

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Métodos y confiabilidad de verificación satelital en el control geodésico de carreteras, Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR: Parra Gómez, Gino Nicolai

ASESOR: Huaman Cuespan, Carlos Esteban

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Transporte
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71499027

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42289817

Grado/Título: Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-9668-6670

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

D

H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A)
CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 12:00 horas del día viernes 28 de febrero de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ❖ MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0327-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MÉTODOS Y CONFIABILIDAD DE VERIFICACIÓN SATELITAL EN EL CONTROL GEODÉSICO DE CARRETERAS, HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Gino Nicolai PARRA GOMEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *17* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *13:16* horas del día 28 del mes de febrero del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633
PRESIDENTE



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 41198244
ORCID: 0000-0003-2344-6956
SECRETARIO (A)



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: GINO NICOLAI PARRA GÓMEZ, de la investigación titulada "Métodos y confiabilidad de verificación satelital en el control geodésico de carreteras, Huánuco 2024", con asesor(a) CARLOS ESTEBAN HUAMÁN CUESPÁN, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2073-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 12 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 24 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

38. PARRA GÓMEZ GINO NICOLAI.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mis padres, quienes siempre me han apoyado en mi camino como estudiante, me han dado cariño, me han brindado felicidad y formación profesional y han sido un apoyo importante en mi vida. Me da confianza en cada desafío que enfrento en la vida y nunca dudo de mis habilidades.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al Dr. Ing. Carlos Esteban Huamán Cuespán, en sus constantes sugerencias para este estudio, ha dado frutos de vez en cuando a mis esfuerzos. Gracias a mi padre que fue mi modelo a seguir y me inculcó los valores de la responsabilidad, la puntualidad y lo más importante ser cada día mejor persona, gracias por guiarme con tus inevitables lecciones y anécdotas de vida y camino.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLA	VII
ÍNDICE DE FIGURA	VIII
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	18
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO	22

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1.	TÉCNICAS PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN Y FIABILIDAD DE MEDICIONES GEODÉSICAS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CARTOGRAFÍA	27
2.2.2.	NIVEL DE FIABILIDAD	36
2.2.3.	CATEGORIZACIÓN DE ERRORES	38
2.2.4.	MODELOS ESTADÍSTICOS.....	40
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	42
2.4.	HIPÓTESIS.....	46
2.5.	VARIABLES	46
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	46
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	46
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47
CAPÍTULO III.....		48
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		48
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.1.	ENFOQUE	48
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	48
3.1.3.	DISEÑO	48
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.2.1.	POBLACIÓN.....	49
3.2.2.	MUESTRA	49
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	

3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	50
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	
	52	
CAPÍTULO IV.....		53
RESULTADOS.....		53
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	53
4.1.1.	ESTUDIO DE CAMPO.....	53
4.1.2.	GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	63
4.1.3.	PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	64
4.1.4.	PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE DATOS.....	65
4.1.5.	RESULTADOS.....	66
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	108
CAPÍTULO V.....		110
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		110
5.1.	PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		110
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES.....		114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		116
ANEXOS.....		118

ÍNDICE DE TABLA

Tabla1 Operacionalización de variables	47
Tabla2 Puntos de medición 01.....	66
Tabla3 Puntos de medición 02.....	68
Tabla4 Puntos de medición 03.....	70
Tabla5 Cálculo de la desviación del (PC. -01)	72
Tabla6 Cálculo de la desviación (PC-02).....	73
Tabla7 Cálculo de la desviación (PC-03).....	74
Tabla8 Cálculo de la desviación (PC-04).....	75
Tabla9 Cálculo de la desviación (PC-05).....	76
Tabla10 Cálculo de la desviación (PC-06).....	77
Tabla11 Cálculo de la desviación (PC-07).....	78
Tabla12 Cálculo de la desviación (PC-08).....	79
Tabla13 Cálculo de la desviación (PC-09).....	80
Tabla14 Promedio de datos de PC.....	81
Tabla15 Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 01.....	83
Tabla16 Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 02.....	85
Tabla17 Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 03.....	87
Tabla18 Desviación Estándar de los PC.....	90
Tabla19 Error probable del promedio	92
Tabla20 Precisiones de los PC	94
Tabla21 Precisiones de los PC en fracción	95
Tabla22 Mediciones con Estación Total	96
Tabla23 Promedio de PC con GPS Diferencial y Diferencias respecto a Estación Total.....	107
Tabla24. Matriz de consistencia.....	119

ÍNDICE DE FIGURA

Figura1 Precisión en la representación de datos topográficos, evaluada conforme a criterios estadísticos.....	38
Figura 2 Observación para realizar el levantamiento topográfico	51
Figura3 Equipo GPS Diferencial	53
Figura4 Colocación del receptor	54
Figura5 Colocación del GPS Diferencial.....	55
Figura6 Dispositivo de Control South Galaxy G3.....	56
Figura7 Monumentación en el punto de control PC-01.....	57
Figura8 Medición en el punto de control PC-01	57
Figura9 Monumentación en el punto de control PC-02.....	58
Figura10 Medición en el punto de control PC-02.....	58
Figura11 Monumentación en el punto de control PC-03.....	58
Figura12 Medición en el punto de control PC-03.....	59
Figura13 Monumentación en el punto de control PC-04.....	59
Figura14 Medición en el punto de control PC-04.....	59
Figura15 Monumentación en el punto de control PC-05.....	60
Figura16 Medición en el punto de control PC-05.....	60
Figura17 Monumentación en el punto de control PC-06.....	60
Figura18 Medición en el punto de control PC-06.....	61
Figura19 Monumentación en el punto de control PC-07.....	61
Figura20 Medición en el punto de control PC-07	61
Figura21 Monumentación en el punto de control PC-08.....	62
Figura22 Medición en el punto de control PC-08.....	62
Figura23 Monumentación en el punto de control PC-09.....	62
Figura24 Medición en el punto de control PC-09.....	63
Figura25 Puntos de medición 01 exportados del controlador South Galaxy G3	67
Figura26 Coordenadas UTM mínimo del primer punto de medición.....	67
Figura27 Coordenadas UTM máximo del primer punto de medición.....	68
Figura28 Puntos de medición 02 exportados del controlador South Galaxy G3	69
Figura29 Coordenadas UTM mínimo del segundo punto de medición	69

Figura30	Coordenadas UTM máximo del segundo punto de medición	70
Figura31	Puntos de medición 03 exportados del controlador South Galaxy G3	71
Figura32	Coordenadas UTM mínimo del tercer punto de medición	71
Figura33	Coordenadas UTM máximo del tercer punto de medición	72
Figura34	Desviación estándar del punto de control 01	73
Figura35	Desviación estándar del punto de control 02	74
Figura36	Desviación estándar del punto de control 03	75
Figura37	Desviación estándar del punto de control 04	76
Figura38	Desviación estándar del punto de control 05	77
Figura39	Desviación estándar del punto de control 06	78
Figura40	Desviación estándar del punto de control 07	79
Figura41	Desviación estándar del punto de control 08	80
Figura42	Desviación estándar del punto de control 09	81
Figura43	Promedios de las Coordenadas UTM mínimo de los puntos de control	82
Figura44	Promedios de las Coordenadas UTM máximo de los puntos de control	83
Figura45	Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento	84
Figura46	Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento	85
Figura47	Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento	86
Figura48	Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento	87
Figura49	Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento	88
Figura50	Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento	89
Figura51	Valor mínimo de la desviación estándar de los levantamientos....	91
Figura52	Valor máximo de la desviación estándar de los levantamientos...	91
Figura53	Valor mínimo del error probable promedio.....	93
Figura54	Valor máximo del error probable promedio.....	93

Figura55 Precisión mínima y máximo de los puntos de control	95
Figura56 Precisión mínima y máximo en fracción de los puntos de control.	96
Figura57 Estacionamiento y medición en PC-01 con la estación total.....	97
Figura58 Estacionamiento y medición en PC-02 con la estación total.....	98
Figura59 Estacionamiento y medición en PC-03 con la estación total.....	99
Figura60 Estacionamiento y medición en PC-04 con la estación total.....	100
Figura61 Estacionamiento y medición en PC-05 con la estación total.....	101
Figura62 Estacionamiento y medición en PC-06 con la estación total.....	102
Figura63 Estacionamiento y medición en PC-07 con la estación total.....	103
Figura64 Estacionamiento y medición en PC-08 con la estación total.....	104
Figura65 Estacionamiento y medición en PC-09 con la estación total.....	105
Figura66 Valores mínimos obtenidos de la estación total	106
Figura67 Valores máximos obtenidos de la estación total	106
Figura68 Valores mínima y máximo de la diferencia entre el promedio y la estación total.....	108
Figura69 Plano de ubicación.	121
Figura70 Técnica de observación que se realizó para un correcto levantamiento topográfico	122
Figura71 Certificado de calibración GPS Diferencial South Galaxy G3	123
Figura72 Certificado de calibración Estación Total South N6	124

RESUMEN

El trabajo de investigación se centra en el estudio y la mejora de las técnicas utilizadas para el control geodésico de carreteras en la región de Huánuco, Perú, durante el año 2024. El objetivo principal es evaluar la confiabilidad de los métodos de verificación satelital aplicados en este contexto.

El proyecto comprende una serie de etapas, que incluyen la revisión de la literatura existente sobre control geodésico y tecnologías satelitales, así como la recopilación de datos específicos de la región de Huánuco. Se utilizan herramientas y técnicas de última generación para el análisis de datos geoespaciales, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS) y otros sistemas de referencia geodésicos.

Se llevan a cabo mediciones y análisis detallados para evaluar la precisión y confiabilidad de los métodos utilizados en el control geodésico de las carreteras en Huánuco. Esto incluye la comparación de datos obtenidos mediante diferentes técnicas de medición, así como la evaluación de la precisión de los modelos matemáticos utilizados en el procesamiento de datos satelitales.

Los resultados obtenidos se utilizarán para mejorar los procedimientos de control geodésico de carreteras en la región, lo que contribuirá a una infraestructura vial más segura y eficiente. Además, se espera que este estudio sirva como referencia para futuras investigaciones en el campo de la geodesia y la ingeniería de transporte en Perú y otras regiones con características geográficas similares.

Se utilizó una metodología aplicada con enfoque cuantitativo, siguiendo un diseño no experimental transeccional-relacional de nivel descriptivo. El estudio se centró entre los kilómetros 0.000 y 0.600 en un tramo específico de carretera.

El método de muestreo empleado fue no probabilístico, complementado con observación directa. Los hallazgos de este estudio sugieren que los métodos de verificación satelital utilizados para evaluar la precisión en el levantamiento de carreteras mostraron resultados similares y no significativamente diferentes. Los resultados obtenidos muestran que no hay diferencias significativas entre la Estación Total, el GPS Diferencial. Esto condujo a la conclusión de que los equipos convencionales de topografía son adecuados y precisos para proyectos de carreteras.

Palabras claves: Carreteras, confiabilidad, precisión, Posicionamiento Global (GPS), satelitales.

ABSTRACT

The research project focuses on the study and improvement of the techniques used for the geodetic control of roads in the Huánuco region, Peru, during the year 2024. The main objective is to evaluate the reliability of the satellite verification methods applied in this context.

The project comprises a series of stages, including the review of existing literature on geodetic control and satellite technologies, as well as the collection of data specific to the Huánuco region. State-of-the-art tools and techniques are used for the analysis of geospatial data, such as the Global Positioning System (GPS), the Global Navigation Satellite System (GNSS) and other geodetic reference systems.

Detailed measurements and analyzes are carried out to evaluate the accuracy and reliability of the methods used in the geodetic control of roads in Huánuco. This includes the comparison of data obtained using different measurement techniques, as well as the evaluation of the accuracy of the mathematical models used in processing satellite data.

The results obtained will be used to improve road geodetic control procedures in the region, which will contribute to a safer and more efficient road infrastructure. Furthermore, it is expected that this study will serve as a reference for future research in the field of geodesy and transportation engineering in Peru and other regions with similar geographical characteristics.

An applied methodology with a quantitative approach was used, following a non-experimental transactional-relational design at a descriptive level. The study focused between kilometers 0.000 and 0.600 on a specific stretch of road.

The sampling method used was non-probabilistic, complemented by direct observation. The findings of this study suggest that the satellite verification methods used to evaluate road survey accuracy showed similar and not significantly different results. The results obtained show that there are

no significant differences between the Total Station, the Differential GPS. This led to the conclusion that conventional surveying equipment is adequate and accurate for highway projects.

Keywords: Roads, reliability, precision, Global Positioning (GPS), satellites.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la ingeniería civil y la geodesia, el control geodésico de carreteras juega un papel crucial en la planificación, diseño y mantenimiento de infraestructuras viales seguras y eficientes. En este contexto, la utilización de tecnologías satelitales ha revolucionado los métodos de medición y verificación, permitiendo un análisis más preciso y detallado de la geometría de las vías terrestres.

El presente proyecto de investigación se enfoca en evaluar los métodos y la confiabilidad de verificación satelital aplicados en el control geodésico de carreteras en la región de Huánuco durante el año 2024. Esta región, caracterizada por su topografía variada y desafiante, presenta un entorno ideal para estudiar la efectividad y precisión de las técnicas de medición geoespacial.

Para lograr este objetivo, se llevarán a cabo análisis detallados de datos geodésicos obtenidos a partir de mediciones realizadas en una red poligonal abierta que abarca distintos tramos de carretera en Huánuco. Se emplearán tecnologías avanzadas, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y estaciones totales, para recopilar datos precisos y confiables.

El estudio se centrará en comparar diferentes métodos de observación, como la estática relativa, la cinemática en tiempo real (RTK) y el procesamiento dinámico, con el objetivo de identificar las ventajas y limitaciones de cada uno en términos de confiabilidad y precisión.

El presente estudio se divide en cinco capítulos, que se presentan a continuación:

El primer capítulo aborda la pregunta de investigación, sus fundamentos y limitaciones, propone hipótesis con sus variables correspondientes, y describe cómo estas variables serán operacionalizadas, en el segundo capítulo, se discuten los antecedentes del estudio, se presenta la base teórica que lo sustenta, se define el concepto de control geodésico, y se explora el significado de los métodos de verificación satelital que se investigarán, el

tercer capítulo detalla los métodos utilizados, el alcance y la población del estudio, así como el diseño metodológico empleado. También describe los instrumentos y métodos de recolección de datos, evaluando su confiabilidad y organizando la información recolectada en tablas para análisis posterior y en el cuarto capítulo, se exponen los resultados obtenidos a través de tablas descriptivas y comparativas que evalúan los datos recopilados durante el control geodésico.

Finalmente, el quinto capítulo presenta la discusión de los resultados, interpretando los datos con herramientas de investigación específicas y extrayendo conclusiones. Se hacen recomendaciones para futuras investigaciones, se incluye una bibliografía de recursos utilizados y una reseña del artículo.

Los resultados de esta investigación no solo contribuirán al conocimiento científico en el campo de la geodesia y la ingeniería civil, sino que también proporcionarán información valiosa para mejorar los procedimientos de control geodésico de carreteras en Huánuco y otras regiones con características geográficas similares. Además, se espera que este estudio sirva como base para futuras investigaciones en el área de la infraestructura vial y la geoespacialidad en el Perú.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el contexto del desarrollo y mantenimiento de infraestructuras viales en Perú, el control geodésico de carreteras juega un papel fundamental. Sin embargo, la precisión y confiabilidad de los métodos de verificación satelital utilizados en este proceso son aspectos que necesitan ser examinados en mayor profundidad. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

El problema radica en la necesidad de evaluar la eficacia y precisión de los métodos de verificación satelital aplicados en el control geodésico de carreteras en diversas regiones del Perú, incluyendo la región de Huánuco. La complejidad geográfica y las condiciones variables del terreno presentes en distintas zonas del país plantean desafíos específicos que requieren una atención detallada. (Glosarios Alicante, 2015)

El control geodésico de carreteras desempeña un papel crítico en la planificación, diseño y mantenimiento de infraestructuras viales seguras y eficientes. En la región de Huánuco, Perú, se enfrentan desafíos específicos debido a la compleja topografía y las condiciones geográficas variables. En este contexto, la precisión y confiabilidad de los métodos de verificación satelital utilizados en el control geodésico de carreteras son aspectos cruciales que requieren una evaluación exhaustiva. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

El problema radica en la necesidad de comprender en profundidad cómo la utilización de tecnologías satelitales afecta la confiabilidad de los datos obtenidos en el control geodésico de carreteras en Huánuco. Si bien estas tecnologías han proporcionado avances significativos en la precisión de las mediciones, es fundamental investigar si existen diferencias significativas entre los diferentes métodos de verificación satelital y cómo estas diferencias pueden influir en la toma de decisiones en la planificación y diseño de infraestructuras viales.

Además, se debe abordar la confiabilidad de los métodos utilizados para evaluar la precisión de los datos geodésicos, así como la idoneidad de estos métodos para su aplicación en contextos específicos, como la región de Huánuco. La comprensión de estos aspectos permitirá mejorar los procedimientos de control geodésico de carreteras, lo que a su vez contribuirá a una infraestructura vial más segura, eficiente y resiliente en la región. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

P.G. ¿Cómo afecta la técnica de corrección satelital en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- **P.E.1.** ¿Cuáles son las técnicas de corrección satelital aplicado en el control geodésico de carreteras, Huánuco en 2024?
- **P.E.2.** ¿Cómo afecta las técnicas de corrección satelital en la exactitud de los datos geodésicos obtenidos?
- **P.E.3.** ¿Cuáles son los costos directos e indirectos asociados con la implementación de tecnologías satelitales y métodos tradicionales, Huánuco 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

O.G. Determinar cómo afecta la técnica de corrección satelital en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **O.E.1.** Identificar cuáles son las técnicas de corrección satelital aplicados en el control geodésico de carreteras, Huánuco en 2024.

- **O.E.2.** Determinar cómo afecta las técnicas de corrección satelital en la exactitud de los datos geodésicos obtenidos
- **O.E.3.** Identificar los costos directos e indirectos asociados con la implementación de tecnologías satelitales y métodos tradicionales, Huánuco 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación busca proporcionar respuestas a las interrogantes que surgen en la comunidad de la ingeniería civil y geodesia sobre la idoneidad y confiabilidad de la verificación satelital en proyectos viales. Al arrojar luz sobre las ventajas y desafíos de la implementación de tecnologías satelitales en el control geodésico de carreteras, se contribuirá al avance del conocimiento científico en este campo y se brindará información esencial para la toma de decisiones en el ámbito de la construcción y el mantenimiento de infraestructuras viales.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La justificación práctica de esta investigación se basa en la necesidad real y urgente de proporcionar soluciones más eficientes y precisas en el control geodésico de carreteras. La implementación exitosa de tecnologías satelitales en este contexto tiene implicaciones directas en la planificación, construcción y mantenimiento de carreteras, lo que a su vez afecta la calidad, la seguridad y la vida útil de estas infraestructuras vitales.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El éxito de cualquier investigación radica en la selección adecuada de métodos y técnicas que permitan abordar las preguntas de investigación de manera precisa, confiable y eficiente. En este contexto, la justificación metodológica de esta investigación se centra en la

elección de enfoques que permitan evaluar de manera rigurosa y sistemática la confiabilidad y precisión de las tecnologías satelitales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se centra en las carreteras de la región de Huánuco, especialmente en los tramos I (Jr. Los mangos con Av. Universitaria) al tramo II (C. Puente piedra con Av. Universitaria), que abarca desde los 0+000 hasta los 0+800 kilómetros. Estas carreteras tienen marcadores geodésicos que necesitan ser evaluados para asegurar que la construcción sea adecuada y para facilitar la comunicación eficiente entre ciudades, considerando lo extenso de su área geográfica.

Disponibilidad de datos: La precisión y confiabilidad de los resultados dependen en gran medida de la calidad y la cantidad de datos disponibles. Las limitaciones en la disponibilidad de datos precisos o la falta de datos en ciertas áreas geográficas podrían afectar la comparación exhaustiva entre las técnicas satelitales y tradicionales.

Equipamiento y tecnología: Las mediciones satelitales dependen del funcionamiento correcto de los equipos GNSS y de la calidad de la señal. Problemas técnicos, interferencia de señal u otros problemas de hardware podrían haber afectado la precisión de las mediciones satelitales.

Condiciones atmosféricas cambiantes: A pesar de los esfuerzos para controlar las variables atmosféricas, las condiciones climáticas cambiantes, como la ionosfera y la troposfera, podrían haber influido en la precisión de las mediciones satelitales en ciertos momentos del estudio.

Complejidad topográfica: La topografía del terreno puede variar ampliamente en diferentes regiones. Las limitaciones en la representación de las condiciones topográficas podrían afectar la generalización de los resultados a áreas con características geomorfológicas distintas.

Errores de campo y procesamiento: Aunque se implementaron protocolos rigurosos de recopilación y procesamiento de datos, errores

humanos en la toma de mediciones o en el procesamiento de datos podrían haber influido en los resultados obtenidos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de esta investigación se sustenta en la disponibilidad de recursos técnicos, la accesibilidad generalizada a tecnologías satelitales y el enfoque metodológico establecido. La colaboración institucional y la planificación adecuada asegurarán la ejecución exitosa de las actividades de recolección de datos, análisis y redacción, dentro de los plazos establecidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El control geodésico y la obtención precisa de mediciones son esenciales en la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras, particularmente en el diseño y mantenimiento de carreteras. En las últimas décadas, la evolución de las tecnologías satelitales ha proporcionado oportunidades significativas para mejorar la eficiencia y precisión en la recolección de datos geodésicos. Sin embargo, la aplicación de estas tecnologías en el control geodésico de carreteras requiere una evaluación exhaustiva de su confiabilidad y precisión.

Varios estudios y trabajos previos han abordado la utilización de tecnologías satelitales en la geodesia y la ingeniería civil en general, pero pocos se han enfocado específicamente en la Validación satelital en el control de medición de carreteras.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Limachi (2021) En su trabajo “Validación de la Línea Geodésica “BH” del Estrecho de Tiquina Usando el Método de Cruce de Ríos (Poblaciones San Pedro y San Pablo en Tiquina, Provincia de Lapasmanco-Capaca), su principal objetivo es verificar la exactitud del geoide del Estrecho de Tiquina BH Huarin-Casani. El autor llegó a las siguientes conclusiones: 1) La realización, recolección y restauración de rocas superficiales en el área de investigación, utilizando ciertos procedimientos y estándares, identificó 4 monumentos, de los cuales solo Se encontraron 2. Había nudillos llamados BM-B BM-BH-21 y 2 BM-BH-25 completos y se realizaron investigaciones con ellos. 2) para determinar el desnivel, se realizó una serie de 25 observaciones en dos días y se obtuvieron 3 lecturas. 3) Determinar la diferencia de altura entre las ciudades de San Pedro y San Pablo de Tiquina de 0.2800 metros con una precisión de 10.889 milímetros dentro del rango de tolerancia del levantamiento de primer nivel; la diferencia entre los BM usados La

distancia al Estrecho de Quin equivale a 741 1030 metros, este valor permite determinar tolerancias de trabajo. Finalmente, 4) se realizaron jornadas informativas a los vecinos de los alrededores para que pudieran guardar la BM reciclada para futuras obras de construcción, ampliación urbana u otros proyectos que requieran control vertical.

