



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



**COMPARACIÓN DE COORDENADAS DE LA POLIGONAL**  
**ABIERTA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GNSS EN MODO**  
**RTK Y ESTACIÓN TOTAL EN LA CARRETERA JULI-PALERMO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EVER YENZ ALVARADO AGUILAR**

**Bach. MIDUARD MAMANI MIRANDA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*El Presente trabajo está dedicado a mis padres Eleuterio y Juana, por todos sus sacrificios que realizaron en busca de mi educación; a mis hijos Albert, Alfred y Alexandra por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.*

***Ever Yenz.***



## DEDICATORIA

*El Presente trabajo está dedicado a mis padre  
Constantino, por todos sus sacrificios que  
realizo en busca de mi educación; a mis  
hermanos y en especial a mi hermana Yobana,  
por su apoyo incondicional en los momentos  
más difíciles de mi vida*

***Miduard***



## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades, competencias y optar el Grado Académico de Ingeniero Topógrafo Agrimensor.*

***Ever Yenz & Miduard.***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLA**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16**

**1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

1.2.1 Ubicación de la zona de estudio ..... 17

1.2.2 Delimitación zona de estudio ..... 18

1.2.3 Ubicación política..... 18

1.2.4 Accesibilidad a la zona de estudio..... 19

**1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 19**

1.3.1 Pregunta general ..... 20

1.3.2 Preguntas específicas ..... 20

**1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS ..... 20**

1.4.1 Objetivo general ..... 20

1.4.2 Objetivos específicos ..... 21



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS .....</b>	<b>22</b>
2.1.1. Topografía.....	22
2.1.2. Puntos de control .....	22
2.1.3. Poligonación .....	24
<b>2.2. LEVANTAMIENTOS DE CONTROL HORIZONTAL .....</b>	<b>25</b>
2.2.1. Métodos de observación topográfico .....	25
2.2.2. Medición de ángulos .....	25
2.2.3. Medición de ángulos horizontales .....	26
2.2.4. Control de precisión de la medición y de la orientación.....	28
<b>2.3. ERRORES DE UNA MEDICIÓN TOPOGRÁFICA .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. Errores Instrumentales .....	28
2.3.2. Errores del Personal .....	28
<b>2.4. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DEL GPS .....</b>	<b>29</b>
2.4.1. Posicionamiento GPS métodos y aplicaciones .....	29
<b>2.5. CALCULO Y COMPENSACIÓN DE LA POLIGONAL.....</b>	<b>31</b>
2.5.1. Calculo y compensación de error de cierre angular.....	31
2.5.2. Cálculo de acimuts y rumbos.....	33
2.5.3. Cálculo de proyección de lados .....	34
2.5.4. Cálculo de error de cierre lineal.....	35
2.5.5. Compensación del error lineal .....	38
<b>2.6. FASES DE UN TRABAJO GNSS.....</b>	<b>41</b>
2.6.1. Planeamiento.....	42
2.6.2. Reconocimiento .....	42



<b>2.7. GEODESIA .....</b>	<b>44</b>
2.7.1. El geoide .....	45
2.7.2. Elipsoide .....	45
2.7.3. Altura elipsoidal.....	45
2.7.4. Clasificación de puntos geodésicos .....	46
<b>2.8. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>47</b>
2.8.1. Hipótesis general.....	47
2.8.2. Hipótesis específicas.....	47
<b>2.9. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>47</b>
2.9.1. Variables independientes .....	47
2.9.2. Variables dependientes .....	48

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>49</b>
3.1.1. Materiales.....	49
3.1.2. Herramientas .....	49
3.1.3. Equipos e instrumentos.....	49
3.1.4. Software .....	50
<b>3.2. METODOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....</b>	<b>51</b>
3.2.1. Tipo de investigación.....	51
3.2.2. Población y muestra.....	51
<b>3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
3.3.1. Metodología para los objetivos.....	52
3.3.2. Metodología para el objetivo principal.....	54
3.3.3. Metodología para el primer objetivo específico .....	71



3.3.4.	Metodología para el segundo objetivo específico.....	73
3.3.5.	Metodología para el tercer objetivo específico.....	76
<b>3.4.</b>	<b>ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>79</b>
3.4.1.	Tipo de investigación y estadística .....	79
3.4.2.	Hipótesis estadística.....	79
3.4.3.	Análisis estadístico .....	79
3.4.4.	Análisis .....	80
3.4.5.	Nivel de significancia .....	80
 <b>CAPÍTULO IV</b>  <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>  		
<b>4.1.</b>	<b>RESULTADOS PARA EL OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>81</b>
4.1.1.	Comparación y determinación de error lineal con estación total.....	81
4.1.2.	Comparación y determinación erro lineal con GNSS.....	81
4.1.3.	Resultados de muestras .....	83
<b>4.2.</b>	<b>RESULTADOS DE COMPARACION DE EQUIPOS.....</b>	<b>83</b>
4.2.1.	La precisión de las mediciones en los equipos topográficos .....	83
4.2.2.	Medición de distancias y ángulos .....	83
<b>4.3.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>84</b>
4.3.1.	Criterio de decisión .....	86
4.3.2.	Prueba de Normalidad .....	88
4.3.3.	Prueba de Hipótesis .....	90
<b>4.4.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>91</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>





<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 1.</b> Fichas de puntos de control orden C.....	100
<b>Anexo 2.</b> Especificaciones técnicas de estación total en el estudio .....	114
<b>Anexo 3.</b> Certificados de calibración .....	116
<b>Anexo 4.</b> Ficha de punto control permanente.....	117
<b>Anexo 5.</b> Plano de la poligonal de estudio .....	119

**Área:** Transportes

**Tema:** Diseño de vías y gerencia de vías

**Fecha de sustentación:** 11 de febrero del 2022.



## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1</b> Tabla de Ubicación de Zona de Estudio .....	19
<b>Tabla 2</b> Ubicación del lugar de Investigación en coordenadas UTM-WGS84.....	19
<b>Tabla 3</b> Ubicación del lugar de Investigación en coordenadas Geográficas .....	20
<b>Tabla 4</b> valores guías de tolerancia lineal en función de n. ....	38
<b>Tabla 5</b> Coordenadas UTM del punto IGN permanente JULIACA – PU02 .....	53
<b>Tabla 6</b> Coordenadas Geográficas del punto IGN permanente JULIACA – PU02.....	53
<b>Tabla 7</b> Coordenadas Base UTM y TOPOGRÁFICAS WGS-84 .....	53
<b>Tabla 8</b> Coordenadas Base Topográficas Wgs-84 de la Poligonal De Estudio .....	54
<b>Tabla 9</b> Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total GPS-1B .....	56
<b>Tabla 10</b> Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-1.....	57
<b>Tabla 11</b> Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total P-2 .....	58
<b>Tabla 12</b> Datos de medición de ángulos en series con estación total P-3.....	59
<b>Tabla 13</b> Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-4 .....	60
<b>Tabla 14</b> Datos de medición de ángulos en series con estación total P-5.....	61
<b>Tabla 15</b> Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total P-6 .....	62
<b>Tabla 16</b> Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-7.....	63
<b>Tabla 17</b> Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-8.....	64
<b>Tabla 18</b> Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-9 .....	65
<b>Tabla 19</b> Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-10 .....	66
<b>Tabla 20</b> Datos de Medición de Ángulos en Series con Estación Total GPS-2A.....	67
<b>Tabla 21</b> Resumen de Medición de Ángulos Y Distancias de da Poligonal Abierta.....	68
<b>Tabla 22</b> Coordenadas Ajustadas Estación Total.....	69
<b>Tabla 23</b> Datos de Coordenadas Obtenidos de la Tecnología GNSS En Modo RTK...	70



<b>Tabla 24</b> Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas Compensadas Et De La Poligonal y error lineal .....	72
<b>Tabla 25</b> Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas GNSS de la Poligonal.....	73
<b>Tabla 26</b> Cálculo de La Poligonal Abierta Y El Error de Cierre Con Estación Total. ..	74
<b>Tabla 27</b> Cálculo de la poligonal y el error de cierre con GNSS en modo RTK.....	75
<b>Tabla 28</b> Datos de la poligonal como numero de vértices, precisión de equipo y longitud total.....	77
<b>Tabla 29</b> Tabla comparativo de factores de permisibilidad en la poligonal .....	78
<b>Tabla 30</b> Ajuste de La Poligonal Abierta – Datos Estación Total. ....	78
<b>Tabla 31</b> Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas Compensadas Et de La Poligonal .....	81
<b>Tabla 32</b> Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas GNSS de La Poligonal.....	81
<b>Tabla 33</b> Comparación de Coordenadas de da Poligonal Abierta en Error Angular AZ .....	82
<b>Tabla 34</b> Comparación de Coordenadas de da Poligonal Abierta en Error Angular .....	82
<b>Tabla 35</b> Comparación de Coordenada Et Vs Coordenadas GNSS.....	83
<b>Tabla 36</b> Resumen de Comparación del Error Lineal y Angular con Estación Total....	84
<b>Tabla 37</b> Resumen de Comparación del Error Lineal y Angular con GNNS Modo RTK .....	84
<b>Tabla 38</b> Tabla de Calculo Erro Lineal de Variables ET y GNSS.....	85
<b>Tabla 39</b> Datos de Error Lineal ET y GNSS.....	88



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de Localización de la Localidad.....	18
<b>Figura 2</b> Imagen Satelital de la Zona a Estudiar .....	18
<b>Figura 3</b> Condiciones básicas para determinar un ángulo .....	27
<b>Figura 4</b> Línea base.....	30
<b>Figura 5</b> Cálculo de acimuts .....	33
<b>Figura 6</b> Representación de las proyecciones de los lados de una poligonal. ....	35
<b>Figura 7</b> Error de cierre lineal en polígonos .....	35
<b>Figura 8</b> Poligonal abierta con control.....	36
<b>Figura 9</b> Medición de la Poligonal Abierta con Equipo Estación Total .....	70
<b>Figura 10</b> Medición de la poligonal abierta con GNSS en modo RTK.....	71
<b>Figura 11</b> Medición de la poligonal con estación total.....	71
<b>Figura 12</b> Tabla de Student.....	87
<b>Figura 13</b> Campana de Gauss .....	88
<b>Figura 14</b> Línea de Distribución Normal.....	90



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- DATUM** : Sistema de Referencia Geodésico.
- DH** : Distancia horizontal
- GPS** : Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global).
- GNSS** : Global Navigation Satellite System  
(Sistema Satelital de Navegación Global).
- IGN** : Instituto Geográfico Nacional.
- PDOP** : Dilución de Precisión en Posición
- RTK** : Real-Time Kinematic (cinemático en tiempo real)
- UTM** : Universal Transversal Mercator (sistema de  
coordenadas universal transversal de Mercator).
- WGS84** : World Geodetic System (Sistema Geodésico Mundial) 1984.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “COMPARACIÓN DE COORDENADAS DE LA POLIGONAL ABIERTA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GNSS EN MODO RTK Y ESTACIÓN TOTAL EN LA CARRETERA JULI-PALERMO” se desarrolló en el Distrito de Juli, Provincia y departamento de Puno ejecutado durante los meses de agosto a setiembre del 2021. Teniendo como objetivo general comparar las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total en la carretera Juli-Palermo. La metodología que se utilizó en el trabajo de investigación fue a partir de la Red de líneas bases de enlace Geodésico que se procedió al replanteo de la Poligonal básica de 2 puntos GPS cada 5 Km., con la información obtenida en campo se realizaron los cálculos en gabinete, luego se obtuvo el error de cierre lineal de 0.134m. en estación total; mientras que GNSS en modo RTK se obtuvo 0.056m, de la misma manera se realizó el ajuste de la poligonal abierta con el método de la brújula y el método de los mínimos cuadrados. Finalmente, como conclusión: los dos equipos no tienen diferencia significativa en la obtención de error de cierre de la poligonal y en la compensación de la poligonal.

**Palabras Claves:** Topografía, poligonal abierta, comparación, control horizontal.



## ABSTRACT

This research work entitled "COMPARISON OF COORDINATES OF THE OPEN POLYGONAL USING GNSS TECHNOLOGY IN RTK MODE AND TOTAL STATION ON THE JULI-PALERMO ROAD" was developed in the District of Juli, Province and Department of Puno executed during the months of August to September 2021. With the general objective of comparing the coordinates of the open traverse using GNSS technology in RTK mode and total station on the Juli-Palermo highway. The methodology that was used in the research work was based on the Network of Geodesic link baselines, which proceeded to set out the basic traverse of 2 GPS points every 5 km, with the information obtained in the field the calculations were made. in cabinet, then the linear closure error of 0.134m was obtained. in total station; while in GNSS in RTK mode, 0.056m was obtained, in the same way that the adjustment of the open traverse was made with the compass method and the method of least squares. Finally, as a conclusion: the two teams do not have a statistically significant difference in obtaining the traverse closure error and in the traverse compensation.

**Keywords:** Topography, open traverse, comparison, horizontal control.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos en el mundo de avances tecnológicos agigantados, por lo tanto, surge la necesidad y exigencia de realizar trabajos de ingeniería con niveles altos de precisión en ejecución de los proyectos de topografía con estación total y GPS diferencial en tiempo real a fin de cumplir con las tolerancias de construcción que solicita los proyectos.

Las poligonales abiertas están compuesta de “n” número de vértices de acuerdo a la visibilidad topográfica de la zona y no mayores a 200 metros, con vértices debidamente monumentados estratégicamente los puntos de control horizontal y vertical mediante hitos geodésicos, empleando el sistema de referencia global WGS84 y enlazados al SIRGAS del IGN.

En la presente investigación se realizó una comparación de coordenadas entre GNSS en modo RTK y Estación Total, para optimizar la poligonal abierta mediante la reducción del error de desplazamiento y se ajustó la poligonal a los puntos de control Geodésicos. Se utilizaron métodos topográficos para coleccionar datos de campo, de modo tal que se redujo el error lineal – angular, de modo tal que éstas poligonales queden enlazadas a la red geodésica nacional.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema muy casual que se presenta en los trabajos de topografía, se da al momento de realizar las medidas horizontales y/o verticales, cuyos resultados varían de acuerdo a la precisión que tiene el instrumento (en este caso Estación Total y GNSS en modo RTK), es así que al coleccionar datos o coordenadas de un punto o vértice, estas





presentan variaciones de acuerdo al punto de inicio de la cual han sido tomadas (para ello se han tomado varias lecturas del mismo punto) para poder aceptar un valor que sea muy significativo o que no presente demasiada variación (respecto de los demás), cuyo resultado final (en el caso de una poligonal).

Presenta un desplazamiento con respecto a los puntos de control con que se cuenta, es así que al final estos vértices de la línea de llegada presentan errores de cierre, tanto en lineal como angular, las mismas que se calcularon para verificar si se encuentra dentro de la tolerancia y poder realizar una compensación mediante los métodos de ajuste existentes.

Todo tipo de proyectos que requieran de un levantamiento topográfico, estará sujeto a una red de control horizontal o red de apoyo (poligonal abierta), y esta a su vez debe estar enlazada a la red geodésica nacional. Al realizar los trabajos de campo notamos que los puntos de llegada no coinciden con los puntos geodésicos de control, por ello es que se presenta un error de desplazamiento horizontal conocido como error de cierre, la misma que genera un error lineal y angular. Para ello se formularon las siguientes preguntas de investigación:

## **1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Ubicación de la zona de estudio**

## Figura 1

*Mapa de Localización de la Localidad*



### 1.2.2 Delimitación zona de estudio

## Figura 2

*Imagen Satelital de la Zona a Estudiar*



*Fuente: Google Earth*

### 1.2.3 Ubicación política

REGIÓN : Puno

PROVINCIA: Chucuito

DISTRITO : Juli

SECTOR : Palermo



#### 1.2.4 Accesibilidad a la zona de estudio

La principal ruta de acceso es por la vía terrestre de la carretera PUNO - DESAGUADERO viajando así al ámbito del Proyecto se comunica principalmente con las ciudades de Juli - Ilave y Puno con los cuales este comunicado especialmente por carreteras asfaltadas y afirmadas como se muestra en los cuadros que se presentan a continuación:

Para llegar al Desvio Palermo, desde Puno, se toma la carretera Puno- Ilave, se sigue por la carretera Ilave Mazocruz hasta llegar a Desvio Juli-Palermo.

**Tabla 1**

*Tabla de Ubicación de Zona de Estudio*

Nº	DE	A	DISTANCIA (KM)	TIPO DE CARRETERA
1	Puno	Ilave	44	Asfaltada
2	Ilave	Mazocruz (Dv Juli-Palermo)	35	Asfaltada

Fuente: Google Earth

**Tabla 2**

*Ubicación del lugar de Investigación en coordenadas UTM-WGS84*

ZONA	ESTE	NORTE
19	432832.035	8195273.828

*Nota: Coordenadas del centroide de materia de investigación,*



**Tabla 3**

*Ubicación del lugar de Investigación en coordenadas Geográficas*

ZONA	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
19	S 16°19'21.43995""	W 69°37'43.66434"

*Nota: Coordenadas geográficas del centroide materia de investigación,*

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Pregunta general**

- ¿Cuál será la comparación de coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total en la carretera Juli-Palermo?

#### **1.3.2 Preguntas específicas**

- ¿Cuál es la diferencia de coordenadas utilizando GNSS en modo RTK y estación total?
- ¿Cuál será el error de cierre de la poligonal abierta utilizando GNSS en modo RTK y estación total?
- ¿Cómo será el ajuste y compensación de las coordenadas de la poligonal utilizando GNSS en modo RTK y estación total por los métodos de la brújula y mínimos cuadrados?

### **1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

Luego se plantearon los siguientes objetivos de investigación:

#### **1.4.1 Objetivo general**

- Comparar las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total en la carretera Juli-Palermo.



### 1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar la diferencia de coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total.
- Determinar el error de cierre de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total.
- Realizar el ajuste y compensación de las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total por los métodos de la brújula y mínimos cuadrados.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

##### 2.1.1. Topografía

Según Alcántara (1999), La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre, en otras palabras, la topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica. Ejecuta replanteos sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano; realiza también trabajos de deslinde, división de tierras, catastro rural y urbano y en su forma más refinada determina los límites entre estados y entre países.

Alcántara (2014), Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

##### 2.1.2. Puntos de control

Valencia (2008) Conjunto de operaciones cuya finalidad es constatar o fiscalizar en el terreno la materialización de las obras de ingeniería, en el caso de una obra vial no solo se fiscaliza las dimensiones y componentes de la loza o carpeta de asfalto, con sus respectivos testigos y especificaciones técnicas, sino también los radios de curvatura,



desarrollos, las posiciones de los principios y fin de curvas, el peralte, el bombeo, y demás elementos geométricos de las curvas verticales y horizontales.

El punto de control en la topografía.

Mendoza (2017) Dice que el punto de control o punto topográfico, es aquel punto a partir del cual se realiza las mediciones lineales y/o angulares. En ocasiones estos puntos sirven de referencia para definir la dirección de un alineamiento. Los puntos topográficos se dividen en dos:

#### **2.1.2.1. Puntos topográficos permanentes**

Son puntos de referencia fijos, creados antes y al margen del levantamiento topográfico, así tenemos, por ejemplo: los faros, las astas de las plazas, las antenas, los para rayos, hitos, etc.

