



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



COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AJUSTE EN LA POLIGONAL
ABIERTA UTILIZANDO MÉTODOS CONVENCIONALES Y
RECEPTORES GNSS EN LA CARRETERA HUANCUNI C.P. SAN
ISIDRO ILAVE

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA

Bach. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A DIOS

Por guiarme en el camino adecuado, por darme salud y todas las bendiciones recibidas.

A MIS PADRES

Rene Alfonte Huallpa e **Hilda Elisa** Chura Aparicio, a quienes les debo toda mi vida por su amor, cariño y apoyo constante.

A MIS ABUELOS

Fermín Chura Mamani y **Bertha** Aparicio Alave por su apoyo incondicional cuando siempre necesitaba.

A MI HERMANA

María por compartir una infancia feliz y las alegrías que nunca olvidare.

Huberth jhon.



A DIOS:

Por haberme mantenido con vida y disfrutar de una buena salud.

A MIS PADRES:

Quienes depositan en mi toda su confianza y apoyo. Ellos hacen posible que yo esté cumpliendo uno de mis tantos sueños, para así servir a la sociedad y a la patria.

A MIS FAMILIARES:

Por sus constantes consejos que ayudaron a cumplir mi sueño.

A MI:

Por el esfuerzo realizado, para que esta investigación culmine con buenas expectativas y sea del agrado del lector.

Evelyn Gabriela.



AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarnos por el camino idóneo, darnos la esperanza de seguir adelante y no rendirnos en el intento, enseñándonos así a superar cualquier dificultad que se nos presente a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros Padres quienes han brindado todo su apoyo, por inculcarnos buenos valores, por todas las grandes cosas que en la vida nos han entregado y su apoyo incondicional.

A la Universidad por aportar una formación profesional a cada uno de los integrantes de la misma.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, la cual es nuestra carrera y la queremos mucho.

A los Miembros del Jurado M.Sc. Alberto Ramos Vilca, Dr. Jorge Luis Aroste Villa, PhD. Elmer Elio Calizaya Llatasi y Director: Ing. Juan Esteban Araoz Barrios por haber comprendido y colaborar con la evaluación de esta investigación



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 16 |
| 1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.2.1. Pregunta general..... | 17 |
| 1.2.2. Preguntas específicas..... | 17 |
| 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.3.1. Hipótesis general..... | 17 |
| 1.3.2. Hipótesis específicas | 18 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 18 |
| 1.4.1. Objetivo general | 18 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| CAPÍTULO II | |
| REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 2.1. ANTECEDENTES..... | 19 |



| | |
|---|-----------|
| 2.1.1. Internacionales | 19 |
| 2.1.2. Nacionales | 20 |
| 2.1.3. Locales | 20 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 2.2.1. Topografía | 20 |
| 2.2.2. Geodesia | 21 |
| 2.2.3. Georreferenciar..... | 21 |
| 2.2.4. Redes de Apoyo | 21 |
| 2.2.5. Poligonales | 22 |
| 2.2.6. Puntos de Control | 22 |
| 2.2.7. Medición de Ángulos | 23 |
| 2.2.8. Errores | 24 |
| 2.2.9. Medición Electrónica de Distancia | 24 |
| 2.2.10. Relación de Altitud – Presión Atmosférica..... | 25 |
| 2.2.11. Métodos de Ajuste..... | 26 |
| 2.2.12. Método del Compass o Regla de la Brújula..... | 27 |
| 2.2.13. Método de Tránsito | 29 |
| 2.2.14. Método del Mínimo Cuadrado | 30 |
| 2.2.15. Ecuación No Lineal..... | 37 |
| 2.2.16. Procedimiento de Ajuste | 37 |
| 2.2.17. Acimut y Rumbos..... | 38 |
| 2.2.18. Cierre Lineal..... | 38 |
| 2.2.19. Compensación del Error Lineal..... | 39 |
| 2.3. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS CON RECEPTORES GNSS | 40 |
| 2.3.1. El GPS (Global Positioning System) | 40 |



| | |
|---|-----------|
| 2.3.2. Receptores GNSS | 40 |
| 2.3.3. Método Diferencial | 41 |
| 2.3.4. Métodos Cinemáticos | 42 |
| 2.3.5. Coordenadas | 43 |
| 2.3.6. Coordenadas Geográficas..... | 44 |
| 2.3.7. Coordenadas UTM | 44 |
| 2.3.8. Datum WGS84 | 45 |
| 2.3.9. Clasificación de Puntos Geodésicos..... | 45 |
| 2.4. METODO CONVENCIONAL | 47 |
| 2.4.1. Sistema de Coordenadas Geográficas | 48 |
| 2.4.2. Sistema de Coordenadas UTM (X, Y, Z)..... | 48 |
| 2.4.3. Estadística..... | 50 |
| CAPÍTULO III | |
| MATERIALES Y MÉTODOS | |
| 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO | 54 |
| 3.1.1. Ubicación de la zona de estudio | 54 |
| 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS..... | 55 |
| 3.2.1. Materiales | 55 |
| 3.2.2. Herramientas | 56 |
| 3.2.3. Equipos e instrumentos | 56 |
| 3.2.4. Materiales de escritorio | 57 |
| 3.2.5. Software | 57 |
| 3.3. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO..... | 57 |
| 3.4. DESARROLLO METODOLÓGICO..... | 58 |
| 3.4.1. Método de la Investigación | 58 |



| | |
|---|------------|
| 3.4.2. Tipo de Investigación | 58 |
| 3.4.3. Ámbito de la Investigación | 59 |
| 3.4.4. Población y Muestra..... | 59 |
| 3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 59 |
| 3.5.1. Metodología para los Objetivos | 60 |
| 3.5.2. Metodología para el Primer Objetivo Especifico..... | 67 |
| 3.5.3. Metodología para el Segundo Objetivo Especifico..... | 76 |
| 3.5.4. Metodología para el Objetivo Principal | 90 |
| 3.5.5. Variables..... | 90 |
| 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..... | 90 |
| 3.6.1. Análisis Estadístico | 90 |
| CAPÍTULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. RESULTADOS DE METODOS PLANTEADOS | 94 |
| 4.1.1. Frecuencia de Métodos Convencionales | 94 |
| 4.1.2. Resumen de Muestras..... | 98 |
| 4.1.3. Prueba de Hipótesis..... | 99 |
| 4.2. DISCUSIÓN | 108 |
| V. CONCLUSIONES..... | 109 |
| VI. RECOMENDACIONES | 110 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 111 |
| ANEXOS..... | 114 |

Área : Ciencias naturales

Tema: Topografía, geodesia, cartografía y catastro

Fecha de sustentación: 15 de diciembre del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Poligonales. | 22 |
| Figura 2. Condiciones básicas para determinar un Angulo. | 23 |
| Figura 3. Medición electrónica de distancia | 24 |
| Figura 4. Nomograma de la humedad relativa de aire de 60%..... | 26 |
| Figura 5. Cierre lineal | 39 |
| Figura 6. Constelación NAVSTAR. | 41 |
| Figura 7. Metodo (RTK)..... | 42 |
| Figura 8. Densidad de puntos con receptores GNSS. | 43 |
| Figura 9. Número mínimo de estaciones. | 47 |
| Figura 10. Proceso de trabajo de un método convencional. | 47 |
| Figura 11. Sistema de coordenadas geográficas. | 48 |
| Figura 12. Sistema (UTM)..... | 49 |
| Figura 13. Ubicación del proyecto..... | 55 |
| Figura 14. Localización | 58 |
| Figura 15. Puntos de control de orden “C” | 61 |
| Figura 16. Monumentación de puntos. | 62 |
| Figura 17. Receptor GNSS. | 63 |
| Figura 18. Trimble Business Center. | 64 |
| Figura 19. Trimble Business Center. | 64 |
| Figura 20. Configuración de estación | 67 |
| Figura 21. Estación total | 68 |
| Figura 22. Vista atrás | 69 |
| Figura 23. Monumentación de pun05161 | 114 |
| Figura 24. Monumentación de pun05162..... | 114 |



| | |
|---|-----|
| Figura 25. Lectura de Ángulos. | 115 |
| Figura 26. Base nivelante. | 115 |
| Figura 27. Colección de datos del punto pun05161. | 116 |
| Figura 28. Colección de datos del punto pun05162 | 116 |
| Figura 29. Colección de datos del BM1 | 117 |
| Figura 30. Colección de datos del BM2 | 117 |
| Figura 31. Colección de datos del BM3 | 118 |
| Figura 32. Colección de datos del BM3. | 118 |
| Figura 33. Colección de datos del BM5. | 119 |
| Figura 34. Colección de datos del BM6. | 119 |
| Figura 35. Colección de datos del BM7. | 120 |
| Figura 36. Movilidad motorizada (camioneta) 4x4 de los investigadores..... | 120 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 1 | Medición Electrónica de Distancia | 25 |
| Tabla 2 | Coordenadas UTM – WGS84 de orden “C” | 65 |
| Tabla 3 | Coordenadas UTM – WGS84 de orden “C” | 65 |
| Tabla 4 | Coordenadas Topográficas | 66 |
| Tabla 5 | Datos obtenidos con el Receptor GNSS | 66 |
| Tabla 6 | Medición de distancias en campo. | 70 |
| Tabla 7 | Datos de la Longitud de la Poligonal..... | 71 |
| Tabla 8 | Medición de Ángulos en Campo | 71 |
| Tabla 9 | Ángulos Horizontales | 72 |
| Tabla 10 | Coordenadas tomadas con el Receptor GNSS Modo Estático. | 73 |
| Tabla 11 | Calculo del Error Lineal y Angular | 74 |
| Tabla 12 | Cálculo de los Métodos Convencionales. | 77 |
| Tabla 13 | Cálculos de los Métodos Convencionales preliminares..... | 77 |
| Tabla 14 | Métodos Convencionales Ajustados. | 79 |
| Tabla 15 | Cuadro de Correcciones..... | 85 |
| Tabla 16 | Resultado final Coordenada Compensada | 86 |
| Tabla 17 | Comparación de Receptores GNSS vs Método Convencional | 87 |
| Tabla 18 | Comparación de Métodos Convencionales vs Receptores GNSS. | 88 |
| Tabla 19 | Comparación de Métodos Convencionales vs Receptores GNSS. | 89 |
| Tabla 20 | Muestras..... | 98 |
| Tabla 21 | Regla Normalidad | 99 |
| Tabla 22 | Prueba de Homogeneidad de Varianza..... | 101 |
| Tabla 23 | Anova..... | 102 |
| Tabla 24 | Comparaciones múltiples..... | 103 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 25 Coordenada este de los Métodos Convencionales..... | 104 |
| Tabla 26 coordenada norte de los Métodos Convencionales..... | 105 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- GPS** : Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System).
- GNSS** : Sistema Satelital de Navegación Global (Global Navigation Satellite System).
- IGN** : Instituto Geográfico Nacional.
- DH** : Distancia Horizontal.
- UTM** : Sistema de Coordenadas Universal (Universal Transversal Mercator).
- WGS84** : Sistema Geodésico Mundial 1984 (World Geodetic System 1984).
- REGGEN** : Red Geodésica Geocéntrica Nacional (National Geocentric Geodetic Network).
- REGPMOC** : Instituto Geográfico Nacional. Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (National Geographic Institute. Peruvian Geodetic network for Continuous Monitoring)
- RTK** : Cinemático en Tiempo Real (Real-Time Kinematic).



RESUMEN

La presente investigación se realizó en la carretera Huancuni C.P. San Isidro, distrito de Ilave, provincia de El Collao, departamento de Puno entre las coordenadas 8221949.22 m (Norte) y 438941.04 m (Este) en el Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 en la zona 19S con la finalidad de comparar los Métodos Convencionales de Ajuste de una Poligonal Abierta de puntos de control de orden “C” utilizando el Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) de control horizontal y vertical en Modo Estático Fijo, debidamente enlazado a la Red de Estaciones Permanentes de Rastreo. Se procedió a elaborar la investigación con estación total para la obtención de Ángulos – Distancias. Como objetivo general se determinó la diferencia de los Métodos de Ajuste en la Poligonal Abierta utilizando el Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) en la carretera Huancuni C.P. San Isidro. Los trabajos de gabinete consistieron en el cálculo del error y la precisión para los métodos efectuados en campo, luego se realizó la Compensación de la Poligonal por los diferentes Métodos Convencionales de Ajuste, con una distancia de 4.460 km, como resultado se obtuvieron un Error Angular (θ) = $0^{\circ}0'10.14''$; y el Error Lineal (EL) = 0.203934 m. Se realizó la comparación de las coordenadas obtenidas con el Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) y las coordenadas calculadas por los Métodos de ajuste con un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos de los Métodos Convencionales son: norte: -0.00322m y este: -0.0000667m de la probabilidad con $\alpha = 0.05$. Estos resultados fueron dados por el Método de Mínimos Cuadrados donde se concluye que existe una diferencia significativa.

Palabras Claves: Poligonal abierta, Métodos de ajuste, Sistema Satelital de Navegación Global, Topografía



ABSTRACT

The present investigation was carried out on the Huancuni C.P. San Isidro highway, district of Ilave, province of El Collao, department of Puno between coordinates 8221949.22 m (North) and 438941.04 m (East) in the UTM WGS 84 coordinate system in the area 19S with the purpose of comparing the Conventional Methods of Adjustment of an Open Traverse of control points of order "C" using Global Navigation Satellite System (GNSS) of horizontal and vertical control in fixed static mode, duly linked to the Network of Permanent Tracking Stations. The investigation was carried out with a total station to obtain angles - distances, the general objective is to determine the difference in the adjustment methods in the open traverse using Global Navigation Satellite System (GNSS) on the Huancuni C.P. San Isidro Ilave the office work consisted in the calculation of the error and the precision for the effective methods in the field, then the traverse compensation was carried out by the different conventional adjustment methods, with a distance of 4,460 km, obtaining an Angular Error (θ) = $0^{\circ}0'10.14''$; and the Linear Error (EL) = 0.203934 m. Finally, the coordinates obtained with the Global Navigation Satellite System and the coordinates calculated by conventional methods were compared with an analysis of variance (ANOVA). The results obtained from the conventional methods are north: -0.00322m and east: -0.0000667m of the probability with $\alpha = 0.05$. These results were from the least squares method where a significant difference is concluded.

Keywords: Open traverse, Adjustment methods, Global Navigation Satellite System, Topography.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los trabajos de topografía de control han sido realizados rigurosamente y están sujetos a una red de control horizontal o red de apoyo (poligonal abierta), lo cual a su vez esta enlazada a la Red Geodésica Nacional. Debido a los inconvenientes que se tiene al utilizar las Coordenadas Topográficas y Coordenadas UTM, como los equipos de medición de Receptores GNSS y Estación Total.

Según Quispe, (2015) en Bolivia, las poligonales secundarias deben cumplir ciertas normas de tolerancia para alcanzar la precisión requerida para el proyecto, es por ello que se optó por utilizar el método de ajuste de los Mínimos Cuadrados, ya que este método es el mejor que ajusta a las necesidades de la compensación de poligonales encuadradas.

Flores, (2016) Menciona que en la Región de Puno se demostró que, al trabajar con equipos como la estación total, cometemos errores no aceptables al medir las magnitudes de las poligonales de una carretera al punto de inicio y al punto extremo de control.

La presente investigación plantea comparar los Métodos de Ajuste en Poligonales abiertas utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS, con la finalidad de reducir el Error Lineal y Angular que se tiene en diversos trabajos de topografía (error de cierre), mediante la comparación coordenadas calculadas del Método Convencional y Receptores GNSS en Modo Estático, para así determinar la eficiencia de los métodos.

Para garantizar un buen trabajo de campo, se debe realizar una diferencia mínima de error, para ello, se tiene que contar con equipos topográficos de alta precisión (Estación



Total, Recetores GNSS), estos equipos tienen que permitir aminorar errores y tiempo, para luego obtener resultados precisos y confiables, por este motivo se plantea las siguientes interrogantes de la investigación.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Pregunta general

- ¿Existe diferencia significativa entre los Métodos de Ajuste en la Poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS cuál es la mejor alternativa de precisión y confiabilidad en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles son los Errores Lineales y Angulares en la Poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave?
- ¿Cuál es la precisión de los métodos que se alcanza al realizar la poligonal abierta utilizando Método Convencional y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general.

- La diferencia significativa entre los Métodos de Ajuste en la Poligonal Abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave.



1.3.2. Hipótesis específicas

- Los Errores Lineales y Angulares en la Poligonal Abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave.
- Existe mayor precisión de los métodos que se alcanza al ajustar la Poligonal Abierta utilizando Método Convencional y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la diferencia de los Métodos de Ajuste en la Poligonal Abierta utilizando Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los Errores Lineales y Angulares en la Poligonal Abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P. San Isidro Ilave.
- Determinar la precisión de los Métodos Convencionales de Ajuste utilizando Receptores GNSS en la Poligonal Abierta en la carretera Huancuni CP. San Isidro, Ilave.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

En Bogotá Fernández (2001), presento un artículo científico donde se analizó 164 levantamientos topográficos urbanos, con la finalidad de asemejar los procedimientos técnicos que deberían ser considerados por las empresas existentes (consultoras y constructoras), de los cuales fueron clasificados por su poligonal (alargadas y semirregulares), por consiguiente, se llega a la conclusión de que al realizar una poligonal es recomendable que su longitud no exceda los 1200 metros, para que tenga una precisión considerable y permisible .

En Bolivia Quispe (2015), nos indica que se empleó una poligonal base para la construcción de carreteras del Proyecto Mejoramiento de Carretera Tambillo – Santa Rosa de Taraco – Tihuanacu. En dicha tesis se llega a la conclusión de que el uso de dicha poligonal es imprescindible para diferentes trabajos de Topografía conjuntamente con la precisión de los equipos utilizados y los métodos de compensación que vayan a ser empleados. Por lo tanto, se restableció la poligonal base de control horizontal, para así, no tener dificultades en la ejecución de dicho proyecto, con la aplicación del Método de Mínimos Cuadrados se alcanza una mayor precisión lo que la vuelve una alternativa confiable, su aplicación es muy versátil y puede ser aplicada en diferentes tipos de proyectos.



2.1.2. Nacionales

En Huancayo de La Cruz (2021), asimismo nos dice que es de vital importancia tener una poligonal de apoyo para llevar un óptimo Control Topográfico en las carreteras, esto debido a que existe falencias en la exactitud y precisión en los datos obtenidos, los cuales reflejan algunos errores. Algunas veces estos errores son los causantes de que los proyectos tengan retrasos y sobrecostos. Por lo tanto, se concluye en que la poligonación es un buen método que debe ser aplicado al inicio de cada proyecto.

2.1.3. Locales

En Ayaviri Flores (2016), menciona que, al realizar la comparación de los resultados de los cinco Métodos de Ajuste de la Poligonal Abierta de dicha carretera, es el Método de Mínimos Cuadrados quien posee un mínimo error que es permisible para realizar un ajuste aceptable de la poligonal.

En Acora Ramos (2018), señala que para obtener un trabajo óptimo se tiene que seguir en orden los procedimientos, utilizando el Método de Trilateración (para reducir el Error de Cierre Lineal - Angular) y el Método de Mínimos Cuadrados (para la Compensación de la Poligonal), los cuales nos ayudaran a obtener datos más precisos y confiables de la poligonal abierta.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Topografía

La topografía es parte de la Geomática, es un rubro que busca caracterizarse por lo importante que ocupa en la actualidad, en razón de que a lo largo del tiempo la innovación ha progresado básicamente en la forma de ejecutarse, cuyo conjunto de datos descende de programas informáticos. Para ello le añadimos los equipos topográficos modernos de la actualidad (Mendoza, 2020).



Es una disciplina que se centra en realizar un estudio minucioso de la superficie terrestre en sentido geométrico, como también el uso de los métodos para representar los numerosos componentes de la tierra mediante planos y mapas topográficos. Tiene conexiones internas con algunas ciencias (geodesia, geografía, geomorfología y otros). Los planos topográficos también son las representaciones del relieve vertical de un terreno (Mendoza, 2020).

2.2.2. Geodesia

Se considera que es la ciencia que estudia la Tierra (forma y dimensiones). También se puede determinar el campo gravitatorio, la superficie de la profundidad del océano, la orientación y la posición de la tierra en el espacio. Lo más sobresaliente de la geodesia es establecer la posición de los puntos mediante las coordenadas (Longitud, Latitud y Altura) (Acero & Serruto, 2010).

2.2.3. Georreferenciar

Espinoza (2003). Es la consignación de las coordenadas en la tierra, mediante un punto con referencia al sistema global, por lo cual el uso de un Sistema de Referencia es necesario para georreferenciar a:

- Objetos naturales: (montañas, ríos, bosques)
- Objetos artificiales: (carreteras, parcelas, canales).

2.2.4. Redes de Apoyo

Las redes de apoyo son un conjunto de puntos que están enlazados de manera invisible, por consiguiente, forman un bosquejo de un levantamiento topográfico teórico de la forma de la tierra, que es el objetivo principal de la geodesia, así como a la planificación, diseño y realización de cualquier tipo de infraestructura, por ejemplo: Topográfica, Fotogramétrica, Geodésica, Cartográfica, Marina, entre otros. Como

resultado del apoyo de estas redes geodésicas, surgen las redes de apoyo a los proyectos de carreteras. Se trata de redes de puntos hormigonados sobre el terreno que servirán de apoyo a las operaciones de replanteo y levantamiento de obras de arte (Aguilera, 2001).

2.2.5. Poligonales

La poligonal es un conjunto de líneas y curvas sucesivas, donde sus distancias y dirección se establecen mediante mediciones de campo. Su mayor cualidad es el poder utilizarse para facilitar un control en zonas en las que la triangulación topográfica o la trilateración pueden ser difíciles de aplicar debido a los costes que conllevan; a pesar de ello, no debe utilizarse como sustituto del levantamiento en grandes zonas (Zúñiga, 2010).

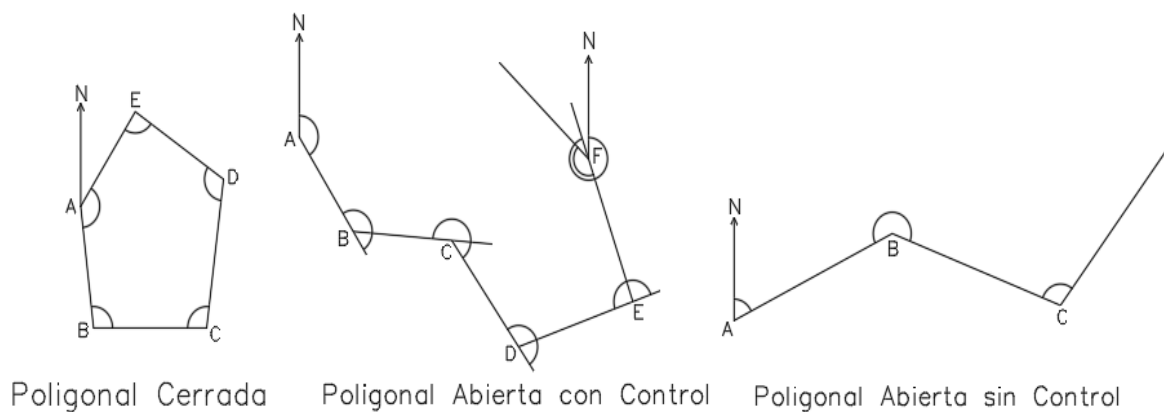


Figura 1. Poligonales.

Nota: Se observa los tipos de poligonales.

2.2.6. Puntos de Control

Mendoza (2017). Punto topográfico, a partir de este punto se toman medidas lineales y angulares. Estos puntos pueden actuar como referencias para definir la dirección de la alineación. Dichos puntos se dividen en: Permanente y temporales.

2.2.7. Medición de Ángulos

Los acimuts se miden desde una dirección y pueden determinarse directamente mediante un teodolito o un estado total. En este desarrollo, el instrumento se coloca, se centra y se nivela antes de tomar una primera lectura hacia atrás sobre un punto conocido. El instrumento está ahora "orientado" porque la línea visual apunta ahora en una dirección conocida, con el azimut correspondiente en el círculo horizontal (Acero & Serruto, 2010).

Una poligonal en topografía se suele utilizar para establecer puntos de control para el apoyo; se entiende como una serie de alineaciones, que pueden ser abiertas o cerradas, y sirve como efeméride geométrica de referencia para el margen topográfico. En cada uno de los vértices se pueden medir tres tipos de ángulos diferentes (Acero & Serruto, 2010).

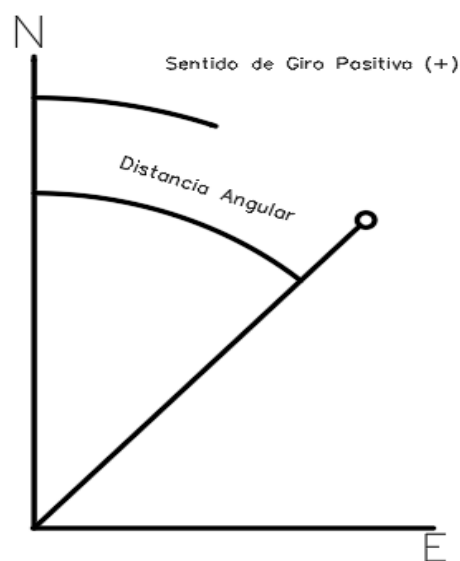


Figura 2. Condiciones básicas para determinar un Angulo.

Nota: Tomamos línea de referencia para poder determinar el sentido de giro y distancia angular por (Wolf & Ghilani, 2012).

2.2.8. Errores

Anrango (2015). Los errores topográficos más frecuentes pueden deberse a tres factores instrumentales: la persona que realiza la topografía, las condiciones en las que se realiza y la propia topografía.

- Errores Instrumentales: Estos errores son cometidos por los instrumentos mediciones utilizados, ya que pueden tener fallos. Normalmente, estos errores pueden corregirse mediante compensaciones o cálculos sin que afecten a las lecturas realizadas.
- Errores Personales: Esto se debe a la evaluación del operador durante la medición, dada por la agudeza visual o por la sensibilidad al tacto. Los más frecuentes se producen durante la puesta en marcha del equipo si el instrumento o sus accesorios están colocados de forma ineficaz.

2.2.9. Medición Electrónica de Distancia

Según Mendoza (2020). Dicho método realiza la medición de distancias generadas por dos puntos debido a la propagación de la energía electromagnética (hacia delante y hacia atrás) desde la fuente hasta el receptor situado en la posición opuesta. El origen fundamental tiene como sustento al Movimiento Rectilíneo Uniforme.

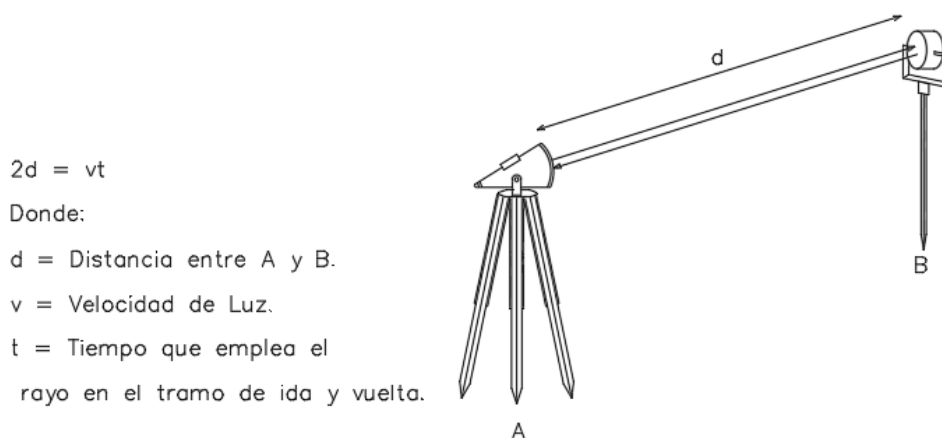


Figura 3. Medición Electrónica de Distancia.

Nota: Se observa en la figura la ley del Movimiento Rectilíneo Uniforme por (Mendoza 2017).

Mendoza (2017). Los dispositivos MED actualmente en uso utilizan el mismo principio (ondas electromagnéticas), pero miden la última fase o fragmento de onda, repitiendo esta operación para ondas de diversas frecuencias (más pequeñas o más grandes), obteniendo como resultado la distancia deseada.

Tabla 1
Medición Electrónica de Distancia

| Método | Precisión relativa | USO | Instrumentos |
|-----------------------------------|---|---|---|
| A pasos | 1/100 a 1/200 | Levantamiento a escala pequeña comprobación de mediciones de mayor precisión. | Podómetro. |
| Estadía | 1/300 a 1/1000 | Levantamiento de detalles, comprobación de mediciones de mayor precisión. | Teodolito y mira. |
| Medición Ordinaria Con Cinta | 1/3000 a 5000 | Poligonales para levantamientos de terreno y levantamientos topográficos de control de rutas y construcción. | Cinta de acero, estacas y plomadas. |
| Medición Precisa con Cinta | 1/1000 a 1/3000 | Poligonales de levantamientos en ciudades, lineales de base para triangulación de baja precisión y levantamiento de construcción. | Cinta de acero calibradas, termómetro, dinamómetro. |
| Medición Electrónica | $\pm(10 \text{ mm} + 10 \text{ ppm})$ a $\pm(0.2 \text{ mm} + 0.2 \text{ ppm})$ | Se emplea en todos tipos de levantamientos desde taquimetría, poligonales de precisión, medición de deformaciones, replanteos de precisión hasta en redes geodésicas básicas. | Distanciómetro o estación total y prisma. |
| Sistema de posicionamiento Global | $\pm(10 \text{ mm} + 10 \text{ ppm})$ a $\pm(3 \text{ mm} + 0.01 \text{ ppm})$ | Redes de alta precisión, medición de control geodinámico, geodesia de alta precisión. | Receptores GNSS. |

Nota: Precisión en la medición de distancias de un levantamiento con instrumentos topográficos elaborado por (Mendoza, 2017).

2.2.10. Relación de Altitud – Presión Atmosférica

Mendoza (2017). Somos conscientes de que éstas se manifiestan típicamente por la intervención de agentes externos (presión atmosférica, la temperatura, la humedad,

etc). Aunque estos afectan a nuestros resultados y tienen un mayor impacto en los distanciómetros láser, todavía es posible corregirlos mediante leyes matemáticas.