Yanqui (2019) El objetivo principal de su tesis doctoral "Geodesia topográfica para el diseño de la autovía de la provincia del Beni en el triángulo Porto Arta-El" es realizar una referencia al IGM. topografía, según la consultora comercial multidisciplinaria. Los estándares establecidos por el Centro (CAEM) culminaron con el diseño de la Carretera Triangular de Bata de dos carriles en la Provincia de Beni, completando así la georeferenciación geodésica dentro de los 250 kilómetros de la Provincia de Beni. También se han colocado 676 balizas de concreto en la carretera que pasa por las ciudades de Australia, Cochabamba, Cais y Triángulo. Se estableció una red de control geodésico horizontal con 4 bases de control en toda el área de estudio. Además, a base de los segmentos determinados por el IGM.

Apráez (2020) En su trabajo "Desarrollo e implementación de un método para el levantamiento de mapas topográficos mediante fotogrametría aérea con drones". El objetivo principal es proponer y desarrollar un método para fotografiar el área investigada utilizando drones y realizar levantamientos topográficos con el apoyo de sistemas de información geográfica (SIG) de código abierto disponibles. Concluyendo en que se ha desarrollado y desplegado una técnica de medición de planos topográficos con el uso de UAVs, que permite obtener fotografías de aprox/minuto. El uso de un UAV le permite cambiar los parámetros de vuelo, como la altitud del vuelo número deseado de piezas según el proyecto que se está desarrollando, lo que permite el ajuste de vuelo requerimientos definidos en cada área. Demostró la promesa de utilizar vehículos aéreos no tripulados para obtener imágenes, porque reduce el costo y la mano de obra de la topografía en el campo durante el rodaje terreno común, además de poder hacer fotografías en todo tipo de zonas, incluso aquellos que no

están disponibles. También menciona la selección de parámetros y ajustes para la medición de imágenes control puntual revisando y comparando los métodos existentes documento, así como los principios establecidos por el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá preparar estudios topográficos; con tales parámetros es posible obtener GSD 1,17 cm/píxel, requerido para detalles finos en productos digitales. La importancia de establecer los puntos de control de la foto a editar incertidumbre del proyecto fotográfico y la necesidad de equipo GNSS, por ejemplo: RTK/PPK, lo que permite errores de medición más pequeños. Cuando se usa GPS normal, el error de posición es de 0,350 m y cuando se usa RTK -error 0.022m; estos valores fueron calculados en el programa Agisoft Metashape implementando puntos de control óptico en el proyecto fotoeléctrico, teniendo en cuenta tiene en cuenta el número de lanzamientos y errores de cada punto seleccionado para realizar ajustar y por último, recalca que las imágenes se procesan con Agisoft Metashape donde modelos digitales generados a partir del proyecto fotográfico, así como informes de cada etapa del procesamiento, lo que permite la integración ortopédica y de modelado elevación digital obtenida en QGIS. Resolución de 2,37 cm/píxel obtenido en un proyecto que permite la creación de productos digitales de alta calidad.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ramirez (2022) En su artículo “Red honoraria para la ejecución de proyectos de ingeniería de detalle para las obras conexas de la Carretera Transoceánica Sur Tramo 02: URCOS-INAMBARI.2019”. Su objetivo principal es desarrollar el procedimiento geodésico C, el cual permite extraer las siguientes conclusiones: 1) El proyecto se construye con la Con el nivel de precisión requerido por el Reglamento, los valores de las coordenadas se determinan mediante estimaciones y minimiza los errores aleatorios. 2) Realizar trabajo de campo y postprocesamiento de datos para lograr la correcta recolección de datos y determina la realización de la red geodésica secundaria. 3) Al calcular los puntos de control de nivel C P1 y P2, utilice el punto geodésico de nivel 0 con

código JU03, porque es el más conveniente para proyectos de georreferenciación y es adecuado para los siguientes proyectos: la precisión máxima requerida es 4 .00 mm, y corresponde al error permitido. 4) Al evaluar la red geodésica de los PC, se consideró necesario conectarse a la estación de monitoreo permanente (ERP) del IGN, ya que su distancia no supera los 100 km y se encuentra a una distancia aceptable. Resultado, JU03 Se puede obtener la precisión de los puntos P1 y P2, lo que cumple con los requisitos de la red geodésica de satélites IGN. Al final, se cree que el trabajo se completó por completo y se logró la precisión especificada por IGN.

Payva (2022) En su trabajo “Fotogrametría aplicada de precisión plana y en altura como método alternativo y equipos convencionales como método directo en el diseño de geometría vial, Ilo 2022”. El objetivo general es la fotogrametría, y el uso de equipos convencionales puede proporcionar una alta precisión en planta y elevación en el diseño de la geometría de la carretera, Ilo 2022. La conclusión es la siguiente: Como se muestra en la Tabla 21, las coordenadas verticales obtenidas por el MDT no tienen una precisión aceptable, ya que los valores de altura difieren con respecto a la referencia, oscilando entre 0,029 m y -0,306 m. Según la Tabla 21, el valor medio es 0,135 m y, utilizando pruebas estadísticas, existe una diferencia significativa entre los datos MDT y GNSS con un valor P de 0,012, que es inferior a $\alpha = 0,05$. Se puede concluir que los modelos digitales (DMT) creados a partir de imágenes de drones no pueden proporcionar coordenadas verticales precisas. Debido a estos valores, la estación total recibida no tiene una precisión aceptable. Las diferencias respecto al rango de referencia son de -0,322 ma 0,000 m. Promedio -0,167 m La diferencia entre los datos de la tabla y los GNSS se confirma según la Tabla 26. Usando calibración, el estadístico $P=0,003$ es menor que $\alpha=0,05$. Se dice que los puntos obtenidos por el levantamiento de la estación total no proporcionaron las coordenadas exactas de los puntos de control.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Rojas (2019) En su artículo, "El uso de imágenes satelitales y su impacto en el diseño geométrico del proyecto de mejora de la fase 2 de la carretera vecinal". Shiyán - Vilcabamba (l=5800 km) Distrito de Pampamarca y Obas, Departamento de Huánuco y Departamento de JHuánuco - 2019. Cuyo objetivo fue Determinar si el uso de imágenes satelitales puede optimizar el costo y el diseño geométrico de proyectos viales, concluyendo a lo siguiente: 1) Hipótesis, se acepta el uso de imágenes satelitales dejen que las fábricas de trabajo en carretera mejoren, el Cuerpo: Proyecto mejora de las carreteras cercanas. Parte II: Shiyán - Wilcabamba, Hualuko; fuera de plazo que alfa cronbach (estadísticas de confiabilidad interna) con la imagen satelital es 0.9936 en comparación con 0.9579, tomada de herramienta de topografía. Esto mejora el diseño de la planta porque cuando tienes fotos Satélite, los factores humanos no solo son manejados por su experiencia, sino que también aumentan su percepción está sufriendo un derrame cerebral porque tiene una gran vista de la tierra, específicamente, puede ver el uso de tierras vecinas.

El estado o privado para la próxima apropiación, si es necesario. Igualdad de esta forma, se optimiza el diseño de la instalación por el factor sinuoso debido a la posibilidad de tener una imagen del terreno, y no solo su topografía (topografía).

En consecuencia, la perspectiva existente a la hora de determinar la posición sobre el terreno, es mucho más relevante para la realidad que simplemente tener un plano topográfico, especialmente si ese es el caso funciona igual que en nuestro caso con una resolución de zoom de 21 según SAS Planet el uso es uno de los mejores. El diseño de la instalación también está optimizado, porque en nuestro caso tenemos alrededor de 160 metros de retraso (en plan) punto de partida de la línea de guía, debido a la línea horizontal de diseño original (línea roja) desfase = 160 m desde el punto de partida relacionado a imagen de satélite, es decir, el punto de partida del lugar indicado en el mapa el

terreno, al no utilizar imágenes satelitales, no se corresponde con el área real. Estos errores ocurren a menudo cuando se trabaja en dibujos, porque no son referencia geográfica.

2.2. BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas de esta investigación se construyen sobre los conceptos fundamentales de geodesia, tecnologías satelitales y comparación de métodos. La comprensión de errores, precisión, análisis estadístico y factores ambientales respalda la evaluación de la confiabilidad y precisión de las mediciones satelitales en el control geodésico de carreteras.

2.2.1. TÉCNICAS PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN Y FIABILIDAD DE MEDICIONES GEODÉSICAS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CARTOGRAFÍA

Estos métodos incluyen el uso de puntos de control predeterminados y técnicas topográficas precisas como GPS, estaciones totales y nivelación. La validación implica comparar mediciones de campo con datos de referencia para detectar errores o inconsistencias y hacer correcciones si es necesario. El control geodésico es esencial para garantizar la precisión de la planificación, el diseño, la construcción y la cartografía de la infraestructura.

En su difusión altimetría satelital Menciona lo siguiente:

La geodesia por satélite (sistema GPS) proporciona un control descentralizado mediante medición estática de la posición diferencial y tiene coordenadas geodésicas de latitud, longitud y altura elipsoidal, (Márquez, R. A. 2009).

Los métodos de control y verificación geodésica son métodos utilizados para garantizar la precisión y confiabilidad de los estudios geodésicos en proyectos cartográficos y de ingeniería civil. Estos métodos incluyen el uso de puntos de control geodésicos preestablecidos y técnicas topográficas de precisión como posicionamiento satelital (GPS), estaciones totales y niveles.

La validación implica comparar las mediciones obtenidas en el campo con datos de referencia para identificar posibles errores o discrepancias. Esto se logra mediante análisis estadísticos y correcciones cuando sea necesario. Los levantamientos geodésicos son esenciales para garantizar la precisión de la planificación, el diseño y la construcción de infraestructuras como carreteras, puentes y edificios y para producir mapas precisos y actualizados. (Geodésica).

A) Monitoreo topográfico

El monitoreo topográfico incluye un conjunto de procedimientos diseñados para garantizar la precisión y confiabilidad de los estudios geodésicos en una variedad de proyectos, incluidos los de ingeniería civil y cartografía. Esto incluye el establecimiento de puntos de referencia geodésicos predeterminados y el uso de técnicas topográficas precisas como GPS, estaciones totales y nivelación. El objetivo básico del control geodésico es garantizar la precisión en la planificación, el diseño y la construcción de infraestructuras y la preparación de mapas detallados y actualizados. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

B) Objetivos del control geodésico propósitos de la supervisión cartográfica

- **Garantizar la precisión y calidad de los mapas:** Realizar un seguimiento cartográfico para garantizar que los mapas y las representaciones geográficas sean precisos, confiables y estén actualizados. Esto incluye comprobar la exactitud de la información cartográfica y corregir posibles errores. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)
- **Determinar cambios en el paisaje:** El monitoreo cartográfico permite detectar cambios en el entorno natural o construido, como nuevas construcciones, cambios en el uso del suelo o cambios en los cuerpos de agua. Esto es importante para que el mapa esté actualizado y proporcione la información más reciente. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018).

- **Apoyo a la toma de decisiones:** Los mapas y la información cartográfica son herramientas importantes para la planificación y la toma de decisiones en diversos campos, como la gestión de tierras, la gestión de desastres, la agricultura y la gestión de recursos naturales. El seguimiento cartográfico garantiza que la información sea precisa y relevante para los usuarios. (Márquez, R. A. 2009).
- **Navegación y orientación más fáciles:** Los mapas son esenciales para la navegación terrestre, marítima y aérea y la orientación del terreno. El monitoreo cartográfico garantiza que los mapas representen con precisión el terreno y las características geográficas, lo que facilita a los usuarios navegar y orientarse. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018).
- **Apoyo a la investigación científica:** Los investigadores utilizan mapas e información cartográfica en muchas disciplinas científicas, incluidas geografía, geología, ecología, climatología y más. El seguimiento cartográfico garantiza la calidad de los datos cartográficos utilizados en la investigación científica. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018).

El propósito de la observación de mapas es garantizar la precisión del mapa, detectar cambios en el terreno, apoyar la toma de decisiones, facilitar la navegación y la orientación y apoyar la investigación científica.

- **Relevamiento topográfico:** Es un proceso mediante el cual se determinan las posiciones exactas de puntos en la superficie terrestre utilizando métodos de la geodesia, una rama de la ciencia que estudia la forma y las dimensiones de la Tierra. Estos levantamientos se realizan con el fin de crear mapas precisos, establecer límites territoriales, realizar trabajos de ingeniería y construcción, entre otras aplicaciones. (Márquez, R. A. 2009).

Los levantamientos geodésicos pueden involucrar técnicas como la triangulación, la trilateración, el posicionamiento por satélite (como el GPS), así como mediciones de ángulos y distancias sobre la superficie de la Tierra. Los datos recopilados durante un levantamiento geodésico se utilizan para calcular coordenadas geográficas precisas de los puntos de interés, lo que permite una representación precisa de la superficie terrestre en mapas y sistemas de información geográfica (GIS).

- **Levantamiento directas:** En (2019), La medición directa en geodesia se refiere al proceso de obtención de datos mediante la observación directa de los ángulos y distancias entre puntos de interés en la superficie terrestre. Esta técnica implica el uso de instrumentos como un teodolito, una estación total y equipos de medición de alcance para leer con precisión las características del terreno. Las mediciones directas son esenciales para recopilar información detallada que luego se utiliza para calcular coordenadas geográficas y crear mapas y modelos de terreno. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)
- **Levantamiento indirectas:** Según Olivera (2019) Levantamiento indirecto en geodesia se refiere a la obtención de datos utilizando métodos que no implican la observación directa de los ángulos y distancias del terreno. En lugar de determinar la ubicación de puntos en la superficie de la Tierra, se utilizan métodos como la trigonometría, la fotogrametría y el posicionamiento por satélite (como el GPS). Estos métodos pueden incluir el uso de imágenes aéreas, señales de satélite, modelos matemáticos y otros recursos para calcular las coordenadas geográficas de puntos de interés. Las mediciones indirectas son útiles en situaciones donde las mediciones directas son difíciles o imposibles debido a la distancia, el terreno o las condiciones ambientales.

- **Posicionamiento geográfico de sitios:** Geolocalización es el proceso de determinar con precisión las coordenadas geográficas (latitud, longitud y, en algunos casos, altitud) de una ubicación específica en la superficie de la Tierra. El proceso se lleva a cabo mediante técnicas topográficas y cartográficas, que pueden incluir la medición directa o indirecta de ángulos y distancias, así como el uso de sistemas de posicionamiento satelital como el GPS. La geolocalización de ubicaciones es esencial para varias aplicaciones como navegación, cartografía, planificación urbana, gestión de recursos naturales, agricultura de precisión y muchos otros campos donde es importante conocer la ubicación exacta de un lugar en el mundo. Esta información se utiliza para crear mapas precisos, sistemas de información geográfica (GIS), navegación y control del terreno y otras aplicaciones. (Olivera, 2019)
- **Conseguir organización de resultados geodésicos:** Es el proceso de ordenar, clasificar o estructurar los datos obtenidos como resultado del levantamiento y análisis geodésico para facilitar su comprensión, interpretación y uso posterior en investigaciones, proyectos o aplicaciones geodésicas. (Olivera, 2019)

Se pueden seguir varios procesos para lograr la organización de los resultados geodésicos, entre ellos:

1. **Recopilación de datos:** recopile todos los datos geodésicos disponibles, incluida la distancia, el ángulo, las coordenadas, la altura y otros resultados de medición obtenidos utilizando diversos métodos de medición, como GPS, nivelación y triangulación. (Olivera, 2019)
2. **Estandarización de datos:** Asegúrese de que todos los datos estén en un formato uniforme y consistente utilizando unidades consistentes y estándares de referencia geodésicos apropiados. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

- 3. Validación de datos:** verificar la calidad y precisión de los datos geodésicos comparándolos con fuentes confiables, detectar y corregir errores y evaluar la consistencia interna de los datos. (Olivera, 2019)
- 4. Procesamiento y Análisis:** Utilice técnicas y algoritmos geodésicos para procesar y analizar los datos recopilados, como nivelación geodésica, interpolación espacial, modelado geodésico, etc. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)
- 5. Visualización y presentación:** utilice software especial u otras herramientas de visualización en SIG (Sistema de Información Geográfica) para comprender clara y fácilmente los resultados del levantamiento geodésico mediante la creación de mapas, diagramas, tablas y otros recursos visuales. (Olivera, 2019)
- 6. Documentación:** Documente y registre completamente todos los pasos en el proceso de organización de los resultados geodésicos, incluidos los métodos utilizados, los parámetros ajustados, las decisiones tomadas y las fuentes de datos utilizadas. Siguiendo estos procesos se puede lograr una organización efectiva de los resultados geodésicos, promoviendo así su uso y aplicación en diversos campos, como la cartografía, la ingeniería, la geofísica, la navegación, etc. (Olivera, 2019)

C) Propiedades del control geodésico

Se refiere a las características y calidad de los puntos de control establecidos en una red geodésica, incluyendo su exactitud, precisión, ubicación, distribución espacial, referencia geodésica y otros aspectos relevantes para su uso en levantamientos y cálculos geodésicos. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

Los atributos de control geodésico son propiedades importantes que describen los puntos de control creados en una red geodésica. Algunas de estas características incluyen:

- **Precisión:** Indica qué tan bien las coordenadas de un punto de ruta representan su ubicación real en la Tierra. Cuanto mayor sea la precisión, menor será el error asociado con las coordenadas calculadas.
- **Exactitud:** Mide qué tan cerca están las coordenadas del punto de ruta de su verdadera ubicación en la Tierra. La precisión refleja la calidad general de la red geodésica y puede variar según la técnica topográfica utilizada y la calidad del equipo utilizado.
- **Distribución espacial:** Se refiere a la ubicación de los puntos de control en el terreno. Una correcta distribución espacial asegura una cobertura uniforme y suficiente del área de interés, facilitando las mediciones y cálculos geodésicos en todo el territorio.
- **Datum geodésico:** Sistema de coordenadas utilizado para determinar la ubicación de los puntos de control. Puede ser un dato geodésico local, regional o global, como WGS84 o NAD83, cuya elección afecta la compatibilidad e interoperabilidad de los datos geoespaciales.
- **Estabilidad:** se refiere a la capacidad de los puntos de control para mantener su posición relativa a lo largo del tiempo. La estabilidad del

punto de control es importante para garantizar la coherencia y confiabilidad de las mediciones geodésicas a lo largo del tiempo.

- **Documentación:** La información detallada y precisa sobre cada punto de control, incluida su ubicación, coordenadas, descripción física, método de determinación y cualquier otra información relevante, es esencial para la comprensión y el uso adecuado de la geodesia.

Estas son algunas de las características básicas de la guía geodésica que son esenciales para garantizar la precisión, confiabilidad y utilidad de las mediciones geodésicas en diversas aplicaciones como topografía, ingeniería, geofísica y navegación. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

D) Clases de control geodésico

Son las diferentes categorías o grupos en los que se pueden dividir los puntos de control geodésico en función de diferentes criterios, como sus funciones, precisión, extensión geográfica, etc. Estas categorías pueden incluir puntos de control de primer orden, segundo orden, tercer orden, puntos de control locales, etc. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

- **Controles de Primer Orden:** Son puntos de control geodésicos con la mayor exactitud y precisión. Se utilizan como referencia principal para estudios geodésicos con alta precisión. Estos puntos suelen formar parte de una red geodésica nacional o regional y se establecen mediante técnicas de observación avanzadas como la triangulación o las observaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).
- **Puntos de control de segundo orden:** Son puntos de control geodésicos de precisión media. Aunque no tienen la misma precisión que los controles de primer orden, siguen siendo puntos importantes en las redes geodésicas y se utilizan para mapeo, topografía y otras aplicaciones geodésicas.

- **Puntos de control de tercer orden:** Estos son los puntos de control geodésicos menos precisos en la cuadrícula geodésica. Por lo general, se utilizan para tareas de nivelación, control de construcción y otras aplicaciones que requieren una precisión moderada pero no tanta como el control de primer y segundo orden.
- **Controles Locales:** Son puntos de control geodésicos establecidos para propósitos específicos dentro de un área o área local. Aunque su precisión puede variar, se utilizan para proporcionar referencias locales para diseño, ingeniería y otras actividades que no requieren precisión global.
- **Control vertical:** Se refiere a un punto de control geodésico utilizado específicamente para determinar la altura o altitud. Estos puntos son importantes para aplicaciones como la planificación de inundaciones, la ingeniería de precisión y la gestión del agua.

Estas son algunas categorías comunes de orientación geodésica, pero es importante tener en cuenta que las clasificaciones pueden variar según el país, la región o la aplicación específica. (Olivera, 2019)

E) Organización de técnicas de control geodésico

Según Wolf y Ghilani (2016), los métodos de control geodésico se pueden dividir en muchas categorías según diferentes criterios. A continuación, se muestran algunas clasificaciones comunes:

- **Usando tecnología de medición:**
 - **Triangulación:** medición basada en ángulos entre puntos de control.
 - **Trilateración:** mediciones basadas en distancias entre puntos de control.
 - **GPS:** (Sistema de Posicionamiento Global): utiliza señales de satélite para determinar una ubicación exacta en la Tierra.
 - **Alineación:** mide la diferencia de altura entre puntos.

- **Para precisión y exactitud:**
 - **Control de primer orden:** mayor exactitud y precisión para aplicaciones de alta precisión.
 - **Control de segundo orden:** precisión media, adecuado para aplicaciones de nivel medio.
 - **Control de tercer orden:** menor precisión, utilizado para aplicaciones que requieren menor precisión.
- **Por área geográfica:**
 - **Control nacional:** cubre todo el país y proporciona una red de puntos de control de referencia.
 - **Control de área:** abarca determinados territorios del país.
 - **Control local:** sólo para determinadas ciudades, distritos o proyectos.
- **Toca para usar:**
 - Control geodésico de topografía y cartografía.
 - Control geodésico de objetos y construcción.
 - **Control geodésico:** para la investigación ambiental y del cambio climático.
 - **Dispositivos de control geodésico:** para navegación y posicionamiento.

