



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



**PRECISIÓN DE DISTINTOS TIEMPOS DE RASTREO GNSS**  
**ESTÁTICO CON DIFERENTES EFEMÉRIDES PARA EL**  
**ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS GEODÉSICOS DE ORDEN C**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LESLY ESTRELLA PONCE RAMIREZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**PRECISION DE DISTINTOS TIEMPOS DE RASTREO GNSS ESTÁTICO CON DIFERENTES EFEMÉRIDES PARA EL ESTABLECIMIENTO**

AUTOR

**Lesly Estrella PONCE RAMIREZ**

RECuento de palabras

**20345 Words**

RECuento de caracteres

**113048 Characters**

RECuento de páginas

**129 Pages**

Tamaño del archivo

**5.1MB**

Fecha de entrega

**Jan 22, 2024 9:35 PM GMT-5**

Fecha del informe

**Jan 22, 2024 9:37 PM GMT-5**

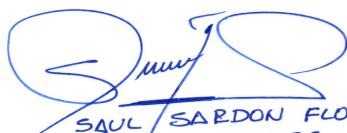
### ● 18% de similitud general


El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

  
SAUL SARDON FLORES  
DNI 40818625  
DIRECTOR/ASESOR

  
M. Sc. Luis Alberto Mamani Huancu  
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN  
EPITA - FCA

Resumen



## DEDICATORIA

*A Dios, por estar siempre pendiente de mi persona e iluminarme para lograr mis objetivos, así mismo en memoria de mi adorada hermanita que siempre está a mi lado, protegiéndome y guiándome desde el cielo.*

*A mis padres, quienes me inculcaron que el conocimiento es el mejor regalo que se puede obtener en la vida. En especial a mi mamita por su apoyo incondicional para ser una gran profesional, ser una persona de bien y seguir logrando mis objetivos.*

*A mis amigos, Lisbeth y Mario, quienes me han fortalecido en este trayecto académico, con sus bromas, risas, llantos y anécdotas, pero siempre unidos hasta cumplir más objetivo.*

*A Coco, Leo y Luka mis mascotas adorables que con su inocencia me acompañaron durante largas noches de estudio. Sus ronroneos y lamidas me recordaron que siempre hay tiempo para un poco de cariño y diversión.*

***Lesly Estrella***



## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi alma mater, por darme la oportunidad de ingresar y poderme formar profesionalmente e inculcarme valores para servir a la sociedad.*

*A mi Escuela Profesional Ingeniería Topográfica y Agrimensura, a la Facultad de Ciencias Agrarias y sus instalaciones donde pude adquirir conocimientos, experiencias y muchos recuerdos inolvidables.*

*A cada uno de los docentes de mi Escuela Profesional, que contribuyeron de manera positiva en mi formación profesional y me alentaron a seguir adelante en la culminación de esta investigación.*

*Quiero expresar mi gratitud profunda al Ing. Saul Sardon Flores por aceptarme el asesoramiento, y dirección de esta investigación. Del mismo modo a mis miembros del jurado: Ph.D. Elmer Elio Calizaya Llatasi, Ing. Juan Esteban Araoz Barrios e Ing William Fredy Condori Canahua por sus acertadas opiniones y consejos los cuales fueron fundamentales para el éxito y la culminación de esta investigación.*

**Lesly Estrella**



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pag</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
1.2.1. Pregunta General .....	18
1.2.2. Preguntas Específicas .....	18
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Hipótesis General .....	18
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	18
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Geodesia.....	22
2.2.3.1. Geoide .....	22
2.2.2. GNSS .....	24
2.2.2.1. Sistema NAVSTAR-GPS.....	25
2.2.2.2. Sistema GLONASS.....	30
2.2.2.3. Sistema – Proyecto GALILEO.....	30
2.2.2.4. Sistema – BEIDOU .....	31
2.2.3. GPS Diferencial .....	31
2.2.3.1. Métodos y aplicaciones de posicionamiento GPS .....	32
2.2.4. DATUM.....	37
2.2.4.1. Tipos de DATUM .....	37
2.2.5. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM.....	38
2.2.5.1. Localización geográfica de un punto .....	38
2.2.5.2. Coordenadas geográficas .....	39
2.2.5.3. La proyección UTM.....	42
2.2.6. EFEMÉRIDES .....	46
2.2.6.1. Tipos de efemérides .....	47
2.2.6.2. Principales instituciones que difunden y calculan efemérides ...	51



2.2.7. RINEX .....	54
2.2.7.1. Base de formato Rinex .....	55
2.2.8. Precisión .....	56
2.2.9. Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGEN) .....	58
2.2.10 Norma Técnica de Geodesia del Perú - IGN.....	59
2.2.11. Coeficiente de Correlación de Pearson .....	65
2.2.11.1. Propiedades del coeficiente R - PEARSON.....	70

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. MATERIALES.....</b>	<b>74</b>
<b>3.2. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>74</b>
<b>3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>75</b>
<b>3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>75</b>
3.4.1. Tipo de investigación .....	76
<b>3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZADO PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....</b>	<b>99</b>

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>113</b>
<b>4.2. RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>113</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>115</b>



<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>119</b>

**Área** : Geodesia y Topografía.

**Tema** : Precisión de distintos tiempos de rastreo GNSS estático con diferentes efemérides para el establecimiento de puntos geodésicos de orden C.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 26 de enero del 2024





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1</b> Desviación de la vertical. ....	24
<b>Figura 2</b> Representación de 4 satélites como mínimo para determinar la posición..	26
<b>Figura 3</b> Representación de la triangulación para determinar la posición. ....	27
<b>Figura 4</b> Representación del sistema 3D de referencia. ....	39
<b>Figura 5</b> Representación de meridianos. ....	40
<b>Figura 6</b> Representación de paralelos. ....	41
<b>Figura 7</b> Proyección del globo terrestre. ....	42
<b>Figura 8</b> Representación de la tierra en diferentes proyecciones. ....	43
<b>Figura 9</b> Representación de la proyección Mercator. ....	45
<b>Figura 10</b> Diagrama de correlación de Pearson. ....	66
<b>Figura 11</b> Diagrama de correlación de Pearson .....	66
<b>Figura 12</b> Diagrama de correlación de Pearson. ....	67
<b>Figura 13</b> Diagrama de correlación de Pearson. ....	68
<b>Figura 14</b> Eje cartesiano de la correlación de Pearson. ....	70
<b>Figura 15</b> Ubicación de los puntos geodésicos en la hoja catastral N° 32 V-II-SE a escala 1:25000. ....	78
<b>Figura 16</b> Ubicación de los puntos geodésicos certificados en el CIP Carolina - UNA. .....	79
<b>Figura 17</b> Ubicación satelital de los puntos PUN01174 y PUN01175. ....	80
<b>Figura 18</b> Punto geodésico PUN01174 de orden "C". ....	81
<b>Figura 19</b> Punto geodésico PUN01175 de orden "C". ....	81
<b>Figura 20</b> Medición de la altura inclinada del receptor en el punto PUN01174. ....	82
<b>Figura 21</b> Medición de la altura inclinada del receptor en el punto PUN01175. ....	83



<b>Figura 22</b>	Registro y rastreo de señal satelital en campo en el punto PUN01174.....	86
<b>Figura 23</b>	Registro y rastreo de señal satelital en campo en el punto PUN01175.....	86
<b>Figura 24</b>	Post proceso con el software Magnet Tools v. 6.1.0 de Topcon. ....	88
<b>Figura 25</b>	Post proceso con el software y Leica Infinity v 3.2.1.3319 de Leica.....	88
<b>Figura 26</b>	Línea base de PU02 a PUN01174 y PUN01175 con el software Magnet Tools.....	89
<b>Figura 27</b>	Línea base de PU02 a PUN01174 y PUN01175 con el software Leica Infinity.....	89
<b>Figura 28</b>	Seguimiento de señal entre PU02, PUN01174 y PUN01175 en el software Magnet Tools.....	90
<b>Figura 29</b>	Seguimiento de la señal entre PU02, PUN01174 y PUN01175 en el software Leica Infinity.....	91
<b>Figura 30</b>	Correlación del punto PUN01174 software Magnet Tools .....	101
<b>Figura 31</b>	Correlación del punto PUN01175 software Magnet Tools.....	102
<b>Figura 32</b>	Correlación del punto PUN01174 software Leica Infinity.....	103
<b>Figura 33</b>	Correlación del punto PUN01175 software Leica Infinity.....	105
<b>Figura 34</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. sin efemérides - Magnet Tools. ....	107
<b>Figura 35</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides ultra rápidas - Magnet Tools. .....	107
<b>Figura 36</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides rápidas - Magnet Tools.....	107
<b>Figura 37</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides finales - Magnet Tools. ....	108
<b>Figura 38</b>	Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio - Magnet Tools. .....	108
<b>Figura 39</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. sin efemérides - Leica Infinity.....	110
<b>Figura 40</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides ultra rápidas - Leica Infinity.	110



<b>Figura 41</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides rápidas - Leica Infinity.....	110
<b>Figura 42</b>	Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides finales - Leica Infinity.....	111
<b>Figura 43</b>	Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio - Leica Infinity. .....	111



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pag</b>
<b>Tabla 1</b> Correlación de enlace a puntos geodésicos fijos.....	61
<b>Tabla 2</b> Separación de estaciones.....	61
<b>Tabla 3</b> Cuadro de interpretación del coeficiente de Pearson. ....	69
<b>Tabla 4</b> Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen. ....	72
<b>Tabla 5</b> Equipos GPS diferencial utilizado en la investigación. ....	82
<b>Tabla 6</b> Cálculo de la distancia vertical de la antena de los receptores. ....	83
<b>Tabla 7</b> Periodo de registro en el punto PUN01174. ....	84
<b>Tabla 8</b> Periodo de registro en el punto PUN01175 .....	85
<b>Tabla 9</b> Coordenadas UTM WGS84 de la estación de rastreo permanente PU02....	87
<b>Tabla 10</b> Coordenadas geográficas WGS84 de la estación de rastreo permanente PU02. ....	87
<b>Tabla 11</b> Coordenadas UTM - WGS84 del punto certificado PUN01174. ....	92
<b>Tabla 12</b> Coordenadas UTM - WGS84 del punto certificado PUN01175. ....	92
<b>Tabla 13</b> Distancia horizontal desde PU02 A PUN01174 y PUN01175 – Magnet Tools. ....	93
<b>Tabla 14</b> Distancia horizontal desde PU02 A PUN01174 y PUN01175 – Leica Infinity. ....	93
<b>Tabla 15</b> Distancias horizontales calculadas sin efemérides – Magnet Tools. ....	94
<b>Tabla 16</b> Distancias horizontales calculadas sin efemérides – Leica Infinity.....	95
<b>Tabla 17</b> Distancias horizontales calculadas efemérides ultra rápidas – Magnet Tools. ....	95



<b>Tabla 18</b>	Distancias horizontales calculadas efemérides ultra rápidas – Leica Infinity. .....	96
<b>Tabla 19</b>	Distancias horizontales calculadas efemérides rápidas – Magnet Tools. ....	97
<b>Tabla 20</b>	Distancias horizontales calculadas efemérides rápidas – Leica Infinity. .....	97
<b>Tabla 21</b>	Distancias horizontales calculadas efemérides finales – Magnet Tools. ....	98
<b>Tabla 22</b>	Distancias horizontales calculadas efemérides finales – Leica Infinite. ....	98
<b>Tabla 23</b>	Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01174 software Magnet Tools.....	100
<b>Tabla 24</b>	Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01175 software Magnet Tools.....	101
<b>Tabla 25</b>	Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01174 software Leica Infinity. ....	103
<b>Tabla 26</b>	Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01175 software Leica Infinity. ....	104
<b>Tabla 27</b>	Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio Magnet Tools. .....	106
<b>Tabla 28</b>	Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio Leica Infinity. .....	109



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>GNSS</b>	: Sistema Global de Navegación Satelital
<b>IGN</b>	: Instituto Geográfico Nacional del Perú
<b>UTM</b>	: Universal Transversal de Mercator
<b>ERP</b>	: Estación de Rastreo Permanente
<b>GPS</b>	: Sistema de Posicionamiento Global
<b>IGS</b>	: Efemérides Finales
<b>IGR</b>	: Efemérides Rápidas
<b>WGS84</b>	: World Geodesic System 1984



## RESUMEN

Se ha determinado la precisión en distintos periodos de tiempo de rastreo GNSS estático, con diferentes efemérides para el establecimiento de puntos geodésicos de orden “C”, se ha desarrollado en el Centro de Investigación y Producción Carolina de la UNA – Puno, se encuentra ubicado a  $15^{\circ}54'21.35232''$  latitud sur y a los  $70^{\circ}01'44.98760''$  longitud oeste, dicho centro cuenta con dos puntos geodésicos PUN01174 y PUN01175 certificados por el Instituto Geográfico Nacional del Perú – IGN, ente rector de la Geodesia en el Perú, los mismos que se tomaron como patrones, se ha utilizado equipos GNSS Hiper HR – Topcon, se ha registrado lecturas de señal satelital en modo estático fijo, en diferentes periodos de tiempo, así mismo se ha tomado como base la Estación de Rastreo Permanente PU02 de orden “0”, la metodología se ha desarrollado tomando en cuenta la norma técnica de geodésica del IGN. Posteriormente se ha realizado el post proceso y análisis, utilizando el software Magnet Tools v 6.1.0 -Topcon y Leica Infinity v 3.2.1.3319 - Leica, se ha utilizado los diferentes tipos de efemérides en el post proceso; con las coordenadas UTM obtenidas se ha calculado la distancia horizontal a cada punto a partir de la ERP, estos resultados han sido analizados y contrastados con el patrón considerado, esta investigación es de tipo cuantitativa correlacional, en tal sentido se ha utilizado el estadístico de correlación de Pearson a un 95% de confiabilidad, de lo que se concluye que ambos softwares en el post proceso utilizando diferentes tipos de efemérides se aproximan al valor verdadero sin distinción, con respecto al periodo de tiempo óptimo de rastreo satelital, se concluye que se debe registrar datos al segundo durante un periodo de 250 minutos para una línea base de 46.120 Km.

**Palabras Clave:** Efemérides, Tiempo, GNSS, ERP.



## ABSTRACT

The precision has been determined in different periods of time of static GNSS tracking, with different ephemeris for the establishment of geodetic points of order “C”, it has been developed at the Carolina Research and Production Center of the UNA – Puno, it is located at 15°54'21.35232” south latitude and at 70°01'44.98760” west longitude, said center has two geodetic points PUN01174 and PUN01175 certified by the National Geographic Institute of Peru – IGN, the governing body of Geodesy in Peru, the same ones that are They took as standards, Hiper HR – Topcon GNSS equipment has been used, satellite signal readings have been recorded in fixed static mode, in different periods of time, likewise the Permanent Tracking Station PU02 of order “0” has been taken as a basis. , the methodology has been developed taking into account the IGN geodetic technical standard. Subsequently, the post process and analysis has been carried out, using the software Magnet Tools v 6.1.0 -Topcon and Leica Infinity v 3.2.1.3319 - Leica, the different types of ephemeris have been used in the post process; With the UTM coordinates obtained, the horizontal distance to each point has been calculated from the ERP, these results have been analyzed and contrasted with the considered pattern, this research is quantitative correlational, in this sense the correlation statistic has been used Pearson at 95% reliability, from which it is concluded that both software in the post process using different types of ephemeris approach the true value without distinction, with respect to the optimal time period of satellite tracking, it is concluded that it should be record data to the second during a period of 250 minutes for a baseline of 46,120 km.

**Keywords:** Ephemeris, Time, GNSS, ERP





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo que vivimos actualmente está globalizado, cada día se ve avances tecnológicos los mismos que vienen acortando tiempo en los diferentes trabajos de ingeniería, y a esto no es ajeno la Ingeniería Topográfica y Agrimensura, como se sabe que la topografía y geodesia como ciencia son primordiales para la realización de diferentes proyectos como son: catastro urbano, rural, saneamiento físico legal, carreteras, puentes, saneamiento y otras obras civiles, para el desarrollo de estos proyectos antes mencionados primeramente se establece una Red Geodésica de puntos de orden “C” a partir de las estaciones de rastreo permanente.

Los puntos geodésicos determinan una posición fija, mediante procedimientos como la triangulación, la certificación de estos puntos garantiza la ubicación en base a un sistema de coordenadas (Instituto Geografico Nacional, 2015).

Estos puntos se establecen antes de iniciar cualquier estudio, a la vez estos puntos sirven para el control topográfico antes, durante y después de su ejecución de la obra, por lo que es importante establecer puntos geodésicos precisos de acuerdo a la normativa emitida por el ente rector de Geodesia en el Perú (IGN). Para el establecimiento de estos puntos se tiene diferentes métodos, los profesionales que establecen puntos geodésicos con GPS diferencial tienen la gran incertidumbre en el periodo de tiempo de registro óptimo en el método estático fijo, para estar dentro de las tolerancias permitidas de acuerdo a la normativa técnica del IGN, a la vez desconocen la influencia de los diferentes tipos de efemérides en el post proceso de datos GNSS.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta General**

¿Cuál es la precisión de los distintos periodos de tiempo de rastreo GNSS estático con diferentes efemérides para el establecimiento de Puntos Geodésicos de Orden “C”?

### **1.2.2. Preguntas Específicas**

- ¿Cuál es el periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático?
- ¿Cuál es la precisión de los tipos de efemérides en el post proceso de datos GNSS?

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

### **1.3.1. Hipótesis General**

Si determinamos el periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático con efemérides entonces es posible establecer puntos geodésicos de Orden “C” con precisión.

### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

- El periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático permite el establecimiento de puntos geodésicos de orden “C”.
- Si aplicamos efemérides en el post proceso de datos GNSS permiten un ajuste óptimo de puntos geodésicos.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Se ha realizado tomado en consideración la pregunta general y del mismo modo las preguntas específicas, de lo cual se ha determinado lo siguiente:



#### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la precisión en distintos periodos de tiempo de rastreo GNSS estático con diferentes efemérides para el establecimiento de puntos geodésicos de orden “C”.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la precisión de los tipos de efemérides en el post proceso de datos GNSS.
- Determinar el periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Según Gomez, Daniel del Clogiano, Lahitte, & Rodriguez Tello (2013) en su investigación analiza el comportamiento de datos más recientes de observaciones más aisladas obtenidas en modo fijo o estático, ha considerado cuatro estaciones permanentes GPS ubicado en la República de Argentina, se ha analizado las discrepancias de las coordenadas estimadas por los servicios y las coordenadas utilizadas en esos sitios en diferentes condiciones de trabajo. Se ha utilizado tres servicios de posicionamiento en línea: AUSPOS, CSRS e IBGE; las cuales han dado resultados que están dentro de la tolerancia permitidas en las mediciones rurales y de esta manera su utilización reduciría costos.

Así mismo la inclusión de paquetes GNSS con diferentes tiempos de observación converge hacia los resultados esperados a medida que aumente el tiempo de observación, tal es así que para una hora de observación o menos la diferencia alcanza los 60 cm, para tres horas de observación alcanza una precisión menor a los 10 cm y para seis horas disminuye unos centímetros más, todos los resultados están expresados en el marco de referencia ITRF2008.

Según Pou Peña (2016) en su investigación: “Comparativa de diferentes tipos de efemérides GNSS en cálculo de grandes líneas base con Magnet Office”. Analiza la influencia de los diferentes tipos de efemérides en la precisión posterior de las coordenadas de un punto en una línea base. Su investigación ha sido desarrollada en la península Ibérica y sus soluciones se contrastaron en base al marco de referencia ETRS89,



con este proceso se contrasto la precisión de los puntos calculados con diferentes efemérides, llegando a la conclusión que las efemérides IGR son las más adecuadas para los cálculos GNSS en aplicaciones topográficas, su precisión se ve mejorada con las efemérides finales IGS.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que las efemérides rápidas (IGR) son las más adecuadas para cálculos GNSS en aplicaciones topográficas. La precisión de estas efemérides apenas se mejora con las finales (IGS) y a estas efemérides se accede con más de 10 días de antelación.

Según Córdor García (2012) ha determinado la duración mínima necesaria para realizar observaciones GPS de alta precisión en diferentes distancias, realizó estas observaciones por el método estático, el mismo que se trata de estacionar el GPS base en un punto geodésico de coordenadas conocidas y paralelamente el GPS móvil o rover en un punto geodésico que se quiere determinar sus coordenadas, en su investigación ha utilizado las estaciones de rastreo permanente (EPR) del ente rector de la geodesia en el Perú (IGN).

Esta investigación ha utilizado 10 estaciones de rastreo permanente del IGN y un receptor Rover en línea base, ubicado a distintas distancias. El resultado del trabajo de campo y el análisis matemático, determino una función matemática que determina el tiempo mínimo de visado para observaciones satelitales el cual es:

$$Y = 0.000022x^3 - 0.007834x^2 + 2.660074x + 8.346236$$

Donde:

X = distancia

Y = tiempo en minutos



## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Geodesia

El autor Mendoza Dueñas (2019) nos dice, que la geodesia se encarga de estudiar la superficie terrestre, su forma, dimensiones, así como también estudia su campo gravitatorio de la tierra (exterior) y la superficie del fondo de los océanos con sus alteraciones. La geodesia es base fundamental para la geomática, misiones militares y programas espaciales.

Al observar la superficie terrestre aparentemente es plana, pero en longitudes mayores podemos notar una curvatura, de lo que se puede concluir que la tierra presenta una superficie cerrada, y esta ciencia se clasifica a su vez en:

- **Geodesia Geométrica:** Realiza la observación a partir de distancias y ángulos los mismos que están con referencia a un elipsoide, plasmándose finalmente en coordenadas, los mismo que se expresan en distintas formas.
- **Geodesia Dinámica:** Se fundamenta en las mediciones del campo gravitatorio terrestre y sus cambios, incluyendo las variaciones causadas por las mareas oceánicas y terrestres, así como en la relación que estas tienen con la altitud.
- **Astronomía Geodésica:** A través de las observaciones a objetos celestes se determina las coordenadas de un punto.
- **Geodesia Satelital:** A partir de las observaciones a los satélites artificiales se obtiene las coordenadas, a su vez se realiza mediciones.

### 2.2.3.1. Geoide

Mendoza Dueñas (2019) indica que el campo gravitacional terrestre que coincide con el nivel medio del mar cuando está en equilibrio representa al geoide,



así mismo en un escenario hipotético donde la tierra consistiera únicamente en masa de agua sin rotación, el geoide tomaría la forma de una esfera. Sin embargo, en la realidad, el planeta no solo tiene agua, sino también masas sólidas distribuidas de manera no uniforme.

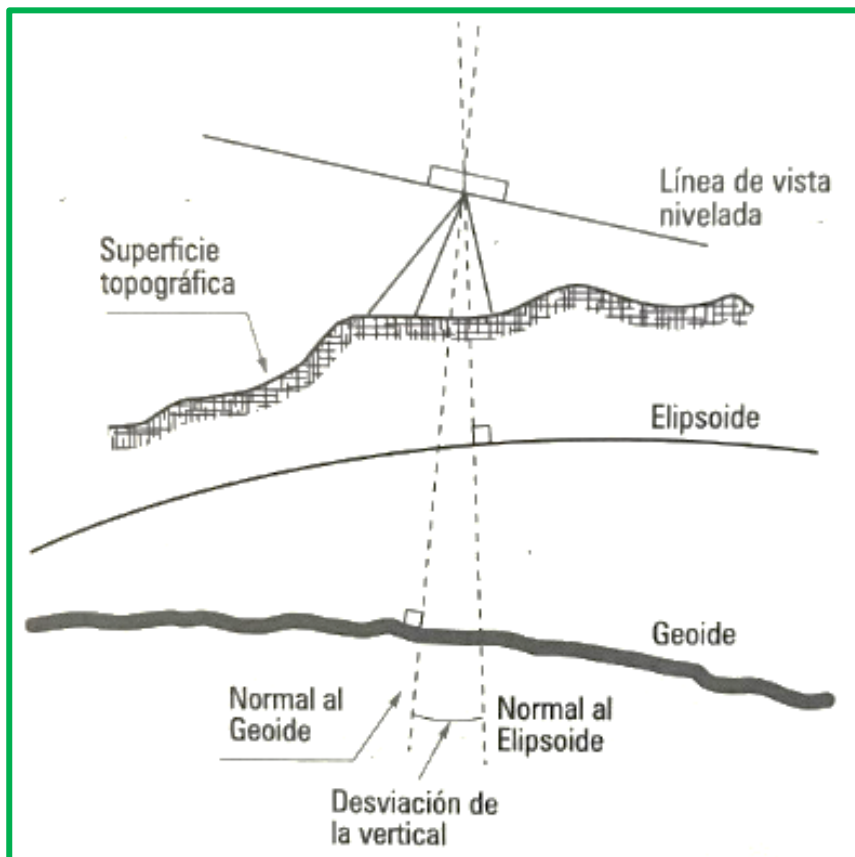
En resumen, el concepto de geoide es la superficie equipotencial definida por los mares en reposo extendiéndose por debajo de los continentes, donde la gravedad es perpendicular en cada punto.