#### **2.1.2.2. Puntos topográficos temporales**

Son puntos creados especialmente para la realización de un proyecto, generalmente estos puntos deben desaparecer finalizado el levantamiento. Estos puntos se marcan con estacas de madera o fierro y se recomienda pintarlas para poder ubicarlas fácilmente, así mismo estas deben estar referidas a una estructura cercana. (Mendoza, 2017)

#### **2.1.2.3. Importancia de los puntos topográficos**

En topografía cada punto topográfico representa el origen de un subsistema de coordenadas y gracias a él se podrá determinar la posición de otros puntos (Mendoza, 2017).



#### 2.1.2.4. Levantamiento topográfico

Los levantamientos topográficos son útiles para los trabajos del ingeniero, para determinar la localización más conveniente y económica del proyecto de caminos, ferrocarriles, puentes, urbanizaciones, canales de regadío, etc. (Conde, 1994)

#### 2.1.3. Poligonación

Zúñiga (2010) una poligonal es una serie sucesiva de líneas, quebradas o no, cuyas longitudes y direcciones se determinan a partir de mediciones de campo. Su mejor cualidad es que se puede emplear para proporcionar control en áreas donde la triangulación o trilateración topográfica podrían ser imposibles o difíciles de ejecutar por sus costos que conlleva; a pesar de estos, no se debe adoptar como alternativa de levantamiento en áreas extensas.

En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

- ✓ **Poligonales Abiertas:** De enlace con control de cierre en las que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.

Bnnister, & Baker (2016) Cuando se realiza el levantamiento de una poligonal abierta, normalmente se trata de obras de tipo lineal, tales como caminos, carreteras, canales de drenaje y similares, en este caso lo que se hace es dividir la obra en tramos rectos y definir la alineación de cada uno, es decir se mide el azimut de cada uno y su distancia para ir construyendo la poligonal abierta.





## **2.2. LEVANTAMIENTOS DE CONTROL HORIZONTAL**

Torres y Villate (2001) Son llamados levantamientos de control porque se utilizan principalmente para determinar con precisión la posición de puntos que sirven para iniciar o para terminar o “cerrar” una poligonal.

### **2.2.1. Métodos de observación topográfico**

Alcántara (1990) En topografía para la medición de ángulos se usa cualquier goniómetro o instrumento de medida.

Método simple. Consiste en colocar como origen de medición cero grados sobre la línea que une al vértice con cualquier punto de referencia, que se tome como origen.

### **2.2.2. Medición de ángulos**

Szentesi (1980) Los puntos de dirección deben ser escritos en orden, en el sentido de las agujas del reloj; la dirección inicial debe ser prescrita de nuevo en el final de la serie como dirección terminal.

La medición de ángulos solo puede ser realizada en condiciones adecuadas de visibilidad, en tiempo no muy ventoso. Durante la medición, el instrumento y el soporte debe estar a la sombra; alrededor del instrumento hay que moverse con precaución, durante la observación no hay que rodear del instrumento porque con ello se puede mover fácilmente el soporte del mismo.

¡No tolerar la presencia de curiosos y niños alrededor del instrumento! El instrumento solo puede ser tocado ligeramente; el ocular debe ser ajustado antes de la medición; durante la medición, aparte del tornillo paraláctico (anillos), de los tornillos de enlace y de dirección no se debe tocar ni el instrumento ni el soporte del mismo. Si el instrumento o el soporte del mismo son objeto de una sacudida hay que repetir la medición:



- ✓ Antes de comenzar la medición y antes de cada repetición hay que controlar su verticalidad.
- ✓ En una serie de mediciones debe haber por lo menos dos direcciones de orientación.
- ✓ La dirección en la primera posición del anteojo normal hay que realizarla en el sentido de las agujas del reloj, y en la segunda posición del anteojo invertido, en sentido contrario.

Entre los valores de dirección medidos en la primera y segunda posición del anteojo, en general debe haber una distancia aproximadamente permanente, por esto hay que calcularla a base de los valores leídos para compararlos con fines de control. Si la diferencia entre el valor inicial y final de la dirección inicial es tres veces mayor que la capacidad de lectura en el caso de instrumento de capacidad de lectura (o precisión) de 1"-10" es dos veces mayor en otro caso, entonces hay que repetir la medición, el encargado de registro repite en altavoz, los números dictados.

### **2.2.3. Medición de ángulos horizontales**

Wolf, y Ghilani (2012) Los acimuts se miden a partir de una dirección y pueden determinarse directamente usando un teodolito o un instrumento de estación total. En este proceso, con el instrumento emplazado y centrados sobre una estación y nivelado, se toma primero una lectura hacia atrás sobre un punto conocido, el instrumento está ahora "orientado" debido a que la línea visual está en una dirección conocida, con el acimut correspondiente en el círculo horizontal.

1. En topografía el ángulo formado por dos líneas rectas trazadas sobre el suelo se mide horizontalmente y se llama ángulo horizontal. Las líneas trazadas sobre el suelo se pueden reemplazar con dos líneas visuales AB y AC. Estas líneas visuales parten del ojo del

observador que constituye el vértice A del ángulo BAC, y se dirigen hacia puntos fijos del terreno tales como una piedra, un árbol, un hormiguero, un poste telefónico o la esquina de un edificio.

2. Los ángulos horizontales en general se expresan en grados. Un círculo completo se divide en 360 grados, abreviado como  $360^\circ$ , un ángulo de  $90^\circ$ , llamado ángulo recto, formado por dos rectas perpendiculares; los ángulos de un cuadrado son todos ángulos rectos; un ángulo de  $180^\circ$  obtenido prolongando una línea recta; en realidad es lo mismo que una línea recta.

3. Cada grado se divide en unidades más pequeñas:

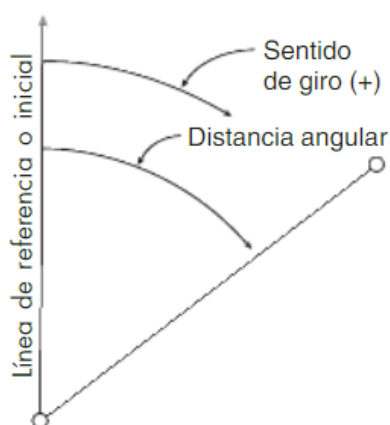
1 grado = 60 minutos (60');

1 minuto = 60 segundos (60").

De todos modos, estas unidades más pequeñas sólo pueden ser medidas con instrumentos de alta precisión.

### Figura 3

*Condiciones básicas para determinar un ángulo*



Fuente: Wolf, y Ghilani, 2012



#### **2.2.4. Control de precisión de la medición y de la orientación**

Szentesi (1980) La suma de los ángulos interiores de los triángulos, da una orientación sobre la precisión de la medición de dirección. La medición de dirección es de una precisión adecuada si la suma de los ángulos interiores del triángulo sólo se desvía  $24/t$  segundos de los  $180^\circ$ . En la formula  $t$  es la longitud media del lado del triángulo en kilómetros. La precisión de la orientación se define mediante el examen de la desviación de los ángulos. Ninguna de las desviaciones puede ser mayor de  $24/t$ .

### **2.3. ERRORES DE UNA MEDICIÓN TOPOGRÁFICA**

Anrango (2015) Los errores más comunes en la topografía pueden provenir de tres partes que son instrumentales, del personal y por las condiciones en las que se lo realiza.

#### **2.3.1. Errores Instrumentales**

Estos errores se realizan por los accesorios usados en la medición por que pueden tener imperfecciones en sus partes, estos errores normalmente pueden ser corregidos mediante compensación o cálculos sin influir en las lecturas tomadas.

#### **2.3.2. Errores del Personal**

Esto sucede por la apreciación del operador al medir ya sea por la agudeza visual o sensibilidad del tacto. Los más comunes son al plantar el aparato si ubica ineficientemente el instrumento o sus accesorios. La visualización del objetivo cuando el antejo no refleja la recolección de los datos aplomados. El redondeo esto se da cuando se suprime medidas por exceder en la descripción final del motivo del trabajo.



## 2.4. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DEL GPS

### 2.4.1. Posicionamiento GPS métodos y aplicaciones

#### Posicionamiento absoluto

Decimos que un posicionamiento es absoluto, cuando se calcula la posición del punto utilizando las medidas de pseudodistancia ya sea procedentes del código C/A, o código P. Dependiendo del código que utilicemos y de la disponibilidad selectiva obtendremos una precisión que variará de 3 a 5 m. en tiempo real. Este tipo de posicionamiento es utilizado por los equipos llamados navegadores. (Peñañiel & Zayas, 2001)

#### Posicionamiento diferencial

##### a) Método estático

Llamamos posicionamiento diferencial cuando están involucrados dos o más instrumentos GPS, con el fin de eliminar los errores propios del sistema GPS, calculando los incrementos de coordenadas desde el equipo de referencia al móvil.

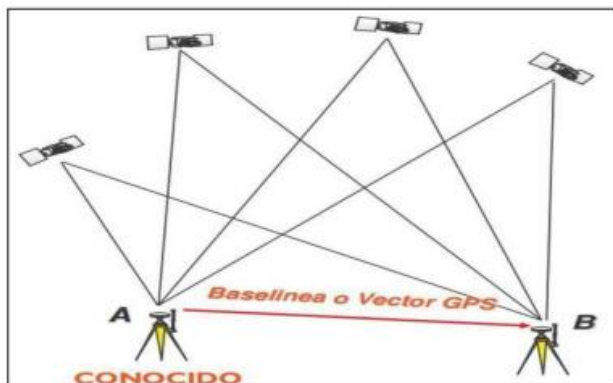
**Estático:** Este método se utiliza para distancias largas (por lo general mayores de 20 Km.) y la más alta precisión. Es la medición clásica de líneas bases.

Consiste en estacionar dos receptores o más receptores en los puntos los cuales queremos conocer sus coordenadas, almacenar datos y calcular las coordenadas en tiempo diferido. En este tipo de posicionamiento se obtienen soluciones tan redundantes como deseemos, tan solo deberemos prolongar la observación.

**Estático Rápido:** Las distancias máximas que pueden existir entre la referencia y el móvil es de 20 Km. Los tiempos breves de observación posibilitan una precisión de 5 a 10 mm.  $\pm$  1 ppm, los tiempos de observación son de 5 a 10 minutos para distancias inferiores a 5 Km. (Peñañiel & Zayas, 2001)

## Figura 4

Línea base.



Fuente: (Peñañiel & Zayas, 2001).

### b) Método cinemático

#### Cinemático post procesado (PPK)

El método cinemático mide la posición relativa de dos puntos levantados en un intervalo de tiempo pre-definido por el usuario, para un posterior procesamiento. (Ayala & Hasbun, 2012)

#### Cinemático en Tiempo Real (RTK)

Esta es la última innovación en las técnicas de medida GPS. Consiste en obtener coordenadas en tiempo real en el sistema de referencia adoptado previamente.

Todos los avances tecnológicos efectuados en las técnicas de medición GPS se dirigen hacia estar el menor tiempo posible en la toma del punto y tener el resultado en el propio campo. Hasta ahora este tipo de trabajo quedaba reservado a los métodos clásicos (Estaciones Totales). Sin embargo, mediante el Tiempo Real en el GPS, podremos utilizar éste de manera similar a una Estación Total, obtención de coordenadas al instante. Esto quiere decir que podremos utilizar nuestro equipo GPS para métodos de levantamiento y replanteo. (Ayala & Hasbun, 2012)



Al igual con el DGPS el hecho de que se conozcan las coordenadas de la estación base, es explotado en los levantamientos cinemáticos. La mayoría de los fabricantes transmiten las observaciones de la estación base al vagabundo. El receptor del vagabundo usa las teclas de posicionamiento relativo. Sin embargo, es posible calcular y transmitir las correcciones de las pseudodistancias (PRC). (Wolf & Ghilani, 2016)

## **2.5. CALCULO Y COMPENSACIÓN DE LA POLIGONAL**

### **2.5.1. Calculo y compensación de error de cierre angular**

Casanova (2002) menciona: En una poligonal cerrada se debe cumplir que la suma de los ángulos internos debe ser:

$$\Sigma\angle_{int} = (n - 2) 180^\circ \quad (2.2)$$

En donde:

n = número de lados

Como se estableció previamente en el capítulo 4, la medición de los ángulos de una poligonal estará afectada por los inevitables errores instrumentales y operacionales, por lo que el error angular vendrá dado por la diferencia entre el valor medido y el valor teórico.

$$Ea = \Sigma\angle_{int} - (n - 2) 180^\circ \quad (2.3)$$

Se debe verificar que el error angular sea menor que la tolerancia angular, generalmente especificada por las normas y términos de referencia dependiendo del trabajo a realizar y la apreciación del instrumento a utilizar, recomendándose los siguientes valores.

Se debe verificar que el error angular sea menor que la tolerancia angular, generalmente especificada por las normas y términos de referencia dependiendo del



trabajo a realizar y la apreciación del instrumento a utilizar, recomendándose los siguientes valores.

Si el error angular es menor que la tolerancia angular, se procede a la corrección de los ángulos, repartiendo por igual el error entre todos los ángulos, asumiendo que el error es independiente de la magnitud del ángulo medido.

$$Ca = - Ea/n \quad (2.4)$$

En poligonales abiertas con control, el error angular viene dado por la diferencia entre el acimut final, calculado a partir del acimut inicial conocido y de los ángulos medidos en los vértices y el acimut final conocido.

$$Ea = \varphi_{fc} - \varphi_f \quad (2.5)$$

En donde:

$Ea =$  Error angular

$\varphi_{fc} =$  acimut final calculado

$\varphi_f =$  acimut final conocido

Al igual que en poligonales cerradas, se compara el error con la tolerancia angular. De verificarse la condición, se procede a la corrección angular, repartiendo el error en partes iguales entre los ángulos medidos.

La corrección también se puede efectuar sobre los acimuts, aplicando una corrección acumulativa, (múltiplo de la corrección angular), a partir del primer ángulo medido. En otras palabras, el primer acimut se corrige con  $Ca$ , el segundo con  $2 Ca$  y así sucesivamente, hasta el último acimut que se corrige con  $n Ca$ .



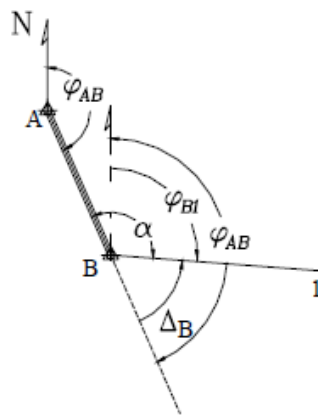
### 2.5.2. Cálculo de acimuts y rumbos

Casanova (2002) menciona: Los acimuts de los de lados una poligonal se pueden calcular a partir de un acimut conocido y de los ángulos medidos, aplicando la ley de propagación de los acimuts, la cual se puede deducir de la figura 21.

Supongamos que en la figura 21, se tienen como datos el acimut  $\varphi_{AB}$  y los ángulos en los vértices y se desea calcular los acimuts de las alineaciones restantes, para lo cual procedemos de la siguiente manera:

**Figura 5**

*Cálculo de acimuts*



El acimut  $\varphi_{B1}$  será

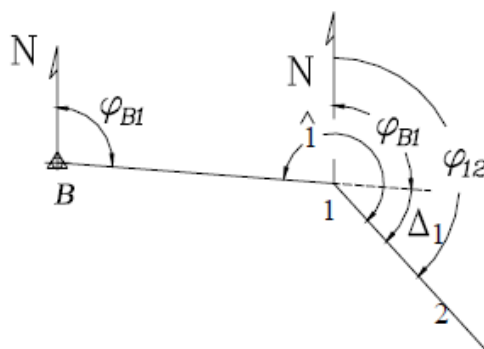
$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} - \Delta_B$$

siendo

$$\Delta_B = 180 - \alpha$$

luego

$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} + \alpha - 180^\circ$$



El acimut  $\varphi_{12}$  será

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \Delta_1$$

siendo

$$\Delta_1 = \angle 1 - 180^\circ$$

luego

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \angle 1 - 180^\circ$$

*Fuente:* Casanova, 2002

Si aplicamos el mismo procedimiento sobre cada uno de los vértices restantes, podremos generalizar el cálculo de los acimuts según la siguiente ecuación:



$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \angle \text{vértice} \pm 180^\circ \quad (2.6)$$

En donde:

$\varphi_i =$  acimut del lado

$\varphi_{i-1} =$  acimut anterior

Los criterios para la utilización de la ecuación (2.6) son los siguientes:

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

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

Si  $(\varphi_{i-1} + \angle \text{vértice}) \geq 540^\circ \Rightarrow$  se resta  $540^\circ$  ya que ningún acimut puede ser mayor de  $360^\circ$

### 2.5.3. Cálculo de proyección de lados

Casanova (2002) El cálculo de las proyecciones de los lados de una poligonal corresponden a las relaciones entre los sistemas de coordenadas polares y rectangulares.

Recordemos que las proyecciones de los lados de una poligonal se calculan en función de los acimuts y las distancias de los lados aplicando las ecuaciones (2-7) y (2-8), las cuales se reproducen a continuación:

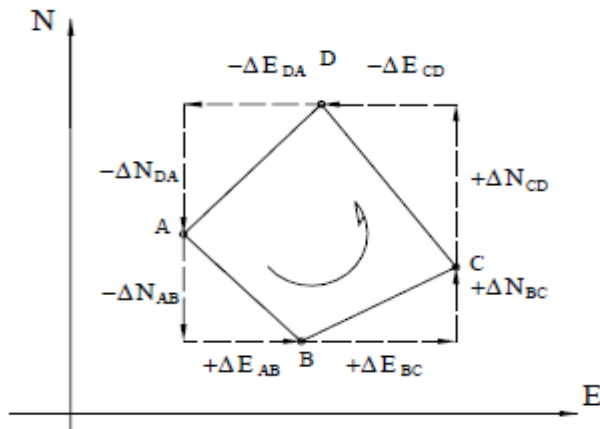
$$\Delta N_{1-2} = D_{1-2} \times \cos \varphi_{12} \quad (2-7)$$

$$\Delta E_{1-2} = D_{1-2} \times \sen \varphi_{12} \quad (2-8)$$

En la figura 22 se representan gráficamente las proyecciones de una poligonal cerrada.