Estas son algunas de las clasificaciones comunes de los métodos de control geodésico, pero otras clasificaciones son posibles dependiendo del contexto y criterios específicos de cada proyecto o aplicación. (Olivera, 2019)

2.2.2. NIVEL DE FIABILIDAD

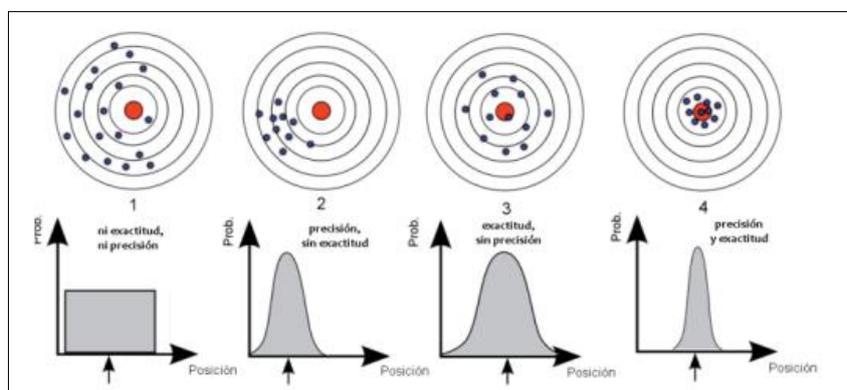
El nivel de confiabilidad de la geodesia espacial y las estaciones totales se refiere a la confianza en la exactitud y precisión de las mediciones realizadas utilizando estos instrumentos y técnicas. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

- **En el caso de la geodesia espacial:** es el campo que utiliza tecnologías como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y otros sistemas de navegación por satélite para determinar la ubicación precisa de puntos en la Tierra. El nivel de confiabilidad de la geodesia espacial se evalúa teniendo en cuenta la precisión de las mediciones de posición obtenidas a partir de señales de satélite y los métodos de procesamiento utilizados para calcular las coordenadas geodésicas. Esto incluye evaluar la calidad de la señal, los errores de medición, la precisión de los relojes atómicos de los satélites y otros factores que pueden afectar la precisión de una ubicación determinada. Una estación total, por otro lado, es un instrumento utilizado en topografía para medir ángulos y distancias horizontales y verticales para determinar la posición relativa de puntos en el suelo. (Normas Técnicas Geodésicas, 2015).
- **El nivel de confiabilidad de la estación total:** En este caso depende de la precisión de las mediciones de ángulos y distancias realizadas por el instrumento, así como de la precisión del método utilizado para ajustar y procesar los datos recopilados. Esto incluye la consideración de la calibración del instrumento, la estabilidad de la estación y otros factores que pueden afectar la precisión de la medición. (Duque, Garzón, & Jiménez, 2018)

En resumen, el nivel de confiabilidad de la geodesia espacial y las estaciones totales se determina evaluando la exactitud y precisión de las mediciones realizadas con estos instrumentos y técnicas, así como la confiabilidad de los métodos de procesamiento y análisis de datos obtenidos. (Olivera, 2019)

Figura1

Precisión en la representación de datos topográficos, evaluada conforme a criterios estadísticos



Nota. La precisión y la exactitud son conceptos fundamentales para garantizar que las mediciones y los resultados sean confiables y correctos. (Pantigoso, 2014).

Según Pantigoso (2014), la precisión de un instrumento o método de medición depende directamente de la calidad de su calibración, la cual se define como la medida de la adecuación del instrumento respecto a estándares de medida internacionalmente aceptados.

Esto es esencial para garantizar la calidad y confiabilidad de los resultados de los estudios geodésicos utilizados en una amplia gama de aplicaciones, incluidas la topografía, la ingeniería y la navegación. (Pantigoso, 2014)

2.2.3. CATEGORIZACIÓN DE ERRORES

los errores se pueden dividir en diferentes categorías según su origen y naturaleza. A continuación, se muestran algunas clasificaciones comunes: (Navarro, 2008, p. 18).

A) Errores aleatorios y sistemáticos:

- Los errores aleatorios son aquellos que ocurren de manera impredecible y fluctúan alrededor de la media. No tienen una causa particular y pueden ser causados por factores como la precisión de los instrumentos, condiciones atmosféricas cambiantes o errores humanos aleatorios. (Pantigoso, 2014)

- Los errores sistemáticos son consistentes y predecibles y tienden a afectar todas las mediciones por igual. Pueden deberse a la deriva del instrumento, errores de calibración, influencias ambientales persistentes o métodos de observación inadecuados. (Navarro, 2008, p. 18).

B) Errores de observación y errores de procesamiento:

- Los errores de observación surgen de mediciones directas, como la lectura de ángulos en una estación total o la recepción GPS de señales de satélite. Esto puede provocar imprecisiones en los instrumentos, errores de orientación o problemas de visibilidad. (Pantigoso, 2014)
- Errores de procesamiento que se produzcan durante el procesamiento de datos, incluidos cálculos matemáticos, correcciones de red, interpolaciones o transformaciones de coordenadas. Estos errores pueden surgir de algoritmos incorrectos, aproximaciones simplistas o suposiciones no válidas. (Navarro, 2008, p. 18).

C) Error de distribución:

- El error generalizado se refiere a cómo los errores de medición se propagan a través de los cálculos y afectan el resultado final. Dependiendo del tipo de medición y del método de análisis utilizado, estos errores pueden amplificarse o atenuarse. (Pantigoso, 2014)

D) Error de referencia y error relativo:

- El error de referencia es la diferencia entre la medida tomada y el valor de referencia, que se conoce o se acepta como verdad absoluta. Estos errores pueden deberse a desviaciones en las condiciones ambientales, cambios en los puntos de referencia o imprecisiones de los instrumentos.

- El error relativo se refiere a la diferencia entre mediciones adyacentes en una serie de observaciones. Se evalúan en función de la coherencia y la precisión relativa entre puntos de control en una cuadrícula geodésica o un levantamiento topográfico.

Estas son algunas clasificaciones erróneas comunes en geodesia y topografía espacial. Comprender y gestionar estos errores es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones geodésicas y topográficas utilizadas en una variedad de aplicaciones. (Pantigoso, 2014)

2.2.4. MODELOS ESTADÍSTICOS

Navarro (2014), Menciona que la topografía y geodesia, la teoría estadística generalmente incluye métodos y modelos para analizar y procesar datos espaciales y topográficos. Algunas teorías estadísticas comunes en estas áreas incluyen:

A) Análisis de errores: El estudio de cómo los errores de medición afectan la precisión de los resultados de los levantamientos topográficos y geodésicos y cómo estos errores se pueden reducir o corregir.

- **Media aritmética:** A menudo llamada simplemente media, es un concepto básico en estadística y matemáticas. Se calcula sumando todos los valores de un conjunto y dividiendo la suma por el número total de valores del conjunto.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

- **Error residual:** Son una medida utilizada en estadística para evaluar la calidad de un modelo de regresión. Se refiere a la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo. Es decir, si tiene un conjunto de datos y ajusta un modelo de regresión a esos datos, los residuos son las diferencias entre los valores reales y los valores predichos por el modelo para cada observación en el conjunto de datos.

Calcular el valor residual para una observación determinada i puedo decirlo de esta manera:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

Donde:

- e_i = Es el error residual para la observación i .
- y_i = Es el valor real observado para la observación i .
- \hat{y}_i = Es el valor predicho por el modelo para la observación i .

Si todas las observaciones de su conjunto de datos tienen errores residuales, puede utilizarlos para evaluar la precisión y la calidad del modelo de regresión.

- **Error Medio Cuadrático:** El error cuadrático medio (MSE) es una métrica común para evaluar la precisión de los modelos de regresión. Se calcula como la raíz cuadrática media de los errores residuales.

El MSE del conjunto de datos se calcula de la siguiente manera:

$$E_c = \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}}$$

MSE es una medida de varianza que indica cuánto difieren las predicciones del modelo de los valores reales. Un MSE más bajo indica que el modelo tiene mejor poder predictivo porque los residuos medios tienden a ser más pequeños. Por lo tanto, al comparar modelos, se prefiere el modelo con el MSE más bajo. Sin embargo, vale la pena señalar que las MSE pueden ser sensibles al sesgo de los datos. (Pantigoso, 2014)

- **Error aritmético:** Se utilizan en diversos contextos para describir diferencias o imprecisiones en cálculos numéricos.

$$E_v = E_c / (n)^{\frac{1}{2}}$$

Estos términos se utilizan comúnmente en análisis numérico y para evaluar la precisión de cálculos y aproximaciones en ciencia e ingeniería.

- B) Interpolación espacial:** Se refiere a la técnica de estimar valores en ubicaciones no seleccionadas en base a datos recopilados en puntos específicos, esencial para crear mapas y modelos precisos. (Pantigoso, 2014)
- C) Regresión espacial:** examina las relaciones espaciales entre variables, lo que permite predecir o modelar una variable en función de otras variables relacionadas espacialmente.
- D) Análisis de series de tiempo:** se centra en examinar datos recopilados en diferentes momentos para identificar tendencias, patrones y ciclos en fenómenos topográficos y geodésicos. (Pantigoso, 2014)
- E) Geoestadística:** El uso de métodos estadísticos para analizar y modelar la distribución espacial de fenómenos geográficos, como cambios de terreno o la distribución de recursos naturales. (Pantigoso, 2014)
- F) Procesamiento de imágenes satelitales y Lidar:** utilice técnicas estadísticas para extraer información útil de imágenes satelitales y datos Lidar, por ejemplo, para crear modelos de elevación digitales o registrar cambios en la superficie de la Tierra. (Pantigoso, 2014)

Estas teorías estadísticas son esenciales para la precisión y confiabilidad de las mediciones y análisis en topografía y geodesia, y contribuyen a una mejor comprensión y gestión del medio ambiente de la Tierra. (Pantigoso, 2014)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Confiabilidad:** La norma geodésica de 2015 define la capacidad del levantamiento de carreteras para proveer mediciones precisas,

consistentes, incluyendo precisión, repetibilidad y exactitud. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

- **Control Geodésico de Carreteras:** Establece y mantiene los puntos de referencia precisos a lo largo de las vías, incluyendo la ubicación de puntos geodésicos y estaciones para la medición y gestión de la infraestructura vial. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator):** El Sistema de Coordenadas UTM divide la Tierra en 60 zonas con sistemas de coordenadas cartesianas individuales, es esencial en topografía, cartografía y sistemas de información geográfica (SIG). (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Coordenadas cartesianas locales:** Las coordenadas locales se basan en un origen y eje vertical específicos, ajustándose a proyectos individuales. Son frecuentes en ingeniería civil por su adaptabilidad y precisión ajustable. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Coordenadas proyectadas:** La proyección cartográfica convierte coordenadas geográficas (latitud, longitud) en un plano cartesiano, usando métodos como Mercator y Lambert para representar de forma precisa superficies curvas en mapas planos. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **ED50 (Datum europeo 1950):** Este es el datum utilizado para topografía y cartografía en Europa y otros lugares. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Error del instrumento:** El error instrumental surge por limitaciones del equipo, incluyendo problemas de calibración, lecturas inexactas y defectos del instrumento que afectan la precisión de las mediciones. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Error de observación:** se refiere al error aleatorio que ocurre en el proceso de medición, como error de puntería, error de lectura o error de interpretación de datos. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

- **Errores sistemáticos:** Los errores sistemáticos afectan todas las mediciones de manera consistente, causados por calibración deficiente, condiciones ambientales y sesgos en los métodos de recolección de datos. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Errores de modelado:** Durante el procesamiento de datos, pueden surgir errores de modelado debido a simplificaciones excesivas o suposiciones incorrectas sobre las condiciones del terreno al usar modelos matemáticos o algoritmos para calcular posiciones o ajustes. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Error de referencia:** Un error de referencia sucede cuando los puntos de referencia en la guía geodésica son imprecisos o mal definidos en comparación con el punto de referencia deseado. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Errores de propagación:** estos errores son errores que se propagan a cálculos y análisis posteriores, agregando incertidumbre al resultado final. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Estaciones Totales:** Los teodolitos electrónicos con telémetro integran medidas precisas de ángulos y distancias horizontales y verticales para localizar puntos de control en topografía. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Estaciones de referencia permanentes (GNSS-RTK):** Las estaciones GNSS permanentes son puntos de referencia conocidos que mejoran la precisión del posicionamiento diferencial en tiempo real (RTK) al ofrecer correcciones continuas durante las operaciones de campo. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Levantamiento topográfico:** implica medir puntos de referencia utilizando métodos topográficos tradicionales, como la triangulación y la trilateración, para determinar la posición relativa de los puntos en el terreno. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

- **Línea de escala:** La escala cartográfica establece la correspondencia entre las medidas en coordenadas geográficas y el tamaño real de la Tierra, garantizando la precisión proporcional de las mediciones topográficas. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Métodos de verificación satelital:** Validan la precisión de datos obtenidos con GPS o GNSS mediante procedimientos específicos de comprobación y validación de resultados geoespaciales. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **NAD83 (North American Datum 1983):** Datum utilizado principalmente en Norteamérica para georreferenciación y cartografía. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Orientación:** La orientación de los ejes de coordenadas se ajusta según la forma y el eje de rotación de la Tierra, alineando el sistema con el elipsoide o esfera de referencia terrestre. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Origen:** Un punto de referencia define coordenadas geográficas, ya sea un lugar concreto en la superficie terrestre como una estación geodésica, o teórico como el centro de la Tierra. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Sistema de Posicionamiento Global (GPS/GNSS):** Estos sistemas usan satélites para calcular coordenadas precisas en la Tierra, facilitando mediciones precisas instantáneas o datos almacenados para procesamiento posterior con alta precisión. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **Tecnología de escaneo láser de superficie (TLS):** Captura eficiente y precisa de datos tridimensionales en áreas extensas, ideal para detallar la geometría de carreteras y sus entornos circundantes. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).
- **WGS84 (Sistema Geodésico Mundial 1984):** Este es el datum geodésico utilizado por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y es ampliamente utilizado en todo el mundo. (Instituto Geográfico Nacional , 2015).

2.4. HIPÓTESIS

(H1): La técnica de corrección satelital afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

(H0): La técnica de corrección satelital no afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

La precisión en el control geodésico de carreteras hace referencia a la medida de cuán precisa y exacta es la información obtenida a través de los métodos de verificación satelital aplicados en el control geodésico de carreteras. La precisión se evaluará en términos de las coordenadas geodésicas obtenidas para los puntos de control utilizados en la infraestructura vial, considerando la comparación entre los métodos satelitales y otros métodos de verificación tradicionales en las carreteras de Huánuco 2023.

La variable dependiente es: Precisión de los datos Geodésicos.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Los métodos de verificación satelital se refieren a las diferentes técnicas y enfoques de verificación que involucran el uso de sistemas de navegación global por satélite (GNSS) para el control geodésico de carreteras. Los métodos de verificación satelital pueden incluir el uso de estaciones GNSS de referencia, técnicas de procesamiento diferencial, comparación entre mediciones GNSS y métodos tradicionales, entre otros.

La variable independiente es: Técnicas de corrección Satelital.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla1

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
Variable dependiente	Se refiere a la precisión de confianza o seguridad que tienen los investigadores de que los resultados obtenidos pueden ser aceptados con base en los procedimientos utilizados para realizar el estudio. (Díaz et al., 2021)	Precisión	Rangos de precisión	- Ficha técnica
Precisión de los datos Geodésicos		Exactitud	Determinación de la precisión Rangos de exactitud	- Ecuación de precisión.
Variable independiente	Las técnicas de corrección satelital se definirán como las diversas técnicas utilizadas para verificar y establecer el control geodésico de carreteras mediante el uso de sistemas de navegación global por satélite (GNSS) y tecnologías relacionadas. (Sariago et al., 2019)	Implementación	Configuración de estaciones	- Ficha técnica
Técnicas de corrección Satelital		Tecnología GNNS	Sistemas GPS, GLONASS, Galileo u otras	- Configuración del GPS Diferencial Post proceso
		Procesamiento de datos	de Obtención de coordenadas Geodésicas	

Nota. La tabla 1 nos muestra las variables descompuestas en dimensiones más específicas y la vez con sus indicadores que permite una observación directa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

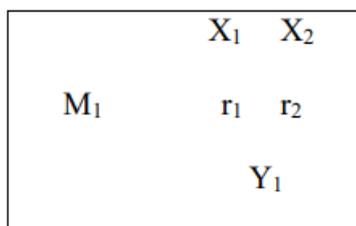
Este estudio utilizó un enfoque cuantitativo porque tiene las siguientes características: Los datos recopilados se utilizan para probar hipótesis basadas en el análisis estadístico de medidas numéricas para probar teorías mediante la identificación de patrones de comportamiento. (Hernández, 2014)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente trabajo de investigación tiene un nivel aplicativo porque tiene metas u objetivos, ya que se caracteriza por: Está más interesada en la aplicación inmediata a la resolución de problemas que en desarrollar conocimientos de interés general. (Hernández, 2014)

3.1.3. DISEÑO

El presente trabajo de investigación tiene un diseño no experimental y transversal porque: En un diseño transeccional o transversal, los datos se recopilan una sola vez. El objetivo es describir lo que sucede en un momento determinado variables y analizar sus interrelaciones y frecuencia de ocurrencia. (Hernández, 2014)



Donde: M_1 = Muestra, X_i = Variables independientes

r_i = Relación casual, Y_1 = Variable dependiente

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Después de establecer qué unidad se utilizará para el muestreo y el análisis, se procede a definir el grupo específico que será objeto de estudio y sobre el cual se buscará extrapolar los resultados. Hernández (2014)

El trabajo de investigación tomó como su población a todas las carreteras del Distrito de Pillco Marca - Provincia de Huánuco - Departamento de Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

La muestra fue seleccionada mediante métodos no probabilísticos, teniendo en cuenta que en este tipo de muestras la selección de casos depende de la decisión del investigador o recolector de datos en función del propósito del estudio y su aporte. no dice que todos tengan las mismas posibilidades de ser elegidos (Borja, 2016, pág. 31)

La muestra de estudio está conformada por la carretera central (Av. Universitaria del Distrito de Pillco Marca) y los jirones (Jr. Los mangos y C. Puente piedra).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Esto se refiere a las técnicas que emplean los investigadores para examinar información y datos relacionados con la variabilidad que están investigando. Hernández (2014)

Para recolectar datos en el proyecto de investigación se pueden utilizar varias técnicas, tales como:

- **Inspección en terreno:** Realizar observaciones directas en las carreteras de Huánuco para evaluar el control geodésico y verificar la precisión de los métodos satelitales.
- **Revisión documental:** Analizar informes técnicos, datos cartográficos, registros de mantenimiento vial y otros documentos pertinentes para obtener información histórica y contextual sobre el control geodésico y la utilización de métodos de verificación satelital en Huánuco.

Estas son algunas de las técnicas que podrían emplearse para recolectar datos en este proyecto de investigación en particular. La elección de las técnicas dependerá de los objetivos específicos del estudio y de los recursos disponibles.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Un dispositivo de medición apropiado captura datos observables que realmente reflejan los conceptos o variables que el investigador tiene en mente. Hernández (2014)

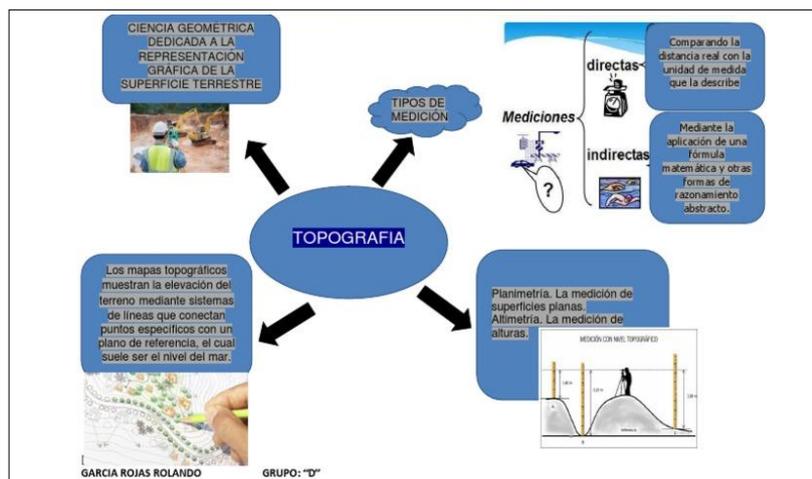
Para presentación de datos del proyecto de investigación se pueden utilizar una variedad de herramientas y enfoques, que abarcan:

- **Captura de datos mediante estaciones GNSS (Sistema de Navegación Satelital Global):** Empleando receptores GNSS, se pueden obtener mediciones precisas de coordenadas geoespaciales en distintos puntos a lo largo de las carreteras de Huánuco. Estos datos ofrecen detalles sobre la calidad y precisión del control geodésico.
- **Análisis estadístico de los datos GNSS:** Se pueden llevar a cabo análisis estadísticos para evaluar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos a través de las estaciones GNSS. Esto involucra identificar errores sistemáticos y aleatorios, así como comparar la consistencia entre diversas mediciones.

- **Representación cartográfica de datos:** Los datos recolectados mediante las estaciones GNSS pueden visualizarse en forma de mapas, facilitando la identificación de patrones espaciales y la evaluación de la precisión geodésica a lo largo de las carreteras de Huánuco.
- **Informe técnico y análisis cualitativo:** Además de los datos cuantitativos obtenidos con las mediciones GNSS, es posible incluir informes técnicos y análisis cualitativos para comprender más profundamente los métodos y la confiabilidad de verificación satelital en el control geodésico de las carreteras de Huánuco. Esto puede implicar entrevistas con expertos en el campo y revisión de literatura técnica pertinente.

Estos ejemplos ilustran algunos de los instrumentos y métodos que podrían aplicarse para la presentación de datos en el proyecto de investigación mencionado. La selección de herramientas específicas dependerá de los objetivos del estudio, la disponibilidad de recursos y los requisitos particulares de análisis de datos.

Figura 2
Observación para realizar el levantamiento topográfico



Nota. Procesos para un correcto levantamiento topográfico. (Márquez, R. A. 2009).

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis y la interpretación de datos implican examinar los datos recopilados, detectar patrones, tendencias o relaciones relevantes, y derivar conclusiones o inferencias a partir de estos descubrimientos. Hernández (2014)

El análisis e interpretación de los datos del proyecto de investigación, implicaría examinar detenidamente los datos recopilados durante el estudio. Esto incluiría la revisión y evaluación de la precisión y consistencia de los datos obtenidos a través de las estaciones GNSS, así como la identificación de cualquier patrón o tendencia significativa en la distribución de la precisión geodésica a lo largo de las carreteras de Huánuco. Además, se interpretarían estos hallazgos para comprender mejor la confiabilidad de los métodos de verificación satelital utilizados en el control geodésico de las carreteras en la región de Huánuco en el año 2023.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ESTUDIO DE CAMPO

Proceso de instalación precisa de antenas GPS para evitar errores de posicionamiento. Se menciona que la alineación se realiza con un sistema controlado por guía de luz y se verifica y nivela el plano de la antena en dos etapas, con medidas en centímetros para asegurar precisión.

