

Tabla N° 18. Observaciones Ajustadas y Residuales (N.T. Mejia – Curva)

De	A	Dif en elv.	Residual	ErrStd	ResStd
IGNMEJ	PC6	-0.3209	-0.0012	0.0013	1.0
PC6	MEJ02	8.6427	-0.0011	0.0012	0.9
MEJ02	PC7	0.0720	-0.0055	0.0027	2.1
PC7	PL71	-3.8546	-0.0085	0.0033	2.6
PL71	ARE0709	-24.7537	-0.0057	0.0027	2.1
ARE0709	PL77	-37.9405	-0.004	0.0023	1.8
PL77	PL78	-9.5454	-0.0068	0.003	2.3
PL78	PL79	-0.8266	-0.0064	0.0029	2.2
PL79	PL80	-0.8927	-0.0039	0.0023	1.7
PL80	PL81	-0.5872	-0.0074	0.0031	2.4
PL81	PL82	0.6453	-0.0072	0.0031	2.4
PL82	PL83	0.0682	-0.0098	0.0036	2.7
PL83	PL84	0.8657	-0.0081	0.0033	2.5
PL84	PL85	0.1336	-0.0038	0.0022	1.7
PL85	PL86	-0.363	-0.0085	0.0033	2.6
PL86	PL87	0.5398	-0.0075	0.0031	2.4
PL87	PL88	0.8389	-0.0089	0.0034	2.6
PL88	PL100	2.8463	-0.0092	0.0035	2.7
PL100	PL129	0.7903	-0.0091	0.0034	2.6
PL129	PL131	1.6504	-0.0092	0.0035	2.7
PL131	PL132	0.8417	-0.0049	0.0025	1.9
PL132	PDMIGN	1.3790	-0.006	0.0028	2.1

Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet



### **3.3.5.2. Metodología para el objetivo específico 2**

Para los datos necesarios en el cálculo de la demostración del objetivo específico presente, se realizó el cálculo detallado en las tablas N° 10 y N° 17, en la que resaltamos el valor de la residual de error en cada tramo, ya que este dato será el tomado para el procesamiento estadístico, para las comparaciones de cada método.



Tabla N° 19. Cálculos de residual y distancias por método de nivelación.

TRAMO		nivelación Geométrica		nivelación trigonométrica		Distancia (m)
De	A	Dif en Elev	Residual	Dif en Elev	Residual	
MP-2	PL13	15.0064	-0.000057	15.0056	-0.00040	86
PL13	PL12	7.7039	-0.000095	7.7213	-0.00070	143
PL16	PL17	3.7859	-0.000113	3.7561	-0.00090	169
PL17	PL18	7.8493	-0.000218	7.8233	-0.00170	325
PL18	PL19	-1.7682	-0.000202	-1.8105	-0.00150	302
PL25	LIN022	9.2136	-0.000388	9.1420	-0.00300	580
LIN022	PL26	26.3137	-0.000519	26.541	-0.00400	776
PL26	PL27	16.4288	-0.000573	16.3906	-0.00440	858
PL27	PL28	9.9754	-0.000617	9.9453	-0.00470	923
PL28	PL29	-7.5172	-0.000558	-7.4293	-0.00430	835
PL29	LIN021	12.2316	-0.000242	12.2282	-0.00180	362
LIN021	PL30	-10.887	-0.000554	-10.8852	-0.00420	829
PL30	PL31	-3.2171	-0.000081	-3.2156	-0.00060	121
PL31	PL32	31.2638	-0.000651	31.275	-0.00500	974
PL32	PL34	-19.3640	-0.000722	-19.3695	-0.00550	1080
PL34	PL35	-3.8377	-0.000276	-3.8461	-0.00210	413
PL56	PL37	-12.6860	-0.000496	-12.6848	-0.00380	742
PL37	PL38	-56.1405	-0.000836	-55.8844	-0.00640	1251
PL38	PL39	-15.7768	-0.00031	-15.8954	-0.00240	464
PL39	PL40	-94.7390	-0.000965	-94.6984	-0.00740	1443
PL40	PL41	-35.1425	-0.000528	-35.218	-0.00400	789
PL41	PL42	-3.1463	-0.000525	-2.9870	-0.00400	785
PL42	PL43	-0.0917	-0.000437	-0.2343	-0.00330	654
PL43	LIN018	-0.8433	-0.000339	-0.8426	-0.00260	507
LIN018	PL44	1.0468	-0.000423	0.9578	-0.00320	632
PL44	PL52	-0.4522	-0.000427	-0.3403	-0.00330	638
PL52	PL53	-0.3237	-0.000385	-0.4419	-0.00290	576
PL53	PL54	-0.3352	-0.000402	-0.1831	-0.00310	602
PL54	PL55	0.9457	-0.000471	0.8614	-0.00360	705
PL55	PL36	0.4048	-0.000352	0.4023	-0.00270	526
PL36	PL57	-0.4062	-0.000446	-0.4954	-0.00340	667
PL57	PL58	-0.2972	-0.000445	-0.2174	-0.00340	666
PL58	PL59	0.6892	-0.000482	0.6153	-0.00370	721
PL59	PL60	-1.4153	-0.000493	-1.2468	-0.00380	737
PL60	PL61	0.9277	-0.000463	0.8705	-0.00350	693
PL61	PL75	74.5019	-0.000632	74.4842	-0.00480	946
PL75	PL74	1.8277	-0.000293	1.8048	-0.00220	438
PL74	PL76	-0.8524	-0.000397	-0.7980	-0.00300	594
PL76	PL73	-0.3351	-0.000138	-0.2811	-0.00110	206
PL73	MEJ02	0.3907	-0.000333	0.3255	-0.00250	498

Fuente: Desniveles compensados – Microsurvey Starnet

### 3.3.5.3. Metodología para el objetivo general

#### A. CALCULO DE ALTURAS ELIPSIODALES A ORTOMETRICAS.

Con los datos existentes de las coordenadas UTM y altitudes elipsoidales, se realiza un cálculo de alturas elipsoidales a alturas ortométrica para los fines de nuestro estudio de comparación de desniveles, se hace el uso del Software Star Net:

- Importamos los puntos con sus coordenadas UTM WGS 84, y las alturas elipsoidales para realizar los calculos comparativos, se realiza la transformacion a alturas geoidales para su comparacion con las cotas halladas por los metodos geometricos y trigonometricos.

The screenshot shows the MicroSurvey STAR\*NET-DEMO software interface. The main window displays a table with the following data:

#	GRUPO DE DATOS CON ALTURA ELIPSIODAL					
1						
2						
3	CH	BMP02	8118002.182	169556.426	53.345	!!!
4	CH	PL13	8117980.239	169639.598	68.347	!!!
5	CH	PL12	8118020.972	169776.189	76.049	!!!
6	CH	PL15	8117806.933	169860.027	90.029	!!!
7	CH	PL16	8117727.809	169883.916	91.014	!!!
8	CH	PL17	8117622.95	170017.191	94.903	!!!
9	CH	PL18	8117601.59	170342.183	102.644	!!!
10	CH	PL19	8117599.716	170644.163	100.887	!!!
11	CH	PL20	8117577.373	171114.167	91.477	!!!
12	CH	PL25	8118443.553	171820.683	167.923	!!!
13	CH	LIN022	8118299.221	172383.396	177.137	!!!
14	CH	PL26	8118150.107	173146.03	203.439	!!!
15	CH	PL27	8118130.432	174004.25	219.968	!!!
16	CH	PL28	8118475.278	174861.43	229.847	!!!
17	CH	PL29	8118626.442	175683.513	222.358	!!!
18	CH	LIN021	8118505.783	176024.939	234.588	!!!
19	CH	PL30	8118099.087	176747.999	223.727	!!!
20	CH	PL31	8118093.291	176868.542	220.527	!!!
21	CH	PL32	8118435.592	177781.588	251.882	!!!
22	CH	PL34	8117673.374	178548.511	232.423	!!!
23	CH	PL35	8117371.205	178830.54	228.591	!!!
24	CH	PL56	8117338.588	180042.535	223.44	!!!
25	CH	PL37	8116734.355	180473.46	210.763	!!!
26	CH	PL38	8115986.254	181477.053	154.584	!!!
27	CH	PL39	8115542.515	181612.994	138.977	!!!
28	CH	PL40	8114123.948	181342.007	44.169	!!!
29	CH	PL41	8113470.558	181785.86	9.031	!!!
30	CH	PL42	8113275.841	182546.694	5.882	!!!
31	CH	PL43	8112883.669	183070.179	5.8	!!!
32	CH	LIN018	8112632.37	183511.385	5.065	!!!
33	CH	PL44	8112337.117	184070.846	6.011	!!!
34	CH	PL52	8111981.221	184601.035	5.561	!!!
35	CH	PL53	8111681.804	185093.925	5.231	!!!
36	CH	PL54	8111344.649	185592.88	4.906	!!!

Figura 21. Importación de datos para cálculo de alturas ortométricas- Microsurvey Starnet

Fuente: Elaboración Propia

- Se realiza la configuración del programa para el tratado de alturas elipsoidales a alturas geoidales, para sus respectivas conversiones a alturas ortométricas. Se aplica el modelo Geoidal EGM2008.



Opciones de Proyecto X

Ajuste **General** Instrumento Archivo de Listado Otros Archivos Especial GPS Modelado

Tipo de Ajuste  
 2D  
Elevación Promedio del Proyecto:  Meters  
 3D  
 Nivelación

Unidades  
Lineal:   
Angular:  DMS  
 GONS

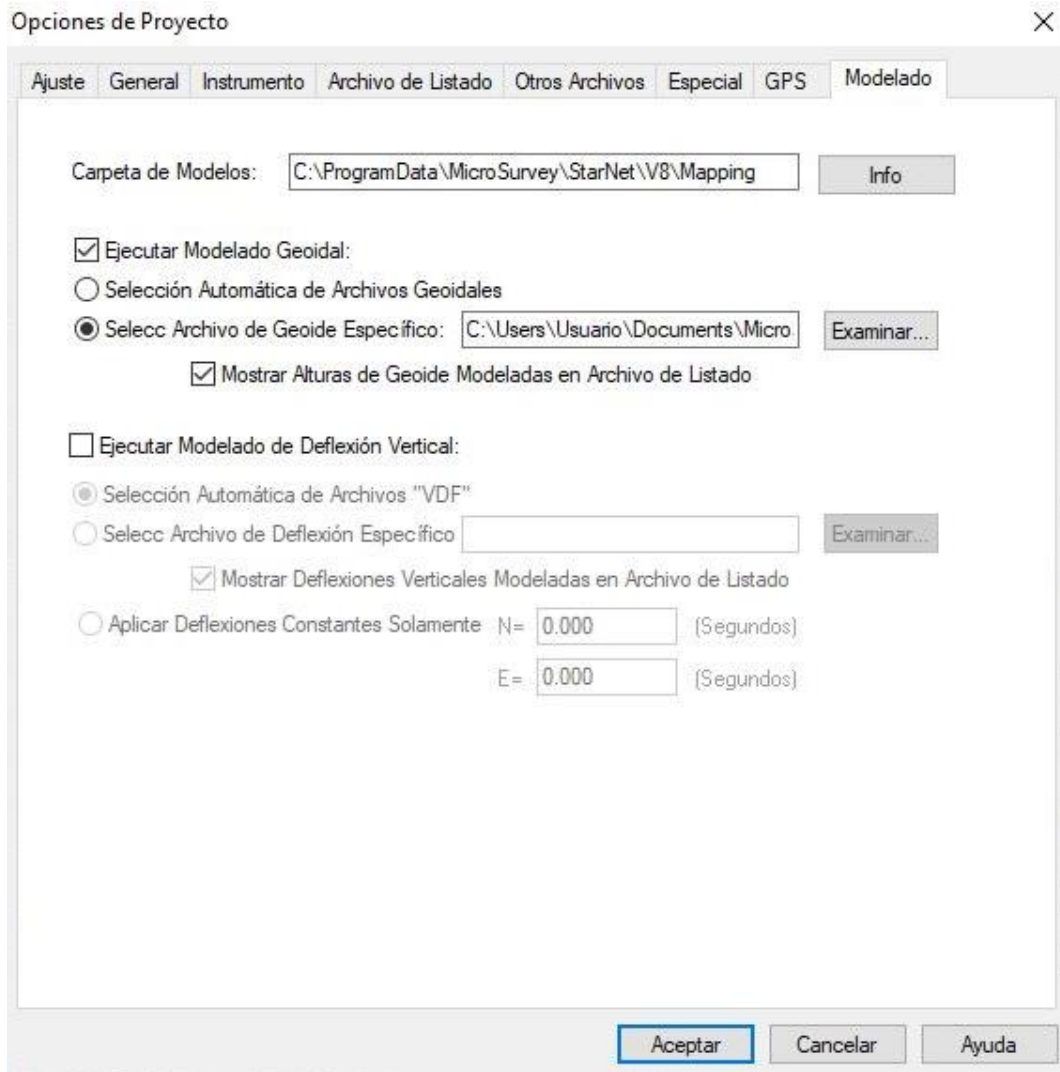
Sistema de Coordenadas  
 Rejilla:     
Altura Geoidal Promedio:  (Metros)

Local  
Esquema de Datum:  
 Aplicar un Factor de Escala Promedio:   
 Reducir a una Elevación Común:  Meters

Deflexiones Geoidal/Vertical  
 Usando Modelado Geoidal  
 Usando Deflexiones Verticales  
Para cambiar estas opciones por favor referirse a la pestaña Modelado

**Figura 22.**Configuración del programa - microsurvey starnet

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 23. Importación de modelo geoidal egm 2008 - microsurvey starnet*

*Fuente: Elaboración Propia*

- Se realiza el procesamiento de conversión a partir de nuestro modelo geoidal importado:

Tabla N° 20. Datos de sistema de coordenadas.