La Ondulación Geoidal ( $N$ ) representa la separación vertical entre el geoide y una referencia, mientras que la Altura Ortométrica ( $H$ ) está dado por la distancia vertical entre el geoide y la superficie topográfica. Por otro lado, la Altura Elipsoidal ( $h$ ) se refiere a la distancia vertical entre el elipsoide y la superficie topográfica.

**Desviación De La Vertical:** Se le llama también desviación astro geodésica y viene a estar dado por el ángulo formado entre la normal al geoide (vertical local) y la normal al elipsoide en un punto (Mendoza Dueñas, 2019).

**Figura 1**

*Desviación de la vertical.*



*Nota:* Mendoza Dueñas (2019)

### 2.2.2. GNSS

Según la página web Topo Servis (2016), indica que el GNSS es un sistema de navegación satelital que transmiten señales y de esta manera poder obtener posicionamiento y localización de un objeto sobre la tierra, mar y aire.

#### ¿Cómo está compuesta la red GNSS?

La red GNSS está compuesta por “segmentos” que son tres: el espacial, control y usuario.

**Segmento Espacial:** Está constituido por la constelación de satélites que se tiene en órbita.





**Segmento Control:** Conformado por estaciones de seguimiento y control distribuidas por todo el mundo a fin de mantener los satélites en la órbita apropiada y ajustar los relojes satelitales.

**Segmento Usuario:** Lo compone cualquiera que reciba y utilice las señales GPS, GLONASS, etc.

#### **2.2.2.1. Sistema NAVSTAR-GPS**

Este sistema ha sido desarrollado por Estados Unidos, específicamente por el Departamento de Defensa, con fines militares para integrar un sistema de navegación preciso.

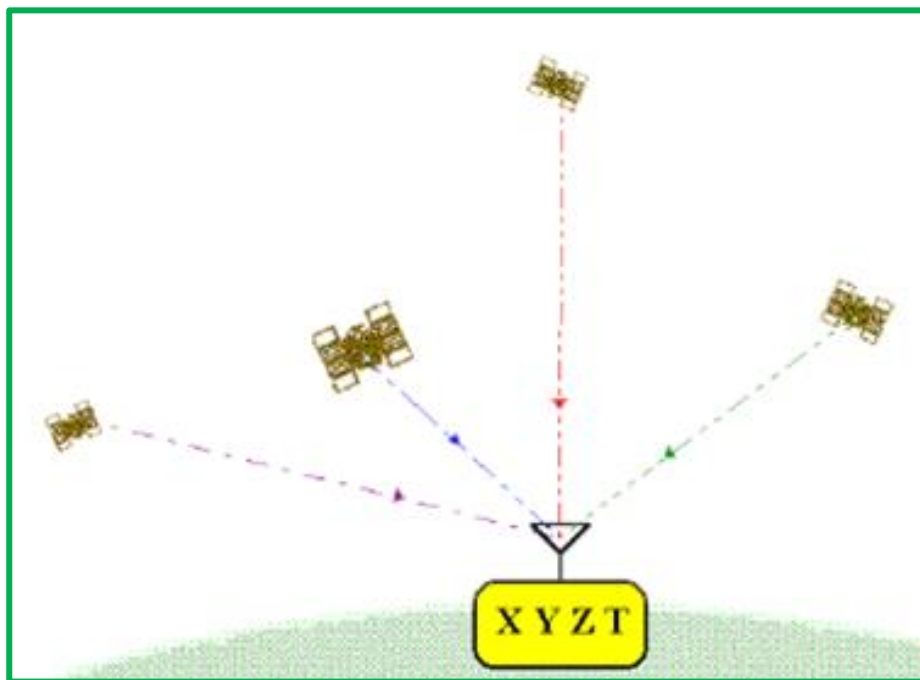
Se aprovechó las ondas de la banda “L” de radio en el espacio, a la vez se ha modulado estas, para que se incluyan información en busca de un objeto en el sistema de referencia. (Pérez Román)

#### **Principios**

El sistema funciona a partir de las señales codificadas emitidas por los satélites, para ser decodificadas por un receptor GPS, permitiendo determinar la ubicación, velocidad y tiempo.

## Figura 2

*Representación de 4 satélites como mínimo para determinar la posición.*



*Nota:* Pérez Román

Utilizando 4 señales para calcular la posición en 3D y de esta manera realizan el ajuste del reloj receptor GPS. A la vez estos equipos utilizan tecnología avanzada bajo los siguientes principios:

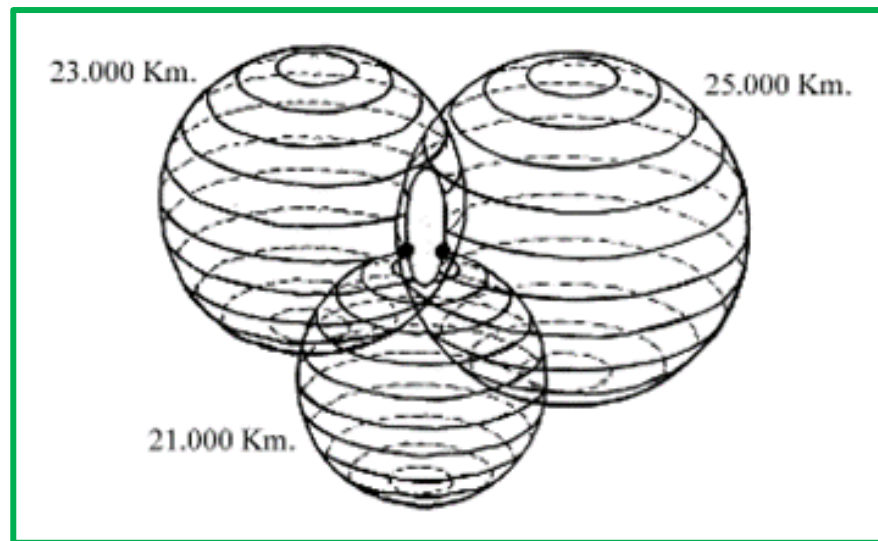
### **Triangulación: la base del sistema**

Se utiliza los satélites de la constelación NAVSTAR, como puntos de referencia para así de esta manera poder calcular nuestra ubicación sobre la superficie terrestre.

Obteniendo la medida precisa de nosotros, hacia los tres satélites de la constelación, a partir de una “triangulación” es posible determinar nuestra ubicación.

### Figura 3

*Representación de la triangulación para determinar la posición.*



*Nota:* Pérez Román

### Medición de las Distancias

Para este procedimiento primeramente se determina el tiempo que demora la señal (ida y vuelta) de radio emitida por los satélites hacia el receptor, a partir de este dato, determina la distancia aplicando la siguiente expresión matemática.

$$D = V \times T$$

Donde:

D = Distancia

V = Velocidad de la Luz

T = Tiempo

La señal se desplaza a una velocidad de 300.00 Km/seg., (velocidad de la Luz) para así poder determinar con exactitud cuándo recibamos esa señal de radio y de esta manera poder determinar el tiempo que ha demorado la señal en llegar a los usuarios.



Esta señal generada por los satélites y receptores, son conjuntos de códigos digitales complejos, de tal manera que se les pueda contrastar fácilmente sin ambigüedad, son tan complicados que su propio aspecto es definido por una serie de impulsos aleatorios.

### **Perfecto Sincronismo**

Sabiendo que las frecuencias de radio emitida por los satélites GPS se trasladan a la velocidad de la luz, cuando se sincroniza el reloj de un satélite y el reloj del receptor, el error es solo de 1/100 de segundo, esto generaría un error en la medición de 3.000 km.

En caso de posicionamiento en 3 dimensiones, se necesita como mínimo hacer 4 mediciones, de distancias, para así depurar errores de sincronización en los relojes, sería imposible determinar una posición precisa si no se tiene la señal de 4 satélites como mínimo.

### **Conocimiento de la Posición de los Satélites**

Los satélites (GPS), transmiten “mensajes de tiempo”, y a la vez “mensajes de datos”, los mismos que contienen información sobre la órbita exacta de estos y la salud del sistema.

### **Fuentes de Error**

Son muchos los errores que afectan de a las observaciones GPS, por tal razón afectan a la medición de distancias por lo tanto a la determinación de la posición del receptor.

Existen varios tipos de errores que pueden alterar la precisión en los GPS. Estos errores se clasifican en diferentes categorías:



- **Errores ionosféricos:** Se deben a la interacción de las señales de satélite con la ionosfera de la tierra, causando demoras en las señales.
- **Errores troposféricos:** Resultan de las condiciones atmosféricas en la troposfera, como la presión atmosférica y la humedad, afectando la velocidad de las señales.
- **Errores inherentes al satélite:** Incluyen desviaciones de los relojes atómicos a bordo del satélite y la precisión de las efemérides que describen la posición del satélite en el espacio.
- **Errores en la propagación de señal:** Engloban pérdida de ciclos, que afecta la precisión del tiempo, y el efecto multipath (Multisenda), que ocurre cuando las señales se reflejan en superficies antes de llegar al receptor.
- **Errores relacionados al receptor:** Engloban desviaciones de relojes en el receptor, problemas en la puesta en estación del receptor, manipulación incorrecta de los equipos y cambios en el centro de radioeléctrico de la antena receptora. Estos factores pueden inducir a las inexactitudes al calcular la posición.

### **Dilución de la Precisión y Visibilidad**

Para conocer la posición de un punto con precisión es de suma importancia la geometría de los satélites visibles, dicha geometría es dinámica por el movimiento orbital que presentan los satélites en el espacio. El factor que mide la bondad de esta geometría es (DOP, Dilution of Precision).

La DOP se determina al utilizar los satélites que realmente son visibles, para así evitar la oclusión de las señales, mientras que la dilución de la precisión



con respecto a la posición y tiempo se denomina GDOP (Geometric Dilution of Precision), dilución de la precisión geométrica.

#### **2.2.2.2. Sistema GLONASS**

Es importante señalar que NAVSTAR-GPS no es el único sistema global de posicionamiento y navegación por satélite; también existe el sistema ruso GLONASS, que está operativo desde 1993, específicamente desde el mes de setiembre. GLONASS es gestionado y utilizado por las Fuerzas Espaciales Rusas (RSF, Russian Space Forces) y tiene aplicaciones tanto en actividades civiles como militares.

#### **Estado del Sistema Glonass**

GLONASS experimentó mejoras en 1996, cuando en un periodo de 40 días se contaba con la disponibilidad de 24 satélites que la conforman. Sin embargo, en la actualidad, solamente se tiene 7 satélites activos y 4 de reserva, de los 79 lanzados hasta la fecha. Se han observado problemas significativos en la calidad de las señales transmitidas, lo que ha llevado a errores de medición de varios kilómetros.

Además, debido a las dificultades económicas de Rusia, existe el riesgo de que GLONASS ya no esté en órbita y deje de funcionar en un futuro cercano. Esta situación plantea desafíos para la continuidad y la fiabilidad del sistema GLONASS.

#### **2.2.2.3. Sistema – Proyecto GALILEO**

Galileo surge como una iniciativa europea con el objetivo de desarrollar sistemas de radionavegación mediante satélites, centrados en satisfacer las



necesidades civiles a nivel mundial. Este sistema consta de una constelación de satélites diseñados para ofrecer cobertura global.

La iniciativa está dirigida por la Unión Europea (UE) y la Agencia Espacial Europea (ESA). El proyecto tuvo sus inicios en 1999, y se planificó una fase de despliegue para el año 2005, con la expectativa de alcanzar plena capacidad operativa en 2008.

#### **2.2.2.4. Sistema – BEIDOU**

El sistema Bei Dou, también llamado “Osa Mayor” o también conocido como “Sistema Experimental de Navegación por Satélite BeiDou”, que tienen su origen en China, ha sido desarrollado como una alternativa al GPS. Cuenta con 30 satélites en órbita, una de sus características con respecto a la precisión es de 3,6 metros, y esta llega a los 10 cm en zonas de Asia Pacífico. Tiene la capacidad de operar en todo el mundo, la precisión va a depender mucho de la zona en que nos encontremos, en diciembre de 2018 se anunció que comenzaría a proporcionar servicios de manera global (Topo Servis , 2016).

#### **2.2.3. GPS Diferencial**

De acuerdo a la Universidad de Sevilla, nos dice que el GPS Diferencial para su utilización es imprescindible un receptor móvil y una estación o estaciones de referencia, las mismas que deben estar ubicadas o situadas en un punto que tengan coordenadas absolutas con un alto grado de precisión y exactitud. Las estaciones de referencia, tienen la capacidad de comprobar todas las mediciones realizadas por los satélites por ende obtiene en tiempo real las coordenadas de dicho punto a su vez el error de posicionamiento.



Por otro lado, Gonzáles Alcaraz (2015) indica que estos receptores a la vez reciben y procesan información obtenida de una estación terrestre más cercana y conocida para el receptor.

Todos estos datos nos permiten corregir las impresiones que se puedan presentar en la información que reciben los equipos GPS proveniente de los satélites. El margen de inexactitud o error los receptores GPS normal puede estar entre 60 a 100 metros de diferencia, esto puede generar serios problemas por ejemplo para el aterrizaje de un avión, a diferencia del GPS diferencial presenta un error menor al metro al determinar una posición.

### **2.2.3.1. Métodos y aplicaciones de posicionamiento GPS**

Según Gonzáles Alcaraz (2015), indica que en la actualidad se tiene varios criterios al momento de utilizar los métodos de posicionamiento con GPS, los mismos que se clasifica en:

#### **Criterios de Clasificación**

- **Sistema de Referencia**

##### **Absoluto**

Calcula el posicionamiento de un punto sobre la superficie terrestre a partir de las medidas de pseudodistancias por código (C/A, L2C o P) con un solo receptor.

##### **Relativo o Diferencial**

Dichas mediciones se hacen por código fase, se necesita observarlas al menos con 2 equipos simultáneamente. Así determinan la distancia o variación de las coordenadas entre las antenas de ambos equipos, este método es denominado diferencial, fundamentalmente su





ventaja radica en que los errores de posicionamiento que tienen mayor similitud en ambos puntos, son eliminados generalmente.

- **Movimiento del Receptor**

#### **Estático**

Determinando por tres coordenadas (X, Y, Z) si se tiene un posicionamiento diferencial de una antena, a partir de varias series de observaciones hechas durante un periodo de tiempo en el que no debe presentarse errores de desplazamientos superiores a la precisión del sistema.

#### **Cinemático**

Está determinando por las coordenadas (X, Y, Z) en función del tiempo y a la situación de la antena, la misma que estará en movimientos superiores a la precisión del sistema. No existe redundancia en las coordenadas, por tanto, se obtiene sin redundancia las coordenadas de un punto a partir de una muestra única de datos.

- **Observable Utilizado**

#### **Medida de Código**

El código en los sistemas de navegación por satélite se establece a partir de las pseudodistancias entre el satélite y el receptor. Esto se logra mediante la utilización del código de la portadora, siendo medidas tanto la señal C/A (Coarse/Acquisition, acceso áspero) - la cual es accesible para cualquier usuario - como la señal L2C, o el código P (más preciso, pero comúnmente encriptado).



## **Medida de Fase de la Portadora**

Utilizando la fase portadora se realiza la medida pseudodistancial, requiere trabajar de forma diferencial o relativa.

- **Momento de la Obtención de Coordenadas**

### **Tiempo Real (Real Time - RT)**

Dichas coordenadas son determinadas y obtenidas en tiempo real, esto se tiene en el mismo momento que se realizan las observaciones.

### **Postproceso**

Para la obtención de las coordenadas necesariamente se requiere el post proceso de datos, una vez finalizada la observación se calcula la posición en gabinete. Se utiliza para el posicionamiento estático relativo, en este caso con medida de fase se obtienen soluciones mucho más precisas que las del tiempo real.

## **Métodos de Posicionamiento**

- **Método Estático Relativo Estándar**

Es un posicionamiento GPS clásico para así de esta manera poder realizar el cálculo de distancias con mucha precisión ( $5\text{mm} + 1\text{ppm}$ ) en donde dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora, o más, según la precisión deseada, y en función a la constelación local y distancia a observada, con este método alcanzan precisiones muy altas, con márgenes de error de milímetros

Este método es aplicado en el establecimiento de redes geodésicas a nivel mundial, continental y local, para realizar el monitoreo de los movimientos tectónicos y otros proyectos que requieran un alto grado de precisión.



- **Método Estático Relativo Rápido**

Este método implica reducir el periodo de observación satelital a intervalos de 5 a 10 minutos por estación. Se utiliza un algoritmo para la respuesta estadística de las ambigüedades, lo que permite acortar los tiempos de observación. Sin embargo, tiene limitaciones en las distancias de observación, que deben ser menores a 20 kilómetros. Este enfoque, debido a su simplicidad y rapidez, se emplea comúnmente en el establecimiento de redes locales topográficas, así como para el respaldo fotogramétrico u otras aplicaciones que no requieran un nivel de precisión muy elevado.

- **Método Cinemático Relativo**

Para este método el receptor base o de referencia debe estar fijo e inamovible en un punto que tenga coordenadas absolutas, mientras que el receptor móvil deberá ser encendido para poder resolver la ambigüedad: mediante observación inmóvil (rápida) o partiendo de un punto de coordenadas habituales. El tiempo de la toma de datos será en función al trabajo a realizar y la precisión que se requiere (la velocidad del movimiento del móvil dependerá la cantidad de puntos a obtener en campo).

Este método tiene ciertas restricciones al momento de trabajar en campo, no debe haber pérdida de la ambigüedad calculada a un inicio, en caso de haberla se tendría que iniciar de nuevo el receptor móvil.



- **GPS en Tiempo Real – RTK (Real Time Kinematic)**

Este método obtiene las coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica. Es utilizado en posicionamientos cinemáticos, a pesar de que permite también el estático. El receptor base estará estático en un punto de coordenadas absolutas, paralelamente el móvil o “rover” es el que se determinara las coordenadas en tiempo real. Tiene mucha aplicación en la topografía.

- **Real Time Diferencial GPS (RTDGPS)**

Se determina las coordenadas de tiempo real con un margen de error al metro o submétrico. Este método es relativo o diferencial, el receptor de referencia estará estático en un punto de coordenadas conocidas y el móvil determinará las coordenadas en tiempo real, el receptor móvil es el que realizara las correcciones a las pseudodistancias hechas, mediante parámetros de corrección que envía el receptor base de referencia. Este método fundamentalmente aplicado en navegación, topografía, cartografía, GIS y otros etc.

### **Estaciones Permanentes**

Las estaciones de rastreo permanente han transformado de manera significativa el método de posicionamiento de puntos en topografía y geodesia. En ausencia de estas estaciones, la georreferenciación requeriría el uso de un par de receptores GPS: uno en un punto fijo con coordenadas absolutas y otro en el punto que se requiere determinar sus coordenadas. Si la distancia entre ambos receptores supera varios kilómetros, se necesitaría utilizar GPS diferenciales.



Sin embargo, las estaciones permanentes permiten la georreferenciación utilizando únicamente un receptor ubicado en el punto cuyas coordenadas se desean determinar, utilizando la estación permanente más cercana. Este enfoque reduce significativamente la inversión en equipamiento requerida para profesionales en topografía y geodesia, mientras mejora el rendimiento.

Estas estaciones GPS representan el futuro en el establecimiento de redes de control geodésico. Los receptores GPS son cada vez más asequibles y presentan menor error en la determinación de coordenadas, gracias a los avances tecnológicos, lo que eventualmente desplazará a las redes geodésicas clásicas.

#### **2.2.4. DATUM**

Según Bureau Hidrográfico Internacional (2010), el Datum se define como un Sistema de Referencia Geodésico establecido por una superficie de referencia cuidadosamente determinada en el espacio y generada mediante una red de puntos corregidos.

Contar con una sola superficie de referencia para la Tierra es de suma importancia, siendo fundamental para el funcionamiento de los satélites. Es por esta razón que se tienen numerosos sistemas de geodesia local en todo el mundo, cada uno de ellos definido con el objetivo de proporcionar una aproximación precisa en su área de relevancia.

##### **2.2.4.1. Tipos de DATUM**

La organización Bureau Hidrográfico Internacional (2010) señala que en cartografía y geodesia se utilizan elipsoides que mejor se ajustan a la superficie del geoide local.



Asimismo, destaca que en los 50 últimos años surgió la necesidad de tener un sistema único de referencia, donde todos los productos cartográficos, geodésicos, gravimétricos y otros estén debidamente referenciados. En tal sentido se ha desarrollado los sistemas WGS60, WGS66 y WGS72, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. En la actualidad, se utiliza el datum WGS84.

### **Datum WGS84**

WGS84 es el acrónimo de "World Geodetic System 1984" (Sistema Geodésico Mundial 1984). Este sistema tiene como origen al centro de la Tierra y se representa mediante un sistema cartesiano OXYZ. El eje Z está dirigido hacia el Polo Norte convencional de la Tierra (CTP - Conventional Terrestrial Pole), según la definición del Bureau International de l'Heure (BIH) en 1984, ahora conocido como el Sistema Internacional de Rotación Terrestre (IERS - International Earth Rotation System).

El eje horizontal, conocido como eje X, es el punto de cruce entre el meridiano origen, que pasa por Greenwich según la designación del IERS en 1984, y el CTP, que se vincula al plano ecuatorial. En cuanto al eje vertical, designado como eje Y, experimenta una rotación perpendicular en sentido horario, situándose en el plano ecuatorial a una distancia de  $90^\circ$  al este del eje X.

## **2.2.5. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM**

### **2.2.5.1. Localización geográfica de un punto**

Según Fernández (2001) indica, que un punto tiene la localización geográfica si se detallan su longitud y latitud o en coordenadas X, Y (UTM – Universal Transversal Mercator). Del mismo modo menciona que determinar la

localización de un punto tiene que ser único, debe estar perfectamente identificado el sistema que se está empleando, y que sea posible referenciar la altitud del punto.

### 2.2.5.2. Coordenadas geográficas

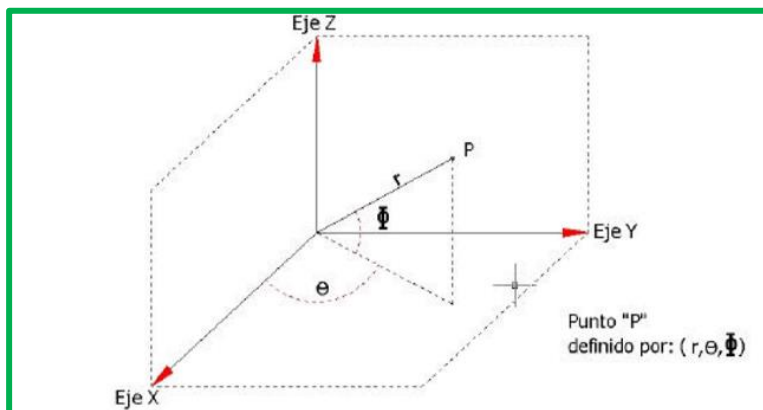
La nomenclatura para indicar un punto en coordenadas geográficas es de la siguiente forma:

$$15^{\circ}50'31.92'' \text{ S } \text{ ó } -15^{\circ}50'31.92''$$

$$70^{\circ}01'11.64'' \text{ O } \text{ ó } -70^{\circ}01'11.64''$$

#### Figura 4

*Representación del sistema 3D de referencia.*



*Nota:* Fernández – Coppel (2001)

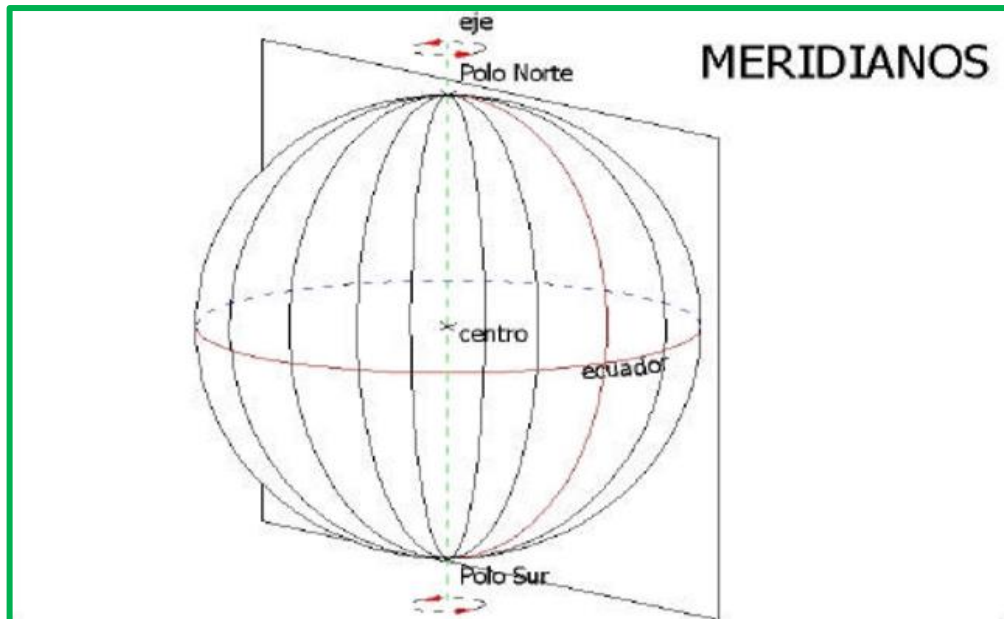
Fernández (2001) hace mención que la recta formada por el polo Norte al Polo Sur se considera el eje de rotación de la tierra.