**Figura 6**

*Representación de las proyecciones de los lados de una poligonal.*



Fuente: Casanova, 2002

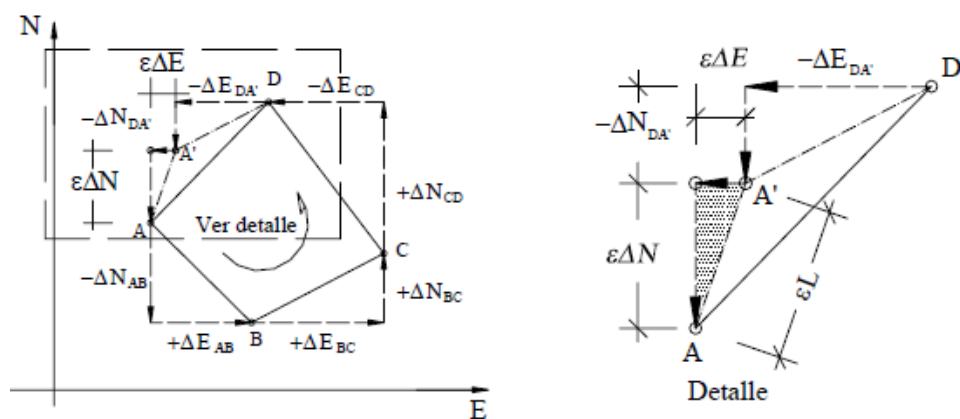
#### 2.5.4. Cálculo de error de cierre lineal

Casanova (2002) menciona: En una poligonal cerrada la suma de las proyecciones sobre el eje norte-sur debe ser igual a cero. De igual manera, la suma de las proyecciones sobre el eje este-oeste debe ser igual a cero (figura 22).

Debido a los inevitables errores instrumentales y operacionales presentes en la medición de distancias, la condición lineal mencionada nunca se cumple, obteniéndose de esta manera el error de cierre lineal representado en la figura 23.

**Figura 7**

*Error de cierre lineal en polígonos*



Fuente: Casanova, 2002

En la figura 23., el punto A' representa la posición del punto A una vez calculadas las proyecciones con las distancias medidas. Nótese que para que se cumpla la condición lineal de cierre, el punto A' debería coincidir con el punto A.

$$\varepsilon\Delta N = \Sigma\Delta N - S \quad (2.9)$$

De igual manera, sumando proyecciones sobre el eje este-oeste, tenemos

$$\varepsilon\Delta E = \Sigma\Delta E - 0 \quad (2.10)$$

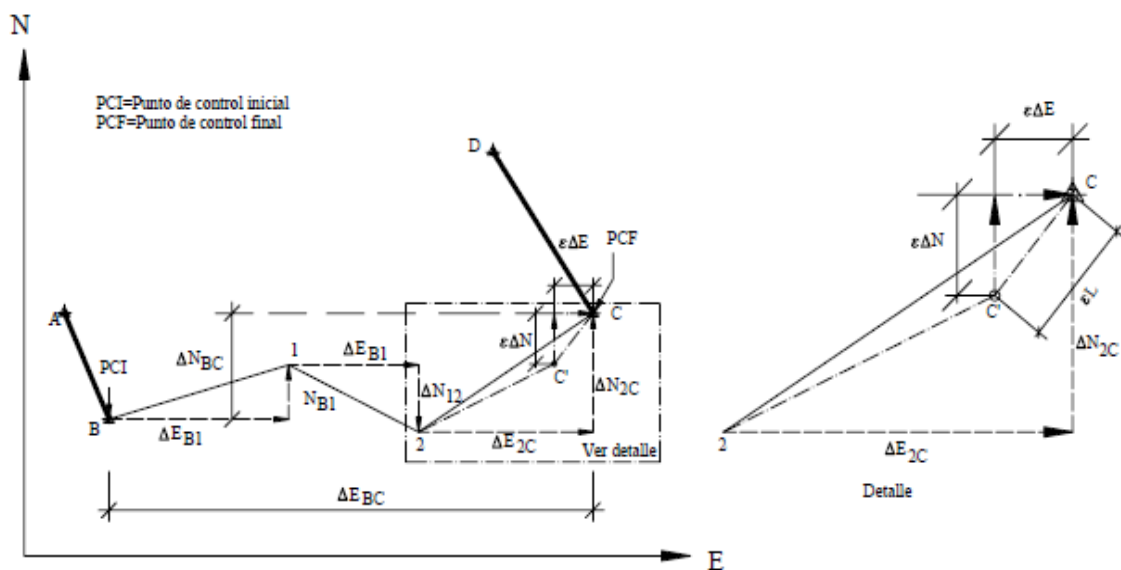
El error lineal vendrá dado por

$$\varepsilon L = \sqrt{\varepsilon\Delta N^2 + \varepsilon\Delta E^2} \quad (2.11)$$

En el caso de una poligonal abierta, con control, como la mostrada en la figura 5.6, la suma de las proyecciones sobre el eje norte-sur debe ser igual a la diferencia entre las coordenadas norte de los puntos de control inicial y final ( $\Delta N_{BC}$ ), y la suma de las proyecciones sobre el eje este-oeste debe ser igual a la diferencia entre las coordenadas este de los puntos de control inicial y final ( $\Delta E_{BC}$ ); por lo tanto, el error sobre las proyecciones puede ser calculado.

### Figura 8

*Poligonal abierta con control*



Fuente: Casanova, 2002



$$\varepsilon\Delta N = \Sigma\Delta_{N-S} - \Delta N_{BC} \quad (2.12)$$

$$\varepsilon\Delta E = \Sigma\Delta_{E-O} - \Delta E_{BC} \quad (2.13)$$

Y el error lineal se puede calcular aplicando la ecuación (2.11).

Una vez calculado el error lineal, se debe verificar que éste sea menor a la tolerancia lineal, (generalmente especificada por normas de acuerdo al tipo de importancia del trabajo, condiciones topográficas y precisión de los instrumentos de medida). En algunos casos, la tolerancia lineal se relaciona con la precisión obtenida en el levantamiento definido por la siguiente ecuación.

$$P = \frac{\varepsilon L}{\Sigma L} \quad (2.14)$$

En donde:

P = precisión de la poligonal

$\Sigma L$  = suma de los lados de la poligonal en m

El error relativo n, generalmente expresado en términos 1: n, viene dado por el inverso de P.

$$n = 1/P \quad (2.15)$$

La tabla 5, adaptada de Torres y Villate<sup>1</sup>, nos puede servir como guía para la selección de la tolerancia lineal en función del error relativo.

**Tabla 4**

valores guías de tolerancia lineal en función de  $n$ .

Tolerancia Lineal	Tipo De Levantamiento
1:800	levantamiento de 3 terrenos accidentados, de poco valor, Levantamiento de reconocimiento, colocaciones, etc.
1:1000 a 1:1500	Levantamiento de terreno de poco valor por taquimetría con doble lectura a la mira
1:1500 a 1:2500	Levantamiento de terreno agrícolas de valor medio, con cinta.
1:2500 a 1:5000	levantamientos urbanos y rurales, de mediano a alto valor, uso de distanciómetros electrónicos.
1:10000	Levantamientos geodésicos.

Fuente: Torres y Villate<sup>1</sup>

Algunas especificaciones empleadas en el estudio de carreteras establecen la tolerancia lineal según las siguientes expresiones.

Terreno llano  $TL = 0,015\sqrt{\Sigma L}$

Terreno ondulado  $TL = 0,025\sqrt{\Sigma L}$

Si el error lineal es mayor que la tolerancia lineal, es necesario comprobar en campo las distancias; en caso de verificarse que el error lineal sea menor que la tolerancia, se procede a la corrección lineal siguiendo un método de compensación adecuado.

### 2.5.5. Compensación del error lineal

Casanova (2002) El método adecuado para la compensación del error lineal depende de la precisión lograda por los instrumentos y procedimientos empleados en la medición.

Al presente, se han desarrollado diferentes métodos de compensación: el método de la brújula, el del tránsito, el de Crandall, el de los mínimos cuadrados, etc.; basados todos en diferentes hipótesis.



Recientemente, la evolución de la tecnología empleada en la fabricación de instrumentos ha igualado la precisión obtenida en la medición de distancias con la precisión obtenida en la medición angular, lo que hace al método de la brújula el método más adecuado para la compensación del error lineal, no sólo por asumir esta condición sino por la sencillez de los cálculos involucrados.

#### **2.5.5.1. Método de la brújula**

Gasga (2008) concluye que: El método de la brújula toma las mediciones de los ángulos y las distancias con la misma precisión, tomando en cuenta que el error ocurre en proporción directa a la distancia y por consiguiente la corrección se realizara directamente a las longitudes de los lados. Este método es muy conveniente aplicarlo en levantamientos en donde se utilice estación total o tránsito ya que los errores que se cometen son por las distancias tomadas.

Jiménez (2014) determina la regla de la brújula o de (Bowditch) ajusta las proyecciones ortogonales de las líneas de poligonales en proyección a sus longitudes. Aunque no es tan riguroso como el método de mínimos cuadrados, conduce a resultados lógicos en la distribución de cierre.

Jiménez (2014) desarrolla un programa en lenguaje C++: El objetivo de este trabajo es proporcionar una herramienta útil creada en el lenguaje de programación C++, y el entorno de desarrollo integrado Dev-C++ que efectúe los cálculos topográficos por el método de compensación denominado “Método de la Brújula” correspondientes a una poligonal cerrada.

En poligonales abiertas con control, el error angular viene dado por la

$$Ea = \phi c - \phi f$$



En donde:

$Ea =$  Error angular

$\phi_c =$  acimut final calculado

$\phi_f =$  acimut final conocido

La corrección sobre los acimutes, aplicando una corrección acumulativa, (múltiplo de la corrección angular), a partir del primer ángulo medido. En otras palabras, el primer acimut se corrige con  $Ca$ , el segundo con  $2Ca$  y así sucesivamente, hasta el último acimut que se corrige con  $nCa$ .

Si aplicamos el mismo procedimiento sobre cada uno de los vértices restantes, podremos generalizar el cálculo de los acimutes según la siguiente ecuación:

$$\phi_i = \phi_{i-1} + \angle \text{vértice} \pm 180^\circ$$

En donde:

$\phi_i =$  acimut del lado

$\phi_{i-1} =$  acimut anterior

condicionales en acimut:

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

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

$$\text{Si } (\phi_{i-1} + \angle \text{vértice}) \geq 540^\circ \Rightarrow \text{se resta } 540^\circ \text{ ya que ningún acimut puede ser mayor de } 360^\circ$$





## PROYECCIONES

$$\Delta N_{1-2} = D_{1-2} \times \cos\phi_{12}$$

$$\Delta E_{1-2} = D_{1-2} \times \sin\phi_{12}$$

Proyecciones sobre el eje este-oeste

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

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

El error lineal vendrá dado por

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

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

En donde:

P = precisión de la poligonal

$\Sigma L$  = suma de los lados de la poligonal en m

### 2.6. FASES DE UN TRABAJO GNSS

Todo levantamiento geodésico deberá ejecutarse siguiendo una secuencia operativa que en el orden indicado contemple las siguientes etapas: (Instituto Geográfico Nacional, 2015)



### **2.6.1. Planeamiento**

El planeamiento está ligado al estudio de pre – evaluación, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente: (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

Establecer los rangos de exactitud y precisión mínimos y máximos posicionales de acuerdo a las características y necesidades del proyecto. Así mismo se debe tener en cuenta la viabilidad de la ubicación de los puntos para lo cual se deben ser graficadas sobre una cartografía oficial existente.

Los trabajos de campo correspondientes a la obtención de puntos geodésicos GNSS requerirán previamente de una planificación a fin de asegurar la mejor eficiencia en términos de costo y tiempo.

### **2.6.2. Reconocimiento**

Luego del planeamiento, se requiere reconocer los sitios seleccionados a fin de conocer detalles que pudieran no aparecer en la cartografía existente, como por ejemplo, altura de árboles, edificaciones recientes, áreas con acceso restringido, etc. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

Se verificarán sobre el terreno, las características definidas en el planeamiento y establecer las condiciones y modalidades no previstas en el mismo. Verificar el funcionamiento de la estación de rastreo permanente o la existencia y buena conservación física de los puntos geodésicos bases a utilizar.

Localizar y determinar las condiciones de estabilidad de los puntos geodésicos de cota fija próximos pertenecientes a la red nacional para, en caso de ser necesario, contar con alturas ortométricas. Seleccionar en el terreno el área o áreas adecuadas para el



establecimiento de punto o puntos geodésicos definitivos o permanentes tomando como referencia la densificación realizada en el planeamiento.

Comprobar las condiciones de observación en cada área. Determinar que el terreno debe tener una estabilidad razonable para garantizar la permanencia del punto geodésico que se establezca. Deben evitarse los terrenos erosionables o sometidos a procesos de deslizamientos, inundaciones entre otros.

El área a colocar el punto o puntos geodésicos reunirán las siguientes condiciones: Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.

Evitar la existencia de superficies reflectantes a menos de 50 metros del punto geodésico a establecer (como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflectantes, u otros). A menores distancias afectarán: las paredes u otras construcciones de mampostería, líneas de transmisión de energía o antenas de equipos de comunicación, puestos de vigilancia, etc.

Fácil acceso y lugar apropiado para su estacionamiento sin provocar perturbaciones. Procurar que el agua de lluvia o de cualquier otra procedencia fluya rápidamente para que el punto geodésico se mantenga seco, con lo que además se protege la marca contra los efectos de la oxidación.

Determinar el diseño más adecuado a establecer según las características de la zona. En caso de localizarse puntos geodésicos de otros proyectos o redes, cuya ubicación reúna las características establecidas, serán utilizadas a fin de evitar la proliferación de puntos geodésicos que confundan a los usuarios.

Elaborar un legajo de campo indicando todas las observaciones en un croquis y anotando en una cartografía oficial los puntos geodésicos cercanos al área de trabajo, así como las vías de acceso. En caso de ser necesario, se actualizará el legajo.



Confeccionar un croquis descriptivo del sitio elegido, colocar sus coordenadas aproximadas y el mejor camino para su acceso. La información mínima requerida es la siguiente: denominación del proyecto, institución, operador, fecha, denominación del punto, nomenclatura, coordenadas aproximadas, tipo de marca, ubicación de la marca acimutal si fuera el caso, forma de acceso desde una

Localidad o vías de comunicación principal, persona de contacto, tipo de suelo, otras marcas geodésicas existentes, energía eléctrica (distancia a la que se encuentra disponible), diagrama de horizonte con las obstrucciones existentes, lugares de aprovisionamiento de combustibles y víveres, estado de los caminos y duración del recorrido, necesidad de vehículos especiales, etc.

Al término del reconocimiento, elaborar un informe de campo indicando todas las observaciones obtenidas y complementando con información gráfica sobre una cartografía oficial existente.

## **2.7. GEODESIA**

La Geodesia, es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio.

Los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para su obtención, sitúan a la geodesia como una ciencia básica para otras disciplinas, como la topografía, fotogrametría, cartografía, ingeniería civil, navegación, sistemas de información geográfica, entre otras. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)



### **2.7.1. El geoide**

Las irregularidades de la figura de geoide o cuasi geoide imponen la definición de un cuerpo matemático sencillo que posibilite solucionar los problemas geodésicos (cálculo de posición, distancia, direcciones, etc.). El marco matemático de referencia más conveniente es el elipsoide, y ello por un doble motivo: Primero porque es una figura relativamente simple, y segundo porque se ajusta al geoide o cuasi geoide con una aproximación de primer orden. (Lopez & Estevez, 1996)

### **2.7.2. Elipsoide**

Superficie matemática o marco de referencia para la solución matemática de los problemas geodésicos y para la definición de coordenadas geodésicas (latitud, longitud, y altitud elipsoidal o geodésica). (Lopez & Estevez, 1996)

Como sabemos la tierra no es redonda, y su figura se asemeja a una naranja o una “esfera achatada por los polos”, y no existe figura geométrica alguna que la represente, debido fundamentalmente a las irregularidades existentes. (Fernández, 2008b)

### **2.7.3. Altura elipsoidal**

Las alturas elipsoidales ( $h$ ) representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y el elipsoide. Dicha separación se calcula sobre la línea perpendicular a este último. Las alturas elipsoidales son obtenidas a partir de las coordenadas geocéntricas cartesianas ( $X, Y, Z$ ) definidas sobre un elipsoide de referencia (p. ej. el modelo Geodetic Reference System 1980, GRS80, o el World Geodetic System 1984, WGS84, los cuales, en la práctica, son iguales), y determinadas a partir del posicionamiento satelital de los puntos de interés. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)



## **2.7.4. Clasificación de puntos geodésicos**

Instituto Geográfico Nacional ( 2015) establece la normatividad: Con el objeto de unificar un marco de referencia geodésico, todos los trabajos de georreferenciación estarán referidos a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). Los puntos geodésicos en el territorio nacional se clasifican de la siguiente manera:

### **2.7.4.1. Punto geodésico orden “0”**

Este orden es considerado a nivel continental, y están destinados para estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre, de sus efectos geodinámicos y trabajos en los que se requiera una precisión a un nivel máximo de 4.00 mm; estos puntos servirán para la densificación de la Red Geodésica Nacional.(Instituto Geográfico Nacional, 2015)

### **2.7.4.2. Punto geodésico orden “A”**

Este orden debe aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 6.00 mm. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

### **2.7.4.3. Punto geodésico orden “B”**

Este orden se destina a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y trabajos que se requiera 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 y ajustarse junto con ella. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

#### **2.7.4.4. Punto geodésico orden “C”**

Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden “C”, no son monumentados y se destinarán a los 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 serán mayores a 10.00 mm. (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

## **2.8. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **2.8.1. Hipótesis general**

La Poligonal en el tramo Juli- Palermo KM 0+000 - KM. 5+000, cumple con las hipótesis nulas  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , donde la hipótesis es nula no existe una diferencia significativa entre las coordenadas del grupo GNSS y la medida de coordenadas del grupo ET

### **2.8.2. Hipótesis específicas**

Al comparar la diferencia de coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total no existen diferencias.

## **2.9. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **2.9.1. Variables independientes**

Las variables independientes son la diferencia de los residuos de coordenadas ( $X_1, Y_1; X_2, Y_2; \dots; X_n, Y_n$ ), de GNSS y Estación Total en replanteo de puntos en obra, con datos de diferencia de desplazamientos y residuos (milímetros).



### **2.9.2. Variables dependientes**

Las variables dependientes son las coordenadas tomadas por el GNSS y Estación

Total replanteada en campo en la ejecución de obra. (Milímetros)





## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.MATERIALES Y EQUIPOS

##### 3.1.1. Materiales

- Cemento
- Hormigón
- Balde
- Agua
- Varillas de fierro de 1/2"
- Pintura
- Thiner
- Brocha, pincel
- Libreta de Campo
- Materiales de escritorio
- Clavos de Acero

##### 3.1.2. Herramientas

- Pico
- Pala
- Badilejo
- Cinta métrica

##### 3.1.3. Equipos e instrumentos

Los equipos y/o herramientas usadas necesarios en el proyecto de investigación han sido los siguientes:

- 01 Receptor GNSS



- 01 Estación Total TS02 5”
  
- 01 Base nivelante
  
- 02 Prismas y porta prisma simple
  
- 03 radio comunicadores
  
- Trípode de madera
  
- 01 Laptop Core i7
  
- 01 GPS navegador
  
- Cámara Fotográfica
  
- Camioneta 4x4

#### **3.1.4. Software**

- AutoCAD 2020
  
- AutoCAD Civil 3D 2020
  
- Microsoft Office 2019
  
- Google Earth
  
- IBM SPSS Statistics v23



## **3.2. METODOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

Es un estudio de investigación transversal porque se analiza dos grupos en un mismo momento grupo GNSS y ET con prueba de significancia 95% de probabilidad, y la variable aleatoria es una variable numérica son las comparaciones de las coordenadas de la poligonal entonces es prueba T de Student Muestras Independientes.