Estacion fija	Norte	Este	Elev.	Descripción
BMMP02	8118002.182	169556.426	53.345	BMMP02
PL13	8117980.239	169639.598	68.347	PL13
PL12	8118020.972	169776.189	76.049	PL12
PL15	8117806.933	169860.027	90.029	PL15
PL16	8117727.809	169883.916	91.014	PL16
PL17	8117622.95	170017.191	94.903	PL17
PL18	8117601.59	170342.183	102.644	PL18
PL19	8117599.716	170644.163	100.887	PL19
PL20	8117577.373	171114.167	91.477	PL20



PL25	8118443.553	171820.683	167.923	PL25
LIN022	8118299.221	172383.396	177.137	LIN022
PL26	8118150.107	173146.03	203.439	PL26
PL27	8118130.432	174004.25	219.968	PL27
PL28	8118475.278	174861.43	229.847	PL28
PL29	8118626.442	175683.513	222.358	PL29
LIN021	8118505.783	176024.939	234.588	LIN021
PL31	8118093.291	176868.542	220.527	PL31
PL32	8118435.592	177781.588	251.882	PL32
PL34	8117673.374	178548.511	232.423	PL34
PL35	8117371.205	178830.54	228.591	PL35
PL56	8117338.588	180042.535	223.44	PL56
PL37	8116734.355	180473.46	210.763	PL37
PL38	8115986.254	181477.053	154.584	PL38
PL39	8115542.515	181612.994	138.977	PL39
PL40	8114123.948	181342.007	44.169	PL40
PL41	8113470.558	181785.86	9.031	PL41
PL42	8113275.841	182546.694	5.882	PL42
PL43	8112883.669	183070.179	5.8	PL43
LIN018	8112632.37	183511.385	5.065	LIN018
PL44	8112337.117	184070.846	6.011	PL44
PL52	8111981.221	184601.035	5.561	PL52
PL53	8111681.804	185093.925	5.231	PL53
PL54	8111344.649	185592.88	4.906	PL54
PL55	8110965.422	186187.34	5.831	PL55
PL36	8110723.047	186654.409	6.244	PL36
PL57	8110386.976	187230.936	5.842	PL57
PL58	8110064.953	187814.829	5.553	PL58
PL59	8109716.997	188447.388	6.339	PL59
PL60	8109172.218	188945.045	4.812	PL60
PL61	8108679.243	189433.137	5.741	PL61
PL75	8108733.768	190378.127	80.24	PL75
PL74	8108442.165	190705.012	82.069	PL74
PL76	8108173.004	191234.807	81.22	PL76
PL73	8108106.153	191430.337	80.893	PL73
MEJ002	8107699.221	191718.603	81.279	MEJ002
IGNMEJ	8107542	191664	72.819	IGNMEJ
PL72	8107327.886	191934.8	81.784	PL72
PL71	8106638.932	191785.734	77.601	PL71
ARE07009	8106416.696	191377.614	52.95	ARE07009
PL77	8106182.783	191149.843	14.892	PL77
PL78	8105753.859	191493.99	5.335	PL78
PL79	8105359.874	191830.209	4.522	PL79
PL80	8105124.85	192047.925	3.631	PL80
PL81	8104759.492	192527.056	3.005	PL81
PL82	8104413.449	193000.84	3.74	PL82



PL83	8103934.483	193642.802	3.752	PL83
PL84	8103537.938	194173.817	4.675	PL84
PL85	8103443.929	194465.399	4.803	PL85
PL86	8103461.634	195156.945	4.493	PL86
PL87	8103465.463	195763.858	5.001	PL87
PL88	8103456.581	196485.562	5.983	PL88
PL100	8103467.246	197231.924	8.789	PL100
PL129	8102895.587	197706.655	9.629	PL129
PL130	8102840.494	197865.963	10.259	PL130
PL131	8102576.974	198383.634	11.191	PL131
PL132	8102402.223	198743.039	12.093	PL132
BMIGN457	8102182.27	199175.788	13.374	BMIGN457

Fuente: Coordenadas UTM – WGS 84

Tabla N° 21. Posiciones Ajustadas y Alturas Elipsoidales.

<b>Estación</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Altura Elipsoidal</b>	<b>Altura Geoidal</b>
MP - 2	16° 59' 53.567870"	72° 06' 10.760607"	53.3450	29.1626
PL13	16° 59' 54.323711"	72° 06' 07.963687"	68.3470	29.1704
PL12	16° 59' 53.070442"	72° 06' 03.329310"	76.0490	29.1991
PL15	17° 00' 00.068568"	72° 06' 00.612608"	90.0290	29.1671
PL16	17° 00' 02.651917"	72° 05' 59.848193"	91.0140	29.1543
PL17	17° 00' 06.127772"	72° 05' 55.403568"	94.9030	29.1523
PL18	17° 00' 06.988930"	72° 05' 44.439962"	102.6440	29.1956
PL19	17° 00' 07.204931"	72° 05' 34.243026"	100.8870	29.2394
PL20	17° 00' 08.172082"	72° 05' 18.382723"	91.4770	29.3033
PL25	16° 59' 40.387752"	72° 04' 54.062856"	167.9230	29.5880
LIN022	16° 59' 45.365273"	72° 04' 35.136943"	177.1370	29.6391
PL26	16° 59' 50.599602"	72° 04' 09.461836"	203.4390	29.7173
PL27	16° 59' 51.675518"	72° 03' 40.489831"	219.9680	29.8392
PL28	16° 59' 40.904495"	72° 03' 11.360720"	229.8470	30.0336
PL29	16° 59' 36.408264"	72° 02' 43.519287"	222.3580	30.1797
LIN021	16° 59' 40.501603"	72° 02' 32.052516"	234.5880	30.2003
PL30	16° 59' 54.082186"	72° 02' 07.847189"	223.7270	30.2105
PL31	16° 59' 54.331250"	72° 02' 03.779307"	220.5270	30.2253
PL32	16° 59' 43.666903"	72° 01' 32.765610"	251.8820	30.4192
PL34	17° 00' 08.820927"	72° 01' 07.262439"	232.4230	30.3569
PL35	17° 00' 18.781647"	72° 00' 57.894785"	228.5910	30.3288
PL56	17° 00' 20.447378"	72° 00' 16.978400"	223.4400	30.4750
PL37	17° 00' 40.297981"	72° 00' 02.737353"	210.7630	30.4007
PL38	17° 01' 05.108614"	71° 59' 29.227381"	154.5840	30.3666
PL39	17° 01' 19.596480"	71° 59' 24.864956"	138.9770	30.2803
PL40	17° 02' 05.561176"	71° 59' 34.751769"	44.1690	29.9518
PL41	17° 02' 27.015347"	71° 59' 20.096349"	9.0310	29.8732
PL42	17° 02' 33.721039"	71° 58' 54.495298"	5.8820	29.9279
PL43	17° 02' 46.725192"	71° 58' 37.013311"	5.8000	29.9151



LIN018	17° 02' 55.110268"	71° 58' 22.237763"	5.0650	29.9190
PL44	17° 03' 04.981941"	71° 58' 03.489379"	6.0110	29.9284
PL52	17° 03' 16.809552"	71° 57' 45.760406"	5.5610	29.9223
PL53	17° 03' 26.782991"	71° 57' 29.261979"	5.2310	29.9228
PL54	17° 03' 37.985533"	71° 57' 12.577420"	4.9060	29.9166
PL55	17° 03' 50.601957"	71° 56' 52.687033"	5.8310	29.9092
PL36	17° 03' 58.707993"	71° 56' 37.030197"	6.2440	29.9175
PL57	17° 04' 09.912346"	71° 56' 17.722375"	5.8420	29.9206
PL58	17° 04' 20.663340"	71° 55' 58.157837"	5.5530	29.9309
PL59	17° 04' 32.280445"	71° 55' 36.961412"	6.3390	29.9375
PL60	17° 04' 50.227894"	71° 55' 20.422163"	4.8120	29.8912
PL61	17° 05' 06.486852"	71° 55' 04.179045"	5.7410	29.8536
PL75	17° 05' 05.174018"	71° 54' 32.219554"	80.2400	29.9683
PL74	17° 05' 14.809498"	71° 54' 21.320768"	82.0690	29.9495
PL76	17° 05' 23.813742"	71° 54' 03.553626"	81.2200	29.9565
PL73	17° 05' 26.080987"	71° 53' 56.979882"	80.8930	29.9650
MEJ002	17° 05' 39.445566"	71° 53' 47.443221"	81.2790	29.9204
MEJ-001	17° 05' 44.528817"	71° 53' 49.367455"	72.8190	29.8856
PL72	17° 05' 51.618361"	71° 53' 40.323800"	81.7840	29.8752
PL71	17° 06' 13.937184"	71° 53' 45.707622"	77.6010	29.7329
ARE07009	17° 06' 20.962303"	71° 53' 59.611790"	52.9500	29.6437
PL77	17° 06' 28.454043"	71° 54' 07.427171"	14.8920	29.5770
PL78	17° 06' 42.560637"	71° 53' 56.012578"	5.3350	29.5363
PL79	17° 06' 55.527775"	71° 53' 44.847889"	4.5220	29.5010
PL80	17° 07' 03.271307"	71° 53' 37.607951"	3.6310	29.4821
PL81	17° 07' 15.376916"	71° 53' 21.598064"	3.0050	29.4678
PL82	17° 07' 26.851939"	71° 53' 05.758613"	3.7400	29.4564
PL83	17° 07' 42.727690"	71° 52' 44.300818"	3.7520	29.4397
PL84	17° 07' 55.870926"	71° 52' 26.550844"	4.6750	29.4263
PL85	17° 07' 59.066338"	71° 52' 16.742170"	4.8030	29.4401
PL86	17° 07' 58.822633"	71° 51' 53.358524"	4.4930	29.5129
PL87	17° 07' 58.988690"	71° 51' 32.842359"	5.0010	29.5742
PL88	17° 07' 59.622060"	71° 51' 08.452316"	5.9830	29.6398
PL100	17° 07' 59.631052"	71° 50' 43.218942"	8.7890	29.7151
PL129	17° 08' 18.436422"	71° 50' 27.454814"	9.6290	29.6687
PL130	17° 08' 20.302712"	71° 50' 22.097007"	10.2590	29.6756
PL131	17° 08' 29.113196"	71° 50' 04.728263"	11.1910	29.6851
PL132	17° 08' 34.963235"	71° 49' 52.665273"	12.0930	29.6935
PDM-457	17° 08' 42.316950"	71° 49' 38.144967"	13.3740	29.7026

Fuente: Conversión de alturas – Microsurvey Starnet



Tabla N° 22. Cuadro de resultados de altitudes calculadas por método.

Punto	Altitudes (m.s.n.m.)			Descripción
	Niv. geométrica	Niv. Trigonométrica	Alturas ortométricas	
IGN	53.2901	53.2901	24.18240	MP - 2
Pt-1	68.2965	68.2956	39.17661	PL13
Pt-2	76.0005	76.0169	46.84993	PL12
Pt-4	90.9522	90.9362	61.85968	PL16
Pt-5	94.7381	94.6924	65.75072	PL17
Pt-6	102.5874	102.5156	73.44842	PL18
Pt-7	100.8192	100.7050	71.64761	PL19
Pt-8	91.4080	91.2585	62.17373	PL20
Pt-9	167.9362	167.6721	138.33497	PL25
Pt-10	177.1498	176.8150	147.49788	LIN022
Pt-11	203.4635	203.3569	173.72174	PL26
Pt-12	219.8923	219.7484	190.12883	PL27
Pt-13	229.8677	229.6945	199.81342	PL28
Pt-14	222.3506	222.2661	192.17833	PL29
Pt-15	234.5821	234.4942	204.38771	LIN021
Pt-16	223.6952	223.6088	193.51653	PL30
Pt-17	220.4781	220.3932	190.30167	PL31
Pt-18	251.7419	251.6680	221.46279	PL32
Pt-19	232.3779	232.2993	202.06609	PL34
Pt-20	228.5402	228.4531	198.26223	PL35
Pt-21	223.3939	223.2727	192.96502	PL56
Pt-22	210.7079	210.5878	180.36228	PL37
Pt-23	154.5674	154.7032	124.21743	PL38
Pt-24	138.7906	138.8038	108.69668	PL39
Pt-25	44.0516	44.1061	14.21725	PL40
Pt-26	8.9091	8.8880	-20.84219	PL41
Pt-27	5.7628	5.9008	-24.04593	PL42
Pt-28	5.6710	5.6674	-24.11510	PL43
Pt-29	4.8277	4.8247	-24.85395	LIN018
Pt-30	5.8745	5.7824	-23.91745	PL44
Pt-31	5.4223	5.4420	-24.36131	PL52
Pt-32	5.0986	4.9999	-24.69182	PL53
Pt-33	4.7634	4.8168	-25.01063	PL54
Pt-34	5.7091	5.6780	-24.07820	PL55
Pt-35	6.1139	6.0803	-23.67348	PL36
Pt-36	5.7077	5.5848	-24.07858	PL57
Pt-37	5.4104	5.3682	-24.37787	PL58
Pt-38	6.0997	5.9834	-23.59854	PL59
Pt-39	4.6844	4.7365	-25.07920	PL60
Pt-40	5.6121	5.6079	-24.11263	PL61
Pt-41	80.1140	80.0919	50.27169	PL75
Pt-42	81.9417	81.8956	52.11950	PL74