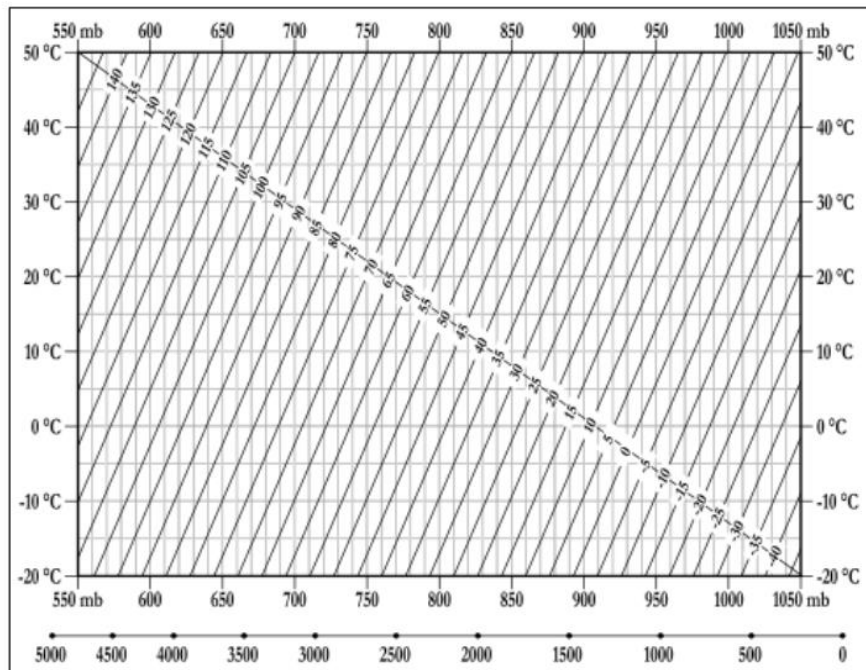


Figura 4. Nomograma de la Humedad Relativa de aire de 60%.

Nota: Un método consiste en medir las lecturas de Temperatura y Presión sobre el terreno antes de introducir los valores en el equipo, que calcula la ppm.

2.2.11. Métodos de Ajuste

Se han desarrollado varios métodos para el ajuste de poligonales, entre los cuales, el Método de la Brújula y el Método de Tránsito, son los más difundidos y, por lo tanto, los más utilizados. Ambos métodos, presentan procesos muy similares con ligeras consideraciones propias. Conjuntamente a estos métodos existen otros dos: el Método de Crandall y el Método de los Mínimos Cuadrados. Estos últimos, son procesos similares, pero con notables diferencias con respecto a los dos primeros (Flores, 2016).

Flores (2016). Todos estos métodos se pueden utilizar para compensar poligonales encuadradas de una manera válida. Sin embargo, algunas están enfocadas a ciertas condiciones del levantamiento. Posteriormente, explicaremos con brevedad en qué consiste los métodos de ajuste.

2.2.12. Método del Compass o Regla de la Brújula

Jiménez (2014). Es un método que ajusta las proyecciones ortogonales de las líneas poligonales en relación con sus longitudes. Pero es menos estricto que el Método de Mínimos Cuadrados, no por ello sus resultados no son verídicos y se utilizan para la adaptación del cierre.

Las correcciones son obtenidas de las siguientes formulas:

$$-CpNi : Li = \varepsilon \Delta N : \Sigma Li$$

$$-CpEi : Li = \varepsilon \Delta E : \Sigma Li$$

Donde:

$$-CpNi = -\left(\frac{\varepsilon \Delta N}{\Sigma Li}\right) . Li$$

$$-CpEi = -\left(\frac{\varepsilon \Delta E}{\Sigma Li}\right) . Li$$

Donde:

CpNi: Correccion parcial sobre la proyeccion norte – sur del lado i

CpEi: Correccion parcial sobre la proyeccion este – oeste del lado i

Li : longitud del lado i

Casanova (2002). En poligonales abiertas el control del error angular se da por la siguientes formulas:

En donde: $Ea = \beta_{fc} - \beta_f$

Ea = Error Angular.



β_{fc} = Acimut Final Calculado.

β_f = Acimut Final Conocido.

Aplicar una corrección por acumulación (un ejemplo de corrección angular) en los acimuts empezando por el primer ángulo medido. Es decir, el acimut inicial se corrige con Ca , el que sigue con $2 Ca$, y así continuamente hasta corregir el acimut final.

$$Ca = -\frac{Ea}{n}$$

Donde:

Ea = Error angular

n = Numero de lados

Al aplicar el mismo procedimiento en los demás vértices que aún faltan sobre los vértices restantes, conseguiremos generalizar los cálculos de acimuts como la siguiente ecuación:

$$\beta_i = \beta_{i-1} + \angle \text{vertice} \pm 180^\circ$$

En donde:

β_i = Acimut del lado

β_{i-1} = Acimut anterior

condicionales en acimut:

Si $(\beta_{i-1} + \angle \text{vertice}) < 180^\circ \Rightarrow$ se suma 180°

Si $(\beta_{i-1} + \angle \text{vertice}) \geq 180^\circ \Rightarrow$ se resta 180°



Si $(\beta_i - 1 + \text{< vertice}) \geq 540^\circ \Rightarrow$ se resta 540° ya que ningún acimut puede ser mayor de 360°

Proyecciones:

$$\Delta N_{1-2} = D_{1-2} X \cos \beta_{12}$$

$$\Delta E_{1-2} = D_{1-2} X \sin \beta_{12}$$

Proyecciones sobre el eje Este – Oeste:

$$\Delta N = \Sigma \Delta N - S$$

$$\Delta E = \Sigma \Delta E - 0$$

El Error Lineal se determina por:

$$L = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2}$$

$$P = \frac{L}{\Sigma L}$$

En donde:

P = Precisión de la Poligonal.

ΣL = Suma de los lados de la poligonal en m.

2.2.13. Método de Tránsito

Teóricamente podemos decir que este método es más favorable usarlos para levantamientos relacionados con tránsito, los ángulos son medidos con más precisión que las mismas distancias, como en los levantamientos, pero rara vez se utiliza en la práctica porque los resultados varían para cada meridiano posible y dependen arbitrariamente de los recorridos de las líneas (Jiménez, 2014).



$$\text{Corrección en proy X} = E_x * \frac{\text{proy } k_i}{Z_{\text{proy X}}}$$

$$\text{Corrección en proy Y} = E_x * \frac{\text{proy } F_i}{Z_{\text{proy Y}}}$$

- A discrepancia con el Método de la Brújula, se desarrolló para levantamientos donde los ángulos son medidos con más precisión que las distancias, pero con equivalentes condiciones de medición.

Al igual que el método anterior, aquí también se modifican las proyecciones de los lados, con la diferencia que el error lineal en cada sentido (X, Y) se divide entre la suma del valor absoluto de las proyecciones.

$$C_Y^X = K_Y^X * \text{Proy}_x^y \quad : \quad K_Y^X = \frac{E_X^Y}{\sum_i^n |\text{Proy}_x^y|}$$

$$E_y = \sum (\text{Proy} . Y) \quad : \quad E_x = \sum (\text{Proy} . X)$$

2.2.14. Método del Mínimo Cuadrado

Garrido (2014). Cuando se realiza una tarea topográfica, geodésica o geomática que requiere el máximo nivel de precisión y fiabilidad, la compensación por mínimos cuadrados es una necesidad.

$$V = P^{-1}A^T(AP^{-1}A^T)^{-1}K$$

Donde:

V = Matriz Resultado.

P = Matriz Pesos.

A = Matriz de Coeficientes.



K = Matriz de Residuos.

El Método de Mínimos Cuadrados, se basa en la teoría de probabilidades, equilibra las mediciones Angulares y Lineales para disminuir la suma de los cuadrados totales de los residuos. Este método funciona con cualquier tipo de polígono, independientemente de la precisión con que se midan los ángulos y las distancias, ya que cada medida cuantitativa puede tener su correspondiente peso.

La compensación de datos topográficos se basa en los Mínimos Cuadrados que indica, que la suma de los cuadrados de los errores hace un mínimo:

$$V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 \dots + V_n^2 = \min \Rightarrow \sum_{i=1}^n V_i^2 = \min$$

La aparición de errores probables se determina por la ecuación de probabilidad.

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 V^2} \quad (\text{Ecuación de la Curva Normal de Gauss})$$

La probabilidad paralela se origina de un conjunto particular de medidas en resultado de sus probabilidades individuales.

Si V_1, V_2, \dots residuales e Y_1, Y_2, \dots, Y_n sus probabilidades.

$$Y_S = Y_1 * Y_2 * Y_3 \dots \dots \dots Y_n$$

$$Y_S \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 V^2} \dots \dots \dots \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 V^2} \dots \dots \dots \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 V^2}$$

$$Y_S = \left(\frac{h}{\sqrt{\pi}}\right)^n e^{-h^2(V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2)} \quad (\text{Max})$$

Esta acción es máxima cuando la expresión $V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2$ debe ser mínima porque esta suma es parte del exponente negativo por lo tanto la sumatoria.



$$\sum_{i=1}^n V_{1=min}^2$$

Además, cuando no hay confianza en las observaciones, éstas se homogeneizan con pesos, quedando la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=1}^n p_i V_{i=min}^2$$

$$v^t v = \min$$

Donde V es el vector columna de los residuos:

$$V=[V_1, V_2, \dots, V_n]^t$$

en el caso con los pesos:

$$v^t p v = \min$$

Gemael (1994). La matriz de pesos P es una matriz cuadrada y diagonal. El siguiente es el procedimiento para aplicar los Mínimos cuadrados a un sistema de ecuaciones lineales:

L representa (l_b) en geodesia los análisis son superiores a las incógnitas:

$$n A u \quad u X 1 = L_{n,1}^b$$

$$n > u$$

En consecuencia, en este modelo matemático, los análisis no son simultáneos, por eso es necesario incluir correcciones o residuos ($V= [V_1, V_2, V_3, \dots, V_n]^T$) del material discutido anteriormente.



La ecuación lineal resultante es la siguiente

$$A \tilde{x} = L_b + v = L_a$$

L_b = Valores observados

L_a = Valores de las observaciones corregidas

Y si utilizamos el mejor estimador x y \tilde{x} que compensa el término.

$$V^T V = \text{Min}$$

$$\phi = (A \tilde{x} - L_b)^T (A \tilde{x} - L_b) = \text{min}$$

$$\frac{d\phi}{dx} = A^T A \tilde{x} - A^T L_b = 0$$

$$A^T A \tilde{x} - A^T L_b = 0$$

La ecuación matricial simboliza un conjunto de ecuaciones, dando como resultado una única solución:

$$\tilde{x} = (A^T A)^{-1} A^T L_b$$

Los pesos son dados para la exactitud de las mediciones y se utilizan de acuerdo al trabajo que se requiere realizar

$$\Sigma L_b = \begin{bmatrix} \sigma_0^2 & & \\ & \cdot & \\ & & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Al dividir ΣL_b para σ_0^2 se obtiene la matriz de coeficiente de pesos

$$Q = \frac{1}{\sigma_0^2} * \Sigma L_b$$



Se tiene la matriz de pesos:

$$Q^{-1} = \sigma_0^2 \cdot \sum l_b^{-1} = P$$

$$P = Q^{-1} = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_0^2} & & \\ & \ddots & \\ & & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_i & & \\ & \ddots & \\ & & P_n \end{bmatrix}$$

La ecuación matricial única se obtiene:

$$V^T P V = Min$$

Que es la forma cuadrática fundamental y se aplica la ecuación normal:

$$(A^T P A) \tilde{X} - A^T P L_b = 0$$

Da como solución (Gemael, 1994):

$$\tilde{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P L_b$$

Gemael (1994). La siguiente fórmula proporciona el modelo matemático que describe las observaciones condicionales que pueden aplicarse en un Ajuste por Mínimos Cuadrados en este Método:

$$F(L_a) = 0$$

Esta ecuación sugiere que hay "r" ecuaciones naturales de condición vinculadas a "n" variables (L_a), no reconocidas, todas ellas independientes. Esta ecuación se puede procesar mediante incógnitas (residuos), cuyo vector es la ecuación ajustada de la siguiente manera:

$$L_a = L_b + V$$

Quedando de esta manera:



$$F(L_b + V) = 0$$

Aplicando una linealización de serie de Taylor en forma matricial se tiene:

$$F(L_a) = F(L_b + V + V) \cong F(L_b) + \frac{\partial F}{\partial L_a} L_b (L_a - L_b) = 0$$

La ecuación de los valores observados ($F(L_b)$) que es la del error de cierre se la denomina mediante W.

$$W = F(L_b)$$

A la matriz de las derivadas parciales $[\frac{\partial F}{\partial L_a}]_{l_b}$ por B

$$B = [\frac{\partial F}{\partial L_a}]_{l_b}$$

Quedando de esta manera $BV + W = 0$

Con las dimensiones queda de esta manera:

$$rBn \quad nV1 + rW1 = r01$$

Normalización de ecuaciones, indica que se satisface los Mínimos Cuadrados, junto con los residuos sean mínimos, y que se utiliza un artificio conocido como el Método Grange para cumplir estos dos requisitos.

$$\phi = V^T P V - 2K^T (BV + W) = \text{Mínimo}$$

Gemael (1994). Entendiendo que K son los multiplicadores o "correlatos" de LaGrange. Las derivaciones exactas de V y K que deben ser un valor mínimo son las siguientes:

$$\frac{\partial \phi}{\partial v} = 2pV - 2B^T K = 0$$

$$1 - PV - B^T K = 0$$



$$\frac{\partial \phi}{\partial K} = -2(BV + W) = 0$$

$$2 - BV + W = 0$$

Despejando (V) de la ecuación se obtiene, que es la ecuación de los residuos

$$V = P^{-1}B^TK$$

Y esta ecuación se reemplaza y se obtiene:

$$BP^{-1}B^TK + W = 0$$

Simplificándole un poco más queda la ecuación:

$$K = -M^{-1}W$$

Siendo:

$$M = BP^{-1}B^1$$

Las precisiones de los resultados se obtienen mediante una matriz varianza –covarianza de los valores ajustados:

$$\sum L_a = \sum L_a [I - B^TM^{-1}BP^{-1}]$$

Donde:

$$I = -P^{-1}B^TM^{-1}\frac{\partial W}{\partial L_b}$$

y para los residuos de esta forma:

$$\sum V = \sigma_0^2 P^{-1}B^TM^{-1}BP^{-1}$$

Comparando resulta (Gemael 1994):

$$\sum L_a = \sum L_b - \sum v$$

La varianza de observación de peso unitario a posterior, indica:

$$\sigma_0^2 = \frac{V^T PV}{S_l}$$

S_l = grado de libertad

$S_l = r_c$ Numero de ecuaciones de condición

$V^T PV = -K^T W$ (Garrido, 2014)

2.2.15. Ecuación No Lineal

Algunas observaciones realizadas durante los trabajos topográficos focalizados dan lugar a una ecuación no lineal. Es una forma de medición de ángulos y distancias. Es primordial realizar su linealización mediante la serie de Taylor de primer orden para ajustar dichos análisis mediante el método de los cubos más pequeños y determinar un sistema de ecuaciones que no son lineales. Consideremos la siguiente ecuación, que utiliza una función no lineal “f” para conectar un valor observado “l” con dos parámetros desconocidos x e y (Abellan, 2013).

2.2.16. Procedimiento de Ajuste

Hay que seguir procedimientos específicos en función de la naturaleza del problema de ajuste en cuestión. Por ejemplo, todos los datos deben ser examinados cuidadosamente en términos de errores antes de ser ajustados. Deben reconocerse y corregirse equivocaciones como la identificación incorrecta de estados, errores de transcripción, errores de lectura y otros. Si no se eliminan, el resultado será un ajuste mínimamente satisfactorio o ninguno. Los circuitos de cierre en los datos pueden utilizarse para identificar errores en algunos tipos de levantamientos. Esto es preciso para la nivelación, las redes de Receptores GNSS y los levantamientos horizontales, como el uso de trayectorias poligonales (Wolf & Ghilani, 2016).

2.2.17. Acimut y Rumbos

Aplica la ley de propagación del acimut, es posible calcular los acimuts de los lados de un polígono iniciando de un acimut notorio y de ángulos medidos.

Casanova (2002). La combinación de un teodolito electrónico, un distanciómetro electrónico y un procesador se conoce como "estación total", y permite medir con rapidez y precisión los ángulos horizontales, verticales o inclinados con respecto a sus respectivas direcciones, así como las coordenadas horizontales y verticales de un punto.

$$\alpha_1 = \alpha_1 + \theta_1 - 180 + V_{\alpha 1}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \theta_2 - 180 + V_{\alpha 2}$$

$$\alpha_3 = \alpha_1 + \theta_3 - 180 + V_{\alpha 3}$$

$$\alpha_4 = \alpha_1 + \theta_4 - 180 + V_{\alpha 4}$$

Sumando las ecuaciones:

$$\alpha_f = (\alpha_1 + \sum_{i=1}^4 \theta_i - 4 * 180) = V_{\alpha 1} + V_{\alpha 2} + V_{\alpha 3} + V_{\alpha 4}$$

$$\alpha_f - (\alpha_1 + \sum_{i=1}^n \theta_i - n * 180) = V_{\alpha 1} + V_{\alpha 2} + V_{\alpha 3} + V_{\alpha n}$$

2.2.18. Cierre Lineal

En un polígono cerrado, la suma de las proyecciones en el eje Norte – Sur tiene que dar como resultado la igualdad a cero. Del mismo modo, la sumatoria de las proyecciones en el eje Este - Oeste es igual a cero, esto se debe a múltiples errores instrumentales y operativos al medir las distancias. En consecuencia, la situación ya antes descrita no llega a cumplirse, lo que da lugar al error de cierre lineal como se muestra en la siguiente figura (Casanova, 2002).

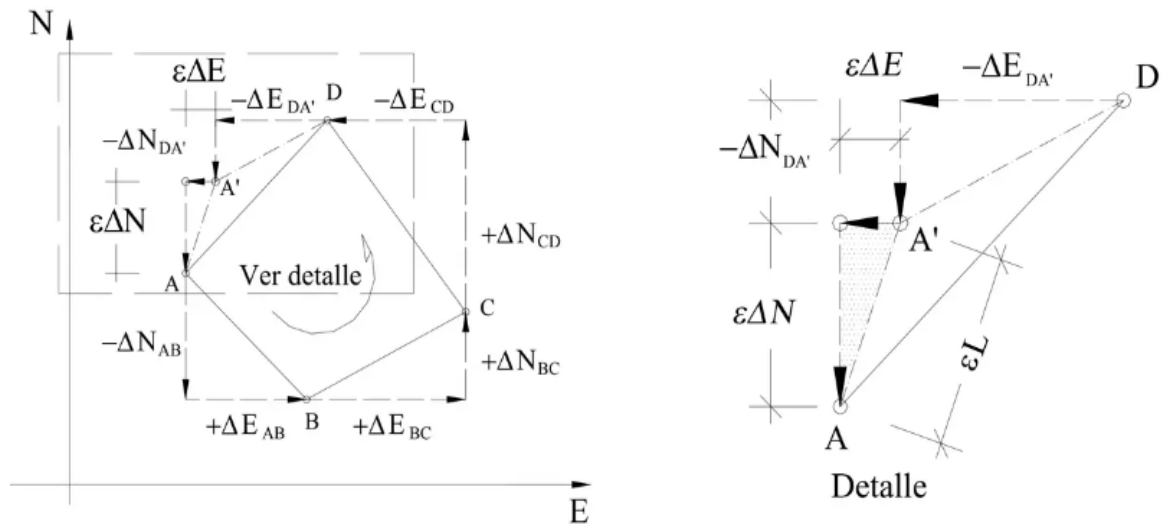


Figura 5. Cierre Lineal

Nota: Se observa el Error Lineal de cierre de Poligonales por Casanova, (2002).

2.2.19. Compensación del Error Lineal

Casanova (2002). El método conveniente para compensar los errores lineales depende del nivel de precisión lograda por los instrumentos y los procesos de medición.

| Tolerancia lineal | Tipo de levantamiento |
|-------------------|--|
| 1:800 | Levantamientos de terreno accidentados. |
| 1:1000 a 1:1500 | Levantamiento de terreno de bajo costo por la taquimetría ya sea con nivelación o teodolito. |
| 1:1500 a 1:2500 | Levantamiento de terreno agrícolas de costo medio, con cinta métrica. |
| 1:2500 a 1:5000 | Levantamientos urbanos y rurales, de mediano a alto valor, uso de Estación Total |
| 1:10,000 a mas | Todo tipo de proyectos donde se realiza los levantamientos geodésicos |



2.3. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS CON RECEPTORES GNSS

2.3.1. El GPS (Global Positioning System)

Se trata de un sistema de navegación desarrollado por el departamento de defensa de los Estados Unidos que se apoya en un grupo de satélites que giran alrededor de la Tierra con el objetivo de determinar la posición de un punto en cualquier zona de nuestro planeta gracias a la presencia de un receptor (Trimble, 2019).

No obstante, el GPS se desarrolló con fines militares (localización en tiempo real de acorazados militares, etc.), en la actualidad existen innumerables aplicaciones civiles, como las de trenes, aviones, barcas, minería, construcción, marketing, política y medicina. No cabe duda de que el hombre seguirá desarrollando aplicaciones basadas en la tecnología GPS (Mendoza, 2019).

2.3.2. Receptores GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System), o "Sistema Global de Navegación por Satélite" es un conjunto de tecnologías que proporcionan un posicionamiento geoespacial tridimensional con cobertura global continua. Los orígenes del GNSS se remontan a la década de 1970, cuando inicialmente se destinaron a uso militar, pero con el tiempo ganaron popularidad para aplicaciones civiles (Trimble, 2019).

En la actualidad existen muchos Métodos de Posicionamiento GNSS, pero los más populares y utilizados son el Método Estático, que se suele utilizar en los estudios geodésicos, y el Método Cinemático en tiempo real, o RTK, que se centra principalmente en la colocación o localización de un punto con coordenadas conocidas en la superficie terrestre (Trimble, 2019).

2.3.3. Método Diferencial

Las señales del satélite se reciben paralelamente por dos Receptores. Este método elimina hasta cierto punto los errores ineludibles, como la inexactitud de la órbita del satélite, y permite aumentar la precisión y determinar un punto aislado. En este caso, se emplea el método de medición del período, que proporciona una alta precisión que la pseudodistancia. Evidentemente, es necesario devolver los puntos medidos a un ordenador en varios (Peñañiel & Zayas, 2001) (Ayala & Hasbun, 2012).

Los siguientes errores se eliminan al utilizar la metodología de diferenciación:

- Disponibilidad selectiva (SA) Retardo ionosférico.
- Retardo troposférico.
- Error en las efemérides.
- Error reloj satélite.

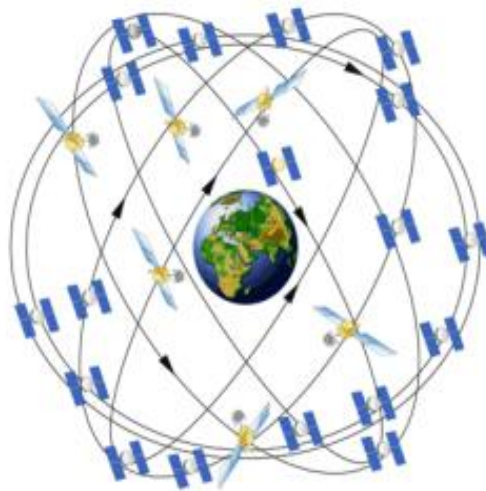


Figura 6. Constelación NAVSTAR.

Nota: Se observa en la figura tipos de satélites que orbitan alrededor de la tierra elaborado por (Trimble, 2019).

2.3.4. Métodos Cinemáticos

- **Cinemático Post Proceso:**

Ayala & Hasbun (2012). Este método se encarga de medir la posición relativa de dos puntos levantados en un de tiempo pre-definido por el personal, para un posterior procesamiento.

- **Cinemático en Tiempo Real (RTK):**

La metodología RTK utiliza un número ilimitado de receptores móviles junto con un único Receptor GNSS como estación base. La estación base se denomina punto conocido que transmitirá correcciones (TX) utilizando una variedad de formalidades de transmisión, como NTRIP, VRS, COORS, multi estación, estado único, radio UHF y Bluetooth de mayor alcance. Estas correcciones son recibidas (RX) por los receptores móviles y procesadas instantáneamente o en tiempo real, proporcionándonos la posición milimétrica relativa en las direcciones Este, Norte y Elevación (Trimble, 2019).

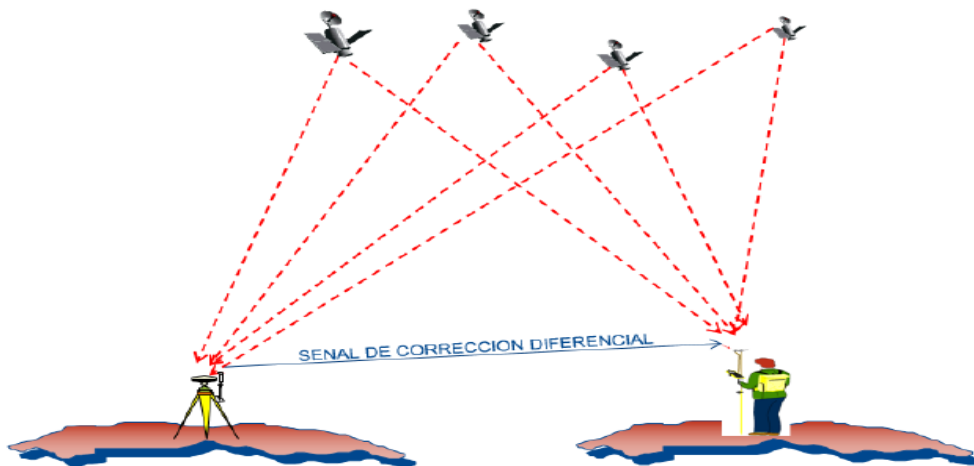


Figura 7. Método (RTK).

Nota: Se observa el Método de Posicionamiento con el Receptor GNSS.

Trimble (2019). Es sustancial tener en mente los puntos medidos durante el levantamiento que conciernen a coordenadas calculadas en el centro eléctrico de la antena del Receptor GNSS, por esta razón se recomienda medir con precisión la altura de la antena.

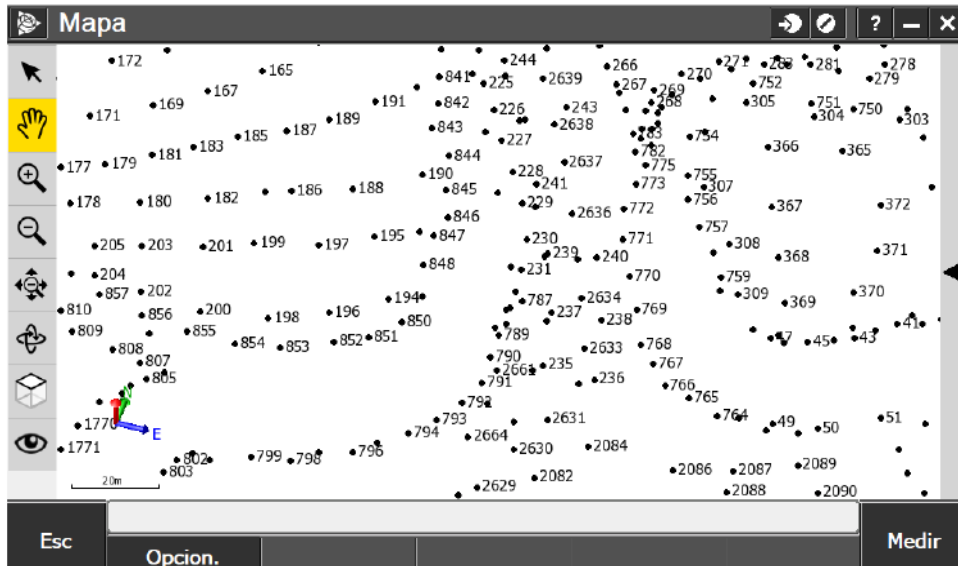


Figura 8. Densidad de puntos con Receptores GNSS.

Nota: Ejemplo de nube de puntos en el software elaboración por (Trimble, 2019).

Durante el levantamiento topográfico convencional se colectó puntos discretos que provienen de una medición con Receptores GNSS los cuales responden a un formato ASCII donde existen delimitadores (.CSV, .TXT)

2.3.5. Coordenadas

Consideramos que es necesario saber las distancias a tres puntos de coordenadas conocidos para establecer la posición de un punto en el espacio. Se trata de una intersección espacial inversa. A parte de los problemas que se plantearían en su cálculo, tratándose un problema geométrico relativamente sencillo. En definitiva, se trata de una pirámide triangular (Mendoza, 2019).

2.3.6. Coordenadas Geográficas

IGN (2016). Son valores de Latitud y Longitud que muestran la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra.

2.3.7. Coordenadas UTM

- **La Proyección Mercator**

Mendoza (2017). El sistema de proyección cartográfica utilizado por la República de Perú se conoce como "Universal Transversal de Mercator" (UTM), un sistema conforme transversal cilíndrico con las siguientes características técnicas.

- **Coordenadas Planas o Projectadas**

IGN (2016). Son los resultados de proyectar la superficie del elipsoide sobre un plano. Los puntos proyectados se designan con las coordenadas X o Norte e Y o Este, medidas sobre dos ejes perpendiculares, derivadas de un origen convencional definido de diversas maneras según el sistema de proyección elegido.

- **Coordenadas Topográficas Locales**

Acero & Serruto (2010). Se trata de coordenadas cartesianas rectangulares en donde el eje de ordenadas representa el eje Norte - Sur (Y Y') y el eje de abscisas representa el eje Este - Oeste (X X') en un sistema de coordenadas local cuyo origen se fija en cualquier punto y/o valores de coordenadas

Se trata de coordenadas cartesianas rectangulares en las que el eje de ordenadas representa el eje Norte - Sur (Y Y') y el eje de abscisas representa el eje Este - Oeste (X X') en un sistema de coordenadas local cuyo origen se fija en cualquier punto y/o valores de coordenadas (Acero & Serruto, 2010).