#### Meridianos

Nos dice Fernández (2001) que son las líneas imaginarias de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que tiene el eje de la tierra.

## Figura 5

*Representación de meridianos.*



*Nota:* Fernández – Coppel (2001)

Este sistema tiene como origen el meridiano de Grenwich (meridiano  $0^{\circ}$ ), tiene este nombre debido a que pasa por la ciudad inglesa “GREENWICH” (Fernández - Coppel, 2001).

El meridiano principal determina dos hemisferios uno ubicado al Oeste (W) del meridiano  $0^{\circ}$ , y el otro situado al Este (E).

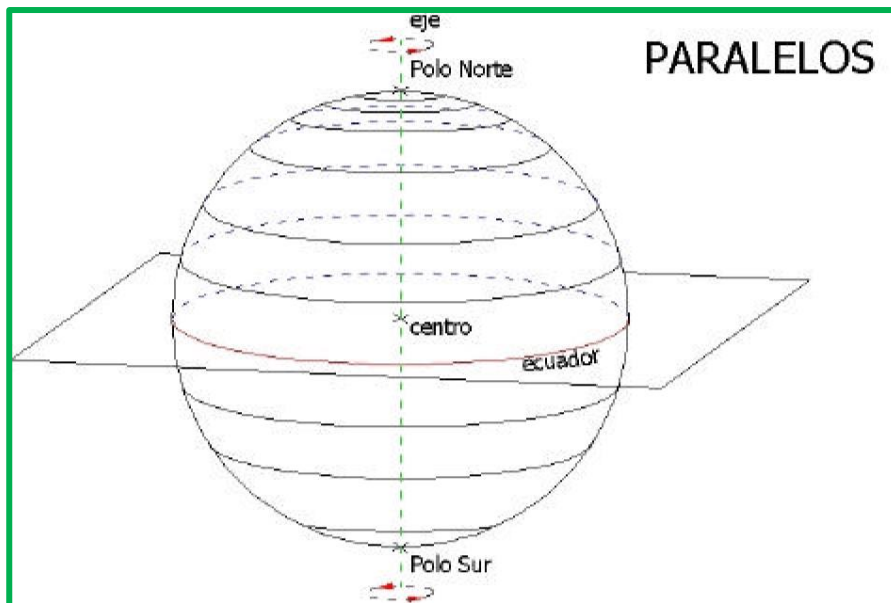
## Paralelos

Fernández (2001) indica que son líneas imaginarias de intersección infinitas en los planos perpendiculares al eje de la tierra.



## Figura 6

*Representación de paralelos.*



Nota: Fernández – Coppel (2001)

Este paralelo principal que divide a la tierra y que tiene mayor radio es denominado “ECUADOR”, este paralelo divide al globo en 2 hemisferios (Norte y Sur), en forma de casquete, el resto de paralelos se trazan hacia el polo norte y sur, por sus características propias tiene menor radio.

### **Longitud $\lambda$**

Se trata del ángulo diedro conformado por el plano meridiano que cruza por el punto P y el meridiano de Greenwich, que tiene un valor que oscila entre  $0^\circ$  y un máximo de  $180^\circ$  en las direcciones este y oeste.

### **Latitud $\omega$**

Es el ángulo diedro formado a partir del ecuador hacia un punto P, el mismo que puede ser positivo o negativo. Esta vertical es considerada por unir el

punto con el centro de la tierra u origen, dando como resultado la latitud midiendo el ángulo sobre el meridiano que pasa por el punto P.

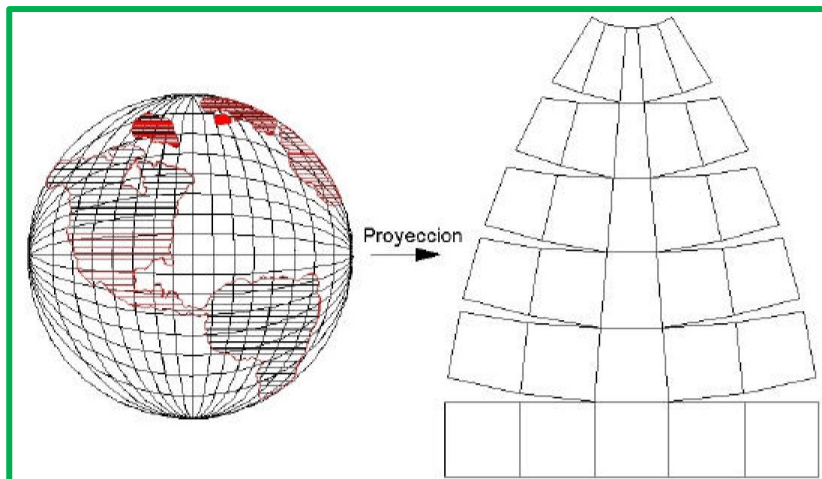
La latitud varía desde  $0^\circ$  hasta los  $90^\circ$  hacia el polo norte y sur

### 2.2.5.3. La proyección UTM

Fernández (2001) indica que la representación cartográfica del globo terrestre es un problema, debido a que no existe un método perfecto de representación de toda la superficie sin deformarla ya que una esfera no puede tener una representación plana.

#### Figura 7

*Proyección del globo terrestre.*

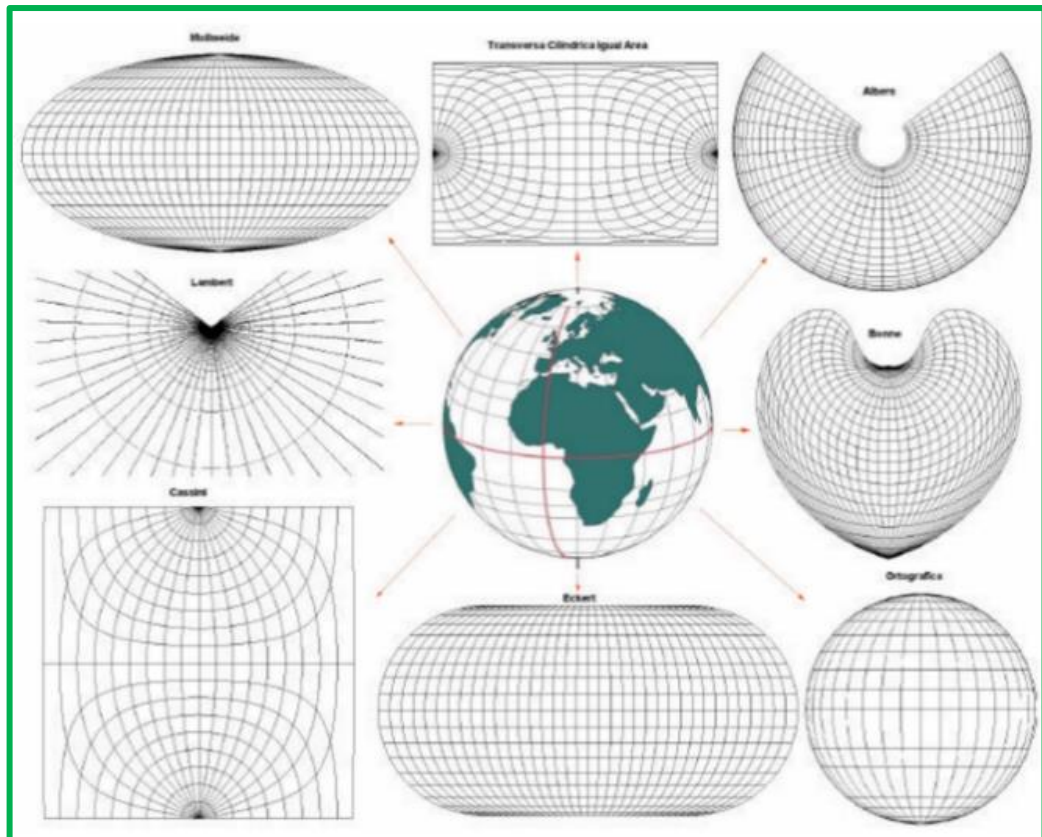


*Nota:* Fernández – Coppel (2001)

Así mismo, indica que se tiene varias formas de proyectar la superficie terrestre, existen casos que los errores se minimizan, todo esto va a depender de la magnitud física que se requiera conservar.

## Figura 8

*Representación de la tierra en diferentes proyecciones.*



*Nota:* Fernández – Coppel (2001)

De tal manera que la tierra es representada en un “MAPA” usamos diferentes tipos de proyecciones, esta representación de la tierra está dentro del campo de la geodesia (Fernández - Coppel, 2001).

### **Proyecciones Planas**

Indica Fernández (2001) indica que cuando se desea representar una porción pequeña de superficie la esfericidad del globo no influye en la representación cartográfica, si queremos representar levantamientos topográficos pequeños, se usa una representación de forma plana, de tal manera que al representar los puntos están vistos desde su perpendicular.



La representación obtenida en un papel o en formato digital es denominado “plano”, esta representación está dentro del campo de la topografía, agrimensura, etc (Fernández - Coppel, 2001).

### **Proyecciones Geodésicas**

Indica Fernández – Coppel (2001), indica que las proyecciones geodésicas tienen una repercusión importante en la representación de la posición geográfica, superficial, ángulos y distancias.

Afirma también que las coordenadas UTM, es una proyección geodésica ideada por Gerhard Kremer en 1569, que contribuye geoméricamente al mapa de tal manera que los meridianos y paralelos formen una red perpendicular entre ellos, preservando sus ángulos originales. La transformación de este es denominada CONFORME. Contiene 3 tipos de función que conservan una vez proyectados:

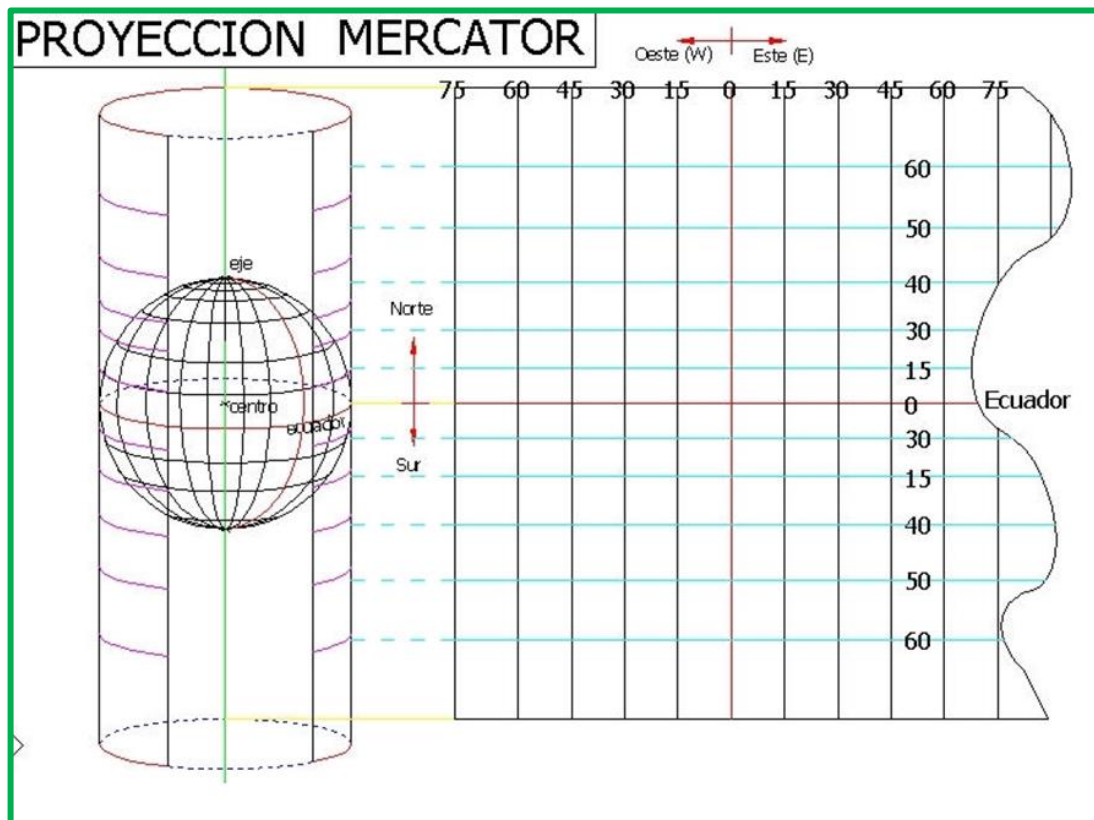
- **Proyecciones Conformes:** Conservan los ángulos, teniendo una relación de analogía de “1” hasta un valor máximo de “ $1 + \phi$ ” en los límites del campo de proyección. La alteración  $\phi$  tiende a ser correspondiente al cuadrado de las distancias que une el centro de proyección con el punto a proyectar.
- **Proyecciones Equivalentes:** esta proyección es donde la superficie se conserva después proyectarla.
- **Proyecciones Afilácticas:** este tipo de proyecciones no conservan los ángulos ni las distancias.

## La Proyección Mercator Transversal

En relación con la proyección UTM, destaca debido a que conserva los ángulos, por otro lado, distorsiona las superficies sobre objetos originales, del mismo modo si existen distancias. El sistema de proyección UTM se fundamenta en la proyección MERCATOR, la cual utiliza un cilindro colocado de manera tangente al elipsoide en el ecuador.

### Figura 9

*Representación de la proyección Mercator.*



*Nota:* Fernández – Coppel (2001)

De este modo, los meridianos y paralelos constituyen una estructura de cuadrícula denominada "GRID", de tal modo que una línea diagonal entre un par paralelos mantiene un ángulo constante con los meridianos.



Los "Husos" representan las posiciones geográficas que ocupan todos los puntos comprendidos entre los meridianos, y cada huso abarca  $3^\circ$ ,  $6^\circ$  u  $8^\circ$ . En la proyección UTM, los husos son de  $6^\circ$  de longitud. Esta red "grid" se forma huso por huso, utilizando un cilindro diferente para generar cada uno de ellos, con una separación de  $6^\circ$  entre ellos.

#### **2.2.6. Efemérides**

Las efemérides GNSS (Global Navigation Satellite System) son datos precisos y actualizados que describen la posición y movimientos de los satélites de navegación en tiempo real. Estos datos son fundamentales para la operatividad de los GNSS.

Las efemérides GNSS contienen información detallada sobre la órbita de cada satélite, incluyendo su posición en el espacio, velocidad, aceleración y otros parámetros relevantes. Estos datos se generan y actualizan constantemente por las estaciones terrestres de control de los sistemas GNSS, como la Estación de Control Maestro (MCS) en el caso del GPS.

La precisión y actualización de las efemérides GNSS son fundamentales para precisar la ubicación de un receptor GNSS en la tierra. Los receptores GNSS utilizan estos datos para calcular la distancia entre los satélites y el receptor en función del tiempo. Con esta información, el receptor puede determinar su posición exacta en coordenadas geográficas.

Es importante destacar que las efemérides GNSS son transmitidas por los satélites de navegación a través de las señales. Estas señales son recibidas por los equipos GNSS, que utilizan los datos de efemérides para realizar los cálculos necesarios y así poder calcular la posición del receptor.



Las efemérides GNSS son datos precisos y actualizados que describen la posición y movimiento de los satélites de navegación en tiempo real. Esta información es de vital importancia para la operatividad de los sistemas de navegación por satélite, permitiendo establecer la posición de un receptor GNSS sobre Tierra.

#### **2.2.6.1. Tipos de efemérides**

Pou Peña (2016), nos dice que se tiene diferentes maneras para determinar la ubicación de los satélites a través de coordenadas, para poder calcular la ubicación de un punto sobre la tierra es sumamente indispensable conocer las la ubicación en coordenadas de los satélites a los que se esté observando, la precisión de los satélites dependerá del tiempo, a más tiempo las coordenadas del satélite serán mucho más exactas.

#### **Efemérides Transmitidas**

Llamadas también “Broadcast ephemeris” o Radiodifundidas, están conformadas por 16 y 20 elementos que definen una trayectoria elipsoidal del satélite.

Los datos son enviados en el Bloque 2 del mensaje de navegación, donde las efemérides tienen la función específica de posicionar el satélite enviado. A pesar de que estas efemérides solo brindan información sobre la ubicación del satélite, el mensaje de navegación va más allá al proporcionar datos sobre el estado de los satélites, sincronización de tiempos y desafíos atmosféricos. Además, provee un almanaque que permite posicionar toda la constelación, aunque solo pueda ser descargado desde un satélite. La actualización de este almanaque ocurre cada seis meses, lo que resulta en una precisión relativamente baja, ofreciendo al



receptor una ubicación aproximada de cada satélite incluso sin una visión directa.

Cada órbita de los satélites garantiza una precisión de 1 metro, mientras que sus relojes son sincronizados con una precisión de 5 nanosegundos. Aunque estas efemérides son menos precisas y por lo tanto, no se utilizan en topografía son las más empleadas en otros campos debido a que se obtiene en tiempo real directamente del satélite. La baja precisión y fiabilidad de las efemérides transmitidas limitan su utilidad en geomántica. No obstante, desde el 2001, la disponibilidad selectiva (SA), que perturbaba intencionalmente la precisión de las efemérides transmitidas fue desactiva y no hay garantía de su reinstalación sin previo aviso.

Las efemérides transmitidas por GLONASS, a partir del 15 de enero del 2014 están referidas al marco PZ-09.11, a diferencia de las efemérides GPS utilizan el marco WGS84 (G1762). Las efemérides son enviadas y transmitidas a los satélites por el segmento de control, mediante antenas. Otros tipos de efemérides son calculados por el segmento terrestre de seguimiento independiente, que define la posición de los satélites según las coordenadas en momentos específicos, no a través de los parámetros de sus órbitas.

Ejemplo:

IGNE0460.15N

**IGNE:** los 4 caracteres identifican a la estación.

**046:** Día del año (001 a 366)

**0:** Hora del día. 0 significa que abarca todo el día.

**.15N:** Año 2015, Navstar. (**15g** Año 2015, GLONASS.)





### **Efemérides Ultrarrápidas, Previstas**

Las efemérides emitidas por el IGS están disponibles en tiempo real y se actualizan a las 03, 09, 15 y 21 horas UTC. Es importante destacar que la precisión de estas efemérides varía según el tiempo de anticipación con el que se publican. Pueden llegar a alcanzar una precisión de 5 centímetros en las órbitas de los satélites y de 3 nanosegundos en los relojes de los satélites, proporcionando información altamente precisa sobre la ubicación y el tiempo.

Ejemplo:

#### COD18320.EPH\_5D

**COD:** CODE, GPS + GLONASS

**1832:** Semana GPS que comienza el 01/01/1980

**0:** Día de la semana (domingo = 0, lunes = 1, martes = 2, ..., viernes = 5 y sábado = 6)

**.EPH\_5D:** Abarca 5 días. Desde las 00.00 h del día 0 de la semana 1832 hasta las 23.45 h de 4 días después.

### **Efemérides Ultrarrápidas, Observadas**

Estas efemérides son publicadas por el IGS, después de 3 y 9 horas, actualizándose a las 03, 09, 15, 21 h UTC. Tienen una precisión de 3cm las orbitas de los satélites y una precisión de 150 picosegundos sus relojes.

### **Efemérides Ultrarrápidas, Combinadas**

El IGS emite tanto efemérides previstas como observadas de forma simultánea cada 6 horas (a las 00, 06, 12 y 18 horas UTC). Ambas contienen información para un período de 48 horas, distribuido en 24 horas



antes de la publicación y 24 horas después. El proceso de publicación de estas efemérides suele llevar de 3 a 9 horas. Ejemplo:

Igu18320\_00.sp3

**Igu:** Efemérides ultrarrápidas del IGS, sólo GPS.

**1832:** Semana GPS que comienza el 01/01/1980.

**0:** Día de la semana (domingo = 0, lunes = 1, martes =2, ..., viernes = 5 y sábado = 6)

**\_00:** Hora de comienzo de las 48 horas. Puede ser \_00, \_06, \_12 o \_18.

**.sp3:** Precisión estándar versión 3

### **Efemérides Rápidas**

El IGS emite efemérides que son publicadas diariamente entre 17 y 41 horas después del paso del satélite, con un horario fijo a las 17:00 UTC. Estas efemérides cuentan con una precisión de 2.5 centímetros en las órbitas satelitales, mientras que la precisión de los relojes de los satélites y las estaciones de control es de 75 picosegundos.

Ejemplo:

igr 18320.sp3

**igr:** Efemérides rápidas del IGS, solo GPS.

**1832:** Semana GPS que comienza el 01/01/1980

**0:** Día de la semana (domingo = 0, lunes = 1, martes =2, ..., viernes = 5 y sábado = 6)

**.sp3:** Precisión estándar versión 3



### **Efemérides Precisas o Finales**

El IGS emite entre 12 y 18 días posteriores a la observación, generalmente el quinto día de la semana.

Ejemplo:

ig118231.sp3

**ig1:** Efemérides finales del IGS, Solo GLONASS.

**1823:** Semana GPS que comienza el 01/01/1980

**1:** Día de la semana (domingo = 0, lunes = 1, martes = 2, ..., viernes = 5 y sábado = 6)

**.sp3:** Precisión estándar versión 3

#### **2.2.6.2. Principales instituciones que difunden y calculan efemérides**

Pou Peña (2016) indica que, dentro de las instituciones dedicadas a difundir, calcular datos GNSS y otros datos de suma importancia se tiene a las siguientes organizaciones mundiales:

##### **Internacional GNSS Service (IGS)**

Esta organización, ha sido creada sin fines de lucro, está integrada por más de 200 agencias ubicadas en diversas partes del mundo. Su propósito principal es contribuir datos y recursos provenientes de estaciones GPS y GLONASS para generar productos precisos relacionados con estos sistemas de posicionamiento global. La meta es establecer un estándar para proveer datos y productos con una calidad alta.

Además, la entidad pretende incluir datos y productos de otros sistemas globales de navegación por satélite. Se destaca como una comunidad civil



internacional especializada en la máxima precisión de los sistemas de navegación por satélite.

### **Centros Operacionales**

Mantienen una comunicación directa con las estaciones encargadas de recopilar datos, supervisando su funcionamiento, validando la información adquirida y realizando la conversión al formato estándar RINEX. Asimismo, se encargan de comprimir archivos que contienen datos y almacenar localmente estos archivos. Además, realizan el seguimiento tanto en el formato original del receptor como en el formato de intercambio, lo que permite la transmisión electrónica de los datos a un centro global o regional. También cuentan con la capacidad de restringir el acceso a los archivos almacenados.

Es importante destacar que se descarga información de los receptores ubicados en las estaciones IGS, cumpliendo con los requisitos establecidos para al menos un tipo de producto definido por la IGS.

### **Centros Regionales**

Estos centros operativos recopilan datos de seguimiento de múltiples ubicaciones en un formato de intercambio. Almacenan localmente un archivo con la información recibida y ofrecen acceso a la comunidad de usuarios de la región a través de internet para transmitir la información desde un subconjunto de sus centros hacia los centros globales.

### **Centros Globales**

Funcionan como el enlace principal con los centros de análisis y la comunidad en general de usuarios. Su tarea consiste en recibir y recuperar



información, proporcionando acceso en línea a datos de seguimiento provenientes de centros operativos y regionales. Guardan archivos de muestra con intervalos de 30 segundos desde los servidores del IGS, identificados como estaciones del marco de referencia. Adicionalmente, almacenan y permiten el acceso por internet a los productos del IGS. También llevan a cabo copias de seguridad e intercambian archivos con otros centros para asegurar la consistencia de todos los productos.

### **CDDIS – Data and Derived Products**

Según National Aeronautics and Space Administration, s.f. los centros de análisis IGS brindan soluciones de órbita de satélite al CDDIS utilizando horarios predeterminados, por ejemplo, subdiarios, diarios o semanales, según el producto de datos. El coordinador del centro de análisis del IGS recupera estas soluciones y produce un producto combinado, que luego es archivado en el CDDIS. Estas soluciones combinadas se consideran los productos oficiales de IGS.