Pt-43	81.0893	81.0974	51.26345	PL76
Pt-44	80.7541	80.8163	50.92798	PL73
Pt-45	81.1448	81.1417	51.35861	MEJ02
IGN	72.8187	72.8187	42.93337	MEJ 001
Pt-47	77.3347	77.35782	47.86814	PL71
Pt-48	52.6830	52.60412	23.30626	ARE0709
Pt-49	14.7361	14.66361	-14.68496	PL77
Pt-50	5.1844	5.11826	-24.20128	PL78
Pt-51	4.3584	4.2917	-24.97898	PL79
Pt-52	3.4735	3.39897	-25.85112	PL80
Pt-53	2.8461	2.81177	-26.46276	PL81
Pt-54	3.5837	3.45707	-25.71642	PL82
Pt-55	3.5725	3.52524	-25.68772	PL83
Pt-56	4.4897	4.3909	-24.75133	PL84
Pt-57	4.6149	4.52454	-24.63709	PL85
Pt-58	4.3049	4.16155	-25.01993	PL86
Pt-59	4.8014	4.7014	-24.57319	PL87
Pt-60	5.7802	5.54034	-23.65682	PL88
Pt-61	8.5009	8.38667	-20.92605	PL100
Pt-62	9.3161	9.17695	-20.03969	PL129
Pt-64	10.8532	10.82737	-18.49414	PL131
Pt-65	11.7539	11.66906	-17.60051	PL132
IGN	13.0481	13.0481	-16.32862	PDM-457

Fuente: Conversión de alturas – Microsurvey Starnet





## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A. Determinar si existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.

#### Paso 1. Planteamiento de la hipótesis.

**Hipótesis de investigación:** Existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.

$H_1$  = Existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.

$H_0$  = No existe diferencia significativa entre los métodos de nivelación geométrica y nivelación trigonométrica, a partir de BM (Bench Mark) establecidas por el IGN.

#### Paso 2. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para esta investigación en la prueba estadística fue de un nivel de 5%:

$$\alpha = 0.05 \text{ nivel de significancia}$$

#### Paso 3. Estudio de prueba

Prueba  $t$  student para medias independientes

Es esta prueba se registró los valores de las residuales obtenidas en los cálculos de compensación de cada método de nivelación.

Se obtuvo la siguiente tabla, de los datos calculados en la compensación con el software Microsurvey Starnet, presentado en el siguiente cuadro de datos:





Tabla N° 23. Datos de residuales – comparación de métodos tramo: Matarani - Mejia

TRAMO		nivelación Geométrica		nivelación trigonométrica	
De	A	Dif en Elev	Residual	Dif en Elev	Residual
MP-2	PL13	15.0064	-0.00006	15.0056	-0.0004
PL13	PL12	7.7039	-0.00010	7.7213	-0.0007
PL16	PL17	3.7859	-0.00011	3.7561	-0.0009
PL17	PL18	7.8493	-0.00022	7.8233	-0.0017
PL18	PL19	-1.7682	-0.00020	-1.8105	-0.0015
PL25	LIN022	9.2136	-0.00039	9.1420	-0.0030
LIN022	PL26	26.3137	-0.00052	26.5410	-0.0040
PL26	PL27	16.4288	-0.00057	16.3906	-0.0044
PL27	PL28	9.9754	-0.00062	9.9453	-0.0047
PL28	PL29	-7.5172	-0.00056	-7.4293	-0.0043
PL29	LIN021	12.2316	-0.00024	12.2282	-0.0018
LIN021	PL30	-10.8870	-0.00055	-10.8852	-0.0042
PL30	PL31	-3.2171	-0.00008	-3.2156	-0.0006
PL31	PL32	31.2638	-0.00065	31.2750	-0.0050
PL32	PL34	-19.3640	-0.00072	-19.3695	-0.0055
PL34	PL35	-3.8377	-0.00028	-3.8461	-0.0021
PL56	PL37	-12.6860	-0.00050	-12.6848	-0.0038
PL37	PL38	-56.1405	-0.00084	-55.8844	-0.0064
PL38	PL39	-15.7768	-0.00031	-15.8954	-0.0024
PL39	PL40	-94.7390	-0.00097	-94.6984	-0.0074
PL40	PL41	-35.1425	-0.00053	-35.2180	-0.0040
PL41	PL42	-3.1463	-0.00053	-2.9870	-0.0040
PL42	PL43	-0.0917	-0.00044	-0.2343	-0.0033
PL43	LIN018	-0.8433	-0.00034	-0.8426	-0.0026
LIN018	PL44	1.0468	-0.00042	0.9578	-0.0032
PL44	PL52	-0.4522	-0.00043	-0.3403	-0.0033
PL52	PL53	-0.3237	-0.00039	-0.4419	-0.0029
PL53	PL54	-0.3352	-0.00040	-0.1831	-0.0031
PL54	PL55	0.9457	-0.00047	0.8614	-0.0036
PL55	PL36	0.4048	-0.00035	0.4023	-0.0027
PL36	PL57	-0.4062	-0.00045	-0.4954	-0.0034
PL57	PL58	-0.2972	-0.00045	-0.2174	-0.0034
PL58	PL59	0.6892	-0.00048	0.6153	-0.0037
PL59	PL60	-1.4153	-0.00049	-1.2468	-0.0038
PL60	PL61	0.9277	-0.00046	0.8705	-0.0035
PL61	PL75	74.5019	-0.00063	74.4842	-0.0048
PL75	PL74	1.8277	-0.00029	1.8048	-0.0022
PL74	PL76	-0.8524	-0.00040	-0.7980	-0.0030
PL76	PL73	-0.3351	-0.00014	-0.2811	-0.0011
PL73	MEJ02	0.3907	-0.00033	0.3255	-0.0025

Fuente: Calculo de compensaciones – Microsurvey Starnet

- Normalidad: se corrobora que la variable aleatoria en ambos métodos de nivelación se distribuye normalmente. Para ello se utiliza la prueba SHAPIRO WILK cuando el tamaño de muestra es  $< 50$ . El criterio para determinar si la (VA) se distribuyó normalmente es:
  1.  $P - \text{valor} \geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal.
  2.  $P - \text{valor} < \alpha$  Aceptar  $H_1$  = Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla N° 24. Resumen de procesamiento de casos. (Matarani – Mejía)

METODO DE NIVELACION		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ERROR RESIDUAL	NIVELACION GEOMETRICA	40	100.0%	0	0.0%	40	100.0%
	NIVELACION TRIGONOMETRICA	40	100.0%	0	0.0%	40	100.0%

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

Tabla N° 25. Prueba de Normalidad (Matarani – Mejía)

METODO DE NIVELACION		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ERROR RESIDUAL	NIVELACION GEOMETRICA	0.076	40	,200*	0.975	40	0.520
	NIVELACION TRIGONOMETRICA	0.079	40	,200*	0.976	40	0.551

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

#### Normalidad – Calificación

- $P - \text{valor (Nivelación geométrica)} = 0.520 > \alpha = 0.05$
- $P - \text{valor (Nivelación trigonométrica)} = 0.551 > \alpha = 0.05$

La variable calificación en ambos grupos se comportan normalmente.

Para el tratado de la prueba  $t$ , una vez que se estableció el comportamiento normal de las variables en ambos grupos, realizamos el análisis en el Software SPSS.

Tabla N° 26. Estadística de Grupo (Matarani – Mejía)

METODO DE NIVELACION		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
ERROR RESIDUAL	NIVELACION GEOMETRICA	40	0.00042210	0.000198009	0.000031308
	NIVELACION TRIGONOMETRICA	40	0.00322250	0.001518009	0.000240018

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

Tabla N° 27. Prueba de muestras independientes (Matarani- Mejía)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
ERROR RESIDUAL	Se asumen varianzas iguales	40.017	0.000	-11.569	78	0.000	-0.002800400	0.000242052	-0.003282288	-0.002318512
	No se asumen varianzas iguales			-11.569	40.327	0.000	-0.002800400	0.000242052	-0.003289481	-0.002311319

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

#### Paso 4. Toma de decisión

Si la probabilidad obtenida  $P - \text{valor} \leq \alpha$ , rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_1$ )

Si la probabilidad obtenida  $P - \text{valor} > \alpha$ , no rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_0$ )

De la Tabla N° 27 Prueba de muestras independientes, Se obtuvo que:

$$P\text{-valor} = 1.46e-08 < \alpha = 0.05$$

#### Paso 5. Interpretación

De los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis alterna, entonces decimos existe una diferencia significativa de error, entre los datos de la nivelación geométrica y trigonométrica. Por lo cual se concluye que la nivelación geométrica no presenta un grado de consideración igual o similar que la nivelación trigonométrica.

- B.** Determinar el método preciso entre la nivelación geométrica y nivelación trigonométrica en poligonales abiertas con distancias considerables.

**Paso 1. Planteamiento de la hipótesis.**

$H_1$  = La nivelación geométrica tiene mayor precisión a comparación de la nivelación trigonométrica.

$H_0$  = La nivelación geométrica no tiene mayor precisión a comparación de la nivelación trigonométrica.

**Paso 2. Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se tomó para esta investigación en la prueba estadística fue de un nivel de 5%:  $\alpha = 0.05$  nivel de significancia

**Paso 3. Estudio de prueba**

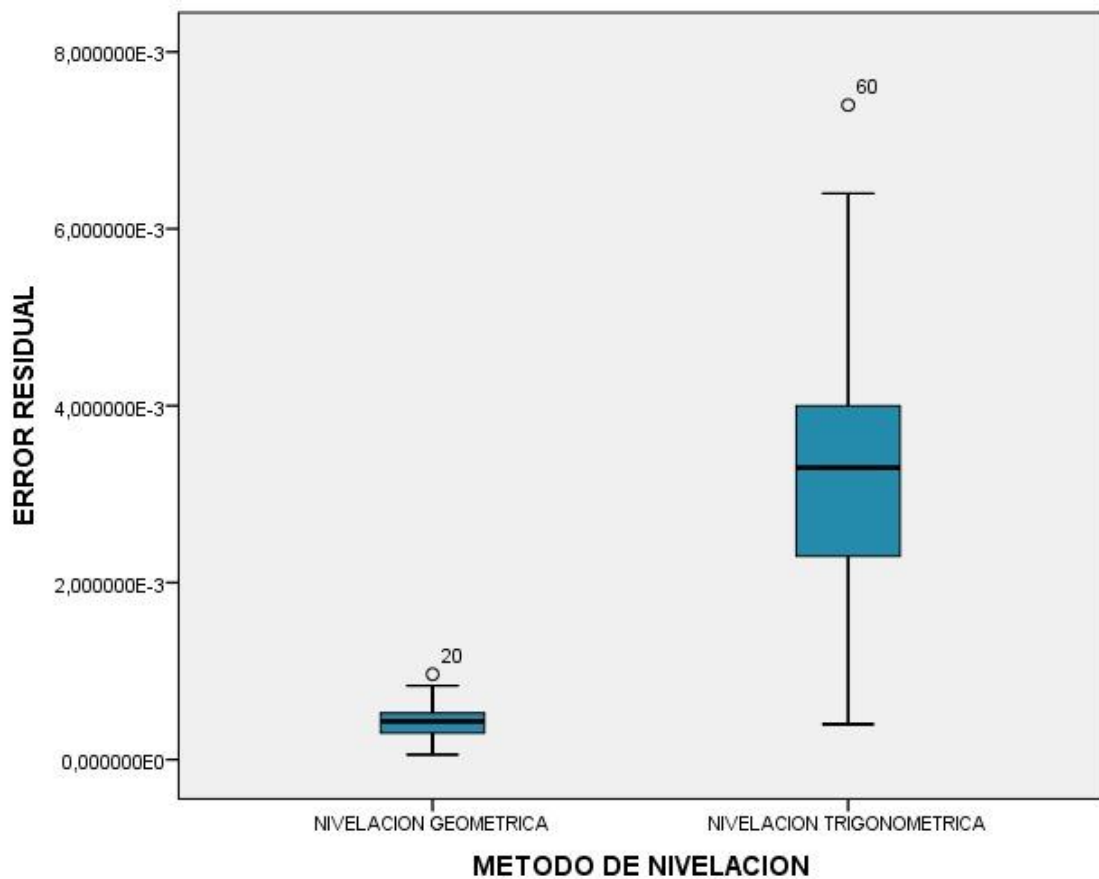
De la tabla N° 23 Datos de residuales, se tomó los valores residuales para procesamiento en el programa SPSS para cálculos de desviación estándar.