Figura3
Equipo GPS Diferencial



Nota. El GPS diferencial (DGPS) es un método de localización relativa que mejora la precisión del receptor GPS al corregir sus datos utilizando información de uno o varios receptores GPS estacionarios (DGPS - Differential Global Positioning System).

Se controlan al inicio y al final del período de medición. Para la estación GPS diferencial, cumplen las siguientes condiciones:

- La altura de la máscara se refiere al ángulo de elevación mínimo, medido en grados, a partir del cual un receptor GPS puede seguir y recibir señales de un satélite específico. Este ángulo es crucial porque determina la visibilidad y la capacidad de rastreo del satélite por parte del receptor.
- Se posiciona en un lugar relativamente elevado sobre el horizonte, entre 11° y 16° , en un entorno cálido. Esta ubicación ayuda a evitar interferencias atmosféricas y de objetos cercanos, optimizando la recepción de señales sin obstáculos significativos.
- el efecto es multidireccional, lo cual implica que afecta en varias direcciones. A pesar de esto, se establece que el ángulo mínimo de elevación aceptable para el receptor de GPS debe ser de al menos 15° sobre el horizonte.

Figura4
Colocación del receptor



Nota. En la imagen se puede apreciar la colocación del receptor en un bastón y ajusta la altura para alcanzar el ángulo de elevación correcto.

A) Geodésicos Estructuras de los marcadores geodésicos:

El proceso de establecimiento de puntos de control geodésico en una zona de ensayo. Primero, se seleccionan ubicaciones

apropiadas, luego se construyen los apoyos utilizando concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Se comienza perforando según medidas estándar y luego se utilizan plantillas del IGN para añadir más concreto y colocar barras de acero en los puntos de control geodésicos.

Figura5
Colocación del GPS Diferencial



Nota. En la imagen se puede apreciar la colocación de la estación base en una posición estable y segura. Puede ser montada en un trípode para facilitar su ajuste y estabilidad.

B) Determinación de la posición geográfica mediante métodos geodésicos:

El proceso después de encontrar y construir el monumento (hito). Se establecieron parámetros específicos para la medición, incluyendo el intervalo de recopilación de datos (cada 5 segundos), el ángulo máximo de elevación de los satélites medidos (menos de 15°), y el tiempo necesario para calcular la posición de cada punto (2 horas y 30 minutos). La estación base de referencia utilizada es la estación fija de monitoreo GNSS de Huánuco.

Figura6
Dispositivo de Control South Galaxy G3



Nota. En la imagen se puede apreciar como actúa como una interfaz de usuario para sistemas de posicionamiento South, permitiendo la recolección de datos de campo.

- el procedimiento para iniciar un dispositivo GPS o GNSS. Se enciende el dispositivo y se espera varios minutos para que adquiera la señal de los satélites. Luego, se verifican los parámetros de medición y se registra la altura de la antena en el cuaderno de campo. El dispositivo se programa para iniciar el registro de datos cuando esté listo. La simultaneidad en las mediciones es crucial, asegurando que ambas unidades (probablemente la estación base y el receptor móvil) capturen datos simultáneamente para obtener mediciones precisas. El tiempo necesario para el cálculo de la posición depende del tipo de receptor utilizado y puede variar.

- un proceso continuo de pago por el equipo utilizado. El tiempo de cálculo para un punto ha finalizado, y ahora se procede a utilizar el mismo método para colocar el bloque GNSS en otro punto, teniendo en cuenta el estilo de observación necesario para realizar las mediciones de manera precisa y consistente.

Figura7

Monumentación en el punto de control PC-01



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-01 en el punto de control.

Figura8

Medición en el punto de control PC-01



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-01 con el receptor Galaxy G3.

Figura9
Monumentación en el punto de control PC-02



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-02 en el punto de control.

Figura10
Medición en el punto de control PC-02



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-02 con el receptor Galaxy G3.

Figura11
Monumentación en el punto de control PC-03



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-03 en el punto de control.

Figura12
Medición en el punto de control PC-03



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-03 con el receptor Galaxy G3.

Figura13
Monumentación en el punto de control PC-04



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-04 en el punto de control.

Figura14
Medición en el punto de control PC-04



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-04 con el receptor Galaxy G3.

Figura15
Monumentación en el punto de control PC-05



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-05 en el punto de control.

Figura16
Medición en el punto de control PC-05



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-05 con el receptor Galaxy G3.

Figura17
Monumentación en el punto de control PC-06



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-06 en el punto de control.

Figura18

Medición en el punto de control PC-06



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-06 con el receptor Galaxy G3.

Figura19

Monumentación en el punto de control PC-07



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-07 en el punto de control.

Figura20

Medición en el punto de control PC-07



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-07 con el receptor Galaxy G3.

Figura21
Monumentación en el punto de control PC-08



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-08 en el punto de control.

Figura22
Medición en el punto de control PC-08



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-08 con el receptor Galaxy G3.

Figura23
Monumentación en el punto de control PC-09



Nota. En la imagen se puede apreciar la monumentación e inscripción con el código PC-09 en el punto de control.

Figura24

Medición en el punto de control PC-09



Nota. En la imagen se puede apreciar la medición en el punto de control con el código PC-09 con el receptor Galaxy G3.

4.1.2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

A. Planteamiento del trabajo

Se llevó a cabo la medición y marcación de puntos en un plano topográfico utilizando los siguientes instrumentos topográficos:

- Controlador South Galaxy G3.
- Dos Bastones Telescópicos de 2.5 m.
- Dos Prismas con su porta prismas.
- Un GPS Navegador Marca GARMIN Modelo 60CSX.
- GPS Diferencial South Galaxy G3.
- Estación Total South N6

En el proceso inicial, se observó la falta de puntos de control durante el reconocimiento de campo, lo cual motivó la realización de un levantamiento topográfico preliminar utilizando el georeferenciado con GPS navegador. Durante la recopilación de datos de campo, se registraron todos los elementos físicos relevantes para el proyecto, incluyendo construcciones existentes, la sección vial y esquinas de

manzanas, además de establecer dos puntos de control adicionales. Posteriormente, se procesaron los datos obtenidos, para calcular y ajustar las coordenadas en un software de dibujo, obteniendo así la georreferenciación precisa para el proyecto. Con las nuevas coordenadas de los puntos de control, se actualizó el archivo de la estación total para iniciar el replanteo georreferenciado de los 60 puntos respecto al eje de la vía. Se estableció una poligonal abierta con puntos de control en cada tramo y se procedió a colocar cada punto desde la progresiva 0+000 correspondiente al punto 01, asegurando así la precisión y alineación requerida para el proyecto.

B. Trabajos de gabinete Actividades administrativas

el proceso de descarga de información y datos de campo desde un receptor de doble frecuencia para calcular las coordenadas UTM de los puntos de control horizontales. Se utilizó el software Trimble Business Center junto con el módulo de compensación de mínimos cuadrados para obtener la máxima verosimilitud de las coordenadas del punto de control horizontal, asegurando así su precisión. Las medidas del plano de coordenadas fueron evaluadas con una precisión de ± 2 mm y 0,5 partes por millón (ppm). Además, se generó un informe detallado que incluyó una escala de referencia para la extracción de datos.

4.1.3. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

A. Disposición de una red de puntos de control GNSS

Al proceso matemático y computacional utilizado para mejorar la precisión y coherencia de las coordenadas obtenidas mediante sistemas de posicionamiento global por satélite (GNSS).

Es una red de puntos de control GNSS está compuesta por una serie de puntos distribuidos en el área de estudio, cuyas coordenadas se determinan utilizando receptores GNSS de alta precisión.

B. Objetivos del Ajuste

El objetivo principal del ajuste de redes de puntos de control GNSS es mejorar la precisión de las coordenadas de estos puntos mediante la minimización de los errores observados y la optimización de las coordenadas ajustadas.

C. Métodos de Ajuste

Mínimos Cuadrados: Es el método más utilizado para el ajuste de redes GNSS. Consiste en minimizar la suma de los cuadrados de los errores observados entre las coordenadas medidas y las calculadas.

Ajuste por Iteración: En ocasiones se emplea un ajuste iterativo para mejorar la precisión, refinando las coordenadas de los puntos de control en cada iteración basándose en el análisis de los errores residuales.

Después de importar los vectores y procesar los puntos de referencia, se configura el software (TBC) para analizar las consistencias internas de la red de medición y posteriormente alineamos la red con las restricciones mínimas. Elegimos: Medir > Red > Ajustar Red. Nos da los resultados y las líneas base corregidas, coordenadas e informe grilla. También obtenemos resúmenes estadísticos de ajustes iterativos, observaciones redundantes (ajustes y residuales), distancia horizontal y cierre ergódico de observaciones de desajuste.

4.1.4. PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE DATOS

A. Estrategia de disposición de datos

Se establecieron puntos de control basados en supuestos variables y se emplearon métodos específicos para la recopilación de datos correspondiente.

B. Interpretación de Datos

El texto describe un proceso detallado de análisis de datos geodésicos para obras viales en ingeniería de tráfico. Utiliza estadísticas descriptivas e inferenciales en una hoja de cálculo para calcular media, desviación estándar y varianza. Luego, realiza pruebas de hipótesis y discute los resultados, proponiendo aplicaciones alternativas para el control geodésico en obras viales, basadas en la planificación analítica y la validación de hipótesis para concluir y recomendar acciones.

4.1.5. RESULTADOS

Sin embargo, según los datos adquiridos descritos anteriormente, no observamos diferencias significativas en la confiabilidad entre cada método de verificación satelital; determinar qué métodos son confiables para el cálculo del control geodésico Dependemos de las estadísticas.

A. Exactitud

I. Datos obtenidos en el campo:

Tabla2
Puntos de medición 01

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.7461	363070.4741	1924.6210
PC. – 02.	8899326.8550	363103.5210	1925.5750
PC. – 03.	8899225.0388	363146.1710	1926.4030
PC. – 04.	8899105.6740	363193.8868	1928.0330
PC. – 05.	8899008.1459	363231.5930	1929.8890
PC. – 06.	8898934.2075	363260.6513	1930.3540
PC. – 07.	8898829.0124	363302.7336	1931.5290
PC. – 08.	8898711.4560	363350.4214	1932.4290
PC. – 09.	8898564.4673	363410.0488	1933.5290
Mín.	8898564.4673	363070.4741	1924.6210
Máx.	8899405.7461	363410.0488	1933.5290

Nota. Coordenadas UTM.

En la Tabla 2 se presentan los puntos geodésicos, que incluyen lo siguiente:

Norte: El valor más bajo es 8898564.4673 PC-09, el valor más alto es 8899405.7461 PC-01.

Este: El valor más bajo es 363070.4741 PC-01 y el valor más alto es 363410.0488 PC-09.

Cota: PC-01 tiene un valor mínimo de 1924.6210 y un valor máximo de 1933.5290 propiedad de PC-09.

Figura25

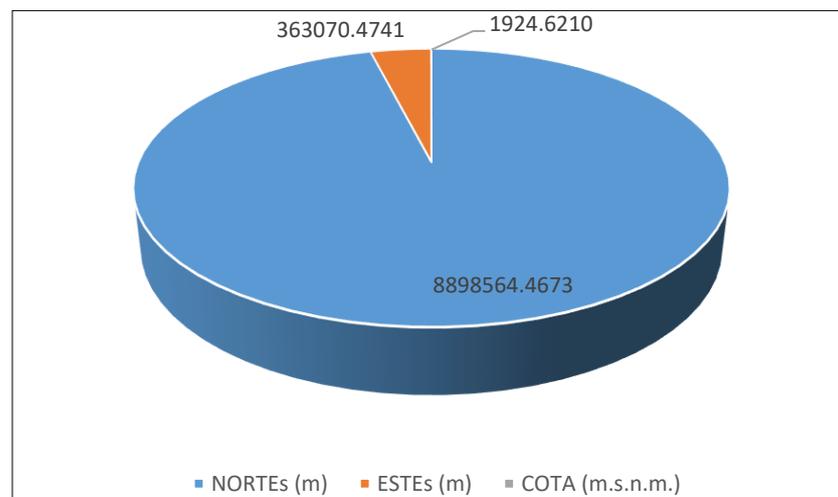
Puntos de medición 01 exportados del controlador South Galaxy G3

Norte	Este	Elevacion	Código	Kilom
8899405.746	363070.474	1924.621	PC01	
8899326.855	363103.521	1925.575	PC02	
8899225.039	363146.171	1926.403	PC03	
8899105.674	363193.887	1928.033	PC04	
8899008.146	363231.593	1929.889	PC05	
8898934.208	363260.651	1930.354	PC06	
8898829.012	363302.734	1931.529	PC07	
8898711.456	363350.421	1932.429	PC08	
8898564.467	363410.049	1933.529	PC09	

Nota. Coordenadas UTM.

Figura26

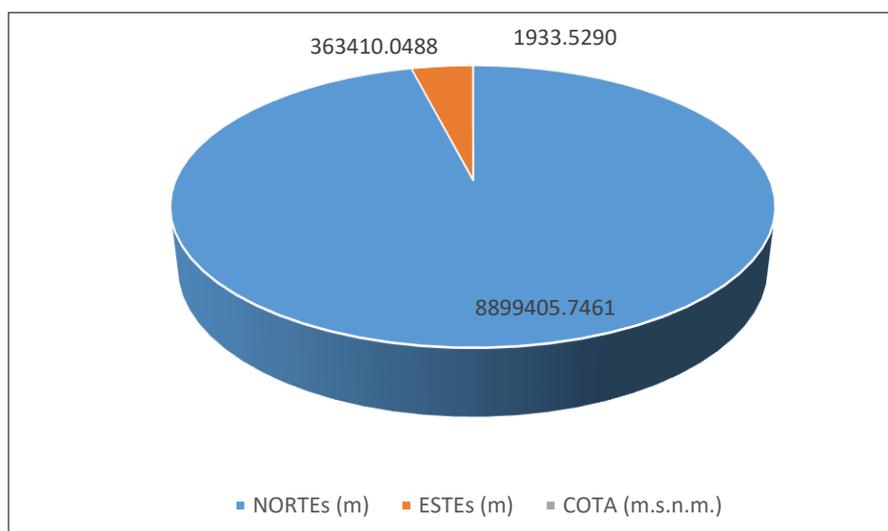
Coordenadas UTM mínimo del primer punto de medición



Nota. Coordenadas UTM mínima.

En la Figura 26 se muestran las coordenadas UTM mínimas del punto de medición uno.

Figura27
Coordenadas UTM máximo del primer punto de medición



Nota. Coordenadas UTM máximo.

En la Figura 27 se muestran las coordenadas UTM máximas del punto de medición uno.

Tabla3
Puntos de medición 02

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.7473	363070.4753	1924.6222
PC. – 02.	8899326.8526	363103.5186	1925.5726
PC. – 03.	8899225.0412	363146.1734	1926.4054
PC. – 04.	8899105.6716	363193.8844	1928.0306
PC. – 05.	8899008.1495	363231.5966	1929.8926
PC. – 06.	8898934.2051	363260.6489	1930.3516
PC. – 07.	8898829.0136	363302.7348	1931.5302
PC. – 08.	8898711.4536	363350.4190	1932.4266
PC. – 09.	8898564.4697	363410.0512	1933.5314
Mín.	8898564.4697	363070.4753	1924.6222
Máx.	8899405.7473	363410.0512	1933.5314

Nota. Coordenadas UTM.

En la Tabla 3 se presentan los puntos geodésicos, que incluyen lo siguiente:

Norte: El valor más bajo es 8898564.4697 PC-09, el valor más alto es 8899405.7473 PC-01.

Este: El valor más bajo es 363070.4753 PC-01 y el valor más alto es 363410.0512 PC-09.

Cota: PC-01 tiene un valor mínimo de 1924.6222 y un valor máximo de 1933.5314 propiedad de PC-09.

Figura28

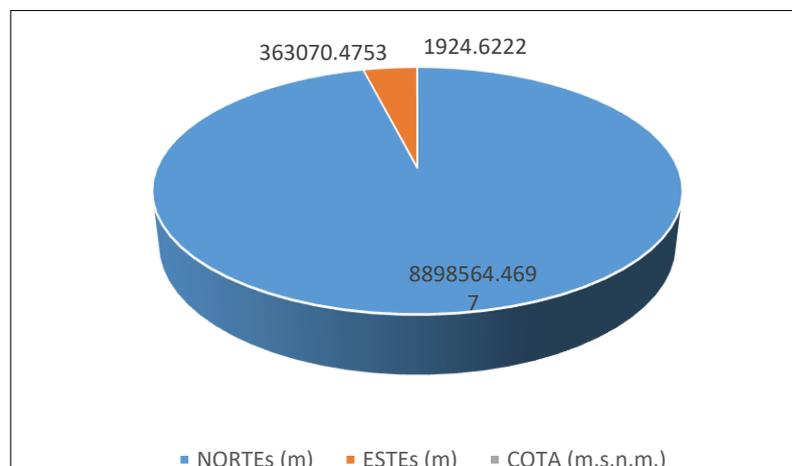
Puntos de medición 02 exportados del controlador South Galaxy G3

Norte	Este	Elevacion	Codigo	Kilom
8898564.470	363410.051	1933.531	PC09	
8898711.454	363350.419	1932.427	PC08	
8898829.014	363302.735	1931.530	PC07	
8898934.205	363260.649	1930.352	PC06	
8899008.150	363231.597	1929.893	PC05	
8899105.672	363193.884	1928.931	PC04	
8899225.041	362146.173	1926.405	PC03	
8899326.853	363103.519	1925.573	PC02	
8899405.747	363070.475	1924.622	PC01	

Nota. Coordenadas UTM.

Figura29

Coordenadas UTM mínimo del segundo punto de medición

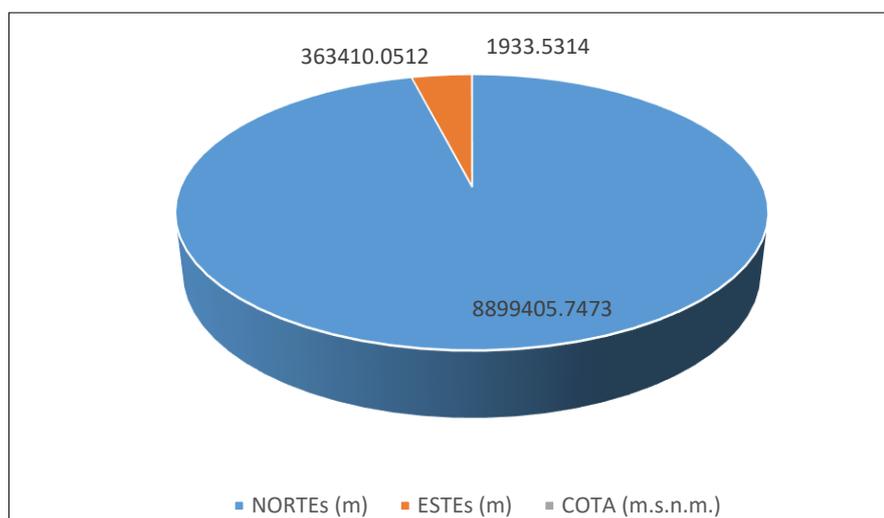


Nota. Coordenadas UTM mínima.

En la Figura 29 se muestran las coordenadas UTM mínimas del punto de medición dos.

Figura30

Coordenadas UTM máximo del segundo punto de medición



Nota. Coordenadas UTM máximo.

En la Figura 30 se muestran las coordenadas UTM máximo del punto de medición dos.

Tabla4

Puntos de medición 03

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.7449	363070.4729	1924.6198
PC. – 02.	8899326.8574	363103.5234	1925.5774
PC. – 03.	8899225.0364	363146.1686	1926.4006
PC. – 04.	8899105.6764	363193.8892	1928.0354
PC. – 05.	8899008.1423	363231.5894	1929.8854
PC. – 06.	8898934.2099	363260.6537	1930.3564
PC. – 07.	8898829.0124	363302.7336	1931.5290
PC. – 08.	8898711.4560	363350.4214	1932.4290
PC. – 09.	8898564.4661	363410.0476	1933.5278
Mín.	8898564.4661	363070.4729	1924.6198
Máx.	8899405.7449	363410.0476	1933.5278

Nota. Coordenadas UTM.

En la Tabla 4 se presentan los puntos geodésicos, que incluyen lo siguiente:

Norte: El valor más bajo es 8898564.4661 PC-09, el valor más alto es 8899405.7449 PC-01.

Este: El valor más bajo es 363070.4729 PC-01 y el valor más alto es 363410.0476 PC-09.

Cota: PC-01 tiene un valor mínimo de 1924.6198 y un valor máximo de 1933.5278 propiedad de PC-09.

Figura31

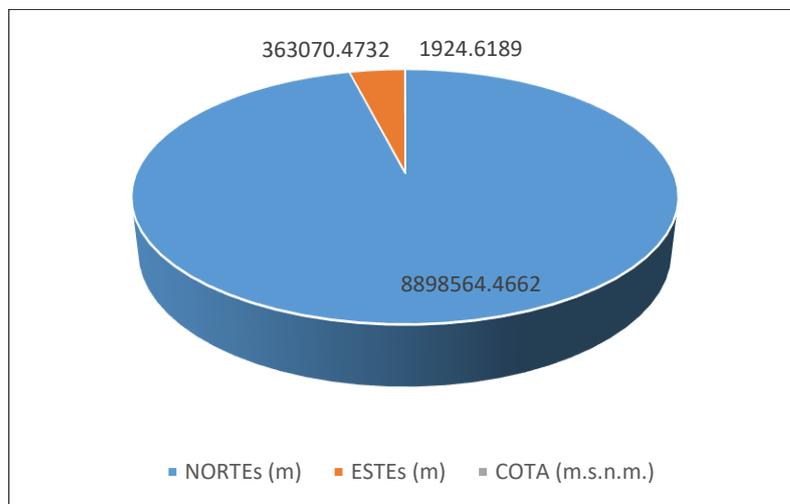
Puntos de medición 03 exportados del controlador South Galaxy G3

Norte	Este	Elevacion	Codigo
8899405.747	363070.475	1924.622	PC01
8899326.853	363103.519	1925.573	PC02
8899225.041	363146.173	1926.405	PC03
8899105.672	363193.884	1928.031	PC04
8899008.150	363231.597	1929.893	PC05
8898934.205	363260.649	1930.352	PC06
8898829.014	363302.735	1931.530	PC07
8898711.454	363350.419	1932.427	PC08
8898564.470	363410.051	1933.531	PC09

Nota. Coordenadas UTM.