2.3.8. Datum WGS84

Se desarrollo en Estados Unidos de América en el año 1984 para el cálculo de las orbitas satelitales.

Según Fernández (2001). Nació por la escasez de disponer de un sistema de referencia universal que permitiera ubicar distintos puntos en la Tierra (sin necesidad de otra referencia) mediante tres unidades determinadas. WGS - 84 (World Geodetic System 84) traducido como Sistema Geodésico Mundial 1984).

2.3.9. Clasificación de Puntos Geodésicos

IGN (2016). Es para unir un marco de referencia geodésico, los trabajos de georreferenciación tienen referencia con la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). Los puntos geodésicos en nuestro territorio nacional se clasifican de la siguiente manera:

- **Punto Geodésico de Orden “0”**

Este orden es establecido a nivel continental, y sus resultados son usados para realizar estudios de deformación regional y global de la corteza terrestre, sus efectos geodinámicos y en trabajos que requieran de una mayor precisión a un nivel máximo de 4.00 mm; estos puntos ayudaran para la densificación de la Red Geodésica Nacional (IGN, 2016).

- **Puntos Geodésicos de Orden “A”**

IGN (2016). Este orden tiene que ser aplicado para esos trabajos ya encaminados por el sistema geodésico de referencia continental básico, en levantamientos mediante estudios de deformación local de la corteza terrestre y en trabajos que requieran de una precisión a un nivel máximo de 6.00 mm.



- **Puntos geodésicos orden “B”**

Este orden será destinado a los levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, que esencialmente están conectados a la red básica, para trabajos de las ramas de la ingeniería de mayor precisión, tal como la geodinámica y en trabajos que requieran de una precisión a un nivel máximo de 8.00 mm. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deben integrarse a la red geodésica básica nacional (IGN, 2016).

- **Puntos Geodésicos Orden “C”**

Este orden es usado para establecer un control suplementario que pueden ser usados en áreas rurales y urbanas, como apoyo en la ejecución de proyectos básicos de ingeniería para el desarrollo urbano y rural, así como a trabajos que se requieran una precisión a un nivel máximo de 10.00 mm (IGN, 2016).

- **Puntos de Apoyo (PFCH)**

Estos son puntos geodésicos que tienen las mismas características de los puntos geodésicos de orden “C”, a diferencia de los puntos de orden “C” estos puntos no son monumentados y son destinados como puntos de foto control de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de desarrollo urbano – rural, el nivel de precisión de estos puntos no será mayores a 10.00 mm (IGN, 2016).

Para los puntos geodésicos de orden (A, O y B) la correlación se establece realizando observaciones dentro de una figura geométrica circunscrita (en lo posible), con un mínimo de ocho lados para el orden “0” y un mínimo de tres lados para los de orden “A” y “B”; para los puntos geodésicos de orden “C” y los puntos de apoyo, la correlación será a través de una línea base; siguiendo los siguientes parámetros (IGN, 2016):

| Número mínimo de estaciones de control de la Red Geodésica Horizontal que se deben enlazar | 0 | A | B | ENLACE |
|--|---|---|---|------------|
| 0 | 8 | 3 | | RED |
| A | 3 | 3 | 3 | RED |
| B | 3 | 1 | 1 | RED |
| C | 1 | 1 | 1 | LINEA BASE |
| APOYO(PFCH) | 1 | 1 | | LINEA BASE |

Figura 9. Número Mínimo de Estaciones.

Nota: Se observa el proceso de control horizontal a la Red Geodésica.

2.4. METODO CONVENCIONAL

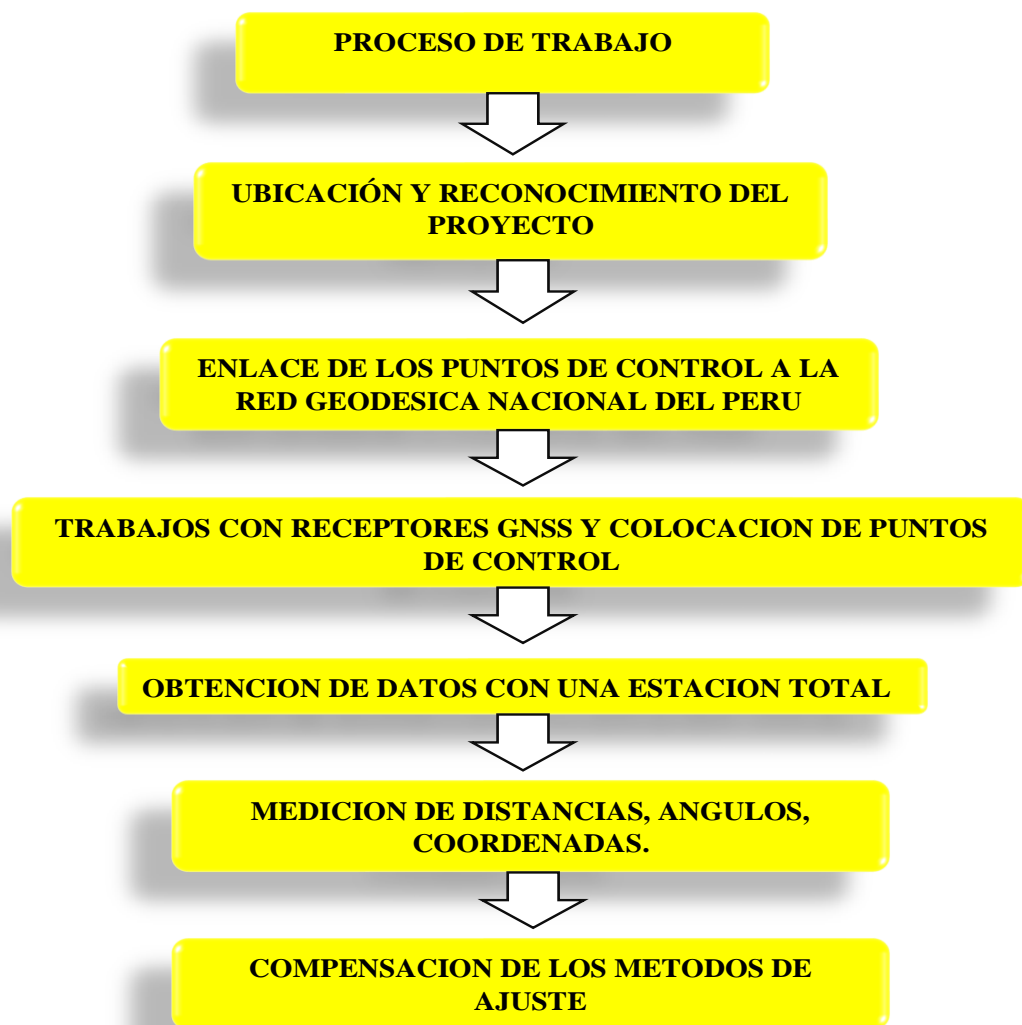


Figura 10. Proceso de trabajo de un Método Convencional.

Nota: Se observa etapas del trabajo de una poligonal según investigación del proyecto.

En el Método Convencional se utiliza la estación total para la obtención de Ángulos y Distancias, también, poder determinar los tipos de errores, levantamientos geodésicos (UTM) o levantamientos topográficos (PLANAS) que nos ayuden a formar una Poligonal Geodésica o Topográfica, así poder realizar Métodos de Ajustes. La compensación es el procedimiento mediante el cual se establece la congruencia geométrica, y los errores que contenga dentro de las tolerancias. De esta manera poder realizar los Métodos Convencionales ya sean (Mínimos Cuadrados, Crandall, Transito, Compass o Regla de Brújula).

2.4.1. Sistema de Coordenadas Geográficas

Pérez (2011). Cualquier punto de la superficie terrestre se define por su latitud (α) y longitud (β) en un Sistema de Coordenadas Geodésicas o Geográficas.

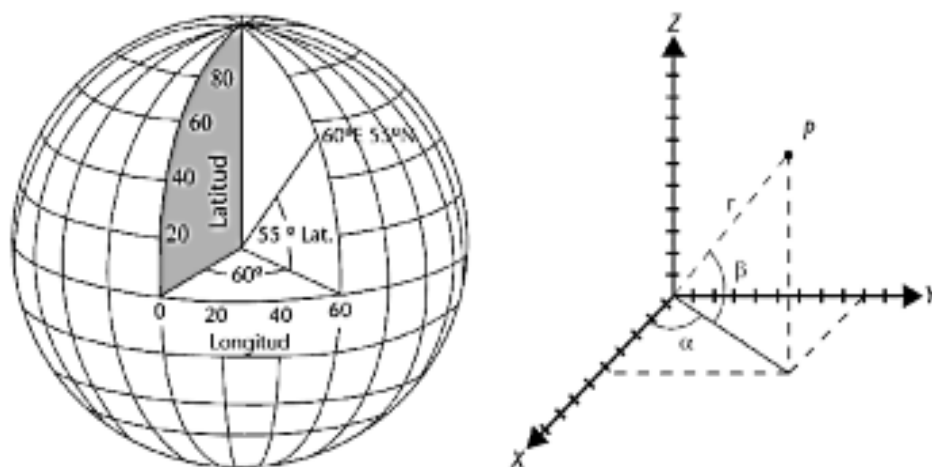


Figura 11. Sistema de Coordenadas Geográficas.

Nota: Valores de Longitud y Latitud de un punto sobre la esfera (Pérez, 2011).

2.4.2. Sistema de Coordenadas UTM (X, Y, Z).

La representación cartográfica del globo terrestre, ya sea considerado como esfera o como elipsoide, plantea un problema, ya que no hay manera de representar toda la superficie desarrollada sin deformación o incluso de representarla fielmente, ya que la

superficie de una esfera no es desarrollable en su conversión a un soporte de papel (a una representación plana) (Fernández, 2001).

Gerardus Mercator en 1595 desarrollo la proyección UTM, como un tipo de proyección cartográfica cilíndrica, en la que el cilindro se sitúa tangente al elipsoide en el ecuador.

Es un sistema de proyección cartográfica universal Proyección conforme, que conserva sus formas.

- Las magnitudes se expresan en metros

El origen de las coordenadas UTM es la intersección del meridiano central con el Ecuador.

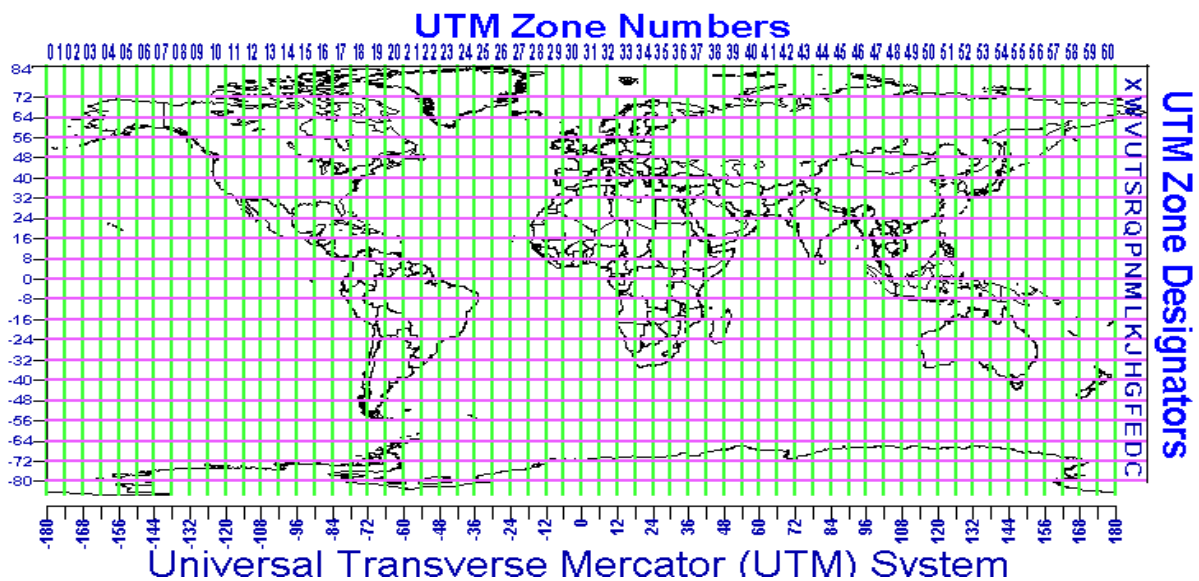


Figura 12. Sistema (UTM).

Nota: Es un tipo de Proyección Cartográfica Cilíndrica, se sub divide la tierra en 60 husos de 6° de ancho en longitud. Cada huso se divide en 20 zonas, 10 en el hemisferio norte y 10 en el hemisferio sur (Herlihy, 1994).

2.4.3. Estadística

La estadística es crucial para la estimación de los resultados conseguidos, ya que permite estar seguro de la exactitud de los valores extrapolados de las pruebas y evaluar los resultados de acuerdo con parámetros estadísticos.

Esta investigación propone analizar la varianza entre los residuos, para realizar la prueba de comparación utilizando más de dos medios.

- **Análisis de la varianza (ANOVA)**

Se pueden comparar múltiples poblaciones utilizando la herramienta estadística conocida como análisis de varianza (ANOVA).

Deben cumplirse las siguientes condiciones, aunque son aceptables desviaciones menores de las condiciones ideales, para utilizar el ANOVA con dos:

1. Los conjuntos de datos deben ser autónomos del resto.
2. Los resultados deben seguir una distribución normal para cada conjunto.

- **Procedimiento ANOVA**

La diferencia entre las medianas de los distintos grupos se valora dividiendo la varianza global del conjunto de datos en dos categorías: la varianza debido a los desacuerdos de grupos (variabilidad dentro de grupos) y la varianza debido a la incertidumbre de la demostración (variabilidad dentro de grupos).

El ANOVA de un razonamiento que nos permite poner a prueba hipótesis tales como:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

H_a: Al menos dos medias poblacionales son diferentes.



- **Medidas de Tendencia Central y Posición**

Estas medidas se utilizan para identificar valores que pueden inclinarse o que son los más indicativos de un conjunto de números. La mediana, la moda y la media son las tres métricas que se aplican con mayor frecuencia.

a) Media Aritmética (u).

También denominada promedio, se calcula realizando una sumatoria de todos los valores que pertenecen a un grupo y dividiendo el total por el número de valores del grupo.

Usar la media aritmética nos sirve para:

- Expresar de manera global la información que brindan los datos.
- Formular una medida estable.
- Tener una medida sólida.
- Conseguir un dato esencial para otros estadísticos.

b) Mediana (u_m).

Es la segunda medición de la tendencia central de un grupo de números. Su principal característica es que divide una colección ordenada en dos grupos iguales; la mitad de los números tendrá valores inferiores a la mediana, y la otra mitad alcanzará valores superiores a ésta. En primer lugar, es necesario ordenar los valores para encontrar la mediana (generalmente de menor a mayor). Posteriormente, para obtener la mediana, será necesario dividir los valores por la mitad.



c) Moda (u_0).

Es una medida de tendencia central que muestra cuál es la puntuación, categoría o modalidad con más repeticiones en el conjunto de medidas.

- Medidas de Dispersión

a) Varianza (σ^2).

Las muestras se calculan de manera similar a la desviación media. Con dos excepciones menores:

- 1) Las desviaciones se elevan al cuadrado antes de ser sumadas y,
- 2) Se obtiene el promedio utilizando $n-1$ en lugar de n .

b) Desviación Estándar (σ).

Es la raíz cuadrada positiva de la variación. La medida de la desviación estándar es una de las medidas de síntesis más utilizadas y juega un papel crucial en la estadística. Es fundamental tener en cuenta que las unidades de la desviación estándar y de la mediana son las mismas. Por ejemplo, si la mediana se da en unidades de presión (kg/cm^2), la desviación estándar también se dará en esa unidad.

c) Coeficiente de Variación (C_v).

Es una medida de varianza respectivamente adimensional manejada para la determinación de la homogeneidad o heterogeneidad de un grupo o serie estadística bajo análisis

- Prueba de Hipótesis

Hacer inferencias sobre una población requiere el uso de estadísticas que nos permiten derivar características de una población en función de cálculos como la



desviación estándar, la media, la varianza y técnicas estadísticas como la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros.

En estadística, una hipótesis es una propuesta del investigador basada en uno o varios parámetros que permiten aceptarla o rechazarla en relación con un único número (un estimador puntual); todo el proceso de decisión se denomina "prueba de hipótesis".

Es imposible saber con absoluta certeza si una hipótesis estadística es verdadera o falsa porque para ello habría que consultar a toda la población. En la práctica, se toma una muestra aleatoria de la población objetivo y los datos incluidos en la muestra se utilizan para aportar pruebas que apoyen o refuten la hipótesis. La hipótesis se rechaza si las pruebas de la demostración entran en conflicto con ella, y la hipótesis se acepta si las pruebas la apoyan.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

La Región Puno está ubicado al extremo sur este del Perú, entre los 13°00'00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

3.1.1.1. Ubicación política

Región : Puno

Provincia : El Collao

Distrito : Ilave

Sector : C.P. San Isidro

3.1.1.2. Ubicación geográfica

La ubicación del estudio se determinó utilizando el sistema de coordenadas UTM WGS-84 Zona 19S, las coordenadas geográficas en:

Latitud: -16.076437

Longitud: -69.615569

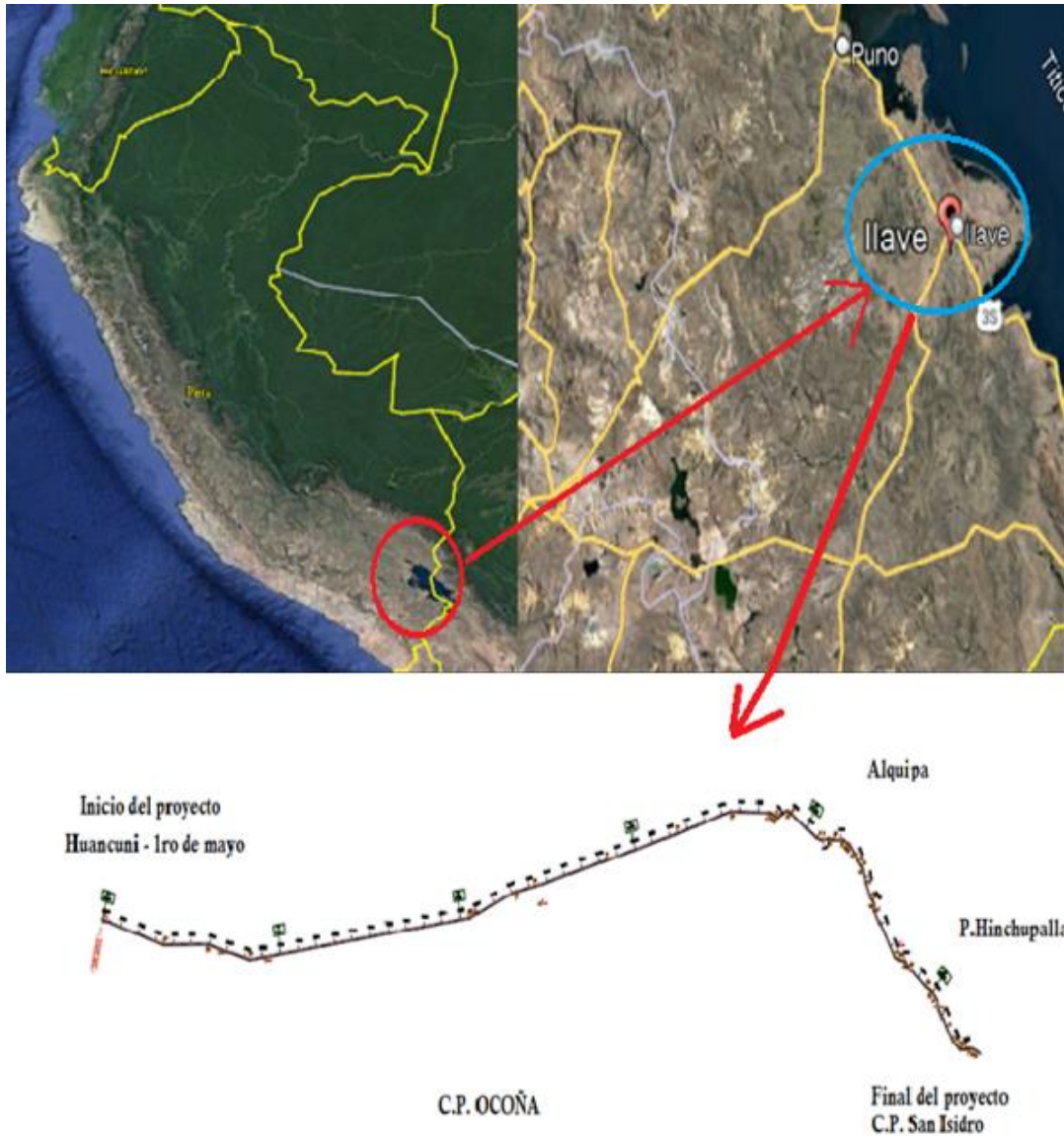


Figura 13. Ubicación de la zona de estudio.

Nota: Se observa el inicio del tramo Huancuni y la final es el C.P. San Isidro. Fuente propia.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materiales

- Cemento
- Hormigón
- Agua



- Varillas de fierro de 1/2"
- Placas de bronce
- Pintura
- Ocre

3.2.2. Herramientas

- Pala
- Pico
- Badilejo
- Clavos de Acero
- flexómetro y/o cinta métrica
- Balde
- Brocha
- Pincel

3.2.3. Equipos e instrumentos

Los equipos usados en el proyecto de investigación han sido los siguientes:

- 02 Receptores GNSS Galaxy G1.
- 01 Estación Total marca Leica ts06 Precisión angular: 5".
- 02 Prismas y porta prisma simple.
- 04 Radio Comunicadores.
- Trípode de Aluminio.
- 01 Laptop Core i5.
- 01 GPS Navegador.



- Cámara Fotográfica.

3.2.4. Materiales de escritorio

- Libreta Topográfica
- Planos
- Hojas A4

3.2.5. Software

- AutoCAD 2022
- AutoCAD Civil 3D 2022
- Microsoft Office 2022
- Google Earth
- IBM SPSS Statistics v23
- Trimble Business Center

3.3. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO

Para llegar a la carretera Huancuni – San Isidro se puede viajar en un vehículo motorizado, que demorara 20 minutos aproximadamente hasta llegar al lugar. La ruta se encuentra accesible. El acceso es por vía terrestre, dicha vía se encuentra asfaltada hasta

Huancuni y trocha carrozable para llegar a San Isidro, la ciudad de Ilave se encuentra a 6 Km la carretera San Isidro.



Figura 14. Localización.

Nota: En la figura tomada por Google Earth se visualiza la carretera del proyecto de investigación titulada Huancuni – C.P. San Isidro Elaboración por los investigadores.

3.4. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.4.1. Método de la Investigación

El método de la investigación es comparativo, donde se realizó el uso de Métodos Convencionales aplicando los Receptores GNSS para probar la hipótesis y así poder resolver los problemas de investigación.

3.4.2. Tipo de Investigación

Este tipo de investigación trata de comparar de la forma más completa posible dos o más expresiones de naturaleza muy diferente. Y la investigación cuantitativa incluye los análisis de los datos numéricos.



En este estudio tiene como finalidad comparar los Métodos Convencionales utilizando Receptores GNSS en una Poligonal Abierta, que están generando el problema de precisión en el departamento de Puno.

3.4.3. Ámbito de la Investigación

En el ámbito de la investigación se establece puntos de control, se monumento dos (02) puntos de Orden “C” denominándolos como PUN05161 - PUN05162 respectivamente, así también se monumento siete (07) puntos de control en Modo Estático, dichos puntos cumplen con las especificaciones técnicas para el posicionamiento geodésico.

3.4.4. Población y Muestra

3.4.4.1. Población

En la presente investigación se estimó como población los datos que se obtuvieron en la medición de distancia y ángulos desde la progresiva 0+000 hasta 4+460 en la carretera Huancuni – San Isidro.

3.4.4.2. Muestra

Se tomo como muestra a partir de la progresiva 0+000 hasta 4+460 de la carretera, siendo el lugar donde se estableció una poligonal de estudio de dicha investigación, obteniendo puntos de enlace geodésicos al inicio y final de la poligonal.

3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El periodo de ejecución de la presente investigación se hizo por los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril, a continuación, se menciona las etapas de las actividades realizadas.



Etapa N°1 Planificación

- Planificación del trabajo para la investigación.
- Realizar trámites de permisos.
- Reconocimiento y/o identificación de campo.
- Establecer los Puntos de Control.

Etapa N°2 Trabajo en Campo

- Se vinculó los puntos de control a la Red Geodésica Nacional.
- Se adquirieron los datos con el Receptor GNSS.
- Se obtuvieron los resultados de los equipos topográficos, receptores GNSS y estación total.

Etapa N°3 Elaboración en Gabinete

- Se procesó los datos de los equipos topográficos.
- Se interpretó los datos mediante la estadística.
- Se elaboró el borrador de tesis.
- Se hizo las rectificaciones necesarias del borrador de tesis.

3.5.1. Metodología para los Objetivos

3.5.1.1. Recopilación de Información

En esta etapa se recopiló información sobre los puntos de control para la poligonal abierta que se establecieron de orden “C” PUN05161 y PUN05162 y que fueron georreferenciados, para luego realizar la comparación de los Métodos Convencionales utilizando Receptores GNSS.

3.5.1.2. Planteamiento

La planificación del trabajo, permitió la ubicación estratégica de puntos de control para así poder realizar las lecturas de mediciones de distancias y ángulos.

3.5.1.3. Conocimiento

En esta etapa, se visualizó toda la carretera a través de un vehículo motorizado para posterior ubicar los puntos de control para la monumentación, seguidamente se provino a monumentar nueve puntos usando concreto de $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.



Figura 15. Puntos de control de orden “C”.

Nota: Punto Fijo PUN05061 - PUN05062 de orden “C” Elaboración por los investigadores.



Figura 16. Monumentación de Puntos.

Nota: En la figura observamos el BM1 - BM2 - BM3 - BM4 - BM5 - BM6 – BM7. Puntos para la colección de datos con el Receptor GNSS en Modo Estático.





Figura 17. Receptor GNSS.

Nota: Obtención de coordenadas con el Receptor GNSS en Modo Estático PUN05161.

Elaborado por los investigadores.

Tras adquirir los datos de campo es necesario para la etapa de posprocesamiento, que implica la descarga de la información de los georreceptores, utilizamos el software Trimble Business Center - TBC V 5.10, que dispone de un método de compensación (método que admite conseguir los valores de mayor probabilidad para las coordenadas de los puntos) para obtener coordenadas precisas para las mediciones planimétricas.

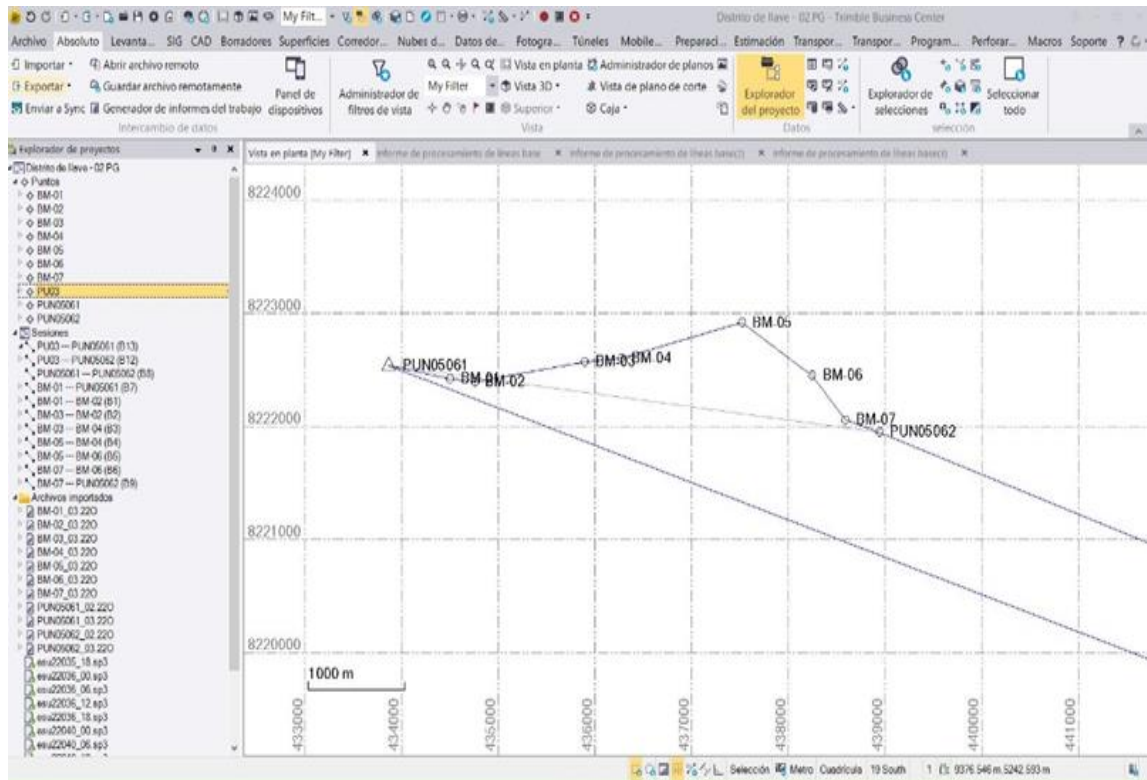


Figura 18. Trimble Business Center.

Nota: Procesamiento de datos de puntos de control con el software (Trimble Business Center).