Tabla N° 28. Tabla de cálculos *t* student (tramo Matarani Mejia)

METODO DE NIVELACION		Estadístico	Error estándar		
ERROR RESIDUAL	NIVELACION GEOMETRICA	Media	0.00042210	0.000031308	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0.00035877	
			Límite superior	0.00048543	
		Media recortada al 5%	0.00041514		
		Mediana	0.00043200		
		Varianza	0.000		
		Desviación estándar	0.000198009		
		Mínimo	0.000057		
		Máximo	0.000965		
		Rango	0.000908		
		Rango intercuartil	0.000230		
		Asimetría	0.313	0.374	
		Curtosis	0.579	0.733	

NIVELACION TRIGONOMETRICA	Media	0.00322250	0.000240018
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0.00273702
		Límite superior	0.00370798
	Media recortada al 5%	0.00316944	
	Mediana	0.00330000	
	Varianza	0.000	
	Desviación estándar	0.001518009	
	Mínimo	0.000400	
	Máximo	0.007400	
	Rango	0.007000	
	Rango intercuartil	0.001750	
	Asimetría	0.319	0.374
	Curtosis	0.599	0.733

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)



**Figura 24. Diagrama de cajas – T student**

*Fuente: elaboración propia*



De la tabla N° 28 Tabla de cálculos  $t$  student, en nivelación geométrica por el método doble punto de cambio se obtuvo una variación máxima de 0.000965 m en residuales de los desniveles compensación. Con respecto a la nivelación trigonométrica se obtiene una variación máxima de 0.007400 en el tramo “PL39 a PL40”, ya que presento una distancia horizontal de 1.445 KM.

#### **Paso 4. Toma de decisión**

Según la estadística, del calculó la desviación estándar:

$\sigma_1 = 0.000198009$  Nivelación Geométrica.

$\sigma_2 = 0.001518009$  Nivelación Trigonométrica.

$$0 < \sigma_1 < \sigma_2$$

#### **Paso 5. Interpretación**

Como se muestra la desviación estándar en la nivelación geométrica por el método doble punto de cambio es mejor que la nivelación trigonométrica esto se sabe por el cálculo estadístico de la desviación estándar de las residuales, por tramos de los cálculos de la compensación de las nivelaciones. Entonces podemos decir que la nivelación geométrica es más precisa frente a la nivelación trigonométrica en poligonal abierta a distancias considerables.



## 4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO GENERAL

Determinar y comparar la diferencia entre desniveles de nivelación geométrica, nivelación trigonométrica y las alturas elipsoidales, en una poligonal abierta a distancias mayores de 10 km.

### Paso 1. Planteamiento de la hipótesis.

Hipótesis de investigación

Existe diferencia entre desniveles de nivelación geométrica, nivelación trigonométrica y las alturas elipsoidales, en una poligonal abierta a distancias mayores de 10 km.

$H_1$  = Existe diferencia en los desniveles de los métodos de nivelación geométrica, trigonométrica y alturas elipsoidales.

$H_0$  = No existe diferencia en los desniveles de los métodos de nivelación geométrica, trigonométrica y alturas elipsoidales.

### Paso 2. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para esta investigación en la prueba estadística fue de un nivel de 5%:

$$\alpha = 0.05 \text{ nivel de significancia}$$

### Paso 3. Estudio de prueba

Prueba Estadístico ANOVA.

El análisis de varianza (ANOVA) permite comparar simultáneamente todas las medias, evitando tener que realizar pruebas en grupos de dos con las técnicas vistas anteriormente.

En esta prueba registramos los desniveles hallados de la compensación de Star Net, de la tabla N° 22 Cuadro de resultados de altitudes calculadas por método, tomamos la diferencia de desniveles respecto a cada método:

Tabla N° 29. Diferencia entre desnivel por método.

TRAMO		Diferencia de Desnivel		
		Niv. Gem. - Niv. Trig.	Niv. Trig- Alt. Ort.	Niv. Gem. - Alt. Ort.
MP - 2	Pt-1	0.00094	0.01129	0.01223
	Pt-1	-0.01739	0.04798	0.03059
	Pt-2	0.03245	-0.09045	-0.05800
	Pt-4	0.02969	-0.13484	-0.10515
	Pt-5	0.02608	0.12550	0.15158
	Pt-8	0.11465	0.25236	0.36701
	Pt-12	0.02929	0.26151	0.29080
	Pt-14	0.00345	0.01872	0.02217
	Pt-17	-0.01095	0.11368	0.10273
	Pt-19	0.00852	-0.04234	-0.03382
	Pt-21	-0.00110	-0.08216	-0.08326
	Pt-24	-0.04127	-0.21827	-0.25954
	Pt-28	-0.00064	-0.10385	-0.10449
	Pt-40	0.01787	0.09968	0.11755
MEJ-001	Pt-46	-0.02316	-0.39565	-0.41881
	Pt-48	-0.00639	0.05071	0.04432
	Pt-49	-0.00633	-0.02903	-0.03536
	Pt-50	0.00056	-0.04886	-0.04830
	Pt-51	0.00787	-0.02059	-0.01272
	Pt-56	-0.00841	0.01940	0.01099

Fuente: *Calculo de compensaciones – Microsurvey Starnet*

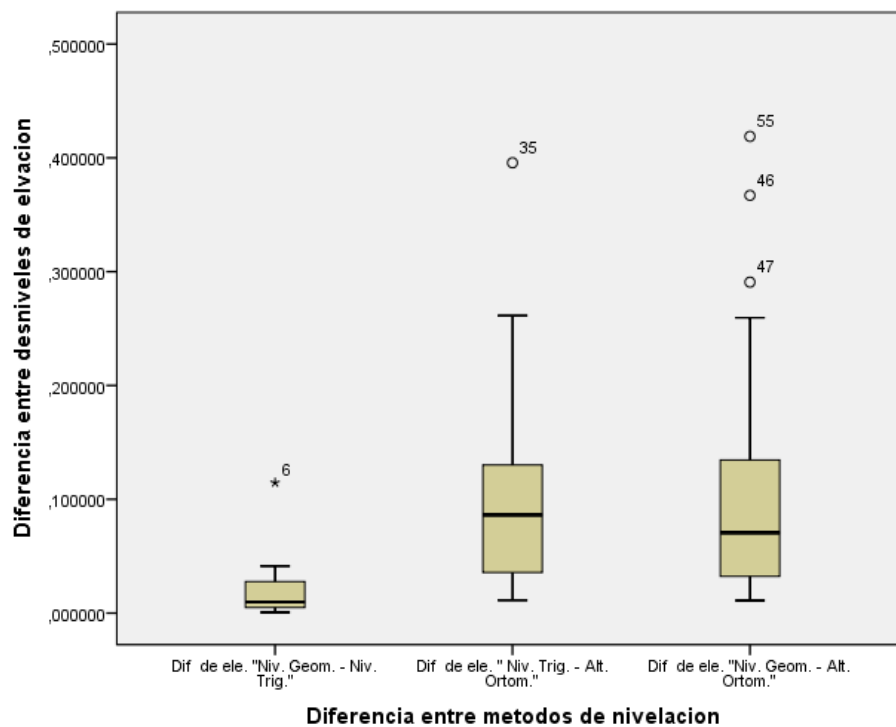


Figura 25. Diagrama de cajas

Fuente: *elaboración propia*



Tabla N° 30. Descriptivo - ANOVA

Diferencia entre desniveles de elevación								
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Dif de ele. "Niv. Geom. - Niv. Trig."	20	0.01935050	0.025557448	0.005714819	0.00738925	0.03131175	0.000560	0.114650
Dif de ele. "Niv. Trig. - Alt. Ortom."	20	0.10834350	0.101351293	0.022662838	0.06090963	0.15577737	0.011290	0.395650
Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom."	20	0.11547100	0.122156568	0.027315039	0.05829997	0.17264203	0.010990	0.418810
Total	60	0.08105500	0.101332961	0.013082029	0.05487792	0.10723208	0.000560	0.418810

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

Tabla N° 31. ANOVA – Prueba unifactorial

Diferencia entre desniveles de elevación					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.115	2	0.057	6.658	0.003
Dentro de grupos	0.491	57	0.009		
Total	0.606	59			

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

Tabla N° 32. Comparaciones Múltiples – prueba post hoc

HSD Tukey						
(I) Diferencia entre métodos de nivelación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
Dif de ele. "Niv. Geom. - Niv. Trig."	Dif de ele. "Niv. Trig. - Alt. Ortom."	-,088993000*	0.029352737	0.010	-0.15962796 -0.01835804	
	Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom."	-,096120500*	0.029352737	0.005	-0.16675546 -0.02548554	
Dif de ele. "Niv. Trig. - Alt. Ortom."	Dif de ele. "Niv. Geom. - Niv. Trig."	,088993000*	0.029352737	0.010	0.01835804 0.15962796	
	Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom."	-0.007127500	0.029352737	0.968	-0.07776246 0.06350746	
Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom."	Dif de ele. "Niv. Geom. - Niv. Trig."	,096120500*	0.029352737	0.005	0.02548554 0.16675546	
	Dif de ele. "Niv. Trig. - Alt. Ortom."	0.007127500	0.029352737	0.968	-0.06350746 0.07776246	

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

Tabla N° 33. Tabla comparativa de Tukey

**Diferencia entre desniveles de elevación**

HSD Tukey <sup>a</sup>			
Diferencia entre metodos de nivelacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Dif de ele. "Niv. Geom. - Niv. Trig."	20	0.01935050	
Dif de ele. " Niv. Trig. - Alt. Ortom."	20	0.10834350	
Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom."	20	0.11547100	
Sig.		1.000	0.968

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20,000.

Fuente: Calculo estadístico – SPSS BIN (elaboración propia)

**Paso 4. Toma de decisión**

Si la probabilidad obtenida  $P - \text{valor} \leq \alpha$ , rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_1$ )

Si la probabilidad obtenida  $P - \text{valor} > \alpha$ , no rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_0$ )

De la Tabla N° 31, Se obtuvo el P valor (nivel de significancia) en el análisis unifactorial menor a alfa,

$$\mathbf{P\text{-valor} = 0.003 < \alpha = 0.05}$$

Por lo que decimos que existe un grado de diferencia significativa entre los valores de las diferencias de desnivel entre los métodos de nivelación geométrica, trigonométrica y las alturas elipsoidales.

Con la prueba de Tukey encontramos la relación de las diferencias significativas de la tabla N° 33 teniendo los valores:

$$\mathbf{P\text{-valor} = 0.010 < \alpha = 0.05}$$

$$\mathbf{P\text{-valor} = 0.005 < \alpha = 0.05}$$

De la tabla N° 32, decimos que existe una variación de Diferencia de elevación de "Niv. Geom. - Niv. Trig." Con una media de 0.01935050 m Frente a Dif de ele. " Niv. Trig. - Alt. Ortom." Y Dif de ele. "Niv. Geom. - Alt. Ortom." Con medias de 0.10834350m y 0.11547100 m respectivamente.



## Paso 5. Interpretación.

Existe diferencia en los desniveles entre la nivelación geométrica mediante el método de doble punto de cambio, frente al método de nivelación trigonométrica, y las alturas elipsoidales existentes en una poligonal abierta, concluyendo que las alturas elipsoidales, no son consideradas similares a las alturas obtenidas por los métodos geométricos y trigonométricos, en poligonales abiertas a distancias considerables.

### 4.3. DISCUSIONES

Según **Álvarez Layme (2012)**, nos indica que llega a la conclusión de que el grado de precisión es aplicable al tipo de estudio a realizar. La confiabilidad es según la estadística de T estudent no hay significancia entre los métodos y tipos de precisión de equipos por que los errores están dentro de 0.001 a 0.01 m aceptables en rangos estándares de la topografía y la geodesia.

Al cual respondemos que al realizar los tratados de t student entre la diferencia significativa entre la nivelación geométrica y trigonométrica, de la tabla N°32 tenemos que los errores de la nivelación geométrica están dentro 0.00005 a 0.0009 m y la nivelación trigonométrica está dentro de 0.004 a 0.007. En este sentido decimos que hay una significancia ya que los errores de ambos métodos no están en los rangos similares.

Según **Mendoza Dueñas (2017)**, nos indica en su libro Topografía Técnicas moderna que, para nivelaciones de alta precisión la determinación de bancos de nivel muy distanciados entre ellos, en el establecimiento de BM así como en trabajos de geodesia de primer orden; las visuales pueden ser hasta 100 m, la lectura en la mira puede tener una aproximación hasta 0.100 m; el equipo debe ubicarse aproximadamente equidistante entre los puntos a nivelar con una tolerancia  $E_{max} = \pm 0.004\sqrt{K}$ , y según **IGN (Instituto Geográfico Nacional)** en su norma Técnica Geodésica ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES, que Tolerancias para nivelación de precisión. Según la forma en que se lleve la nivelación, deberá aplicarse los siguientes criterios de tolerancia: El error máximo de cierre o tolerancia (T) no debe exceder de:  $= \pm 0.0025\sqrt{K}$ .



Al cual respondemos que en la presente investigación realizando la nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio en el tramo de Matarani – Mejía con una distancia de 28.4 km con puntos de control BM establecidos por el IGN Perú, se obtuvo un  $E_{\text{cierre}} = 0.0189\text{m}$ . Realizando los cálculos de tolerancias decimos que la nivelación es considerada de alta precisión para Mendoza Dueñas mientras que para el IGN Perú es considerada nivelación de precisión.