### **3.2.2. Población y muestra**

#### **3.2.2.1. Población**

Para poder ver el contexto real de la investigación debemos reiterar que dicha tesis ha sido realizada en la carretera Nacional Juli-Palermo, que tiene una longitud total de 5 Km

Se define a la población como el conjunto general de todos los elementos los cuales de forma individual participan dentro del conjunto. Para la presente investigación, la población está conformada por todos los usuarios que hacen uso diario de la intersección estudiada y la infraestructura vial correspondiente. Los usuarios son los conductores, vehículos y peatones; y la infraestructura vial

#### **3.2.2.2. Muestra**

Se ha tomado como muestra desde el Km 0+000 – 5+000 de la carretera con código de ruta PE-38B Nacional. Que es el lugar donde se ha establecido la poligonal de estudio de la presente investigación, teniendo como puntos de enlace geodésicos al inicio y final de la poligonal. Para su control.



### **3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. Metodología para los objetivos**

##### **3.3.1.1. Recopilación de información**

En esta etapa la información se recopiló de campo a partir del establecimiento de la poligonal abierta que se estableció y se monumento y dándole una denominación para su identificación

##### **3.3.1.2. Planteamiento**

En esta etapa se estableció las condiciones de medición de distancias, técnicas, económicas y de factibilidad, la pre evaluación técnica, económica, la disponibilidad de equipos topográficos, materiales y personal; también se realizó una inspección visual de toda el área a trabajar, que nos sirvió en la planificación del trabajo, permitiéndonos de este modo la ubicación estratégica de los puntos.

##### **3.3.1.3. Procesamiento de información**

El post-procesamiento de la data de los puntos geodésicos se realizó con el software Trimble Business Center 5.0; en este programa se definen los parámetros necesarios para post-procesar la información y principalmente son: Precisiones, Zona Horaria, Proyección, Zona, datum, modelo geoidal, tipo de coordenadas, controles de calidad, etc. Además de ello se ingresan: Las coordenadas del punto o los puntos con coordenadas conocidas, el tipo de control por realizarse (horizontal, vertical o ambos), tipo de receptores usados, alturas de las antenas, luego se procesan los datos (con efemérides precisas ultras rápidas), entonces se procede a realizar las líneas bases y finalmente obtener los reportes respectivos de los puntos geodésicos.

**Tabla 5***Coordenadas UTM del punto IGN permanente JULIACA – PU02*

COORDENADAS UTM WGS 84				
Código	Nombre	Este	Norte	Altura Elipsoidal
1	PU02	373508.2191	8284432.1667	3880.5983

**Tabla 6***Coordenadas Geográficas del punto IGN permanente JULIACA – PU02*

COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS-84)				
Código	Nombre	Latitud	Longitud	Elevación Geoidal
1	PU02	15°30'51.75422"S	70°10'45.77113"W	3926.7667

**Resultados obtenidos del post proceso:**

Los resultados obtenidos de los puntos GPS – 1A y GPS – 1B del inicio y GPS – 2A y GPS – 2B de la llegada de la poligonal abierta son:

**Tabla****7***Coordenadas Base UTM y TOPOGRÁFICAS WGS-84*

PUNTO	COORDENADAS UTM- WGS 84		COORDENADAS TOPOGRÁFICAS WGS 84		COTA TOPOGRÁFICA
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
GPS-1A	432,832.035	8,195,273.828	432,821.328	8,195,268.191	3,945.249
GPS-1B	433,334.963	8,195,206.912	433,324.744	8,195,210,201	3,944.253
GPS-2A	437,630.441	8,194,200.764	437,624.395	8,194,194.084	3,965.250
GPS-2B	438,098.621	8,194,329.235	438,093.035	8,194,322.682	3,965.999

Se muestra en la tabla 11, las coordenadas de los puntos de control inicio y final de la poligonal abierta la cual se encuentra en los anexos B, C, D y E respectivamente.

**Tabla 8**

*Coordenadas Base Topográficas Wgs-84 de la Poligonal De Estudio*

Coordenadas Base Topográficas Wgs-84 de la Poligonal De Estudio			
N°	Punto	Este	Norte
1	GPS-1A	432821.328	8195268.191
2	GPS-1B	433324.744	8195201.210
3	P-1	433477.836	8195195.233
4	P-2	433812.934	8195085.907
5	P-3	434204.715	8194817.406
6	P-4	434698.106	8194773.606
7	P-5	435230.597	8194734.247
8	P-6	435704.350	8194619.662
9	P-7	436192.164	8194524.432
10	P-8	436654.980	8194411.714
11	P-9	436962.396	8194342.121
12	P-10	437180.807	8194307.961
13	GPS-2A	437624.395	8194194.084
14	GPS-2B	438093.035	8194322.682

### **3.3.2. Metodología para el objetivo principal**

Comparar las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total en la carretera Juli-Palermo

#### **3.3.2.1. Estación y configuración del equipo estación total**

Se procedió a estacionar el equipo Estación Total en los puntos de control terrestre (GPSD), en donde para su configuración se consideró los siguientes parámetros:

Tiempo de medición: Es el tiempo que transcurre desde que se inicia la medición hasta que se muestra en pantalla la lectura debida al rayo reflejado, este tiempo depende



del modo de medición elegido. Corrección de la constante del instrumento e introducción de la constante de prisma: Valores necesarios para realizar, el primero, una correcta calibración del instrumento y el segundo dependiendo del tipo de soporte del prisma y del propio instrumento.

En todos los casos los márgenes de modificación que ofrecen los fabricantes para estos valores son suficientes para calibrar y trabajar con prismas y soportes de diferentes constantes. Corrección por presión atmosférica y temperatura: La presión y la temperatura afectan a la velocidad del rayo infrarrojo y por tanto a la medición. La estación total debe permitir la introducción de la presión y temperatura para corregir la medición. La introducción es en mm. de Hg. y en °C. (SENAMHI)

#### **3.3.2.2. Cálculo planimétrico**

Una de las mayores ventajas al utilizar la Estación Total, es que los cálculos son automáticos, ya que, al establecerse un sistema de coordenadas, todas las lecturas obtenidas de ángulos y distancias, simplemente habrá que descargar la información de la libreta electrónica y dibujarla en un software de ingeniería AUTOCAD CIVIL 3D 2018.

#### **3.3.2.3. Comprobación de la base poligonal GPSD con estación total**

Se realizó la validación de los resultados tomados con estación total en series de ángulos y distancias, la cual el certificado de calibración se encuentra en el anexo G.

**Tabla 9**

*Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total GPS-IB*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL	
S I	GPS-IB	GPS-1A	0° 0' 0" 180°	0'	5"	0°0'2"	0°0'0"	0°0'0"	
		P-1	174° 39' 25" 354°	39'	25"	174°39'24"	174°39'22"	0°0'0"	174°39'22"
		GPS-1A	360° 0' 3" 360°	0'	7"	360°0'4"	360°0'2"	0°0'0"	360°0'2"
S II	GPS-IB	GPS-1A	0° 0' 0" 180°	0'	5"	0°0'2"	0°0'0"	0°0'0"	
		P-1	174° 39' 30" 354°	39'	29"	174°39'29"	174°39'27"	0°0'0"	174°39'27"
		GPS-1A	359° 59' 51" 180°	0'	8"	359°59'59"	359°59'57"	0°0'0"	359°59'57"
S III	GPS-IB	GPS-1A	0° 0' 0" 180°	0'	6"	0°0'2"	0°0'0"	0°0'0"	
		P-1	174° 39' 32" 354°	39'	30"	174°39'31"	174°39'28"	0°0'1"	174°39'26"
		GPS-1A	360° 0' 4" 360°	0'	8"	360°0'5"	360°0'2.99"	0°0'3"	359°59'59"



**Tabla 10**

*Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-1*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO REDUCIDA	ANG- COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-1	GPS-1B	0° 0' 0"	180° 0' 5"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-2	195° 49' 59"	15° 50' 4"	195°49'59"	0°0'-1"	195°50'0"
		GPS-1B	359° 59' 58"	360° 0' 3"	360°0'0"	0°0'-2"	360°0'0"
SERIE II	P-1	GPS-1B	0° 0' 0"	180° 0' 2"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-2	195° 49' 58"	15° 50' 2"	195°49'59"	0°0'1"	195°49'57"
		GPS-1B	360° 0' 3"	360° 0' 3"	360°0'2"	0°0'2"	359°59'59"
SERIE III	P-1	GPS-1B	0° 0' 0"	180° 0' 5"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-2	195° 50' 5"	15° 49' 58"	195°50'1"	0°0'-1"	195°50'0"
		GPS-1B	359° 59' 59"	360° 0' 2"	360°0'0"	0°0'-2"	360°0'0"

**Tabla 11**

*Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total P-2*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-2	P-1	0° 0' 0"	180°	0'	0" 4"	0°00"	0°00"
		P-3	196° 1' 20"	16°	21'	40"	196°21'28"	0°01"
		P-1	360° 0' 0"	360°	0'	9"	360°0'2.5"	0°02"
SERIE II	P-2	P-1	0° 0' 0"	180°	0'	3"	0°00"	0°00"
		P-3	196° 21' 18"	16°	21'	15"	196°21'14.99"	0°0'-3"
		P-1	359° 59' 53"	179°	59'	59"	359°59'54.49"	0°0'-5"
SERIE III	P-2	P-1	0° 0' 0"	180°	0'	3"	0°00"	0°00"
		P-3	196° 21' 14"	16°	21'	12"	196°21'11.49"	0°00"
		P-1	359° 59' 59"	180°	0'	5"	360°00.49"	0°00"

**Tabla 12**

*Datos de medición de ángulos en series con estación total P-3*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL	
SERIE I	P-3	P-2	0° 0' 0"	180°	0'	0"	2"	0°0'0"	0°0'0"
		P-4	150° 8' 55"	330°	39'	15"	150°39'4"	0°0'3"	150°39'0"
		P-2	360° 0' 3"	360°	0'	13"	360°0'8"	0°0'7"	359°59'59"
SERIE II	P-3	P-2	0° 0' 0"	179°	59'	59"	59"	0°0'0"	0°0'0"
		P-4	150° 38' 55"	330°	38'	57"	150°38'55"	0°0'0"	150°38'56"
		P-2	359° 59' 59"	179°	59'	59"	359°59'58"	0°0'0"	360°0'0"
SERIE III	P-3	P-2	0° 0' 0"	180°	0'	0"	2"	0°0'0"	0°0'0"
		P-4	150° 38' 58"	330°	38'	59"	150°38'58"	0°0'0"	150°38'56"
		P-2	360° 0' 3"	360°	0'	2"	360°0'2"	0°0'1"	360°0'0"

**Tabla 13**

*Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-4*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-4	P-3	0° 0' 0"	180° 0'	3"	0°0'1"	0°0'0"	0°0'0"
		P-5	179° 9' 20"	359° 9'	21"	179°9'20"	179°9'18.99"	0°0'0"
		P-3	359° 59' 58"	360° 0'	4"	360°0'1"	359°59'59.5"	0°0'0"
SERIE II	P-4	P-3	0° 0' 0"	180° 0'	2"	0°0'1"	0°0'0"	0°0'0"
		P-5	179° 9' 18"	359° 9'	15"	179°9'16"	179°9'15.49"	0°0'1"
		P-3	360° 0' 0"	360° 0'	8"	360°0'3"	360°0'2.99"	0°0'3"
SERIE III	P-4	P-3	0° 0' 0"	180° 0'	4"	0°0'1"	0°0'0"	0°0'0"
		P-5	179° 9' 15"	359° 9'	16"	179°9'15"	179°9'13.5"	0°0'0"
		P-3	360° 0' 2"	360° 0'	4"	360°0'2"	360°0'1"	0°0'1"

**Tabla 14**  
*Datos de medición de ángulos en series con estación total P-5*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-5	P-4	0° 0' 0"	180° 0' 2"	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-6	189° 22' 12"	369° 22' 10"	189°22'11"	189°22'10"	0°02"	189°22'7"
		P-4	360° 0' 0"	360° 0' 9"	360°04"	360°0'3.5"	0°03"	359°59'59"
SERIE II	P-5	P-4	0° 0' 0"	180° 0' 5"	0°02"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-6	189° 22' 10"	369° 22' 18"	189°22'13"	189°22'11.49"	0°00"	189°22'12"
		P-4	359° 59' 58"	360° 0' 5"	360°01"	359°59'58.99"	0°0'-1"	360°0'0"
SERIE III	P-5	P-4	0° 0' 0"	180° 0' 5"	0°02"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-6	189° 22' 15"	369° 22' 15"	189°22'15"	189°22'12.5"	0°00"	189°22'12"
		P-4	360° 0' 1"	180° 0' 4"	360°02"	360°0'0"	0°00"	360°0'0"

**Tabla 15**

*Datos de Medición de Ángulos En Series Con Estación Total P-6*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-6	P-5	0° 0' 0"	180° 0' 2"	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-7	177° 27' 4"	357° 27' 5"	177°27'4"	177°27'3.49"	0°00"	177°27'3"
		P-5	360° 0' 1"	360° 0' 2"	360°0'1"	360°0'0.49"	0°00"	359°59'59"
SERIE II	P-6	P-5	0° 0' 0"	180° 0' 4"	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-7	177° 26' 59"	357° 26' 59"	177°26'59"	177°26'57"	0°00"	177°26'56"
		P-5	359° 59' 58"	360° 0' 9"	360°0'3"	360°0'1.5"	0°01"	360°0'0"
SERIE III	P-6	P-5	0° 0' 0"	180° 0' 4"	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-7	177° 26' 59"	357° 26' 59"	177°26'59"	177°26'57"	0°00"	177°26'56"
		P-5	360° 0' 1"	360° 0' 3"	360°0'2"	360°0'0"	0°00"	359°59'59"

**Tabla 16**

*Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-7*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-7	P-6	0° 0' 0"	180°	0'	4"	0°0'0"	0°0'0"
		P-8	182° 38' 32"	2°	38'	31"	182°38'31"	182°38'29.5"
		P-6	360° 0' 1"	179°	59'	58"	359°59'59"	359°59'57.5"
SERIE II	P-7	P-6	0° 0' 0"	180°	0'	0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-8	182° 38' 29"	2°	38'	28"	182°38'28"	182°38'28.5"
		P-6	359° 59' 59"	179°	59'	59"	359°59'58"	359°59'58.99"
SERIE III	P-7	P-6	0° 0' 0"	180°	0'	5"	0°0'0"	0°0'0"
		P-8	182° 38' 30"	2°	38'	30"	182°38'30"	182°38'27.49"
		P-6	359° 59' 52"	360°	0'	2"	359°59'57"	359°59'54.5"

**Tabla 17**

*Datos de Medición de Ángulos en Series Con Estación Total P-8*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-8	P-7	0° 0' 0"	180° 0' 1"	0°00"	0°00"	0°00"
		P-9	179° 4' 4"	359° 4' 3"	179°43"	0°0'-1"	179°44"
		P-7	359° 59' 57"	360° 0' 0"	359°59'58"	0°0'-2"	360°0'0"
SERIE II	P-8	P-7	0° 0' 0"	179° 59' 58"	0°0'-1"	0°00"	0°00"
		P-9	179° 4' 8"	359° 4' 6"	179°47"	0°0'1"	179°4'6"
		P-7	359° 59' 59"	360° 0' 4"	360°0'1"	0°0'2"	359°59'59"
SERIE III	P-8	P-7	0° 0' 0"	180° 0' 2"	0°0'1"	0°00"	0°00"
		P-9	179° 4' 6"	359° 4' 5"	179°45"	0°0'0"	179°4'4"
		P-7	359° 59' 58"	360° 0' 5"	360°0'1"	0°0'0"	359°59'59"



**Tabla 18**

*Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-9*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG- COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-9	P-8	0° 0' 0"	180° 0' 3"	0°0'1"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-10	176° 8' 2"	356° 8' 2"	176°8'1"	176°8'0.49"	0°0'-2"	176°8'3"
		P-8	359° 59' 52"	180° 0' 2"	359°59'57"	359°59'55.5"	0°0'-4"	360°0'0"
SERIE II	P-9	P-7	0° 0' 0"	180° 0' 8"	0°0'4"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-9	176° 8' 3"	356° 8' 3"	176°8'2"	176°7'58.99"	0°0'-2"	176°8'1"
		P-7	359° 59' 57"	180° 0' 2"	359°59'59"	359°59'55.5"	0°0'-4"	360°0'0"
SERIE III	P-9	P-8	0° 0' 0"	180° 0' 10"	0°0'4"	0°0'0"	0°0'0"	0°0'0"
		P-10	176° 8' 3"	356° 8' 2"	176°8'2"	176°7'57.5"	0°0'-1"	176°7'58"
		P-8	359° 59' 59"	180° 0' 5"	360°0'1"	359°59'57"	0°0'-3"	360°0'0"

**Tabla 19**

*Datos De Medición De Ángulos En Series Con Estación Total P-10*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG-COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	P-10	P-9	0° 0' 0"	0'	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2A	185° 30' 38"	30'	185°30'37"	185°30'35.5"	0°00"	185°30'35"
		P-9	359° 59' 59"	0'	360°01"	359°59'59.5"	0°00"	360°00"
SERIE II	P-10	P-9	0° 0' 0"	0'	0°04"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2A	185° 30' 34"	30'	185°30'35"	185°30'29.99"	0°01"	185°30'28"
		P-9	360° 0' 3"	0'	360°08"	360°03"	0°03"	359°59'59"
SERIE III	P-10	P-9	0° 0' 0"	0'	0°01"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2A	185° 30' 35"	30'	185°30'35"	185°30'33.99"	0°00"	185°30'33"
		P-9	360° 0' 3"	0'	360°02"	360°01.49"	0°01"	360°00"

**Tabla 20**

*Datos de Medición de Ángulos en Series con Estación Total GPS-2A*

SERIE	EST	PUNTO	POSICIÓN I	POSICIÓN II	PROMEDIO	PROMEDIO REDUCIDA	ANG- COM	PROMEDIO FINAL
SERIE I	GPS-2A	P-10	0° 0' 0"	0' 10"	0°04"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2B	150° 15' 12"	15' 14"	150°15'12"	150°15'7.99"	0°0'-1"	150°15'9"
		P-10	359° 59' 57"	0' 9"	360°0'2"	359°59'58"	0°0'-2"	360°0'0"
SERIE II	GPS-2A	P-10	0° 0' 0"	0' 10"	0°04"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2B	150° 15' 12"	15' 17"	150°15'14"	150°15'9.5"	0°00"	150°15'9"
		P-10	359° 59' 57"	0' 12"	360°0'4"	359°59'59.5"	0°00"	360°0'0"
SERIE III	GPS-2A	P-10	0° 0' 0"	0' 9"	0°04"	0°00"	0°00"	0°00"
		GPS-2B	150° 15' 5"	15' 21"	150°15'13"	150°15'8.5"	0°00"	150°15'8"
		P-10	359° 59' 58"	0' 11"	360°0'4"	360°0'0"	0°00"	360°0'0"

El promedio final de las lecturas de los ángulos y las distancias son los siguientes:

**Tabla 21**

*Resumen de Medición de Ángulos Y Distancias de da Poligonal Abierta*

<b>LADO</b>	<b>ÁNGULOS FINALES</b>	<b>LADO</b>	<b>DISTANCIAS FINALES</b>
GPS-1A		GPS-1A a GPS-1B	
GPS-1B	174° 39' 25"	GPS-1B a P-1	153.201
P-1	195° 49' 59"	P-1 a P-2	352.493
P-2	196° 21' 18"	P-2 a P-3	474.974
P-3	150° 38' 58"	P-3 a P-4	495.342
P-4	179° 0' 15"	P-4 a P-5	533.967
P-5	189°22' 10"	P-5 a P-6	487.422
P-6	177° 26' 58"	P-6 a P-7	497.019
P-7	182°38' 30"	P-7 a P-8	476.383
P-8	179° 04' 4"	P-8 a P-9	315.203
P-9	176° 08' 01"	P-9 a P-10	221.077
P-10	185° 30' 32"	P-10 a GPS-2A	457.989
GPS-2A	150° 15' 09"	GPS-2A a GPS-2B	

Se muestra la comparación de las coordenadas de la poligonal utilizando equipo topográfico estación total y los cálculos de la poligonal de muestran en la tabla 32

**Tabla 22**  
*Coordenadas Ajustadas Estación Total*

<b>N°</b>	<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
1	GPS-1A	432821.328	8195268.191
2	GPS-1B	433324.744	8195201.210
3	P-1	433477.825	8195195.240
4	P-2	433812.926	8195085.923
5	P-3	434204.707	8194817.431
6	P-4	434698.098	8194773.639
7	P-5	435230.600	8194734.285
8	P-6	435704.347	8194619.702
9	P-7	436192.143	8194524.473
10	P-8	436654.980	8194411.743
11	P-9	436962.394	8194342.144
12	P-10	437180.809	8194307.978
13	GPS-2A'	437624.395	8194194.084
14	GPS-2A	438093.035	8194322.682

**Figura 9**

*Medición de la Poligonal Abierta con Equipo Estación Total*



### 3.3.2.4. Comprobación de la base GPSD con GNSS en modo RTK

A continuación, se muestra la comparación de las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK, la cual el certificado de calibración se encuentra en el anexo F.