Así mismo las soluciones combinadas de órbita IGS están disponibles en tres formas: ultrarrápida, rápida y final. El producto ultrarrápido, útil para aplicaciones en tiempo real y casi en tiempo real, se archiva a intervalos regulares cuatro veces al día; la solución ultrarrápida incluye órbitas de satélite tanto observadas como previstas. La combinación de órbita rápida es una solución diaria disponible aproximadamente 17 horas después del final del día UTC anterior. Las soluciones IGS finales, las más consistentes y de mayor calidad, consisten en archivos orbitales diarios, generados semanalmente aproximadamente 13 días después del final de la semana de solución. Todos los archivos de soluciones orbitales utilizan el formato Producto estándar extendido-3 (SP3c).



Y todos los productos IGS GNSS operativos (es decir, órbitas, posiciones de estaciones, EOP, soluciones de reloj) están disponibles en subdirectorios por semana GPS. Los centros de análisis proporcionan archivos de resumen de soluciones en los que describen sus métodos, estrategias de análisis y enumeran estadísticas de procesamiento. Las descripciones de los procedimientos y modelos de análisis de CA utilizados están disponibles en el sitio web de IGS.

Menciona a la vez que, en el 2009, 2013 y 2020, el IGS inició “campañas de reprocesamiento” (repro1, repro2 y repro3 respectivamente). Los centros de análisis IGS reprocesaron los datos GNSS de la red global de estaciones IGS (de 1994 a 2007 para repro1, de 1994 a 2012/2013 para repro2, de 1994 a 2022 para repro3) para producir un conjunto totalmente consistente de productos utilizando los modelos más recientes y estrategias de procesamiento actualizadas. Estas soluciones reprocesadas están disponibles dentro de la estructura de subdirectorios semanales como se describe a continuación, en los subdirectorios /repro1, /repro2 y /repro3.

### **2.2.7. RINEX**

Según Medina (2010), Se trata del protocolo de intercambio de datos llamado GPS1, que fue introducido por primera vez en el 5° Simposio Geodésico Internacional sobre Posicionamiento por Satélite en Las Cruces, México, en marzo de 1989. En agosto del mismo año, la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) lo recomendó como el formato estándar para el intercambio de archivos GPS, compitiendo con otros tres formatos utilizados para la adquisición de datos. Estos incluían el formato desarrollado por el Applied Research Laboratory de la Universidad de Texas (FICA - Floating Integer Character ASCII), ARGO (Automatic Reformatting GPS Observations), un programa



desarrollado por la NGS, y el Formato de intercambio ASCII de la Geodetic Survey de Canadá.

La versión original fue creada por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna, Suiza, e inicialmente se implementó en la campaña geodésica EUREF-89, donde se instalaron 60 receptores en cuatro ubicaciones distintas. La necesidad de contar con un formato de intercambio de datos surgió con el propósito de facilitar los cálculos conjuntos de las bases geodésicas.

Es importante señalar que la primera versión solo podía modificar datos de ubicación estática. Las versiones subsiguientes incorporaron ajustes para diversas situaciones, como ubicación estática-rápida, pseudocinemática, cinemática, entre otras. La segunda versión fue presentada en septiembre de 1990 en el Simposio de Ottawa, Canadá, y se concibió para admitir pequeñas modificaciones futuras. En 1993, se realizó una actualización que incluyó un ligero cambio en los datos capturados bajo el Antispoofing (A/S), y en 1997 se añadieron archivos relacionados con la constelación rusa GLONASS.

#### **2.2.7.1. Base de formato Rinex**

Una parte considerable del software de GPS comúnmente emplea los siguientes elementos:

- Medición de la portadora de fase en una o dos frecuencias (L1 o L1 y L2).
- Medición de la pseudodistancia o código.
- Registro del tiempo al validar las mediciones de fase y código.

En consecuencia, no se requiere recopilar información adicional por parte de los receptores, ya que estos tres elementos, junto con algunos datos adicionales relacionados con la estación base, son suficientes. Este software asume que la



lectura precisa del tiempo de los receptores y satélites es válida tanto para la medición de la pseudodistancia como para la fase de la portadora.

Este enfoque implica que los datos binarios específicos de cada receptor pueden transformarse en un formato universal independiente, facilitando así su intercambio con otros receptores. Cada proveedor de software GPS debe generar un intérprete para este formato. Durante la EUREF-89, fue necesario desarrollar programas para traducir los datos RINEX obtenidos, ya que ninguna casa fabricante contaba con programas para dicha tarea. El Instituto Astronómico de la Universidad de Berna se encargó de crear los programas necesarios para sus receptores.

Hoy en día, la mayoría de los fabricantes de GPS incluyen un paquete informático que permite la carga y descarga de archivos RINEX. Además, mediante programas para compresión de archivos, es posible reducir significativamente el tamaño de los archivos RINEX hasta en un factor de tres o más. Por ejemplo, un archivo de observaciones de medio día con épocas de 30 segundos puede pasar de ocupar 1.5 a 2 Mb a ser fácilmente comprensible en 500 a 600 kb, o incluso menos.

Es importante destacar que la Universidad de Delft en Holanda ha desarrollado un formato binario único llamado CBI8, diseñado exclusivamente para RINEX.

#### **2.2.8. Precisión**

La precisión para Aperez (2017) es la consistencia en la obtención del mismo resultado mediante la aplicación del mismo método se refiere a la regularidad y uniformidad con la que se logra este resultado, y se logra con el uso de herramientas más avanzadas.





La exactitud es un sistema de medición en la ingeniería y estadística, se define como el grado de proximidad entre mediciones de una cantidad y el valor real de esa cantidad. En contraste, la precisión de un sistema de medición está vinculada a su capacidad de reproducibilidad y repetibilidad, indicando hasta qué punto las mediciones repetidas bajo condiciones inalteradas arrojan resultados idénticos.

Al respecto Aperez (2017) indica que es un sistema de medición puede ser exacto, pero no preciso, preciso, pero no exacto, o carecer de ambas cualidades. Por ejemplo, la presencia de un error sistemático en un experimento puede resultar en un aumento de la precisión al incrementar el tamaño de la muestra, pero no necesariamente mejora la exactitud. La exactitud, se refiere a la proximidad al resultado correcto, esto mejora con herramientas correctamente calibradas.

La validez de un sistema de medición se alcanza cuando es preciso y exacto. Términos asociados a este concepto incluyen sesgo, que se refiere a los efectos no aleatorios o dirigidos causados por factores no relacionados con la variable independiente, y error, que denota la variabilidad aleatoria.

Según la Ing. Agrimensora Videla, la precisión se define como el grado de dispersión o concordancia de valores obtenidos de mediciones realizadas en iguales condiciones. Menor dispersión entre observaciones indica mayor precisión, y esto depende principalmente del instrumental y el método utilizado. Por ejemplo, medir la hipotenusa de un triángulo rectángulo directamente con una cinta graduada al milímetro es más preciso que medir los otros lados con una cinta graduada al centímetro y luego calcular la hipotenusa. La precisión no solo se relaciona con el instrumental y el método, sino también con el contexto y las consideraciones generales en el trabajo realizado.



Según el tesista De la Cruz Rojas (2011), menciona en su investigación que las precisiones requeridas durante las sesiones de observación de puntos en la red GPS dependen del método a utilizar, el tiempo de registro de datos y de la distancia que este ubicado el rover de la base.

### **2.2.9. Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGEN)**

Según Córdor García (2012) describe como un conjunto de puntos físicamente establecidos mediante marcas y referentes en el terreno, conocidos como vértices geodésicos. Estos puntos proporcionan coordenadas geodésicas, que incluyen información de latitud, longitud y altura. La conexión y ajuste de estos puntos se realizan en marcos geodésicos a nivel mundial y nacional, formando así la infraestructura esencial para alcanzar una alta precisión en el mapeo cartográfico. La REGGEN representa la red horizontal oficial en Perú y se basa en el sistema SIRGAS, dentro del marco internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF2000) del servicio internacional de rotación de la Tierra. La REGGEN está compuesta por estaciones de monitoreo continuo y los vértices de orden "0", "A", "B" y "C", distribuidos en todo el Perú, contribuyendo como activos del Estado.

Antes de la creación de la REGGEN, existía la Red Geodésica Horizontal clásica, la cual fue establecida en Perú hasta el año 1980. Esta red se construyó mediante medidas astronómicas y se organizó en redes de diferentes órdenes o precisiones, utilizando el Datum Provisional Sudamericano 1956 (PSAD56). Sin embargo, esta red clásica no es compatible con los niveles actuales de precisión, y sus monumentos se encuentran destruidos e inservibles, siendo imposible su recuperación. Además, no es factible obtener los parámetros de transformación necesarios para escalas mayores a 1:15 000.

### 2.2.10 Norma Técnica de Geodesia del Perú - IGN

El Instituto Geográfico Nacional (2015), indica que una buena administración digital de datos se logra con el buen desarrollo de la tecnología de información, en el que la información espacial tiene un valor muy importante.

Los proyectos en general en la etapa de planeamiento y desarrollo de las actividades humanas, en la actualidad requieren estar ubicados espacialmente, lo cual se determina por una posición geográfica. La cual se expresa mediante coordenadas geográficas (longitud, latitud) o planas (Este, Norte), las cuales son la base fundamental en los sistemas de información geográfica.

#### Jerarquización de los Puntos Geodésicos

Según Instituto Geográfico Nacional (2015) todos los trabajos deben estar en un mismo marco de referencia geodésico, en este caso en concreto estarán referidos a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). En el Perú los puntos geodésicos están clasificados en:

- **Punto Geodésico Orden “0”**

Estos puntos tienen relevancia a nivel continental y son empleados en estudios relacionados con deformaciones regionales y globales de la corteza terrestre. Además, se aplican en trabajos que demandan una precisión extrema, llegando a alcanzar niveles de hasta 4.00 mm.

- **Punto Geodésico Orden “A”**

Se aplica a trabajos que exigen un margen de error máximo de 6.00 mm. Además, estos puntos pueden ser utilizados para establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, así como para llevar a cabo estudios de deformación local de la corteza terrestre.



- **Punto Geodésico Orden “B”**

Estos puntos se designan para llevar a cabo trabajos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional. Es esencial que estén conectados a la red básica y se utilicen en proyectos de ingeniería de alta precisión, estudios geodinámicos y trabajos que demanden una precisión máxima de 8.00 mm. Todos los trabajos en esta categoría deben enlazarse a la red geodésica básica nacional.

- **Punto Geodésico Orden “C”**

Son asignados con el propósito de establecer control suplementario en áreas rurales y urbanas, facilitando la realización de proyectos básicos de ingeniería y desarrollo en entornos urbanos y rurales. Está especialmente indicado para trabajos que demanden una precisión máxima de 10.00 mm.

- **Puntos de Apoyo (PFCH)**

Están determinados con la misma precisión que los puntos de orden “C”, son destinados para trabajos de foto control, trabajos de ingeniería en áreas urbanas y rurales a su vez son necesariamente monumentados.

Establecer un punto geodésico requiere necesariamente vincularlo a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional. Este proceso de vinculación debe realizarse mediante los procedimientos de observación apropiados según el nivel de precisión del levantamiento en curso.

En el caso de puntos geodésicos catalogados como orden "0", "A" o "B", la correlación se establece mediante observaciones realizadas dentro de una figura geométrica circunscrita, siendo preferible que esta figura tenga un mínimo de



ocho lados para el orden "0" y un mínimo de tres lados para los puntos de orden "A" y "B".

Para los puntos de orden "C" y de apoyo la correlación se logra tomando en consideración las líneas bases que se detalla a continuación:

**Tabla 1**

*Correlación de enlace a puntos geodésicos fijos.*

<b>Estaciones a la que se debe enlazar como mínimo:</b>	<b>0</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>ENLACE</b>
<b>0</b>	8			RED
<b>A</b>	3	3		RED
<b>B</b>	3	3	3	RED
<b>C</b>	1	1	1	LÍNEA BASE
<b>APOYO (PFCH)</b>	1	1	1	LÍNEA BASE

*Nota:* Instituto Geográfico Nacional (2015)

**Tabla 2**

*Separación de estaciones.*

<b>Distancia entre las estaciones</b>	<b>0</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>APOYO (PFCH)</b>
Longitud máxima (km) entre estaciones bases dentro del área del proyecto.	4000	1000	500		
Longitud máxima (km) entre estaciones bases y el punto a establecer.	3500	500	250	100	100



*Nota: Instituto Geográfico Nacional (2015)*

## **Fases de un Trabajo GNSS**

El Instituto Geográfico Nacional (2015), indica que los levantamientos geodésicos en general deben ejecutarse de acuerdo a una secuencia operativa en el orden previsto, las cuales son:

### **Planeamiento**

Se relaciona con la evaluación previa, donde se deben definir niveles de precisión posicional para cada punto geodésico según las necesidades del proyecto. Esto incluye establecer rangos mínimo y máximo, programar un cronograma con recursos disponibles, verificar la ausencia de obstáculos y perturbaciones en los emplazamientos de los puntos geodésicos mediante cartografía oficial.

### **Reconocimiento**

Después de la planificación, es esencial explorar los sitios elegidos para identificar detalles no presentes en la cartografía existente, como alturas de árboles, construcciones recientes y áreas de acceso restringido. Se realizan verificaciones in situ para establecer condiciones no contempladas en la planificación. Esto incluye asegurarse de que la estación de rastreo funcione correctamente, identificar y evaluar la estabilidad de los puntos geodésicos de cota fija de la red nacional, seleccionar áreas apropiadas para puntos geodésicos permanentes y verificar las condiciones de observación en cada área.



## **Monumentación**

Según el informe de reconocimiento, la monumentación se lleva a cabo en diversos tipos de superficies, como roca madre, construcciones estables existentes, pilares de hormigón o concreto.

## **Trabajos de Campo**

Se iniciará con la identificación del orden del punto geodésico a establecer. Para puntos geodésicos de orden "C", se definirán las condiciones para su registro, incluyendo los tiempos mínimos de observación por cada línea base y el GDOP máximo permitido. La elección del tipo de receptor estará determinada por la longitud de la línea base, prohibiendo el uso de equipos de una sola frecuencia para longitudes superiores a 20 000 metros.

En la descripción de cada punto geodésico se incluirán las características y peculiaridades del entorno circundante. El registro de datos mediante el sistema GNSS comenzará después de identificar los puntos geodésicos permanentes y asignar los puntos de apoyo. Los tiempos de ocupación durante la observación se ajustarán según la longitud de la línea base, el número de satélites, el GDOP y las especificaciones del equipo empleado.

Los registros GNSS se llevarán a cabo según los períodos y tiempos establecidos, evitando condiciones climáticas adversas que puedan afectar los resultados y cumpliendo con los límites operativos y especificaciones técnicas. Los procesamientos y verificaciones de campo se realizarán de inmediato al concluir las observaciones para asegurar la coherencia de los trabajos. En la toma de datos de un punto geodésico mediante técnicas diferenciales del sistema satelital, se elaborará un diario de observación durante las actividades de campo, describiendo detalladamente los procedimientos para los puntos medidos con fase.



### **Puntos geodésicos de orden “C”**

Para este propósito, se aplicará el método relativo estático, respaldado por al menos un punto geodésico de orden "0", "A" o "B" a nivel nacional, ubicado en un radio no superior a 100 km del punto geodésico que se desea establecer. La observación se realizará de manera continua, con un mínimo de 900 registros o épocas y una frecuencia de sincronización que no sea menor a un segundo ni mayor a cinco segundos. La máscara de elevación no debe ser superior a quince grados sobre el horizonte y un seguimiento constante de al menos 4 satélites.

### **Cálculos de gabinete**

Se realiza el post proceso de la data obtenida en campo, de esta manera se determina los criterios de las configuraciones de los parámetros requeridos. Este procedimiento podrá desarrollarse con cualquier software de procesamiento geodésico.

### **Puntos geodésicos de orden “C” y puntos geodésicos de apoyo (PFCHV)**

#### **Efemérides:**

En el caso de los puntos geodésicos de orden "C", se emplearán efemérides precisas ultra rápidas con un intervalo de 3 horas. Para los puntos geodésicos de apoyo, se recurrirá a efemérides transmitidas y se calcularán mediante el uso de un software comercial; deben de tener una precisión de 10.00 mm en horizontal y de 15.00 mm en vertical.

#### **Tipo de solución:**

Dependiendo del proyecto, se optará por una solución fija o flotante. La solución fija, que implica fijar las ambigüedades en el cálculo





con fase, se aplicará cuando se requiera una mayor exactitud en la posición. En caso de no fijar las ambigüedades, se obtendrá una solución flotante, que puede no ser tan precisa en la posición. La elección entre solución fija y flotante dependerá del uso, aplicación y funcionalidad de las coordenadas obtenidas. Para puntos monumentados en el terreno, como bases de replanteo o vértices, que se utilizarán en cálculos para asignar coordenadas a otros puntos, se deberá optar siempre por una solución fija.

### **2.2.11. Coeficiente de Correlación de Pearson**

En un proyecto de investigación de la Universidad de Sevilla, indica que el Coeficiente de Correlación de Pearson es diseñado para variables cuantitativas (en una escala mínima de intervalo). Este coeficiente constituye la medida del grado de covariación entre diferentes variables que están linealmente relacionadas. Es importante destacar que este método es adecuado cuando se trata de variables que presentan una relación lineal, ya que pueden existir variables fuertemente relacionadas, pero no de manera lineal, y en esos casos no se recomienda utilizar la correlación de Pearson.

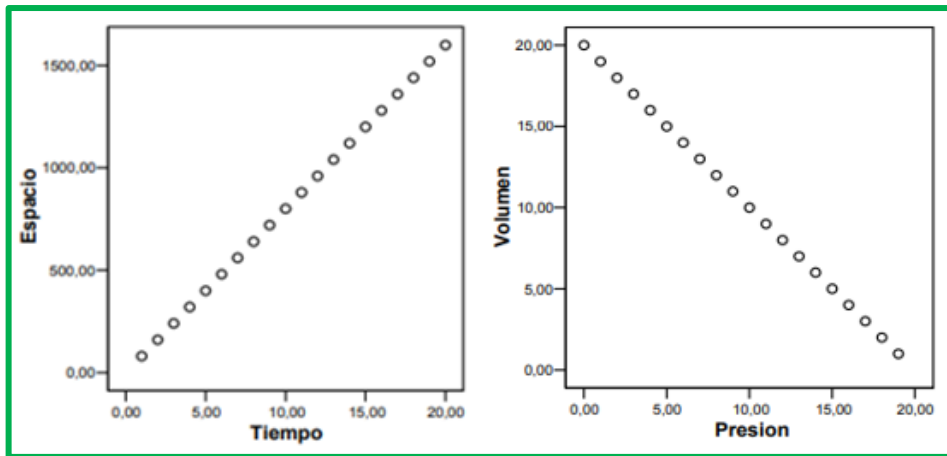
Así mismo es considerado fácil de calcular y de interpretar. Si consideramos dos variables, X e Y, y definimos el coeficiente de correlación de Pearson entre ellas como  $r_{xy}$ , sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1, donde:

$$0 \leq r_{xy} \leq 1$$

El signo de la correlación de Pearson varía entre -1 y +1. La magnitud de la relación está representada por el valor numérico del coeficiente, y el signo indica la dirección de dicha relación. Una correlación de +1 o -1 sugiere una relación fuerte, mientras que 0 indica ausencia de correlación.

**Figura 10**

*Diagrama de correlación de Pearson.*

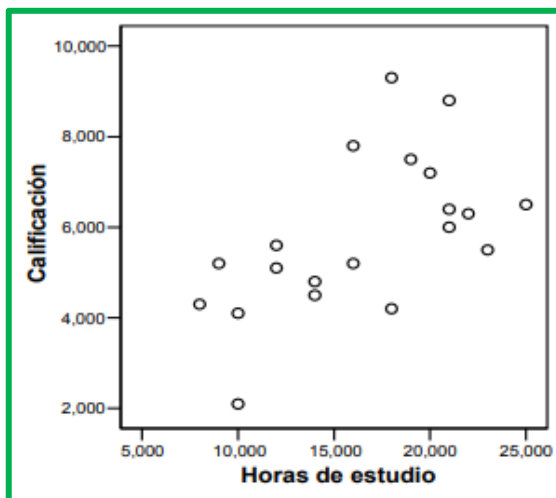


*Nota:* Universidad de Sevilla.

Por ejemplo, al vincular el tiempo dedicado al estudio con el desempeño académico, observaremos un rendimiento superior asociado a una mayor inteligencia. Sin embargo, resultará casi imposible predecir con precisión la calificación que alcanzará un individuo para un tiempo específico de estudio.

**Figura 11**

*Diagrama de correlación de Pearson*

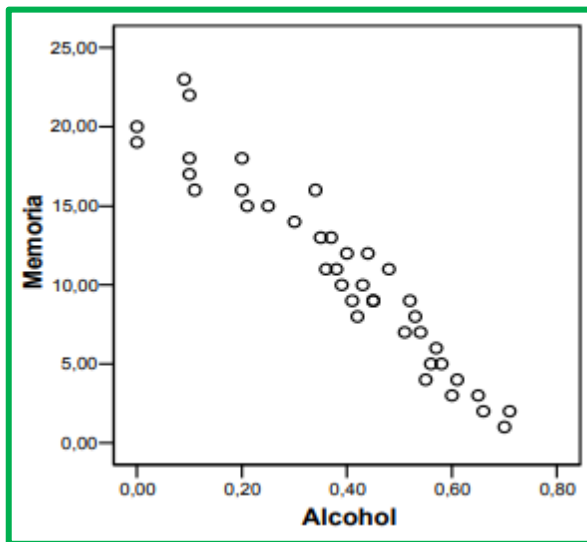


*Nota:* Universidad de Sevilla.

Si la nube de puntos es alargada, descendente y adopta una relación media nos encontramos con una correlación negativa con tendencia a existir relación.

### Figura 12

*Diagrama de correlación de Pearson.*

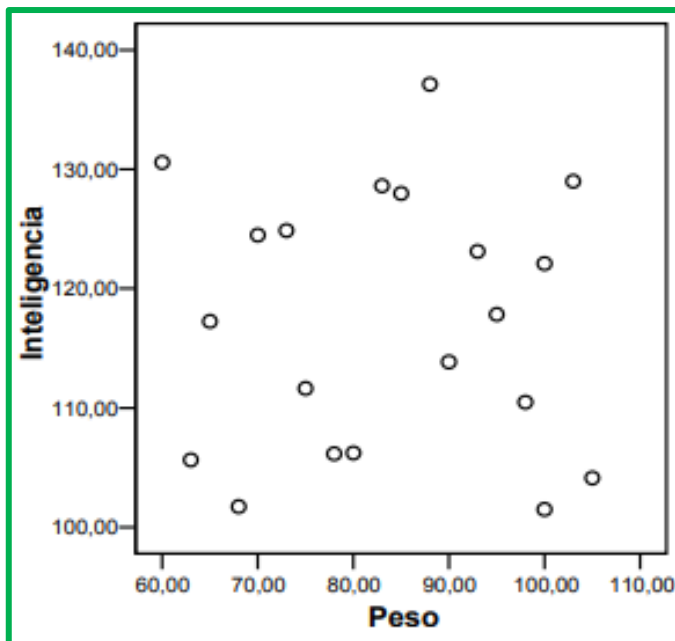


*Nota:* Universidad de Sevilla.

Finalmente, si la disposición de la nube de puntos asume una forma más o menos circular de modo que no se pueda identificar ningún tipo de relación, nos enfrentamos a una falta de correlación.

**Figura 13**

*Diagrama de correlación de Pearson.*



*Nota:* Universidad de Sevilla.

Según la revista de Hernández Lalinde (2018), destaca que el coeficiente de correlación de Pearson se presenta como un indicador de la fuerza con la que dos variables están vinculadas. Es esencial tener en cuenta el tamaño de la muestra, la falta de linealidad o la variabilidad en las características de interés, ya que estos pueden afectar significativamente la magnitud de esta medida.

Leech y Goodwin han realizado una minuciosa revisión sobre este tema, señalando seis aspectos que ejercen un impacto significativo en el coeficiente de correlación:

- La variabilidad en los datos asociados a cada variable aleatoria.
- Las diferencias en las formas de las distribuciones marginales de X e Y.
- La falta de linealidad en las relaciones entre X e Y.

- La presencia importante de datos atípicos a nivel bivariado.
- El tamaño de la muestra.
- Los posibles errores de medición.

Aunque estos aspectos puedan estar más allá del alcance de la revisión actual, se subraya que el valor de R, o rxy, es un número real que oscila entre -1 y 1. En consecuencia, la fuerza de la relación entre X e Y será mayor a medida que este valor se acerque a los extremos mencionados anteriormente.