Según **Albornoz Olivares (2013)**, nos indica que muchos ingenieros Geomensores en la actualidad con sólo escuchar “Nivelación Trigonométrica” le atribuyen inmediatamente la clasificación de "mediana precisión", usando solamente la nivelación geométrica para la mayoría de sus trabajos. Sin embargo, se debe tener siempre en cuenta que el método conocido por la mayoría, no necesariamente es el mejor método. En su investigación, se ofrece una metodología para nivelación trigonométrica de precisión que cumple con las tolerancias admisibles de error de cierre exigidas a la nivelación geométrica de precisión descrita por el Manual de Carreteras, de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en terreno durante el desarrollo de trabajo donde en una distancia de 2.4 km obtuvo un error de cierre de 8.7 mm.

Al cual respondemos que la nivelación trigonométrica mediante el método de la estación total en poligonales abiertas con distancias considerables, se obtuvo que la tolerancia de cierre al realizar la compensación por mínimos cuadrados por el Software Microsurvey Starnet en una distancia de 28.4 km se obtuvo  $E_{\text{cierre}} = 0.138\text{ m}$ , que dicho método estaría en los estándares de “nivelación ordinaria”. En este sentido podemos decir que la nivelación trigonometría por este método es no considerada de precisión por lo que podemos clasificar a este método como "mediana precisión", pero es aplicable para distintos tipos de trabajo donde será requerido.



## V. CONCLUSIONES

- ✓ De la comparación de los desniveles que existe entre los métodos de, la nivelación geométrica y trigonométrica con una media de 0.01935050 m, nivelación trigonométrica y alturas elipsoidales con una media de 0.10834350 m y nivelación geométrica y alturas elipsoidales con una media y 0.11547100 m, existe diferencia teniendo P-Valor = 0.003 <  $\alpha$  = 0.05, en la prueba de ANOVA, por lo cual concluimos diciendo que las alturas elipsoidales GNSS no son consideradas similar que las altitudes de nivelación geométrica y trigonométrica para trabajos de controles altimétricos.
  
- ✓ Al realizar la relación del método de nivelación geométrica método dobles punto de cambio frente a la nivelación trigonométrica método de la estación total, se obtuvo un P-Valor = 1.46e-08 <  $\alpha$  = 0.05 por la prueba t student, que demuestra que existe diferencias a considerar en el error medio calculado por ambos métodos, no muestran el mismo grado de precisión.
  
- ✓ De la comparación de los métodos de nivelación geométrica y trigonométrica se determina, que la desviación estándar  $\sigma_1$  = 0.000198009 m para Nivelación Geométrica frente a la Nivelación Trigonométrica con una desviación estándar  $\sigma_2$  = 0.001518009 m, y de los resultados de las tolerancias que para un tramo de 28.4 km se tiene que los errores de cierre de  $E_{N.G.}$  = 0.0189 m <  $E_{N.T.}$  = 0.138 m, por lo cual el método geométrico presenta mejor desviación estándar y cumple las tolerancias de cierre, por lo que decimos que tiene mayor precisión.



## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda usar el método de nivelación geométrica mediante el método doble punto de cambio, para trabajos de establecimiento de B.M. en trabajos lineales amplios, por que presenta precisión confiable.
- ✓ El uso de la nivelación trigonométrica mediante el método de la estación total, es recomendable para trabajos donde no se requiera alta precisión, y poca accesibilidad, ya que presenta cierto grado de confiabilidad.
- ✓ Para trabajos altimétricos es necesario apoyarse en marcas de cotas fija B.M.'s, establecidos por el IGN, ya que dichos puntos son de primer orden.
- ✓ Se debe profundizar y priorizar el uso de Software adecuados para trabajos topográficos, en cálculos de compensaciones como el uso de Survey-Starnet.
- ✓ Para las lecturas de nivelación geométrica es recomendable no tomar lecturas mayores a 30.00 m de distancia, ya que se tendría que tomar la corrección por nivel aparente, respecto a la curvatura de la tierra.



## VII. REFERENCIAS

- Acero Velo, L., & Serruto Flores, J. C. (2018). *Modelo Geoidal Con Receptores Gns En Método Cinemático y Nivelación Geométrica para la Estimación de Alturas Ortométricas en la Ciudad Universitaria Una - Puno*, (Pregrado) . Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Albornoz Olivares, M. A. (2013). *Validación de Metodología para Nivelación Trigonométrica de Precisión* (Pregrado). Universidad de Santiago de Chile.
- Alcantara Garcia, D. A. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. Mexico: Ebook Editorial.
- Alvarez Layme, B. E. (2012). *Comparacion de Error en la Nivelacion Geometrica, Trigonometrica y GPSD-PUNO* (Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano.
- Bannister, A., & Raymond, S. (1987). *Técnicas Modernas En Topografía*, Mexico: Disperso Editorial S.A.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodologia de la Investigacion*.Capital Federal: Editorial Shalom.
- Farjas Abadía, M. (2013). *Topografía*, Mexico: Journal of Chemical Editorial.
- Instituto Geografico Nacional. (2016). *Norma Técnica Geodésica Especificaciones Técnicas Para Levantamientos Geodésicos Verticales*. Lima, Peru.
- Llano Cruz, H., & Gonzales Aceituno, J. (2018). *Generación de Modelo Digital de Elevaciones (Mde) de Ondulaciones Geoidales Usando dl Metodo Gns/Nivelación y Redes Neuronales Artificiales a Partir De Datos Dispersos* (Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Mendoza Dueñas, J. (2017). *Topografía - Tecnicas Modernas*. Lima: M. E.I.R.L., Editorial.
- Navarro Hudiel, S. (2010). *Nivelación*. Lima: U. Norte Editorial.
- Tassara C, L. (1999). *TOPOGRAFIA I - II*. LIMA: Ciencias Editorial.
- Ticona Kapquequi, R. F. (2012). *Obtencion de Alturas Pseudo Ortometricas, Aplicando la Tecnologia Gps* (Pregrado). Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia.
- Wolf, Paul R; Brinker, R. C. (2010). *Topografía*, Mexico: Editorial Alfa Omega.



## ANEXOS

### ANEXO A. Fichas de descripción de Marca de Cota Fija.

**INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL**  
DIRECCION DE GEODESIA  
**DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (MCF)**



DEPARTAMENTO: AREQUIPA	CARACTERISTICA DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE DE 9 cm DE DIÁMETRO	CODIGO: MP-2
PROVINCIA: ISLAY	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	ALTITUD (m) 53,2901
LÍNEA: MATARANI-PUNO	CÓDIGO DE HOJA: CN 34-r(2437) Esc.1/100 000	ORDEN: 1 er
TRAMO: MATARANI-AREQUIPA	ESTAMPADO: MP-2-2005	DATUM: nmm

**CROQUIS**

**DESCRIPCIÓN:**  
**ITINERARIO**  
Partiendo del Mareógrafo Matarani con dirección Sur Este, por la carretera que conduce a Arequipa a 0,96 Km se encuentra la MCF MP-2, ubicada al lado izquierdo de la carretera proximo al poste Km 57, sus coordenadas WGS 84 aproximadas son: Norte 8 118 337 ; Este 808 464.

**MARCA DE COTA FIJA**  
Es un disco de bronce de 9 cm de diámetro ubicado en un bloque de concreto de 20 x 20 cm de lado y a 25 cm sobre el nivel del terreno.

**REFERENCIAS:**

- Desde el poste Km 57, azimut magnético 245° a 0,90 m.
- Desde la señal de transito, azimut magnético 270° a 26,20 m.
- Desde el eje de la carretera, azimut magnético 330° a 7,65 m.

El terreno alrededor es pendiente.

DESCRITA / RECUPERADA POR: PALOMINO-FERNANDEZ	REVISADO: A. ZACARIAS P.	JEFE PROYECTO: Cap. Ing. C. SIERRA F.	FECHA: SET-05
--	-----------------------------	--	------------------





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
DIRECCIÓN DE GEODESIA

**DESCRIPCIÓN DE MARCA DE COTA FIJA (MCF)**

<b>DEPARTAMENTO:</b> AREQUIPA	<b>CARACTERÍSTICA DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE DE 5 CM DE DIAMETRO	<b>CÓDIGO:</b> MEJ-001
<b>PROVINCIA:</b> ISLAY	<b>ESTABLECIDA POR:</b> INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	<b>ALTITUD (m)</b> 72.8187
<b>LÍNEA:</b> PUNO-DESAGUADERO MATARANI	<b>CÓDIGO DE HOJA:</b> CN 35-s (2536) Esc.1/100 000	<b>ORDEN:</b> 1 er
<b>TRAMO:</b> PDM-464 / MEJ-001	<b>ESTAMPADO:</b> BM-MEJ-001-2014	<b>DATUM:</b> N.M.M



**DESCRIPCIÓN:**  
La Marca de cota fija denominada MEJ-001, se encuentra ubicada en la planta de tratamiento de agua potable a 1.55 km de la MCF PDM-464, en el Distrito Mejía, Provincia Islay, Departamento de Arequipa con coordenadas aproximadas: Norte 8 107 542; Este 191 664.

**MARCA DE COTA FIJA**  
Es un disco de bronce de 5 cm de diámetro incrustado en un bloque de concreto, lleva grabado Instituto Geografico Nacional BM-MEJ-001-2014

**REFERENCIA:**  
Hoja de la Carta Nacional 35-s Punta de Bombón esc. 1/100 000

<b>DESCRITA / RECUPERADA POR:</b>	<b>JEFE PROYECTO:</b>	<b>FECHA:</b>
 SO 2 EP ANTONIO INCA VICENTE	 MY EP JULIO SAENZ ACUÑA	MARZO-14

**INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL**  
**DIRECCION DE GEODESIA**

**DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (MCF)**

<b>DEPARTAMENTO:</b> AREQUIPA	<b>CARACTERISTICA DE LA MARCA:</b> DISCO DE BRONCE DE 9 CM DE DIAMETRO	<b>CODIGO:</b> PDM-457
<b>PROVINCIA:</b> ISLAY	<b>ESTABLECIDA POR:</b> INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	<b>ALTITUD (M)</b> 13.0481 m
<b>LÍNEA:</b> MATARANI-PUNO	<b>CÓDIGO DE HOJA:</b> CN 35-s Escala 1/100 000	<b>ORDEN:</b> 1 er
<b>TRAMO:</b> MATARANI-CLEMESI	<b>ESTAMPADO:</b> PDM - 457 2006	<b>DATUM:</b> N.M.M
<b>CROQUIS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
<b>ITINERARIO</b>		
Partiendo de la Plaza de Armas de Mejia con dirección Sur Este, por la carretera asfaltada que va a Cocachacra y a 10.6 Km de recorrido se encuentra la MCF PDM-457, ubicada con coordenadas GPS aproximadas: Norte 8 102 184 ; Este 109 181.		
<b>MARCA DE COTA FIJA</b>		
Es un disco de bronce de 0.09 m de diámetro incrustada en una vereda de concreto de 18.8 m x 1.5 m de lado y 0.20 m sobre el nivel del suelo.		
<b>REFERENCIAS:</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>Desde el eje de la carretera, con azimut magnético 210° a 6.0 m.</li> <li>Desde el lado Norte del arco hito Km 257, con azimut magnético 275° a 25.50 m.</li> <li>Desde el lado Sur del arco hito Km 257, con azimut magnético 300° a 23.50 m.</li> </ol>		
El terreno alrededor es urbano.		
<b>DESCRITA / RECUPERADA POR:</b> ANGEL ENCISO O.	<b>REVISADO:</b> A. ZACARIAS P.	<b>JEFE PROYECTO:</b> Tte. Ing. J. ROMERO A.
		<b>FECHA:</b> JUN-06





## ANEXO B. Certificados de calibración.



Más de 10 años dedicado a la Importación y Exportación de productos de Topografía, Geodesia, e Ingeniería de las marcas líderes del mercado mundial.  
Ejecución y Estudio de Obras Civiles...

### CERTIFICADO DE CALIBRACION

**DATOS DEL EQUIPO**

Nombre : NIVEL AUTOMATICO	Precisión : + 2.5 mm en nivelación doble de 1km
Marca : LEICA	Distancia del campo visual : 100 mts.
Modelo : NA720	Distancia mínima de enfoque : 0.5 mts.
Serie : 5697183	Lectura mínima : 30mm a estima
	Telescopio : Imagen directa 20X

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Nro. : 001-019/19  
Fecha : 01/02/2019

**METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES**

Para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original TOPCON con telescopio de 32x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01", que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM 2A precisión al 01" con el método de lectura Directa-Inversa y refrendado con un nivel automático TOPCON modelo ATG 1 de precisión +/- 0.7 mm nivelación doble de 1 km.

El control se ejecuta en la base soporte metálica fijada en la pared ajena a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

TEMPERATURA LABORATORIO	HUMEDAD RELATIVA LABORATORIO	PRES. ATM.
25° celcius	57%	760 mm Hg

**NORMA APLICADA**

Desviación estándar basada en la norma ISO 17123 y la DIN 18723 del nivel automático AT – G1 TOPCON de precisión +/-0.7 mm en nivelación doble de 1 km.