**Tabla 23**

*Datos de Coordenadas Obtenidos de la Tecnología GNSS En Modo RTK*

<b>GNSS En Modo RTK</b>			
<b>N°</b>	<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
1	GPS-1A	432821.328	8195268.191
2	GPS-1B	433324.744	8195201.210
3	P-1	433477.831	8195195.233
4	P-2	433812.925	8195085.911
5	P-3	434204.704	8194817.414
6	P-4	434698.090	8194773.612
7	P-5	435230.578	8194734.252
8	P-6	435704.327	8194619.664
9	P-7	436192.136	8194524.431
10	P-8	436654.947	8194411.708
11	P-9	436962.357	8194342.110
12	P-10	437180.762	8194307.947
13	GPS-2A'	437624.344	8194194.061
14	GPS-2A	438093.030	8194322.680

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 10**

*Medición de la poligonal abierta con GNSS en modo RTK*



**Figura 11**

*Medición de la poligonal con estación total*



### 3.3.3. Metodología para el primer objetivo específico

Comparar la diferencia de coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total.

### 3.3.3.1. La comparación de las coordenadas en los equipos *topográficos*

La metodología para verificar la eficacia de los equipos y trabajos topográficos están de acuerdo a:

Alcance y rango de operación de los equipos topográficos: el método convencional estación total fue viable en el rango de 1.5 mm + 1.5ppm, con condiciones atmosféricas medianamente aceptables (sin calor excesivo ni neblina). Y con el equipo GPS diferencial en modo RTK hasta un alcance de 20 km, de acuerdo a sus especificaciones técnicas de cada equipo en investigación.

**Tabla 24**

*Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas Compensadas Et De La Poligonal y error lineal*

Punto	Coordenadas Fijas		Coordenadas Et		$\Delta E$	$\Delta N$	El Et
	E	N	E	N			
GPS-1A	432821.328	8195268.191	432821.328	8195268.191	0.000	0.000	0
GPS-1B	433324.744	8195201.210	433324.744	8195201.210	0.000	0.000	0
P-1	433477.836	8195195.233	433477.825	8195195.240	0.011	-0.007	0.013
P-2	433812.934	8195085.907	433812.926	8195085.923	0.007	-0.017	0.018
P-3	434204.715	8194817.406	434204.707	8194817.431	0.008	-0.025	0.026
P-4	434698.106	8194773.606	434698.098	8194773.639	0.008	-0.033	0.034
P-5	435230.597	8194734.247	435230.600	8194734.285	-0.003	-0.038	0.038
P-6	435704.350	8194619.662	435704.347	8194619.702	0.003	-0.040	0.041
P-7	436192.164	8194524.432	436192.143	8194524.473	0.021	-0.041	0.046
P-8	436654.980	8194411.714	436654.980	8194411.743	-0.001	-0.029	0.029
P-9	436962.396	8194342.121	436962.394	8194342.144	0.002	-0.024	0.024
P-10	437180.807	8194307.961	437180.809	8194307.978	-0.002	-0.017	0.017
GPS-2A	437624.395	8194194.084	437624.395	8194194.084	0.000	0.000	0.001
GPS-2B	438093.035	8194322.682	438093.035	8194322.682	0.000	0.000	0.001

*Fuente: Elaboración propia*



**Tabla 25***Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas GNSS de la Poligonal*

Punto	Coordenadas Fijas		Coordenadas GNSS		$\Delta E$	$\Delta N$	EL GNSS
	E	N	E	N			
GPS-1A	432821.328	8195268.191	432821.328	8195268.191	0.000	0.000	0
GPS-1B	433324.744	8195201.210	433324.744	8195201.210	0.000	0.000	0
P-1	433477.836	8195195.233	433477.831	8195195.233	0.005	0.000	0.005
P-2	433812.934	8195085.907	433812.925	8195085.911	0.009	-0.004	0.01
P-3	434204.715	8194817.406	434204.704	8194817.414	0.011	-0.008	0.014
P-4	434698.106	8194773.606	434698.090	8194773.612	0.016	-0.006	0.017
P-5	435230.597	8194734.247	435230.578	8194734.252	0.019	-0.005	0.019
P-6	435704.350	8194619.662	435704.327	8194619.664	0.023	-0.002	0.023
P-7	436192.164	8194524.432	436192.136	8194524.431	0.028	0.001	0.028
P-8	436654.980	8194411.714	436654.947	8194411.708	0.033	0.006	0.033
P-9	436962.396	8194342.121	436962.357	8194342.110	0.039	0.011	0.04
P-10	437180.807	8194307.961	437180.762	8194307.947	0.045	0.014	0.047
GPS-2A	437624.395	8194194.084	437624.344	8194194.061	0.051	0.023	0.056
GPS-2B	438093.035	8194322.682	438093.030	8194322.680	0.005	0.002	0.005

### 3.3.4. Metodología para el segundo objetivo específico

Determinar el error de cierre de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y estación total.

#### 3.3.4.1. El error de cierre en la poligonal abierta con los equipos topográficos

El análisis de medición de distancias y ángulos es uno de los primordiales en este estudio, ya que básicamente estas se emplean en cualquiera de las otras aplicaciones desarrolladas. Varios factores en la medición de distancias y los ángulos se consideraron para este análisis comparativo.

Error de cierre: se determinaron calculando la poligonal abierta en hoja de Exce

**Tabla 26**

*Cálculo de La Poligonal Abierta Y El Error de Cierre Con Estación Total.*

BASE S	POLIGONA		ITEM	Permitido	Campo	Observación
	L	NORTE				
<b>Partida</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Error Lineal (m)</b>	1.0023	0.1350	<b>ACEPTABL</b>
	432821.328	8195268.191	Norte (m):		0.0430	<b>E</b>
	0	0	Este (m):		-0.1280	
	433324.744	8195201.210	<b>Error (gg)</b>	0.00481	-0.00038	<b>ACEPTABL</b>
	0	0	<b>Angular:</b>			<b>E</b>
<b>Llegada</b>	437624.395	8194194.084	(gmmss)	0°0'17.32"	0°0'-1.36"	
<b>a</b>	0	0				
	438093.035	8194322.682	<b>Precision de Poligonal:</b>	10,000	33,067.336	<b>ACEPTABL</b>
	0	0	<b>Error Relativo:</b>		1 / 33,067.34	<b>E</b>

ESTACION	ANGULO INTERNO			DIST. HORIZ.	AZMT. CALCULADO	Corre Anglar	AZMT CORREGIDO	COORDENADAS		ESTACION
	G	M	S					N	E	
<b>GPS-1A</b>	°	'	"		0°0'0"			432821.328	8195268.191	GPS-1A
<b>GPS-1B</b>	174°	39'	25"	153.201	97°34'43.89"	0°0'-1.36"	92°14'10.26"	433324.744	8195201.210	GPS-1B
<b>P-1</b>	195°	49'	59"	352.493	92°14'8.89"	0°0'-2.72"	108°4'10.62"	433477.825	8195195.240	P-1
<b>P-2</b>	196°	21'	18"	474.974	108°4'7.89"	0°0'-4.09"	124°25'29.99"	433812.926	8195085.923	P-2
<b>P-3</b>	150°	38'	58"	495.342	124°25'25.89"	0°0'-5.45"	95°4'29.35"	434204.707	8194817.431	P-3
<b>P-4</b>	179°	9'	15"	533.967	95°4'23.89"	0°0'-6.82"	94°13'45.71"	434698.098	8194773.639	P-4
<b>P-5</b>	189°	22'	10"	487.422	94°13'38.89"	0°0'-8.18"	103°35'57.08"	435230.600	8194734.285	P-5
<b>P-6</b>	177°	26'	58"	497.019	103°35'48.89"	0°0'-9.54"	101°2'56.44"	435704.347	8194619.702	P-6
<b>P-7</b>	182°	38'	30"	476.383	101°2'46.89"	0°0'-10.91"	103°41'27.81"	436192.143	8194524.473	P-7
<b>P-8</b>	179°	4'	4"	315.203	103°41'16.89"	0°0'-12.27"	102°45'33.17"	436654.980	8194411.743	P-8
<b>P-9</b>	176°	8'	1"	221.077	102°45'20.89"	0°0'-13.64"	98°53'35.53"	436962.394	8194342.144	P-9
<b>P-10</b>	185°	30'	32"	457.989	98°53'21.89"	0°0'-15"	104°24'8.9"	437180.809	8194307.978	P-10
<b>GPS-2A</b>	150°	15'	9"	4465.070	104°23'53.89"	0°0'-16.37"	74°39'19.26"	437624.395	8194194.084	GPS-2A
<b>GPS-2B</b>	0°	0'	0"		74°39'2.89"			438093.035	8194322.682	GPS-2B

**Tabla 27**

*Cálculo de la poligonal y el error de cierre con GNSS en modo RTK*

		D ESTE	D NORTE	ANGULO	AZIMUT		
<b>AZ INI</b>	503.415843	66.9811624	-	97.5788809	7.5788809	GPS-1A	GPS-1B
<b>AZ FIN</b>	-468.640	-128.597	15.344582	254.6554184		GPS-2A	GPS-2B

Vértice	Ángulo Horizontal		Áng.Deg.	Azimut	Áng. Corr.	Azimut Corr.	Lado	Distancia	Distancia Acumulada	Este	Norte
	G	M									
<b>GPS-1A</b>				97.5788809		97.5788809	GPS-1A-GPS-1B	507.852			
<b>GPS-1B</b>	174	39	25	174.6569444	174.657229	92.2358253	GPS-1B-P-1	153.204	153.204	433,324.744	8,195,201.210
<b>P-1</b>	195	49	58	195.8327778	195.833097	108.0686031	P-1-P-2	352.476	505.680	433,477.831	8,195,195.233
<b>P-2</b>	196	21	19	196.3552778	196.355598	124.4238809	P-2-P-3	474.954	980.634	433,812.925	8,195,085.911
<b>P-3</b>	150	38	58	150.6494444	150.649690	95.0733253	P-3-P-4	495.327	1,475.961	434,204.704	8,194,817.414
<b>P-4</b>	179	9	15	179.1541667	179.154459	94.2274920	P-4-P-5	533.940	2,009.901	434,698.090	8,194,773.612
<b>P-5</b>	189	22	11	189.3697222	189.370031	103.5972142	P-5-P-6	487.410	2,497.311	435,230.578	8,194,734.252
<b>P-6</b>	177	26	58	177.4494444	177.449734	101.0466586	P-6-P-7	497.018	2,994.329	435,704.327	8,194,619.664
<b>P-7</b>	182	38	31	182.6419444	182.642242	103.6886030	P-7-P-8	476.341	3,470.670	436,192.136	8,194,524.431
<b>P-8</b>	179	4	5	179.0680556	179.068347	102.7566586	P-8-P-9	315.190	3,785.860	436,654.947	8,194,411.708
<b>P-9</b>	176	8	1	176.1336111	176.133898	98.8902697	P-9-P-10	221.061	4,006.921	436,962.357	8,194,342.110
<b>P-10</b>	185	30	32	185.5088889	185.509191	104.3991586	P-10-GPS-2A	457.968	4,464.889	437,180.762	8,194,307.947
<b>GPS-2A</b>	150	15	10	150.2527778	150.253023	74.6519364	GPS-2A-GPS-2B	485.962		437,624.344	8,194,194.061
<b>GPS-2B</b>				254.6519364		254.6519364					
<b>Sum Ang.</b>				<b>2137.07306</b>			Périm.=>	5,458.703		-0.051	-0.023
								4,464.889			

Error Ang.	-0.00348	(AZIMUT DE LLEGADA EN CAMPO - AZIMUT FINAL)
Nro vértices	12	ADMISIBLES
E. Lineal	0.056	m.
E. Relat.	1/ 80331	m.
E. Ang.	0° 0'	12.54" 17.32"



### 3.3.5. Metodología para el tercer objetivo específico

Realizar el ajuste y compensación de las coordenadas de la poligonal abierta utilizando la tecnología GNSS en modo RTK y ESTACIÓN TOTAL

#### 3.3.5.1. Ajuste y compensación de la poligonal

Se realizó las mediciones de ángulos y distancia tres veces las series de la poligonal abierta, y de los datos obtenidos anteriormente del cálculo de cierre de la poligonal se realizó la compensación con el método de brújula.

En poligonales abiertas con control, el error angular viene dado por la

$$Ea = \phi_{fc} - \phi_f$$

En donde:

$Ea =$  Error angular

$\phi_{fc} =$  acimut final calculado

$\phi_f =$  acimut final conocido

La corrección sobre los acimutes, aplicando una corrección acumulativa, (múltiplo de la corrección angular), a partir del primer ángulo medido. En otras palabras, el primer acimut se corrige con  $Ca$ , el segundo con  $2Ca$  y así sucesivamente, hasta el último acimut que se corrige con  $nCa$ .

Si aplicamos el mismo procedimiento sobre cada uno de los vértices restantes, podremos generalizar el cálculo de los acimutes según la siguiente ecuación:

$$\phi_i = \phi_{i-1} + \angle_{\text{vértice}} \pm 180^\circ$$

En donde:

$\phi_i =$  acimut del lado

$\phi_{i-1} =$  acimut anterior



condicionales en acimut:

*Si  $(\phi_{i-1} + \angle \text{vértice}) < 180^\circ \Rightarrow$  se suma  $180^\circ$*

*Si  $(\phi_{i-1} + \angle \text{vértice}) \geq 180^\circ \Rightarrow$  se resta  $180^\circ$*

*Si  $(\phi_{i-1} + \angle \text{vértice}) \geq 540^\circ \Rightarrow$  se resta  $540^\circ$  ya que ningún acimut puede ser  $360^\circ$*

## PROYECCIONES

$$\Delta N_{1-2} = D_{1-2} \times \cos \phi_{12}$$

$$\Delta E_{1-2} = D_{1-2} \times \sin \phi_{12}$$

Proyecciones sobre el eje este-oeste

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

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

El error lineal vendrá dado por

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

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

En donde:

P = precisión de la poligonal

$\Sigma L$  = suma de los lados de la poligonal en m

### Tabla 28

*Datos de la poligonal como numero de vértices, precisión de equipo y longitud total.*

<b>FACTOR CORRECCION:</b>	<b>1</b>
<b>Número de Puntos:</b>	<b>12</b>
<b>Aprox. Aparato (seg):</b>	<b>5</b>
<b>Longitud Total (m):</b>	<b>4,465.070</b>



**Tabla 29**

*Tabla comparativo de factores de permisibilidad en la poligonal*

	Permisible	Campo	Observación
<b>Error Lineal (m)</b>	<b>1.002</b>	<b>0.135</b>	<b>ACEPTABLE</b>
<b>Norte (m):</b>	<b>0.043</b>		<b>**</b>
<b>Este (m):</b>	<b>-0.128</b>		<b>**</b>
<b>Error Angular:</b>	<b>0.004811</b>	<b>-0.000379</b>	<b>ACEPTABLE</b>
	0°0'17.32"	0°0'-1.36"	
<b>Precisión de Poligonal:</b>	<b>10,000</b>	<b>33,067.34</b>	<b>ACEPTABLE</b>
<b>Error Relativo:</b>	<b>1 / 33,067.34</b>		

ACIMUT	ACIMUT
<b>97.578860418</b>	<b>97°34'43.89"</b>
<b>74.655352093</b>	<b>74°39'19.26"</b>

**Tabla 30**

*Ajuste de La Poligonal Abierta – Datos Estación Total.*

ESTACION	ANGULO INTERNO			DIST. HORIZ.	AZMT. CALCULADO	Corrc Anglar	AZMT CORREGIDO	COORDENADAS		ESTACION
	G	M	S					N	E	
<b>GPS-1A</b>	°	,	"		0°0'0"			432821.328	8195268.191	GPS-1A
<b>GPS-1B</b>	174°	39'	25"		97°34'43.89"			433324.744	8195201.210	GPS-1B
<b>P-1</b>	195°	49'	59"	153.201	92°14'8.89"	0°0'-1.36"	92°14'10.26"	433477.825	8195195.240	P-1
<b>P-2</b>	196°	21'	18"	352.493	108°4'7.89"	0°0'-2.72"	108°4'10.62"	433812.926	8195085.923	P-2
<b>P-3</b>	150°	38'	58"	474.974	124°25'25.89"	0°0'-4.09"	124°25'29.99"	434204.707	8194817.431	P-3
<b>P-4</b>	179°	9'	15"	495.342	95°4'23.89"	0°0'-5.45"	95°4'29.35"	434698.098	8194773.639	P-4
<b>P-5</b>	189°	22'	10"	533.967	94°13'38.89"	0°0'-6.82"	94°13'45.71"	435230.600	8194734.285	P-5
<b>P-6</b>	177°	26'	58"	487.422	103°35'48.89"	0°0'-8.18"	103°35'57.08"	435704.347	8194619.702	P-6
<b>P-7</b>	182°	38'	30"	497.019	101°2'46.89"	0°0'-9.54"	101°2'56.44"	436192.143	8194524.473	P-7
<b>P-8</b>	179°	4'	4"	476.383	103°41'16.89"	0°0'-10.91"	103°41'27.81"	436654.980	8194411.743	P-8
<b>P-9</b>	176°	8'	1"	315.203	102°45'20.89"	0°0'-12.27"	102°45'33.17"	436962.394	8194342.144	P-9
<b>P-10</b>	185°	30'	32"	221.077	98°53'21.89"	0°0'-13.64"	98°53'35.53"	437180.809	8194307.978	P-10
<b>GPS-2A</b>	150°	15'	9"	457.989	104°23'53.89"	0°0'-15"	104°24'8.9"	437624.395	8194194.084	GPS-2A
<b>GPS-2B</b>	0°	0'	0"	4465.070	74°39'2.89"	0°0'-16.37"	74°39'19.26"	438093.035	8194322.682	GPS-2B

### 3.4. ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La estadística proporciona a la topografía las herramientas y métodos necesarios para el análisis de los datos. Dado que no podemos hacer estudio en toda la población, la estadística nos permite cuantificar la probabilidad de cometer error al extrapolar los resultados obteniendo una serie de muestras al conjunto de población. Por lo tanto, la estadística permite cuantificar el error que cometemos al aceptar nuestros resultados obteniendo a partir de muestras,

#### 3.4.1. Tipo de investigación y estadística

Es un estudio paramétrico de investigación transversal de muestra independientes de dos grupos en un mismo momento GNSS Y ET con una significancia 5% y valor de confianza de 95% de probabilidad de variables numéricas al comparar las coordenadas de la poligonal por lo tanto una prueba de T de Student mas la prueba de normalidad

#### 3.4.2. Hipótesis estadística

La poligonal en carretera con código de ruta PE-38A Nacional el Km 0+000 – 5+000. Cumple con la hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , no existe una diferencia significativa entre las medidas de coordenadas del grupo GNSS y la medida de coordenadas del grupo ET

#### 3.4.3. Análisis estadístico

$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{sc^2}{n_1} + \frac{sc^2}{n_2}}}$$



$$s_c^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$T_c$  = valor de "T" calculado

$s_c^2$  = varianza comun

$s_1^2$  = varianza de la muestra X1

$s_2^2$  = varianza de la muestra X2

$\bar{X}_A$  = Media de la muestra tomada X1

$\bar{X}_B$  = Media de la muestra tomada X2

$n_A$  = Tamaño de la muestra tomada X1

$n_B$  = Tamaño de la muestra tomada X2

$\alpha$  = Nivel de significancia

#### 3.4.4. Análisis

Se realizó comparativo de muestra de los dos grupos realizando un cálculo error lineal GNSS Y el error lineal ET.