**Tabla 3**

*Cuadro de interpretación del coeficiente de Pearson.*

Caso	Covariación de X y Y		Valor de la suma del producto cruzado	Signo corr.	Cuadrantes
Caso 1	$x_i > \bar{x}$	$y_i > \bar{y}$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) > 0$	+	I y III
Caso 2	$x_i < \bar{x}$	$y_i < \bar{y}$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) > 0$	+	I y III
Caso 3	$x_i > \bar{x}$	$y_i < \bar{y}$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) < 0$	-	II y IV
Caso 4	$x_i < \bar{x}$	$y_i > \bar{y}$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) < 0$	-	II y IV
Caso 5	Desv. compensadas		Cualquiera	Cualquiera	Todos

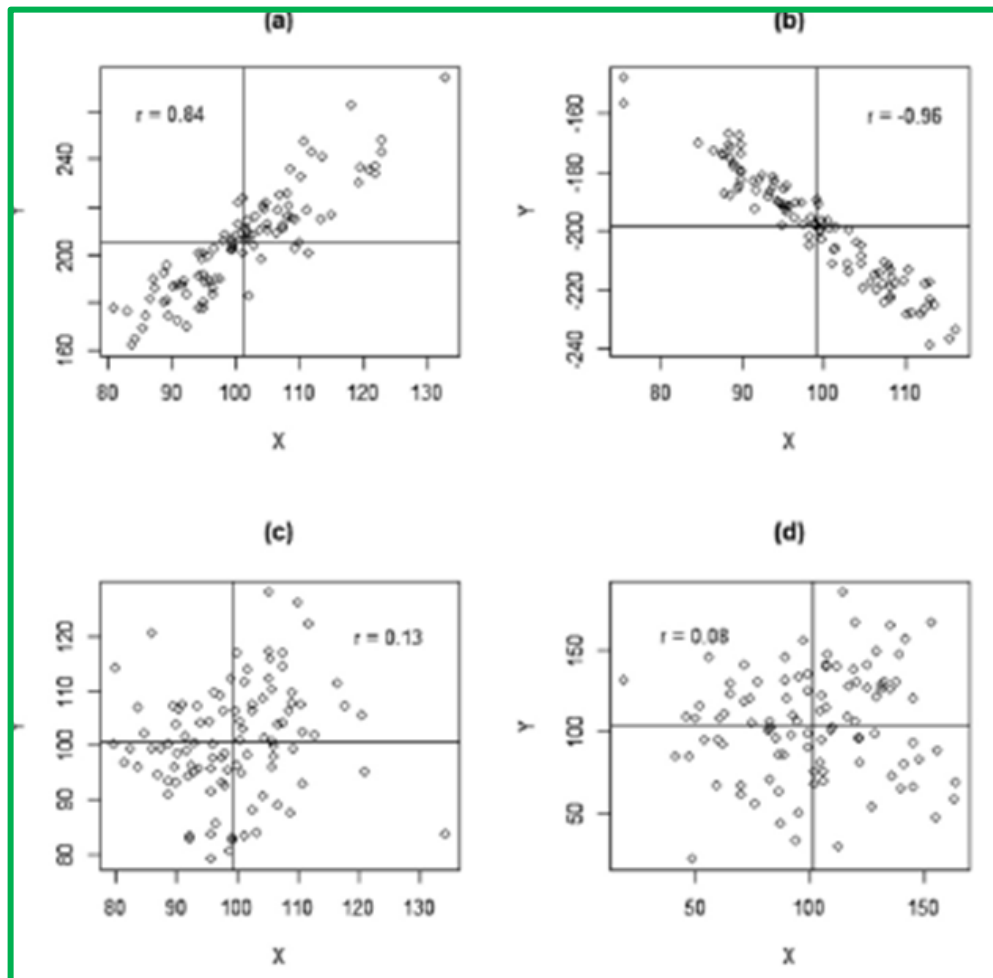
*Nota:* Hernández Lalinde (2018)

- (a) Coeficiente de correlación positivo y de magnitud elevada, nube de puntos con pendiente positiva ocupando los cuadrantes I y III
- (b) Coeficiente de correlación negativo y de magnitud elevada, nube de puntos con pendiente negativa ocupando los cuadrantes II y IV

- c. c y d coeficientes de correlación con magnitud débil o nula, nube de puntos esparcida en todos los cuadrantes.

**Figura 14**

*Eje cartesiano de la correlación de Pearson.*



*Nota:* Hernández Lalinde (2018)

### 2.2.11.1. Propiedades del coeficiente R - PEARSON

Existen varias propiedades que podrían mencionarse en relación con este coeficiente, y con fines prácticos se destacan únicamente las más relevantes.



**a. A dimensionalidad**

Al realizar la división de la suma de cuadrados del producto  $XY$  entre las raíces cuadradas individuales de las sumas de cuadrados de  $X$  e  $Y$ , se obtiene un índice sin dimensiones que surge debido a la cancelación de unidades entre el numerador y el denominador.

**b. Rango Definido entre -1 y 1**

Según la explicación de Rodgers y Nicewander, el Coeficiente de Correlación de Pearson es interpretado como el coseno del ángulo formado por los vectores asociados a las variables  $X$  e  $Y$ . Cuando este ángulo se acerca a  $0$ , el coseno tiende a  $1$ , indicando una alta proximidad en el espacio entre las variables. De manera similar, si el ángulo es aproximadamente igual a  $180$  grados, el coseno es  $-1$ , lo que sugiere una cercanía elevada, pero en direcciones opuestas. En el caso de un ángulo de aproximadamente  $90$  grados, el coseno tiende a  $0$ , indicando que las variables son ortogonales y no están relacionadas linealmente.

En este contexto, se adoptarán las sugerencias de Cohen, consideradas entre las más extendidas y respetadas en la comunidad científica. Es importante destacar que estas referencias deben ser utilizadas como herramientas auxiliares al reflexionar sobre la importancia de los hallazgos.

**Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen.**

La relación se da entre  $X$  y  $Y$ , pero aplica a cualquier par de variables.

**Tabla 4**

*Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen.*

Rango de valores de $r_{XY}$	Interpretación
$0.00 \leq  r_{XY}  < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq  r_{XY}  < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq  r_{XY}  < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq  r_{XY}  < 1.00$	Correlación fuerte

*Nota:* Hernández Lalinde (2018)

### c. Relación Lineal

La relación lineal se considera de suma importancia, a su vez, es propensa a errores de interpretación. Es fundamental comprender que el coeficiente de Pearson mide tanto la fuerza como la dirección de la relación lineal entre variables. De este modo, un valor  $r_{xy} = \pm 1$  indicaría una asociación lineal perfecta, ya sea positiva o negativa, entre las variables X e Y. En contraste, un valor  $r_{xy} = 0$  sería evidencia de que no hay una relación lineal entre las características de interés, aunque esto no constituye una prueba concluyente de independencia.

### d. Simetría

Se establece que, sin importar el intercambio de las posiciones de X e Y, el resultado del coeficiente será el mismo. Matemáticamente, esto se expresa mediante la igualdad  $r_{xy} = r_{yx}$ , lo que implica que al realizar un análisis de correlación, ninguna de las características de interés debe considerarse como explicativa de la otra.





**e. Independencia con respecto al origen y a la escala**

El Coeficiente de Correlación de Pearson conservará su valor después de su cálculo, independientemente de cualquier modificación en el origen o la escala de los datos. En otras palabras, este coeficiente no se ve influenciado por transformaciones lineales realizadas en las variables. En resumen, realizar operaciones como sumar o restar constantes uniformemente a cada variable no modificará el resultado del coeficiente, lo mismo sucede al multiplicar o dividir las variables por una constante.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

En el proceso de la investigación se ha utilizado equipos de sistema de posicionamiento global diferencial, en este caso el GPS diferencial Hiper HR de la marca Topcon, con sus accesorios, así mismo se ha utilizado un colector de datos FC-5000 Topcon el mismo que nos sirve para comunicarnos con el receptor y realizar las configuraciones necesarias, paralelamente se ha utilizado la Estación de Rastreo Permanente PU02 del ente rector de la geodesia en el Perú (IGN), el mismo que está instalado en la Universidad Peruana Unión del distrito de Juliaca – San Román – Puno, para el post proceso se ha utilizado una computadora personal core i7, ficha monográfica y data rinex de la Estación de Rastreo Permanente, data recolectada en campo de los puntos geodésicos PUN01174, PUN01175, del mismo modo se ha utilizado software como Magnet Tools v 6.1.0 - Topcon, LEICA INFINITY v3.2.1.3319 , Microsoft office, y el software estadístico R. También se ha utilizado movilidad para el desplazamiento al área de investigación, materiales de escritorio, equipo celular y otros.

#### 3.2. ZONA DE ESTUDIO

La etapa de campo se ha desarrollado en el Centro de Investigación y Producción Carolina de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, que se encuentra ubicado en la carretera Puno – Moquegua, aproximadamente a 7 Kilómetros de la ciudad de Puno.

#### **UBICACIÓN POLÍTICA:**

Departamento : Puno

Provincia : Puno



Distrito : Puno

Lugar : Centro de Investigación y Producción Carolina - UNA

### **UBICACIÓN GEOGRÁFICA:**

Datum : WGS 84

Zona : 19L – Sur

Coordenada Este : 389828.8200

Coordenada Norte : 8241188.7000

Altitud : 3985.000 m.s.n.m.

### **3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO**

Se ha desarrollado durante un periodo de tiempo de cuatro meses, durante este tiempo se ha realizado la planificación, reconocimiento, trabajo de campo, post proceso de la información, evaluación de resultados y la redacción correspondiente.

### **3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Todo trabajo de investigación profesional detalla una metodología para lo cual se ha determinado la población, muestra, identificación de las variables y el procedimiento detallado del proceso de la investigación.

#### **POBLACIÓN**

Se ha considerado como población el Centro de Investigación y Producción Carolina – UNA, en este CIP por ser de la Universidad y estar al servicio de los estudiantes y otros, se tiene diferentes puntos geodésicos establecidos con diferentes equipos geodésicos – topográficos como: GPS, estación total, entre otros, los mismo que sirven para realizar prácticas por parte de los estudiantes u otros investigadores.



## **MUESTRA**

Se ha tomado como muestra dos puntos geodésico pre establecidos en el Centro de Investigación y producción Carolina – UNA, dichos puntos tienen como código PUN01174 Y PUN01175, se ha elegido este par de puntos debido a que cuentan con certificación oficial por el ente rector de la Geodesia en el Perú (Instituto Geográfico Nacional), en tal sentido se tiene sus ficha monográficas en donde se muestra los valores oficiales de sus coordenadas, ver anexos.

## **VARIABLES DEPENDIENTES**

Establecimiento de puntos geodésicos de orden “C”.

## **VARIABLES INDEPENDIENTES**

Precisión en distintos periodos de tiempo de rastreo GNSS estático con diferentes efemérides.

### **3.4.1. Tipo de investigación**

Esta investigación por sus características propias y sus objetivos se trata de una investigación cuantitativa correlacional, ya que se ha evaluado la relación que existe entre las variables que se ha considerado.

## **3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

Durante el desarrollo de esta investigación se ha tomado en consideración los pasos que indica la norma técnica de Geodesia del Perú, el cual detallo a continuación:

### **PLANIFICACIÓN:**

En esta primera etapa, se ha considerado los parámetros de precisión que debe contar un puntos geodésicos de orden C de acuerdo a la normativa vigente, así mismo se ha determinado el periodo de registro de datos en campo de cada punto, se ha previsto el



funcionamiento de la Estación de Rastro Permanente PU02, se ha previsto la logística necesaria, los permisos necesarios otorgados por parte del administrador del CIP, se ha verificado que los equipos GNSS a utilizar cuenten con su certificado de operatividad vigente, se ha obtenido las fichas monográficas de los puntos certificados y de esta manera se pueda obtener datos correctos y verdaderos.

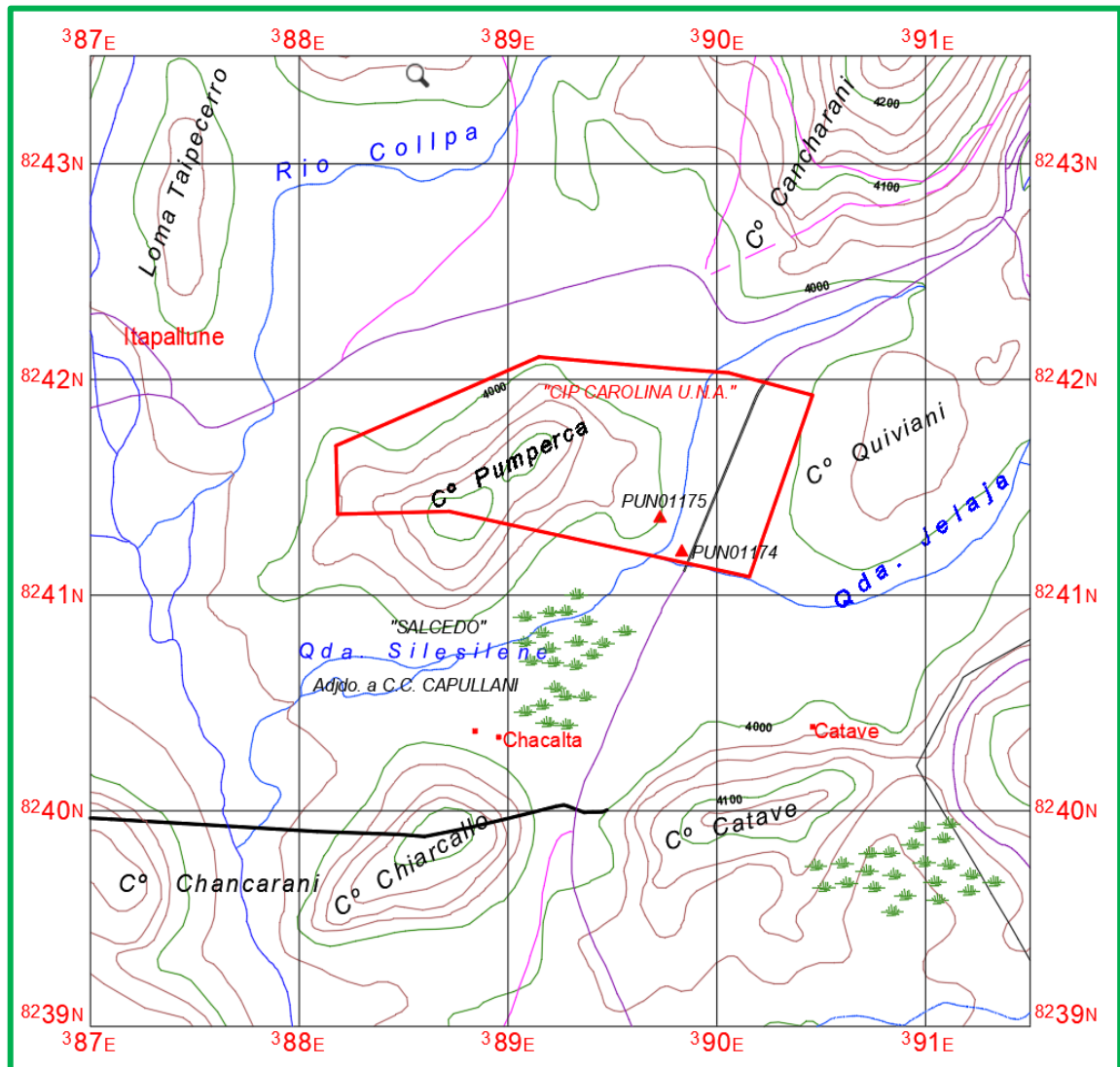
### **RECONOCIMIENTO**

Es aquí donde se a realizado la ubicación in situ de los puntos geodésico pre establecidos, esta ubicación se ha realizado a partir de las fichas monográficas que cuentan cada uno de los puntos geodésico certificados, a través de sus coordenadas UTM, se ha ubicado en una imagen de Google Earth y en la hoja catastral 32V-II-SE de esta manera facilitar la ubicación en campo de los puntos PUN01174 Y PUN01175.

**Figura 15**

*Ubicación de los puntos geodésicos en la hoja catastral N° 32 V-II-SE a escala*

*1:25000.*



*Nota:* Elaboración Propia.

## Figura 16

*Ubicación de los puntos geodésicos certificados en el CIP Carolina - UNA.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Seguidamente se ha procedido a ubicar los puntos geodésicos pre establecidos PUN01174 y PUN01175 en el interior del Centro de Investigación y Producción Carolina, el punto PUN01174 se encuentran en la parte Sur del CIP, tomando como referencia la bocamina existente, el punto se encuentra frente a dicha bocamina a 143 metros aproximadamente, y el punto PUN01175 se encuentra ubicado sobre la bocamina en dirección norte aproximadamente a 62 metros.



## Figura 17

*Ubicación satelital de los puntos PUN01174 y PUN01175.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Se muestra las imágenes de los puntos geodésicos PUN01174 y PUN01175 puntos pre existentes en el CIP Carolina, al respecto debo aclarar que dichos puntos han sido establecidos por la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNA – Puno.



### Figura 18

*Punto geodésico PUN01174 de orden "C".*



*Nota: Elaboración Propia.*

### Figura 19

*Punto geodésico PUN01175 de orden "C".*



*Nota: Elaboración Propia.*

## TRABAJO DE CAMPO

Una vez ubicado los puntos certificados pre establecidos se ha realizado la instalación de los receptores GPS Hiper HR en cada uno de estos puntos, se ha hecho uso de los siguientes equipos receptores GPS:

**Tabla 5**

*Equipos GPS diferencial utilizado en la investigación.*

<b>EQUIPOS / INSTRUMENTOS</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>CANTIDAD</b>
GPS DIFERENCIAL (ROVER)	TOPCON	HIPER - HR	1388-11601	UNO
GPS DIFERENCIAL (ROVER)	TOPCON	HIPER - HR	1388-11574	UNO

*Nota:* Elaboración Propia.

Una vez estacionado en cada uno de los puntos geodésicos se ha procedido a realizar la medición de la altura de la antena de los receptores, en este caso por las características propias del equipo se ha realizado la medición de la altura vertical al punto de referencia de la antena (ARP).

**Figura 20**

*Medición de la altura inclinada del receptor en el punto PUN01174.*



*Nota:* Elaboración Propia.



**Figura 21**

*Medición de la altura inclinada del receptor en el punto PUN01175.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Una vez obtenidos los datos de la altura inclinada de los receptores al punto de referencia de la antena ARP se ha procedido a realizar el cálculo de la altura vertical en cada caso.

**Tabla 6**

*Cálculo de la distancia vertical de la antena de los receptores.*

EQUIPO	CÓDIGO	ALTURA DEL RECEPTOR	MÉTODO DE MEDICIÓN	ALTURA VERTICAL CALCULADA	TIPO ANTENA
GPS BASE	PU02	0.075 metros	VERTICAL	0.075 metros	TRM115000.00TZG D
GPS ROVER	PUN01174	1.462 metros	INCLINADA	1.459 metros	HIPER HR - TOPCON
GPS ROVER	PUN01175	1.538 metros	INCLINADA	1.535 metros	HIPER HR - TOPCON

*Nota:* Elaboración Propia.



Una vez obtenida la altura al punto de referencia de la antena (ARP) de cada receptor se ha procedido a realizar la medición con GPS Diferencial mediante el método estático fijo a diferentes periodos de tiempo, para esto a través de la controladora de campo FC-5000 se ha realizado la configuración de la máscara de elevación de 10°, registro de datos cada segundo, datum WGS84 y se procedió a recolectar datos en diferentes periodos de tiempo, inicialmente se ha recolectado datos para un período de 900 épocas equivalente a 15 segundos, tal como indica la norma técnica de geodesia del Perú, específicamente para puntos de control de orden “C”, seguidamente se ha realizado configuraciones para otros periodos de tiempo manteniendo la configuración de la máscara de elevación y el periodo de registro de datos al segundo.

**Tabla 7**

*Periodo de registro en el punto PUN01174.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO			
	H	M	S	Minutos
	00	14	39	<b>14.65</b>
	00	30	00	<b>30.00</b>
<b>PUN01174</b>	01	14	52	<b>74.87</b>
	01	58	59	<b>118.98</b>
	04	02	24	<b>242.40</b>

*Nota:* Elaboración Propia.



**Tabla 8**

*Periodo de registro en el punto PUN01175*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO			
	H	M	S	Minutos
	0	13	52	<b>13.87</b>
	0	30	57	<b>30.95</b>
<b>PUN01175</b>	1	16	15	<b>76.25</b>
	1	59	48	<b>119.80</b>
	4	1	2	<b>241.03</b>

*Nota:* Elaboración Propia.

Finalmente, en campo se ha realizado el registro y rastreo de la señal satelital en los dos puntos pre establecidos, los mismos que están debidamente certificados, durante el proceso de rastreo y registro de datos no se ha tenido perturbaciones climáticas como lluvia y otros factores que pudieran alterar el registro de datos.

### Figura 22

*Registro y rastreo de señal satelital en campo en el punto PUN01174.*



*Nota: Elaboración Propia.*

### Figura 23

*Registro y rastreo de señal satelital en campo en el punto PUN01175.*



*Nota: Elaboración Propia.*



## POST PROCESO EN GABINETE

En esta etapa de la investigación, se ha realizado el post proceso de los datos obtenidos en campo, para esto se ha utilizado el software Magnet Tools v 6.1.0 de Topcon y Leica Infinity v3.2.1.3319 de Leica, para esto se ha extraído los datos oficiales de la Estación de Rastro Permanente PU02 de orden “0”.

**Tabla 9**

*Coordenadas UTM WGS84 de la estación de rastreo permanente PU02.*

PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA GEOIDAL
PU02	373508.2286	8284432.1650	3834.4703m

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 10**

*Coordenadas geográficas WGS84 de la estación de rastreo permanente PU02.*

PUNTO	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	ALTURA ELIPSOIDAL
PU02	15°30'51.75428”	70°10'45.77081”	3880.6368m

*Nota:* Elaboración Propia.

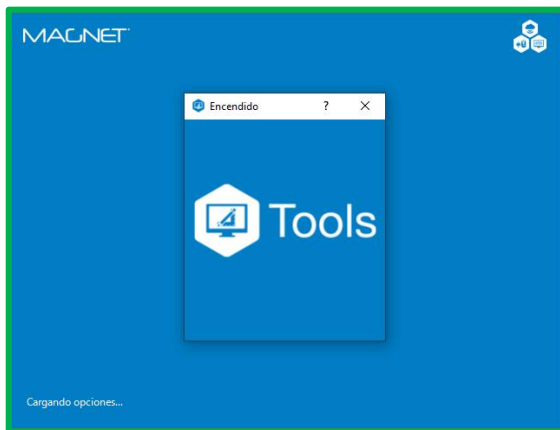
Una vez identificado los datos de la estación de rastreo permanente PU02, se ha procedido a descargar de la web los diferentes tipos de efemérides para esto primeramente se ha identificado el día del trabajo en campo en el aplicativo web <https://www.gnsscalendar.com/> (Calendario y Utilidades GNSS) del cual se ha extraído la semana GPS y el día del año, con esta información ha sido posible descargar los diferentes tipos de efemérides de la web <http://navigation-office.esa.int/products/gnss-products/> con



todos estos datos se ha realizado el post proceso de toda la información en cada uno de los softwares de post proceso GNSS antes mencionado.

### Figura 24

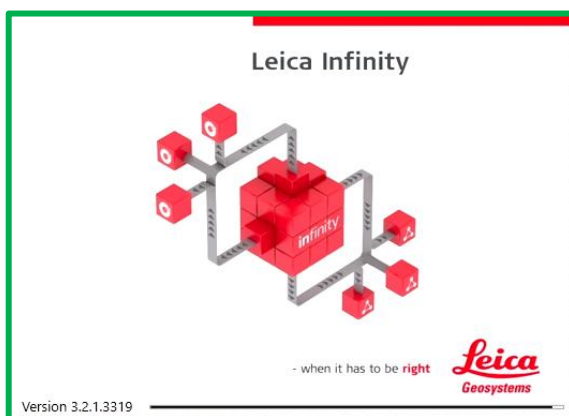
*Post proceso con el software Magnet Tools v. 6.1.0 de Topcon.*



*Nota:* Elaboración Propia.