**RESULTADO**

Distancia	Lectura de instrumento	Patrón	Lectura Instrumento Contrastado	Diferencia
-----------	------------------------	--------	---------------------------------	------------

Porcentaje de error: +/-0.001%

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima calibración	Observación
01/02/2019		X	06 meses	% 100 operativo

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
TITO SOLUCIONES EN INGENIERIA EIRL.	SERGIO DANIEL SANCHEZ VILCA DNI: 48064591	
 RUC: 20448091091 SOLUCIONES EN INGENIERIA Eloy Alejandro Tito Apaza GERENTE	Firma y Sello	Firma y Sello

DIRECCION: Jr. Moquegua 779 Int. 12 - Juliaca-Cel. 951 87 12 21 - 965 83 16 88 eloy\_tito@hotmail.com



**LABORATORY  
COSOLA S.A.C.**

-Soluciones Topográficas profesionales

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**DATOS DEL EQUIPO**

Nombre	ESTACION TOTAL	Precisión Angular	05"
Marca	TOPCON	Lectura mínima	05"/07"
Modelo	ES-105	Precisión de distancia	± 2mm x 2ppm x D No prisma ± 3mm x 2ppm x D
Series	GZ4245	Alcance	4000 m c/01 prisma - No prisma: 1.5 a 500 m.
		Lectura mínima	1.5 m

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Nro. : 009-160/19  
Fecha : 16/07/2019

**ENTIDAD CERTIFICADORA:**

COSOLA LABORATORY S.A.C.

**METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES**

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador TOPCON con telescopio de 40x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de 01", que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM 2A precisión al 01" con el método de lectura Directa-Inversa.

Para controlar y calibrar la constante promedio en las Distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Marca TOPCON modelo GPT-3002W nueva de precisión en distancia de +/- (2mm + 2 ppm x D) m. s. e. = línea de la medida.

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cemento específico a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada en una base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un trípode KERN de bastón centrador en cada punto de control establecido, tomando en consideración la temperatura y la presión atmosférica.

	MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF.
ANG. HZ:	00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00"	00"
ANG. V:	90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00"	00"

**INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 05" Distancias +/- 03mm**

**NORMA APLICADA**

Desviación estándar basada en la norma DIN 18773 FM /ISO 14001 para Estación Total ES-105 fabricada por TOPCON CORPORATION.

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
16/07/2019		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
COSOLA LABORATORY S.A.C.	ABAD BERNARDO ALMAZA SUCASA DNI: 44454331	
COSOLA LABORATORY S.A.C. <i>Pedro Andía Girao</i> Jefe Oso Táctico Firma y Sello	Firma y Sello	

OFICINA PRINCIPAL: Av. Arenales 1055 Santa Beatriz - Lima 11 Tel.: (01) 265-1001 Anexo: 27  
Movistar: 944644752/ 945160644 / 990966874 Web: www.cosola.com / www.cosola.net  
E-mail: laboratorio@cosola.com/leysiruz@cosola.com/laboratorio2@cosola.com/laboratorio3@cosola.com



## ANEXO C. Panel Fotográfico



Foto 01: MCF MP-2-2005 IGN



Foto 02: MCF PDM-457-2006 IGN



Foto 03: Montaje de estacion

total en MCF MP-2



Foto 04: MCF BM-MEJ-001-2014

Marcas De Cota Fija establecidos por el IGN Perú para nuestro trabajo de investigación como base, ubicados en Matarani (MP-2-2005 ), Mejia (BM-MEJ-001-2014) y La Curva (PDM-457-2006)



Foto 05: Realizando Nivelación Geométrica  
Tramo Matarani – Mejia



Foto 06: Recolección de datos Nivelación  
Geométrica Tramo Mejia – La curva

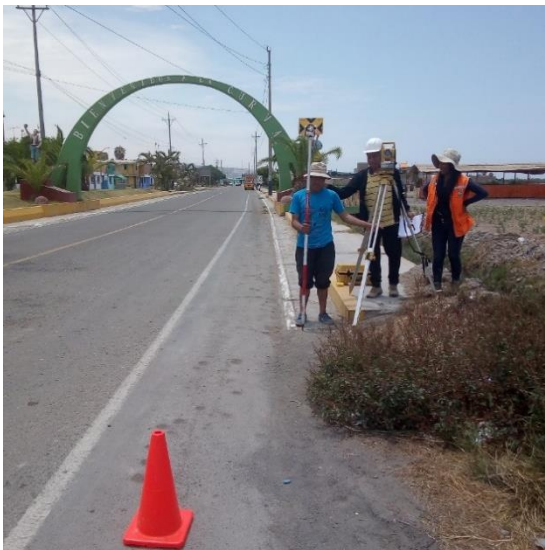


Foto 07: Equipo de trabajo para el trabajo de  
Investigación (punto de cierre IGN la Curva)



Foto 08: Realizando la nivelacion trigonometrica  
con estación total tramo Mejia – la Curva





Foto 09: Toma de datos con estacion estacion total, de esta manera se realiza en los dos tramos correspondientes



Foto 10: Verificando el equipo de estacion total despues de realizar puntos de cambio



## ANEXO D. Libretas de campo

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
BM- MP2	1.891	55.1811		<b>53.2901</b>
MP2-1	2.261	56.7821	0.660	54.5211
1-2	2.035	58.1241	0.693	56.0891
2-3	2.404	59.8651	0.663	57.4611
3-4	2.213	61.473	0.605	59.2601
4-5	3.199	64.4051	0.267	61.2061
5-6	3.078	67.4151	0.068	64.3371
6-7	2.141	69.1561	0.400	67.0151
PL 13			0.859	<b>68.2971</b>

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
BM- MP2	1.891	55.1811		<b>53.2901</b>
MP2-1	2.212	56.7821	0.611	54.5701
1-2	1.957	58.1241	0.615	56.1671
2-3	2.345	59.8651	0.604	57.5201
3-4	2.277	61.4721	0.67	59.1951
4-5	3.191	64.4041	0.259	61.2131
5-6	3.071	67.413	0.062	64.3421
6-7	2.250	69.1561	0.507	66.9061
PL 13			0.859	<b>68.2971</b>
DESNIVEL PROMEDIO		15.007		

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 13	2.114	70.4111		<b>68.2971</b>
1	2.689	72.3231	0.777	69.634
2	2.027	74.2621	0.088	72.235
3	2.363	75.1691	1.456	72.806
4	2.593	77.4511	0.311	74.858
PL 12			1.450	<b>76.001</b>

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 13	2.114	70.4111		<b>68.2971</b>
1	2.736	72.3231	0.824	69.5871
2	1.986	74.2611	0.048	72.2751
3	2.412	75.1691	1.504	72.7571
4	2.597	77.4511	0.315	74.8541
PL 12			1.450	<b>76.001</b>
DESNIVEL PROMEDIO		7.704		

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 1				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 12	1.311	77.312		<b>76.001</b>
1	1.934	78.669	0.577	76.735
2	3.066	81.552	0.183	78.486
3	3.089	84.414	0.227	81.325
4	2.380	86.233	0.561	83.853
5	1.947	87.531	0.649	85.584

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 2				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 15	1.311	77.312		<b>76.001</b>
1	1.861	78.669	0.504	76.808
2	3.136	81.552	0.253	78.416
3	2.955	84.414	0.093	81.459
4	2.672	86.233	0.853	83.561
5	1.953	87.531	0.655	85.578





6	2.294	89.323	0.502	87.029
7	1.954	90.530	0.747	88.576
8	1.596	91.308	0.818	89.712
<b>PL 15</b>			1.340	<b>89.968</b>

6	2.116	89.323	0.324	87.207
7	1.863	90.530	0.656	88.667
8	1.68	91.308	0.902	89.628
<b>PL 12</b>			1.34	<b>89.968</b>
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>			<b>13.967</b>	

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION MIRA 1</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 15</b>	1.528	91.496		<b>89.968</b>
1	1.545	91.930	1.111	90.385
2	1.535	92.503	0.962	90.968
3	1.450	92.853	1.100	91.403
<b>PL 16</b>			1.900	<b>90.953</b>

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION MIRA 2</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 16</b>	2.05	93.003		<b>90.953</b>
1	1.106	92.583	1.526	91.477
2	0.982	91.958	1.607	90.976
3	1.193	91.561	1.590	90.368
<b>PL 15</b>			1.593	<b>89.968</b>
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>			<b>0.985</b>	

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION DE MIRA 01</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 16</b>	1.668	92.621		<b>90.953</b>
1	1.839	94.096	0.364	92.257
2	1.952	94.294	1.754	92.342
3	1.925	95.461	0.758	93.536
4	1.766	96.278	0.949	94.512
<b>PL 17</b>			1.539	<b>94.739</b>

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION DE MIRA 02</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 16</b>	1.668	92.621		<b>90.953</b>
1	1.95	94.097	0.474	92.147
2	1.929	94.295	1.731	92.366
3	1.695	95.462	0.528	93.767
4	1.772	96.278	0.956	94.506
<b>PL 17</b>			1.539	<b>94.739</b>
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>			<b>3.786</b>	

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION DE MIRA 01</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 17</b>	1.539	96.278		<b>94.739</b>
1	1.694	96.863	1.109	95.169
2	1.934	97.826	0.971	95.892
3	1.929	98.758	0.997	96.829
4	1.628	99.589	0.797	97.961

<b>FECHA:</b> 2019	<b>LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>			
<b>NIVELACION DE MIRA 02</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL 17</b>	1.539	96.2781		<b>94.739</b>
1	1.683	96.8631	1.098	95.1801
2	1.898	97.8271	0.934	95.9291
3	1.977	98.7591	1.045	96.7821
4	1.831	99.5901	1.000	97.7591



5	1.834	100.778	0.645	98.944
6	2.260	102.296	0.742	100.036
7	1.985	103.497	0.784	101.512
<b>PL 18</b>			0.908	<b>102.589</b>

5	1.963	100.7791	0.774	98.8161
6	2.356	102.2971	0.838	99.9411
7	2.01	103.4971	0.81	101.4871
<b>PL 18</b>			0.908	<b>102.589</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>7.850</b>
--------------------------	--------------

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 18</b>	1.783	104.372		<b>102.589</b>
1	1.353	104.393	1.332	103.040
2	1.573	104.452	1.514	102.879
3	1.292	104.357	1.387	103.065
4	1.026	103.425	1.958	102.399
5	0.769	102.627	1.567	101.858
<b>PL 19</b>			1.806	<b>100.8211</b>

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 18</b>	1.783	104.372		<b>102.589</b>
1	1.439	104.393	1.418	102.954
2	1.52	104.452	1.461	102.932
3	1.363	104.357	1.458	102.994
4	1.015	103.425	1.947	102.410
5	0.708	102.627	1.506	101.919
<b>PL 19</b>			1.806	<b>100.821</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>-1.768</b>
--------------------------	---------------

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 19</b>	1.088	103.677		<b>102.589</b>
1	0.868	102.761	1.784	101.893
2	0.973	101.386	2.348	100.413
3	1.285	100.514	2.157	99.229
4	1.102	98.915	2.701	97.813
5	0.907	98.069	1.753	97.162
6	0.928	96.814	2.183	95.886
7	1.144	95.774	2.184	94.630
8	1.273	95.069	1.978	93.796
9	1.363	94.683	1.749	93.320
10	1.488	94.676	1.495	93.188
<b>PL 20</b>			1.497	<b>93.179</b>

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 19</b>	1.088	103.677		<b>102.589</b>
1	0.865	102.760	1.782	101.895
2	0.922	101.385	2.297	100.463
3	1.202	100.513	2.074	99.311
4	0.966	98.914	2.565	97.948
5	0.843	98.067	1.690	97.224
1	0.814	96.812	2.069	95.998
2	1.029	95.772	2.069	94.743
3	1.071	95.066	1.777	93.995
4	1.412	94.680	1.798	93.268
5	1.512	94.674	1.518	93.162
<b>PL 20</b>			1.497	<b>93.177</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>-9.411</b>
--------------------------	---------------



FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 20	1.321	103.910		<b>102.589</b>
1	2.22	104.777	1.353	102.557
2	2.845	107.568	0.054	104.723
3	2.877	110.378	0.067	107.501
4	2.949	113.221	0.106	110.272
5	2.314	115.428	0.107	113.114
6	2.334	117.214	0.548	114.880
7	2.859	119.804	0.269	116.945
8	2.717	122.270	0.251	119.553
9	1.976	123.746	0.500	121.770
10	1.737	124.875	0.608	123.138
11	0.819	123.148	2.546	122.329
12	2.949	124.946	1.151	121.997
13	2.578	127.412	0.112	124.834
14	2.683	130.002	0.093	127.319
15	2.338	132.257	0.083	129.919
16	1.988	133.568	0.677	131.580
17	2.265	135.250	0.583	132.985
18	2.79	136.993	1.047	134.203
19	2.504	139.397	0.100	136.893
20	3.11	142.020	0.487	138.910
21	2.857	144.760	0.117	141.903
22	2.966	147.537	0.189	144.571
23	3.264	150.617	0.184	147.353
24	2.744	153.335	0.026	150.591
25	2.251	155.510	0.076	153.259
26	2.743	155.938	2.315	153.195
27	1.074	155.721	1.291	154.647
28	1.211	155.150	1.782	153.939
29	1.101	154.553	1.698	153.452
30	1.514	154.536	1.531	153.022
31	2.004	155.745	0.795	153.741
32	3.049	158.578	0.216	155.529