Figura32

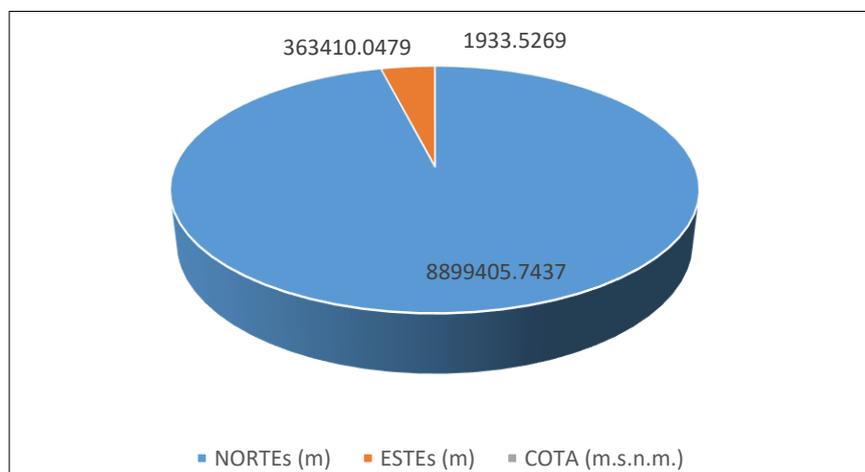
Coordenadas UTM mínimo del tercer punto de medición



Nota. Coordenadas UTM máximo.

En la Figura 32 se muestran las coordenadas UTM mínimas del punto de medición tres.

Figura33
Coordenadas UTM máximo del tercer punto de medición



Nota. Coordenadas UTM máximo.

En la Figura 33 se muestran las coordenadas UTM máximo del punto de medición tres.

II. Determinación de la desviación estándar de los puntos de referencia:

La media y la desviación estándar de cada punto de control se determinan a partir de tres mediciones como se muestra en la tabla:

Tabla5
Cálculo de la desviación del (PC. -01)

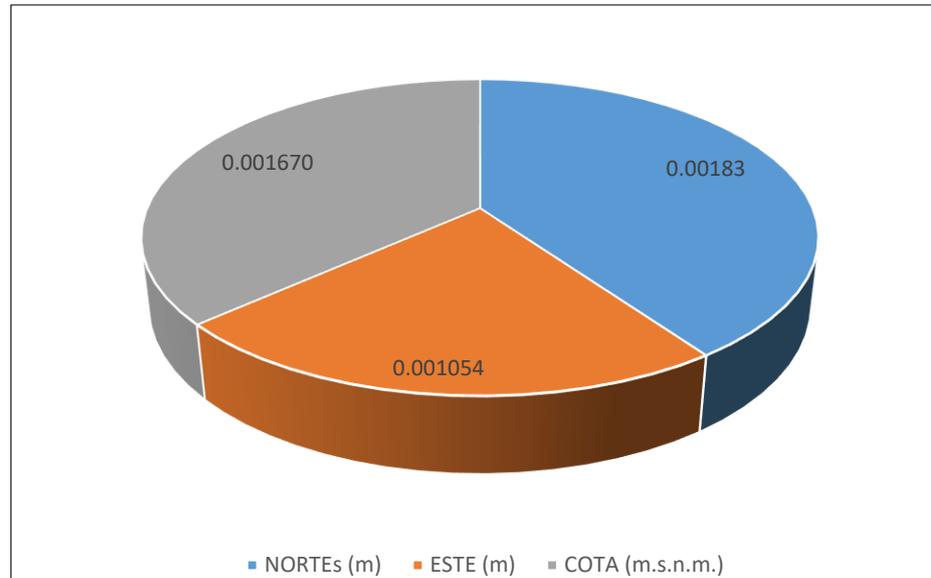
θ	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8899405.7461	363070.4741	1924.6210
	8899405.7473	363070.4753	1924.6222
	8899405.7437	363070.4729	1924.6190
Prom. =	8899405.7457	363070.4741	1924.6207
Desv. Estándar=	0.00183	0.001054	0.001670

Nota. Promedios y desviaciones del (PC. -01).

En la Tabla 5 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del primer punto de control y la desviación estándar.

Figura34

Desviación estándar del punto de control 01



Nota. Desviación estándar del punto de control 01.

En la Figura 34 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el primer punto de control.

Tabla6

Cálculo de la desviación (PC-02)

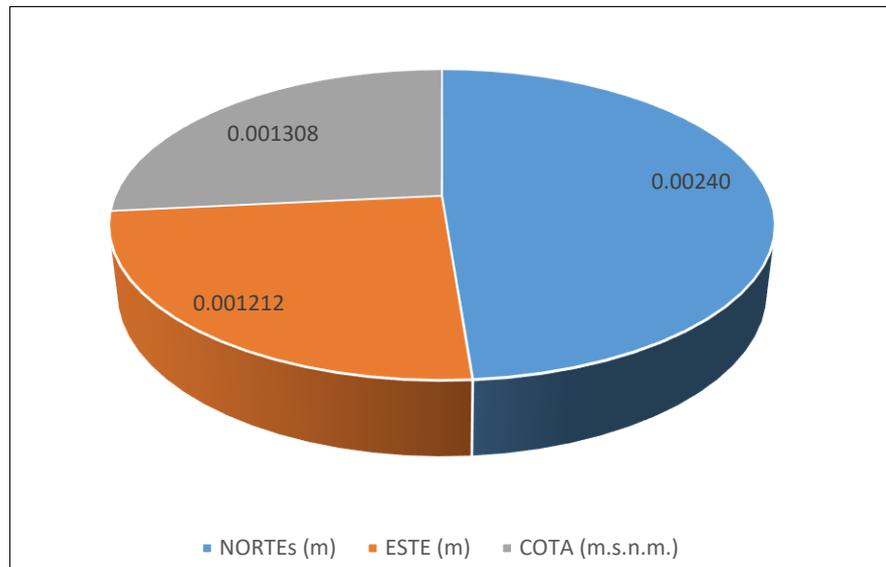
$\theta 2$	NORTEs (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8899326.8550	363103.5210	1925.5750
	8899326.8526	363103.5186	1925.5726
	8899326.8574	363103.5201	1925.5729
Prom. =	8899326.8550	363103.5199	1925.5735
Desv. Estándar=	0.00240	0.001212	0.001308

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-02).

En la Tabla 6 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del segundo punto de control y la desviación estándar.

Figura35

Desviación estándar del punto de control 02



Nota. Desviación estándar del punto de control 02.

En la Figura 35 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el segundo punto de control.

Tabla7

Cálculo de la desviación (PC-03)

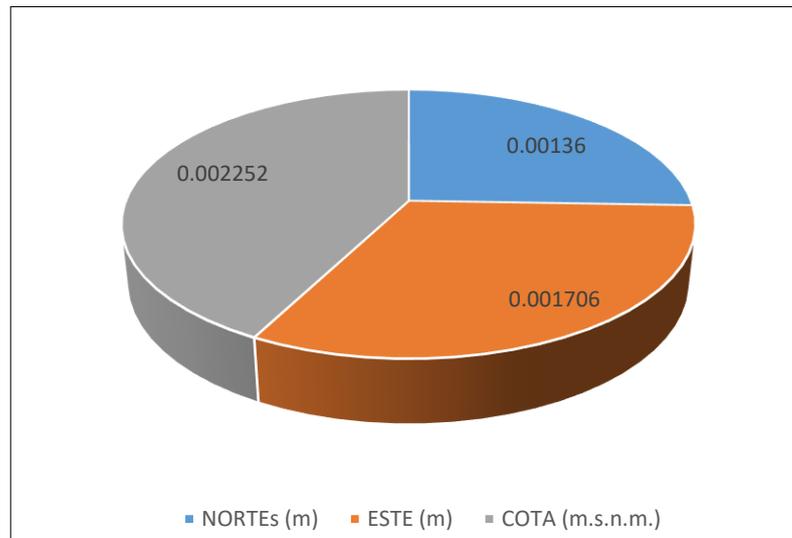
$\theta 3$	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8899225.0388	363146.1710	1926.4030
	8899225.0412	363146.1734	1926.4054
	8899225.0411	363146.1701	1926.4009
Prom. =	8899225.0404	363146.1715	1926.4031
Desv. Estándar=	0.00136	0.001706	0.002252

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-03).

En la Tabla 7 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del tercer punto de control y la desviación estándar.

Figura36

Desviación estándar del punto de control 03



Nota. Desviación estándar del punto de control 03.

En la Figura 36 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el tercer punto de control.

Tabla8

Cálculo de la desviación (PC-04)

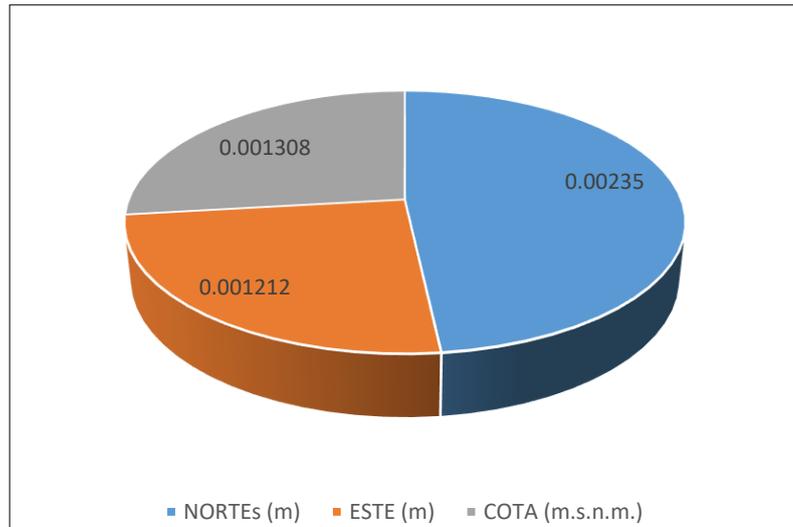
$\theta 4$	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8899105.6740	363193.8868	1928.0330
	8899105.6716	363193.8844	1928.0306
	8899105.6763	363193.8859	1928.0309
Prom. =	8899105.6740	363193.8857	1928.0315
Desv. Estándar=	0.00235	0.001212	0.001308

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-04).

En la Tabla 8 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del cuarto punto de control y la desviación estándar.

Figura37

Desviación estándar del punto de control 04



Nota. Desviación estándar del punto de control 04.

En la Figura 37 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el cuarto punto de control.

Tabla9

Cálculo de la desviación (PC-05)

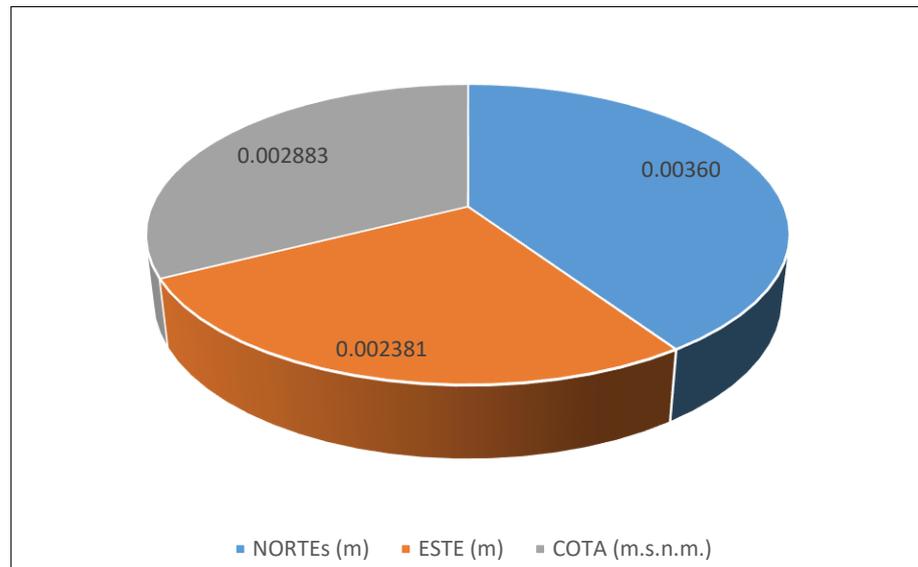
$\theta 5$	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8899008.1459	363231.5930	1929.8890
	8899008.1495	363231.5966	1929.8926
	8899008.1423	363231.5921	1929.8869
Prom. =	8899008.1459	363231.5939	1929.8895
Desv. Estándar=	0.00360	0.002381	0.002883

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-05).

En la Tabla 9 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del quinto punto de control y la desviación estándar.

Figura38

Desviación estándar del punto de control 05



Nota. Desviación estándar del punto de control 05.

En la Figura 38 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el quinto punto de control.

Tabla10

Cálculo de la desviación (PC-06)

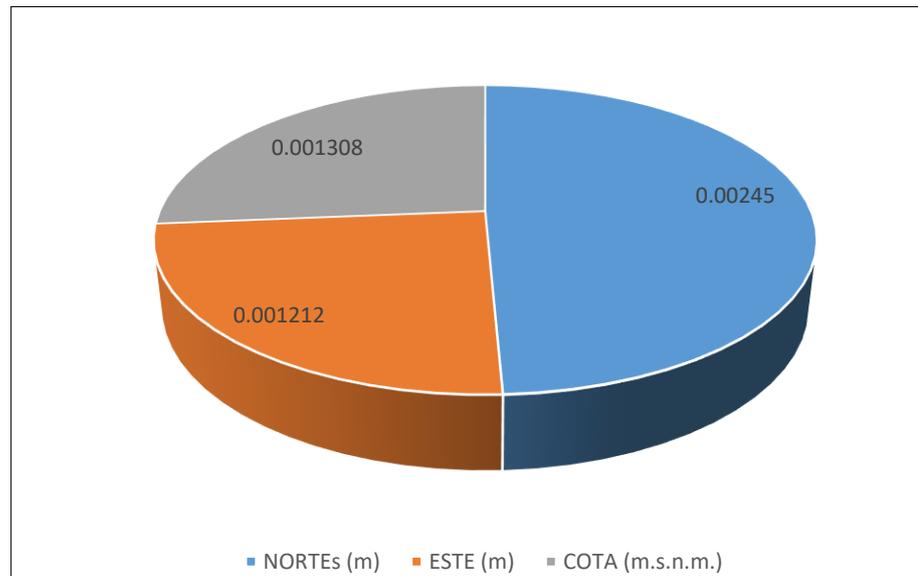
$\theta 6$	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8898934.2075	363260.6513	1930.3540
	8898934.2051	363260.6489	1930.3516
	8898934.2100	363260.6504	1930.3519
Prom. =	8898934.2075	363260.6502	1930.3525
Desv. Estándar=	0.00245	0.001212	0.001308

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-06).

En la Tabla 10 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del sexto punto de control y la desviación estándar.

Figura39

Desviación estándar del punto de control 06



Nota. Desviación estándar del punto de control 06.

En la Figura 39 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el sexto punto de control.

Tabla11

Cálculo de la desviación (PC-07)

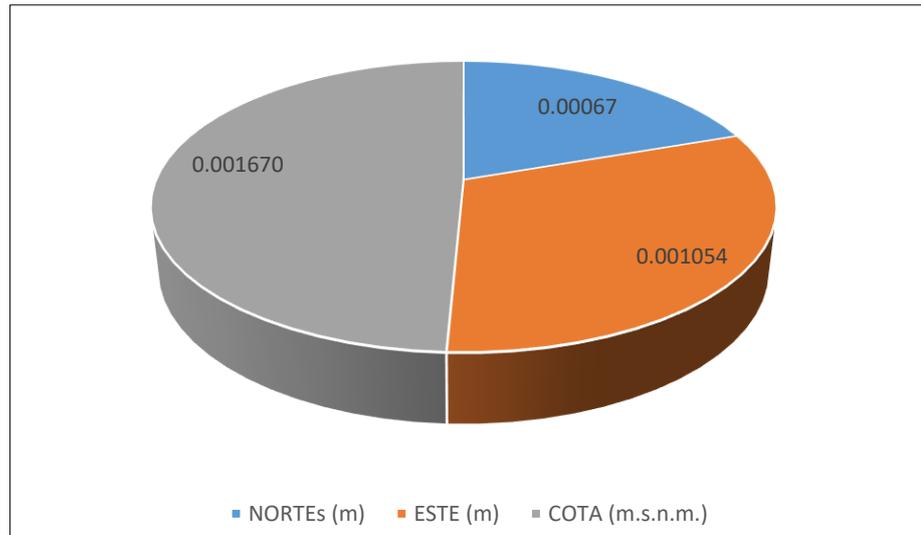
<i>θ7</i>	NORTEs (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8898829.0124	363302.7336	1931.5290
	8898829.0136	363302.7348	1931.5302
	8898829.0125	363302.7327	1931.5269
Prom. =	8898829.0128	363302.7337	1931.5287
Desv. Estándar=	0.00067	0.001054	0.001670

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-07).

En la Tabla 11 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del séptimo punto de control y la desviación estándar.

Figura40

Desviación estándar del punto de control 07



Nota. Desviación estándar del punto de control 07.

En la Figura 40 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el séptimo punto de control.

Tabla12

Cálculo de la desviación (PC-08)

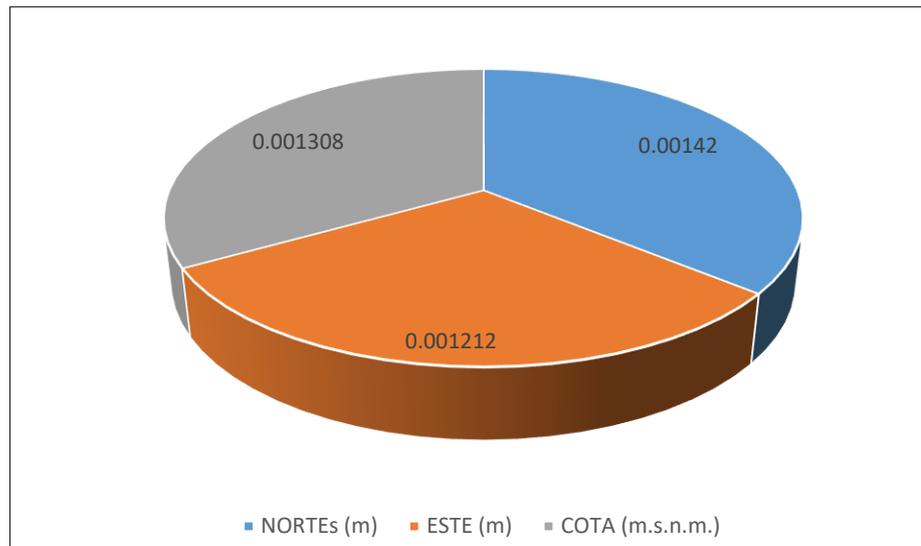
08	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8898711.4560	363350.4214	1932.4290
	8898711.4536	363350.4190	1932.4266
	8898711.4561	363350.4205	1932.4269
Prom. =	8898711.4552	363350.4203	1932.4275
Desv. Estándar=	0.00142	0.001212	0.001308

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-08).

En la Tabla 12 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del octavo punto de control y la desviación estándar.

Figura41

Desviación estándar del punto de control 08



Nota. Desviación estándar del punto de control 08.

En la Figura 41 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el octavo punto de control.

Tabla13

Cálculo de la desviación (PC-09)

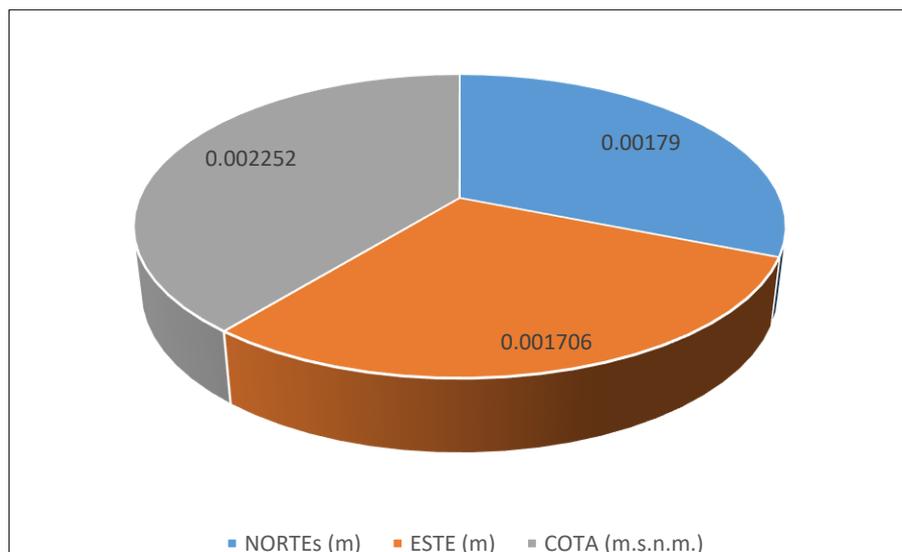
$\theta 9$	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	8898564.4673	363410.0488	1933.5290
	8898564.4697	363410.0512	1933.5314
	8898564.4662	363410.0479	1933.5269
Prom. =	8898564.4677	363410.0493	1933.5291
Desv. Estándar=	0.00179	0.001706	0.002252

Nota. Promedios y desviaciones en el (PC-09).

En la Tabla 13 se muestra el cálculo de los promedios de las coordenadas del noveno punto de control y la desviación estándar.

Figura42

Desviación estándar del punto de control 09



Nota. Desviación estándar del punto de control 02.

En la Figura 42 se presentan los valores calculados de las desviaciones estándar para el noveno punto de control.

III. Determinación de la media de los puntos de referencia:

Luego encuentre el valor medio de cada coordenada para cada punto de control como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla14

Promedio de datos de PC.

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.7457	363070.4742	1924.6207
PC. – 02.	8899326.8550	363103.5199	1925.5735
PC. – 03.	8899225.0404	363146.1715	1926.4031
PC. – 04.	8899105.6740	363193.8857	1928.0315
PC. – 05.	8899008.1459	363231.5939	1929.8895
PC. – 06.	8898934.2075	363260.6502	1930.3525
PC. – 07.	8898829.0128	363302.7337	1931.5287
PC. – 08.	8898711.4552	363350.4203	1932.4275
PC. – 09.	8898564.4677	363410.0493	1933.5291
Mín.	8898564.4677	363070.4742	1924.6207
Máx.	8899405.7457	363410.0493	1933.5291

Nota. Cálculo de los promedios de los PC.