### Figura 25

*Post proceso con el software y Leica Infinity v 3.2.1.3319 de Leica.*



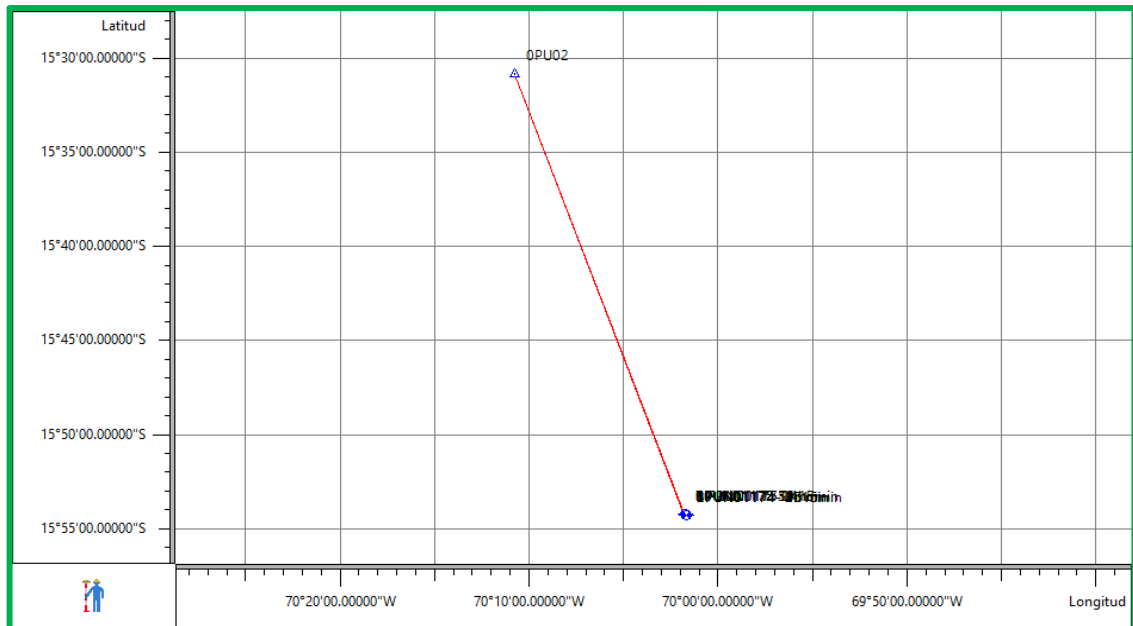
*Nota:* Elaboración Propia.

La información ha sido analizada y procesada tomando en consideración las líneas bases PU02 a PUN01174 y PU02 a PUN01175, en cada uno de los softwares, tal como se aprecia en la siguiente figura



**Figura 26**

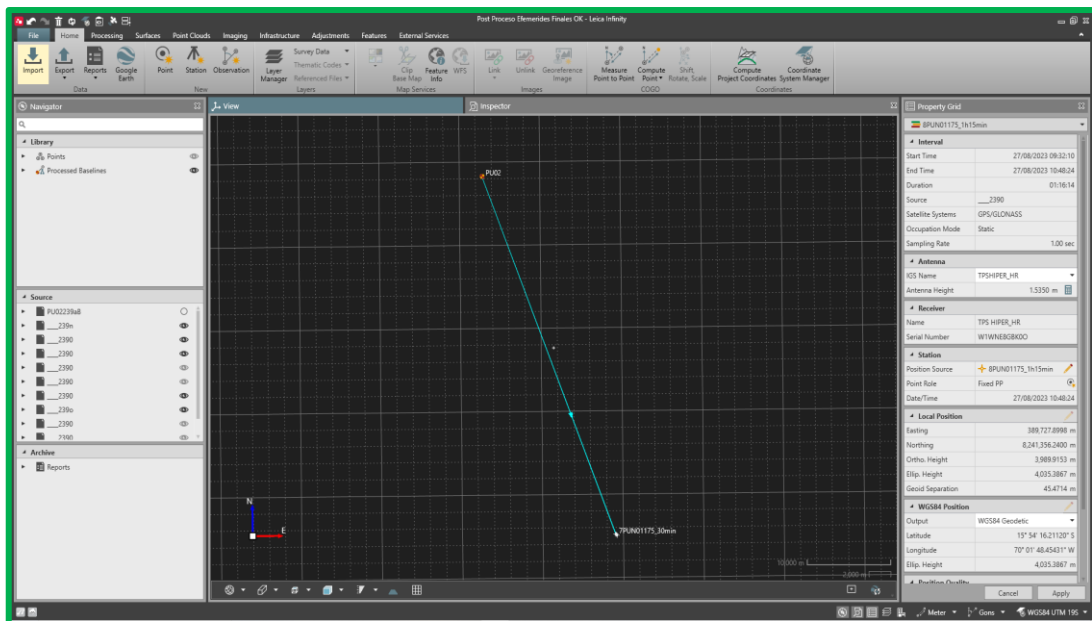
*Línea base de PU02 a PUN01174 y PUN01175 con el software Magnet Tools.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 27**

*Línea base de PU02 a PUN01174 y PUN01175 con el software Leica Infinity.*

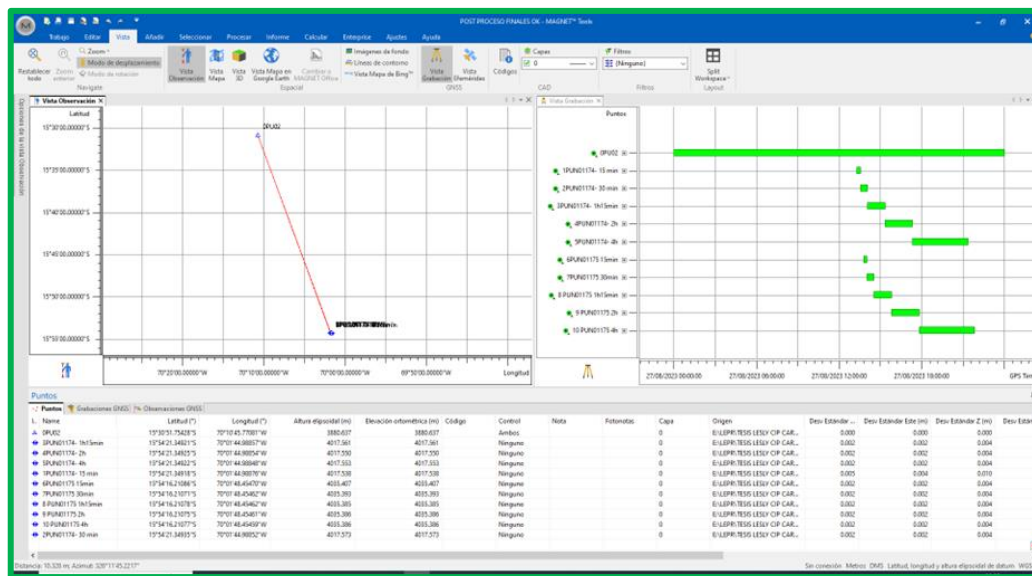


*Nota: Elaboración Propia.*

Se ha tenido un seguimiento de señal satelital óptimo en campo, los registros de datos en diferentes periodos de tiempo se encuentran dentro del registro de datos de la Estación de Rastreo Permanente.

### Figura 28

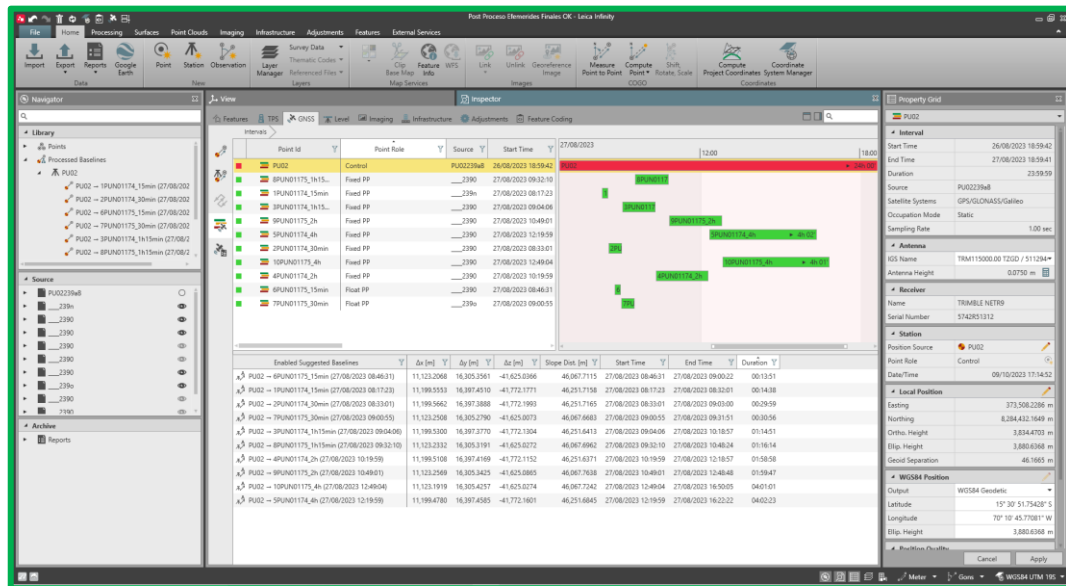
*Seguimiento de señal entre PU02, PUN01174 y PUN01175 en el software Magnet Tools.*



*Nota: Elaboración Propia.*

## Figura 29

Seguimiento de la señal entre PU02, PUN01174 y PUN01175 en el software Leica Infinity.



Nota: Elaboración Propia.

Una vez realizado el post proceso con ambos softwares, se ha obtenido las coordenadas UTM, geográficas y otros datos, en esta investigación solamente se ha considerado las coordenadas UTM obtenidas del post proceso de los puntos PUN01174 y PUN01175, para la obtención de estos valores se ha tenido que realizar el diferentes post procesos, procesando sin efemérides, con efemérides ultra rápidas, rápidas y finales/precisas; a partir de las coordenadas UTM se ha procedido a calcular las distancias horizontales desde el punto base PUN02 a los puntos pre establecido en campo y del mismo modo se determinó las distancias horizontales con los nuevos valores de coordenadas UTM obtenidos del post proceso con diferentes periodos de tiempo.



**Tabla 11**

*Coordenadas UTM - WGS84 del punto certificado PUN01174.*

<b>Este - X</b>	<b>Norte - Y</b>	<b>Altura Elipsoidal</b>
389831.738 m	8241198.850 m	4017.547 m.s.n.m.

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 12**

*Coordenadas UTM - WGS84 del punto certificado PUN01175.*

<b>Este - X</b>	<b>Norte - Y</b>	<b>Altura Elipsoidal</b>
389727.895	8241356.249	4035.451 m.s.n.m.

*Nota:* Elaboración Propia.

Continuando con el post proceso, se ha determinado la variación que existe en distancia horizontal determinada a partir de las coordenadas UTM de la Estación de Rastreo Permanente PU02 a los puntos PUN01174 y PUN01175 (puntos oficiales debidamente certificados), esta contrastación se ha realizado con ambos softwares que se vienen utilizando en la presente investigación, a su vez con los diferentes periodos de rastreo de tiempo y diferentes tipos de efemérides tal como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 13**

*Distancia horizontal desde PU02 A PUN01174 y PUN01175 – Magnet Tools.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO O DE DATOS	PU02		PUNTO CERTIFICADO		DIST. HZ. PU02 A PUNTO CERTIFICADO
	Minutos	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
PUN01174	14.65	373508.2286	8284432.1650	389831.7380	8241198.8500	46212.298
	30.00	373508.2286	8284432.1650	389831.7380	8241198.8500	46212.298
	74.87	373508.2286	8284432.1650	389831.7380	8241198.8500	46212.298
	118.98	373508.2286	8284432.1650	389831.7380	8241198.8500	46212.298
	242.40	373508.2286	8284432.1650	389831.7380	8241198.8500	46212.298
PUN01175	13.87	373508.2286	8284432.1650	389727.8950	8241356.2490	46028.384
	30.95	373508.2286	8284432.1650	389727.8950	8241356.2490	46028.384
	76.25	373508.2286	8284432.1650	389727.8950	8241356.2490	46028.384
	119.80	373508.2286	8284432.1650	389727.8950	8241356.2490	46028.384
	241.03	373508.2286	8284432.1650	389727.8950	8241356.2490	46028.384

*Nota: Elaboración Propia.*

**Tabla 14**

*Distancia horizontal desde PU02 A PUN01174 y PUN01175 – Leica Infinity.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	PU02		PUNTO CERTIFICADO		DIST. HZ. PU02 A PUNTO CERTIFICADO
	Minutos	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
PUN01174	14.65	373508.22860	8284432.16500	389831.738	8241198.850	46212.30
	30.00	373508.22860	8284432.16500	389831.738	8241198.850	46212.30
	74.87	373508.22860	8284432.16500	389831.738	8241198.850	46212.30
	118.98	373508.22860	8284432.16500	389831.738	8241198.850	46212.30
	242.40	373508.22860	8284432.16500	389831.738	8241198.850	46212.30



	<b>13.87</b>	373508.22860	8284432.16500	389727.895	8241356.249	46028.38
	<b>30.95</b>	373508.22860	8284432.16500	389727.895	8241356.249	46028.38
<b>PUN01175</b>	<b>76.25</b>	373508.22860	8284432.16500	389727.895	8241356.249	46028.38
	<b>119.80</b>	373508.22860	8284432.16500	389727.895	8241356.249	46028.38
	<b>241.03</b>	373508.22860	8284432.16500	389727.895	8241356.249	46028.38

*Nota:* Elaboración Propia.

### Tabla 15

*Distancias horizontales calculadas sin efemérides – Magnet Tools.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS		POST PROCESO SIN EFEMÉRIDES			DIFERENCIA SIN EFEMÉRIDES
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. SIN EFEMÉRIDES		
	<b>14.65</b>	389831.7334	8241198.8524	46212.294	0.0039	
	<b>30.00</b>	389831.7412	8241198.8520	46212.297	0.0007	
<b>PUN01174</b>	<b>74.87</b>	389831.7396	8241198.8563	46212.293	0.0053	
	<b>118.98</b>	389831.7407	8241198.8551	46212.294	0.0038	
	<b>242.40</b>	389831.7424	8241198.8559	46212.294	0.0040	
	<b>13.87</b>	389727.8862	8241356.2510	46028.379	0.0050	
	<b>30.95</b>	389727.8887	8241356.2555	46028.376	0.0083	
<b>PUN01175</b>	<b>76.25</b>	389727.8886	8241356.2537	46028.377	0.0067	
	<b>119.80</b>	389727.8889	8241356.2544	46028.377	0.0072	
	<b>241.03</b>	389727.8897	8241356.2537	46028.378	0.0063	

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 16**

*Distancias horizontales calculadas sin efemérides – Leica Infinity.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO SIN EFEMÉRIDES			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. SIN EFEMÉRIDES	DIFERENCIA SIN EFEMÉRIDES
PUN01174	14.65	389831.7707	8241198.7600	46212.394	-0.0957
	30.00	389831.8042	8241198.8487	46212.323	-0.0246
	74.87	389831.7332	8241198.8133	46212.331	-0.0326
	118.98	389831.7484	8241198.8347	46212.316	-0.0180
	242.40	389831.6958	8241198.8290	46212.303	-0.0047
PUN01175	13.87	389727.8696	8241356.2259	46028.396	-0.0127
	30.95	389727.9575	8241356.0075	46028.632	-0.2480
	76.25	389727.9211	8241356.2469	46028.395	-0.0112
	119.80	389727.9073	8241356.2419	46028.395	-0.0110
	241.03	389727.8307	8241356.2100	46028.398	-0.0138

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 17**

*Distancias horizontales calculadas efemérides ultra rápidas – Magnet Tools.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO CON EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS
PUN01174	14.65	389831.7357	8241198.8563	46212.291	0.0067
	30.00	389831.7430	8241198.8511	46212.299	-0.0007



	<b>74.87</b>	389831.7413	8241198.8555	46212.294	0.0040
	<b>118.98</b>	389831.7424	8241198.8542	46212.296	0.0024
	<b>242.40</b>	389831.7440	8241198.8550	46212.295	0.0026
	<b>13.87</b>	389727.8880	8241356.2501	46028.380	0.0035
	<b>30.95</b>	389727.8904	8241356.2547	46028.377	0.0070
<b>PUN01175</b>	<b>76.25</b>	389727.8903	8241356.2528	46028.379	0.0052
	<b>119.80</b>	389727.8906	8241356.2535	46028.378	0.0058
	<b>241.03</b>	389727.8914	8241356.2529	46028.379	0.0049

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 18**

*Distancias horizontales calculadas efemérides ultra rápidas – Leica Infinity.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS		POST PROCESO CON EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS		
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS
	<b>14.65</b>	389831.7707	8241198.7600	46212.394	-0.0957
	<b>30.00</b>	389831.8043	8241198.8487	46212.323	-0.0246
<b>PUN01174</b>	<b>74.87</b>	389831.7332	8241198.8133	46212.331	-0.0326
	<b>118.98</b>	389831.7484	8241198.8347	46212.316	-0.0180
	<b>242.40</b>	389831.6958	8241198.8290	46212.303	-0.0047
<b>PUN01175</b>	<b>13.87</b>	389727.9411	8241356.1431	46028.499	-0.1154
	<b>30.95</b>	389727.9576	8241356.0075	46028.632	-0.2481
	<b>76.25</b>	389727.9211	8241356.2469	46028.395	-0.0112
	<b>119.80</b>	389727.9073	8241356.2419	46028.395	-0.0110
	<b>241.03</b>	389727.8307	8241356.2100	46028.398	-0.0138

*Nota:* Elaboración Propia.





**Tabla 19**

*Distancias horizontales calculadas efemérides rápidas – Magnet Tools.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO CON EFEMÉRIDES RÁPIDAS			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES RÁPIDAS
PUN01174	14.65	389831.73580	8241198.85620	46212.291	0.0066
	30.00	389831.74310	8241198.85120	46212.299	-0.0007
	74.87	389831.74140	8241198.85550	46212.294	0.0039
	118.98	389831.74250	8241198.85430	46212.296	0.0024
	242.40	389831.74410	8241198.85510	46212.295	0.0026
PUN01175	13.87	389727.88810	8241356.25020	46028.380	0.0036
	30.95	389727.89050	8241356.25480	46028.377	0.0070
	76.25	389727.89040	8241356.25290	46028.379	0.0053
	119.80	389727.89070	8241356.25360	46028.378	0.0058
	241.03	389727.89140	8241356.25290	46028.379	0.0049

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 20**

*Distancias horizontales calculadas efemérides rápidas – Leica Infinity.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO CON EFEMÉRIDES RÁPIDAS			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES RÁPIDAS
PUN01174	14.65	389831.77070	8241198.76060	46212.393	-0.0952
	30.00	389831.80430	8241198.84870	46212.323	-0.0246
	74.87	389831.73320	8241198.81330	46212.331	-0.0326
	118.98	389831.74840	8241198.83470	46212.316	-0.0180
	242.40	389831.69580	8241198.82900	46212.303	-0.0047
PUN01175	13.87	389727.94110	8241356.14310	46028.499	-0.1154



<b>30.95</b>	389727.95760	8241356.00750	46028.632	-0.2481
<b>76.25</b>	389727.92110	8241356.24690	46028.395	-0.0112
<b>119.80</b>	389727.90730	8241356.24190	46028.395	-0.0110
<b>241.03</b>	389727.83070	8241356.21000	46028.398	-0.0138

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 21**

*Distancias horizontales calculadas efemérides finales – Magnet Tools.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO CON EFEMÉRIDES FINALES			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES FINALES	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES FINALES
<b>PUN01174</b>	<b>14.65</b>	389831.7358	8241198.8562	46212.291	0.0066
	<b>30.00</b>	389831.7431	8241198.8512	46212.299	-0.0007
	<b>74.87</b>	389831.7414	8241198.8555	46212.294	0.0039
	<b>118.98</b>	389831.7425	8241198.8543	46212.296	0.0024
	<b>242.40</b>	389831.7441	8241198.8551	46212.295	0.0026
<b>PUN01175</b>	<b>13.87</b>	389727.8881	8241356.2502	46028.380	0.0036
	<b>30.95</b>	389727.8905	8241356.2548	46028.377	0.0070
	<b>76.25</b>	389727.8904	8241356.2529	46028.379	0.0053
	<b>119.80</b>	389727.8907	8241356.2536	46028.378	0.0058
	<b>241.03</b>	389727.8914	8241356.2529	46028.379	0.0049

*Nota:* Elaboración Propia.

**Tabla 22**

*Distancias horizontales calculadas efemérides finales – Leica Infinite.*

PUNTO	TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS	POST PROCESO CON EFEMÉRIDES FINALES			
	Minutos	ESTE	NORTE	DIST. HZ. EFEMÉRIDES FINALES	DIFERENCIA CON EFEMÉRIDES FINALES
<b>PUN01174</b>	<b>14.65</b>	389831.7847	8241198.7863	46212.374	-0.0761



	<b>30.00</b>	389831.7737	8241198.7819	46212.374	-0.0763
	<b>74.87</b>	389831.7354	8241198.8476	46212.299	-0.0013
	<b>118.98</b>	389831.7310	8241198.8501	46212.295	0.0026
	<b>242.40</b>	389831.7147	8241198.7931	46212.343	-0.0450
	<b>13.87</b>	389727.8878	8241356.2189	46028.409	-0.0256
	<b>30.95</b>	389727.9025	8241356.2711	46028.366	0.0180
<b>PUN01175</b>	<b>76.25</b>	389727.8998	8241356.2400	46028.394	-0.0101
	<b>119.80</b>	389727.9304	8241356.1794	46028.461	-0.0776
	<b>241.03</b>	389727.8976	8241356.2085	46028.423	-0.0388

*Nota:* Elaboración Propia.

De las tablas anteriores se puede apreciar que existe diferencia mínima, que aparentemente no se debería considerar, para un mejor análisis de datos se ha proseguido a realizar un análisis estadístico específicamente de la variación de decimales en cada tipo de efemérides y de esta manera poder tener datos más interpretativos que puedan responder a los objetivos planteados.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZADO PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Los datos se han analizado estadísticamente utilizando el Coeficiente Correlación de Pearson ( $R^2$ ). Esta herramienta estadística permite analizar de manera rigurosa la variación en el post proceso de datos con diferentes tipos de efemérides, así mismo permite estimar el tiempo óptimo de rastreo de señal satelital para el establecimiento de puntos geodésicos de orden C.

Para una mejor interpretación de la variación de valores obtenidos en el post proceso de los datos de campo se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson, y de esta manera poder realizar una mejor ilustración de resultados, para esto se ha determinado la media, desviación estándar, correlación con intervalos de confianza y

regresión, todo esto se ha desarrollado para los puntos geodésicos PUN01174, PUN01175, obtenidos con ambos softwares de postproceso.

Para el primer objetivo específico que es la evaluación de los tipos de efemérides en el post proceso de datos GNSS, se ha realizado los procedimientos de campo, post proceso tal como se indica en el ítem 3.5 de la presente investigación; a continuación, se muestra el análisis del post proceso en ambos softwares con diferentes tipos de efemérides, específicamente la evaluación del post proceso sin efemérides en contrastación con las efemérides ultrarrápidas, rápidas y finales o precisas, lo cual se ha desarrollado para ambos puntos geodésicos PUN01174 y PUN01175.

### Tabla 23

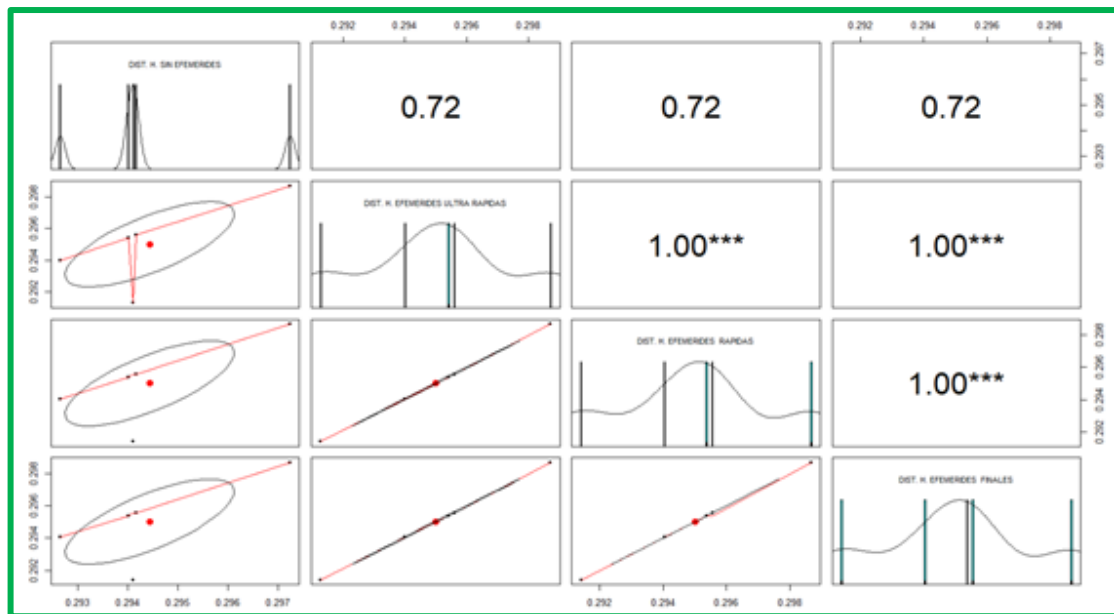
*Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01174 software Magnet Tools.*

VARIABLE	M	SD	1	2	3
1. DIST. H. SIN EFEMÉRIDES	0.29	0.00			
2. DIST. H. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	0.30	0.00	0.72 [-0.45, 0.98]		
3. DIST. H. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	0.30	0.00	0.72 [-0.44, 0.98]	1.00** [1.00, 1.00]	
4. DIST. H. EFEMÉRIDES FINALES	0.30	0.00	0.72 [-0.44, 0.98]	1.00** [1.00, 1.00]	1.00** [1.00, 1.00]

*Nota:* M y SD es utilizado para representar la media y la desviación estándar, respectivamente. Los valores entre corchetes indican el intervalo de confianza del 95% para cada correlación. El intervalo de confianza es un rango posible de correlaciones poblacionales que podrían haber causado la correlación muestral (Cumming, 2014). \* indica  $p < .05$  \*\* indica  $p < .01$ .