#### 3.4.5. Nivel de significancia

La significancia 5% para el valor de confianza 95%.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO GENERAL

##### 4.1.1. Comparación y determinación de error lineal con estación total

**Tabla 31**

*Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas Compensadas Et de La Poligonal*

Punto	Coordenadas Fijas		Coordenadas Et		$\Delta E$	$\Delta N$	EL ET
	E	N	E	N			
GPS-1A	432821.328	8195268.191	432821.328	8195268.191	0.000	0.000	0
GPS-1B	433324.744	8195201.210	433324.744	8195201.210	0.000	0.000	0
P-1	433477.836	8195195.233	433477.825	8195195.240	0.011	-0.007	0.013
P-2	433812.934	8195085.907	433812.926	8195085.923	0.007	-0.017	0.018
P-3	434204.715	8194817.406	434204.707	8194817.431	0.008	-0.025	0.026
P-4	434698.106	8194773.606	434698.098	8194773.639	0.008	-0.033	0.034
P-5	435230.597	8194734.247	435230.600	8194734.285	-0.003	-0.038	0.038
P-6	435704.350	8194619.662	435704.347	8194619.702	0.003	-0.040	0.041
P-7	436192.164	8194524.432	436192.143	8194524.473	0.021	-0.041	0.046
P-8	436654.980	8194411.714	436654.980	8194411.743	-0.001	-0.029	0.029
P-9	436962.396	8194342.121	436962.394	8194342.144	0.002	-0.024	0.024
P-10	437180.807	8194307.961	437180.809	8194307.978	-0.002	-0.017	0.017
GPS-2A	437624.395	8194194.084	437624.395	8194194.084	0.000	0.000	0.001
GPS-2B	438093.035	8194322.682	438093.035	8194322.682	0.000	0.000	0.001

##### 4.1.2. Comparación y determinación error lineal con GNSS

**Tabla 32**

*Comparación de Coordenadas Modo Estático Vs Coordenadas GNSS de La Poligonal*

Punto	Coordenadas Fijas		Coordenadas Gnss		$\Delta E$	$\Delta N$	El Gnss
	E	N	E	N			
GPS-1A	432821.328	8195268.191	432821.328	8195268.191	0.000	0.000	0
GPS-1B	433324.744	8195201.210	433324.744	8195201.210	0.000	0.000	0
P-1	433477.836	8195195.233	433477.831	8195195.233	0.005	0.000	0.005
P-2	433812.934	8195085.907	433812.925	8195085.911	0.009	-0.004	0.01
P-3	434204.715	8194817.406	434204.704	8194817.414	0.011	-0.008	0.014
P-4	434698.106	8194773.606	434698.090	8194773.612	0.016	-0.006	0.017
P-5	435230.597	8194734.247	435230.578	8194734.252	0.019	-0.005	0.019
P-6	435704.350	8194619.662	435704.327	8194619.664	0.023	-0.002	0.023
P-7	436192.164	8194524.432	436192.136	8194524.431	0.028	0.001	0.028

Punto	Coordenadas Fijas		Coordenadas Gnss		$\Delta E$	$\Delta N$	El Gnss
	E	N	E	N			
P-8	436654.980	8194411.714	436654.947	8194411.708	0.033	0.006	0.033
P-9	436962.396	8194342.121	436962.357	8194342.110	0.039	0.011	0.04
P-10	437180.807	8194307.961	437180.762	8194307.947	0.045	0.014	0.047
GPS-2A	437624.395	8194194.084	437624.344	8194194.061	0.051	0.023	0.056
GPS-2B	438093.035	8194322.682	438093.030	8194322.680	0.005	0.002	0.005

En la tabla 34 y 35 se muestra los resultados de la comprobación del error lineal con los equipos de ESTACIÓN TOTAL y GNSS en modo RTK, que se realizó a partir de dos bases de puntos de control inicial GPS-1A y GPS-1B. y dos puntos finales de control GPS-2A y GPS-2B.

**Tabla 33**

*Comparación de Coordenadas de da Poligonal Abierta en Error Angular AZ*

	D ESTE	D NORTE	ANGULO	AZIMUT		
AZ INICIAL	503.415843	-66.9811624	-7.5788809	97.5788809	GPS-1A	GPS-1B
AZ FINAL	-468.640	-128.597	15.344582	254.6554184	GPS-2A	GPS-2B

En la tabla 36 se muestra los resultados de la comprobación de los ángulos de medición acimut con estación total y GNSS en modo RTK.

**Tabla 34**

*Comparación de Coordenadas de da Poligonal Abierta en Error Angular*

PUNTO	GNSS en modo RTK		ESTACIÓN TOTAL	
	Azimut (decimal)	Azimut (grados)	Azimut (decimal)	Azimut (grados)
<b>GPS-1B (Punto de inicio)</b>	97.5789	97°34'43"	97.5789	97°34'43"
GPS-2A' (punto final replanteo)	254.6519	254°39'6"	254.6508	254°39'2"
<b>GPS-2A (Punto final)</b>	254.6554	254°39'19"	254.6554	254°39'19"
Error angular=	<b>-0.00348</b>	<b>0° 0' 12.54"</b>	<b>-0.00459</b>	<b>0° 0' 16.54"</b>
Tolerancia de error angular		0° 0' 17.32"		0° 0' 17.32"

Se muestra en la tabla 37, la comparación del error de cierre angular entre los dos equipos utilizados estación total y GNSS en modo RTK.

### 4.1.3. Resultados de muestras

De las tablas 28 y 29 se obtiene el error lineal de la Estación total y error lineal de GNSS (RTK) con respecto a las coordenadas fijas establecidas con posición estática, que a continuación se muestra

**Tabla 35**

*Comparación de Coordenada Et Vs Coordenadas GNSS*

Comparación de Coordenada Et Vs Coordenadas Gns							
Punto	Coordenadas ET		Coordenadas GNSS		$\Delta E$	$\Delta N$	EL GNSS
	E	N	E	N			
GPS-1A	432821.328	8195268.191	432821.328	8195268.191	0.000	0.000	0
GPS-1B	433324.744	8195201.210	433324.744	8195201.210	0.000	0.000	0
P-1	433477.825	8195195.240	433477.831	8195195.233	-0.006	0.007	0.009
P-2	433812.926	8195085.923	433812.925	8195085.911	0.001	0.012	0.012
P-3	434204.707	8194817.431	434204.704	8194817.414	0.003	0.017	0.017
P-4	434698.098	8194773.639	434698.090	8194773.612	0.008	0.027	0.028
P-5	435230.600	8194734.285	435230.578	8194734.252	0.022	0.033	0.04
P-6	435704.347	8194619.702	435704.327	8194619.664	0.020	0.038	0.043
P-7	436192.143	8194524.473	436192.136	8194524.431	0.007	0.042	0.043
P-8	436654.980	8194411.743	436654.947	8194411.708	0.033	0.035	0.048
P-9	436962.394	8194342.144	436962.357	8194342.110	0.037	0.034	0.05
P-10	437180.809	8194307.978	437180.762	8194307.947	0.047	0.031	0.056
GPS-2A	437624.395	8194194.084	437624.344	8194194.061	0.051	0.023	0.056
GPS-2B	438093.035	8194322.682	438093.030	8194322.680	0.005	0.002	0.005

## 4.2. RESULTADOS DE COMPARACION DE EQUIPOS

### 4.2.1. La precisión de las mediciones en los equipos topográficos

El análisis comparativo de estos equipos se enfoca principalmente en aspectos técnicos de precisión y rendimiento entre ambos métodos de levantamiento en estudio.

### 4.2.2. Medición de distancias y ángulos

El análisis de medición de distancias y ángulos es uno de los primordiales en este estudio, ya que básicamente estas se emplean en cualquiera de las otras aplicaciones



desarrolladas. Varios factores en la medición de distancias se consideraron para este análisis comparativo.

**Tabla 36**

*Resumen de Comparación del Error Lineal y Angular con Estación Total*

<b>Error Ang.</b>	<b>-0.00459</b>	<b>(AZIMUT DE LLEGADA EN CAMPO -AZIMUT FINAL)</b>	
Nro vértices	12		ADMISIBLES
E. Lineal	0.134	m.	
E. Relat.	1/	33395	m. 10000
E. Ang.	0	0	16.535" 17.32"

En la tabla 39 se observa el resumen del error lineal y angular con el equipo estación total la cual está dentro de las tolerancias permitidas que es de  $EL=0.134$  m y  $E\alpha=16.535''$ .

**Tabla 37**

*Resumen de Comparación del Error Lineal y Angular con GNNS Modo RTK*

<b>Error Ang.</b>	<b>-0.00348</b>	<b>(AZIMUT DE LLEGADA EN CAMPO -AZIMUT FINAL)</b>	
Nro vértices	12		ADMISIBLES
E. Lineal	0.056	m.	
E. Relat.	1/	80331	m. 10000
E. Ang.	0	0	12.54" 17.32"

En la tabla 40 se observa el resumen del error lineal y angular con el equipo GNSS en modo RTK la cual se encuentra dentro de las tolerancias permitidas que es de  $EL=0.056$  m y  $E\alpha=12.54''$ . Claramente los errores más pequeños obtenidos fueron las realizadas con RTK.

#### 4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realiza el cálculo de error lineal por punto en grupo ESTACIÓN TOTAL y GENS

**Tabla 38**

*Tabla de Calculo Erro Lineal de Variables ET y GNSS*

N°	Muestra	El ET	El GNSS
1	GPS-1A	0	0
2	GPS-1B	0	0
3	P-1	0.013	0.005
4	P-2	0.018	0.01
5	P-3	0.026	0.014
6	P-4	0.034	0.017
7	P-5	0.038	0.019
8	P-6	0.041	0.023
9	P-7	0.046	0.028
10	P-8	0.029	0.033
11	P-9	0.024	0.04
12	P-10	0.017	0.047
13	GPS-2A	0.001	0.056
14	GPS-2B	0.001	0.005

Resumen estadístico de error de cierre de Estación total y GNSS en modo RTK

Fuente: Elaboración propia

Prueba t

$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{sc^2}{n_1} + \frac{sc^2}{n_2}}}$$

$$\bar{X}_A = 0.020571$$

$$\bar{X}_B = 0.021214$$

$$n_A = 14$$

$$n_B = 14$$

$$Gl = n + n - 2 = 14 + 14 - 2 = 26$$

$$\alpha = 0.05$$

$$S_1^2 = 0.0002576$$

$$S_2^2 = 0.0003110$$



$$SC^2 = 0.000284$$

1

$$\text{Estadístico } T_c = -0.10087$$

$$T_t(1-\alpha/2)(n+n-2) = 2.055529439$$

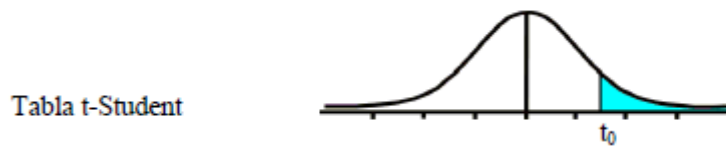
$$P\text{-valor} = 0.9204250$$

#### 4.3.1. Criterio de decisión

Como  $T_c = -0.10087$  es menor que  $T_t = 2.055529439$ , se acepta la hipótesis de  $H_0$  para un  $\alpha/2 = 0.025$ , No hay diferencia significativa en el levantamiento de la poligonal abierta, utilizando el método convencional estación total y GNSS en modo RTK (cinemático en tiempo real) en la carretera Juli-Palermo

**Figura 12**

*Tabla de Student*



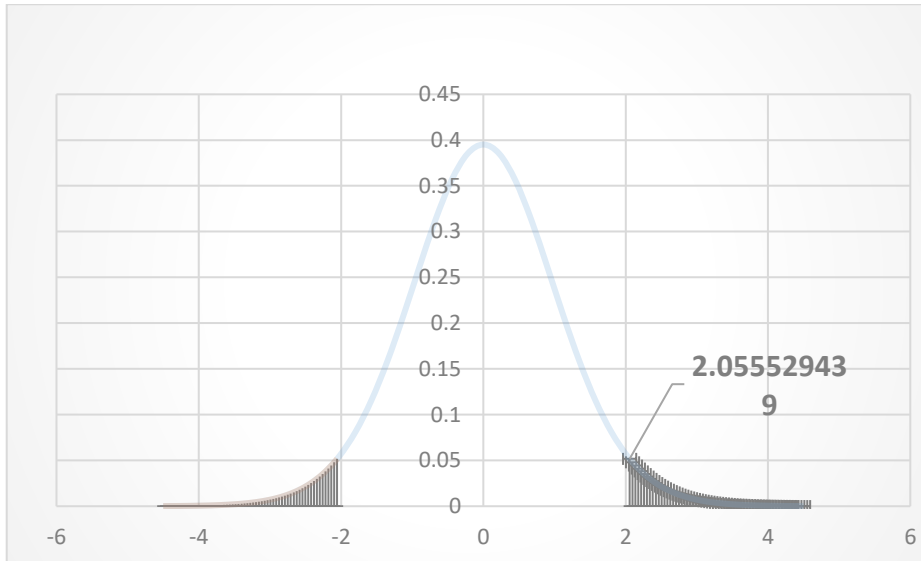
Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4479	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787

*Fuente:*

[https://cms.dm.uba.ar/academico/materias/1ercuat2015/probabilidades\\_y\\_estadistica\\_C/tabla\\_tstudent.pdf](https://cms.dm.uba.ar/academico/materias/1ercuat2015/probabilidades_y_estadistica_C/tabla_tstudent.pdf)

**Figura 13**

*Campana de Gauss*



#### 4.3.2. Prueba de Normalidad

El objetivo es la comprobación de la normalidad de los datos de error lineal que se muestra en la tabla siguiente

**Tabla 39**

*Datos de Error Lineal ET y GNSS*

Periodo	El ( Error Lineal)
1	0
2	0
3	0.013
4	0.018
5	0.026
6	0.034
7	0.038
8	0.041
9	0.046
10	0.029
11	0.024
12	0.017
13	0.001
14	0.001





15	0
16	0
17	0.005
18	0.01
19	0.014
20	0.017
21	0.019
22	0.023
23	0.028
24	0.033
25	0.04
26	0.047
27	0.056
28	0.005

Determinando los momentos

Media=0.020892857

Moda =0

Mediana= 0.0185

Desviación= 0.01654923

Curtosis= -0.86904312

Asimetría= 0.34830704

Coefficiente de variabilidad= 0.79209985

Máximo= 0.056

Mínimo= 0

Rango= 0.056

Asimetría determina que tan a la derecha o izquierda se encuentra la mayoría de nuestros datos.

- si el valor es positivo significa que está más a la derecha
- si el valor es negativo significa que está más a la izquierda

El valor de asimetría de una distribución normal debe de ser igual a cero o muy

cercano

Calcularemos que valor debería ser mayor y que valor debería ser el menor de acuerdo a un supuesto de distribución normal

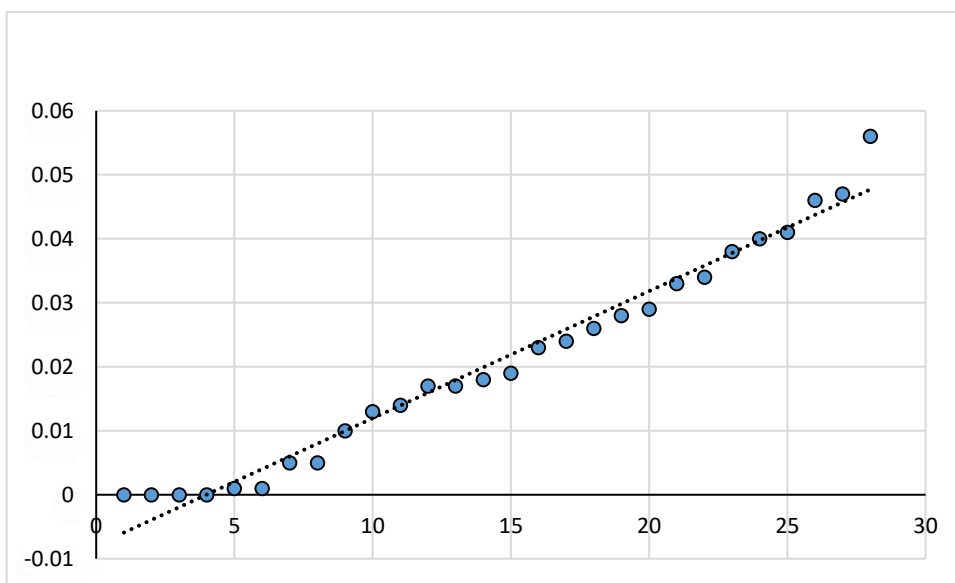
$$\text{Valor mayor} = \text{media} + 3 * \text{desviación} = 0.07054054$$

$$\text{Valor menor} = \text{media} - 3 * \text{desviación} = -0.02875483$$

De acuerdo a los datos determinamos que la distribución es normal

Figura 14

*Línea de Distribución Normal*



#### 4.3.3. Prueba de Hipótesis

Para esto se planteó la hipótesis general que la diferencia que existe entre el levantamiento de la poligonal abierta utilizando el método convencional con estación total y receptor GNSS en modo RTK de control geodésicos en la carretera Juli - Palermo, comprende la precisión sobre el terreno, durante el periodo de ejecución y también evidencia diferencias sobre el replanteo, para esto se definió el nivel de significancia alfa medio de dos colas  $\alpha/2 = 0,025$  se aplicó la fórmula estadística T-STUDENT se obtuvo el valor 2.055 donde se acepta la hipótesis.