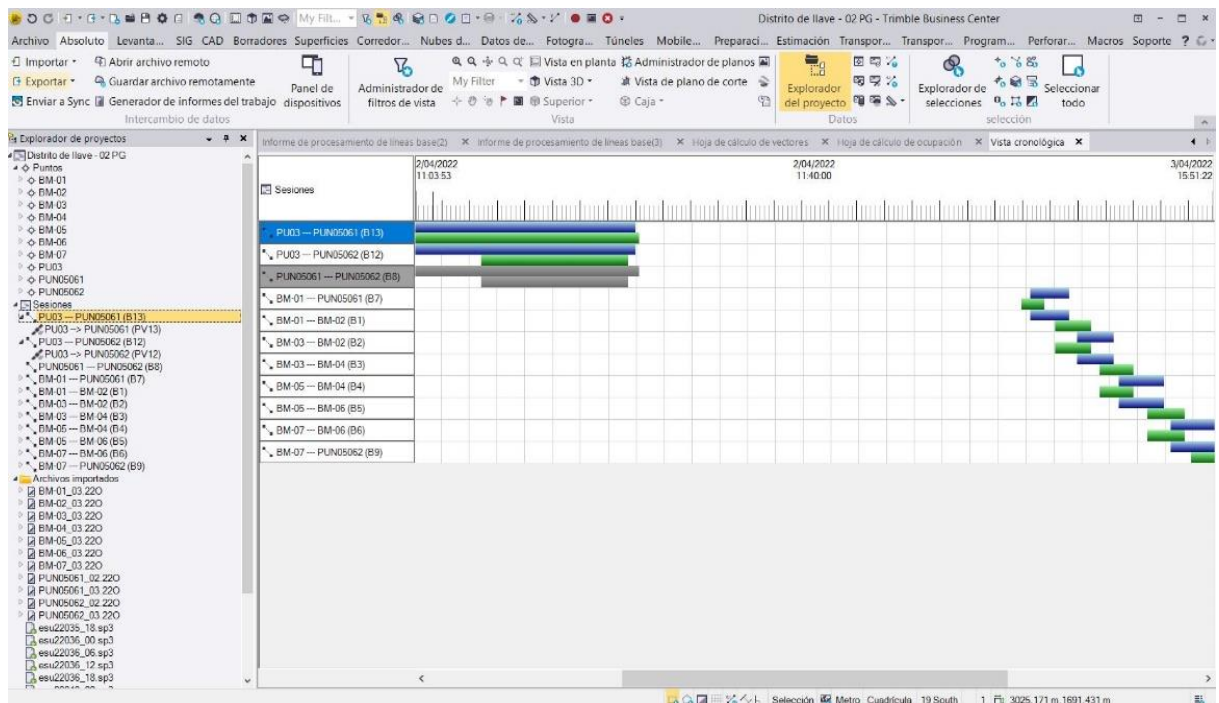


Figura 19. Trimble Business Center.

Nota: Observación de Satélites con receptor GNSS (Trimble Business Center).



Tabla 2

Coordenadas UTM – WGS84 de orden “C”

| COORDENADAS UTM ZONA 19 – WGS84 | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| N.º | Punto | Norte | Este | COTA ORTOMETRICA |
| 1 | PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 3829.348 |
| 2 | PUN05062 | 8221949.220 | 438941.040 | 3838.444 |

Nota: Puntos de control (UTM) geodésicos Elaboración propia.

Tabla 3

Coordenadas UTM – WGS84 de orden “C”

| COORDENADAS UTM ZONA 19 – WGS84 | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| N.º | Punto | Norte | Este | COTA ORTOMETRICA |
| 3 | BM-01 | 8222423.523 | 434501.018 | 3853.612 |
| 4 | BM-02 | 8222395.760 | 434753.251 | 3855.857 |
| 5 | BM-03 | 8222571.989 | 435895.455 | 3844.567 |
| 6 | BM-04 | 8222603.679 | 436269.632 | 3843.570 |
| 7 | BM-05 | 8222920.846 | 437519.677 | 3827.621 |
| 8 | BM-06 | 8222450.143 | 438247.634 | 3853.146 |
| 9 | BM-07 | 8222061.759 | 438590.551 | 3831.806 |

Nota: Puntos de control (UTM) geodésicos. Elaboración propia.

Tabla 4

Coordenadas Topográficas

| Estación | Norte | Este | Cota |
|-----------------|------------|------------|----------|
| PUN05161 | 8222540.09 | 433864.496 | 3829.348 |
| PUN05162 | 8221948.66 | 438945.871 | 3838.444 |
| BM-01 | 8222423.41 | 434501.625 | 3853.612 |
| BM-02 | 8222395.62 | 434754.099 | 3855.857 |
| BM-03 | 8222572.02 | 435897.390 | 3844.567 |
| BM-04 | 8222603.74 | 436271.923 | 3843.570 |
| BM-05 | 8222921.21 | 437523.149 | 3827.621 |
| BM-06 | 8222450.06 | 438251.815 | 3853.146 |
| BM-07 | 8222061.30 | 438595.044 | 3831.806 |

Nota: Puntos de control (TOPOGRAFICOS) Elaboración propia.

Tabla 5

Datos obtenidos con el Receptor GNSS

| Observación | De | A | Tipo de solución | Prec. H. (Metro) | Prec. V. (Metro) | Aci. geod. | Dist. elip. (Metro) | ΔAltura (Metro) |
|-------------------------|----------|----------|------------------|------------------|------------------|--------------|---------------------|-----------------|
| PU03 --- PUN05062 (B12) | PU03 | PUN05062 | Fija | 0.0103 | 0.0312 | 289°22'35.7" | 54199.6567 | -4.6882 |
| PU03 --- PUN05061 (B13) | PU03 | PUN05061 | Fija | 0.0102 | 0.0325 | 288°17'15.2" | 59197.6250 | -13.7809 |
| BM-01 --- BM-02 (B1) | BM-01 | BM-02 | Fija | 0.0030 | 0.0050 | 96°27'03.2" | 253.8444 | 2.2447 |
| BM-03 --- BM-02 (B2) | BM-02 | BM-03 | Fija | 0.0032 | 0.0053 | 81°23'52.9" | 1156.1220 | -11.2819 |
| BM-03 --- BM-04 (B3) | BM-03 | BM-04 | Fija | 0.0031 | 0.0055 | 85°19'29.9" | 375.6483 | -0.9954 |
| BM-05 --- BM-04 (B4) | BM-04 | BM-05 | Fija | 0.0028 | 0.0068 | 75°55'41.1" | 1290.1059 | -15.9381 |
| BM-05 --- BM-06 (B5) | BM-05 | BM-06 | Fija | 0.0020 | 0.0042 | 123°02'55.6" | 867.1865 | 25.5137 |
| BM-07 --- BM-06 (B6) | BM-06 | BM-07 | Fija | 0.0023 | 0.0039 | 138°43'03.5" | 518.2895 | -21.3501 |
| BM-01 --- PUN05061 (B7) | PUN05061 | BM-01 | Fija | 0.0037 | 0.0065 | 100°32'57.3" | 647.3323 | 24.2639 |
| BM-07 --- PUN05062 (B9) | BM-07 | PUN05062 | Fija | 0.0105 | 0.0126 | 107°57'41.2" | 368.2253 | 6.6178 |

Nota: Resultados del Receptor GNSS. Elaboración propia.

3.5.2. Metodología para el Primer Objetivo Específico

Determinar los Errores Lineales y Angulares en la Poligonal Abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS.

En primer lugar, consideramos que los datos obtenidos mediante el método de la radiación; hay que tener en cuenta que la información obtenida incluye ángulos y distancias. En consecuencia, hicimos una hoja de cálculo para formar una proyección de coordenadas y así poder determinar los azimuts que componen esta poligonal abierta e identificar los errores de cierre:

3.5.2.1. Estación y Configuración del Equipo Estación Total

El primer paso es la calibración precisa del instrumento que depende del tipo de soporte del prisma y de diversas constantes, después se realiza la configuración del distanciómetro (EDM) que refiere a la medición lineal, luego se ingresa a parámetros atmosféricos (P/TEMP) para introducir la temperatura que en este caso es de 12° , y la presión atmosférica de 470 mmHg y automáticamente la estación total calcula los PPM de acuerdo al equipo.

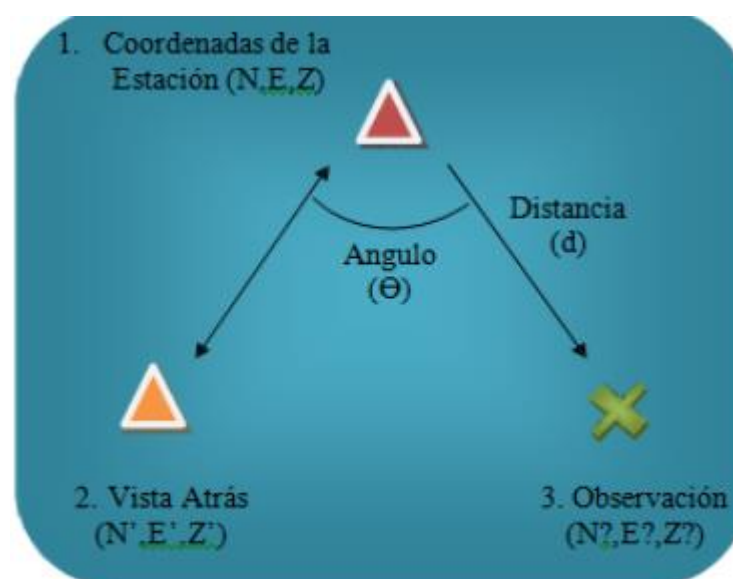


Figura 20. Ejemplo de Configuración de la estación.

Nota: La estación total se ubica en el punto “1” y se orienta hacia el punto “2” ambos con coordenadas conocidas para girar la estación total hacia el punto “3” obteniendo un Angulo Θ y una distancia (d).

La temperatura total debe permitir la introducción de la presión y la temperatura para calibrar correctamente la medición, que debe estar dentro de un rango de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ según especificación técnica de la estación Leica TS06.

3.5.2.2. Comprobación de Puntos con Estación Total

Se midió la base PUN05061, PUN05062, BM1, BM2, BM3, BM4, BM5, BM6, BM7 con Receptores GNSS obteniendo longitudes topográficas, tomando en consideración la medición con equipo estación total configurando los parámetros del equipo.



Figura 21. Estación total

Nota: Se procedió a estacionar la estación total para la obtención de ángulos y distancias. Elaboración propia



Figura 22. Vista atrás

Nota: En la figura se observa dando referencia atrás para la obtención de Ángulos y Distancias.

3.5.2.3. Obtención de Datos con la Estación Total

Se realizó la recopilación y comprobación para la confirmación de los resultados tomados con equipo estación total

- Obtención de distancias en el terreno

Tabla 6

Medición de distancias en campo.

| Vista Atrás | ESTACION | Vista Adelante Observación | DIST. ATRAS | DIST. ADELAN T |
|-------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|
| PUN05161 | BM-01 | BM-02 | 647.677 | 253.758 |
| | | | 647.678 | 253.754 |
| | | | 647.677 | 253.754 |
| | PROMEDIO | | 647.677 | 253.755 m |
| BM - 01 | BM - 02 | BM - 03 | 253.754 | 1155.720 |
| | | | 253.754 | 1155.719 |
| | | | 253.756 | 1155.720 |
| | PROMEDIO | | 253.755 | 1155.720 m |
| BM - 02 | BM - 03 | BM - 04 | 1155.721 | 375.527 |
| | | | 1155.717 | 375.528 |
| | | | 1155.719 | 375.527 |
| | PROMEDIO | | 1155.719 | 375.527 m |
| BM - 03 | BM - 04 | BM - 05 | 375.528 | 1289.652 |
| | | | 375.529 | 1289.652 |
| | | | 375.529 | 1289.651 |
| | PROMEDIO | | 375.529 | 1289.652 m |
| BM - 04 | BM - 05 | BM - 06 | 1289.653 | 866.882 |
| | | | 1289.650 | 866.882 |
| | | | 1289.651 | 866.881 |
| | PROMEDIO | | 1289.651 | 866.882 m |
| BM - 05 | BM - 06 | BM - 07 | 866.880 | 518.106 |
| | | | 866.881 | 518.105 |
| | | | 866.881 | 518.106 |
| | PROMEDIO | | 866.881 | 518.106 m |
| BM - 06 | BM - 07 | PUN05162 | 518.105 | 368.399 |
| | | | 518.104 | 368.399 |
| | | | 518.106 | 368.398 |
| | PROMEDIO | | 518.105 | 366.399 m |

Nota: Obtención de datos en campo con tres (3) series para poder sacar un promedio

lineal. Elaboración de propia.

- **Distancias**

El valor que se obtuvo para la planilla fue el promedio de las distancias medidas.

$$D1 = \frac{253.755 + 253.75}{2} = 253.755 \text{ m} \quad D2 = \frac{1155.719 + 1155.720}{2} = 1155.720 \text{ m}$$

$$D3 = \frac{375.527 + 375.529}{2} = 375.528 \text{ m} \quad D4 = \frac{1289.652 + 1289.651}{2} = 1289.652 \text{ m}$$



$$D5 = \frac{866.882 + 866.881}{2} = 866.882 \text{ m} \quad D5 = \frac{518.105 + 518.106}{2} = 518.106 \text{ m}$$

Tabla 7

Datos de la Longitud de la Poligonal

| Punto | Distancias |
|----------------|------------|
| PUN05161- BM01 | 647.677m |
| BM01-BM02 | 253.755 m |
| BM02-BM03 | 1155.720 m |
| BM03-BM04 | 375.528 m |
| BM04-BM05 | 1289.652 m |
| BM05-BM06 | 866.882 m |
| BM06-BM07 | 518.106 m |
| BM07-PUN05162 | 366.399 m |

Nota: Distancias promediadas de la poligonal abierta. Elaboración de propia.

Tabla 8

Medición de Ángulos en Campo

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| ATRAS PUN05061 | ESTACION BM-01 | OBSERVACION BM-02 | G 175 175 175 | M 54 54 54 | S 16 15 16 | |
| | | | PROMEDIO | 175 | 54 | 16 |
| ATRAS BM-01 | ESTACION BM-02 | OBSERVACION BM-03 | G 164 164 164 | M 56 56 56 | S 56 57 56 | |
| | | | PROMEDIO | 164 | 56 | 56.33 |
| ATRAS BM-02 | ESTACION BM-03 | OBSERVACION BM-04 | G 183 183 183 | M 55 55 55 | S 50 50 50 | |
| | | | PROMEDIO | 183 | 55 | 50 |
| ATRAS BM-03 | ESTACION BM-04 | OBSERVACION BM-05 | G 170 170 170 | M 36 36 36 | S 15 16 16 | |
| | | | PROMEDIO | 170 | 36 | 15.66 |
| ATRAS | ESTACION | OBSERVACION | G | M | S | |



| | | | | | |
|--------------|-----------------|--------------------|------------|-----------|--------------|
| BM-04 | BM-05 | BM-06 | 227 | 07 | 26 |
| | | | 227 | 07 | 27 |
| | | | 227 | 07 | 26 |
| | | PROMEDIO | 227 | 07 | 26.33 |
| ATRAS | ESTACION | OBSERVACION | G | M | S |
| BM-05 | BM-06 | BM-07 | 195 | 40 | 15 |
| | | | 195 | 40 | 14 |
| | | | 195 | 40 | 15 |
| | | PROMEDIO | 195 | 40 | 14.66 |
| ATRAS | ESTACION | OBSERVACION | G | M | S |
| BM-06 | BM-07 | PUN05162 | 149 | 14 | 35 |
| | | | 149 | 14 | 36 |
| | | | 149 | 14 | 35 |
| | | PROMEDIO | 149 | 14 | 35.33 |

Nota: Obtención de datos en campo con tres (3) series para poder sacar un promedio angular. Elaboración de propia.

Tabla 9

Ángulos Horizontales

| Punto | Ángulos Horizontales |
|----------------------|----------------------|
| PUN05161- BM01 – BM2 | 175°54'16" |
| BM1- BM2 – BM3 | 164°56'56.33" |
| BM2- BM3 – BM4 | 183°55'50" |
| BM3- BM4 – BM5 | 170°36'15.66" |
| BM4- BM5 – BM6 | 227°07'26.33" |
| BM5- BM6 – BM7 | 195°40'14.66" |
| BM6- BM7 – PUN05162 | 149°14'35.33" |

Nota: Ángulos promediadas de la poligonal abierta. Elaboración de propia.

- **Cálculo de la Poligonal Principal**

Para el control horizontal del presente trabajo se usaron las coordenadas permanentes que se obtuvieron del Receptor GNSS.



Tabla 10

Coordenadas tomadas con el Receptor GNSS Modo Estático.

| COORDENADAS UTM ZONA 19 – WGS84 | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| N.º | Punto | Norte | Este | COTA ORTOMETRICA |
| 1 | PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 3829.348 |
| 2 | BM-01 | 8222423.523 | 434501.018 | 3853.612 |

| COORDENADAS UTM ZONA 19 – WGS84 | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| N.º | Punto | Norte | Este | COTA ORTOMETRICA |
| 3 | BM-07 | 8222061.759 | 438590.551 | 3831.806 |
| 4 | PUN05062 | 8221949.220 | 438941.040 | 3838.444 |

Nota: Coordenadas para calcular el azimut de partida y llegada.

Teniendo los puntos de partidas y de llegada se calcularon el azimut inicial y final para hallar el error angular de cierre.

Az(1-2) Azimut de partida: 100°22'40.79"

Az(3-4) Azimut de llegada: 107°48'4.96"

A continuación, los cálculos que se realizaron son los siguientes:



Tabla 11

Calculo del Error Lineal y Angular

| PTO | ANG HZ | AZIMUT | DIST | X | Y | ESTE | NORTE |
|---------|-----------------|-----------------|----------|----------|-----------|-------------------|-------------------|
| P.Equip | 0 0 5" | 100° 22' 40.79" | | | | 434501.018 | 8222423.523 |
| BM-1 | 175° 54' 16" | 96° 16' 56.79" | 253.755 | 252.2310 | -27.76837 | 434753.2491 | 8222395.755 |
| BM-2 | 164° 56' 56.33" | 81° 13' 53.12" | 1155.720 | 1142.212 | 176.1824 | 435895.4612 | 8222571.937 |
| BM-3 | 183° 55' 50" | 85° 09' 43.12" | 375.528 | 374.1900 | 31.67169 | 436269.6512 | 8222603.609 |
| BM-4 | 170° 36' 15.66" | 75° 45' 58.78" | 1289.652 | 1250.061 | 317.0959 | 437519.7122 | 8222920.705 |
| BM-5 | 227° 07' 26.33" | 122° 53' 25.11" | 866.882 | 727.9309 | -470.7450 | 438247.6432 | 8222449.960 |
| BM-6 | 195° 40' 14.66" | 138° 33' 39.77" | 518.106 | 342.8938 | -388.4040 | 438590.537 | 8222061.556 |
| BM-7 | 149° 14' 35.33" | 107° 48' 15.10" | | | | 438590.551 | 8222061.759 |
| | | | | | | 0.01402189 | 0.20345154 |

$$E_a = - 0^{\circ}0'10.14'' \quad E.L = 0.20345154 \text{ m}$$

- **Procedimiento del Error Angular**

Azimut de llegada calculado:

$$Az \text{ (CALCULADO)} = 107^{\circ}48'4.96''$$

Azimut de llegada en campo:

$$Az \text{ (BM07)} = 107^{\circ}48'15.10''$$

Dando un error angular de:

$$Az \text{ (CALCULADO) calculado} - Az \text{ (BM07, LLEGADA) campo} =$$

$$(-)0^{\circ}0'10.14''$$

- **Tolerancia Angular**

$$Tolerancia \text{ Angular} = 5'' * \sqrt{n}$$



n = Es el número de vértices, $n=7$ para nuestro proyecto.

Aplicando la fórmula tenemos una tolerancia de:

$$Tolerancia\ Angular = 5'' * \sqrt{7} = 0^\circ 0' 13.23''$$

El proyecto tiene una diferencia angular de:

$$Error\ Angular = 0^\circ 0' 10.14''$$

- **Error Lineal**

Coordenadas de punto de control BM-7

| Estación | NORTE | ESTE |
|----------|-------------|------------|
| BM-7 | 8222061.759 | 438590.551 |

Coordenadas de llegada al punto BM-6

| Estación | NORTE | ESTE |
|----------|-------------|------------|
| BM-6 | 8222061.556 | 438590.537 |

Obteniendo un error de:

| DIFERENCIA DE COORDENADAS | NORTE | ESTE |
|------------------------------|--------------|--------------|
| | 0.20345154 m | 0.01402189 m |

- **Tolerancia Lineal**

Para encontrar el Error lineal cometido en nuestro trabajo aplicaremos la siguiente fórmula:

$$Error\ Lineal = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$$



Reemplazando los valores obtenidos en los desplazamientos de coordenadas tendremos:

$$Error\ Lineal = \sqrt{(0.01402189)^2 + (0.20345154)^2}$$

Un resultado de: $Error\ Lineal = 0.203934166\ m.$

Realizando la comparación: $Error\ Lineal < Tolerancia\ Lineal$

Una vez comprobado los errores lineales y los errores angulares estén dentro de las tolerancias dadas se procede a la compensación por los Métodos Convencionales.

3.5.3. Metodología para el Segundo Objetivo Especifico

Determinar la precisión de los métodos convencionales de ajuste utilizando receptores GNSS en la poligonal abierta en la carretera Huancuni CP. San Isidro, Ilave.

3.5.3.1. Ajuste Poligonal por los Métodos Convencionales

Procedimiento de la eficacia y la precisión de los métodos convencionales (M. tránsito, M. Compass, M. Mínimos Cuadrados) en la poligonal abierta Huancuni – C.P. San Isidro.

Tabla 12

Cálculo de los Métodos Convencionales.

| Punto | Azimut Salida | | Azimut Llegado | | Punto |
|--------------------|---------------|-------------|--------------------------|------------|--------------------|
| | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | |
| PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 8222061.759 | 438590.551 | BM-7 |
| BM-1 | 8222423.523 | 434501.018 | 8221949.220 | 438941.040 | PUN05062 |
| Delta Norte y Este | -116.571 m | 636.522 m | -112.539 m | 350.489 m | Delta Norte y Este |
| Angulo de Rumbo | 79.62200228 | | 72.19862284 | | Angulo de Rumbo |
| Az. 1er Cuadrant. | 0 | | 0 | | Az. 1er Cuadrant. |
| Az. 2do Cuadrant. | 100.3779977 | | 107.8013772 | | Az. 2do Cuadrant. |
| Az. 3er Cuadrant. | 0 | | 0 | | Az. 3er Cuadrant. |
| Az. 4to Cuadrant. | 0 | | 0 | | Az. 4to Cuadrant. |
| Azimut Resultante | 100.3779977 | | 107.8013772 | | Azimut Resultante |
| 175.9044444 | 456.2824422 | 96.28244217 | Cálculo de Azimut Lado 1 | | |
| 164.9489806 | 441.2314227 | 81.23142272 | Cálculo de Azimut Lado 2 | | |
| 183.9305556 | 445.1619783 | 85.16197828 | Cálculo de Azimut Lado 3 | | |
| 170.60435 | 435.7663283 | 75.76632828 | Cálculo de Azimut Lado 4 | | |
| 227.1239806 | 482.8903088 | 122.8903088 | Cálculo de Azimut Lado 5 | | |
| 195.6707389 | 498.5610477 | 138.5610477 | Cálculo de Azimut Lado 6 | | |
| 149.2431472 | 467.8041949 | 107.8041949 | Cálculo de Azimut Lado 7 | | |

Nota: En tabla observamos que los resultados de azimut están en decimales. Fuente:

Elaboración propia en Excel

Tabla 13

Cálculos de los Métodos Convencionales preliminares.

| PUNTO | ANGULOS | | | AZIMUT | | | D.H. | PROYECCION | | COORDENADAS PRELIMINARES | | PUNTO |
|----------|--------------|----|-------|--------|----|-------|------------|------------|-----------|--------------------------|-------------|----------|
| | HORIZONTALES | | | G | M | S | | N | E | N | E | |
| | G | M | S | | | | | | | | | |
| PUN05061 | | | | 100 | 22 | 40.79 | | | | 8,222,540.094 | 433,864.496 | PUN05061 |
| BM-1 | 175 | 54 | 16.00 | 96 | 16 | 56.79 | 253.755m | -27.768 | 252.231 | 8,222,423.523 | 434,501.018 | BM-1 |
| BM-2 | 164 | 56 | 56.33 | 81 | 13 | 53.12 | 1,155.720m | 176.182 | 1,142.212 | 8,222,395.755 | 434,753.249 | BM-2 |
| BM-3 | 183 | 55 | 50.00 | 85 | 9 | 43.12 | 375.528m | 31.672 | 374.190 | 8,222,571.937 | 435,895.461 | BM-3 |
| BM-4 | 170 | 36 | 15.66 | 75 | 45 | 58.78 | 1,289.652m | 317.096 | 1,250.061 | 8,222,603.609 | 436,269.651 | BM-4 |
| BM-5 | 227 | 7 | 26.33 | 122 | 53 | 25.11 | 866.882m | -470.745 | 727.931 | 8,222,920.705 | 437,519.712 | BM-5 |
| BM-6 | 195 | 40 | 14.66 | 138 | 33 | 39.77 | 518.106m | -388.404 | 342.894 | 8,222,449.960 | 438,247.643 | BM-6 |
| BM-7 | 149 | 14 | 35.33 | 107 | 48 | 15.10 | | | | 8,222,061.759 | 438,590.551 | BM-7 |
| PUN05062 | | | | 107 | 48 | 4.95 | | | | 8,221,949.220 | 438,941.040 | PUN05062 |



| | |
|--|------------|
| Error de Cierre Angular Preliminar (Seg) | 10.150 |
| Error de Cierre Angular por Estación (Seg) | 1.450 |
| Error Cierre Angular Ajustado (Seg) | 10.144 |
| Error cierre por Estación Ajustado (Seg) | -1.449 |
| Error cierre angular permisible (Seg) +/- | 13.229 |
| Delta Norte: | -0.102m |
| Delta Este: | 0.007m |
| Error Cierre Permissible: | 0.422m |
| Error Cierre Lineal Obtenido: | 0.103m |
| Error Relativo: | 1/ 43,410m |

Nota: Calculando las coordenadas preliminares de la poligonal abierta. Elaboración propia.

Tabla 14
Métodos Convencionales Ajustados.

| CALCULO DE COORDENADAS - TOPOGRAFICAS METODO TRANSITO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----|--------------|-----|----|----------|----------|----------|----------|------------|--------|--------------|--------|--------------------|-------------|----------|
| PUNTO | ANGULOS HORIZONTALES | | CORRECCIONES | | | AZIMUTES | | | DH | PROYECCION | | CORRECCIONES | | COORDENADAS PLANAS | | PUNTO |
| | | | Ajuste | G | M | S | NORTE | ESTE | | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | |
| PUN05061 | | | | 100 | 22 | 40.790 | | | | | | | | 8,222,540.094 | 433,864.496 | PUN05061 |
| BM-1 | 175 | 54 | -1.449 | 96 | 16 | 55.340 | 253.755 | -27.767 | 252.231 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 8,222,423.523 | 434,501.018 | BM-1 |
| BM-2 | 164 | 56 | -1.449 | 81 | 13 | 50.220 | 1155.720 | 176.198 | 1142.210 | 0.027 | -0.002 | -0.002 | -0.002 | 8,222,395.762 | 434,753.249 | BM-2 |
| BM-3 | 183 | 55 | -1.449 | 85 | 9 | 38.770 | 375.528 | 31.680 | 374.189 | 0.009 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,571.987 | 435,895.457 | BM-3 |
| BM-4 | 170 | 36 | -1.449 | 75 | 45 | 52.980 | 1289.652 | 317.131 | 1250.052 | 0.030 | -0.002 | -0.002 | -0.002 | 8,222,603.676 | 436,269.645 | BM-4 |
| BM-5 | 227 | 7 | -1.449 | 122 | 53 | 17.860 | 866.882 | -470.719 | 727.948 | 0.020 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,920.836 | 437,519.695 | BM-5 |
| BM-6 | 195 | 40 | -1.449 | 138 | 33 | 31.070 | 518.106 | -388.390 | 342.910 | 0.012 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,450.137 | 438,247.642 | BM-6 |
| BM-7 | 149 | 14 | -1.449 | 107 | 48 | 4.950 | | | | | | | | 8,222,061.759 | 438,590.551 | BM-7 |
| PUN05062 | | | | 107 | 48 | 4.950 | | | | | | | | 8,221,949.220 | 438,941.040 | PUN05062 |
| Número de Lecturas | 7 | | | | | | 4459.643 | -361.866 | 4089.540 | 0.102 | -0.007 | -0.007 | -0.007 | | | BM-7 |

| CALCULO DE COORDENADAS - TOPOGRAFICAS METODO COMPASS O DE BOWDITCH | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----|--------------|-----|----|----------|----------|----------|----------|------------|--------|--------------|--------|--------------------|-------------|----------|
| PUNTO | ANGULOS HORIZONTALES | | CORRECCIONES | | | AZIMUTES | | | DH | PROYECCION | | CORRECCIONES | | COORDENADAS PLANAS | | PUNTO |
| | | | Ajuste | G | M | S | NORTE | ESTE | | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | |
| PUN05061 | | | | 100 | 22 | 40.790 | | | | | | | | 8,222,540.094 | 433,864.496 | PUN05061 |
| BM-1 | 175 | 54 | -1.449 | 96 | 16 | 55.340 | 253.755 | -27.767 | 252.231 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 8,222,423.523 | 434,501.018 | BM-1 |
| BM-2 | 164 | 56 | -1.449 | 81 | 13 | 50.220 | 1155.720 | 176.198 | 1142.210 | 0.027 | -0.002 | -0.002 | -0.002 | 8,222,395.762 | 434,753.249 | BM-2 |
| BM-3 | 183 | 55 | -1.449 | 85 | 9 | 38.770 | 375.528 | 31.680 | 374.189 | 0.009 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,571.987 | 435,895.457 | BM-3 |
| BM-4 | 170 | 36 | -1.449 | 75 | 45 | 52.980 | 1289.652 | 317.131 | 1250.052 | 0.030 | -0.002 | -0.002 | -0.002 | 8,222,603.676 | 436,269.645 | BM-4 |
| BM-5 | 227 | 7 | -1.449 | 122 | 53 | 17.860 | 866.882 | -470.719 | 727.948 | 0.020 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,920.836 | 437,519.695 | BM-5 |
| BM-6 | 195 | 40 | -1.449 | 138 | 33 | 31.070 | 518.106 | -388.390 | 342.910 | 0.012 | -0.001 | -0.001 | -0.001 | 8,222,450.137 | 438,247.642 | BM-6 |
| BM-7 | 149 | 14 | -1.449 | 107 | 48 | 4.950 | | | | | | | | 8,222,061.759 | 438,590.551 | BM-7 |
| PUN05062 | | | | 107 | 48 | 4.950 | | | | | | | | 8,221,949.220 | 438,941.040 | PUN05062 |
| Número de Lecturas | 7 | | | | | | 4459.643 | -361.866 | 4089.540 | 0.102 | -0.007 | -0.007 | -0.007 | | | BM-7 |



3.5.3.2. Método de Mínimos Cuadrados

Toda poligonal debe cumplir dos condiciones esenciales:

- * Condición de cierre angular (Azimutal)
- * Condición de cierre Lineal (coordenadas en Norte y Este).