En la Tabla 14 se presentan los promedios de los puntos geodésicos, que incluyen lo siguiente:

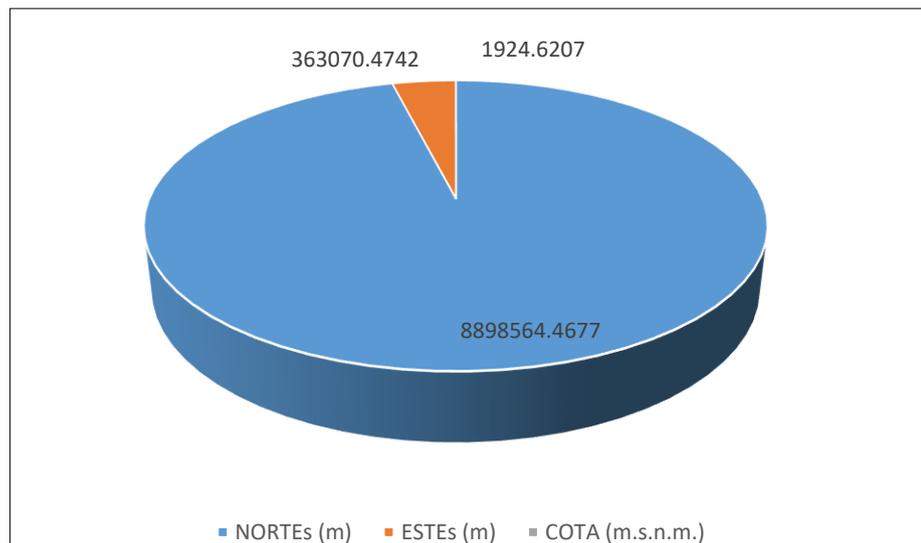
Norte: El valor más bajo es 8898564.4677 PC-09, el valor más alto es 8899405.7457 PC-01.

Este: El valor más bajo es 363070.4742 PC-01 y el valor más alto es 363410.0493 PC-09.

Cota: PC-01 tiene un valor mínimo de 1924.6207 y un valor máximo de 1933.5291 propiedad de PC-09.

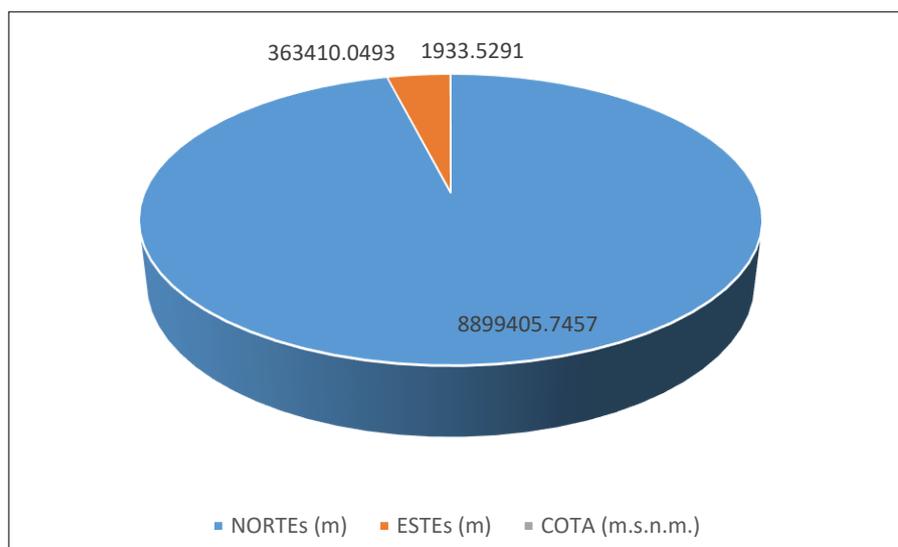
Figura43

Promedios de las Coordenadas UTM mínimo de los puntos de control



Nota. Coordenadas UTM mínima.

En la Figura 43 se muestran el promedio de las coordenadas UTM mínimas de los puntos de control.

Figura44*Promedios de las Coordenadas UTM máximo de los puntos de control**Nota.* Coordenadas UTM mínima.

En la Figura 44 se muestran el promedio de las coordenadas UTM máximas de los puntos de control.

IV. Variación entre los promedios de los puntos de control y los de cada levantamiento:

Comparamos los datos medidos en cada estudio con el promedio de tres mediciones de la siguiente manera.

Tabla15*Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 01*

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	-0.0004	0.0001	-0.0003
PC. – 02.	0.0000	-0.0011	-0.0015
PC. – 03.	0.0016	0.0005	0.0001
PC. – 04.	0.0000	-0.0011	-0.0015
PC. – 05.	0.0000	0.0009	0.0005
PC. – 06.	0.0000	-0.0011	-0.0015
PC. – 07.	0.0004	0.0001	-0.0003
PC. – 08.	-0.0008	-0.0011	-0.0015
PC. – 09.	0.0004	0.0005	0.0001
Mín.	-0.0008	-0.0011	-0.0015
Máx.	0.0016	0.0009	0.0005

Nota. Diferencias en coordenadas UTM.

La Tabla 15 muestra la disparidad en las coordenadas UTM entre el promedio y el primer levantamiento, detallando lo siguiente:

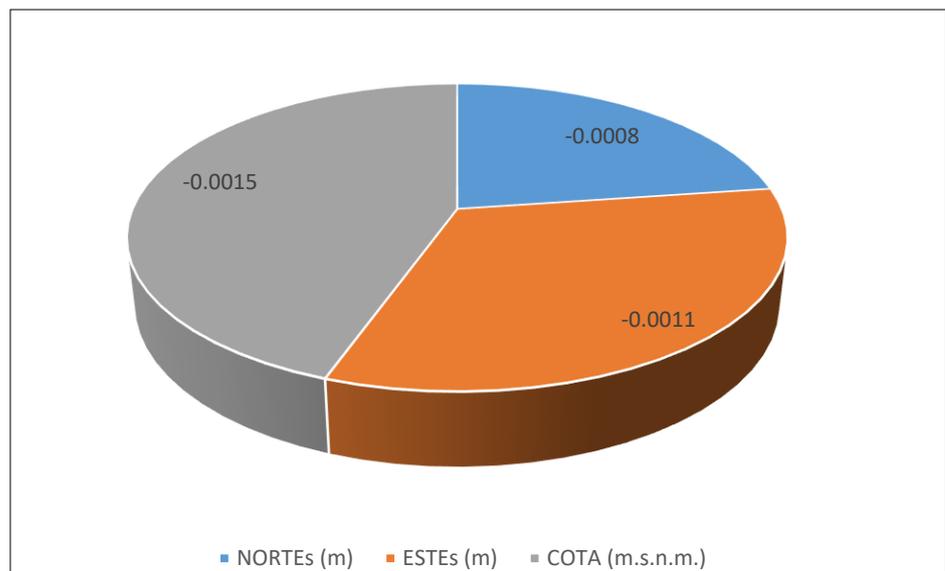
Norte: El valor más bajo es -0.0008 PC-08, el valor más alto es 0.0016 PC-03.

Este: El valor más bajo es -0.0011 (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08) y el valor más alto es 0.0009 PC-05.

Cota: (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08) tienen valores mínimos de -0.0015 y un valor máximo de 0.0005 propiedad de PC-05.

Figura45

Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento

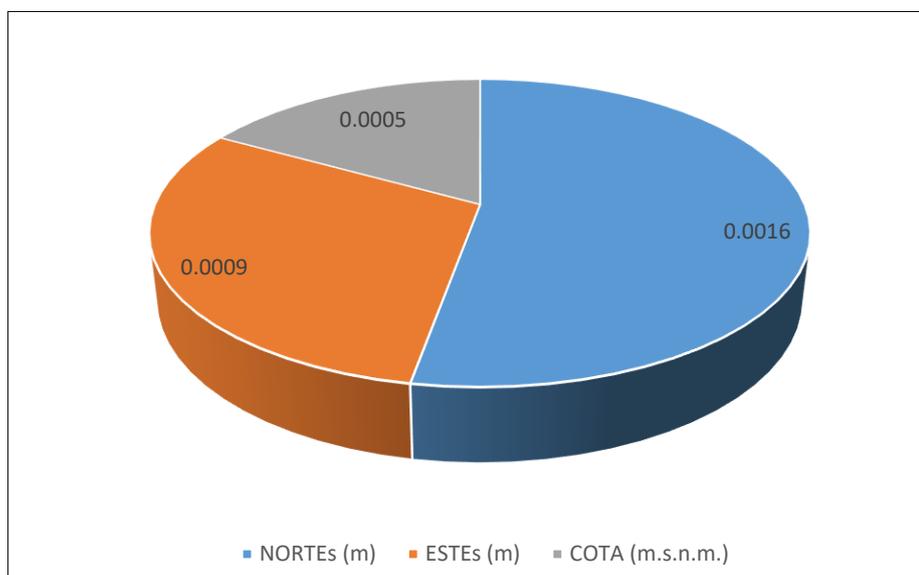


Nota. Diferencia mínima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 45 se muestran la diferencia mínima del **promedio** de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento.

Figura46

Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento



Nota. Diferencia máxima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 46 se muestran la diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el primer levantamiento.

Tabla16

Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 02

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	-0.0016	-0.0011	-0.0015
PC. – 02.	0.0024	0.0013	0.0009
PC. – 03.	-0.0008	-0.0019	-0.0023
PC. – 04.	0.0024	0.0013	0.0009
PC. – 05.	-0.0036	-0.0027	-0.0031
PC. – 06.	0.0024	0.0013	0.0009
PC. – 07.	-0.0008	-0.0011	-0.0015
PC. – 08.	0.0016	0.0013	0.0009
PC. – 09.	-0.0020	-0.0019	-0.0023
Mín.	-0.0036	-0.0027	-0.0031
Máx.	0.0024	0.0013	0.0009

Nota. Diferencias en coordenadas UTM.

La Tabla 16 muestra la disparidad en las coordenadas UTM entre el promedio y el segundo levantamiento, detallando lo siguiente:

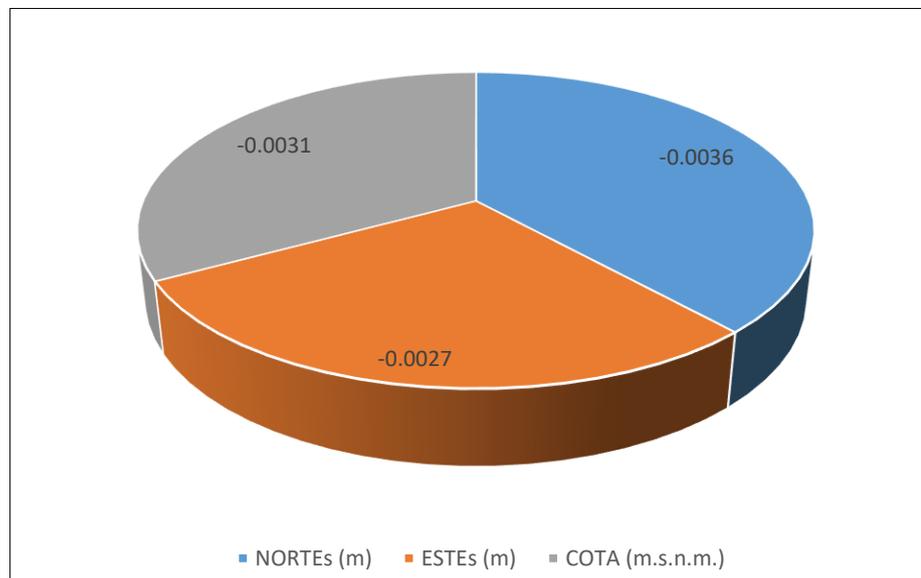
Norte: El valor más bajo es -0.0036 PC-05, el valor más alto es 0.0024 (PC-02, PC-04 y PC-06).

Este: El valor más bajo es -0.0027 PC-05 y el valor más alto es 0.0013 (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08).

Cota: PC-05 tienen valores mínimos de -0.0031 y un valor máximo de 0.0009 propiedad de (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08).

Figura47

Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento

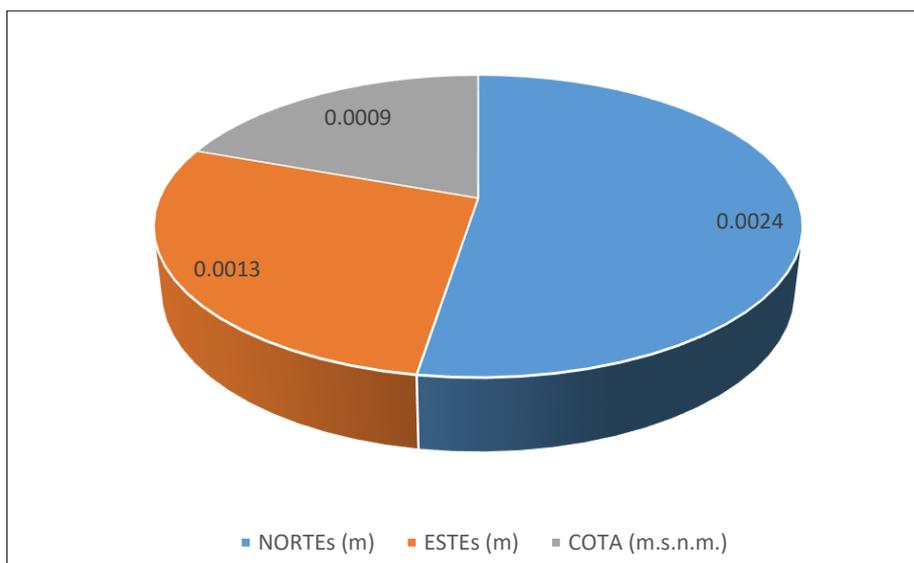


Nota. Diferencia mínima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 47 se muestran la diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento.

Figura48

Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento



Nota. Diferencia máxima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 48 se muestran la diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el segundo levantamiento.

Tabla17

Discrepancia entre el promedio y el levantamiento N° 03

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	0.0020	0.0010	0.0018
PC. – 02.	-0.0024	-0.0002	0.0006
PC. – 03.	-0.0007	0.0014	0.0022
PC. – 04.	-0.0023	-0.0002	0.0006
PC. – 05.	0.0036	0.0018	0.0026
PC. – 06.	-0.0025	-0.0002	0.0006
PC. – 07.	0.0003	0.0010	0.0018
PC. – 08.	-0.0009	-0.0002	0.0006
PC. – 09.	0.0015	0.0014	0.0022
Mín.	-0.0025	-0.0002	0.0006
Máx.	0.0036	0.0018	0.0026

Nota. Diferencias en coordenadas UTM.

La Tabla 17 muestra la disparidad en las coordenadas UTM entre el promedio y el tercer levantamiento, detallando lo siguiente:

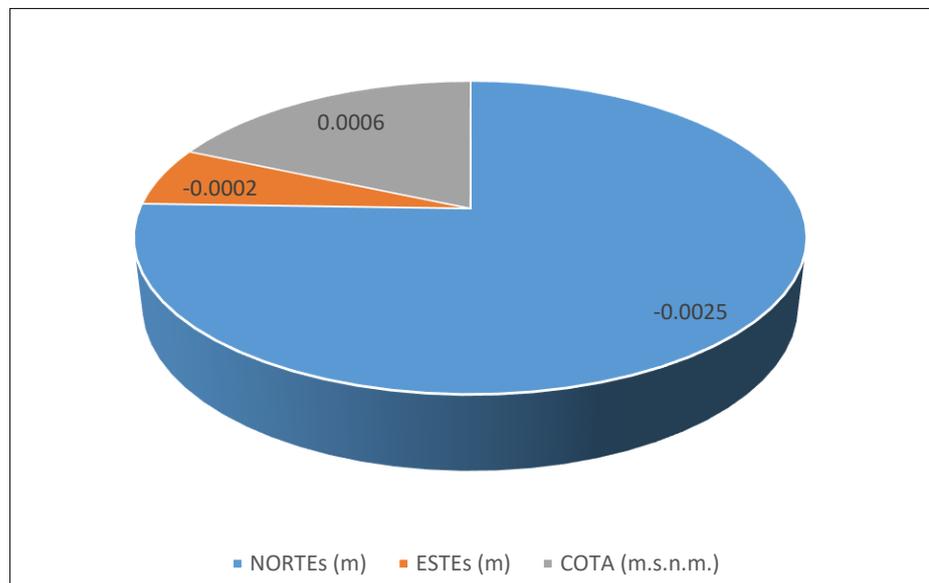
Norte: El valor más bajo es -0.0025 PC-06, el valor más alto es 0.0036 PC-05.

Este: El valor más bajo es -0.0002 (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08) y el valor más alto es 0.0018 PC-05.

Cota: (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08). tienen valores mínimos de 0.0006 y un valor máximo de 0.0026 propiedad de PC-05.

Figura49

Diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento

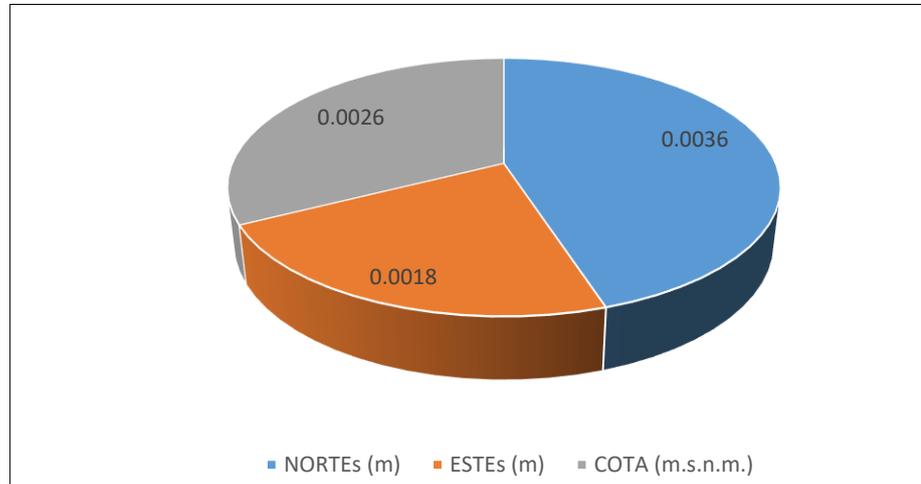


Nota. Diferencia mínima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 49 se muestran la diferencia mínima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento.

Figura50

Diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento



Nota. Diferencia máxima de las Coordenadas UTM.

En la Figura 50 se muestran la diferencia máxima del promedio de las Coordenadas UTM y el tercer levantamiento.

V. Determinación del error cuadrático medio mediante la desviación estándar:

Los valores se calculan para cada punto de control, con la siguiente formula:

$$E_c = \sigma = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}}$$

Donde:

σ = Desviación estandar

E_c = Error cuadrático

Tabla18
Desviación Estándar de los PC

EC.	ERRORES MEDIOCUADRATICO - DESVIACIONES ESTANDARES			
	DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	PC. – 01.	0.00183	0.00105	0.00167
	PC. – 02.	0.00240	0.00121	0.00131
	PC. – 03.	0.00136	0.00171	0.00225
	PC. – 04.	0.00235	0.00121	0.00131
	PC. – 05.	0.00360	0.00238	0.00288
	PC. – 06.	0.00245	0.00121	0.00131
	PC. – 07.	0.00067	0.00105	0.00167
	PC. – 08.	0.00142	0.00121	0.00131
	PC. – 09.	0.00179	0.00171	0.00225
	Mín.	0.00067	0.00105	0.00131
	Máx.	0.00360	0.00238	0.00288

Nota. Desviaciones en cada coordenada.

La Tabla 18 muestra el cálculo de las desviaciones estándares de los tres levantamientos, detallando lo siguiente:

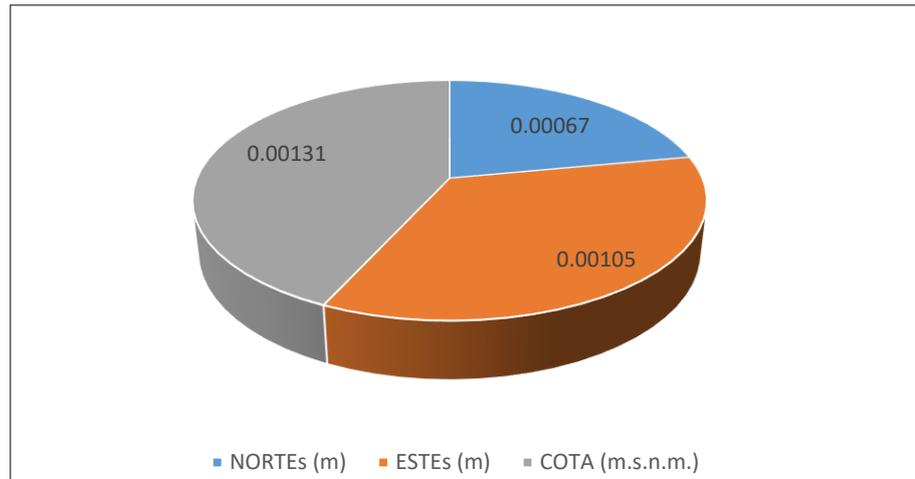
Norte: El valor más bajo es 0.00067 PC-07, el valor más alto es 0.00360 PC-05.

Este: El valor más bajo es 0.00105 (PC-01 y PC-07) y el valor más alto es 0.00238 PC-05.

Cota: (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08). tienen valores mínimos de 0.00131 y un valor máximo de 0.00288 propiedad de PC-05.

Figura51

Valor mínimo de la desviación estándar de los levantamientos

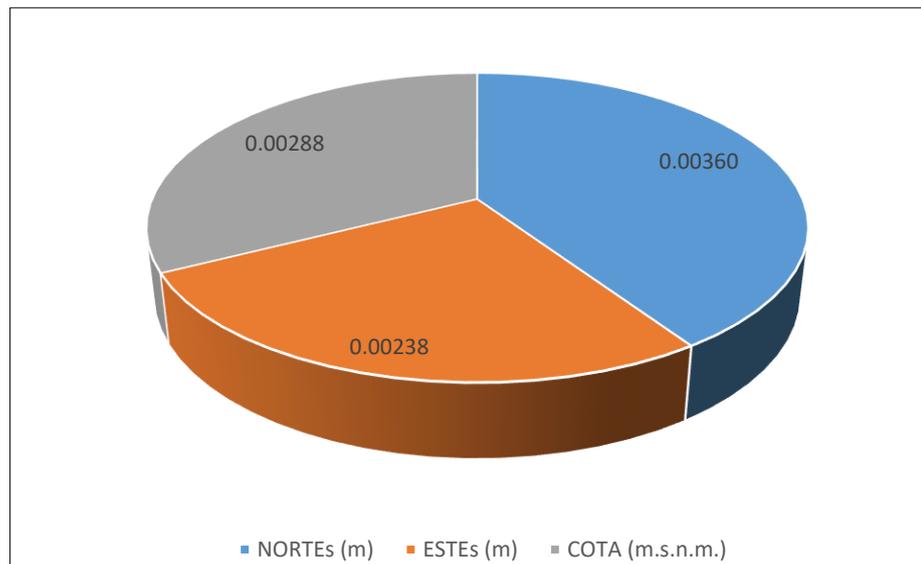


Nota. Valor mínimo de la desviación estándar.

En la Figura 51 se representan los mínimos valores de la desviación estándar de los levantamientos uno, dos y tres.

Figura52

Valor máximo de la desviación estándar de los levantamientos



Nota. Valor máximo de la desviación estándar.

En la Figura 52 se representan los máximos valores de la desviación estándar de los levantamientos uno, dos y tres.

VI. Cálculo del error probable de la media aritmética:

Después de calcular las desviaciones estándares en la tabla anterior, procedemos a considerar la siguiente ecuación para determinar el posible error.

$$E_v = \frac{E_c}{\sqrt{n}}$$

Donde:

E_c = Error cuadrático

E_v = Error probable

Tabla19

Error probable del promedio

EV.	ERRORES PROBABLES DE LAS MEDIAS ARIMETICAS			
	DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	PC. – 01.	0.0010583	0.0006083	0.0009644
	PC. – 02.	0.0013856	0.0007000	0.0007550
	PC. – 03.	0.0007839	0.0009849	0.0013000
	PC. – 04.	0.0013569	0.0007000	0.0007550
	PC. – 05.	0.0020785	0.0013748	0.0016643
	PC. – 06.	0.0014146	0.0007000	0.0007550
	PC. – 07.	0.0003844	0.0006083	0.0009644
	PC. – 08.	0.0008172	0.0007000	0.0007550
	PC. – 09.	0.0010333	0.0009849	0.0013000
	Mín.	0.0003844	0.0006083	0.0007550
	Máy.	0.0020785	0.0013748	0.0016643

Nota. Error probable en cada coordenada UTM para cada punto.

La Tabla 19 muestra el cálculo del error probable promedio de los tres levantamientos, detallando lo siguiente:

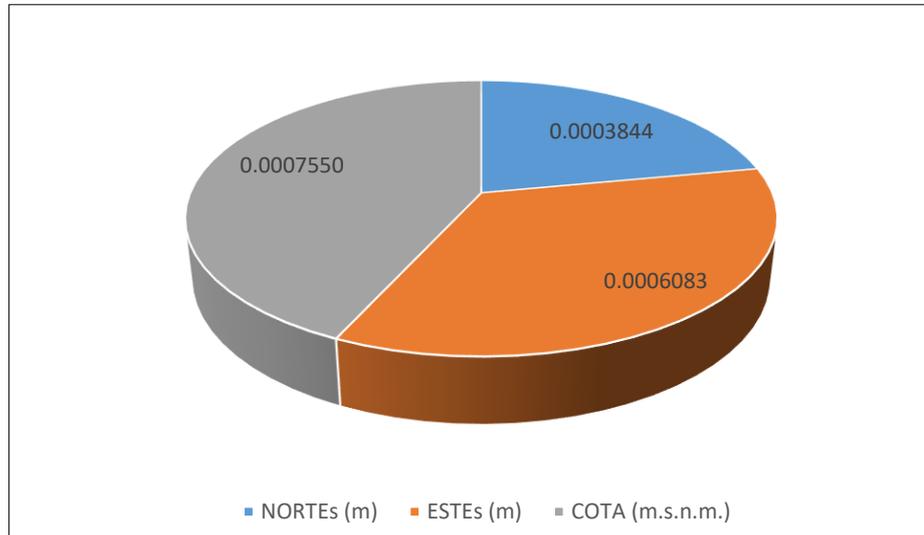
Norte: El valor más bajo es 0.0003844 PC-07, el valor más alto es 0.0020785 PC-05.

Este: El valor más bajo es 0.0006083 (PC-01 y PC-07) y el valor más alto es 0.0013748 PC-05.

Cota: (PC-02, PC-04, PC-06 y PC-08). tienen valores mínimos de 0.0007550 y un valor máximo de 0.0016643 propiedad de PC-05.

Figura53

Valor mínimo del error probable promedio

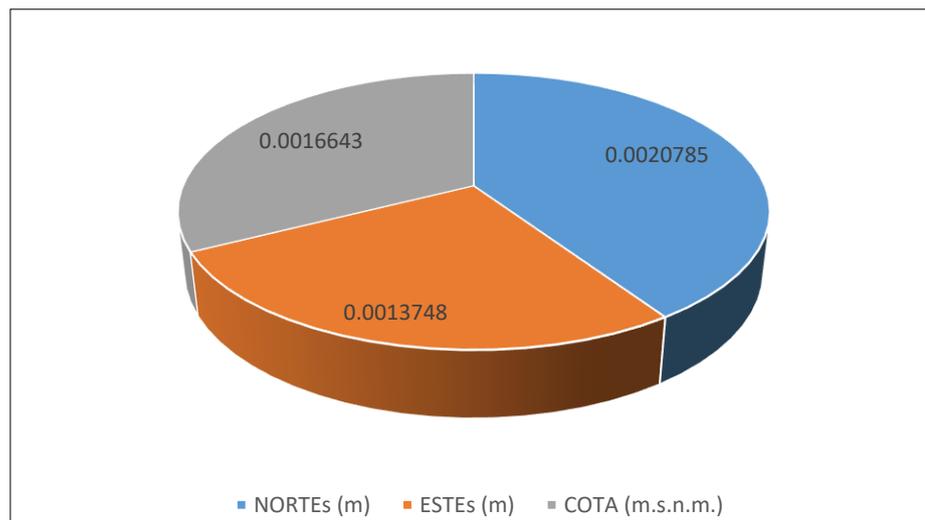


Nota. Valor mínimo del error probable promedio.

En la Figura 53 se representan los valores mínimos del error probable promedio de los levantamientos uno, dos y tres.

Figura54

Valor máximo del error probable promedio



Nota. Valor máximo del error probable promedio.

En la Figura 54 se representan los valores máximos del error probable promedio de los levantamientos uno, dos y tres.

VII. Determinación de la precisión de los puntos de control:

Después de calcular los posibles errores en la media aritmética y el promedio, podemos calcular las precisiones de las coordenadas y la altura de cada punto de control de la siguiente manera:

$$P = \frac{E_L}{\Sigma_L} = \frac{x}{E_v}$$

Donde:

x = Mediana

E_v = Error probable

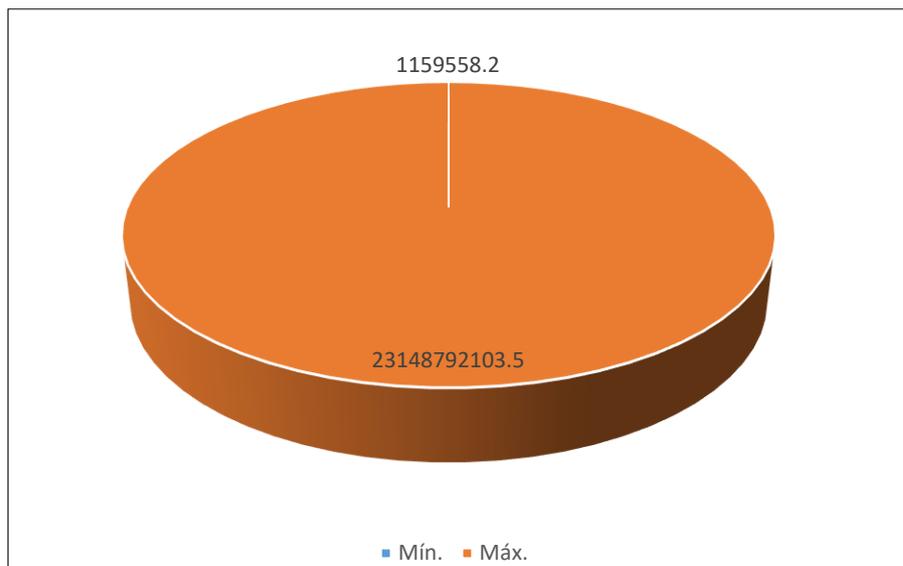
P = Precisión

Tabla20
Precisiones de los PC

X/EV.	PRECISIONES DE LOS PUNTOS DE CONTROL		
DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8409149239.1	596884187.3	1995738.7
PC. – 02.	6422536885.3	518719314.2	2550484.4
PC. – 03.	11353007597.4	368719074.3	1481848.5
PC. – 04.	6558528556.0	518848408.2	2553740.1
PC. – 05.	4281537917.8	264212107.8	1159558.2
PC. – 06.	6290750658.1	518943786.0	2556814.3
PC. – 07.	23148792103.5	597266019.6	2002902.0
PC. – 08.	10889582305.7	519072029.0	2559562.8
PC. – 09.	8611514942.9	368987001.6	1487330.1
Mín.	1159558.2		
Máx.	23148792103.5		

Nota. Precisión en cada coordenada.

La Tabla 20 muestra la precisión de los puntos de control la cual se tiene el valor mínimo de 1159558.2 y máximo de 23148792103.5.

Figura55*Precisión mínima y máximo de los puntos de control*

Nota. Valores de la precisión mínima y máximo de los puntos de control.

En la Figura 55 se muestran los valores de la precisión mínima y máximo de los puntos de control.

Para comparar con las especificaciones de precisión, expresamos estos resultados como fracciones, como se muestra en la tabla 21.

Tabla21*Precisiones de los PC en fracción*

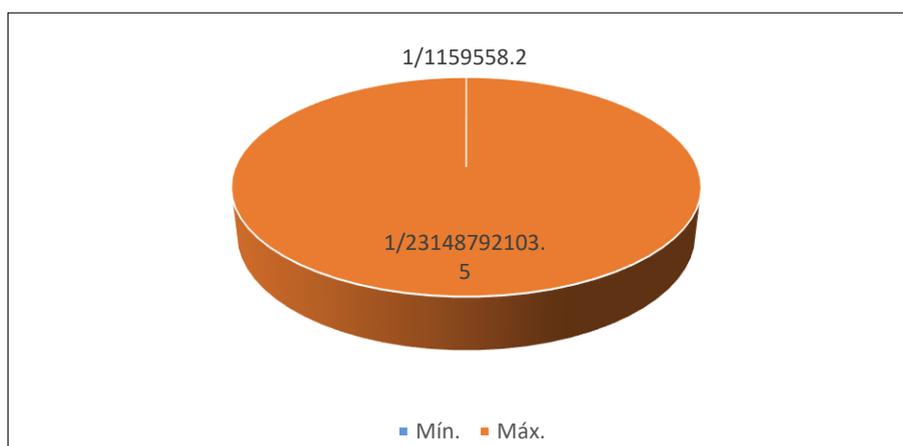
P.	PRECISIÓN			
	DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
	PC. – 01.	1/8409149239.1	1/596884187.3	1/1995738.7
	PC. – 02.	1/6422536885.3	1/518719314.2	1/2550484.4
	PC. – 03.	1/11353007597.4	1/368719074.3	1/1481848.5
	PC. – 04.	1/6558528556.0	1/518848408.2	1/2553740.1
	PC. – 05.	1/4281537917.8	1/264212107.8	1/1159558.2
	PC. – 06.	1/6290750658.1	1/518943786.0	1/2556814.3
	PC. – 07.	1/23148792103.5	1/597266019.6	1/2002902.0
	PC. – 08.	1/10889582305.7	1/519072029.0	1/2559562.8
	PC. – 09.	1/8611514942.9	1/368987001.6	1/1487330.1
	Mín.	1/1159558.2		
	Máx.	1/23148792103.5		

Nota. Precisión en cada coordenada.

La tabla 21 muestra las precisiones en fracción, donde el valor más pequeño del divisor es 1/1159558.2, que corresponde a la clase PC-05, y el valor más grande del divisor es 1/23148792103.5, que pertenece a la clase PC-07.

Figura56

Precisión mínima y máximo en fracción de los puntos de control



Nota. Valores de la precisión mínima y máximo de los puntos de control.

En la Figura 56 se muestran los valores de la precisión en fracción mínima y máximo de los puntos de control.

VIII. Determinación de la exactitud de los puntos de control:

A) Información de mediciones en terreno realizadas con estación total

Tabla22

Mediciones con Estación Total

DESCRIPCIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.747	363070.475	1924.622
PC. – 02.	8899326.853	363103.519	1925.573
PC. – 03.	8899225.041	363146.173	1926.405
PC. – 04.	8899105.672	363193.884	1928.031
PC. – 05.	8899008.150	363231.597	1929.893
PC. – 06.	8898934.205	363260.649	1930.352
PC. – 07.	8898829.014	363302.735	1931.530
PC. – 08.	8898711.454	363350.419	1932.427
PC. – 09.	8898564.470	363410.051	1933.531
Mín.	8898564.470	363070.475	1924.622
Máx.	8899405.747	363410.051	1933.531

Nota. Coordenada UTM para cada punto de control.

Esta tabla 22 muestra los valores obtenidos mediante una tabla cuyas coordenadas y elevaciones se consideran valores verdaderos cuando se obtienen utilizando equipos topográficos especializados.

Figura57

Estacionamiento y medición en PC-01 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-01.

Figura58

Estacionamiento y medición en PC-02 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-02.

Figura59

Estacionamiento y medición en PC-03 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-03.

Figura60

Estacionamiento y medición en PC-04 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-04.

Figura61

Estacionamiento y medición en PC-05 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-05.

Figura62

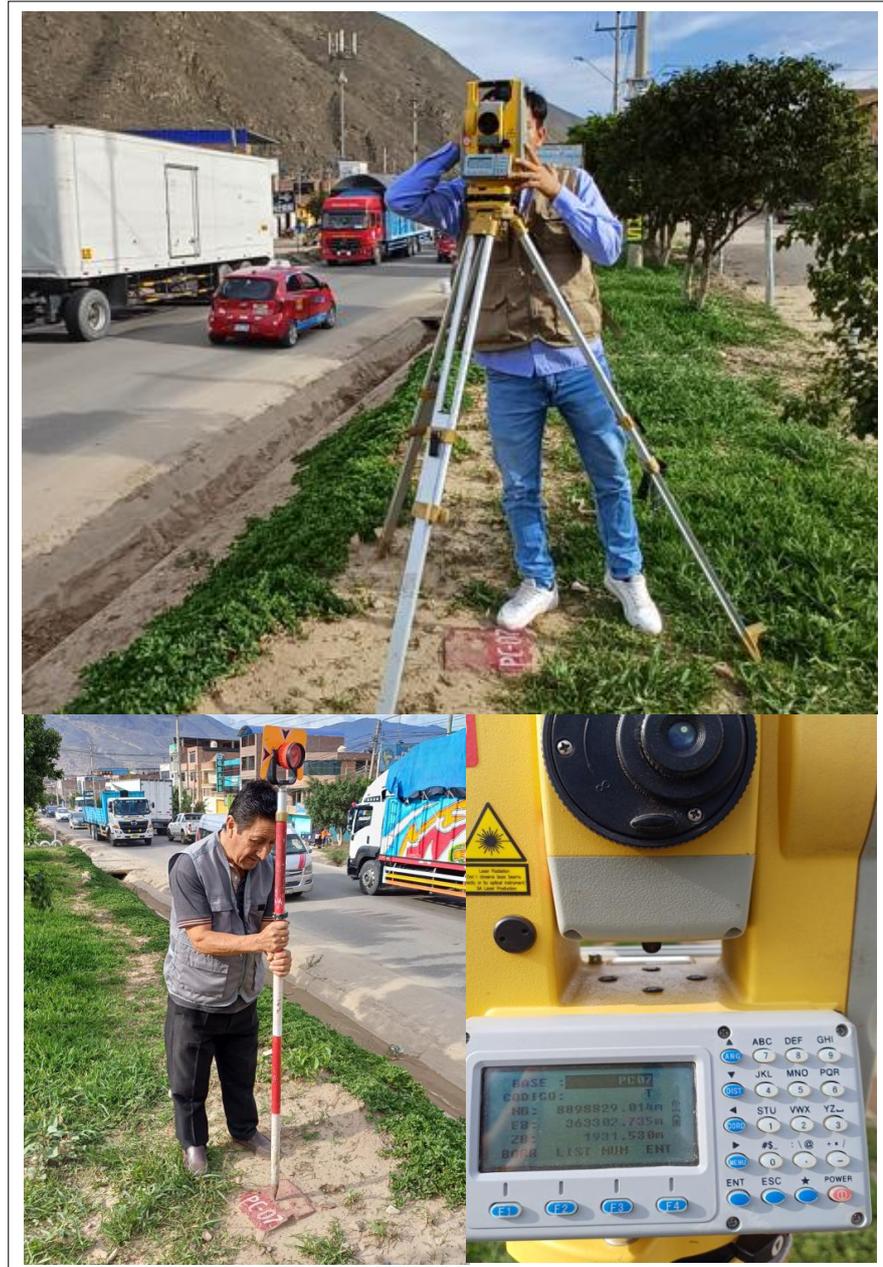
Estacionamiento y medición en PC-06 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-06.

Figura63

Estacionamiento y medición en PC-07 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-07.

Figura64

Estacionamiento y medición en PC-08 con la estación total.



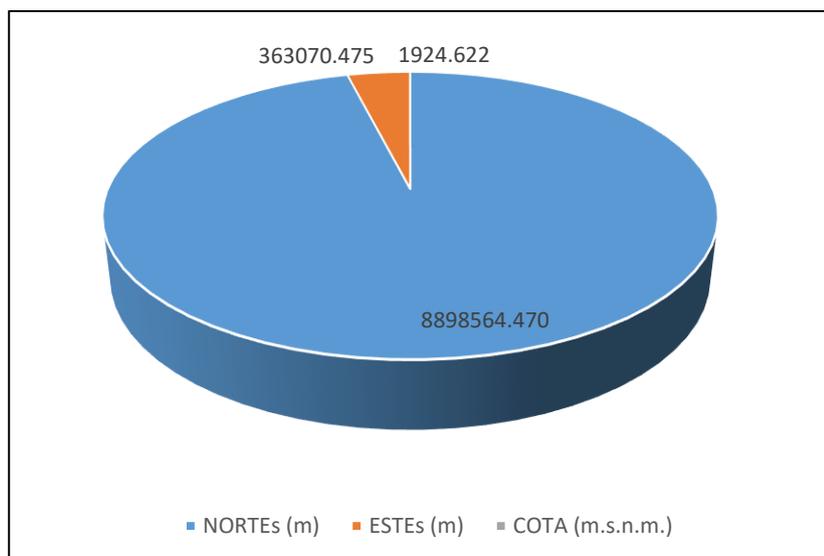
Nota. Valores de la estación total en PC-08.

Figura65
Estacionamiento y medición en PC-09 con la estación total.



Nota. Valores de la estación total en PC-09.

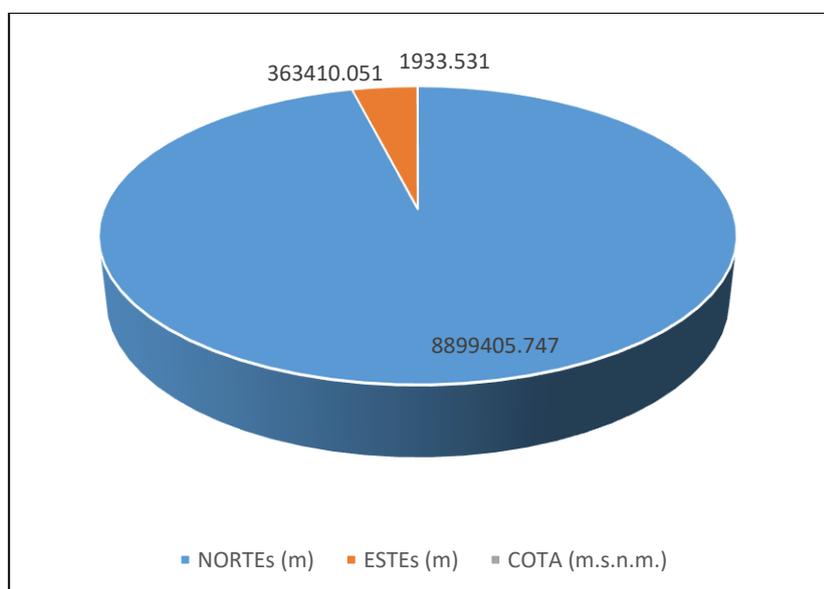
Figura66
Valores mínimos obtenidos de la estación total



Nota. Valores de la estación total mínima.

En la Figura 66 se muestran los valores de los puntos mínimos obtenidos con la estación total.

Figura67
Valores máximos obtenidos de la estación total



Nota. Valores de la estación total máximos.

En la Figura 67 se muestran los valores de los puntos máximos obtenidos con la estación total.

B) Media de los puntos de control y discrepancia en comparación con los puntos obtenidos mediante estación total

Diferencia media entre puntos de control GPS y diferencia con la Estación Total.

Tabla23

Promedio de PC con GPS Diferencial y Diferencias respecto a Estación Total

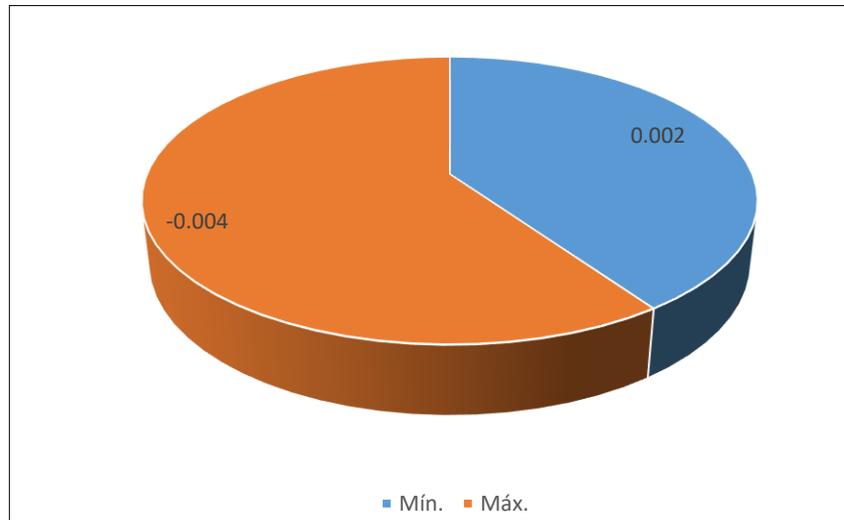
X DESCRIPCIÓN	PROMEDIO			DIFERENCIA		
	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
PC. – 01.	8899405.746	363070.474	1924.621	-0.002	-0.001	-0.001
PC. – 02.	8899326.855	363103.520	1925.574	0.002	0.001	0.001
PC. – 03.	8899225.040	363146.172	1926.403	-0.001	-0.002	-0.002
PC. – 04.	8899105.674	363193.886	1928.032	0.002	0.001	0.001
PC. – 05.	8899008.146	363231.594	1929.890	-0.004	-0.003	-0.003
PC. – 06.	8898934.208	363260.650	1930.353	0.002	0.001	0.001
PC. – 07.	8898829.013	363302.734	1931.529	-0.001	-0.001	-0.002
PC. – 08.	8898711.455	363350.420	1932.428	0.002	0.001	0.001
PC. – 09.	8898564.468	363410.049	1933.529	-0.002	-0.002	-0.002
Mín.	8899405.746	363410.049	1933.529	0.002	0.001	0.001
Máx.	8898564.468	363070.474	1924.621	-0.004	-0.003	-0.003

Nota. Precisiones en cada coordenada UTM.