Para la primera hipótesis específica se plantea que la diferencia al comparar el establecimiento de puntos de control por el método convencional estación total y GNSS en modo RTK (cinemático en tiempo real) en la carretera Juli-Palermo, es considerable para este tipo de proyectos, en relación a los detalles sobre el eje vial, donde se aplicó la prueba estadística t STUDENT se obtiene el valor 2.055 donde se acepta que la diferencia en la precisión del replanteo topográfico de una carretera con GNSS en modo RTK, con un nivel de confianza al 95%.

Para la segunda hipótesis específica se planteó que la diferencia obtenida, Con la obtención de coordenadas de los vértices con el GNSS en modo RTK (cinemático en tiempo real). Y la Estación Total., que cuenten una precisión diferente de 0.05, para esto se aplicó la prueba estadística t STUDENT y se obtuvo el valor de 2.055 donde se acepta la hipótesis que se obtienen errores de cierre inferiores con el receptor GNSS en modo RTK, tiene una precisión permitida de 0.05, con un nivel de confianza al 95%.

Para la tercera hipótesis específica se planteó que la diferencia obtenida al realizar el ajuste y compensación de la poligonal utilizando el método de la brújula y el método de mínimos cuadrados, que cuenten una precisión diferente de 0.05, para esto se aplicó la prueba estadística t STUDENT y se obtuvo el valor de 2.055 donde se acepta la hipótesis que se obtienen la compensación con mínimos cuadrados es más óptimo para ajuste de la poligonal abierta, tiene una precisión permitida de 0.05, con un nivel de confianza al 95%.

#### **4.4. DISCUSIÓN**

En contrastación con la tesis, ejecutado por ejecutado por Helder Vizcarra Quispe, Alex Edwar Vizcarra Quispe; en su tesis *“Comparación de control topográfico, replanteo en la construcción, presa relaves con estación total y GPS diferencial en tiempo real (RTK), Minera las Bambas – Apurímac”* se concluye que no hay diferencias



significativas en el replanteo entre la estación total y GPS diferencial, ya que se encuentran en un rango de 1 a 12 mm. en norte, de 1 a 14 mm. en este y de 0 a 13 mm. en elevación. Del mismo modo se ha observado que existe una diferencia significativa al comparar el tiempo, en el control topográfico y durante el replanteo entre ambos equipos, por lo tanto, el análisis nos demuestra que con el equipo GPS diferencial en modo RTK se replantea mayor número de puntos. En discusión con nuestra investigación se puso en evidencia de la orientación de la poligonal abierta del eje vial, con ambos equipos replanteados están dentro del rango de aceptación.



## V. CONCLUSIONES

### **Primera**

Se concluye analizando y comparando las coordenadas de la poligonal abierta en la carretera Juli-Palermo, utilizando método convencional estación total y GNSS en modo RTK en el sistema de coordenadas locales, se llega a la conclusión de que no hay diferencias significativas en el replanteo de coordenadas, las diferencias numéricas no son significativas tal como se muestra en la tabla 35, ya que se encuentran en un rango de 1 a 12.6 cm. en el este, de 1 a 5 cm en el norte.

### **Segunda**

Se concluye que existe una diferencia en la información obtenida del replanteo topográfico sobre el terreno de una carretera con puntos de control geodésicos en la Juli-Palermo, porque el promedio del error lineal 0.136 metros y está dentro de los parámetros permitidos y es respalda al aplicar prueba estadística t de student donde lo calculado es menor que lo tabulado.

### **Tercera**

De la investigación realizada se afirma que el levantamiento topográfico realizado por la estación total ya que se encuentra dentro de las tolerancias lineales  $E_l=0.134$  y el  $E_t= 1.00023$ , y los errores angulares está dentro del rango permitido del  $E_a=0^{\circ}0'16.54''$  y  $E_{at}=0^{\circ}0'17.32''$ , de la misma manera en el levantamiento topográfico con GNSS en modo RTK es confiable por se encuentra dentro de las tolerancias lineales de  $E_l=0.056$  y el  $E_t= 1.0022$ , y los errores angulares está dentro del rango permitido del  $E_a=0^{\circ}0'12.54''$  y  $E_{at}=0^{\circ}0'17.32''$  y se obtuvieron errores de cierre lineal y angular inferiores al método convencional estación total de acuerdo a su comparación con los errores máximos permisibles.



## VI. RECOMENDACIONES

### **Primera**

Se recomienda al contar con un equipo técnico especializado para la colocación de los PCG, de esta manera minimizar los desplazamientos angulares y verticales, los mismo que repercuten en los detalles del eje vial, lo que con en la mayoría de los casos repercute en la formulación de adicional de obra y como consecuencia se refleja en la ampliación de plazos e incremento del presupuesto de la obra en general.

### **Segunda**

Se recomienda a los profesionales y técnicos que están inmersos en los proyectos de infraestructura vial considerar en el aspecto de los instrumentos topográficos deberán tener una adecuada calibración para un buen funcionamiento, así como realizar unas revisiones rutinarias de los equipos INSITU de los mismos.

### **Tercera**

Se recomienda realizar varias lecturas angulares y lineales para así poder reducir el error cometido por uno mismo. Realizar el trabajo con equipos de precisión angular y lineal según los objetivos a alcanzar.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellan, M. (2013). Metodología de Cálculo de redes Topográficas. España
- Acero Velo, L., & Serruto Flores, J. C. (2018). Modelo geoidal con receptores GNSS 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.
- 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.
- Alcántara, D. (1990). Topografía. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Alcántara, Dante. (1999). Apuntes de topografía. 2ª. ed. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. 190 p.
- Alcántara García, D. A. (2014). Topografía y sus aplicaciones (Primera Ed). Compañía Editorial Continental.
- Bnnister, A., Raymond, S., & Baker, R. (2016). Técnicas Modernas en Topografía. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de S.V.
- Brinker, Russel; Wolf, Paul. (1997). Topografía. 9a ed. México: Alfaomega, 834 p. ISBN: 970-15-0221-3.
- Casanova Matera, L. (2002). Topografía Plana. Mérida. Depósito Legal lf23720027702059 ISBN 980-11-0672-7. [http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros\\_electronicos/Libros/topografia\\_plana/pdf/topografia.pdf](http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros_electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf)
- Conde R, D. (1994). Método y cálculo topográfico (E.I.R.L. LUGO (ed.)).



- Fernández Ccopel, I. A. (2001). El Datum. Universidad de Valladolid.  
<https://www.aristasur.com/sites/as/users/3/arch/datum-cartografia.pdf>
- Fernández Coppel, I. A. (2008a). La Proyección UTM. Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y La Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator).
- Fernández Coppel, I. A. (2008b). Las coordenadas geográficas. Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y La Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator), 0, 4. <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/las-coordenadas-geograficas.pdf>
- Gasga, J.E. (2008). Cálculo y ajustes aplicados a la solución de problemas topográficos. Ajuste Topográficos.
- Instituto Geográfico Nacional. (2015). Norma técnica geodésica especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global. IGN/OGA/ unidad de control de calidad y normalización, 0, 1–50.
- 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, G. (2007). Topografía para Ingenieros Civiles. Topografía Para Ingenieros Civiles (Universidad, Vol. 0, Issue 0). Armenia: Universitaria.
- Jiménez Rioja, L. F. (2014). Cálculo De Poligonales Topográficas Mediante Un Programa Desarrollado En Lenguaje C++ [universidad nacional autónoma de méxico]. <https://docplayer.es/43411287-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria-calculo-de-poligonales-topograficas-mediante-un-programa-desarrollado-en-lenguaje-c.html>
- Mena Frau, C., Molina Pino, L., Ormazábal Rojas, Y., & Morales Hernández, Y. (2012). Modelamiento Geométrico Del Cambio De Coordenadas UTM Causadas Por





- Mudanza De Referencial Geodésico. Caso Sirgas - Chile. Boletín de Ciencias Geodésicas, 18(4), 583–604. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702012000400005>
- Mendoza, S. (2007). Planeamiento Urbano, Programa de Complementación Profesional UJCM. Perú.
- Mendoza, Dueñas, J. (2011). Topografía Técnicas Modernas. Lima: Segrin E.I.R.L.
- Mendoza Dueñas, J. (2017). Topografía, técnicas modernas: Editores Macaucano E.I.R.L. (Maraucano (ed.)).
- Mendoza Dueñas, J. (2019). Topografía y Geodesia. Perú.
- López Cuervo, S., & Estévez. (1996). Topografía, López Cuervo, Serafín y Estevez, 1996.pdf (2da Edición).
- Padrón, E. (2010). Diseños experimentales, con aplicación a la agricultura y la ganadería. D.F. México: Trillas, S.A. de C.V.
- Peñafiel, J., & Zayas, J. (2001). fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía, Ilustre Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica. España: grupo Universitario.
- Pérez Navarro, A. (2011). Introducción a los sistemas de información geográfica y geo telemática. editorial UOC. [https://books.google.com.pe/books?id=xip1wtr8k58C&printsec=frontcover&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](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>
- Szentesi, A. (1980). Mediciones Topográficas. Fabricas Ópticas de Hungría. Hungría.
- Típula P. y Osorio M. (2006). Introducción al Sistema de Posicionamiento Global: manual de uso Gps, Instituto del bien común.
- Torres, A. y Villate, E. (2001). Topografía: Prensa Moderna Impresores S.A. Colombia.
- Valencia, (2008). Topografía para Ingeniería. Serena: Universitaria.



- Vizcarra Quispe, H., & Vizcarra Quispe, A. E. (2019). Comparación De Control Topográfico, Replanteo En La Construcción, Presa Relaves Con Estación Total Y Gps Diferencial En Tiempo Real (Rtk), Minera Las Bambas – Apurímac. Puno–Perú: Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Ciencias Agrarias Escuela Profesional De Ingeniería Topográfica Y Agrimensura.
- 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.
- Zamarripa Medina, M. (2010). Apuntes de topografía. Apuntes de Topografía, 0, 1–216. México.
- Zamarripa Medina, M. (2014). Ejercicios y prácticas de topografía. Ejercicios y Prácticas de Topografía, 1–123.
- Zúñiga, W. (2010). Topografía Geodesia y Cartografía. Primera edición. Grupo universitario S.A.C. Perú.

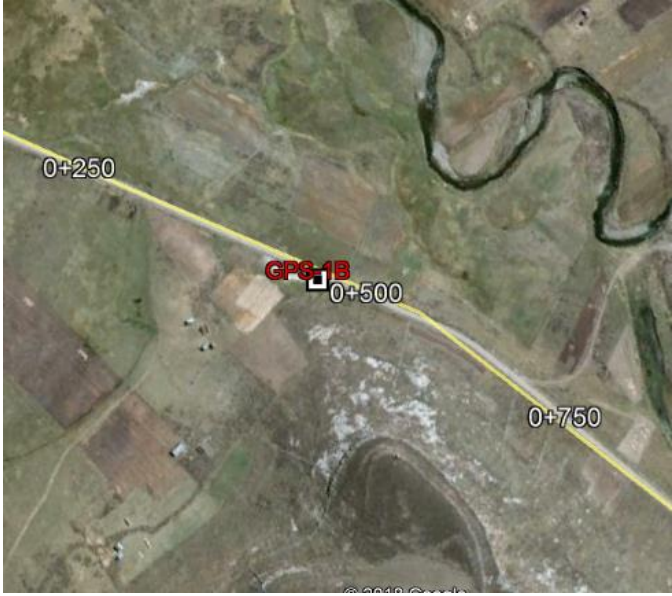



# ANEXOS

**Anexo 1. Fichas de puntos de control orden C**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> GPS -1A T23		<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO		<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 0+000 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)			<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO		
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'21.623"S		<b>LONGITUD (W)</b> 69°37'44.026"W		<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3945.3555 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8195268.191 m.		<b>ESTE (X)</b> 432821.328 m.		<b>COORD. TOPOGRAFICAS</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
<b>DESCRIPCION:</b> El punto se encuentra en el Km 0+000 a lado izquierdo de la vía en estudio con dirección a Palermo a 23 m. del eje de la vía proyectada, el cual empalma con la vía principal Emp. PE-38A.					
<b>MARCA DE ESTACION:</b> Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 1A – T23, está pintada de color blanco con líneas rojas.					
<b>DESCRITA POR:</b>				<b>FECHA:</b> 16 de Agosoto del 2021	



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> GPS -1B T23		<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PLALERMO		<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA-PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 0+493 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)			<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO		
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'23.853"S		<b>LONGITUD (W)</b> 69°37'27.068"W		<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3944.3649 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8195201.210 m.		<b>ESTE (X)</b> 433324.744 m.		<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
<b>CROQUIS:</b>					
					
<b>DESCRIPCION:</b>					
<p>El punto se encuentra en el Km 0+493 en la comunidad de Haruma se encuentra a 2 metros de la vía, en la parte posterior del GPS se encuentra una casa de adobe y techo de paja, esto está a 50 metros, al lado izquierdo esta la vía en construcción Checa –Mazocruz, por el lado derecho a 25m un poste de concreto. concreto</p>					
<b>MARCA DE ESTACION:</b>					
<p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 1B – T23, está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>					
<b>DESCRITA POR:</b>				<b>FECHA:</b>	
				16 de Agosto del 2021	


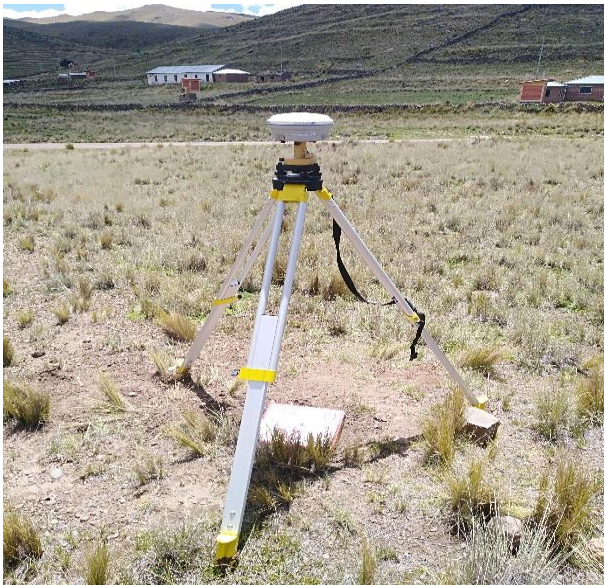
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-1	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'36.43"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°36'57.451"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8195195.233 m	<b>ESTE (X)</b> 433477.836 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
El punto de control P-1 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 0+645 al lado izquierdo en zona de pastizales de la vía, Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-1, está pintada de color blanco con líneas rojas.			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**



<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-2	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'37.903"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°36.40.828"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8195085.907 m	<b>ESTE (X)</b> 433812.934 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<p><b>DESCRIPCION:</b></p> <p>El punto de control P-2 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 0+996 al lado izquierdo de la vía, ubicado a 24 metros del eje de la vía en el lado izquierdo en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal),</p> <p><b>MARCA DE ESTACION:</b></p> <p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-2 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**



<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-3	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> LINA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'39.236"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°36'22.887"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m	
<b>NORTE (Y)</b> 8194817.406 m	<b>ESTE (X)</b> 434204.715 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
<p>El punto de control P-3 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 1+492 al lado derecho de la vía, ubicado a 7 metros del eje de la vía en el lado derecho en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p>			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
<p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-3 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-4	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'43.011"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°36'6.932"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194773.606 m	<b>ESTE (X)</b> 434698.106 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
El punto de control P-4 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 1+988 al lado derecho de la vía, ubicado a 10 metros del eje de la vía en el lado derecho en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-4 está pintada de color blanco con líneas rojas.			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-5	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'46.156"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°35'50.501"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194734.247 m	<b>ESTE (X)</b> 435230.597 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<p><b>DESCRIPCION:</b></p> <p>El punto de control P-5 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 2+521 al lado izquierdo de la vía, ubicado a 11 metros del eje de la vía en el lado izquierdo en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p> <p><b>MARCA DE ESTACION:</b></p> <p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-5 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	

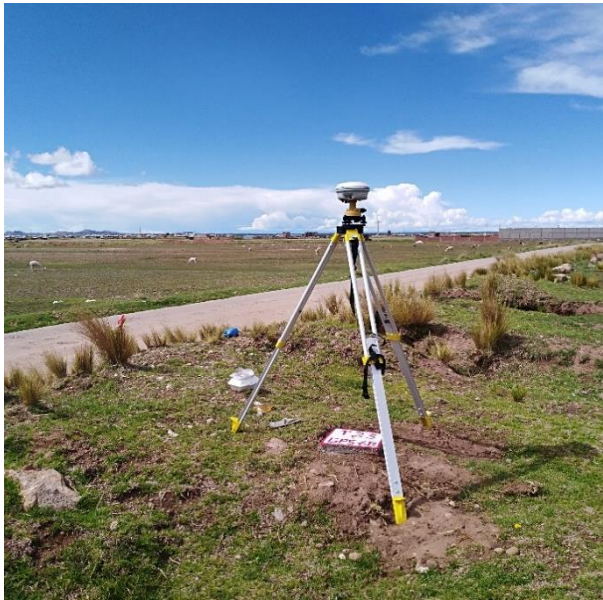

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-6	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'49.869"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°35'34.915"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194619.662 m	<b>ESTE (X)</b> 435704.350 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<p><b>DESCRIPCION:</b></p> <p>El punto de control P-6 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 03+008 al lado izquierdo de la vía, ubicado a 8 metros del eje de la vía en el lado izquierdo en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p> <p><b>MARCA DE ESTACION:</b></p> <p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-6 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b> 16 de Agosto del 2021	