Para el ajuste y la compensación lo primero que realizaremos será formar un sistema de ecuaciones lineales, para luego resolverlos por matrices. Fórmula para la primera condición

➤ **Fórmula para la primera condición:**

$$v_{a1} + v_{a2} + v_{a3} + \dots + v_{an} = (a_i - n * 180 + \sum_{i=1}^n \theta_i)$$

Donde:

V=Residual

α = Azimut

n = Numero de lados

θ = Angulo Horizontal

aplicando la formula

$$v_a (Bm-01) + v_a (Bm-02) + v_a (Bm-03) + v_a (Bm-04) + v_a (Bm-05) + v_a (Bm-06) + v_a (Bm-07)$$

$$= -4.916010726E-5 \text{ rad } (-0^{\circ}0'10.14'')$$



- **FORMULA PARA LA SEGUNDA CONDICION**

Formula en Este

$$x_n - x_n'' = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(X_{i+1} - X_i'')}{D_i} v_{Di}$$

$$-4089.52v_a (BM-01) -3837.29_{(BM-02)} -2695.08_{(BM-03)} -2320.89v_a (BM-04)$$

$$-1070.82v_a (BM-05) -342.89v_a (BM-06) = 0.01402189 \text{ m}$$

Formula en Norte

$$Y_n - Y_n'' = \sum_{i=1}^{n-1} (x_n - X_i'' v_{ai} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(X_{i+1} - X_i'')}{D_i} v_{Di}$$

$$-361.97v_a (BM-01) -334.19_{(BM-02)} -510.38_{(BM-03)} -542.05v_a (BM-04) -859.15v_a$$

$$(BM-05) - 388.40v_a (BM-06) = 0.20345154 \text{ m}$$

Formulación de matrices:

• **Matriz A de coeficiente**

| | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|----------|---|----------|--------------|-------------|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| -361.967452 | -334.1991143 | -510.3815082 | -542.05-859.149 | -388.404 | 0 | -388.404 | 0.9993994536 | 0.98831235 | |
| -4089.51898 | -3837.287895 | -2695.075794 | -2320.9-1070.82 | -342.894 | 0 | -342.894 | -0.109429715 | 0.152443839 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 0.996437111 | 0.96930102 | 0.8339711727 | 0.661821672 | | | | | | |
| 0.084339102 | 0.245877069 | -0.543032427 | -0.749661306 | | | | | | |

- **Matriz B de coeficiente**

| B | 1 |
|----------|-------------|
| 1 | -4.918E-05 |
| 2 | 0.01402189 |
| 3 | 0.203451544 |

- **MATRIZ POR PESO 13 X 13**

El peso está en función del número de observaciones, es el grado de confianza que tiene una medida que está determinada por un coeficiente que evalúa la medida de una observación. En esta parte se debe considerar para el cálculo de los pesos, los errores tanto angular como lineal del equipo que vienen en el catálogo.

$$v = P^{-1}A^T(AP^{-1}A^T)^{-1}B$$

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 4.25E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1.82E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1.06E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 9.82E+09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.98E+09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.19E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.19E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.87E+05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.00E+06 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.39E+03 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.29E+05 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.29E+05 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.50E+05 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Matriz de Pesos "P"

| | |
|--|-----------|
| | Ángulos |
| | Distancia |



Nota: Matriz de pesos del (1) al (7) son los ángulos y del (8) al (13) son las distancias.

Elaboración propia.

DESARROLLO DE COMPENSACIÓN ANGULAR Y LINEAL POR MATRICES

$$v = p^{-1} * B^T * (BP^{-1} * B^T)^{-1} * W$$

$$MATRIZ = P^{-1}$$

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|-------|---------|---------|----------|---------|---------|--------|---------|----------|
| 1 | 2.35E-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 5.48E-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1.06E+10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 9.40E-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1E-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.3E-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.1E-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.13E-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3E-06 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.3E-07 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004E | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.3E-06 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.33E-06 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Nota: Matriz Inversa Angular y Lineal. Elaboración propia.

A^T

| | 1 | 2 | 3 |
|----|---|--------------|-------------|
| 1 | 1 | -361.9674515 | 4089.518978 |
| 2 | 1 | -334.1991143 | 3837.287895 |
| 3 | 1 | -510.3815082 | 2695.075794 |
| 4 | 1 | -542.0532024 | 2320.885759 |
| 5 | 1 | -859.1490568 | -1070.82476 |
| 6 | 1 | -388.4040208 | 342.8937792 |
| 7 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0.993994536 | 0.109429715 |
| 9 | 0 | 0.988312135 | 0.152443839 |
| 10 | 0 | 0.996437111 | 0.084339102 |



| | | | |
|----|---|-------------|-------------|
| 11 | 0 | 0.96930102 | 0.245877069 |
| 12 | 0 | 0.839711727 | 0.543032427 |
| 13 | 0 | 0.661821672 | 0.749661306 |

Nota: Matriz Transpuesta. Elaboración propia

$$P^{-1}A^T$$

| | 1 | 2 | 3 |
|----|-------------|--------------|--------------|
| 1 | 2.35044E-11 | -8.50784E-09 | -9.61218E-08 |
| 2 | 5.48437E-11 | -1.83287E-08 | -2.10451E-07 |
| 3 | 9.40177E-11 | -4.79849E-08 | -2.53385E-07 |
| 4 | 1.01853E-10 | -5.52095E-08 | -2.36388E-07 |
| 5 | 1.25357E-10 | -1.077E-07 | -1.34235E-07 |
| 6 | 3.13392E-11 | -1.21723E-08 | -1.0746E-08 |
| 7 | 3.13392E-11 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 5.3013E-06 | -5.83625E-07 |
| 9 | 0 | 3.29437E-07 | 5.08146E-08 |
| 10 | 0 | 0.000417228 | 3.53145E-05 |
| 11 | 0 | 2.2617E-06 | 5.73713E-07 |
| 12 | 0 | 1.95933E-06 | -1.26708E-06 |
| 13 | 0 | 8.82429E-07 | -9.99548E-07 |

Nota: Matriz Inversa. Elaboración propia

Luego resolvemos la siguiente formula

$$v = P^{-1}A^T(AP^{-1}A^T)^{-1}B$$

| | 1 | | |
|----|--------------|-----------------|------------|
| 1 | -1.01121E-05 | } N° DE ANGULOS | 0°0'-2.08" |
| 2 | -2.14951E-05 | | 0°0'-4.43" |
| 3 | -1.96936E-05 | | 0°0'-4.06" |
| 4 | -1.53262E-05 | | 0°0'-3.16" |
| 5 | 6.63954E-06 | | 0°0'1.36" |
| 6 | 4.75385E-06 | | 0°0'0.98" |
| 7 | 6.05394E-06 | | 0°0'1.24" |
| 8 | 0.000250204 | | |
| 9 | -2.04155E-06 | | |
| 10 | 0.007090038 | | |
| 11 | 2.08594E-05 | | |
| 12 | 0.000255545 | | |
| 13 | 0.000181613 | | |

Nota: Se siguió todos los pasos para compensar con el Método de Mínimos Cuadrados así obtener Ángulos corregidos y Distancias corregidas. Elaboración propia.



Tabla 15

Cuadro de Correcciones

| <i>Datos Iniciales</i> | | | <i>Angulo Corregido</i> | | | <i>D. Inicial</i> | <i>D. Corregida</i> |
|------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|-------------------|---------------------|
| G | M | S | G | M | S | Metros | Metros |
| 175 | 54 | 16 | 175 | 54 | 13.91 | 253.755 | 253.7547498 |
| 164 | 56 | 56.33 | 164 | 56 | 51.90 | 1155.72 | 1155.719998 |
| 183 | 55 | 50 | 183 | 55 | 45.94 | 375.528 | 375.52091 |
| 170 | 36 | 15.66 | 170 | 36 | 12.50 | 1289.652 | 1289.652021 |
| 227 | 7 | 26.33 | 227 | 7 | 27.70 | 866.882 | 866.8817445 |
| 195 | 40 | 14.66 | 195 | 40 | 15.64 | 518.106 | 518.1058184 |
| 149 | 14 | 35.33 | 149 | 14 | 36.58 | | |

Nota: Ángulos corregidos y Distancias corregidas. Elaboración propia.

Tabla 16
Resultado final Coordinada Compensada

| | | E-E' | | N-N' | |
|-----------|--------|------------|-------------|------------|--------------|
| PUNTO5061 | | 433864.496 | 8222540.094 | -116.571 | -79.62200228 |
| | INICIO | | | | |
| BM-1 | | 434501.018 | 8222423.523 | 100.377998 | 100.22 |
| | | | | | 40.7918 |
| BM-7 | | 438590.551 | 8222061.759 | -112.539 | -72.19862284 |
| | FINAL | | | | |
| PUNTO5062 | | 438941.04 | 8221949.22 | 107.801377 | 107.48 |
| | | | | | 4.9578 |

| Calculo final de Metodo del Minimo Cuadrado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|--|---|--|------------|--|-------------------|----|---------|------------|---|-----------|-------------|------------------|--|-----------------------|-------------|-------------|-------|--|
| G | | M | | S | | DECIMAL | | AZIMUT PRELIMINAR | | | DECIMAL | | DISTANCIA | | COORD. PARCIALES | | COORDENADAS AJUSTADAS | | PUNTOS | | |
| PRES. Equipo | | | | | | | | G | | M | | S | | METROS | | | | ESTE | | NORTE | |
| 0 | 0 | 5 | | | | 0.00138889 | | 100 | 22 | 40.7918 | 100.377998 | | | | | | | 434501.018 | 8222423.523 | BM-1 | |
| 175 | 54 | 14 | | | | 175.903865 | | 96 | 16 | 54.706 | 96.2818628 | | | 253.7547498 | -27.76575922 | | | 434753.2491 | 8222395.757 | BM-2 | |
| 164 | 56 | 52 | | | | 164.947749 | | 81 | 13 | 46.6023 | 81.2296118 | | | 1155.719998 | 176.2184959 | | | 435895.4556 | 8222571.976 | BM-3 | |
| 183 | 55 | 46 | | | | 183.929427 | | 85 | 9 | 32.5402 | 85.1590389 | | | 375.52091 | 31.69029217 | | | 436269.637 | 8222603.666 | BM-4 | |
| 170 | 36 | 12 | | | | 170.603472 | | 75 | 45 | 45.0389 | 75.7625108 | | | 1289.652021 | 317.1791472 | | | 437519.6769 | 8222920.845 | BM-5 | |
| 227 | 7 | 28 | | | | 227.124361 | | 122 | 53 | 12.7384 | 122.886872 | | | 866.8817445 | -470.7012293 | | | 438247.6359 | 8222450.144 | BM-6 | |
| 195 | 40 | 16 | | | | 195.671011 | | 138 | 33 | 28.379 | 138.557883 | | | 518.1058184 | -388.3849447 | | | 438590.551 | 8222061.759 | BM-7 | |
| 149 | 14 | 37 | | | | 149.243494 | | 107 | 48 | 4.9577 | 107.801377 | | | | | | | | | | |

Nota: Coordinada compensada por el Método de Mínimos Cuadrados. Elaboración propia

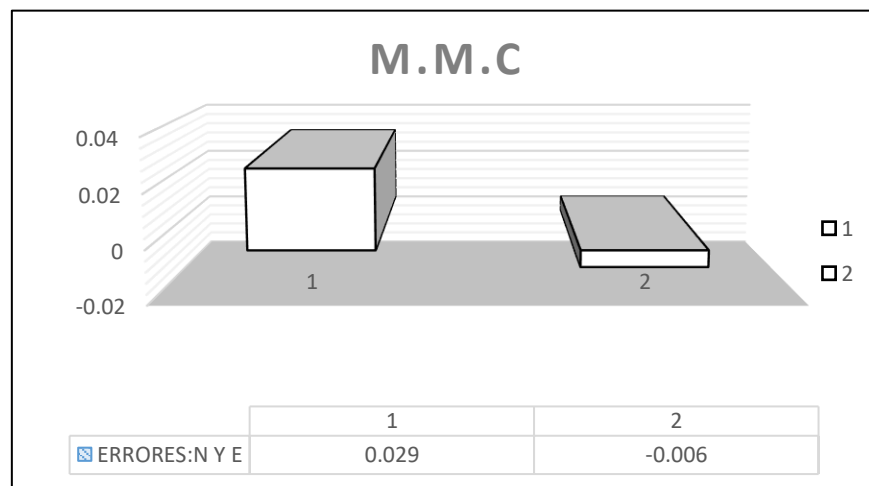
- Análisis de la precisión de los Métodos Convencionales.

Tabla 17

Comparación de Receptores GNSS vs Método Convencional

| COMPARACION DE RECEPTORES GNSS VS METODOS COVENCIONALES | | | | | | | |
|---|-------------|------------|-----------------------|------------|--------|---------|----------|
| MODO ESTATICO | | | M.MINIMOS CUADRADOS | | M.M.C | | |
| COORDENADAS UTM-WGS84 | | | COORDENADAS AJUSTADAS | | N | E | PUNTOS |
| PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 8222540.094 | 433864.496 | 0.000 | 0.0000 | PUN05061 |
| BM-01 | 8222423.523 | 434501.018 | 8222423.523 | 434501.018 | 0.000 | 0.0000 | BM1 |
| BM-02 | 8222395.76 | 434753.251 | 8222395.757 | 434753.249 | 0.003 | 0.0020 | BM2 |
| BM-03 | 8222571.989 | 435895.455 | 8222571.976 | 435895.456 | 0.013 | -0.0010 | BM3 |
| BM-04 | 8222603.679 | 436269.632 | 8222603.666 | 436269.637 | 0.013 | -0.0050 | BM4 |
| BM-05 | 8222920.846 | 437519.677 | 8222920.845 | 437519.677 | 0.001 | 0.0000 | BM5 |
| BM-06 | 8222450.143 | 438247.634 | 8222450.144 | 438247.636 | -0.001 | -0.0020 | BM6 |
| BM-07 | 8222061.759 | 438590.551 | 8222061.759 | 438590.551 | 0.000 | 0.0000 | BM7 |
| PUN05062 | 8221949.22 | 438941.04 | 8221949.22 | 438941.04 | 0.000 | 0.0000 | PUN05062 |

Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Mínimos Cuadrados. Elaboración propia.



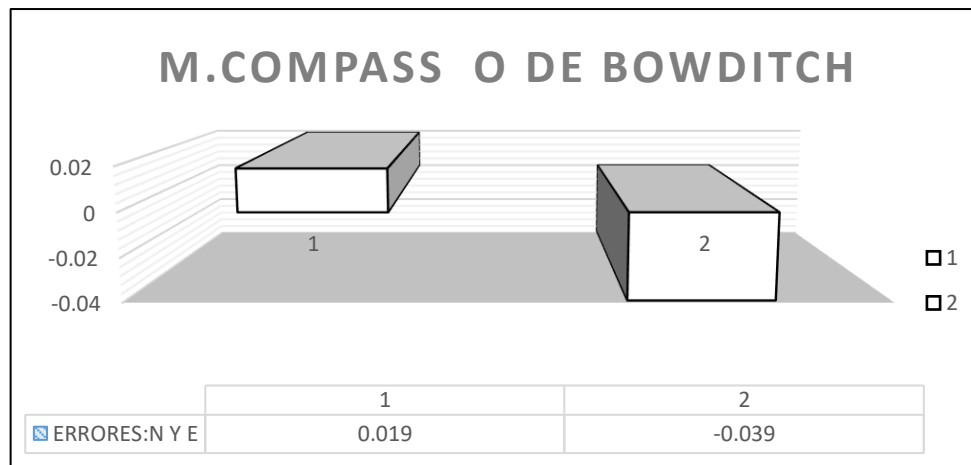
Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Mínimos Cuadrados observamos los errores generales del tramo Huancuni – C.P San Isidro. Elaboración propia

Tabla 18

Comparación de Métodos Convencionales vs Receptores GNSS.

| COMPARACION DE RECEPTORES GNSS VS METODOS COVENCIONALES | | | | | | | |
|---|-------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------|----------|
| MODO ESTATICO | | | M.COMPASS O DE BOWDITCH | | M.COMPASS O DE BOWDITCH | | |
| COORDENADAS UTM-WGS84 | | | COORDENADAS COMPASS | | N | E | PUNTOS |
| PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 8222540.094 | 433864.496 | 0.0000 | 0.0000 | PUN05061 |
| BM-01 | 8222423.523 | 434501.018 | 8222423.523 | 434501.018 | 0.0000 | 0.0000 | BM1 |
| BM-02 | 8222395.76 | 434753.251 | 8222395.762 | 434753.249 | -0.0020 | 0.0020 | BM2 |
| BM-03 | 8222571.989 | 435895.455 | 8222571.987 | 435895.457 | 0.0020 | -0.0020 | BM3 |
| BM-04 | 8222603.679 | 436269.632 | 8222603.676 | 436269.645 | 0.0030 | -0.0130 | BM4 |
| BM-05 | 8222920.846 | 437519.677 | 8222920.836 | 437519.695 | 0.0100 | -0.0180 | BM5 |
| BM-06 | 8222450.143 | 438247.634 | 8222450.137 | 438247.642 | 0.0060 | -0.0080 | BM6 |
| BM-07 | 8222061.759 | 438590.551 | 8222061.759 | 438590.551 | 0.0000 | 0.0000 | BM7 |
| PUN05062 | 8221949.22 | 438941.04 | 8221949.22 | 438941.04 | 0.0000 | 0.0000 | PUN05062 |

Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Compass. Elaboración propia



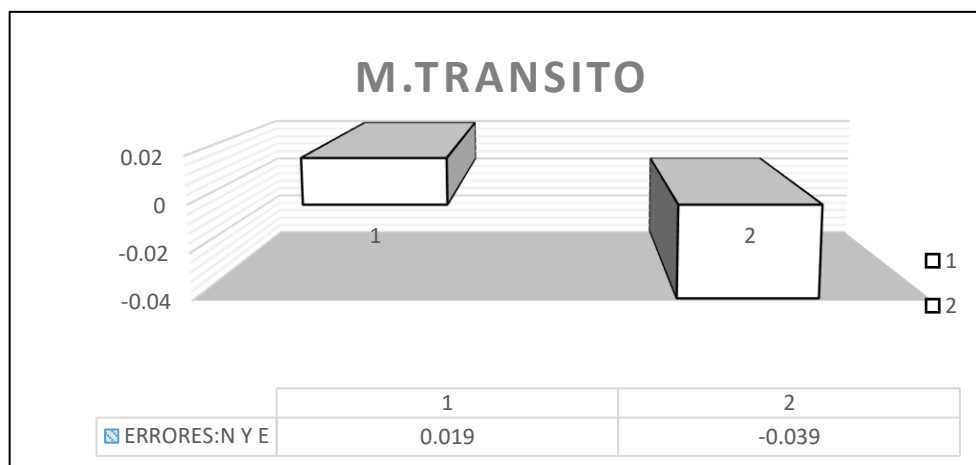
Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Método Compass o de Bowditch observamos los errores generales del tramo Huancuni – C.P San Isidro. Elaboración propia.

Tabla 19

Comparación de Métodos Convencionales vs Receptores GNSS.

| COMPARACION DE RECEPTORES GNSS VS METODO CONVENCIONALES | | | | | | | |
|---|-------------|------------|----------------------|------------|--------------------|---------|----------|
| MODO ESTATICO | | | M.TRANSITO | | METODO DE TRANSITO | | |
| COORDENADAS UTM-WGS84 | | | COORDENADAS TRANSITO | | N | E | PUNTOS |
| PUN05061 | 8222540.094 | 433864.496 | 8222540.094 | 433864.496 | 0.0000 | 0.0000 | PUN05061 |
| BM-01 | 8222423.523 | 434501.018 | 8222423.523 | 434501.018 | 0.0000 | 0.0000 | BM1 |
| BM-02 | 8222395.76 | 434753.251 | 8222395.762 | 434753.249 | -0.0020 | 0.0020 | BM2 |
| BM-03 | 8222571.989 | 435895.455 | 8222571.987 | 435895.457 | 0.0020 | -0.0020 | BM3 |
| BM-04 | 8222603.679 | 436269.632 | 8222603.676 | 436269.645 | 0.0030 | -0.0130 | BM4 |
| BM-05 | 8222920.846 | 437519.677 | 8222920.836 | 437519.695 | 0.0100 | -0.0180 | BM5 |
| BM-06 | 8222450.143 | 438247.634 | 8222450.137 | 438247.642 | 0.0060 | -0.0080 | BM6 |
| BM-07 | 8222061.759 | 438590.551 | 8222061.759 | 438590.551 | 0.0000 | 0.0000 | BM7 |
| PUN05062 | 8221949.22 | 438941.04 | 8221949.22 | 438941.04 | 0.0000 | 0.0000 | PUN05062 |

Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Tránsito. Elaboración propia



Nota: Comparación del Método Estático vs Método de Tránsito observamos los errores generales del tramo Huancuni – C.P San Isidro. Elaboración propia.



3.5.4. Metodología para el Objetivo Principal

3.5.4.1. Determinar la Diferencia de los Métodos Convencionales

Se realizó las mediciones de distancia y angulares con los equipos topográficos de alta precisión Receptores GNSS y estación total en la poligonal abierta, y los datos obtenidos fueron.

3.5.5. Variables

3.5.5.1. Variables Independientes

Las variables independientes son los datos obtenidos por los equipos topográficos las cuales son el Estación Total, Receptores GNSS.

3.5.5.2. Variables Dependientes

Las variables dependientes son Ángulos y Distancias medidas. de los dos puntos obtenido por el Estación total.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.6.1. Análisis Estadístico

Para poder utilizar la prueba de hipótesis, los datos deben representar una distribución normal, que debe establecerse mediante un análisis estadístico. Se decidió realizar la prueba F con el objetivo de evaluar las hipótesis planteadas.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis es el siguiente:

a) Identificar el Parámetro de Interés:

Es decir, en base a qué parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ μ ” de la Población.



El parámetro relevante para esta investigación es la media de los residuos dados como compensación, denotada por "u" en este caso.

b) Establecer la hipótesis nula (H₀):

La hipótesis nula no tiene lugar para modificaciones, se basa en un valor exacto del parámetro de población, esta hipótesis generalmente se construye para igualar $u_1=u_2=u_3$)

c) Especificar una Apropiada Hipótesis Alternativa (H_a):

En la investigación se aplicará el siguiente No todas las medias son iguales

d) Seleccionar el Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10):

Los niveles de significancia más recomendados son:

- $\alpha = 0.10$ con 90% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

El Nivel de Significancia más usual con el que se analiza los resultados es 0.05, con el cual se determina.

- Si $P > \alpha$ Se acepta H₀ y se rechaza H_a alguna de las medias es diferente
- Si $P < \alpha$ se rechaza H₀ y se acepta la H_a alguna de las medias es diferente

Donde p será la probabilidad calculada con la ayuda de Microsoft Excel.

e) Establecer el Test Estadístico o Estadístico de Prueba:

Cuando se utiliza el ANOVA, se calcula el estadístico de la prueba F y su significación. La prueba estadística F, a menudo conocida como prueba F (llamada así en honor al estadístico Ronald Fisher), se obtiene estimando la varianza de los medios de la



variable independiente entre los grupos y dividiéndola por la estimación de la varianza de los medios dentro de los grupos. El resultado es una división de la variación entre grupos en la variación dentro de los grupos. El valor de F será mayor y las variables estarán relacionadas si hay una variación intergrupala significativa y poca variación intragrupal, o si los grupos son heterogéneos entre sí y similares internamente. En conclusión, cuanto más difieren los medios. Cuanto mayor sea el valor de F, más dependiente será la variable de los grupos de la variable independiente. Si realizamos muchos análisis ANOVA sobre un mismo componente, el factor con la F más alta indica que hay más diferencias y, por tanto, una relación más fuerte entre las variables.

Significado: Si la probabilidad es inferior a 0,05, lo que corresponde a un nivel de confianza del 95%, entonces las dos variables están relacionadas y, por tanto, hay diferencias significativas entre los grupos.

Valor de F: Las variables están más estrechamente relacionadas cuanto mayor es el valor de F, lo que significa que las medias de la variable dependiente difieren significativamente o varían mucho entre los grupos de la variable independiente.

En función del valor obtenido y del nivel de significación, el análisis estadístico Prueba F nos permitirá rechazar o aceptar la hipótesis planteada.

Si hay cinco poblaciones de estudio y se quiere comparar una con otra, el estadístico de prueba será:

$$F = \frac{S^2 \text{ entre grupos}}{S^2 \text{ dentro de grupos}}$$



f) Establecer la región de rechazo para el Estadístico:

La Región de rechazo se realiza en base a la puntuación de F_{crit} . Es el valor calculado de la tabla F se tiene lo siguiente:

- Si $F = F_{crit}$ se rechaza H_0 y se acepta la H_a alguna de las medias es diferente
- Si $F < F_{crit}$ Se acepta H_0 y se rechaza H_a alguna de las medias es diferente



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE METODOS PLANTEADOS

4.1.1. Frecuencia de Métodos Convencionales

Los resultados obtenidos son de acuerdo a los objetivos planteados.

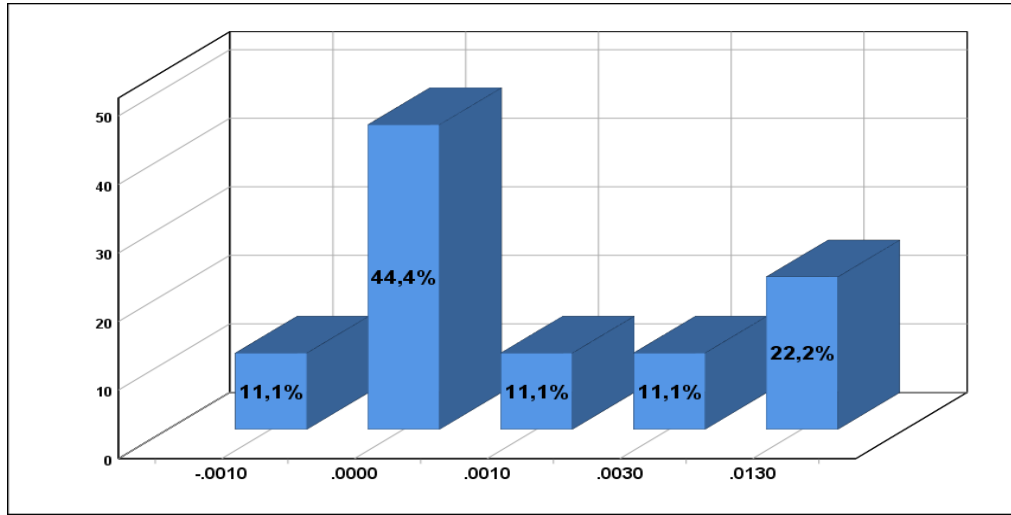
Estadísticos

| | | M.MINIMOS _CUADRAD OS_Norte | M.MINIMOS _CUADRAD OS_Este | M.COMPAS S_O_DE_BO WDITCH_N orte | M.COMPAS S_O_DE_BO WDITCH_Es te | M.TRANSIT O_Norte | M.TRANSIT O_Este |
|------------------|----------|-----------------------------------|----------------------------------|---|--|----------------------|---------------------|
| N | Válido | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Media | | ,003222 | -,000667 | ,002111 | -,004333 | ,002111 | -,00433 |
| Mediana | | ,000000 | ,000000 | ,000000 | ,000000 | ,000000 | ,00000 |
| Moda | | ,0000 | ,0000 | ,0000 | ,0000 | ,0000 | ,000 |
| Desv. Desviación | | ,0056519 | ,0019365 | ,0037565 | ,0070356 | ,0037565 | ,007035 |
| Varianza | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,00 |
| Mínimo | | -,0010 | -,0050 | -,0020 | -,0180 | -,0020 | -,018 |
| Máximo | | ,0130 | ,0020 | ,0100 | ,0020 | ,0100 | ,002 |
| Suma | | ,0290 | -,0060 | ,0190 | -,0390 | ,0190 | -,039 |

Nota: Resultados del software SPSS

| <i>M.MINIMOS_CUADRADOS_Norte</i> | | | | | |
|----------------------------------|--------|------------|------------|----------------------|-------------------------|
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0010 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | ,0000 | 4 | 44,4 | 44,4 | 55,6 |
| | ,0010 | 1 | 11,1 | 11,1 | 66,7 |
| | ,0030 | 1 | 11,1 | 11,1 | 77,8 |
| | ,0130 | 2 | 22,2 | 22,2 | 100,0 |
| | Total | 9 | 100,0 | 100,0 | |

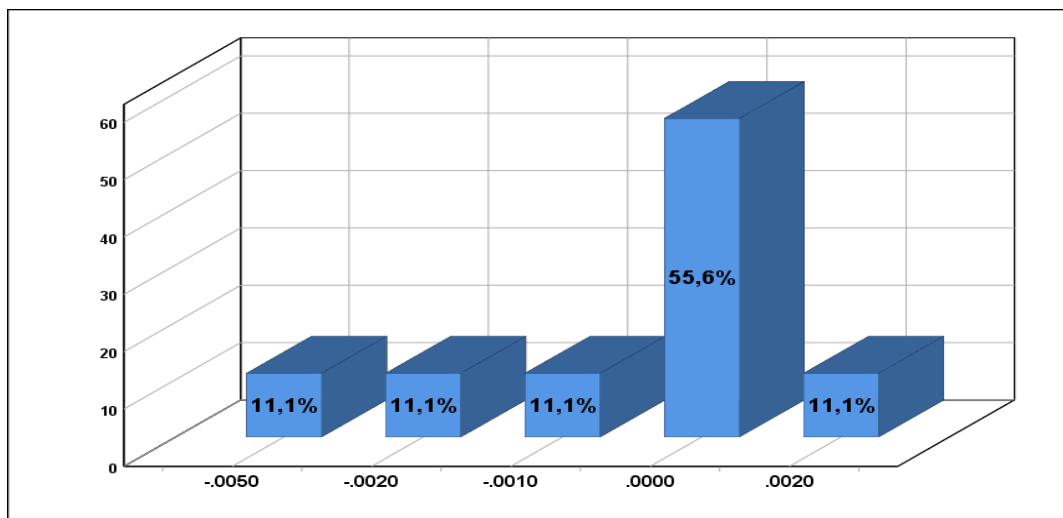
Nota: Resultados del software SPSS.