**Figura 30**

*Correlación del punto PUN01174 software Magnet Tools*



*Nota:* Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la figura 30 al contrastar del post proceso sin efemérides con los diferentes tipos de efemérides con respecto al punto geodésico PUN01174 se muestra una correlación de 0.72 y 1.00, de acuerdo a la tabla 4 de la presente investigación, se tiene una correlación fuerte, lo que nos indica que los valores están más cerca a la recta.

**Tabla 24**

*Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01175 software Magnet Tools.*

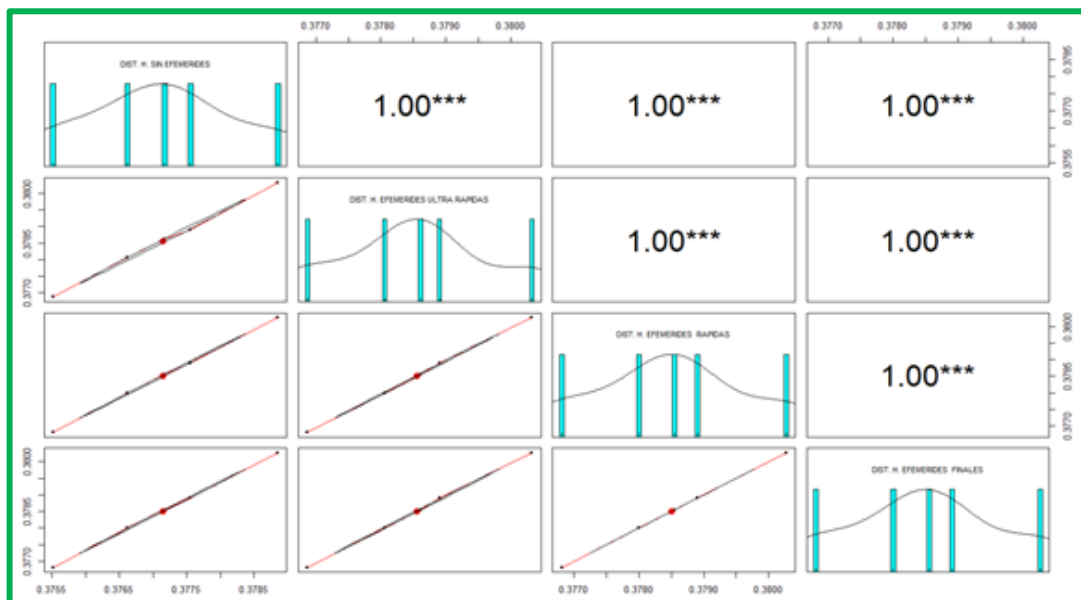
VARIABLE	M	SD	1	2	3
1. DIST. H. SIN EFEMÉRIDES	0.38	0.00			
2. DIST. H. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	0.38	0.00	1.00** [0.99, 1.00]		
3. DIST. H. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	0.38	0.00	1.00** [1.00, 1.00]	1.00** [1.00, 1.00]	

4. DIST. H. EFEMÉRIDES FINALES	0.38	0.00	1.00**	1.00**	1.00**
			[1.00, 1.00]	[1.00, 1.00]	[1.00, 1.00]

*Nota:* M y SD se utilizan para representar la media y la desviación estándar, respectivamente. Los valores entre corchetes indican el intervalo de confianza del 95% para cada correlación. El intervalo de confianza es un rango posible de correlaciones poblacionales que podrían haber causado la correlación muestral (Cumming, 2014). \* indica  $p < .05$  \*\* indica  $p < .01$ .

### Figura 31

*Correlación del punto PUN01175 software Magnet Tools.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Como se muestra en la figura 31 al contrastar del post proceso sin efemérides con los diferentes tipos de efemérides con respecto al punto geodésico PUN01175 se muestra una correlación de 1.00, de acuerdo a la tabla 4 de la presente investigación, se tiene una correlación fuerte, lo que nos indica que los valores están más cercanos a la recta.

**Tabla 25**

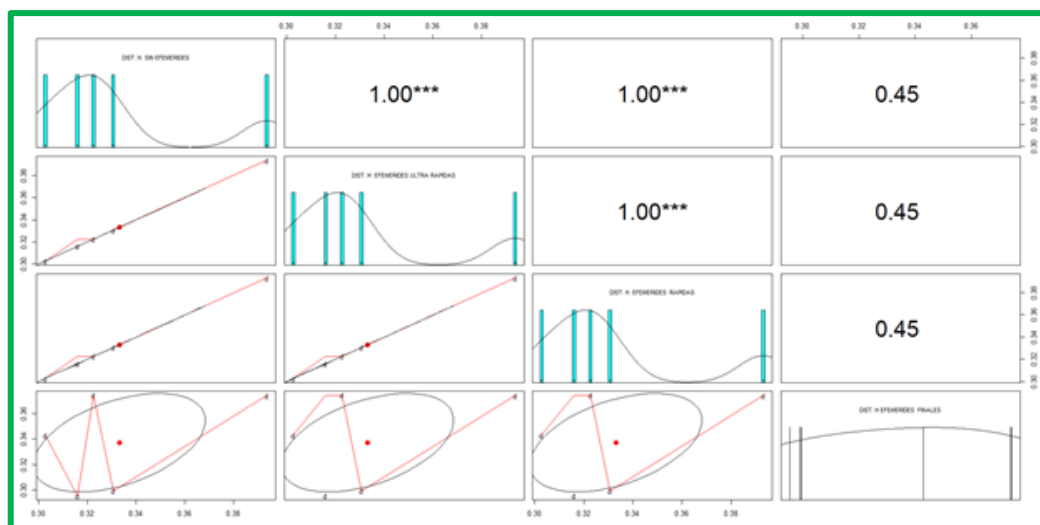
*Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01174 software Leica Infinity.*

VARIABLE	M	SD	1	2	3
1. DIST. H. SIN EFEMÉRIDES	0.33	0.04			
2. DIST. H. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	0.33	0.04	1.00** [1.00, 1.00]		
3. DIST. H. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	0.33	0.04	1.00** [1.00, 1.00]	1.00** [1.00, 1.00]	
4. DIST. H. EFEMÉRIDES FINALES	0.34	0.04	0.45 [-0.71, 0.95]	0.45 [-0.71, 0.95]	0.45 [-0.71, 0.95]

*Nota:* M y SD se utilizan para representar la media y la desviación estándar, respectivamente. Los valores entre corchetes indican el intervalo de confianza del 95% para cada correlación. El intervalo de confianza es un rango posible de correlaciones poblacionales que podrían haber causado la correlación muestral (Cumming, 2014). \* indica  $p < .05$  \*\* indica  $p < .01$ .

**Figura 32**

*Correlación del punto PUN01174 software Leica Infinity.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la figura 32 al contrastar del post proceso sin efemérides con los diferentes tipos de efemérides con respecto al punto geodésico PUN01174 se muestra una correlación de 1.00, de acuerdo a la tabla 4 de la presente investigación, se tiene una correlación fuerte, lo que nos indica que los valores están más cerca a la recta, así mismo se aprecia que al contrastar el post proceso sin efemérides con efemérides finales o precisas se tiene una correlación de 0.45 lo que nos indica de acuerdo a la tabla 4 es una correlación moderada lo que nos indica que algunos puntos están cerca a la recta y otros están lejos de ella.

### Tabla 26

*Medidas, desviación estándar y correlaciones con intervalos de confianza para el punto geodésico PUN01175 software Leica Infinity.*

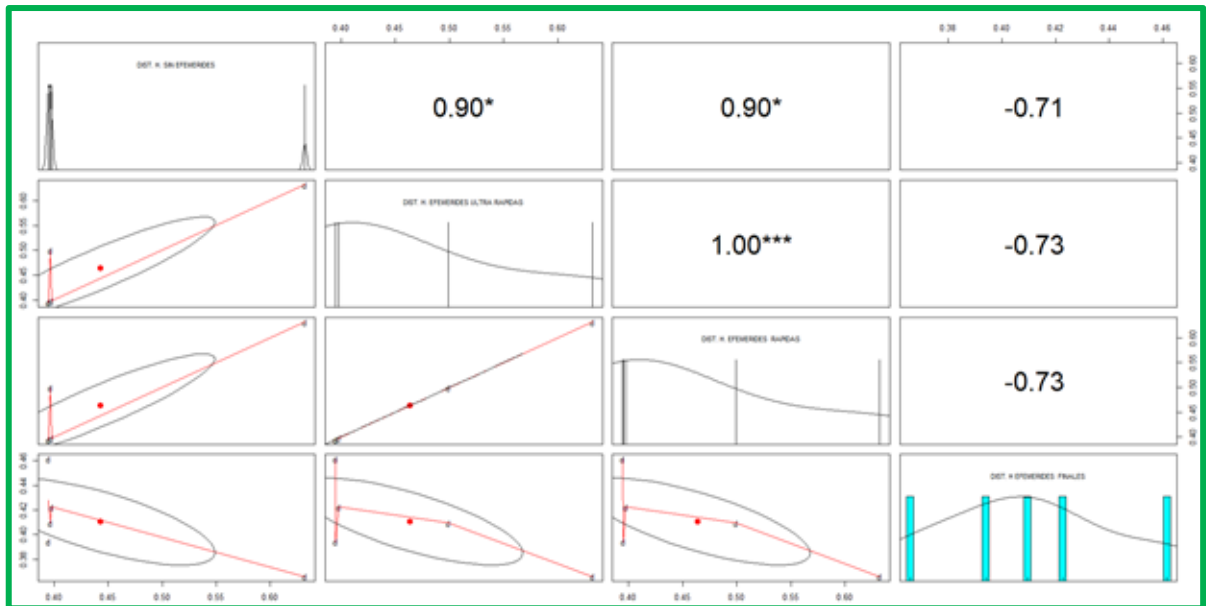
VARIABLE	M	SD	1	2	3
1. DIST. H. SIN EFEMÉRIDES	0.44	0.11			
2. DIST. H. EFEMÉRIDES ULTRA RÁPIDAS	0.46	0.10	0.90* [0.11, 0.99]		
3. DIST. H. EFEMÉRIDES RÁPIDAS	0.46	0.10	0.90* [0.11, 0.99]	1.00** [1.00, 1.00]	
4. DIST. H. EFEMÉRIDES FINALES	0.41	0.04	-0.71 [-0.98, 0.46]	-0.73 [-0.98, 0.43]	-0.73 [-0.98, 0.43]

*Nota:* M y SD representan la media y la desviación estándar, respectivamente. Los valores entre corchetes indican el intervalo de confianza del 95% para cada correlación. El intervalo de confianza es un rango posible de correlaciones poblacionales que podrían haber causado la correlación muestral (Cumming, 2014) \* indica  $p < .05$  \*\* indica  $p < .01$ .



**Figura 33**

*Correlación del punto PUN01175 software Leica Infinity.*



*Nota:* Elaboración Propia.

Como se muestra en la figura 33 al contrastar del post proceso sin efemérides con los diferentes tipos de efemérides con respecto al punto geodésico PUN01175 se muestra una correlación de -0.71, -0.73, 0.9 y 1.00, de acuerdo a la tabla 4 de la presente investigación, se tiene una correlación fuerte, lo que nos indica que los valores están más cercanos a la recta.

Con respecto **al segundo objetivo específico** el mismo que es determinar el periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático, para esto se ha realizado los mismos procedimientos que se indican en el ítem 3.5 de la presente investigación; para el análisis del tiempo se ha considerado los tiempos de rastreo de señal GPS de ambos puntos PUN01174 y PUN01175 en una sola variable, este análisis se ha realizado con los datos del post proceso de cada software que se ha utilizado para la obtención de coordenadas UTM, de lo cual se tiene la regresión que se muestra a continuación.

**Tabla 27**

*Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio Magnet Tools.*

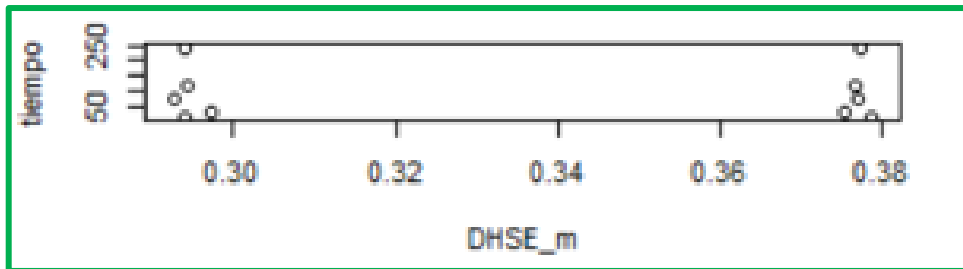
PREDICTOR	b	b 95% CI [LL, UL]	beta	beta 95% CI [LL, UL]	sr <sup>2</sup>	sr <sup>2</sup> 95% CI [LL, UL]	r	Fit
(Intercept)	1259.25	[-2184.30; 4702.80]						
DHSE_m	738722.34	[-1585354.04; 3062798.72]	375.21	[-805.23; 1555.65]	0.10	[-0.22; 0.42]	-	0.00
DHEUR_m	-407586.29	[-3070609.15; 2255436.57]	-209.24	[-1576.32; 1157.85]	0.02	[-0.14; 0.18]	0.01	
DHER_m	31593473.61	[-60852606.54; 24039553.76]	16209.42	[-31221.18; 63640.02]	0.11	[-0.23; 0.46]	0.01	
DHEF_m	-31924968.5	[-126768784.39; 62918847.39]	16375.25	[-65023.41; 32272.92]	0.11	[-0.23; 0.45]	0.01	
<i>R</i> <sup>2</sup> = 0.258								
95% CI [0.00,0.40]								

*Nota:* Un coeficiente de peso b significativo señala que tanto el peso beta como la correlación parcial también son significativos. La variable b representa las ponderaciones de regresión no estandarizadas, mientras que beta indica los pesos de regresión estandarizados. El valor sr<sup>2</sup> representa la correlación parcial al cuadrado, y r denota la correlación de orden cero. Las siglas LL y UL indican los límites inferior y superior, respectivamente, de un intervalo de confianza. La notación \* indica p<.05, y \*\* indica p<.01.

Como se aprecia en la tabla 27, de toda la matriz resultante de los datos del post proceso con el software Magnet Tools, al utilizar el tiempo como criterio en la regresión se tiene el resultado de R<sup>2</sup> = 0.258 lo que nos indica de acuerdo a la tabla 4 se tiene una correlación débil lo que significa que el coeficiente de correlación está cerca de cero, mientras que una correlación fuerte se da cuando el coeficiente de correlación esta cerca a 1 o -1.

### Figura 34

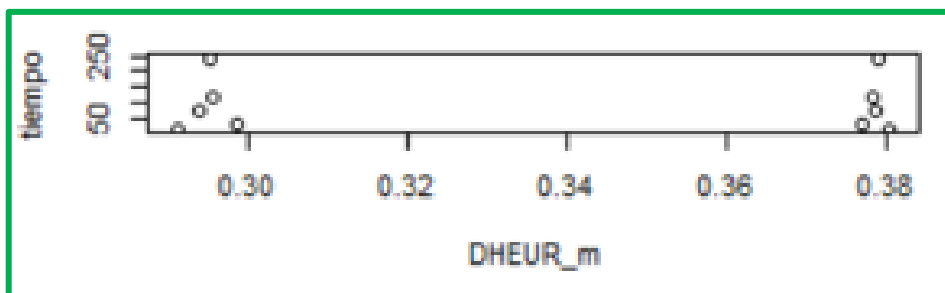
Variable de respuesta Dist. Hz. sin efemérides - Magnet Tools.



Nota: Elaboración Propia.

### Figura 35

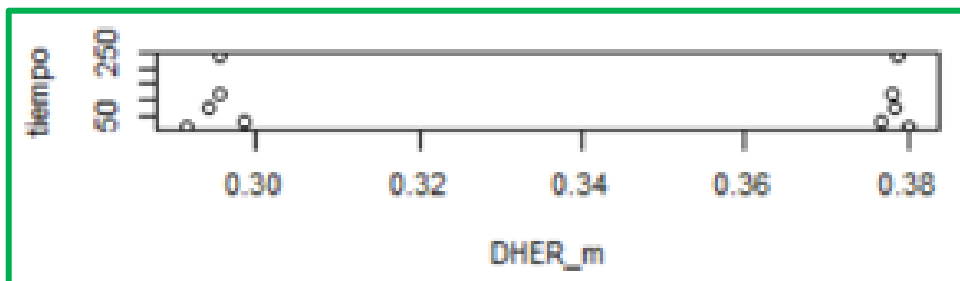
Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides ultra rápidas - Magnet Tools.



Nota: Elaboración Propia.

### Figura 36

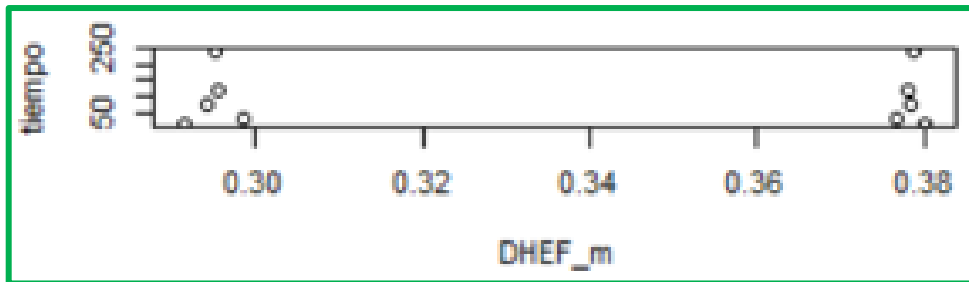
Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides rápidas - Magnet Tools.



Nota: Elaboración Propia.

**Figura 37**

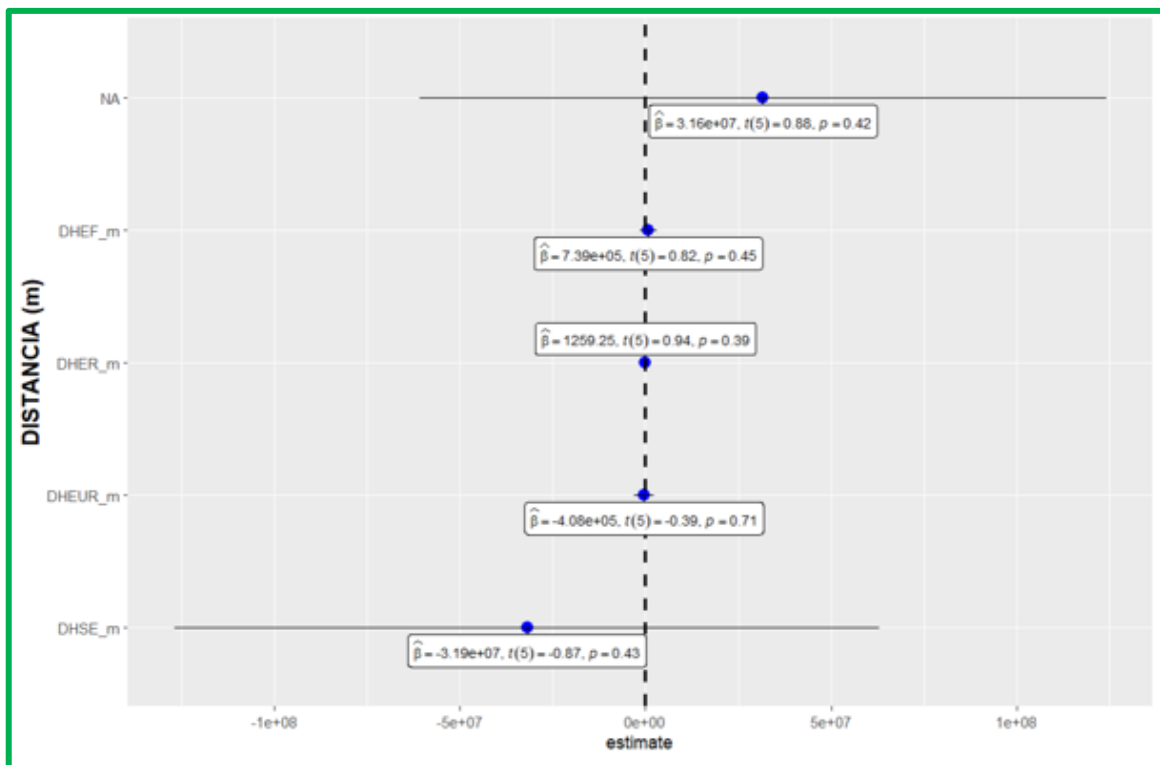
*Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides finales - Magnet Tools.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 38**

*Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio - Magnet Tools.*



*Nota: Elaboración Propia.*

Como se aprecia en las figuras: 34 al 38 de la presente investigación, el análisis estadístico con respecto al tiempo de registro de datos en campo al utilizar el software Magnet Tools en los puntos PUN01174 y PUN01175, se ha considerado las variables

distancia horizontal sin efemérides y con diferentes tipos de efemérides versus el tiempo en minutos se aprecia que el tiempo óptimo de registro de datos en campo sería de 250 minutos equivalente a 4.16 horas.

**Tabla 28**

*Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio Leica Infinity.*

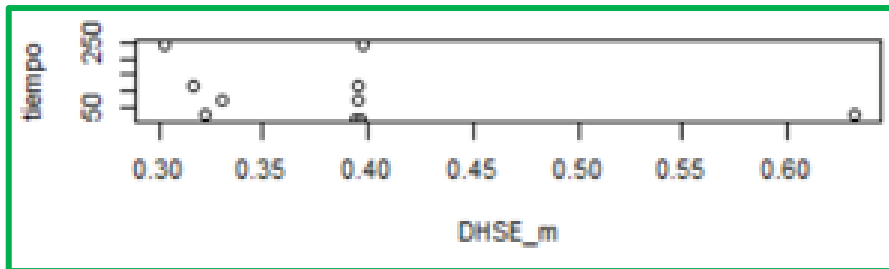
PREDICTO R	b	b 95% CI [LL, UL]	beta	beta 95% CI [LL, UL]	sr <sup>2</sup>	sr <sup>2</sup> 95% CI [LL, UL]	r	Fit
(Intercept)	101.2	[-485.56; 687.95]						
DHSE_m	780.71	[-1768.10; 3329.52]	0.86	[-1.94; 3.65]	0.07	[-0.18; 0.33]	-0.33	
DHEUR_m	181900.7	[-614396.41; 250595.01]	-213.03	[-719.55; 293.49]	0.14	[-0.20; 0.48]	-0.42	
DHER_m	180774.8 4	[-251436.34; 612986.03]	211.72	[-294.48; 717.92]	0.14	[-0.20; 0.48]	-0.42	
DHEF_m	403.19	[-1162.97; 1969.35]	0.24	[-0.71; 1.20]	0.05	[-0.16; 0.27]	0.04	
								R <sup>2</sup> = 0.404
								95% CI
								[0.00,0.55]

*Nota:* Un peso b significativo indica que tanto el peso beta como la correlación semi parcial son estadísticamente significativos. La variable b representa las ponderaciones de regresión no estandarizadas, mientras que beta indica los pesos de regresión estandarizados. El valor sr<sup>2</sup> representa la correlación semi parcial al cuadrado, y r denota la correlación de orden cero. Las siglas LL y UL indican los límites inferior y superior, respectivamente, de un intervalo de confianza. La notación \* indica p<.05, y \*\* indica p<.01.

En la tabla 28, de toda la matriz resultante de los datos del post proceso con el software Leica Infinity, al utilizar el tiempo como criterio en la regresión se tiene el resultado de R<sup>2</sup> = 0.404 lo que nos indica de acuerdo a la tabla 4 se tiene una correlación moderada lo que significa que el coeficiente de correlación presenta algunos puntos cerca a la recta y otros están lejos de ella.