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 20	1.321	103.910		<b>102.589</b>
1	2.206	104.777	1.339	102.571
2	2.825	107.568	0.034	104.743
3	2.896	110.378	0.086	107.482
4	2.906	113.222	0.062	110.316
5	2.261	115.429	0.054	113.168
6	2.23	117.214	0.445	114.984
7	2.926	119.803	0.337	116.877
8	2.727	122.269	0.261	119.542
9	1.979	123.744	0.504	121.765
10	1.682	124.874	0.552	123.192
11	0.811	123.147	2.538	122.336
12	2.958	124.945	1.160	121.987
13	2.564	127.411	0.098	124.847
14	2.759	130.001	0.169	127.242
15	2.48	132.257	0.224	129.777
16	2.018	133.568	0.707	131.550
17	2.226	135.250	0.544	133.024
18	2.663	136.992	0.921	134.329
19	2.574	139.397	0.169	136.823
20	3.263	142.020	0.640	138.757
21	2.813	144.761	0.072	141.948
22	2.855	147.537	0.079	144.682
23	3.101	150.616	0.022	147.515
24	2.943	153.334	0.225	150.391
25	2.481	155.508	0.307	153.027
26	2.668	155.936	2.240	153.268
27	1.074	155.719	1.291	154.645
28	1.177	155.147	1.749	153.970
29	1.118	154.552	1.713	153.434
30	1.579	154.535	1.596	152.956
31	2.032	155.744	0.823	153.712
32	2.989	158.576	0.157	155.587





33	2.816	161.333	0.061	158.517
34	2.617	163.791	0.159	161.174
35	2.699	166.423	0.067	163.724
36	1.808	168.092	0.139	166.284
37	2.433	170.479	0.046	168.046
38	2.735	173.062	0.152	170.327
39	2.952	175.803	0.211	172.851
40	2.644	178.387	0.060	175.743
41	2.085	180.285	0.187	178.200
<b>PL 25</b>			<b>1.165</b>	<b>179.120</b>

33	3.035	161.331	0.280	158.296
34	2.657	163.788	0.200	161.131
35	2.912	166.419	0.281	163.507
36	1.817	168.087	0.149	166.270
37	2.534	170.474	0.147	167.940
38	2.836	173.058	0.252	170.222
39	2.932	175.799	0.191	172.867
40	2.81	178.383	0.226	175.573
41	2.121	180.281	0.223	178.160
<b>PL 25</b>			<b>1.165</b>	<b>179.116</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>76.529</b>
--------------------------	---------------

FECHA: 2019 LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA				
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 25</b>	0.934	180.052		<b>179.118</b>
1	0.253	178.295	2.010	178.042
2	0.228	175.593	2.930	175.365
3	0.109	172.883	2.819	172.774
4	0.405	170.907	2.381	170.502
5	0.615	169.481	2.041	168.866
6	0.069	166.716	2.834	166.647
7	0.237	163.511	3.442	163.274
8	0.281	159.999	3.793	159.718
9	2.552	161.722	0.828	159.170
10	2.610	163.903	0.429	161.293
11	3.566	167.086	0.383	163.520
12	3.142	169.699	0.529	166.557
13	3.149	172.665	0.183	169.516
14	2.750	174.793	0.621	172.043
15	2.830	177.454	0.169	174.624
16	2.173	179.380	0.247	177.207
17	1.350	180.075	0.655	178.725
18	1.458	180.032	1.500	178.575
19	2.421	181.895	0.558	179.474
20	2.289	183.276	0.908	180.987
21	2.647	185.254	0.668	182.607
22	2.994	187.382	0.866	184.388
23	2.407	189.309	0.479	186.903
<b>LIN 022</b>			<b>0.977</b>	<b>188.332</b>

FECHA: 2019 LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA				
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL 25</b>	0.934	180.052		<b>179.118</b>
1	0.224	178.295	1.981	178.071
2	0.187	175.593	2.889	175.406
3	0.124	172.883	2.834	172.759
4	0.475	170.907	2.451	170.432
5	0.653	169.481	2.079	168.828
6	0.153	166.716	2.918	166.563
7	0.193	163.511	3.398	163.318
8	0.318	159.999	3.830	159.681
9	2.587	161.722	0.863	159.135
10	2.658	163.903	0.477	161.245
11	3.594	167.086	0.411	163.492
12	3.438	169.699	0.825	166.261
13	3.141	172.665	0.175	169.524
14	2.419	174.793	0.290	172.374
15	2.830	177.454	0.169	174.624
16	2.301	179.380	0.375	177.079
17	1.467	180.075	0.772	178.608
18	1.435	180.032	1.477	178.598
19	2.453	181.895	0.590	179.442
20	2.247	183.276	0.866	181.029
21	2.644	185.254	0.665	182.610
22	2.954	187.382	0.826	184.428
23	2.373	189.309	0.445	186.937
<b>LIN 022</b>			<b>0.977</b>	<b>188.332</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>9.214</b>
--------------------------	--------------



FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 20	1.321	103.910		<b>102.589</b>
1	2.22	104.777	1.353	102.557
2	2.845	107.568	0.054	104.723
3	2.877	110.378	0.067	107.501
4	2.949	113.221	0.106	110.272
5	2.314	115.428	0.107	113.114
6	2.334	117.214	0.548	114.880
7	2.859	119.804	0.269	116.945
8	2.717	122.270	0.251	119.553
9	1.976	123.746	0.500	121.770
10	1.737	124.875	0.608	123.138
11	0.819	123.148	2.546	122.329
12	2.949	124.946	1.151	121.997
13	2.578	127.412	0.112	124.834
14	2.683	130.002	0.093	127.319
15	2.338	132.257	0.083	129.919
16	1.988	133.568	0.677	131.580
17	2.265	135.250	0.583	132.985
18	2.79	136.993	1.047	134.203
19	2.504	139.397	0.100	136.893
20	3.11	142.020	0.487	138.910
21	2.857	144.760	0.117	141.903
22	2.966	147.537	0.189	144.571
23	3.264	150.617	0.184	147.353
24	2.744	153.335	0.026	150.591
25	2.251	155.510	0.076	153.259
26	2.743	155.938	2.315	153.195
27	1.074	155.721	1.291	154.647
28	1.211	155.150	1.782	153.939
29	1.101	154.553	1.698	153.452
30	1.514	154.536	1.531	153.022
31	2.004	155.745	0.795	153.741
32	3.049	158.578	0.216	155.529

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL 20	1.321	103.910		<b>102.589</b>
1	2.206	104.777	1.339	102.571
2	2.825	107.568	0.034	104.743
3	2.896	110.378	0.086	107.482
4	2.906	113.222	0.062	110.316
5	2.261	115.429	0.054	113.168
6	2.23	117.214	0.445	114.984
7	2.926	119.803	0.337	116.877
8	2.727	122.269	0.261	119.542
9	1.979	123.744	0.504	121.765
10	1.682	124.874	0.552	123.192
11	0.811	123.147	2.538	122.336
12	2.958	124.945	1.160	121.987
13	2.564	127.411	0.098	124.847
14	2.759	130.001	0.169	127.242
15	2.48	132.257	0.224	129.777
16	2.018	133.568	0.707	131.550
17	2.226	135.250	0.544	133.024
18	2.663	136.992	0.921	134.329
19	2.574	139.397	0.169	136.823
20	3.263	142.020	0.640	138.757
21	2.813	144.761	0.072	141.948
22	2.855	147.537	0.079	144.682
23	3.101	150.616	0.022	147.515
24	2.943	153.334	0.225	150.391
25	2.481	155.508	0.307	153.027
26	2.668	155.936	2.240	153.268
27	1.074	155.719	1.291	154.645
28	1.177	155.147	1.749	153.970
29	1.118	154.552	1.713	153.434
30	1.579	154.535	1.596	152.956
31	2.032	155.744	0.823	153.712
32	2.989	158.576	0.157	155.587



20	1.254	229.640	1.467	228.386
21	1.252	229.403	1.489	228.151
22	1.222	229.162	1.463	227.940
23	1.235	228.838	1.559	227.603
24	1.239	228.588	1.489	227.350
25	1.226	228.296	1.518	227.070
26	1.184	227.972	1.508	226.789
27	1.125	227.596	1.501	226.471
28	4.869	230.792	1.672	225.924
29	4.475	234.655	0.612	230.180
30	4.639	239.048	0.246	234.409
31	4.526	243.039	0.535	238.513
32	3.714	246.486	0.267	242.772
33	4.568	250.520	0.534	245.952
34	4.413	254.836	0.097	250.423
35	4.764	259.352	0.248	254.588
36	4.635	263.499	0.488	258.864
<b>PL-32</b>			<b>0.571</b>	<b>262.928</b>

20	1.269	229.640	1.482	228.371
21	1.276	229.403	1.513	228.127
22	1.241	229.162	1.482	227.921
23	1.254	228.838	1.578	227.584
24	1.242	228.588	1.492	227.346
25	1.226	228.296	1.517	227.071
26	1.206	227.972	1.530	226.766
27	1.143	227.595	1.520	226.453
28	4.869	230.792	1.672	225.923
29	4.234	234.655	0.372	230.420
30	4.555	239.048	0.162	234.493
31	4.344	243.039	0.353	238.695
32	3.817	246.486	0.370	242.669
33	4.729	250.520	0.695	245.791
34	4.556	254.836	0.240	250.280
35	4.967	259.352	0.451	254.385
36	4.821	263.499	0.674	258.678
<b>PL-32</b>			<b>0.571</b>	<b>262.928</b>

<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>	<b>31.265</b>
--------------------------	---------------

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 1				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL-32</b>	0.571	263.499		<b>262.928</b>
1	0.488	259.352	4.635	258.864
2	0.248	254.836	4.764	254.588
3	0.097	250.520	4.413	250.423
4	0.534	246.486	4.568	245.952
5	0.267	243.039	3.714	242.772
6	0.535	239.048	4.526	238.513
7	0.246	234.655	4.639	234.409
8	0.612	230.792	4.475	230.180
9	1.158	227.082	4.869	225.924
10	0.895	226.283	1.694	225.388
11	0.920	225.414	1.789	224.494
12	0.864	224.450	1.828	223.586
13	0.892	223.578	1.764	222.686
14	0.723	222.512	1.789	221.789
15	0.521	221.459	1.575	220.938
16	0.411	220.459	1.410	220.049
17	0.396	219.499	1.356	219.103
18	0.411	218.456	1.454	218.045
19	0.409	217.476	1.389	217.067
20	0.463	216.603	1.336	216.140
21	0.554	215.924	1.233	215.370
22	0.658	215.494	1.087	214.837
23	0.761	215.248	1.008	214.487
24	0.860	215.313	0.794	214.454
25	0.995	215.599	0.709	214.604
26	1.628	216.628	0.600	215.000

FECHA: 2019	LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 2				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
<b>PL-32</b>	0.571	263.499		<b>262.928</b>
1	0.674	259.352	4.821	258.678
2	0.451	254.836	4.967	254.385
3	0.240	250.520	4.556	250.280
4	0.695	246.486	4.729	245.791
5	0.370	243.039	3.817	242.669
6	0.353	239.048	4.344	238.695
7	0.162	234.655	4.555	234.493
8	0.372	230.792	4.234	230.420
9	1.158	227.081	4.869	225.923
10	0.885	226.282	1.684	225.398
11	0.894	225.413	1.763	224.519
12	0.850	224.449	1.814	223.599
13	0.923	223.578	1.794	222.655
14	0.860	222.512	1.925	221.653
15	0.821	221.459	1.874	220.638
16	0.870	220.459	1.870	219.589
17	0.869	219.499	1.829	218.630
18	0.859	218.456	1.902	217.597
19	0.864	217.476	1.844	216.612
20	0.925	216.602	1.799	215.677
21	1.017	215.923	1.696	214.907
22	1.103	215.493	1.533	214.390
23	1.213	215.247	1.459	214.034
24	1.350	215.313	1.284	213.963
25	1.477	215.599	1.191	214.122
26	2.080	216.627	1.052	214.547