Nota: Resultados del software SPSS.

| MÉTODOS DE MINIMOS CUADRADOS | | | | | |
|-------------------------------------|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| ESTE: | | | | | |
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0050 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | -,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 22,2 |
| | -,0010 | 1 | 11,1 | 11,1 | 33,3 |
| | ,0000 | 5 | 55,6 | 55,6 | 88,9 |
| | ,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 100,0 |
| | Total | 9 | 100,0 | 100,0 | |

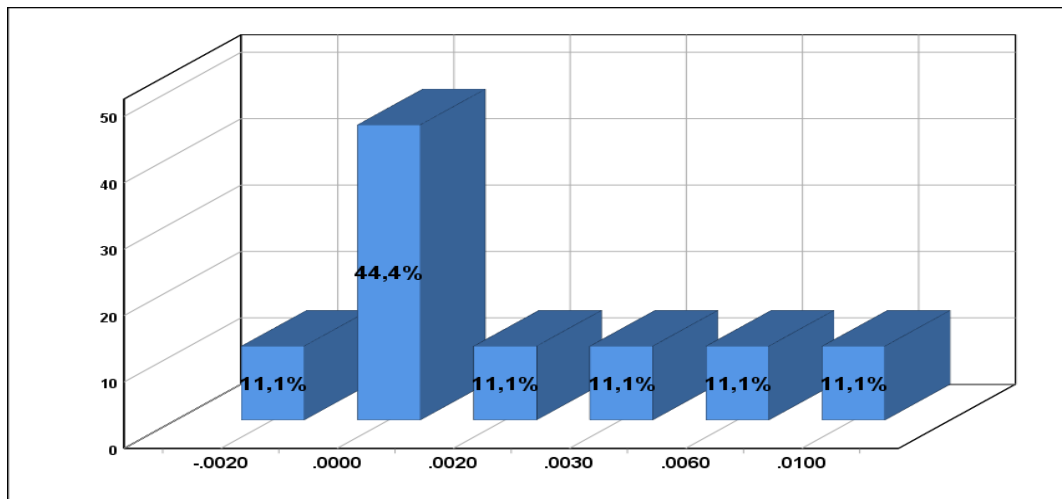
Nota: Resultados del software SPSS.



Nota: Resultados del software SPSS.

| M.COMPASS O DE BOWDITCH | | | | | |
|--------------------------------|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| NORTE: | | | | | |
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | ,0000 | 4 | 44,4 | 44,4 | 55,6 |
| | ,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 66,7 |
| | ,0030 | 1 | 11,1 | 11,1 | 77,8 |
| | ,0060 | 1 | 11,1 | 11,1 | 88,9 |
| | ,0100 | 1 | 11,1 | 11,1 | 100,0 |
| | Total | | 9 | 100,0 | 100,0 |

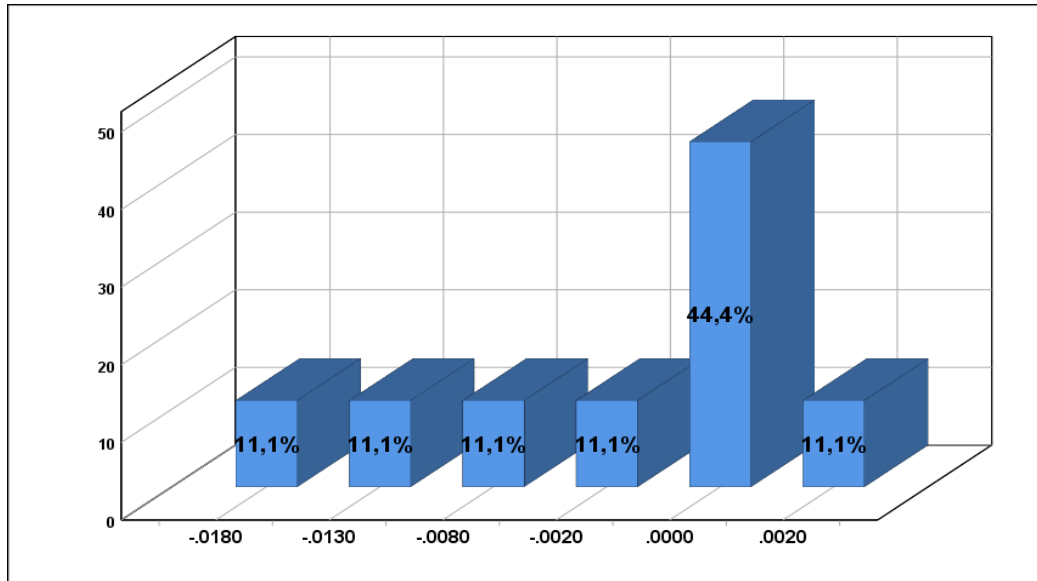
Nota: Resultados del software SPSS



Nota: Resultados del software SPSS.

| M.COMPASS O DE BOWDITCH | | | | | |
|--------------------------------|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| ESTE: | | | | | |
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0180 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | -,0130 | 1 | 11,1 | 11,1 | 22,2 |
| | -,0080 | 1 | 11,1 | 11,1 | 33,3 |
| | -,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 44,4 |
| | ,0000 | 4 | 44,4 | 44,4 | 88,9 |
| | ,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 100,0 |
| | Total | | 9 | 100,0 | 100,0 |

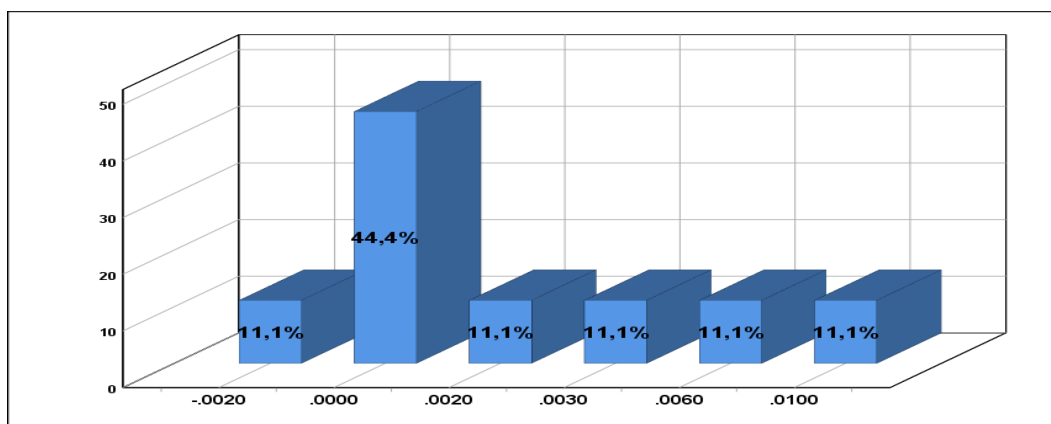
Nota: Resultados del software SPSS.



Nota: Resultados del software SPSS.

| M.TRANSITO NORTE: | | | | | |
|--------------------------|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | ,0000 | 4 | 44,4 | 44,4 | 55,6 |
| | ,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 66,7 |
| | ,0030 | 1 | 11,1 | 11,1 | 77,8 |
| | ,0060 | 1 | 11,1 | 11,1 | 88,9 |
| | ,0100 | 1 | 11,1 | 11,1 | 100,0 |
| | Total | 9 | 100,0 | 100,0 | |

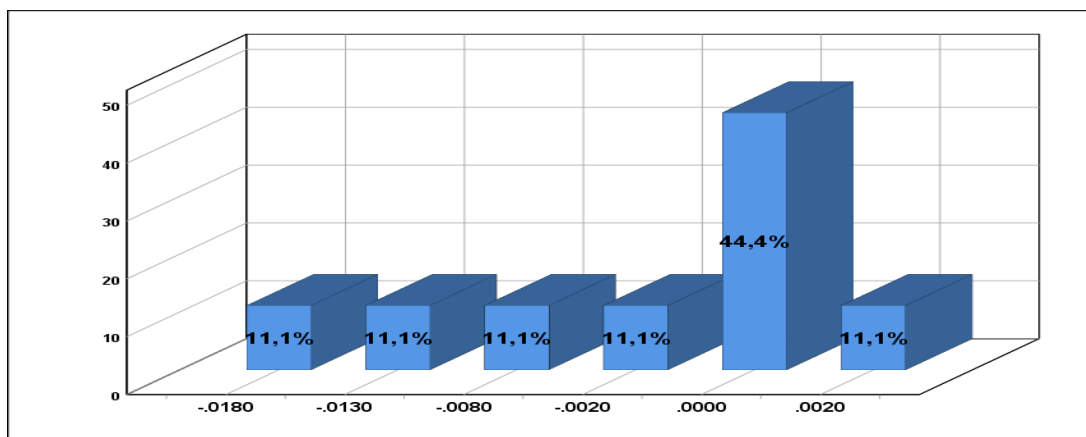
Nota: Resultados del software SPSS.



Nota: Resultados del software SPSS.

| M.TRANSITO | | | | | |
|-------------------|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| ESTE: | | | | | |
| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
| Válido | -,0180 | 1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| | -,0130 | 1 | 11,1 | 11,1 | 22,2 |
| | -,0080 | 1 | 11,1 | 11,1 | 33,3 |
| | -,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 44,4 |
| | ,0000 | 4 | 44,4 | 44,4 | 88,9 |
| | ,0020 | 1 | 11,1 | 11,1 | 100,0 |
| | Total | | 9 | 100,0 | 100,0 |

Nota: Resultados del software SPSS.



Nota: Resultados del software SPSS.

4.1.2. Resumen de Muestras

Tabla 20
Muestras.

| | N | Mínimo | Máximo | Suma | Media | Desviación | Varianza |
|----------------------|---|--------|--------|--------|----------|------------|----------|
| M.M.C - NORTE | 9 | -,0010 | ,0130 | ,0290 | ,003222 | ,0056519 | ,000 |
| M.M.C - ESTE | 9 | -,0050 | ,0020 | -,0060 | -,000667 | ,0019365 | ,000 |
| M.COMPASS - Norte | 9 | -,0020 | ,0100 | ,0190 | ,002111 | ,0037565 | ,000 |
| M.COMPASS - Este | 9 | -,0180 | ,0020 | -,0390 | -,004333 | ,0070356 | ,000 |
| M.TRANSITO - Norte | 9 | -,0020 | ,0100 | ,0190 | ,002111 | ,0037565 | ,000 |
| M.TRANSITO - Este | 9 | -,0180 | ,0020 | -,0390 | -,004333 | ,0070356 | ,000 |
| N válido (por lista) | 9 | | | | | | |

Nota: Resultados del software SPSS.

4.1.3. Prueba de Hipótesis

Prueba la hipótesis de comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS, no difieren, para un nivel de significación de 5%.

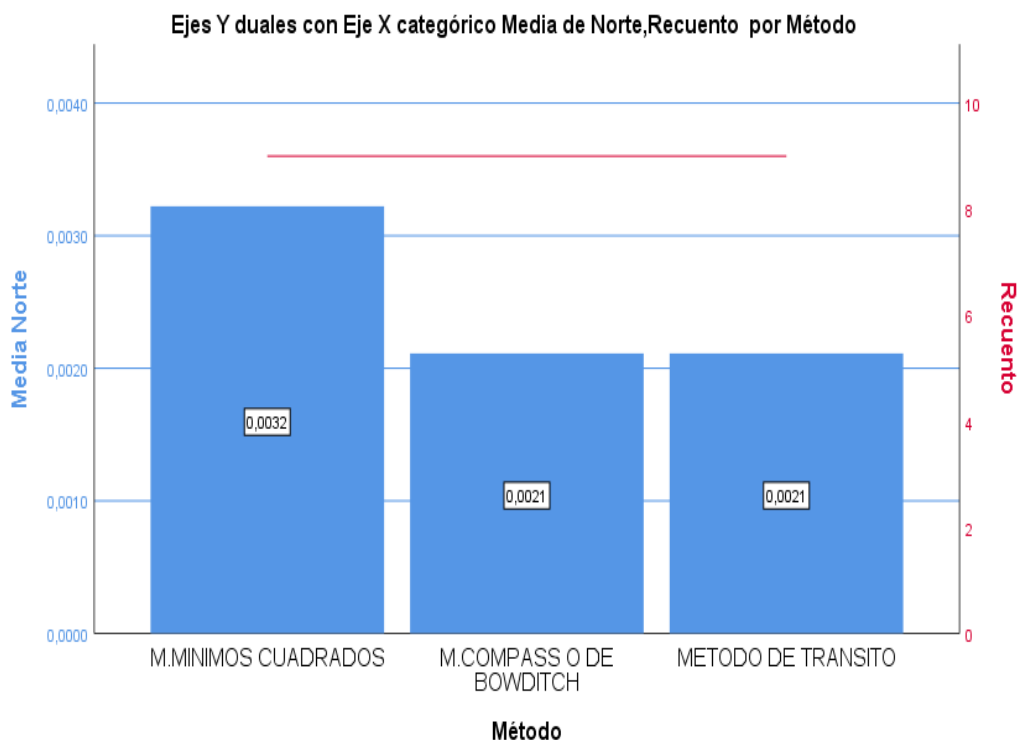
Tabla 21

Regla Normalidad

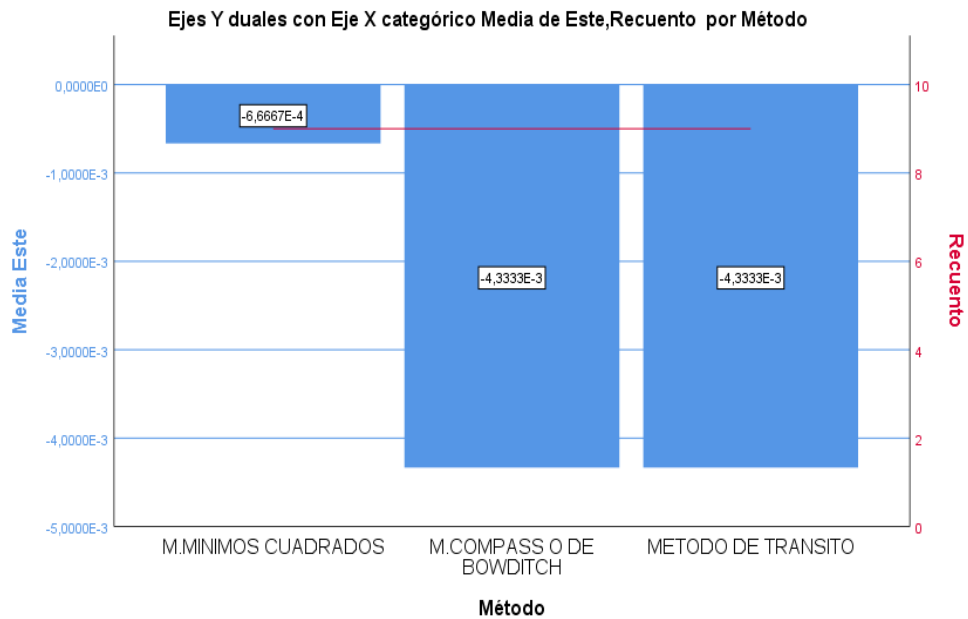
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Norte | ,272 | 27 | ,000 | ,769 | 27 | ,000 |
| Este | ,316 | 27 | ,000 | ,715 | 27 | ,000 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

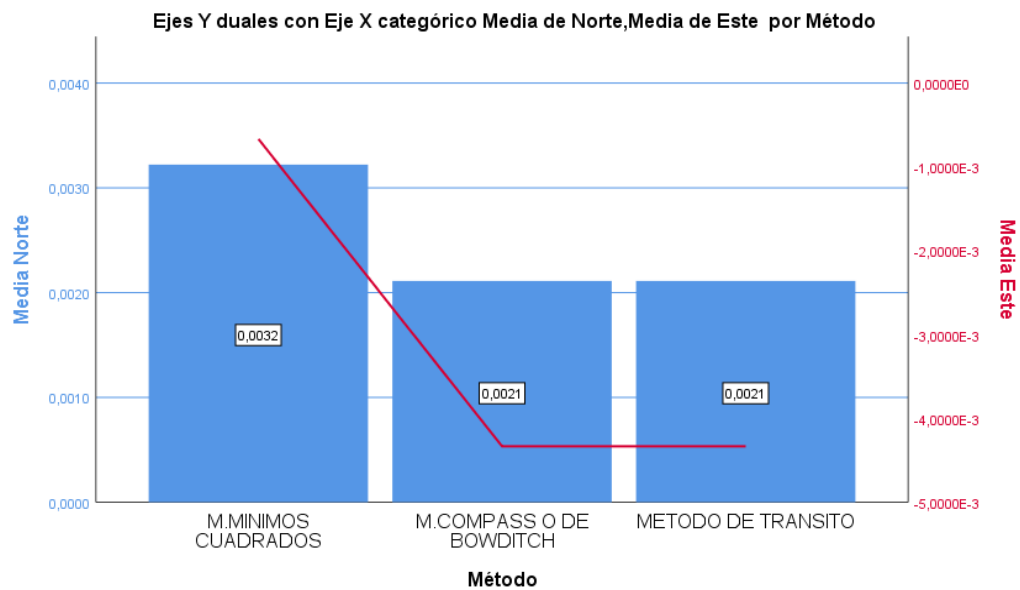
- **Conclusión:** Los datos provienen de una distribución normal, por lo tanto, cumple con el requerimiento para realizar el ANOVA



Nota: Resultados del software SPSS



Nota: Resultados del software SPSS



Nota: Resultados del software SPSS

- **Prueba de homogeneidad de varianzas (Homocedasticidad)**

Paso 1: Formulación de H_0 y H_1

H_0 : Las varianzas de comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando métodos convencionales y receptores GNSS son iguales.



$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$$

H₁: No Las varianzas de comparación de Métodos de Ajuste en la Poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS son iguales.

Paso 2: $\alpha = 0,05$

Paso 3: Prueba de Levene de Homogeneidad de Varianzas

Paso 4:

Tabla 22

Prueba de Homogeneidad de Varianza

| | | Estadístico de | | | |
|-------|--|----------------|-----|--------|------|
| | | Levene | g11 | g12 | Sig. |
| Norte | Se basa en la media | 1,000 | 2 | 24 | ,383 |
| | Se basa en la mediana | ,132 | 2 | 24 | ,877 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | ,132 | 2 | 19,414 | ,877 |
| | Se basa en la media recortada | ,784 | 2 | 24 | ,468 |
| Este | Se basa en la media | 6,934 | 2 | 24 | ,004 |
| | Se basa en la mediana | 1,305 | 2 | 24 | ,290 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1,305 | 2 | 17,000 | ,297 |
| | Se basa en la media recortada | 5,725 | 2 | 24 | ,009 |

Nota: Resultados del software SPSS

Si el p-valor $\geq 0,05$ se concluye H₀

Si el p-valor $< 0,05$ se concluye H₁

Conclusión: Para un 95% de nivel de confianza se acepta H₀, es decir se acepta que las varianzas. Las varianzas de comparación de métodos de ajuste en la poligonal

abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS son iguales ($H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$), ya que el p-valor es menor a la significancia $\alpha=5\%=0,050$

- **Prueba de Hipótesis**

H0: Las varianzas de comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS son iguales.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2$$

H1: No Las varianzas de comparación de métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS son iguales

3: Prueba **ANOVA** de un factor debido a que se tiene cinco grupos independientes, con datos normales y que cumplen la **homocedasticidad**.

Tabla 23

Anova

| | | Suma de | | Media | | |
|-------|------------------|-----------|----|------------|-------|-------|
| | | cuadrados | gl | cuadrática | F | Sig. |
| Norte | Entre grupos | ,000 | 2 | ,000 | ,185 | 0,833 |
| | Dentro de grupos | ,000 | 24 | ,000 | | |
| | Total | ,000 | 26 | | | |
| Este | Entre grupos | ,000 | 2 | ,000 | 1,178 | 0,325 |
| | Dentro de grupos | ,001 | 24 | ,000 | | |
| | Total | ,001 | 26 | | | |

Nota: Resultados del software SPSS

Paso 5: Conclusión.

Para un 95% de nivel de confianza se acepta H1 y se rechaza H0, es decir se acepta que **hay diferencias** Las varianzas de comparación de Métodos de Ajuste en la poligonal abierta utilizando Métodos Convencionales y Receptores GNSS son iguales.

La diferencia de las medias que se observa en las 3 muestras de métodos, según calculo, **es significativa** a nivel **poblacional**.

Tabla ANOVA

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios (CM) | Razón F calculada |
|-------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Tratamientos (columnas) | SCC | k - 1 | CMC= SCC/(k-1) | $F_c = \frac{CMC}{CME}$ |
| Error | SCE | n - k | CME=SCE/(n-k) | |
| Total | SCT | n - 1 | | |

Tabla 24

Comparaciones múltiples

| Variable dependiente | (I) Método | (J) Método | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|-------------------------------|-----------------|----------|---------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Norte | HSD Tukey | M.MINIMOS | M.COMPASS O DE BOWDITCH | ,0011111 | ,0021111 | ,859 | -,004161 | ,006383 | |
| | | M.MINIMOS | METODO DE TRANSITO | ,0011111 | ,0021111 | ,859 | -,004161 | ,006383 | |
| | M.COMPASS O DE BOWDITCH | M.MINIMOS CUADRADOS | -,0011111 | ,0021111 | ,859 | -,006383 | ,004161 | | |
| | M.COMPASS O DE BOWDITCH | METODO DE TRANSITO | ,0000000 | ,0021111 | 1,000 | -,005272 | ,005272 | | |
| | METODO DE TRANSITO | M.MINIMOS CUADRADOS | -,0011111 | ,0021111 | ,859 | -,006383 | ,004161 | | |
| | METODO DE TRANSITO | M.COMPASS O DE BOWDITCH | ,0000000 | ,0021111 | 1,000 | -,005272 | ,005272 | | |
| | Este | HSD Tukey | M.MINIMOS | M.COMPASS O DE BOWDITCH | ,0036667 | ,0027588 | ,393 | -,003223 | ,010556 |
| | | | M.MINIMOS | METODO DE TRANSITO | ,0036667 | ,0027588 | ,393 | -,003223 | ,010556 |
| M.COMPASS O DE BOWDITCH | | M.MINIMOS CUADRADOS | -,0036667 | ,0027588 | ,393 | -,010556 | ,003223 | | |
| M.COMPASS O DE BOWDITCH | | METODO DE TRANSITO | ,0000000 | ,0027588 | 1,000 | -,006890 | ,006890 | | |
| METODO DE TRANSITO | | M.MINIMOS CUADRADOS | -,0036667 | ,0027588 | ,393 | -,010556 | ,003223 | | |
| METODO DE TRANSITO | | M.COMPASS O DE BOWDITCH | ,0000000 | ,0027588 | 1,000 | -,006890 | ,006890 | | |

Nota: Resultados del software SPSS



Tabla 25

Coordenada este de los Métodos Convencionales

| <i>Este</i> | Método | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | | | 1 |
| HSD Tukey ^a | M.COMPASS O DE BOWDITCH | 9 | -,004333 |
| | METODO DE TRANSITO | 9 | -,004333 |
| | M.MINIMOS CUADRADOS | 9 | -,000667 |
| | Sig. | | ,393 |
| | Tukey B ^a | M.COMPASS O DE BOWDITCH | 9 |
| | METODO DE TRANSITO | 9 | -,004333 |
| | M.MINIMOS CUADRADOS | 9 | -,000667 |

Nota: Resultados del software SPSS.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneo

*Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica =9.000.

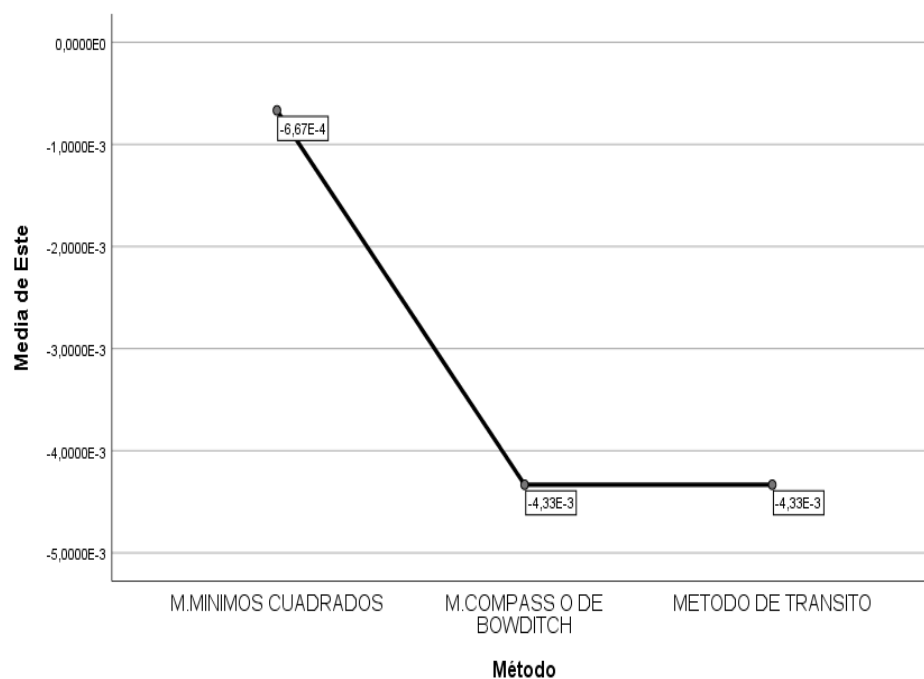


Tabla 26

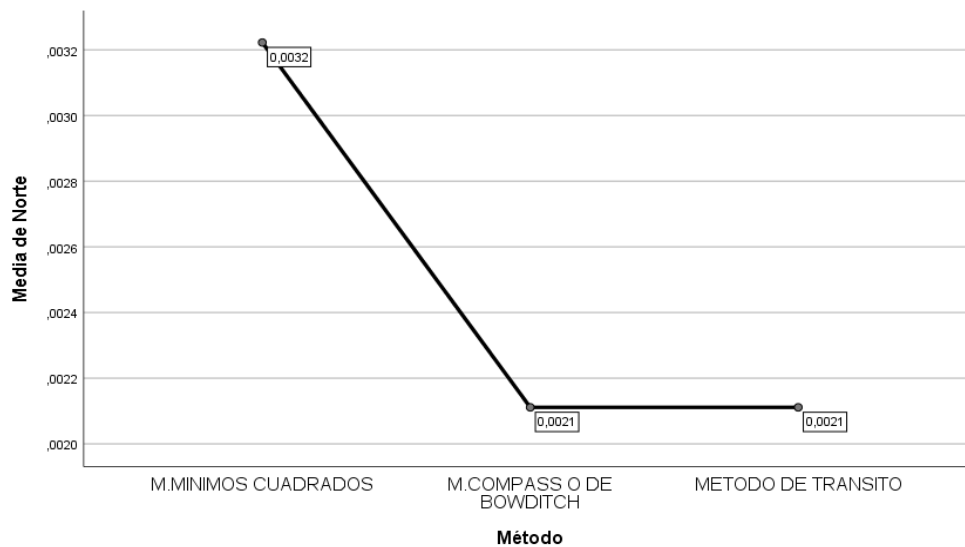
coordinada norte de los Métodos Convencionales

| <i>Norte</i> | | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------|
| | Método | N | 1 |
| HSD Tukey ^a | M.COMPASS O DE BOWDITCH | 9 | ,002111 |
| | METODO DE TRANSITO | 9 | ,002111 |
| | M.MINIMOS CUADRADOS | 9 | ,003222 |
| | Sig. | | ,859 |
| Tukey B ^a | M.COMPASS O DE BOWDITCH | 9 | ,002111 |
| | METODO DE TRANSITO | 9 | ,002111 |
| | M.MINIMOS CUADRADOS | 9 | ,003222 |
| | | | |

Nota: Resultados del software SPSS.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneo

*Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica =9.000.





Nota: Resultados del software SPSS

**MUESTRA:
M.C**

**1.- PARÁMETRO
DE INTERÉS**

: Datos obtenidos del Análisis

| Grupos | | |
|------------|----|-------|
| M.M.C | u1 | 0.029 |
| M.COMPASS | u2 | 0.019 |
| M.TRANSITO | u3 | 0.019 |

ANOVA:

| GRUPOS | NORTE ESTE | SIG. | N | E |
|------------|----------------------|-----------------|--------------------|---|
| M.M.C | 0.003222 0.000667 | - MMC | N:0.859 E:0.393 | |
| M.COMPASS | 0.002111 0.004333 | - M.COMPAS | | |
| M.TRANSITO | 0.002111 0.004333 | - M.TRANSITO | | |

2.- HIPÓTESIS

: **u1:** Media del grupo 1.
u2: Media del grupo 2.
u3: Media del grupo 3.

**a.- HIPÓTESIS
NULA**

: **Ho:** $u1 = u2 = u3$ Se Realiza si: Probabilidad < 0.05
En la comparación de métodos Convencionales y Receptores GNSS
SI HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.

**b.- HIPÓTESIS
ALTERNATIVA**

: **Ha:** No todas las medias son iguales
En la comparación de Métodos Convencionales utilizando receptores GNSS

**3.- NIVEL DE
SIGNIFICANCIA**

: $\alpha=0.05$ 0.95

**4.-
ESTADÍSTICO
DE PRUEBA F**

: El estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis se denota por:

$$F = \frac{S^2 \text{ Entre grupos}}{S^2 \text{ dentro de los grupos}} \quad \text{Donde:}$$

F: Estadístico de prueba



**5.-
ESTADÍSTICO
DE PRUEBA**

Si $F \geq F_{crit}$
=> se realiza H_0 y se aceptó la H_a alguna
de las medidas es diferente

Si $F < F_{crit}$
=> Se acepta H_0 y se rechaza H_a alguna
de las medidas es diferente

: Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel
de confiabilidad del

95% entonces

Si $P > \alpha$ => Se acepta H_0 y se rechaza H_a alguna
de las medidas diferentes

Si $P < \alpha$ => Se rechaza H_0 y se acepta la H_a alguna
de las medidas diferente

**6.-
CONCLUSIÓN**

Se Rechaza:
: H_0 No se acepta

Puesto que las expresiones: $F > F_{crit}$ y $P < \alpha$ se cumpla, entonces NO SE
ACEPTA H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$; con un nivel de significancia de 0.05 y
confiabilidad del 95%; concluyendo así que: Si hay diferencia

significativa en la comparación de los Métodos Convencionales
utilizando receptores GNSS en la carretera C.P San Isidro



4.2. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo por finalidad determinar la diferencia de los métodos de ajuste en la poligonal abierta utilizando Receptores GNSS en la carretera Huancuni C.P San Isidro, Ilave.