Esta tabla 23 muestra los promedios de los datos adquiridos y procesado de 3 mediciones usando GPS diferencial y la diferencia con las mediciones de la estación total, siendo el valor más bajo -0.004 para PC-05 Norte y el valor más alto 0.002 para PC-09 Norte.

Figura68

Valores mínima y máximo de la diferencia entre el promedio y la estación total



Nota. Valores mínimo y máximo en cada coordenada UTM.

En la Figura 68 se presentan los valores mínimo y máximo obtenidos al calcular la diferencia entre el promedio y la estación total.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

A) HIPÓTESIS NULA

(H0): La técnica de corrección satelital no afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

B) HIPÓTESIS ALTERNA

(H1): La técnica de corrección satelital afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

Después de recopilar los datos de medición del campo, se procedió a calcular las desviaciones estándar de los puntos de control, calcular los promedios de los puntos de control, las diferencias de promedios encaden punto de control, cálculo del error medio cuadrático y del error probable de la media aritmética. Para finalmente obtener las precisiones de los puntos de control. Precisión se define como la cercanía al valor de referencia o real,

donde los datos obtenidos mediante el uso de estación total se consideran como tal. Esto se calcula comparando el valor promedio obtenido de los tres métodos de verificación con el valor real, como se muestra en la Tabla 21. En este análisis, el margen máximo es de $1/23148792103.5$ en la dirección este y un mínimo de $1/1159558.2$ en la dirección Norte. Estos valores están dentro del límite de $1/20000$ de diferencia establecido por el MTC del Perú para puntos de control en carreteras, lo que indica una buena precisión independientemente del método de verificación utilizado. La exactitud indica la proximidad al valor real o de referencia. En la Tabla 23, se observa que el rango varía entre un máximo de 2 mm y un mínimo de -4 mm en la dirección norte. Estos valores se mantienen dentro del margen de 5 mm establecido por el MTC, evidenciando una buena exactitud en todos los métodos de verificación. Concluimos aceptando la Hipótesis alternativa (Hi): La técnica de corrección satelital afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En su estudio, Payva (2022) realizó un análisis sobre la Fotogrametría aplicada de precisión plana y en altura como método alternativo frente a equipos convencionales en el diseño de geometría vial, Ilo 2022. Los resultados muestran que las coordenadas verticales obtenidas a través del Modelo Digital del Terreno (MDT) no alcanzan una precisión aceptable, ya que las alturas presentan diferencias respecto a la referencia, oscilando entre 0,029 m y -0,306 m. La Tabla 21 indica un valor promedio de 0,135 m, y las pruebas estadísticas evidencian una diferencia significativa entre los datos del MDT y los del GNSS ($P = 0,012 < 0,05$). Las discrepancias en relación con el rango de referencia varían entre -0,322 m y 0,000 m, con un promedio de -0,167 m. La calibración confirma que los puntos obtenidos con la estación total no son exactos, con un valor de P de $0,003 < 0,05$. Estos resultados contrastan con los de la presente tesis, que se enfoca en la exactitud, definida como la proximidad al valor real o de referencia, mostrando un rango de variación entre 2 mm y -4 mm en la dirección norte, dentro del margen de 5 mm establecido por el MTC. Esto sugiere que los modelos digitales generados con imágenes de drones no proporcionan coordenadas verticales precisas y que la estación total no logra la precisión requerida.

En su estudio, Limachi (2021) llevó a cabo un análisis sobre la Validación de la Línea Geodésica 'BH' del Estrecho de Tiquina Usando el Método de Cruce de Ríos (Poblaciones San Pedro y San Pablo en Tiquina, Provincia de Lapasmanco-Capaca). Se realizaron investigaciones utilizando los puntos BM-B, BM-BH-21 y BM-BH-25, con 25 observaciones durante dos días y 3 lecturas para determinar el desnivel. La diferencia de altura entre San Pedro y San Pablo de Tiquina fue de 0.2800 metros, con una precisión de 10.889 mm, dentro de la tolerancia del primer nivel. La distancia al Estrecho de Quin es de 741,1030 metros, lo que establece tolerancias de trabajo aceptables.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en la presente tesis, que se centra en la precisión, con un margen máximo de $1/23148792103.5$ en la dirección este y un mínimo de $1/1159558.2$ en la dirección norte, ambos dentro del límite de $1/20000$. Los resultados cumplen con los requisitos de la Norma Técnica Peruana, lo que demuestra una buena precisión en todos los métodos de verificación.

CONCLUSIONES

1. La técnica de corrección satelital mejora la precisión, como lo muestran los resultados similares entre los equipos GPS y la estación total en la Tabla 21. Los valores de precisión obtenidos son 1/23148792103.5 en la dirección norte, 1/1159558.2 en la dirección este, y 1/2559562.8 en elevación. Tanto el GPS como la estación total son adecuados para levantamientos topográficos, ya que cumplen con el rango de tolerancia de 1/20000 establecido por el MTC del Perú para puntos de control en carreteras.
2. Las técnicas de precisión y exactitud demostraron que la verificación satelital mejora la evaluación de la fiabilidad de los datos como se puede apreciar en las tablas 21 y 23. Los resultados favorables en la referencia geodésica en términos de escala, precisión y exactitud sugieren que es viable obtener una guía confiable utilizando cualquier método de verificación satelital con receptores de doble frecuencia.
3. Basándonos en los resultados del capítulo anterior, podemos inferir que el uso de las técnicas de corrección satelital tiene consecuencias positivas en la precisión de datos geodésicos. Esto se debe a que los cálculos no muestran pérdidas, ya que los errores lineales se encuentran dentro del margen establecido por el MTC. Para lograr esto, empleamos intervalos de confianza del 95%, lo que nos permite obtener coordenadas más precisas en nuestro polígono abierto. En la tabla 23 se presentan los resultados de la disparidad entre el promedio calculado por los tres métodos de verificación y el valor real. Se observa que la mayor discrepancia en la dirección este es de 2 mm, mientras que la menor discrepancia en la dirección norte es de -4 mm. Ninguno de los valores sobrepasa los 5 mm de divergencia establecidos por el MTC.
4. Los gastos directos relacionados con la aplicación de tecnologías satelitales y métodos convencionales pueden englobar la adquisición de equipos como receptores GPS/GNSS de alta precisión y otros dispositivos necesarios, así como el coste de licencias de software especializado para el procesamiento y análisis de datos satelitales, y los gastos recurrentes de mantenimiento y calibración de los equipos. En cuanto a los costos

indirectos, podrían incluir el tiempo dedicado al proceso, la incertidumbre respecto a la eficacia de las nuevas tecnologías, la adaptación de la infraestructura existente y la necesidad de garantizar la compatibilidad entre sistemas satelitales y métodos tradicionales, así como con otras tecnologías y sistemas empleados en Huánuco.

RECOMENDACIONES

1. Dado que la técnica de corrección satelital ha demostrado mejorar la precisión y los resultados obtenidos están dentro del rango de tolerancia establecido por el MTC del Perú, se recomienda seguir utilizando y potencialmente ampliar el uso de la corrección satelital en levantamientos topográficos. Además, se sugiere considerar la incorporación de técnicas adicionales de corrección y verificación para optimizar aún más la precisión y confiabilidad en proyectos de control geodésico. La implementación de receptores de doble frecuencia y la capacitación continua del personal en el uso de estas tecnologías pueden maximizar los beneficios de la corrección satelital en futuras aplicaciones.
2. Dado que las técnicas de precisión y exactitud han mostrado que la verificación satelital mejora la fiabilidad de los datos, como se evidencia en las Tablas 21 y 23, se recomienda adoptar métodos de verificación satelital con receptores de doble frecuencia para garantizar resultados confiables. Continuar utilizando estas técnicas y explorar su aplicación en diferentes contextos puede optimizar la precisión y la escala en la referencia geodésica, asegurando la robustez de los levantamientos topográficos y otros proyectos geodésicos.
3. Con base en los resultados del capítulo anterior, que demuestran que las técnicas de corrección satelital mejoran la precisión de los datos geodésicos, se recomienda continuar utilizando estas técnicas para asegurar la exactitud en los cálculos. Los errores lineales observados están dentro del margen establecido por el MTC, y los intervalos de confianza del 95% han permitido obtener coordenadas precisas en el polígono abierto. Dado que las discrepancias no superan los 5 mm de divergencia permitidos, se sugiere seguir aplicando y posiblemente ampliar el uso de corrección satelital para mantener y mejorar la precisión en futuros proyectos geodésicos.
4. Los costos tanto directos como indirectos pueden fluctuar según diversos factores, como las dimensiones y la complejidad del proyecto, la disponibilidad de recursos locales y las particularidades de la región de

Huánuco. Es aconsejable llevar a cabo un análisis preliminar antes de proceder con el arrendamiento de los equipos necesarios para el trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apráez , A. (2020). *Desarrollo e implementación de una metodología para levantamiento de planos topográficos mediante fotogrametría aérea con UAV*. Obtenido de Univesidad de la Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/786/
- Borja, M. (2016). *Metodologia de la Investigación Cientifica para Ingenieros*. Chiclayo.
- Duque, j., Garzón, J., & Jiménez, G. (2018). *Topografía Aplicada*. Editorial Arte Imagen. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Jimenez-Cleves/publication/334413486_Topografia_aplicada/links/5eb0df4c45851592d6b96d5e/Topografia-aplicada.pdf
- Hernández. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico.
- Instituto Geográfico Nacional . (2015). *Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global*.
- Navarro, S. (2014). *Topografía I*. Lider en Ciencia y Tecnología.
- Olivera, K. (2019). “*Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico convencional y no convencional para Proyectos Civiles del AA. HH Miramar – distrito de San Martín de Porres – 2019*”. Obtenido de Repositorio UCV: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53048/Huamani_OK-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pantigoso, H. (2014). Obtenido de San Cristóbal : <https://www.sancristoballibros.com/autor/henry-pantigoso-loza/>
- Payva, B. (2022). *Precisión planimétrica y altimétrica aplicando fotogrametría como método alternativo y equipos convencionales como método directo en el diseño geométrico de carreteras, Ilo 2022*. Obtenido de Repositorio de la Universidad César Vallejo : <https://hdl.handle.net/20.500.12692/90146>
- Rojas, F. (2019). *Uso de imágenes satelitales y su influencia en el diseño geométrico del proyecto mejoramiento del camino vecinal Tramo II. Shiyán – Vilcabamba (L=5.800KM) Distrito de Pampamarca y Obas, Provincia de Yarowilca,*

Departamento de Huánuco – 2019. Obtenido de Repositorio Institucional UNHEVAL.: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7091>

Yanqui, D. (2019). *Análisis Ángulos y Distancias con Estación Total en tres Tiempos Establecido con Gps Diferencial en el Cp. ce Sucasco, Coata-Puno. Obtenido de Proyectos de Investigación de Pregrado Pilar.: <https://vriunap.pe/pilar/transparencia/index/3>*

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Parra Gómez, G. (2025). *Métodos y confiabilidad de verificación satelital en el control geodésico de carreteras, Huánuco 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla24

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p>Problema General ¿Cómo afecta la técnica de corrección satelital en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras?</p>	<p>Objetivo General Determinar cómo afecta la técnica de corrección satelital en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.</p>	<p>Hipótesis: (H1): La técnica de corrección satelital afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.</p>	<p>Enfoque: Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: Alcance explicativo.</p>
<p>Problema Específicos</p> <p>PE1: ¿Cuáles son las técnicas de corrección satelital aplicados en el control geodésico de carreteras, Huánuco en 2024? PE2: ¿Cómo afecta cada técnica de corrección satelital a la precisión de los datos geodésicos obtenidos? PE3: ¿Cuáles son los costos directos e indirectos asociados con la implementación de tecnologías satelitales y métodos tradicionales, Huánuco 2024?</p>	<p>Objetivo Específicos</p> <p>OE1: Identificar cuáles son las técnicas de corrección satelital aplicados en el control geodésico de carreteras, Huánuco en 2024. OE2: Determinar cómo afecta cada técnica de corrección satelital a la precisión de los datos geodésicos obtenidos. OE3: Identificar los costos directos e indirectos asociados con la implementación de tecnologías satelitales y métodos tradicionales, Huánuco 2024.</p>	<p>(H0): La técnica de corrección satelital no afecta en la precisión de los datos geodésicos utilizados en el control de carreteras.</p>	<p>Diseño: Será de diseño experimental.</p> <p>Técnica e instrumento de recolección de datos: Observación, recolección de datos, documentos, tesis de pregrado, libros, reglamentos.</p> <p>Población: las carreteras del Distrito de Pillco Marca - Provincia de Huánuco - Departamento de Huánuco.</p> <p>Muestra: Carretera central (Av. Universitaria del Distrito de Pillco Marca) y los jirones (Jr. Los mangos y C. Puente piedra).</p>

ANEXO 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
Variable dependiente	Se refiere a la precisión de confianza o seguridad que tienen los investigadores de que los resultados obtenidos pueden ser aceptados con base en los procedimientos utilizados para realizar el estudio. (Díaz et al., 2021)	Precisión	Rangos de precisión	- Ficha técnica
Precisión de los datos Geodésicos		Exactitud	Determinación de la precisión Rangos de exactitud Determinación de la exactitud	- Ecuación de precisión. - Evaluación de Gabinete
Variable independiente	Las técnicas de corrección satelital se definirán como las diversas técnicas utilizadas para verificar y establecer el control geodésico de carreteras mediante el uso de sistemas de navegación global por satélite (GNSS) y tecnologías relacionadas. (Sariego et al., 2019)	Implementación	Configuración de estaciones	- Ficha técnica
Técnicas de corrección Satelital		Tecnología GNNS Procesamiento de datos	Sistemas GPS, GLONASS, Galileo u otras de Obtención de coordenadas Geodésicas	- Configuración del GPS Diferencial Post proceso

ANEXO 3

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura69

Plano de ubicación.



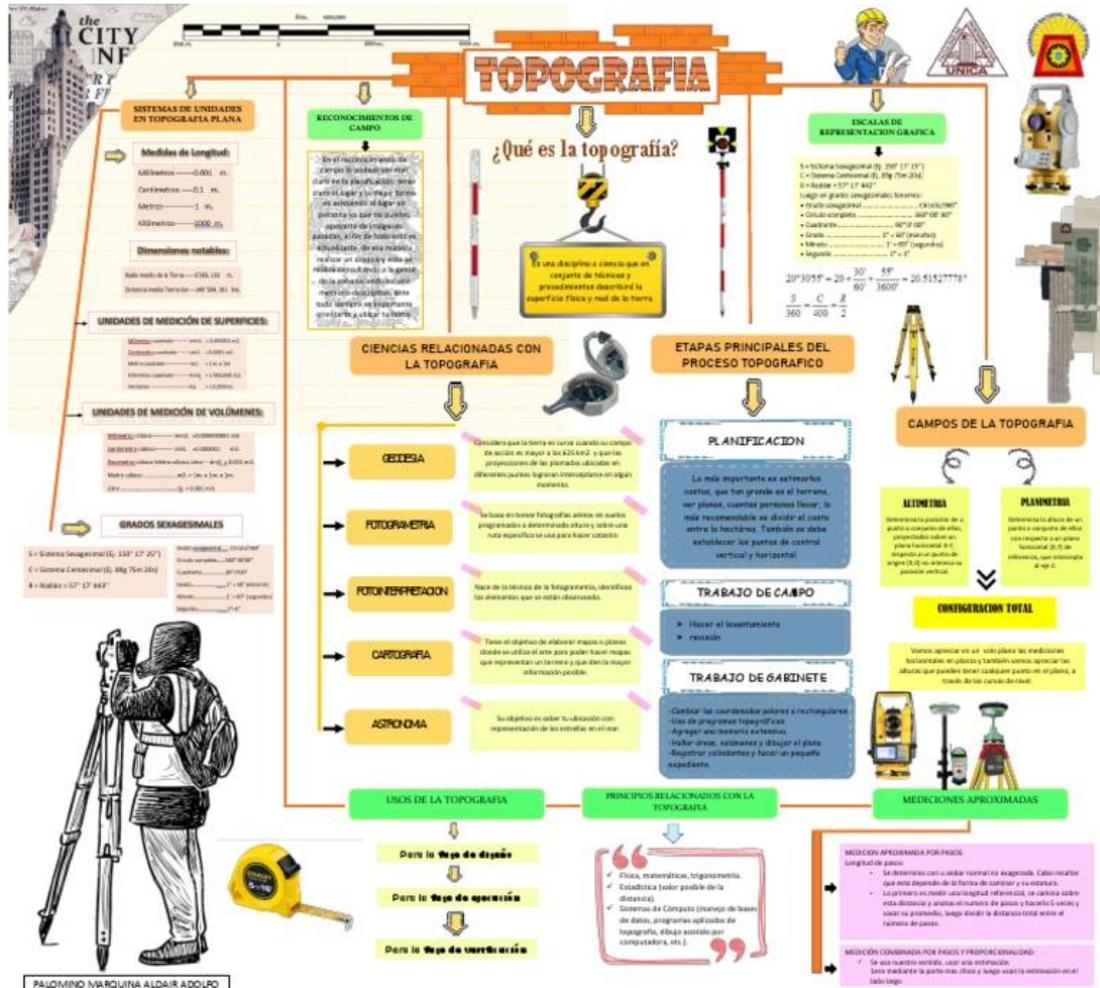
Nota. Plano de ubicación del lugar de estudio.

ANEXO 4

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN QUE SE USARON PARA EL PROYECTO

Figura70

Técnica de observación que se realizó para un correcto levantamiento topográfico



Nota. Procesos para un correcto levantamiento topográfico. (Márquez, R. A. 2009).

ANEXO 5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO GPS DIFERENCIAL SOUTH GALAXY G3

Figura71

Certificado de calibración GPS Diferencial South Galaxy G3



Lima, 30 de abril de 2024

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD Y FUNCIONAMIENTO N.º 000863-0424

CLIENTE : SERVICIOS DE INGENIERIA CONSTRUCTORA GOMEZ
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
RUC / DNI : 20610553649
EQUIPO : GPS DIFERENCIAL MARCA : SOUTH
MODELO : GALAXY G3 COLECTORA SERIE : SN12C70D0362699E
RECEPTOR BASE SERIE : S913C8148645905NKA MODELO NO: : H6
RECEPTOR ROVER SERIE : S913C8148646415NKA

EQUIPOS	MEDICIÓN GNSS ESTPATICA		TIEMPO REAL CINEMATICA (RTK)	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
RECEPTOR GPS	3.0mm + 0.50 ppm RMS	3.5mm + 0.4 ppm RMS	8 mm + 1 ppm RMS	15 mm + 1 ppm RMS

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 zonas de elevada recepción múltiple, los valores alto del PDOP y los periodos de condiciones atmosférica extremas pueden afectar al rendimiento.

GLOBAL PRECISION INSTRUMENTS S.A.C, identificada con ruc 20603662793, certifica que el instrumento identificado ha sido verificado en concordancia con los procedimientos de verificación establecida por el fabricante.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el equipo revisado, se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones.

Fecha de Verificación: 30/04/2024

Próxima Verificación: 30/04/2025


Jimmy Renzo Vargas Correa
GLOBAL PRECISION INSTRUMENTS S.A.C.
ENCARGADO SOPORTE TÉCNICO

Oficina de Ventas: Jr. Mayta Capac 1271 - Jesús María - Lima - Lima
(Ref. Entre la Av. Cuba con Av. Salaverry) (01)303-7683 / 980 726 669 / 989
215 949 / 993 690 222

ventas@globalprecision.pe <http://www.globalprecision.pe>

Nota. Certificado de calibración que garantiza el funcionamiento y operatividad del GPS Diferencial South Galaxy G3.

ANEXO 6

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO ESTACIÓN TOTAL SOUTH N6

Figura72

Certificado de calibración Estación Total South N6



Lima, 12 de octubre de 2024

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N.º 001572 – 1024

CLIENTE : CONSORCIO E & E INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES E.I.R.L.
RUC / DNI : 20573177879
EQUIPO : ESTACION TOTAL PRECISION : 2"
MARCA : SOUTH AUMENTO : 30x
MODELO : N6+ ENFOQUE MINIMO : 1.40 m
N° DE SERIE : S119584 ALCANCE : 5,000 Mts prisma / 1000 Mts laser

GLOBAL PRECISION INSTRUMENTS S.A.C, identificada con ruc 20603662793, mediante su laboratorio de servicio técnico, le expide el presente certificado del equipo de topografía arriba descrito, el mismo que ha sido revisado, controlado y calibrado en todos los puntos en nuestro laboratorio.

EQUIPO DE CALIBRACIÓN UTILIZADO:

Equipo / Modelo	MARCA	MODELO	Origen
SET COLIMADOR	KOLIDA	LF-3C	CHINA

METODOLOGÍA APLICADA TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES:

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un SET DE COLIMACIÓN KOLIDA LF-3C con tubo de enfoque paralelo de 30x y en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01".

La verificación del alineamiento de los colimadores se realiza de forma diaria según manual de instrucción.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

Por medio del cierre angular en anteojo directo e invertido con el enfoque a infinito a través de un SET DE COLIMACIÓN KOLIDA LF-3C considerando valores de temperatura relativa y presión atmosférica para cada lectura del instrumento

TEMPERATURA EN LABORATORIO	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA
18 °C	83%	1015 mb

RESULTADOS ANGULARES:

Ángulos	Valor Obtenido I	Valor Obtenido II	Valor Resultante	Error de Medida	Incertidumbre (Precisión)
Colimación Vertical	90° 00' 00"	270° 00' 00"	360° 00' 00"	0"	2"
Colimación Horizontal	00° 00' 00"	180° 00' 00"	180° 00' 00"	0"	2"

El instrumento se encuentra 100% operativo dentro de los estándares de fabricación.

Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el equipo calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones.

Fecha de Calibración: 12/10/2024

Próxima Calibración: 12/04/2025


Jimmy Renzo Vargas Correa
GLOBAL PRECISION INSTRUMENTS S.A.C.
ENCARGADO SOPORTE TÉCNICO

Oficina de Ventas: Jr. Mayta Capac 1271 - Jesús María - Lima – Lima

(Ref. Entre la Av. Cuba con Av. Salaverry)

(01) 401-9365 / 980 726 669 / 989 215 949 / 993 690 222

ventas@globalprecision.pe <http://www.globalprecision.pe>

Nota. Certificado de calibración que garantiza el funcionamiento y operatividad la Estación Total South N6.