27	1.749	217.342	1.035	215.593	27	2.210	217.341	1.495	215.132
28	1.849	218.221	0.970	216.372	28	2.308	218.220	1.429	215.912
29	1.916	219.234	0.903	217.318	29	2.369	219.233	1.356	216.864
30	2.029	220.484	0.779	218.455	30	2.476	220.483	1.226	218.007
31	2.088	221.910	0.662	219.822	31	2.520	221.909	1.094	219.389
32	2.032	223.276	0.666	221.244	32	2.495	223.275	1.129	220.780
33	1.955	224.569	0.661	222.615	33	2.417	224.569	1.124	222.152
34	1.962	225.865	0.666	223.903	34	2.438	225.864	1.142	223.427
35	4.440	227.392	2.913	222.952	35	4.440	227.392	2.913	222.952
36	3.984	231.251	0.125	227.267	36	4.312	231.251	0.453	226.939
37	4.611	235.651	0.211	231.040	37	4.640	235.651	0.240	231.011
38	4.744	239.958	0.437	235.214	38	4.649	239.959	0.341	235.310
39	4.472	243.899	0.532	239.427	39	4.643	243.899	0.702	239.257
40	2.595	245.872	0.622	243.277	40	2.876	245.871	0.904	242.995
41	3.622	247.356	2.138	243.734	41	3.838	247.355	2.354	243.517
42	1.571	247.356	1.571	245.785	42	1.571	247.355	1.571	245.784
43	2.138	245.872	3.622	243.734	43	2.354	245.871	3.838	243.517
44	0.622	243.899	2.595	243.277	44	0.904	243.899	2.876	242.995
45	0.532	239.958	4.472	239.427	45	0.702	239.959	4.643	239.257
46	0.437	235.651	4.744	235.214	46	0.341	235.651	4.649	235.310
47	0.211	231.251	4.611	231.040	47	0.240	231.251	4.640	231.011
48	0.125	227.392	3.984	227.267	48	0.453	227.392	4.312	226.939
49	3.378	226.330	4.440	222.952	49	3.378	226.330	4.440	222.952
50	1.172	227.089	0.413	225.918	50	2.094	227.089	1.335	224.995
51	1.152	228.087	0.154	226.935	51	2.104	228.087	1.106	225.983
52	1.100	228.954	0.233	227.854	52	2.031	228.954	1.164	226.923
53	0.871	229.538	0.287	228.667	53	0.871	229.538	0.287	228.667
54	0.993	230.095	0.436	229.102	54	1.678	230.095	1.121	228.417
55	1.274	230.558	0.811	229.284	55	1.580	230.558	1.117	228.978
56	1.560	230.916	1.202	229.357	56	1.500	230.916	1.142	229.416
57	1.728	231.286	1.358	229.558	57	1.495	231.286	1.125	229.791
58	1.704	231.607	1.383	229.903	58	1.456	231.607	1.135	230.151
59	1.741	231.971	1.377	230.230	59	1.511	231.971	1.147	230.460
60	1.828	232.424	1.375	230.596	60	1.578	232.424	1.125	230.846
61	1.318	232.638	1.104	231.320	61	1.344	232.638	1.130	231.294
62	1.480	233.089	1.029	231.609	62	1.477	233.089	1.026	231.612
63	1.652	233.526	1.215	231.874	63	1.483	233.526	1.046	232.043
64	1.726	233.809	1.443	232.083	64	1.518	233.809	1.235	232.291
65	1.853	234.268	1.394	232.415	65	1.562	234.267	1.103	232.706
66	3.735	237.151	0.852	233.416	66	3.735	237.150	0.852	233.415
67	4.567	241.433	0.285	236.866	67	4.508	241.432	0.226	236.924
68	2.880	243.969	0.344	241.089	68	2.951	243.969	0.415	241.017
<b>PL 34</b>			0.404	243.565	<b>PI 34</b>			0.404	243.565
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>							<b>-19.363</b>		



FECHA: Ene-19		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 1					
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA	
PL-34	0.404	263.332		<b>262.928</b>	
1	0.415	260.795	2.951	260.381	
2	0.226	256.513	4.508	256.287	
3	1.325	254.103	3.735	252.778	
4	1.235	254.028	1.310	252.793	
5	1.459	254.143	1.344	252.684	
6	1.410	254.214	1.339	252.804	
7	1.678	254.626	1.266	252.948	
8	1.608	255.217	1.017	253.609	
9	1.611	255.717	1.111	254.106	
10	1.656	256.433	0.940	254.778	
11	1.281	256.782	0.932	255.502	
12	2.878	258.353	1.307	255.475	
13	2.722	260.580	0.496	257.858	
PL-35			1.490	<b>259.090</b>	

FECHA: Ene-19		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 2					
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA	
PL-34	0.404	263.332		<b>262.928</b>	
1	0.344	260.796	2.880	260.452	
2	0.285	256.514	4.567	256.229	
3	1.325	254.104	3.735	252.779	
4	1.627	254.029	1.702	252.402	
5	1.285	254.144	1.170	252.859	
6	0.862	254.215	0.791	253.353	
7	0.862	254.627	0.450	253.765	
8	1.244	255.218	0.653	253.974	
9	1.500	255.718	1.000	254.218	
10	1.929	256.434	1.213	254.505	
11	2.166	256.783	1.817	254.617	
12	3.793	258.354	2.222	254.561	
13	2.614	260.580	0.388	257.966	
PL-35			1.490	<b>259.091</b>	
DESNIVEL PROMEDIO		<b>-3.837</b>			

FECHA: Ene-19		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA			
NIVELACION MIRA 1					
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA	
PL-35	0.674	259.765		<b>259.091</b>	
1	0.743	258.454	2.054	257.711	
2	0.698	257.333	1.819	256.635	
3	0.105	254.714	2.724	254.609	
4	0.505	253.108	2.111	252.603	
5	0.536	252.762	0.882	252.226	
6	0.433	252.184	1.011	251.751	
7	0.362	251.596	0.950	251.234	
8	0.326	251.002	0.920	250.676	
9	0.348	250.327	1.023	249.979	
10	0.447	249.838	0.936	249.391	
11	0.397	249.216	1.019	248.819	
12	0.917	249.186	0.947	248.269	
13	2.770	250.196	1.760	247.426	
14	2.949	252.762	0.383	249.813	
15	0.390	251.945	1.207	251.555	
16	0.579	250.150	2.374	249.571	
17	4.749	254.454	0.445	249.705	
18	1.363	254.454	1.363	253.092	
19	0.539	250.244	4.749	249.705	
20	0.463	249.418	1.289	248.955	
21	0.592	248.828	1.182	248.236	
22	0.907	248.141	1.594	247.234	
23	0.698	246.844	1.995	246.146	
24	0.474	245.527	1.791	245.053	

FECHA: Ene-19		LIBRETA DE NIVELACION DE BMs LOCALIDAD DE MOLLENDO: ARE 07008 AL PL- 35			
NIVELACION MIRA 2					
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA	
PL-35	0.674	259.765		<b>259.091</b>	
1	0.656	258.454	1.967	257.798	
2	0.483	257.333	1.604	256.850	
3	0.100	254.713	2.720	254.613	
4	1.281	253.107	2.887	251.826	
5	1.342	252.761	1.688	251.419	
6	0.433	252.183	1.011	251.750	
7	1.150	251.595	1.738	250.445	
8	1.100	251.001	1.694	249.901	
9	1.141	250.326	1.815	249.186	
10	1.219	249.837	1.708	248.619	
11	1.182	249.215	1.804	248.033	
12	1.699	249.185	1.729	247.486	
13	3.037	250.195	2.027	247.158	
14	2.711	252.762	0.144	250.051	
15	0.214	251.945	1.031	251.731	
16	0.339	250.150	2.134	249.811	
17	4.728	254.454	0.424	249.726	
18	1.363	254.455	1.363	253.092	
19	0.518	250.244	4.729	249.726	
20	0.183	249.418	1.009	249.235	
21	0.577	248.828	1.167	248.251	
22	0.888	248.141	1.575	247.253	
23	0.648	246.844	1.945	246.197	
24	0.439	245.527	1.756	245.089	





25	0.554	243.427	2.654	242.873
26	0.574	241.577	2.424	241.003
27	1.926	241.956	1.547	240.030
28	1.515	241.815	1.656	240.300
29	1.543	241.178	2.180	239.635
30	1.575	240.600	2.153	239.025
31	1.530	239.940	2.190	238.410
32	1.686	240.011	1.616	238.325
33	1.794	239.597	2.208	237.803
34	1.752	239.182	2.167	237.430
35	1.812	238.952	2.042	237.140
36	1.763	238.722	1.993	236.959
37	1.785	238.655	1.852	236.870
38	1.851	238.706	1.800	236.855
39	1.921	238.863	1.764	236.942
40	2.017	239.133	1.747	237.116
41	2.059	239.421	1.770	237.363
42	2.043	239.654	1.810	237.611
43	2.048	239.915	1.787	237.867
44	2.182	240.351	1.746	238.169
45	4.486	243.537	1.300	239.051
46	2.188	245.361	0.364	243.173
47	3.007	247.820	0.548	244.813
48	3.219	250.515	0.524	247.296
49	3.645	253.647	0.513	250.002
50	2.167	255.610	0.204	253.443
<b>PL 56</b>			1.665	<b>253.945</b>

25	0.515	243.428	2.614	242.914
26	0.520	241.578	2.370	241.058
27	0.967	241.957	0.588	240.990
28	1.055	241.817	1.195	240.762
29	1.087	241.179	1.725	240.092
30	1.112	240.601	1.690	239.489
31	1.084	239.941	1.744	238.857
32	0.764	240.011	0.694	239.247
33	0.862	239.597	1.276	238.735
34	0.817	239.182	1.232	238.366
35	0.911	238.952	1.141	238.041
36	0.852	238.722	1.082	237.870
37	0.881	238.655	0.948	237.774
38	0.942	238.706	0.891	237.764
39	1.001	238.863	0.844	237.862
40	1.083	239.133	0.813	238.050
41	1.137	239.421	0.849	238.285
42	1.141	239.654	0.908	238.513
43	1.123	239.915	0.862	238.792
44	1.289	240.351	0.853	239.062
45	4.486	243.537	1.300	239.051
46	2.163	245.362	0.339	243.199
47	2.959	247.821	0.500	244.862
48	3.208	250.515	0.513	247.307
49	3.569	253.647	0.437	250.078
50	2.161	255.610	0.198	253.449
<b>PL 56</b>			1.665	<b>253.945</b>
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>		<b>-5.145</b>		

<b>FECHA: Ene-19 LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>				
<b>NIVELACION MIRA 1</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL-76</b>	0.753	112.40413		<b>111.651</b>
1	1.268	110.74913	2.923	109.481
2	1.325	111.04413	1.030	109.719
3	1.392	111.23713	1.199	109.845
4	1.451	111.38913	1.299	109.938
5	1.688	111.91213	1.165	110.224
6	1.346	112.15113	1.107	110.805
7	1.278	111.78913	1.640	110.511
8	1.834	112.33113	1.292	110.497
<b>PL-73</b>			1.015	<b>111.31613</b>

<b>FECHA: Ene-19 LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA</b>				
<b>NIVELACION MIRA 2</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>V. (+)</b>	<b>h. INST</b>	<b>V. (-)</b>	<b>COTA</b>
<b>PL-76</b>	0.753	112.40413		<b>111.651</b>
1	1.245	110.74913	2.900	109.50413
2	1.334	111.04413	1.039	109.71013
3	1.421	111.23813	1.227	109.81713
4	1.427	111.39013	1.275	109.96313
5	1.607	111.91213	1.085	110.30513
6	1.336	112.15113	1.097	110.81513
7	1.234	111.78913	1.596	110.55513
8	1.891	112.33113	1.349	110.44013
<b>PL-73</b>			1.015	<b>111.31613</b>
<b>DESNIVEL PROMEDIO</b>		<b>-0.335</b>		



FECHA: 2019		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA		
NIVELACION MIRA 1				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL-73	0.978	112.294		111.316
1	1.528	111.821	2.001	110.293
2	0.883	111.320	1.384	110.437
3	1.783	111.723	1.380	109.940
4	1.463	112.001	1.185	110.538
5	0.995	111.292	1.704	110.297
6	1.294	111.326	1.260	110.032
7	1.333	111.727	0.932	110.394
8	1.205	111.538	1.394	110.333
9	1.160	111.423	1.275	110.263
10	1.270	111.650	1.043	110.380
11	1.423	111.717	1.356	110.294
12	1.223	111.724	1.216	110.501
13	1.512	111.814	1.422	110.302
14	1.839	112.444	1.209	110.605
15	1.407	112.632	1.219	111.225
MEJ 002			0.924	111.70813

FECHA: 2019		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA		
NIVELACION MIRA 2				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
PL-73	0.978	112.294		111.316
1	1.555	111.820	2.029	110.265
2	0.933	111.318	1.435	110.385
3	1.800	111.721	1.397	109.921
4	1.482	111.999	1.204	110.517
5	0.982	111.289	1.692	110.307
6	1.316	111.323	1.282	110.007
7	1.336	111.723	0.936	110.387
8	1.234	111.534	1.423	110.300
9	1.178	111.420	1.292	110.242
10	1.301	111.649	1.072	110.348
11	1.458	111.716	1.391	110.258
12	1.223	111.723	1.216	110.500
13	1.424	111.812	1.335	110.388
14	1.860	112.442	1.230	110.582
15	1.464	112.630	1.276	111.166
MEJ 002			0.924	111.706
DESNIVEL PROMEDIO		0.391		

FECHA: 2019		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA		
NIVELACION DE MIRA 01				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
MEJ 002	0.458	112.165		111.707
1	0.276	110.414	2.027	110.138
2	0.373	108.784	2.003	108.411
3	0.150	106.864	2.070	106.714
4	0.616	105.548	1.932	104.932
5	0.571	104.166	1.953	103.595
6	1.348	104.294	1.220	102.946
7	1.840	105.054	1.080	103.214
8	1.300	105.311	1.043	104.011
9	1.478	105.785	1.004	104.307
10	1.838	106.062	1.561	104.224
11	1.054	105.247	1.869	104.193
12	1.296	104.449	2.094	103.153
IGN MEJ 01			1.068	103.381

FECHA: 2019		LIBRETA DE NIVELACION GEOMETRICA POLIGONAL ABIERTA		
NIVELACION DE MIRA 02				
PUNTO	V. (+)	h. INST	V. (-)	COTA
MEJ 002	0.456	112.163		111.707
1	0.424	110.411	2.176	109.987
2	0.461	108.783	2.089	108.322
3	0.155	106.861	2.077	106.706
4	0.633	105.546	1.948	104.913
5	0.54	104.166	1.92	103.626
6	1.416	104.293	1.289	102.877
7	1.723	105.054	0.962	103.331
8	1.172	105.313	0.913	104.141
9	1.327	105.786	0.854	104.459
10	1.566	106.061	1.291	104.495
11	0.733	105.245	1.549	104.512
12	1.254	104.447	2.052	103.193
IGN MEJ 01			1.066	103.381
DESNIVEL PROMEDIO		-8.326		