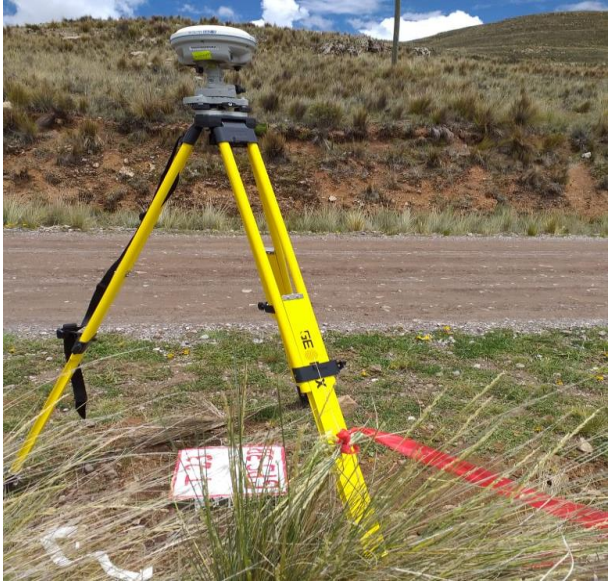
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-7	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> LINA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'52.162"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°35'24.561"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m	
<b>NORTE (Y)</b> 8194524.432 m	<b>ESTE (X)</b> 436192.164 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
<p>El punto de control P-7 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 03+512 al lado izquierdo de la vía, ubicado a 8 metros del eje de la vía en el lado izquierdo en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p>			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
<p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-7 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-8	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> LINA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'53.295"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°35'17.204"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m	<b>ELEV. GEOIDAL (EGM 2008)</b> 4039.6049 m
<b>NORTE (Y)</b> 8194411.714 m	<b>ESTE (X)</b> 436654.980 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
<p>El punto de control P-8 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 3+982 al lado derecho de la vía, ubicado a 7 metros del eje de la vía en el lado derecho en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p>			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
<p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-8 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-9	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'57.042"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°35'2.265"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194342.121 m	<b>ESTE (X)</b> 436962.396 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>  El punto de control P-9 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 04+297 al lado derecho de la vía, ubicado a 10 metros del eje de la vía en el lado derecho en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>  Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-9 está pintada de color blanco con líneas rojas.			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b> 16 de Agosto del 2021	

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> P-10	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 10+003 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'52.901"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°34'46.459"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3994.9650 m	
<b>NORTE (Y)</b> 8194307.961 m	<b>ESTE (X)</b> 437180.807 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
<p>El punto de control P-10 se encuentra ubicado a la altura de la progresiva Km 04+517 al lado izquierdo de la vía, ubicado a 14 metros del eje de la vía en el lado izquierdo en zona de pastizales. También se observa la toma de lectura con equipo topográfico estación total. Distrito de Juli, Provincia de Chucuito - Puno. (BM y Poligonal)</p>			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
<p>Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x0.30 en ella lleva inscrita T23 – P-10 está pintada de color blanco con líneas rojas.</p>			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> GPS -2A T23	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 4+975 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'24.062"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°37'21.909"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3965.3876 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194194.084 m	<b>ESTE (X)</b> 437624.395 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C
<b>ROQUIS:</b>			
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
El punto se encuentra en el Km 4+975 en la comunidad de Haruma, se ubica a 4m de la vía, por el lado izquierdo se encuentra el centro de salud del centro poblado a una distancia de 400m .			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 2A – T23, está pintada de color blanco con líneas rojas.			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		16 de Agosto del 2021	



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> GPS -2B T23	<b>LOCALIDAD:</b> JULI - PALERMO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> UNA - PUNO	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 5+470 de la Ruta 23 (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½" INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°19'27.653"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°37'10.627"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3966.1431 m.	
<b>NORTE (Y)</b> 8194322.682 m	<b>ESTE (X)</b> 438093.035 m	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C



**DESCRIPCION:**

El punto se encuentra en el Km 5+470 en la comunidad de Haruma en la unión de la carretera RUTA 2 Checa-Mazocruz, se ubica a 8m de la vía, al lado izquierdo se puede encontrar una casa de adobe con Techo de calamina y un cerco de piedras (pirca), esto a una distancia de 200m.

**MARCA DE ESTACION:**

Es una varilla de ½" incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 2B – T23, está pintada de color blanco con líneas rojas.

<b>DESCRITA POR:</b>	<b>FECHA:</b> 16 de Agosto del 2021
----------------------	--

## Anexo 2. Especificaciones técnicas de estación total en el estudio

Se conoce como Estación Total la combinación de un teodolito electrónico, un medidor de distancia electrónico y un procesador, por lo que con una estación total se puede medir rápidamente y con exactitud, ángulos horizontales, verticales e inclinados con su respectiva dirección, las coordenadas horizontales y verticales de un punto.



*Fuente: Elaboración propia*

**TS02 5'' plus** para usuarios de nivel básico como avanzado que necesiten flexibilidad y rendimiento. Para situarte un paso por delante, Leica Geosystems ha desarrollado una nueva generación de estaciones totales, Leica FlexLine, empleando la última tecnología. Por primera vez, las opciones de hardware y software pueden escogerse para que la estación total FlexLine se adapte a tus necesidades reales.

- **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

### **MEDICIÓN DE ÁNGULOS (Hz, V) V**

- Precisión: 5" (2 mgon)
- Método: Absoluto, continuo, diametral
- Resolución en pantalla: 0.1" / 0.1 mgon / 0.01 mil
- Compensación: Compensador en 4 ejes
- Precisión de compensador: 2"

### **MEDICIÓN DE DISTANCIA CON PRISMA**

- Alcance con prisma: 3.500 m
- Alcance a diana reflectante (60 mm x 60 mm) : 250 m
- Precisión/Tiempo medición: Estándar: 1.5 mm+2 ppm / típ. 2.4 s,
- Rápido: 3 mm+2 ppm/ típ. 0.8 s, Tracking: 3 mm+2 ppm / típ. <0.15 s
- Tiempo típico de medición: 2.0 seg.

### **MEDICIÓN DE DISTANCIA SIN PRISMA**

- Rango PinPoint R500 : 500 m
- Precisión/Tiempo medición: 2 mm+2 ppm
- Tamaño del puntero láser a 30 m : aprox. 7 mm x 10 mm, a 50 m: aprox. 8 mm x 20 mm

### **ALMACENAMIENTO DATOS/Comunicación**

- Memoria Interna Máx.: 24.000 puntos, Máx.: 13.500 medidas
- Transmisión de datos a la PC : Cable
- Formato de datos: GSI / DXF / LandXML / CSV / ASCII personalizado

- **DATOS GENERALES**

### **Objetivo**



- Aumento: 30 x / 3"
- Campo de visión : 1° 30' □™ (1.66 gon) / 2.7 m a 100 m
- Rango de enfoque: 1.7 m a infinito
- Retículo: Iluminado, 10 niveles de brillo

#### **Teclado y Pantalla**

- Pantalla: Una por un lado, 160 x 288 pixels, iluminada, 5 niveles de brillo
- Teclado: Standar

#### **Sistema Operativo**

- Windows CE : 5.0 Core

#### **Plomada Láser**

- Tipo: Puntero láser, 5 niveles brillo
- Precisión de centrado: 1.5 mm a 1.5 m de altura instrumento

#### **Batería**

- Tipo: Ión Litio
- Autonomía de trabajo: Aprox. 30 Horas

#### **Peso**

Incluyendo GEB211 y trípode: 5.1 kg

#### **Factores ambientales**

- Rango de Temperaturas (operando) : -20° C a +50° C (-4° F a +122° F)
- Polvo y agua (IEC 60529)
- Humedad: IP55 95%, sin condensación



### Anexo 3. Certificados de calibración



**COSOLA  
GROUP** S.A.C.  
www.cosola.com / www.cosola.net



Av. Petit Thouars 1439,  
Santa Beatriz - Lima - Perú  
Telfs.: 01-265-0096 / 01-265-1001  
E-Mail: cosola@cosola.com

## CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Mantenimiento general	Reparacion	Operatividad OK	Garantía 1 año OK	Nuevo OK
-----------------------	------------	--------------------	----------------------	-------------

**DATOS DEL EQUIPO**

<b>Nombre :</b> GPS DIFERENCIAL <b>Marca :</b> SOUTH <b>Modelo :</b> G1 <b>Receptor BASE Serie :</b> SG1395117299480 <b>Receptor ROVER Serie :</b> SG1396117300157 <b>Colectora Serie :</b> X11139051011102 <b>Modelo :</b> X11	<b>Especificaciones de Precision (RMS) 1 2 3</b> · Horizontal: 2.5mm + 0.5 ppm RMS · Vertical: 5mm + 0.5 ppm RMS · Tiempo de observacion: Va de 4 a 30 minutos en funcion de la distancia entre los receptores y otros factores ambientales
---	--

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Nro. : 008-00375  
 Fecha : 28/10/2020

**METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES**

□ Los valores de rendimiento asumen un mínimo de 4 satélite, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. Las zona de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento  
 COSOLA GROUP S.A.C. bajo la acreditación de SGS ISO 9001-2008 certifica que el instrumento identificado a sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
28/10/2020		X	1 AÑO	% 100 OPERATIVO

<b>Responsable de Verificación</b>	<b>Propietario</b>	<b>RUC</b>
<b>COSOLA GROUP S.A.C.</b>	<b>MAMANI CAHUANA FREDY</b>	<b>10022624852</b>

LABORATORIO COSOLA GROUP SAC

*Sonia Aydia Girao*  
 JEFE DE TO. TECNICO Y REPARACION  
 (Equipos GPS y Otros)









## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Equipo : ESTACIÓN TOTAL  
Marca : LEICA  
Modelo : TS02 POWER 5"  
N° Serie : 1336204  
Solicitado por : ALVARADO AGUILAR EVER YENZ

Especificaciones:

Precisión Angular: 5"

Precisión Lineal: 1.5 mm + 1.5 ppm

### RESULTADOS E INCERTIDUMBRE:

Las siguientes medidas angulares son resultado de un promedio de lecturas:

	Anteojo Directo	Anteojo Invertido	Diferencia
Lectura Vertical	90° 00' 00"	270° 00' 00"	00"
Lectura Horizontal	0° 00' 00"	180° 00' 00"	00"

### EQUIPO PATRÓN EMPLEADO:

Equipo	Modelo	Serie
Estación Total LEICA	TS15 P 1"	1669395

Equipo patrón empleado para revisar periódicamente nuestro colimador de cuatro telescopios. El colimador SOUTH es un arreglo de telescopios con retículos enfocados al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de la tolerancia de 01".

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN ANGULAR:

El proceso de medición ha sido realizado conforme al procedimiento DIN18723 (ISO 12857). La calibración se ha realizado en nuestras instalaciones, teniendo en cuenta una temperatura de 23 °C ± 1 °C. Consiste en determinar el cierre angular simulado por el sistema, cuando el colimador se encuentra enfocado a infinito.

### VERIFICACIÓN DE DISTANCIAS:

	Distancia Nominal (m)	Distancia Medida* (m)	Error (m)
Medición Prisma	12.5015	12.5020	0.0005
Medición Laser	10.7110	10.7118	0.0008
Medición Laser	33.6080	33.6090	0.0010

\*Las

lecturas marcadas son un resultado de un promedio de mediciones seguidas.

**TOPOGRAFIA GROUP SAC.** en su calidad de Servicio Técnico, certifica que este instrumento ha sido verificado y cumple con las especificaciones que el fabricante determina para el modelo de equipo a que corresponde.

Certificado por:

**TOPOGRAFIA GROUP**

**Angela Pessagno**  
GERENTE

Firma y Sello

**Fecha de emisión**

25 de Abril del 2021

**Fecha de vencimiento**

25 de Octubre del 2021

Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

Calle Las Orquideas N° 339 Dpto. 401  
Urb. Jardines Viru - Bellavista - Callao  
Oficina : 49-77665  
Entel : 994259224 / 955057197  
Movistar : 958691517 RPM : \*248910

angela@topografiagroup.com / ventas@topografiagroup.com  
www.topografiagroup.com

## Anexo 4. Ficha de punto control permanente



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



**FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO  
PERMANENTE**

**0. DATOS GENERALES:**

Preparado por: Departamento de Procesamiento Geodésico  
Realizado: 30 de noviembre de 2020  
Versión: 3.1.0

**1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:**

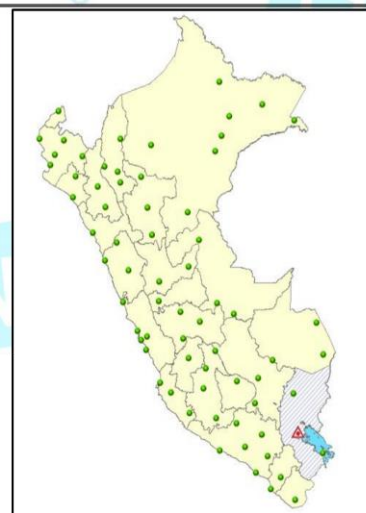
Nombre: Juliaca  
Código Nacional: PU02  
Código Internacional: 42228M001  
Inscripción: Placa de bronce  
Orden de la estación: "0"  
Fecha de monumentación: 3 de abril de 2010



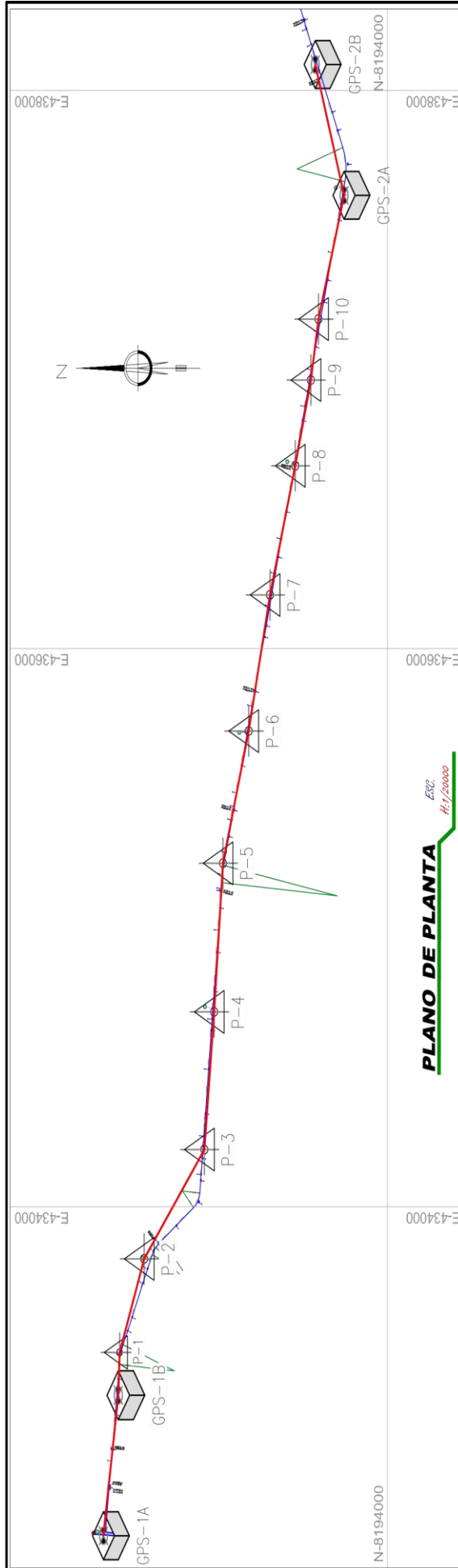
**2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:**

Departamento: Puno  
Provincia: San Román  
Distrito: Juliaca  
Ubicación de la estación: Universidad Peruana la Unión

**CROQUIS DE UBICACIÓN**



Anexo 5. Plano de la poligonal de estudio



**PLANO DE PLANTA** *Exp*  
*H:1/30000*

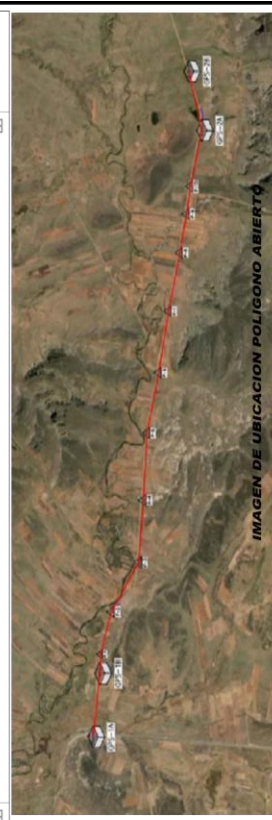


IMAGEN DE UBICACION POLIGONO ABIERTO

**AJUSTE COMPENSADO DE POLIGONAL ABIERTA**

PROYECTO DE TESIS: ANÁLISIS COMBINADO DE POLIGONAL ABIERTO, UNIFICADOS CON LOS DATOS DE CONTROL GEODÉSICO DE CORRENTILAS, CARRETERA DEL PALERMO

POLIGONAL ABIERTO: GPS-1A, GPS-1B, GPS-2A, GPS-2B (BASES) y P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10 (PUNTO)

N° PUNTO	ESTACION	ANGULO INTERNO					DIST. HORIZONTAL	DIST. HORIZONTAL CORREGIDA	ANGULO CORREGIDO	DIST. HORIZONTAL CORREGIDA	EST. (m)	DIST. HORIZONTAL CORREGIDA
		6	5	4	3	2						
1	GPS-1A	174	39	75			97°34'43.89"		152.201	43324.7480	8302201.2100	
2	P-1	125	49	95			97°14'10.26"	97°14'10.26"	152.201	43324.7480	8302201.2100	
3	P-2	106	21	18			108°41'10.67"	108°41'10.67"	152.493	43324.7480	8302201.2100	
4	P-3	100	38	58			124°25'26.29"	124°25'26.29"	474.074	43324.7480	8302201.2100	
5	P-4	179	9	15			95°42'28.35"	95°42'28.35"	409.342	43324.7480	8302201.2100	
6	P-5	139	22	10			94°13'42.71"	94°13'42.71"	533.967	43324.7480	8302201.2100	
7	P-6	177	26	58			103°35'52.68"	103°35'52.68"	497.822	43324.7480	8302201.2100	
8	P-7	182	18	30			101°25'56.44"	101°25'56.44"	497.019	43324.7480	8302201.2100	
9	P-8	179	4	4			102°32'16.90"	102°32'16.90"	316.283	43324.7480	8302201.2100	
10	P-9	176	4	4			102°32'16.90"	102°32'16.90"	316.283	43324.7480	8302201.2100	
11	P-10	185	10	32			98°52'21.89"	98°52'21.89"	221.027	43324.7480	8302201.2100	
12	GPS-2A	120	15	9			104°24'34.57"	104°24'34.57"	497.889	43324.7480	8302201.2100	
13	GPS-2B	0	0	0			74°39'12.29"	74°39'12.29"	449.070	43324.7480	8302201.2100	
14	GPS-1B	0	0	0								

BASES	ESTE		NORTE		Permitido	Campo	Observación
	PARTEIDA	ARRIBADA	ARRIBADA	PARTEIDA			
POLIGONAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	ACEPTABLE
PUNTO	0.0011	0.0008	0.0011	0.0008	0.0011	0.0008	ACEPTABLE
PUNTO	0.0011	0.0008	0.0011	0.0008	0.0011	0.0008	ACEPTABLE
PUNTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	ACEPTABLE

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

COMPARACION DE COORDENADAS DE LA POLIGONAL ABIERTA UTILIZANDO LA TECNOLOGIA GNSS EN MODO RTK Y ESTACION TOTAL EN LA CARRETERA JULI - PALERMO

Urblo: Puno Prov: Chucuito Dist: Juli

Fecha: FEBRERO 2022

INDICADA

P-1