Los resultados obtenidos en la presente investigación en comparación de Métodos Convencionales (Método de Mínimos Cuadrados, Métodos de Tránsito, Método Compass) y comparando con los Receptores GNSS fue, el Método Mínimos Cuadrados por el norte 0.029 y por el este -0.006, el Método de Tránsito y el de Compas coinciden en los resultados, en el norte 0.019 y por el este -0.039. Se discrepa con (Fernández, 2001), (de La Cruz, 2021), porque sus investigaciones lo realizaron en diferentes longitudes, ubicación geográfica y con diferente configuración de equipos topográficos. Se concuerda con, (Flores, 2016), (Ramos, 2018) (Quispe, 2015) por el Método Mínimos cuadrados, porque es el métodos probabilístico o estadístico que trabaja a la mayor precisión de todos los métodos de ajuste. Se discorda con los autores ya mencionados en la empleabilidad de los Receptores GNSS ya que estos no emplean el Método Estático.

Asimismo, se obtuvo el Error Lineal de 0.203934m y el Error Angular de $00^{\circ} 00' 10.14''$, en los cálculos obtenidos no concuerda con ,(Quispe, 2015), (Flores, 2016), (Ramos, 2018) ya que son únicos en cada investigación, sin embargo, se concuerda con, (Flores, 2016), (Ramos, 2018) por la zona 19S (WGS84).

Por consiguiente, se determina la precisión de los Métodos Convencionales dando como resultado al Método de Mínimos Cuadrados como el más preciso y estos coinciden con, (de La Cruz, 2021), (Flores, 2016), (Ramos, 2018), (Quispe, 2015) porque al realizar la comparación de los métodos, tuvieron el mismo resultado.



V. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general, se determinó que el Método Convencional en la poligonal abierta con longitud de 4.460 km, es del punto de orden “C” inicial y final, dando como resultado al Método de Mínimos cuadrados. Así mismo, los resultados obtenidos de los tres Métodos Convencionales según el análisis estadístico de la Fuente de Varianza de “ANOVA”, cuyo resultado NO SE ACEPTA $H_0: u_1=u_2=u_3$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyendo que: Si hay diferencia significativa en la comparación de los métodos convencionales y receptores GNSS en modo estático, de acuerdo a los resultados de ANOVA, los valores de las coordenadas son: ESTE: -0.000667 y el valor NORTE: -0.00322.

El error de cierre respecto al método realizado en la investigación proporcionó como resultado el error angular $\theta = 0^{\circ}0'10.14''$; y el error lineal $EL = 0.203934$ m, donde se demuestra la importancia del procedimiento.

La precisión de los Métodos Convencionales en el ajuste de la poligonal abierta de la carretera Huancuni – C.P. San Isidro de longitud 4.460 km, corresponde al Método de Mínimos Cuadrados, por lo que se le atribuye como el método más apto hasta el momento para realizar la compensación de una poligonal abierta puesto que este no presenta mucha variación de acuerdo a la distancia proyectada desde su punto inicial hasta su punto compensado. A la aplicación de los Receptores GNSS en Modo Estático es el más factible para levantamientos de puntos de control.



VI. RECOMENDACIONES

Primero en la comparación de Métodos Convencionales se recomienda utilizar el Método de Mínimos Cuadrados para la realización de compensaciones en los distintos trabajos y proyectos de topografía.

Segundo, para obtener menos error lineal y angular se sugiere el uso de una poligonal (abierta o cerrada) con puntos de control permanentes de orden C tomados con los Receptores GNSS y así disminuir los errores que pueden ser causantes de retrasos y sobrecostos en los proyectos.

Tercero, se aconseja utilizar el Método de Mínimos Cuadrados en los proyectos que requieran mayor precisión, si se requiere disminuir el tiempo en métodos de ajuste en poligonales se puede utilizar los Métodos de Tránsito y Compass.

Además, se sugiere realizar varias lecturas Angulares y Lineales para así poder reducir el error cometido por uno mismo, también realizar trabajos con equipos de alta precisión. Igualmente se recomienda tener en cuenta la climatología según SENAMHI.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Anrango Haro R. (2015). *Levantamiento topográfico del embalse de pintura para el proyecto multipropósito Piñan – Tumbabiro*. Quito, Ecuador.
- Alcántara, D. (1990). *Topografía*. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V
- Abellan, M. (2013). *Metodología de Calculo de redes Topograficas*. España.
- Ayala, A., & Hasbun, M. (2012). *Aplicaciones y uso de la tecnología de GPS diferencial de doble frecuencia con precisión centimétricas en el área de levantamiento y replanteo topográfico georreferenciado*, Universidad de El Salvador. Salvador: Universidad de salvador.
- Aguilera, M. (2001). *Desarrollo de una metodología de cálculo de redes geodésicas observadas mediante GPS, análisis de la influencia de los métodos de cálculo de precisión*. España.
- Bnnister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2016). *Técnicas Modernas en Topografía*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de S.V.
- Casanova, L. (2002). *Topografía Plana*. Mérida: Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogota - Colombia: Ecoe Ediciones



- Espinoza, P. (2003). Georeferenciación de un proyecto vial bajo la normativa del manual de carreteras. Uruguay.
- Flores López, S. (2016). Evaluación de cinco métodos de ajuste en poligonales abiertas en la carretera Ayaviri – purina. Métodos de Ajuste Topográfico.
- Fernández Ccopel, I. A. (2001). *El Datum*. Universidad de Valladolid.
<https://www.aristasur.com/sites/as/users/3/arch/datum-cartografia.pdf>
- Gemael, C. (1994). *Introducción al ajuste de observaciones*. Aplicaciones geodésicas. Brasil: UFPR.
- Gasga, J.E. (2008). *Cálculo y ajustes aplicados a la solución de problemas topográficos*. Ajuste Topográficos.
- Garrido, N. (2014). *Minimo Cuadrados Para Topografía*. España: Ed. Investigacion
- Instituto Geográfico Nacional. (2016). *Norma Técnica Geodésica Especificaciones Técnicas Para Levantamientos Geodésicos Verticales*. Lima, Perú.
- Instituto Geográfico Nacional. (2019, March 21). *Geodesia*. Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-teoria-geodesia>
- Jiménez L. (2014). *Calculo de poligonales topográficas mediante un programa desarrollado en C++*. México
- Mendoza, S. (2007). *Planeamiento Urbano*, Programa de Complementación Profesional UJCM. Perú.
- Mendoza, Dueñas, J. (2017). *Topografía Técnicas Modernas*. Lima: Maraucano E.I.R.L.
- Mendoza Dueñas, J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Perú.



- Mendoza Dueñas, J. L. (2020). *Topografía y Geodesia*. Editores Maracauno.
<https://ingnovando.com/wp-content/uploads/2020/06/MUESTRA-LIBRO-DETOPOGRAFIA.pdf>
- Peñañiel, J., & Zayas, J. (2001). *fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía, Ilustre Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica*. España: grupo Universitrio.
- Pérez Navarro, A. (2011). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. editorial UOC.
https://books.google.com.pe/books?id=xip1wtr8k58C&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- Peter Herlihy, D. (1994). *Dana Tutorial On Geodetic Datums*. Austin university.
<https://es.scribd.com/document/83681177/Dana-Tutorial-on-Geodetic-Datums>
- Quispe Pérez, E. (2015). *Repositorio.UMSA.bo*. Obtenido de repositorio.UMSA.bo:
<http://www.repositorio.umsa.bo>
- Szentesi, A. (1980). *Mediciones Topográficas*. Fabricas Ópticas de Hungría. Hungría.
- Trimble. (2019). *Trimble Geoespacial*. Obtenido de Trimble:
<https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/r10>
- Valencia, (2008). *Topografía para Ingeniería*. Serena: Universitaria.
- Wolf, P.R. y Ghilani, Ch. D. (2012). *Topografía*: Alfa Omega Grupo Editor S.A. de C.V. México.
- Wolf, R. R., & Ghilani, C. D. (2016). *Topografía*. México: Alfaomega.
- Zúñiga, W. (2010). *Topografía Geodesia y Cartografía*. Primera edición. Grupo universitario S.A.C. Perú.

ANEXOS



Figura 23. Monumentación de PUN05161.

Nota: Proceso de la monumentación para la colocación de los puntos de control de orden “C”. Elaboración propia.



Figura 24. Monumentación de PUN05162.

Nota: Proceso de la monumentación para la colocación de los puntos de control de orden “C”. Elaboración propia.



Figura 25. Lectura de Ángulos.
Nota: Obtención de Ángulos y Distancias en campo.



Figura 26. Base nivelante.
Nota: Referencia vista atrás.



Figura 27. *Colección de datos del punto PUN05161.*
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 28. *Colección de datos del punto PUN05162.*
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 29. Colección de datos del BM1.

Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 30. Colección de datos del BM2.

Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 31. Colección de datos del BM3.
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.

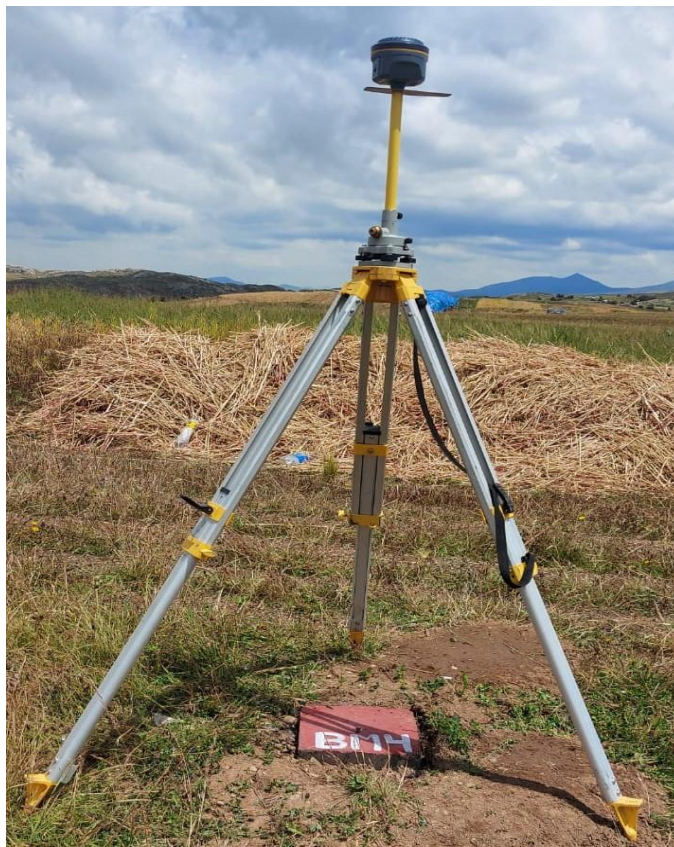


Figura 32. Colección de datos del BM3.
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 33. Colección de datos del BM5.
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 34. Colección de datos del BM6.
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 35. Colección de datos del BM7.
Nota: Obtención de coordenadas con Receptor GNSS en Modo Estático.



Figura 36. Movilidad motorizada (camioneta) 4x4 de los investigadores

Anexo A: Fichas de Puntos de Control Geodésicos PUN05161

| | | | | | |
|--|----------------------------|--|-------------------------------|---|-----------------|
| | | <p>COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AJUSTES EN POLIGONALES ABIERTAS 3 UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECEPTORES GNSS EN LA 4 CARRETERA HUANCUNI C.P. SAN ISIDRO ILAVE.</p> | | | |
| TARJETAS DE DESCRIPCION DE LA RED GEODESICA | | | | | |
| 1.- UBICACIÓN | | | | | |
| DEPARTAMENTO: | PROVINCIA: | FECHA: | DISTRITO: | IDENTIFICACIÓN: | PUN05061 |
| PUNO | EL COLLAO | FEBRERO 2022 | ILAVE | | |
| <p>NOTA: El Punto Geodésico PUN05061, tiene como base la Estación de Rastreo Permanente (E.R.P.) PU03 "Yunguyo" establecida por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.).</p> | | | | <p>CONTROL GEODESICO HOJA:</p> <h1 style="margin: 0;">1 DE 2</h1> | |
| DESCRIPCIÓN: Es una placa de bronce de 7 cm de diametro incrustado en un monumento de concreto de 0.40mx0.40m y lleva incrito "PUN05061" | | | | | |
| DESCRIPCIÓN: El Punto Geodésico PUN05061, está ubicado a 890 metros de la laguna de oxidación de la Ciudad de Ilave. | | | | | |
| 2.- DATOS TECNICOS | | | | | |
| Coordenadas Geográficas | Latitud | Longitud | H Elipsoidal | Ángulo de Convergencia de Meridiano | |
| | S16°43'4.21755" | 069°37'6.10355" | 3874.546 | | |
| Coordenadas Geocéntricas | X | Y | Z | Sistema de Referencia | |
| | 2136302.769 | -5749984.681 | -1755901.922 | | |
| Coordenadas UTM | Este | Norte | Elevación | WGS 84 | |
| | 433864.496 | 8222540.094 | 3829.348 | | |
| Coordenadas Topográficas | Este | Norte | Cota Nivelada | a: 6378137 b: 6356752.314 | |
| | 433864.496 | 8222540.094 | ----- | | |
| Factor de Proyección | Factor de Elevación | Factor Combinado | | Zona: | 19 SUR |
| 0.99965409 | 0.999393044 | 0.999047344 | | Modelo Geodal: | EGM08 |
| Croquis Topográfico: | | | Fotografía: | | |
| | | | | | |
| | | | Descripción del Punto: | | |
| | | | | | |
| <p>ELABORADO POR: ING° JASMANI YOVANI FLORES TEVES</p> | | | | | |

Anexo B: Fichas de Puntos de Control Geodésicos PUN05162

| | | | | | | |
|--|----------------------------|--|----------------------|---|-----------------|--|
| | | <p>COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AJUSTES EN POLIGONALES ABIERTAS 3 UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECEPTORES GNSS EN LA 4 CARRETERA HUANCUNI C.P. SAN ISIDRO ILAVE.</p> | | | | |
| TARJETAS DE DESCRIPCIÓN DE LA RED GEODESICA | | | | | | |
| 1.- UBICACIÓN | | | | | | |
| DEPARTAMENTO: | PROVINCIA: | FECHA: | DISTRITO: | IDENTIFICACIÓN: | PUN05062 | |
| PUNO | EL COLLAO | FEBRERO 2022 | ILAVE | | | |
| <p>NOTA: El Punto Geodésico PUN05062, tiene como base la Estación de Rastreo Permanente (E.R.P.) PU03 "Yunguyo" establecida por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.).</p> | | | | <p>CONTROL GEODESICO HOJA:</p> <h1 style="margin: 0;">2 DE 2</h1> | | |
| <p>DESCRIPCIÓN: Es una placa de bronce de 7 cm de diametro incrustado en un monumento de concreto de 0.40mx0.40m y lleva incrito "PUN05062"</p> | | | | | | |
| <p>UBICACIÓN: El Punto Geodésico PUN05062, está ubicado en el centro Poblado San Isidro a 5 km del cruce donde se encuentra el punto PUN05061.</p> | | | | | | |
| 2.- DATOS TECNICOS | | | | | | |
| Coordenadas Geográficas | Latitud | Longitud | H Elipsoidal | Ángulo de Convergencia de Meridiano | | |
| | S16°4'53.92154" | O69°34'15.28968" | 3883.639 | | | |
| Coordenadas Geocéntricas | X | Y | Z | Sistema de Referencia | | |
| | 2141008.227 | -5748064.469 | -1756486.779 | | | |
| Coordenadas UTM | Este | Norte | Elevación | WGS 84 | | |
| | 438941.04 | 8221949.22 | 3838.444 | | | |
| Coordenadas Topográficas | Este | Norte | Cota Nivelada | a: 6378137 b: 6356752.314 | | |
| | 438945.904 | 8221948.651 | ----- | | | |
| Factor de Proyección | Factor de Elevación | Factor Combinado | | Zona: | 19 SUR | |
| 0.999646105 | 0.999391621 | 0.999037941 | | Modelo Geodal: | EGM08 | |
| Croquis Topográfico: | | | | Fotografía: | | |
| | | | | | | |
| | | | | Descripción del Punto: | | |
| | | | | | | |
| <p>ELABORADO POR: ING° JASMANI YOVANI FLORES TEVES</p> | | | | | | |

Anexo C: Especificaciones del Receptor GNSS



SOUTH
Target your success

GALAXY G1

Smaller than smaller

12.9 cm

11.2 cm

SOUTH

- All Constellations
- Tilt survey
- Simodule Bluetooth
- Build-In Radio
- Communication Module
- 3G
- Hi-Speed USB
- Industrial 3-Proofings
- Cloud Service



SPECIFICATIONS

| | |
|---|--|
| Surveying Performance | |
| Channel | 220 Channels |
| Signal Tracking | BDS B1, B2, B3 GPS L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 SBAS L1C/A, L5 (Just for the satellites supporting L5) Galileo GIOVE-A, GIOVE-B, E1, E5A, E5B QZSS, WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN, SBAS |
| GNSS Features | Positioning output rate: 1Hz~50Hz Initialization time: < 10s Initialization reliability: >99.99% |
| Positioning Precision | |
| Code Differential GNSS Positioning | Horizontal: ± 0.25 m + 1 ppm Vertical: ± 0.50 m + 1 ppm SBAS positioning accuracy: typically < 5m 3DRMS |
| Static GNSS Surveying | Horizontal: ± 2.5 mm + 0.5 ppm Vertical: ± 5 mm + 0.5 ppm |
| Real-Time Kinematic Surveying (Baseline < 30km) | Horizontal: ± 8 mm + 1 ppm Vertical: ± 15 mm + 1 ppm |
| Network RTK | Horizontal: ± 8 mm + 0.5 ppm Vertical: ± 15 mm + 0.5 ppm RTK initialization time: 2~8s |
| Physical | |
| Dimension | 12.9 cm × 11.2 cm |
| Weight | 970g (including installed battery) |
| Material | Magnesium aluminum alloy shell |
| Environmental | |
| Operating | -45°C ~ +60°C |
| Storage | -55°C ~ +85°C |
| Humidity | Non-condensing |
| Waterproof/Dustproof | IP67 standard, protected from long time immersion to depth of 1m IP67 standard, fully protected against blowing dust |
| Shock and Vibration | Not operating: Withstand 2 meters pole drop onto the cement ground naturally While: Withstand 40G 10 milliseconds sawtooth wave impact test |
| Electrical | |
| Power Consumption | 2W |
| Battery | Rechargeable, removable Lithium-ion battery |
| Battery Life | Single battery: 7h (static mode) 5h (internal UHF base mode) 6h (rover mode) |
| Communications and Data Storage | |
| I/O Port | 5PIN LEMO external power port + RS232 7PIN LEMO RS232 + USB 1 network/radio data link antenna port SIM card slot |
| Wireless Modem | Integrated internal radio receiver and transmitter 0.5W/2W External radio transmitter 5W/25W |
| Working frequency | 410-470MHz |
| Communication protocol | TrimTalk450s, TrimMark3, PCC EOT SOUTH |
| Cellular Mobile Network | WCDMA3.5G network communication module, GPRS/EDGE compatible, CDMA2000/EVDO 3G optional |
| Double Module Bluetooth | BLE Bluetooth 4.0 standard, support for android, ios cellphone connection Bluetooth 2.1 + EDR standard |
| NFC Communication (Optional) | Realizing close range (shorter than 10cm) automatic pair between Galaxy G1 and controller (controller equipped NFC wireless communication module needed) |
| Data Storage/Transmission | 4GB internal storage, more than 3 years raw observation data (about 1.4M/day), based on recording from 14 satellites Plug and play mode of USB data transmission |
| Data Format | Differential data format: CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1, RTCM 3.2 GPS output data format: NMEA 0183, NTK plane coordinates, binary code Network model support: VRS, FKP, MAC, supporting NTRIP protocol |
| Inertial Sensing System (Optional) | |
| Tilt Survey | Built-in tilt compensator, correcting coordinates automatically according to the tilt direction and angle of the centering rod |
| Electronic Bubble | Controller software display electronic bubble, checking leveling status of the centering rod real time |
| User Interaction | |
| Buttons | One-button operation, visual operation, convenient and efficient |



SOUTH SURVEYING & MAPPING INSTRUMENT CO.,LTD.

Add: 2/F, Surveying Building (He Tian Building), NO.26, Ke Yun Road, Guangzhou 510665, China
Tel: +86-20-23380891/85524990/23380888 Fax: +86-20-85524889/85529089/23380800

E-mail: mail@southsurvey.com export@southsurvey.com Impexp@southsurvey.com gnss@southsurvey.com
http://www.southinstrument.com http://www.southsurvey.com

SOUTH Galaxy G1, new generation integrated RTK system with smaller size and innovative design, leads the direction of new generation RTK with excellent performance, provides high-efficiency and intelligent surveying experience to customers. It isn't simply smaller, it's better in everywhere.



1. Bluetooth indicator
2. DATA interaction
3. Satellite indicator

4. Power key
5. Battery housing
6. Loudspeaker

7. UHF/GSM antenna interface
8. Standard LEMO(5 pins)
9. USB/RS232

KEY FEATURES



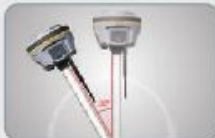
Innovative structure design

SOUTH Galaxy G1, with smaller size and innovative design, the weight is only 970g, is built with magnesium alloy materials. And the top edge is designed to decrease harm for receiver in case of fall down to ground.



Powerful new bluetooth module

Equipped with bluetooth 4.0 module, which supports receiver to work well with smartphone and tablet etc, also making bluetooth communication faster and more stable.



Tilt survey

The internal tilt sensor helps receiver to survey without centering, in order to improve survey efficiency, and tilt angle can reach 30 degree maximum.



Electronic bubble calibration

The internal electronic bubble sensor can correct the survey result, to support receiver to survey without level.



Easy to carry

Travel light, makes the surveying no longer bear heavy load. New miniature RTK surveying system, the receivers and bags have become more compact, and the weight of a full set of equipment reduces by 30% compare to the previous generation.



STANDARD SET

External radio transmitter (optional)

Our high speed wireless digital radio is integrated with ten years radio design and production experience of SOUTH, adopting radio frequency and digital processing, baseband processing technology, air transmission rate reaches to 19200bp, radio-frequency emission power top to 25W, reliable performance, strong stability, is more suitable for RTK fieldwork.

RTK carrying case

The convenient RTK carrying case is customized for surveying workers, which adopts double oxford tabby textile fabric and YKK industrial grade waterproof zipper. It has strong abrasive resistance and waterproofness. Meanwhile the unique backpack design reduces the heavy burden of field work.

Surveying software

Galaxy G1 RTK surveying system can be equipped with SOUTH professional surveying software for special industries, such as engineering star, SurvCE, FieldGenius and so on.

Engineering star (standard supply): it's our kernel surveying software, the main functions are detail survey, stake out point, stake out line, coordinate system transformation and so on. It's a powerful and efficient software for RTK survey.



Full satellite constellations support

Equipped with most advanced GNSS boards, SOUTH Galaxy G1 system can track most signal from all kinds of running satellite constellation, especially support B1, B2 and B3 signal from BeiDou, also is able to get position result with only BeiDou signal.



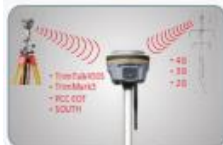
Intelligent and open platform

A based on smart platform and powerful structure, which can make system work faster and more stable, less power consumption, and can also monitor the status of each parts real time, extend battery life in the field.



Cloud service

7*24 hour cloud service, which enable make service and support more quickly, such as online upgrade and register, remote diagnosis etc.



Advanced data-link module

Integrated with new and excellent datalink system, SOUTH Galaxy G1 is compatible with current radio protocols in the market, also supports all kinds of network types to access CORS seamlessly.



NFC function

The internal NFC module can make the complicated bluetooth communication more simple and easier.

Anexo H: Especificaciones de Estación Total Leica

Leica FlexLine TS06plus, Especificaciones Técnicas:

| | | | | | | | |
|---|--|-------------|--|--|----|----|--|
| Medición Angular (Hz, V) | | | Objetivo | | | | |
| Precisión ¹⁾ | 1" (0.3 mgon) / 2" (0.6 mgon) 3" (1 mgon) / 5" (1.5 mgon) 7" (2 mgon) | ✓ | Aumentos | 30 x | ✓ | | |
| Método | Absoluto, continuo, diametral: en todos los modelos | ✓ | Resolución | 3" | ✓ | | |
| Resolución en pantalla | 0.1" / 0.1 mgon / 0.01 mil | ✓ | Campo de Visión | 1° 30' (1.66 gon) 2.7 m a 100 m | ✓ | | |
| Compensador | Compensación por Cuádruple Eje: en todos los modelos | ✓ | Rango de Enfoque | 1.7 m a infinito | ✓ | | |
| Precisión Configurable del Compensador | 0.5" / 0.5" / 1" / 1.5" / 2" | ✓ | Retículo | Iluminado, 10 niveles de brillo | ✓ | | |
| Medición de distancias a prisma | | | Teclado y Pantalla | | | | |
| Rango ²⁾ Prisma Circular (Leica GPR1) | 3.500 m | ✓ | Teclado y Pantalla | Teclado Alfanumérico completo Con pantalla Blanco & Negro de Alta resolución, Gráficos, 160 x 288 pixels, iluminación de pantalla, 5 niveles de brillo | ✓ | | |
| Rango ²⁾ Diana reflectante (60 mm x 60 mm) | >500 m ⁹⁾ >1000 m ¹⁰⁾ | ✓ | Posiciones | CD, CI | ✓○ | | |
| Rango ²⁾ Largo alcance (Leica GPR1, R500/R1000) | >10.000 m | ✓ | Sistema Operativo | | | | |
| Precisión ³⁾ | Preciso+: 1.5 mm+2.0 ppm Preciso Rápido: 2.0mm+2.0 ppm Tracking: 3.0 mm+2.0 ppm | ✓ | Windows CE | 5.0 Core | ✓ | | |
| Tiempo típico de medición ⁴⁾ | 1.0 s | ✓ | Plomada Láser | | | | |
| Medición de distancias sin prisma ⁸⁾ | | | Tipo | Puntero Láser, 5 niveles de brillo | ✓ | | |
| Rango ⁵⁾ PinPoint R500 / R1000 | > 500 m / > 1000 m | ✓○ | Precisión de centrado | 1.5 mm a 1.5 m Altura de instrumento | ✓ | | |
| Precisión ³⁾⁴⁾ | 2 mm+2 ppm | ✓ | Batería | | | | |
| Tamaño puntero láser | A 30 m: aprox. 7 x 10 mm A 50 m: aprox. 8 x 20 mm | ✓ | Tipo | Ion-Li | ✓ | | |
| Almacenamiento de datos / Comunicaciones | | | Autonomía de trabajo ⁷⁾ | aprox. 30 horas | ✓ | | |
| Memoria Interna | Max.: 100.000 puntos control, Max.: 60.000 medidas - Serie (Baudios hasta 115.200) | ✓ | Peso | | | | |
| Interfaz | - USB Tipo A y mini B, - Bluetooth® inalámbrico, clase 1, 150 m - > 1000 m (con TCP529) | ✓ ✓ ○ | Estación Total incluyendo GEB211 y base nivelante | 5.1 kg | ✓ | | |
| Formato de Datos | GSI / DXF / LandXML / CSV / ASCII definido por usuario | ✓ | Parámetros Ambientales | | | | |
| Luces Guía de Replanteo (EGL) | | | Temperatura de Trabajo | -20° C a +50° C (-4° F a +122° F) | ✓ | | |
| Rango de trabajo (condiciones atmosféricas promedio) | 5 m - 150 m | ○ | Versión Ártica -35° C a 50° C (-31° F a +122° F) | | ○ | | |
| Precisión de Posicionamiento | 5 cm a 100 m | ○ | Polvo / Agua (IEC 60529) Humedad | IP55, 95%, sin condensación | ✓ | | |
| | | | Software integrado Leica FlexField plus | | | | |
| | | | Aplicaciones Incluidas: Levantamiento incl. Visualización de Mapas, Replanteo, Estacionamiento: Inversa, Inversa Local, Inversa Helnert, Orientación (Ángulos & Coordenadas), Transferencia de Cota, Area (Plano & Fachada), MDT Cálculo de Volúmen, Distancia entre puntos (MLM), Altura Remota, Puntos ocultos, Comprobación de Orientación, Offset, Línea de Referencia, Arco de Referencia, Plano de Referencia, COGO, Carreteras 2D | | | ✓ | |
| | | | Aplicaciones Extra: Carreteras 3D, Poligonal | | | ○ | |
| | | | Protección Antirrobo | | | | |
| | | | mySecurity, Código PIN/PUK | | | ✓✓ | |

Comparación entre Modelos: Configuraciones & Opciones de Estaciones Totales Manuales

| | TS02plus | TS06plus | TS09plus | Viva TS11 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1" de precisión angular | - | ○ | ○ | ○ |
| Precisión en medición a prismas mejorada | 1.5 mm + 2 ppm | 1.5 mm + 2 ppm | 1.5 mm + 2 ppm | 1.0 mm + 1.5 ppm |
| Rango de medición sin prisma | 500 m opcional | 500 m incluido/1000 m opcional | 500 m incluido/1000 m opcional | 500 m incluido/1000 m opcional |
| Pantalla con gráficos e iluminación de pantalla | Alta Resolución en Blanco & Negro | Alta Resolución en Blanco & Negro | Q-VGA Color & Táctil | Full-VGA Color & Táctil |
| Teclado alfanumérico completo con teclas de función | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Segundo Teclado | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Iluminación de Teclado | - | - | ✓ | ✓ |
| Luces Guía de Replanteo | - | ○ | ✓ | ✓ |
| USB Tipo A y mini B | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Bluetooth® Inalámbrico | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tarjeta SD | - | - | - | ✓ |
| Soprote de Imagen | - | - | - | ○ |
| Función Smart Station GNSS | - | - | - | ○ |
| Software Onboard (contenido del pack) | FlexField plus (estándar) | FlexField plus (avanzada) | FlexField plus (completa) | SmartWorx Viva (profesional) |

Anexo I: Estación Total Leica TS06



Memoria USB
• Para una rápida y fácil transferencia de datos

Bluetooth® Inalámbrico
• Para conexión sin cables a controladoras

Luz Guía de Replanteo
• Replanteos más rápidos

FlexField plus
• Software integrado moderno e intuitivo para mejorar la productividad

Herramientas Útiles
• Amplio abanico de herramientas, como una tecla para funciones rápidas y plomada láser, más velocidad en su trabajo

PinPoint
PinPoint EDM
• La más precisa de su clase (1.5 mm + 2 ppm)
• Extremadamente rápida (1 segundo)
• > 1.000 metros sin prisma
• Puntero y spot láser de medición coaxial

Teclado Alfanumérico
• Entrada rápida y sin errores

Gran pantalla de Alta resolución
• Eche un vistazo a la pantalla de alta resolución única en su gama

Versión Ártica
• Para usos hasta -35°C (-31°F)

mySecurity
• Novedosa protección antirrobo en la nube



Anexo J: Certificado de calibración receptor GNSS



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General

Reparación

Operatividad

Garantía

Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

| | |
|----------------------------|--|
| Equipo : RECEPTOR GNSS | Persona Natural o Jurídica : NOE NATHAN RIVAS CHOQUEHUANCA |
| Fabricante : SOUTH | Dirección : Jr. Tacna 340 - Puno |
| Modelo : GALAXY G1 | RUC / DNI : 44888536 |
| N° Serie : S82554117134092 | |

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 186-01/2020
Fecha : 14/01/2022

Imagen de Receptor



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.



PRESIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

| | |
|------------|---------------------|
| HORIZONTAL | ±5 mm + 0.5 ppm RMS |
| VERTICAL | ±5 mm + 1 ppm RMS |

| | |
|------------|-------------------|
| HORIZONTAL | 10 mm + 1 ppm RMS |
| VERTICAL | 20 mm + 1 ppm RMS |

FECHA DE MANTENIMIENTO

| Fecha | Mantenimiento | Prueba de Operatividad | Fecha de Vencimiento | Observación |
|------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| 14/01/2022 | x | x | 14/07/2022 | % 100 OPERATIVO |

| Responsable Técnico | GERENTE GENERAL |
|---|--|
| J. YOVANI FLORES TEVES | INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. |
|  |  Ing. Jasmani Yovani Flores Teves Representante Legal CIP 195571 |

ORD. N° 186-01/22

INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
Topografía total
SERVICIOS-VENTA-CALIBRACION-REPARACION

- SERVICIOS TOPOGRÁFICOS
- CARRETERAS - CANALES
- TUBERÍAS - MONTAJE
- REPRESAS - FUENTES - LINEAS
- MINERÍA SUPERFICIAL
- MINERÍA SUBTERRÁNEA
- PUNTOS GEODÉSICOS (fast static)

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General
 Reparación
 Operatividad
 Garantía
 Nuevo

DATOS DEL EQUIPO

DATOS DEL CLIENTE

| | |
|-----------------------------------|---|
| Equipo : RECEPTOR GNSS | Persona Natural o Jurídica : NOE NATHAN RIVAS CHOQUEHUANCA |
| Fabricante : SOUTH | Dirección : Jr. Tacna 340 - Puno |
| Modelo : GALAXY G1 | RUC / DNI : 44888536 |
| N° Serie : S82554117134095 | |

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Nro : 185-01/2020
Fecha : 14/01/2022

Imagen del Receptor



INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. :

Certifica que el equipo topografico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estandares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.



PRECISIÓN LEVANTAMIENTO GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic) Y Cinematico Tiempo Real (RTK)

| | |
|------------|---------------------|
| HORIZONTAL | ±5 mm + 0.5 ppm RMS |
| VERTICAL | ±5 mm + 1 ppm RMS |

| | |
|------------|-------------------|
| HORIZONTAL | 10 mm + 1 ppm RMS |
| VERTICAL | 20 mm + 1 ppm RMS |

FECHA DE MANTENIMIENTO

| Fecha | Mantenimiento | Prueba de Operatividad | Fecha de Vencimiento | Observación |
|------------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| 14/01/2022 | x | x | 14/07/2022 | % 100 OPERATIVO |

| Responsable Técnico | GERENTE GENERAL |
|---|--|
| J. YOVANI FLORES TEVES | INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L. |
|  |  Ing° Jasmani Yovani Flores Teves Representante Legal CIP 195571 |

ORD. N° 185-01/22



Anexo K: Certificado de calibración Estación



00186-01-2022 EST

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CERTIFICATE OF CALIBRATION

OTORGADO A: NOE NATHAN RIVAS CHOQUEHUANCA
RUC/DNI: 44888536
DIRECCIÓN: JR. TACNA 340 - PUNO

| ESTACIÓN TOTAL | LEICA | TS06 1" | 1892690 |
|----------------|-------|---------|---------|
| Equipo | Marca | Modelo | Serie |

| VALOR DE PATRÓN DE MEDICIÓN | | | VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO | | | |
|-----------------------------|---------|----------|-------------------------------|--------|---------|----------|
| GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS | LIMBO | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
| 180° | 00' | 00" | HORIZONTAL | 180° | 00' | 2" |
| 90° | 00' | 00" | VERTICAL | 89° | 59' | 58" |

| VALOR A CORREGIR | | | | VALOR CORREGIDO - RANGO DE TOLERANCIA | | | |
|------------------|--------|---------|----------|---------------------------------------|--------|---------|----------|
| LIMBO | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS | | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
| HORIZONTAL | 00° | 00' | 02" | + | 00° | 00' | 00" |
| VERTICAL | 00° | 00' | 02" | + | 00° | 00' | 00" |

| LIMBO | HORIZONTAL | VERTICAL |
|---------------|------------|----------|
| INCERTIDUMBRE | +/- 05" | +/- 05" |
| ERROR | 00" | 00" |

SISTEMA DE MEDICIÓN DE DISTANCIA

| PATRÓN DE MEDICIÓN | 15.000 mts. | 30.000 mts. | 60.000 mts. | 90.000 mts. | 209.000 mts. |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO | 15.000 | 30.000 | 60.000 | 90.000 | 209.000 |
| ERROR AL CORREGIR | 00 mm | 00 mm | 00 mm | 00 mm | 00 mm |

PRECISIÓN DEL INSTRUMENTO:

- Sistema Angular según normas DIN 18723 la precisión es de 5", lectura mínima en Display 1" ó 2".
- Sistema de Medición de Distancia +- (2mm+2ppm XD) m.s.e.

PATRÓN UTILIZADO:

Colimador Modelo **MUTI-COLLIMATORS MODELO F420-3** Siendo controlado periódicamente con un teodolito de precisión de segundo recomendado por esta entidad, con el método de lecturas directo inverso y enfocados los retículos de referencia al infinito garantizando el ajuste en +/- 0.5".

INGENIEROS COIPSA ICT EIRL Mediante su laboratorio de Servicio Técnico certifica que el equipo en mención se encuentra totalmente revisado, controlado, calibrado y 100% operativo: se sugiere efectuar la siguiente calibración en un periodo máximo de 06 meses, se estima que sea el **15 de Julio del 2022**. Se expide el presente certificado de calibración, para los fines que estime conveniente.

Técnico Calificado:

INGENIEROS COIPSA ICT EIRL
RUC 2040176174
Dirección: Gamaliel Churata N° 351
Jasmani Yovani FLORES TEVES
Jasmani Yovani FLORES TEVES
REPRESENTANTE LEGAL

Puno, 15 de Enero del 2022.



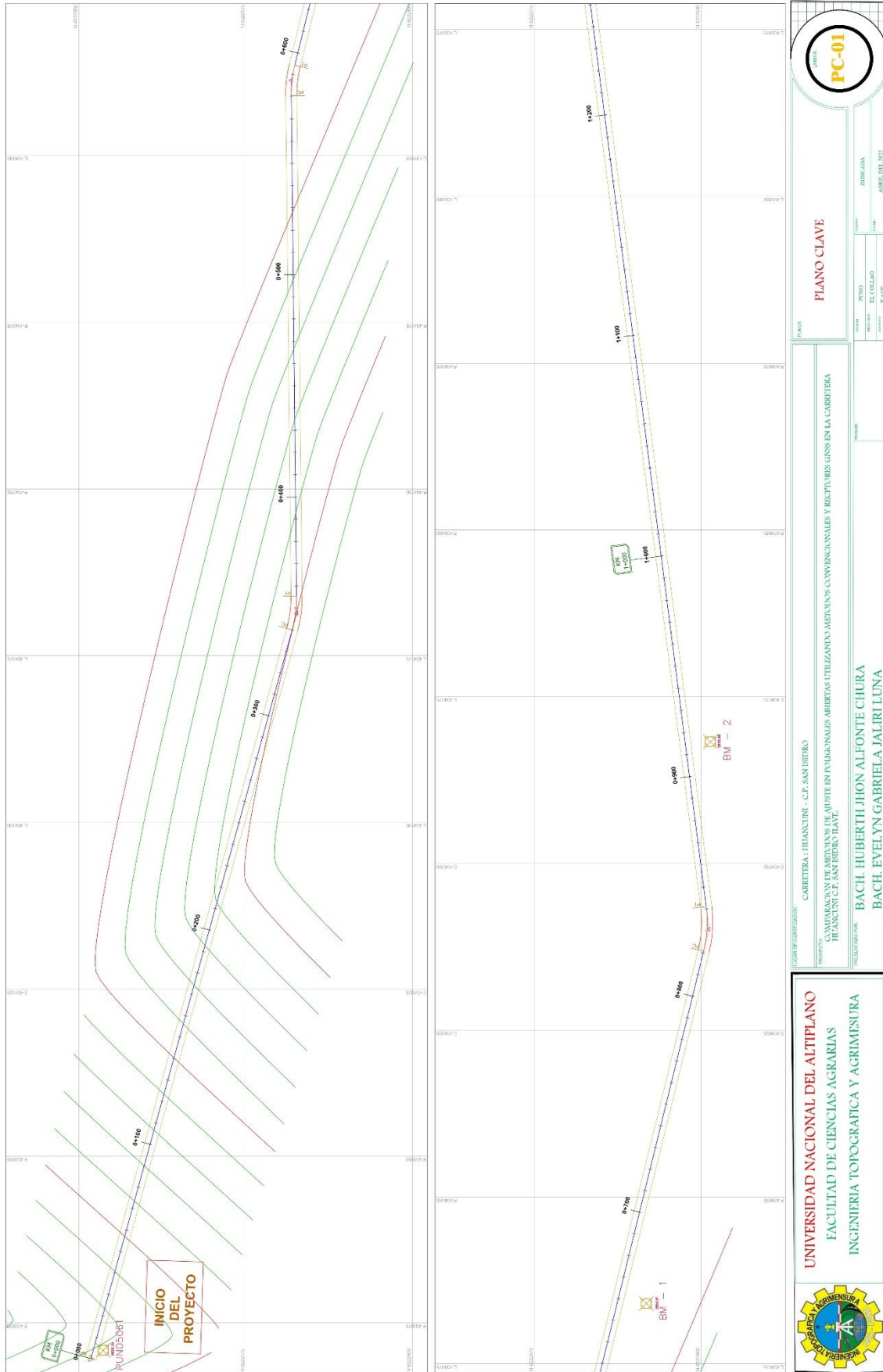
COORDENADAS AJUSTADAS



| | | | |
|---|---|------------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA | (Lugar de Implementación) CARRETERA - HUANCUNI - C.F. SAN ISIDRO | | (Escala) PC-01 COORDENADAS AJUSTADAS |
| | (Objeto de la Investigación) PROYECTO DE AJUSTE EN POLIGONALES ABIERTAS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECTIFICACIONES EN LA CARRETERA HUANCUNI C.F. SAN ISIDRO ILLAVE. | | |
| (Autor) BACH. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA BACH. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA | | (Fecha) ABRIL DEL 2022 | |
| (Institución) UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | | (Tipo de Documento) TESIS | |



PLANO CLAVE





PLANO CLAVE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA



PLANO CLAVE

PROYECTO: CARRETERA - HUACANTINE - C.P. SAN SIBIRO
OBJETIVO: COMPARACION DE METODOS DE AJUSTE EN POLIGONALES ABIERTAS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y REPTURAS GNS EN LA CARRETERA HUACANTINE C.P. SAN SIBIRO IIAVE.

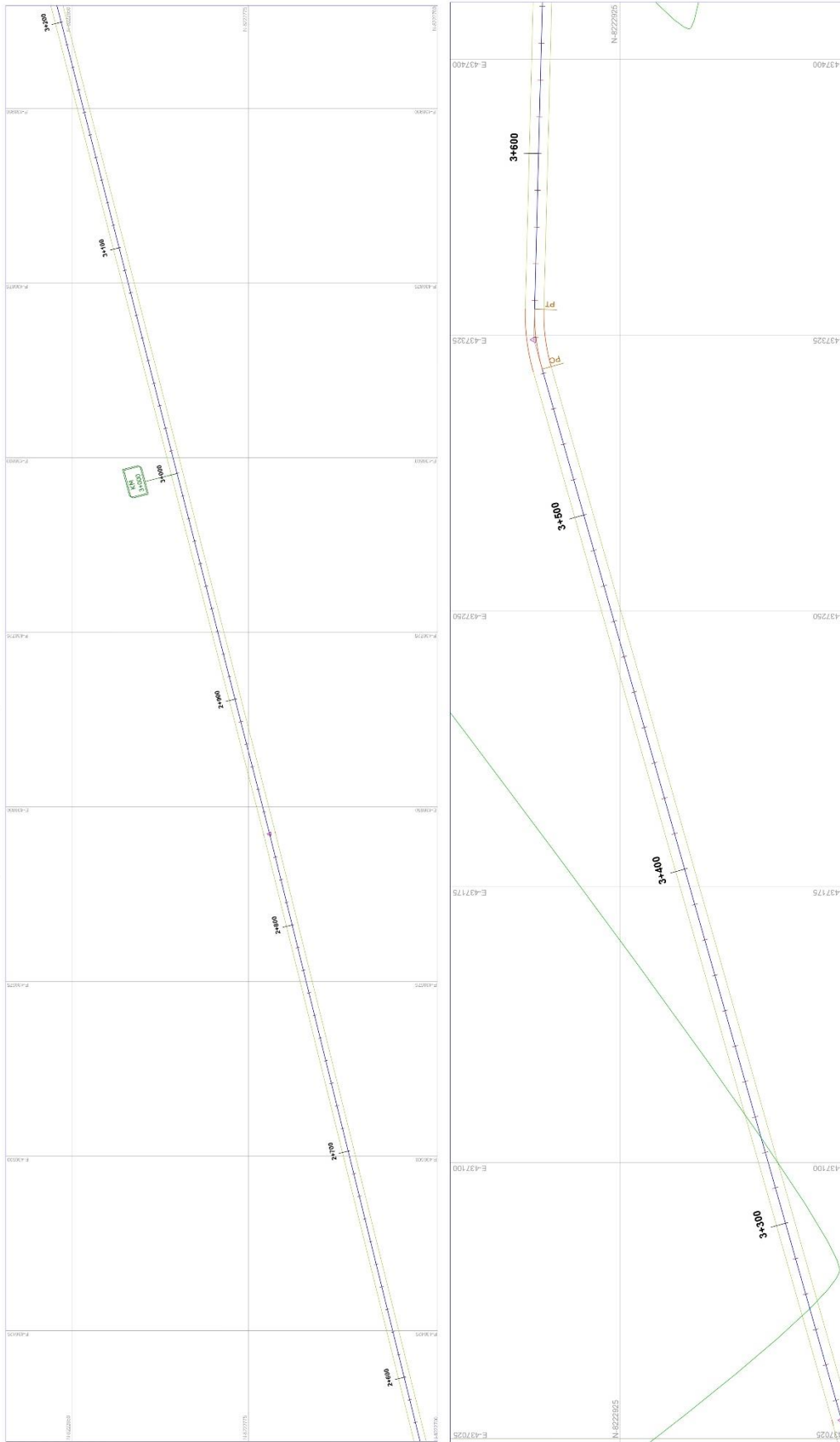
PROFESOR(A): BACH. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA
BACH. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA

| FECHA | ESTADO | ENCARGADO |
|------------|-----------|-----------|
| 15/05/2022 | ELABORADO | EL COLEGO |
| 15/05/2022 | REVISADO | EL COLEGO |
| 15/05/2022 | APROBADO | EL COLEGO |

MAPA: **PC-02**



PLANO CLAVE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA



PLANO CLAVE

PC-03

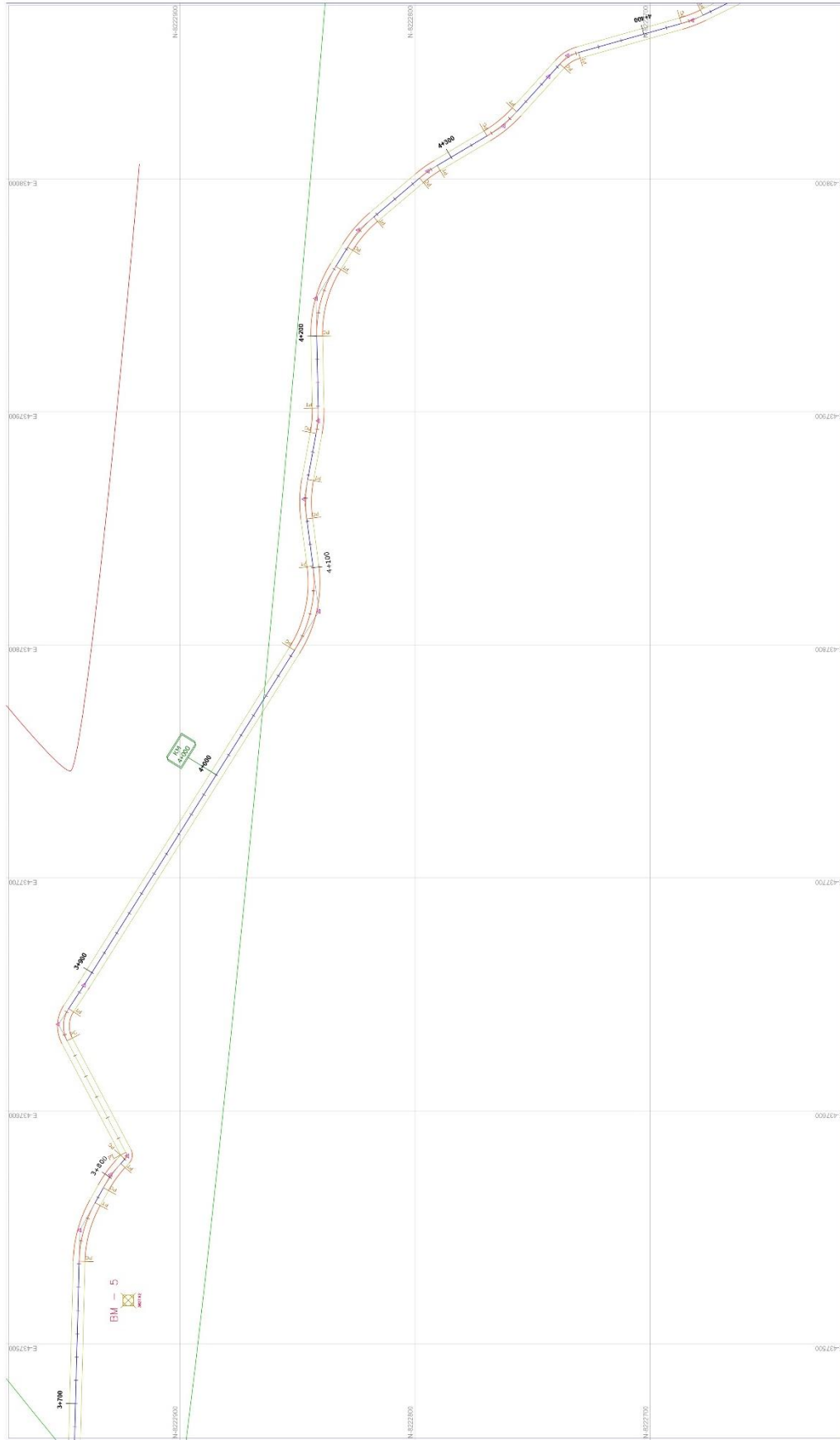
FECHA: ABRIL 09, 2012

PROYECTO: COMPARACION DE METODOS DE AJUSTE EN POLIGONALES ABIERTAS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECTIFICACION GNS EN LA CARRETERA HUACON C.T. SAN SIEBRO CLAVE

TRANSACCION: BACH: HUBERTH JHON ALFONTE CHURA
BACH: EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA



PLANO CLAVE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMESURA

PLANO CLAVE

PROYECTO: **COMPARACION DE METODOS DE AJUSTE EN PUNTALES ABERTOS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECTIFICACIONES EN LA CABRETERA**
JUANACUNI C.F. SAN SIDRO ILLAVE

PROFESOR: **BACH. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA**
BACH. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA

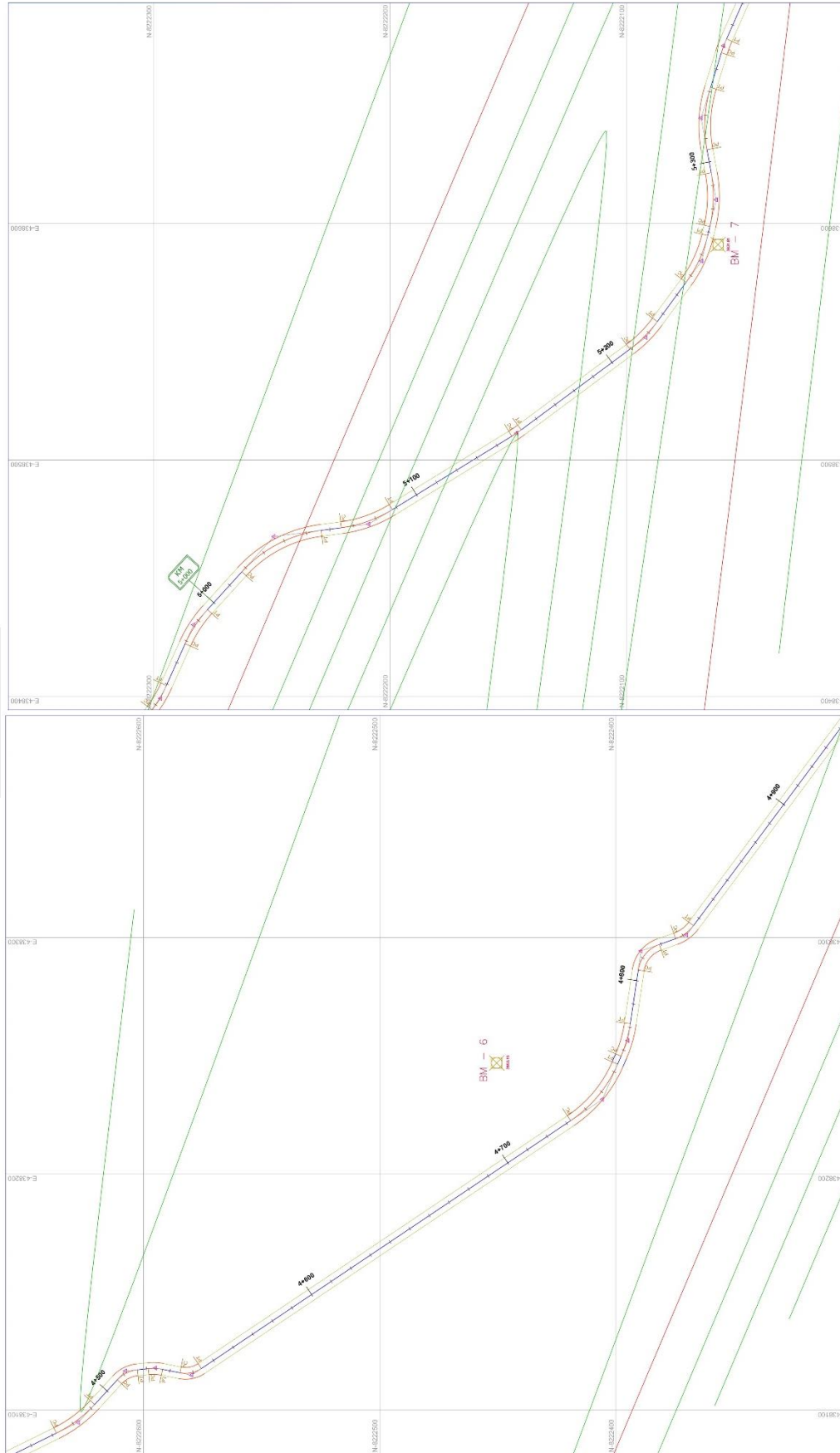
FECHA: **PC-04**

ELABORADO POR: **EL COCLAO** DISEÑADO POR: **ADRIEL DEL SOL**

REVISADO POR: **EL COCLAO** APROBADO POR: **EL COCLAO**



PLANO CLAVE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

PLANO CLAVE

PROYECTO: COMPARACION DE METODOS DE AJUSTE EN POLIGONALES ABIERTAS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECTORES GNS EN LA CARRETERA HUANCUNI C.P. SAN ISIDRO Y LAKE

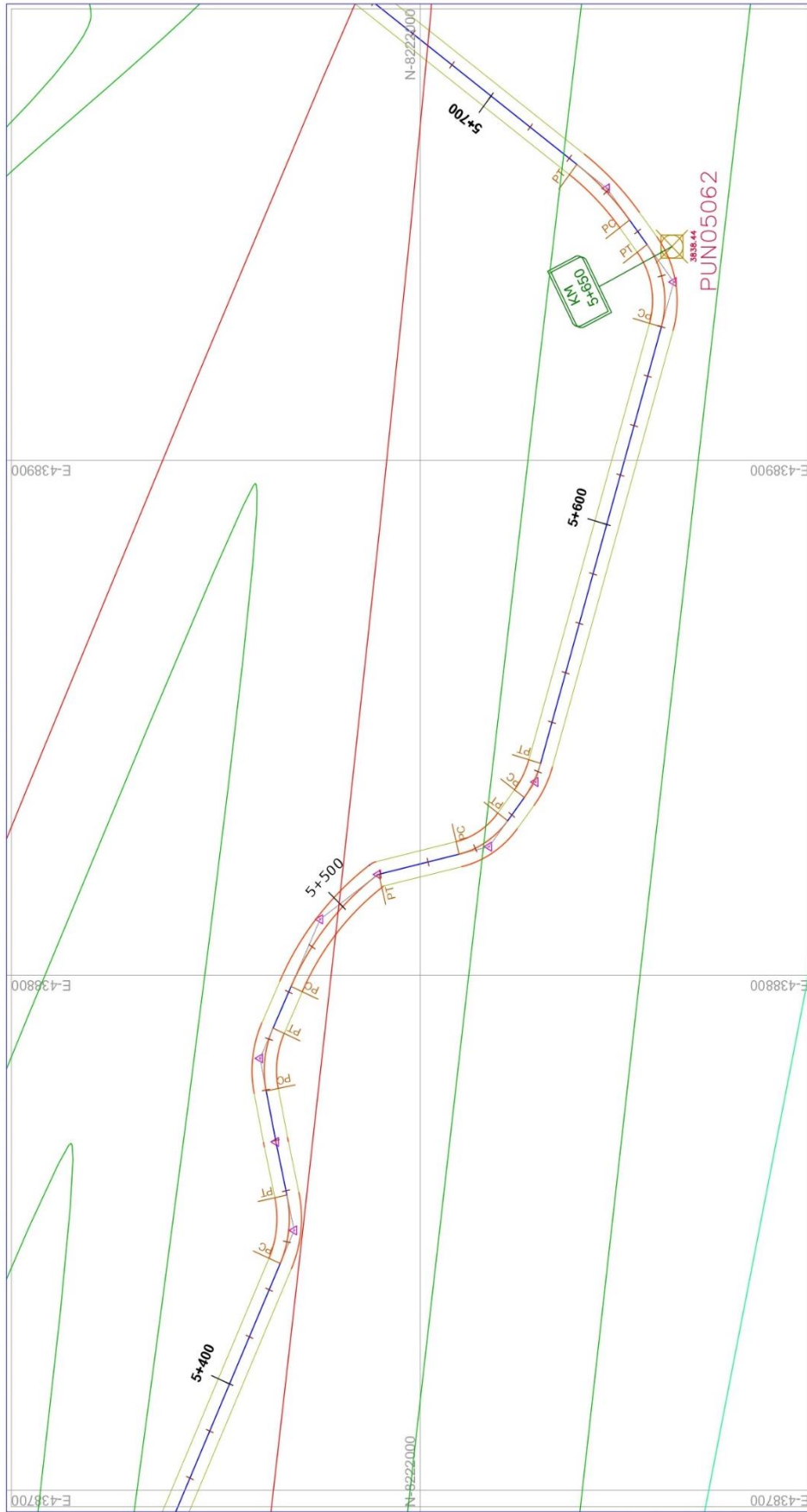
BACH. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA
BACH. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA

| | | | |
|--------|------------|-----------|----------------|
| FECHA: | INDICADA | PUNTO: | ABRIL DEL 2015 |
| FECHA: | EL COLLADO | INDICADA: | BLAVE |





PLANO CLAVE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMESURA

PLANO CLAVE

PROYECTO: CARRETERA - HUANCUNI - C.F. SAN SIDRO
COMPARACION DE METODOS DE AJUSTE EN POLIGONALES ABERTAS UTILIZANDO METODOS CONVENCIONALES Y RECEPTORES GNSS EN LA CARRETERA HUANCUNI C.F. SAN SIDRO CLAVE
PROFESOR: BACH. HUBERTH JHON ALFONTE CHURA
BACH. EVELYN GABRIELA JALIRI LUNA



PC-06