**Figura 39**

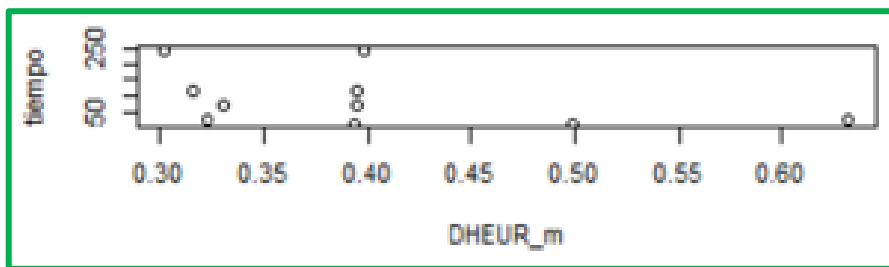
*Variable de respuesta Dist. Hz. sin efemérides - Leica Infinity.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 40**

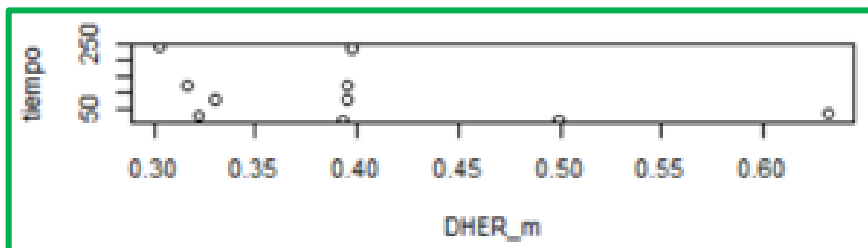
*Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides ultra rápidas - Leica Infinity.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 41**

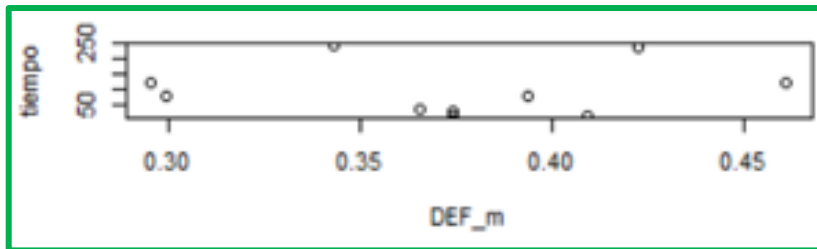
*Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides rápidas - Leica Infinity.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 42**

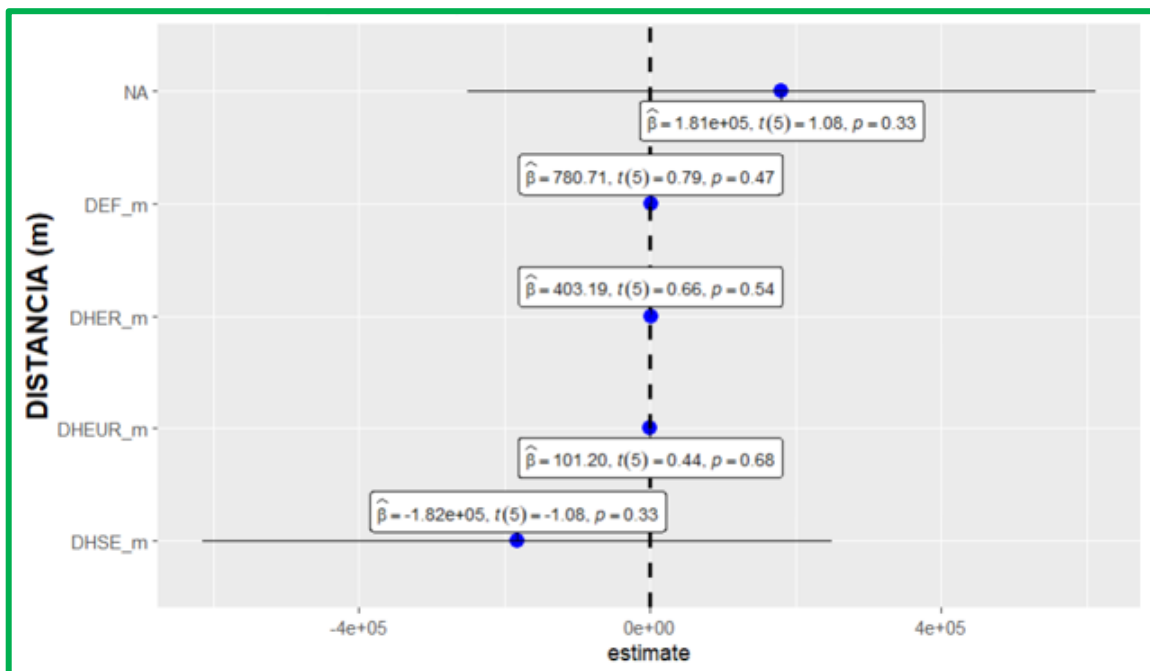
*Variable de respuesta Dist. Hz. efemérides finales - Leica Infinity.*



*Nota: Elaboración Propia.*

**Figura 43**

*Resultados de regresión utilizando el tiempo como criterio - Leica Infinity.*



*Nota: Elaboración Propia.*

Como se aprecia en las figuras: 39 al 43 de la presente investigación, el análisis estadístico con respecto al tiempo de registro de datos en campo al utilizar el software Leica Infinity en los puntos PUN01174 y PUN01175, se ha considerado las variables distancia horizontal sin efemérides y con diferentes tipos de efemérides versus el tiempo



en minutos se aprecia que el tiempo óptimo de registro de datos en campo sería de 250 minutos equivalente a 4.16 horas.





## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Para el objetivo específico: evaluar la precisión de los tipos de efemérides en el post proceso de datos GNSS; se ha llegado al resultado que en el post proceso de datos GPS por el método estático fijo, utilizando el software Magnet Tools v 6.1.0 y Leica Infinity v 3.2.1.3319, sin considerar efemérides, y considerando las efemérides ultra rápidas, rápidas, finales o precisas, se tiene casi el mismo valor en las coordenadas UTM, presentan una variación mínima en milímetros así mismo estadísticamente la correlación es de moderada a fuerte, en ambos puntos geodésicos pre establecidos, por lo que se concluye que es posible utilizar cualquier tipo de efemérides o no utilizarlas ya que la diferencia en los resultados en el post proceso es mínima, en ambos softwares, así mismo va a depender mucho de la predisposición de tiempo de espera para el post proceso de datos GNSS resultado que concuerda parcialmente con la investigación de Pou Peña (2016) titulada “Comparativa de diferentes tipos de efemérides GNSS en cálculo de grandes líneas base con MAGNET OFFICE” desarrollado en Madrid, tras su análisis de resultados, llegó a la conclusión que las mejores efemérides para cálculos GNSS de aplicación topográfica son las rápidas ya que su precisión apenas es mejorada por las efemérides finales y por qué se publican con más de 10 días de diferencia.

#### 4.2. RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

Para el objetivo específico: determinar el periodo de tiempo óptimo de rastreo GNSS estático; al respecto se ha llegado al resultado que para la obtención de datos óptimos en el post proceso estático fijo para una línea base promedio de 46120.34 metros equivalente a 46.120 kilómetros, utilizando el software Magnet Tools v 6.1.0 y Leica



Infinity v 3.2.1.3319 se requiere un período de registro de datos de 250 minutos en ambos softwares, lo que equivale a 4.16 horas de registro cada segundo; este resultado no concuerda con la investigación de Córdor García (2012) titulada “Determinación de tiempo de visado para observaciones satelitales con GPS de alta precisión ” el mismo que llega a la conclusión de desarrollar una función matemática que permite obtener el tiempo mínimo de visado, para una distancia de línea base de hasta 210 Km y precisión de orden C, el cual es  $y = 0.000022x^3 - 0.007834x^2 + 2.660074x + 8.346236$  donde “x” es la distancia en kilómetros, “y” es el tiempo en minutos.

Al reemplazar la línea base promedio utilizada en esta investigación resulta un tiempo óptimo de 116.5236992 minutos, en horas 1.9423 equivalente a 2horas, dicho resultado discrepa notoriamente con el tiempo optimo obtenido con ambos softwares utilizados en la presente investigación.



## V. CONCLUSIONES

Con respecto al primer objetivo específico se concluye que, al no utilizar efemérides o al utilizar los diferentes tipos de efemérides no alteran el resultado del post proceso de líneas bases GNSS utilizando los softwares Magnet Tools v 6.1.0 y Leica Infinity v 3.2.1.3319 en el establecimiento de puntos geodésicos de orden C en modo estático fijo, por lo tanto es posible utilizar cualquier tipo de efemérides o no utilizarlas ya que la diferencia en las coordenadas UTM obtenidas en el post proceso es mínima.

Con respecto al segundo objetivo específico se llega a la conclusión de que el tiempo óptimo de rastreo GNSS en modo estático fijo es de 250 minutos, equivalente a 4.16 horas de registro cada segundo para un alineamiento promedio de 46.120 kilómetros.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis de datos GNSS en modo estático fijo a diferentes distancias y diferentes periodos de tiempo en líneas base de 25, 50, 75 y 100 kilómetros como máximo, tomando en consideración la norma técnica para al establecimiento de puntos geodésicos de orden “C”.
- Se debe realizar el análisis de post proceso de datos GNSS utilizando otros softwares comerciales de otras marcas de equipos.
- Se recomienda establecer puntos de control geodésico en lugares donde no se tenga la presencia de espejos de agua, calaminas u otros objetos reflectantes, debido a que distorsionan las señales satelitales que recepciona los equipos GPS.
- Se recomienda realizar investigaciones geodésicas para establecimiento de puntos geodésicos mediante los métodos N-TRIP, RTK, STOP and GO y otros.
- Se recomienda realizar registro de datos cada segundo durante un periodo de tiempo mayor al que indica la norma técnica de geodesia.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aperez. (06 de 03 de 2017). *La diferencia entre precision y exactitud* .  
<https://www.elblogdelaingenieria.com/la-diferencia-entre-precision-y-exactitud/>
- Berné Valero, J., Anquela Julián, A., & Garrido Villén, N. (2014). *GNSS, GPS: Fundamentos y Aplicaciones en Geomática*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Bureau Hidrográfico Internacional. (2010). *CAPITULO 2 POSICIONAMIENTO*. Monaco: Organizacion Hidrografica Internacional.
- Cóndor García, D. (2012). *Determinacion del tiempo de visado para observaciones Satelitales con GPS de Alta Precisión*. Lima-Perú: Universidad Nacional de ingeniería.
- Cóndor García, D. (2012). *Tesis: "Determinacion del tiempo visado para observaciones satelitales con GPS de alta precisión"*. Lima-Perú.
- Cumming, G. (2014). The New Statistics: Why and How. *Scientific Research*, 25, 7, 9.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0956797613504966>
- De la Cruz Rojas , O. (2011). *Tesis "Topografía y Geodesia en los Estudios a Diseño Final de Carreteras"*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés .
- Fernández - Coppel, I. (2001). *Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM* . España: Universidad de Valladolid.
- Gomez, M., Daniel del Clogiano, Lahitte, C., & Rodriguez Tello, M. (12 de setiembre de 2013). Analisis de la Performance de tres Servicios de Posicionamiento GPS online en Argentina. *Consejo Nacional de Investigacion Cientifica y Tecnicas (CONICET)*.
- Gonzáles Alcaraz, D. (2015). *GPS Diferencial*. Proyecto de Investigacion, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hernández Lalinde, J. (2018). Sobre el uso adecuado del Coeficiente de Correlacion de Pearson. págs. 588-593.  
[https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft\\_5\\_2018/25sobre\\_uso\\_adecuado\\_coeficiente.pdf](https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_adecuado_coeficiente.pdf)



- Instituto Geografico Nacional. (2015). *ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL POSICIONAMIENTO GEODESICO ESTATICO RELATIVO CON RECEPTORES DEL SISTEMA SATELITEL DE NAVEGACIÓN GLOBAL*. LIMA - PERÚ: IGN.
- Medina, F. (01 de 01 de 2010). *¿Qué son los archivos RINEX?* Ecomexico:  
<https://www.ecomexico.net/noticias/detalle/20>
- Medina, F. (01 de enero de 2010). *ECO Topografía*.  
<https://www.ecomexico.net/proyectos/soporte/Varios/Que%20son%20los%20archivos%20RINEX.pdf>
- Mendoza Dueñas, J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Lima-Perú: Maraucano S.A.C.
- National Aeronautics and Space Administration. (s.f.). *NASA's Archive of Space Geodesy Data*.  
[https://cddis.nasa.gov/Data\\_and\\_Derived\\_Products/GNSS/orbit\\_products.html](https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/orbit_products.html)
- Pacino, M. (Octubre de 2017). La Ciencia Geomática presente y futuro. *Revista Argentina de Ingeniería Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina*.
- Pérez Román, I. (s.f.). *Sistemas de posicionamiento y navegacion global mediante satelites*. España.
- Pou Peña, G. (2016). *Comparativa de diferentes tipos de efemérides GNSS en cálculo de grandes líneas base con Magnet Office*. Madrid.
- Topo Servis . (abril de 2016). *Topografía y Servicios del Sureste*.  
<https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/>
- Universidad de Sevilla. (s.f.). *Coeficiente de Correlacion Lineal de Pearson*. Sevilla - España. <https://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>
- Universidad de Sevilla. (s.f.). *GPS Diferencial*. Universidad Publica de Sevilla, Sevilla, España. GPS Diferencial:  
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11417/fichero/Cap%C3%ADtulos+%252F3-+GPS+Diferencial.pdf>
- Videla, M. (s.f.). *La Medicion y los errores*.  
[https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/catedras/Agrimensura/Topografa\\_I/La\\_medicin\\_y\\_los\\_errores.pdf](https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/catedras/Agrimensura/Topografa_I/La_medicin_y_los_errores.pdf)



## ANEXOS

Anexo A: Ficha monográfica de la estación de rastro permanente PU02

Anexo B: Ficha monográfica de los puntos certificados PUN01174 y PUN01175

Anexo C: Certificado de operatividad de los equipos GNSS



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



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

**0. DATOS GENERALES:**

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

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

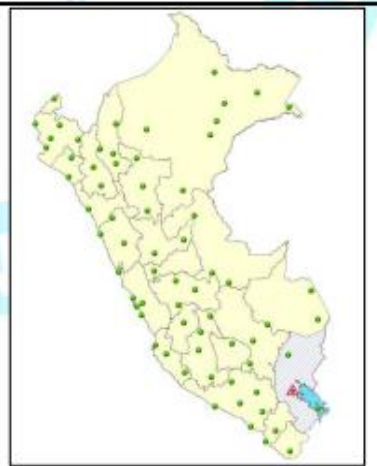
Nombre: Juliaca  
Código Nacional: PU02  
Código Internacional: 42228M001  
Inscripción: Placa de bronce  
Orden de la estación: "0"  
Fecha de monumentación: 3 de abril de 2010



**2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:**

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

**CROQUIS DE UBICACIÓN**



FECHA: 25/04/2023 15:29 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-011929 PU02 1 | 4





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:**

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	Marco de referencia: ITRF2000
--------------------------------------	-------------------------------

**3.1. GEODÉSICAS:**

Latitud (S)	Longitud (O)
15°30'51.75428"	70°10'45.77081"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
3880.6368	0.999797846646

**3.2. CARTESIANAS**

X (m)	Y (m)	Z (m)
2085642.8147	-5786561.0415	-1696048.2441

**3.3. UTM**

Este (m)	Norte (m)
373508.2286	8284432.1650
Zona: 19 Sur	

**INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS**

**4.1. RECEPTOR:**

**Modelo:** NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia  
**N° de serie:** 5742R51312  
**Versión del firmware:** 5.22  
**Fecha de instalación:** 10 de mayo de 2018  
**Ubicación del receptor:** El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco humo empotrada a la pared, ubicada en el Laboratorio del Colegio Adventista del Títicaca de la mencionada universidad.

**4.2. ANTENA:**

**Modelo:** Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble  
**N° de serie:** 1551129465  
**Cubierta protectora:** con domo  
**Medición de la antena:** ARP (Base de soporte de la antena)  
**Altura de la antena:** 0.0750 m  
**Fecha de instalación:** 10 de mayo de 2018  
**Ubicación de la antena:** La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 2.00 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color azul, ubicada en el techo de la oficina de informática de la mencionada universidad.

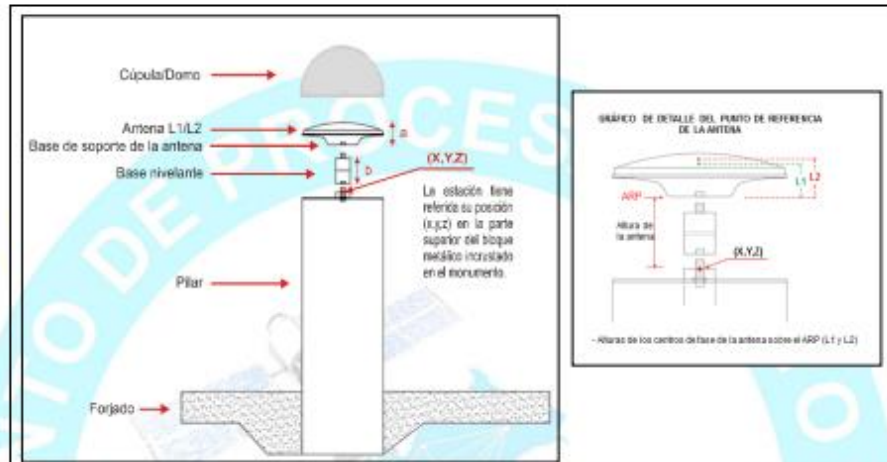


INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



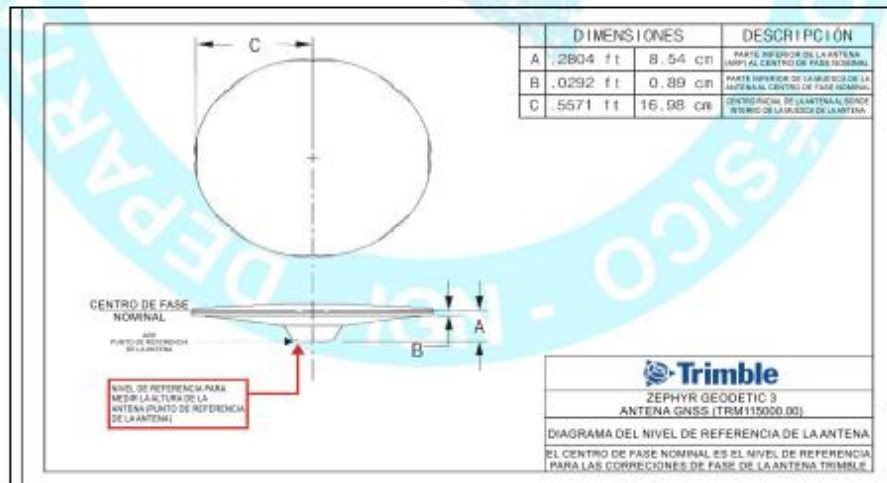
5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



<b>a = 8.54 cm</b>	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
<b>b = 7.50 cm</b>	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO**

Área de mantenimiento: DPG  
Área de control: DPG  
Área de procesamiento: DPG  
Observables: L1, L2, C1, P2  
Intervalo de registro: 5 seg  
Máscara de elevación: 5°  
Archivo diario: 24 HRS  
Formato de archivo nativo: \*T02  
Datos para el procesamiento: 06 al 19 de septiembre de 2020  
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales  
Archivo procesado: Rinex 2.11  
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.71  
Procesador y analista GNSS: Lic. Franklin Maylle Gamarra  
Revisado por: CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

**7. CONTACTOS**

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico  
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú  
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120  
Correo: [cpg@ign.gob.pe](mailto:cpg@ign.gob.pe) / [sirgas\\_peru@ign.gob.pe](mailto:sirgas_peru@ign.gob.pe)  
Web site: [http://209.45.65.186/rastreo\\_permanente](http://209.45.65.186/rastreo_permanente)







**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES



**CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO**

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **PUN01174** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		PUN01174	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
ESTE	389831.738 m	LATITUD	15°54'21.34938" S
NORTE	8241198.850 m	LONGITUD	70°01'44.98868" O
ZONA	19 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	4017,547 m

Datos Generales:

- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. – Dpto.): PUNO - PUNO
- ESTACIÓN GNSS BASE: JULIACA (PU02) - 2020
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: OCTUBRE 2021
- NÚM. CORRELATIVO: 1301 – 2022/IGN/DIG/SDCERTIF

Lima, 28 de Abril de 2022



SILVA CELESTINO Clari Luz  
TTE EP  
Subdirectora de Certificaciones

EVALUADO POR: SO2 EP NAJARRO QUINTO JHONATAN JESUS

**COMPETENCIA**

*La certificación del punto geodésico y el resultado obtenido, no certifica ni define límites de propiedad o posesión.*



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES



**CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO**

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **PUN01175** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

<b>CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO</b>		PUN01175	
<b>COORDENADAS WGS-84</b>			
<b>UTM</b>		<b>GEODÉSICAS</b>	
<b>ESTE</b>	389727.895 m	<b>LATITUD</b>	15°54'16.21091" S
<b>NORTE</b>	8241356.249 m	<b>LONGITUD</b>	70°01'48.45448" O
<b>ZONA</b>	19 Sur	<b>ALT. ELIPSOIDAL</b>	4035.451 m



**Datos Generales:**

- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. – Dpto.): PUNO - PUNO
- ESTACIÓN GNSS BASE: JULIACA (PU02) - 2020
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: OCTUBRE 2021
- NÚM. CORRELATIVO: 1302 – 2022/IGN/DIG/SDCERTIF



Lima, 28 de Abril de 2022



*Silva Celestino Clari Luz*  
SILVA CELESTINO Clari Luz  
TTE EP  
Subdirectora de Certificaciones

*EVALUADO POR: SO2 EP NAJARRO QUINTO JHONATAN JESUS*

**COMPETENCIA**

*La certificación del punto geodésico y el resultado obtenido, no certifica ni define límites de propiedad o posesión.*





Nº 0554-23

**CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD**

Nuevo
Alquiler
Operatividad
Mantenimiento
Reparación
Garantía

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE	: SAUL SARDON FLORES
RUC	: 10408186256
DIRECCION	: AV. CIRCUVALACION SUR # 1480 - PUNO

IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO	
INSTRUMENTO	: RECEPTOR GNSS L1 C/A, L2E, L2C, L5
MARCA	: TOPCON
MODELO	: HIPER HR
SERIE	: 1388 - 11601
	: 1388 - 11574

GEOCAF TOPOGRAFIA SAC, Mediante su laboratorio de servicio tecnico, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones tecnicas de fabrica en lo referente a la precision obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO :		
Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK		
Con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post		
Los receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion año 2012 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los sistemas GNSS.		

EQUIPOS RECEPTOR GNSS L1/L2 CA RTK	POST PROCESO	RTK
VERTICAL	3.5mm + 0.4ppm	10mm + 0.8ppm
HORIZONTAL	3mm + 0.1ppm	5MM + 0.5ppm

SE EXPIDE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA PARTE INTERESADA, PARA LOS FINES QUE ESTIME CONVENIENTE.

SE SUGIERE EFECTUAR UNA REVISION EN EL PERIODO MAXIMO DE 06 MESES ANTES DEL 19 DE ABRIL DEL 2024

Los Olivos 19 de Octubre del 2023



Felix J. Biverio E.  
GERENTE



Cesar Rivera Sanchez











☎ Cel: 959 163 118

☎ Telf: (01) 633-1707

✉ geocaf090568@gmail.com

📍 Av. Las Palmeras N° 3992 - Los Olivos Lima-Perú





## FORMATO N°1

\*\*\*\*\*  
SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA  
PROFESIONAL INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado **PRECISIÓN DE DISTINTOS TIEMPOS DE RASTREO GNSS ESTÁTICO CON DIFERENTES EFEMÉRIDES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS GEODESICOS DE ORDEN C**, con código **PILAR N° 2023-2426** presentado por el bachiller **LESLY ESTRELLA PONCE RAMIREZ**, el jurado revisor lo declara:

APTO ( X )

Por tanto, esta expedido para la sustentación presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día 26 de enero del 2024 a las 10:00 horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectuó los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

En Puno (C.U.), a los 19 días del mes de enero del 2024.

Ph.D. Elmer Elio Calizaya Llatasi  
Presidente

Ing. Juan Esteban Araoz Barrios  
Primer miembro

Ing. William Fredy Copalón Canahua  
Segundo miembro

Ing. Saul Sardon Flores  
Director o asesor de Tesis

Lesly Estrella Ponce Ramirez  
Tesisista

### PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaro como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el tramite y la publicación de la exposicion y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, con las respectivas medidas de bioseguridad para dicho acto. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (e)

Puno C.U. 19 de enero del 2024

M. Sc. Luis Alberto Mamani Huanca  
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPITA



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo LESLY ESTRELLA PONCE RAMIREZ,  
identificado con DNI 75466079 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" PRECISIÓN DE DISTINTOS TIEMPOS DE RASTREO GNSS ESTÁTICO  
CON DIFERENTES EFEMÉRIDES PARA EL ESTABLECIMIENTO  
DE PUNTOS GEODÉSICOS DE ORDEN C "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella





### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo LESLY ESTRELLA PONCE RAMIREZ identificado con DNI 75466079 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"PRECISIÓN DE DISTINTOS TIEMPOS DE RASTREO GNSS ESTÁTICO CON DIFERENTES EFEMÉRIDES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS GEODÉSICOS DE ORDEN C"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de ENERO del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella