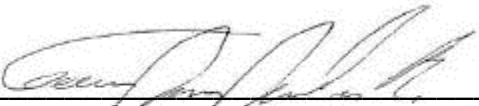


ANEXO 1.

GEORREFERENCIACIÓN



**CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO VIDA PARA EL ADULTO MAYOR
EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL - META.**



GEOVANI ARTURO ALARCÓN BLANCO
Topógrafo M.P. 01-1125
Septiembre 2025



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	LOCALIZACIÓN	4
2.1	Localización específica	5
3	ALCANCES DEL ESTUDIO.....	6
4	GEOREFERENCIACIÓN.....	6
4.1	GENERALIDADES.....	6
4.2	RECURSO	7
4.3	Actividades Realizadas	7
5	CÁLCULOS	10
5.1	Cálculo de la Ondulación Geoidal.....	11
5.2	CAMBIO DE ÉPOCA Y TRANSFORMACIÓN	12
5.3	Cálculo de Velocidades.....	14
6	RESULTADOS	16
7	CONCLUSIONES	17



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Geográficas de la Base VPOM	16
Tabla 2 Coordenadas GPS instaladas Origen Central Magna Sirgas	16
Tabla 3 Coordenadas Geográficas.....	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización del municipio.....	5
Figura 2 Localización de la zona de estudio	5

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Placa de aluminio, GNSS-01	8
Ilustración 2 Placa de aluminio, GNSS-02	8
Ilustración 3 Localización GPS red activa MAGNA-ECO	9
Ilustración 4 Lectura con GPS Hi target GNSS-01	9
Ilustración 5 Lectura con GPS Hi target GNSS-02	10
Ilustración 6 Calculo Ondulación Geoidal.....	11
Ilustración 7 Referencia de Época.....	13
Ilustración 8 Calculo Cambio de Época.....	13
Ilustración 9 Calculo Velocidad GNSS-01	15
Ilustración 10 Postproceso entre VPOM y GNSS 01	15

1 INTRODUCCIÓN

La georreferenciación de puntos de control constituye un proceso esencial en la ingeniería topográfica, ya que asegura la correcta ubicación espacial de los elementos que servirán como referencia en el desarrollo de proyectos de infraestructura. En el marco del proyecto construcción del centro vida para el adulto mayor en el municipio de Cumaral - Meta, se realizó la georreferenciación de dos mojones destinados a servir como punto de apoyo topográfico, con el fin de garantizar la precisión en la localización y delimitación del área de intervención.

Este procedimiento se ejecutó mediante el uso de sistemas de posicionamiento global (GNSS) de alta precisión, aplicando técnicas diferenciales para la obtención de coordenadas en el sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS / Origen Central (EPSG:3116), de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la normativa vigente en Colombia. La adopción de este marco de referencia geodésico permite la integración de la información obtenida con bases cartográficas oficiales y con los diferentes estudios complementarios requeridos para el diseño.

En el presente informe se describen los objetivos, la metodología de campo y de gabinete, las especificaciones técnicas de los equipos empleados, el procesamiento de datos y los resultados obtenidos, con el propósito de proporcionar un insumo confiable y verificable para las etapas posteriores de diseño y construcción del proyecto. La precisión alcanzada en la georreferenciación constituye un factor determinante para garantizar la coherencia espacial de los planos, la compatibilidad con futuros replanteos en obra y la toma de decisiones técnicas y administrativas.

2 LOCALIZACIÓN

El proyecto construcción del centro vida para el adulto mayor en el municipio de Cumaral – Meta se localiza en la jurisdicción del municipio de Cumaral, departamento del Meta, en la región de la Orinoquía colombiana.

El área de intervención se encuentra dentro del casco urbano de Cumaral, en un predio destinado por la administración municipal para la construcción de la infraestructura proyectada. Dicho terreno presenta fácil accesibilidad mediante la malla vial existente, lo que facilita el desarrollo de las actividades de levantamiento topográfico, georreferenciación y posteriores fases constructivas.

La georreferenciación de los mojones de control se realizó en el sitio destinado como punto base del proyecto, empleando coordenadas referidas al sistema oficial MAGNA-SIRGAS / Origen Central (EPSG:3116). Este punto geodésico constituye el referente espacial para los estudios y diseños, asegurando la compatibilidad con la cartografía oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y con los instrumentos de planificación territorial del municipio.

El predio se encuentra aproximadamente a una altitud media de 413.308 m s. n. m., con coordenadas geográficas cercanas a:

- Latitud: 4° 15' 52.80"
- Longitud: 73° 29' 2.66"

De esta manera, la localización del proyecto no solo responde a criterios de accesibilidad y pertinencia urbana, sino que también se enmarca dentro de los parámetros técnicos y normativos que garantizan la correcta integración espacial de la obra en el contexto municipal y departamental.

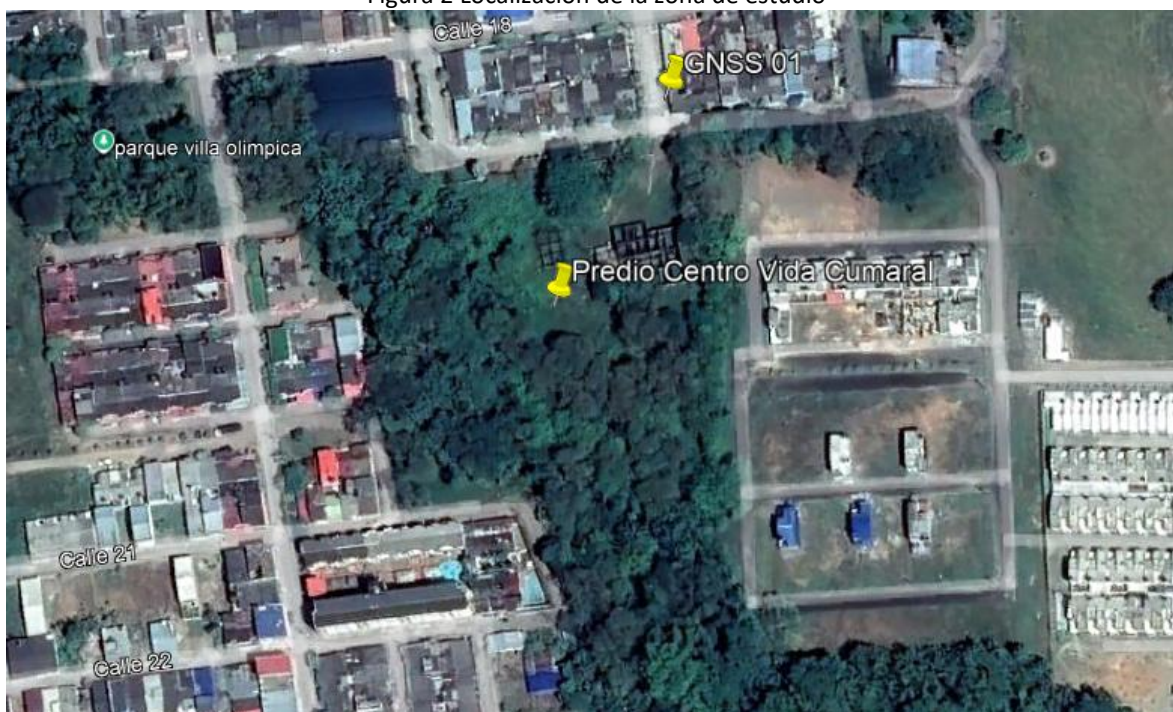
Figura 1 Localización del municipio



2.1 Localización específica

El predio se encuentra ubicado en inmediaciones de la calle 19 y la carrera 16 en el casco urbano del municipio de Cumaral, Meta, su posición astronómica es la siguiente (Longitud: 4°15'52.80" N Longitud: 73°29'2.66" O).

Figura 2 Localización de la zona de estudio



Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacentro, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

3 ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio de georreferenciación tuvo como propósito establecer con precisión la ubicación espacial de dos mojones de control topográfico, el cual servirán como puntos de referencia para los levantamientos y diseños del proyecto construcción del centro vida para el adulto mayor en el municipio de Cumaral – Meta.

El alcance comprende:

- Instalación y marcación física de los mojones en puntos estratégicos dentro del área destinada para el proyecto, asegurando su estabilidad y permanencia en el tiempo.
- Levantamiento de coordenadas precisas mediante observaciones GNSS (Global Navigation Satellite Systems), aplicando técnicas diferenciales y referidas al sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS / Origen Central (EPSG:3116).
- Procesamiento y ajuste de datos obtenidos en campo, utilizando software especializado para garantizar la confiabilidad de las coordenadas.
- Registro de información complementaria, como descripción física del mojón, croquis de ubicación, fotografías de campo y fichas técnicas de instalación.
- Entrega de resultados en formato técnico: coordenadas UTM y geográficas, informe descriptivo, y archivos digitales compatibles con los sistemas CAD y GIS utilizados en los estudios y diseños.

El estudio no contempla actividades de levantamiento topográfico detallado del predio, diseño de la infraestructura ni obras civiles, los cuales corresponden a fases posteriores dentro del alcance general del proyecto.

Con este procedimiento, se garantiza que la información espacial producida cuente con la precisión y confiabilidad necesarias para servir como base en la etapa de estudios y diseños, así como para los futuros procesos de replanteo y construcción.

4 GEOREFERENCIACIÓN

4.1 GENERALIDADES

Con los equipos de precisión se da lectura a los mojones GNSS-01 y GNSS-02, con los datos de campo obtenidos se realiza el cálculo con la base del IGAC (VPOM) de

la Red Activa Magna – Eco del IGAC, con el fin de obtener coordenadas con alta precisión.

4.2 RECURSO

Para la Georreferenciación se dispuso de una comisión de topografía conformada por un topógrafo y dos cadeneros y los siguientes equipos:

EQUIPO	IMAGEN	CANTIDAD
Receptor GNSS Efix C5		2
Accesorios complementarios: trípode, bastón, colector, bípode, antenas, baterías, base nivelante, maleta.		2

4.3 Actividades Realizadas

Se localizan los mojones con placa en aluminio previamente instalados, marcados con el nombre de GNSS-01 y GNSS-02 respectivamente, las placas se ubican en zonas despejadas totalmente, garantizando así la recepción de los satélites en modo estático con los GNSS Efix C5.

Ilustración 1 Placa de aluminio, GNSS-01



Fuente: elaboración propia

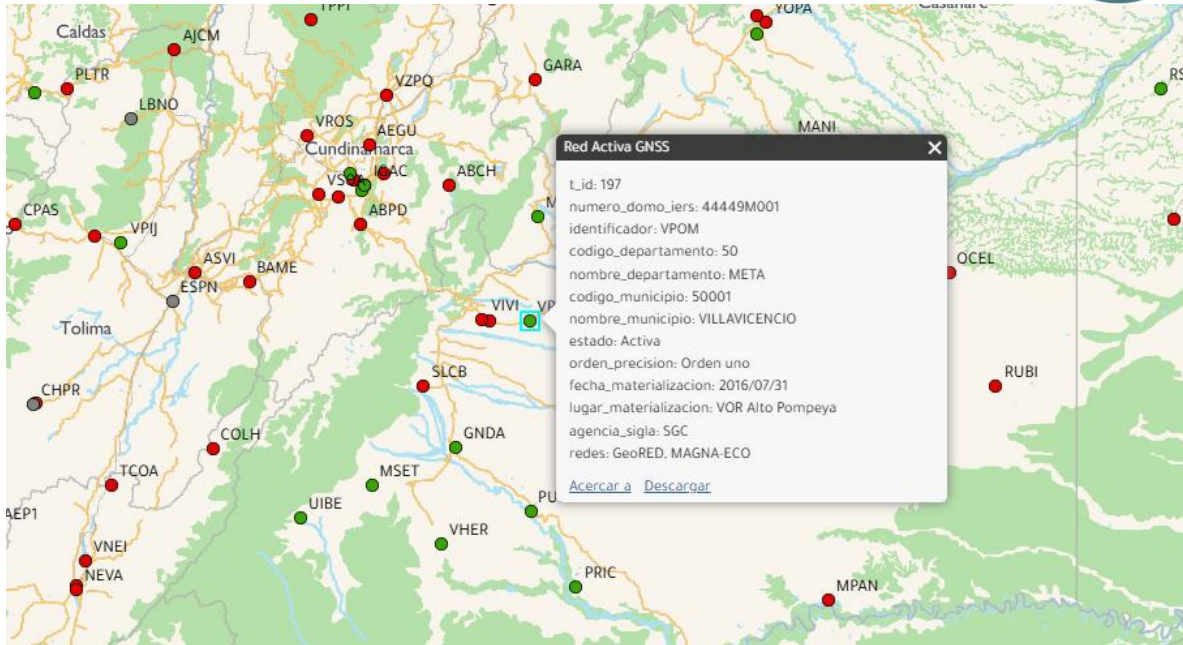
Ilustración 2 Placa de aluminio, GNSS-02



Fuente: elaboración propia

Se utilizó como punto base el Mojón del IGAC identificado como VPOM, perteneciente a la Red Activa MAGNA-ECO, el cual constituye una estación geodésica oficial con coordenadas previamente determinadas y homologadas al sistema de referencia nacional. Este mojón sirvió como apoyo principal para la georreferenciación, asegurando la vinculación directa al marco geodésico MAGNA-SIRGAS y garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Ilustración 3 Localización GPS red activa MAGNA-ECO



Simultáneamente se inicia con la captura de datos de los GPS ubicados en la zona aferente al proyecto y la base, donde para distancias menores a ochenta (80) kilómetros, con equipos de doble frecuencia L1/L2, según la fórmula para el cálculo de tiempo de rastreo del IGAC “ $t=65+(3*(d-10))$ ”, garantizando así la recepción de los satélites donde (t= tiempo de rastreo y d= distancia en km), del punto a georreferenciar a la base en distancia es de 24.57 km, estos se leen en parejas en un periodo de dos horas.

Ilustración 4 Lectura con GPS Hi target GNSS-01



Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacento, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

Ilustración 5 Lectura con GPS Hi target GNSS-02



Tomados los datos de los puntos GPS en modo estático se utiliza los datos Rinex para realizar el postproceso. El cual se hizo con la estación de operación continua del IGAC base (VPOM), GNSS-01 y GNSS-02, se encuentran ubicados sobre la calle 19 y la calle 16 en el municipio de Cumaral, Departamento del Meta.

5 CÁLCULOS

Se obtienen los siguientes datos y precisiones en el ajuste del proceso del GPS del IGAC base (VPOM) y los puntos GNSS-01 y GNSS-02, en los programas de Postproceso.

El procedimiento se basó en el modelo IGAC de alta resolución GEOCOL2004, disponible en el documento titulado "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR UTILIZANDO EL SISTEMA GPS", el cual se encuentra en el siguiente enlace:

 https://redgeodesica.igac.gov.co/documentos/obtencion_de_alturas.pdf

Dicho método considera la nivelación desde un datum vertical, asegurando que las cotas obtenidas sean precisas y consistentes con el sistema geodésico nacional.

Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacento, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

5.1 Cálculo de la Ondulación Geoidal

En los procesos de georreferenciación, es fundamental establecer correctamente la altura de un punto en la superficie terrestre. Para ello, se deben distinguir dos tipos de alturas:

- **Altura elipsoidal (h):** Es la que entregan directamente los equipos GNSS (como GPS), y se refiere a la distancia entre el punto y el elipsoide de referencia (como el GRS80 o WGS84).
- **Altura ortométrica (H):** Es la altura que comúnmente usamos en topografía e ingeniería, medida desde el nivel medio del mar (el geoide) hasta el punto en cuestión.

Dado que los equipos GNSS no miden directamente la altura ortométrica, se requiere aplicar una corrección conocida como ondulación Geoidal (N), la cual representa la diferencia entre el geoide y el elipsoide en un punto determinado.

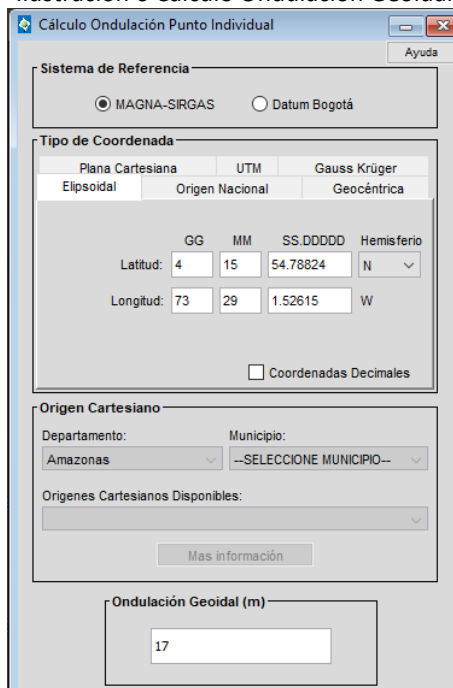
Esta relación se expresa mediante la fórmula:

$$H = h - N$$

Donde:

- H = Altura ortométrica
- h = Altura elipsoidal (obtenida por GNSS)
- N = Ondulación Geoidal (calculada a partir de un modelo Geoidal)

Ilustración 6 Calculo Ondulación Geoidal



Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacentro, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

5.2 CAMBIO DE ÉPOCA Y TRANSFORMACIÓN

Dado que los sistemas de referencia geodésicos están sujetos a variaciones temporales debido a movimientos tectónicos, para garantizar la consistencia de los datos, se realizó la transformación de coordenadas entre épocas de referencia.

1. Épocas de Referencia Consideradas:

- Los datos brutos obtenidos en campo están referenciados a la época de la Red Magna-Eco del IGAC en el sistema WGS84 (2370, época 2025.439).
- Se requirió transformar estos datos a la época de referencia oficial utilizada para el proyecto.

2. Metodología de Transformación:

- Se utilizó el modelo de velocidades de la Red Geodésica Nacional del IGAC para realizar la conversión de época.
- Se aplicó el método de propagación de coordenadas, considerando desplazamientos geodésicos en función del tiempo.
- Se empleó el software que permite la interpolación de velocidades y la conversión de coordenadas a la época de referencia del proyecto.

3. Validación del Cambio de Época:

- Se compararon las coordenadas transformadas con los valores oficiales de la Red Activa Magna-Eco.
- Se verificó que la diferencia entre las coordenadas obtenidas y las de referencia fuera inferior a **±2 cm**, garantizando así una alta precisión en la georreferenciación.

Este procedimiento asegura la correcta estandarización de las coordenadas georreferenciadas, evitando discrepancias con la cartografía oficial y garantizando la precisión en la localización de los mojones GNSS-01 y GNSS-02.

Ilustración 7 Referencia de Época

DGFI-TUM: Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut
Technische Universität München
SIRGAS Analysis Centre at DGFI-TUM
Contact: <https://www.sirgas.org/>, lm.sanchez@tum.de

Citation:
Sánchez L., Drewes H., Kehm A., Seitz M. (2022).
SIRGAS reference frame analysis at DGFI-TUM.
Journal of Geodetic Science, 12(1), 92-119, 10.1515/jogs-2022-0138

Weekly geocentric Cartesian station positions retrieved from SIRGAS-Repro2
from January 2000 to December 2021 and from DGFI-TUM's operational SIRGAS
combination for the following weeks.

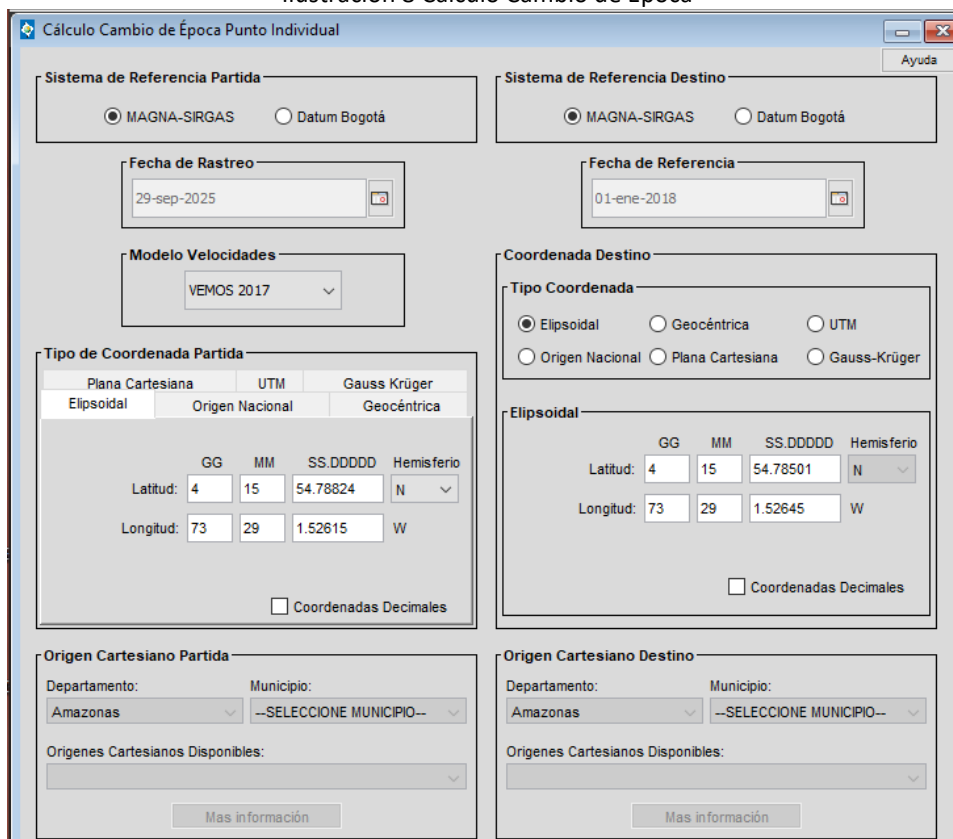
File created on 2025-06-08

Contents:
Column 1: epoch in year.decimals
Column 2: civil date
Column 3: GPS week
Column 4: reference frame
Column 5: station id
Column 6: station domes number
Column 7: coordinate X in meters
Column 8: coordinate Y in meters
Column 9: coordinate Z in meters
Column 10: formal error of coordinate X (σ_X) in meters
Column 11: formal error of coordinate Y (σ_Y) in meters
Column 12: formal error of coordinate Z (σ_Z) in meters

Discontinuities detected at this station:
2021-12-18 Antenna change

2025.439 2025-06-08 2370 VPOM 1819583.48058 -6096769.00863 449439.25193 8.647e-05 1.844e-04 4.794e-05

Ilustración 8 Calculo Cambio de Época



Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacentro, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

5.3 Cálculo de Velocidades

Las imágenes corresponden a un software de cálculo de velocidades geodésicas para un punto individual, utilizado en procesos de georreferenciación y análisis geodinámico. Este tipo de herramienta permite conocer cómo se desplaza un punto sobre la superficie terrestre a lo largo del tiempo, con base en modelos de velocidad derivados de datos GNSS (como el modelo VEMOS 2017).

En este caso, el sistema de referencia utilizado fue MAGNA-SIRGAS, que es el sistema geodésico oficial en Colombia. Las coordenadas ingresadas corresponden al formato elipsoidal (latitud y longitud), con una latitud de $4^{\circ} 15' 54.78824''$ Norte y una longitud de $73^{\circ} 29' 1.52615''$ Oeste.

El modelo de velocidades seleccionado fue VEMOS 2017, que estima el desplazamiento anual de puntos sobre la corteza terrestre en Colombia. Los resultados indican que el punto se desplaza aproximadamente 0.0128 metros por año hacia el norte, lo que equivale a 1.28 centímetros anuales. En la dirección este-oeste, el desplazamiento es prácticamente nulo, con una ligera tendencia hacia el oeste de 0.0012 metros por año.

Además, el sistema proporciona las componentes del desplazamiento en coordenadas cartesianas (X, Y, Z) centradas en la Tierra. Estas indican un movimiento de 0.0009 m/año en X, 0.0012 m/año en Y, y 0.0128 m/año en Z. Estos valores reflejan el movimiento tridimensional del punto en un sistema global, útil para estudios tectónicos o actualización de coordenadas a lo largo del tiempo.

En resumen, este cálculo permite conocer con precisión el desplazamiento anual de un punto geodésico, lo cual es fundamental en proyectos de cartografía, catastro, monitoreo tectónico o infraestructura que requiere alta precisión geográfica.

Ilustración 9 Calculo Velocidad GNSS-01

Cálculo Velocidades Punto Individual

Sistema de Referencia
☒ MAGNA-SIRGAS ☐ Datum Bogotá

Tipo de Coordenada
 Plana Cartesiana UTM Gauss Krüger
 Elipsoidal Origen Nacional Geocéntrica

GG MM SS.DDDDD Hemisferio
 Latitud: 4 15 54.78824 N
 Longitud: 73 29 1.52615 W

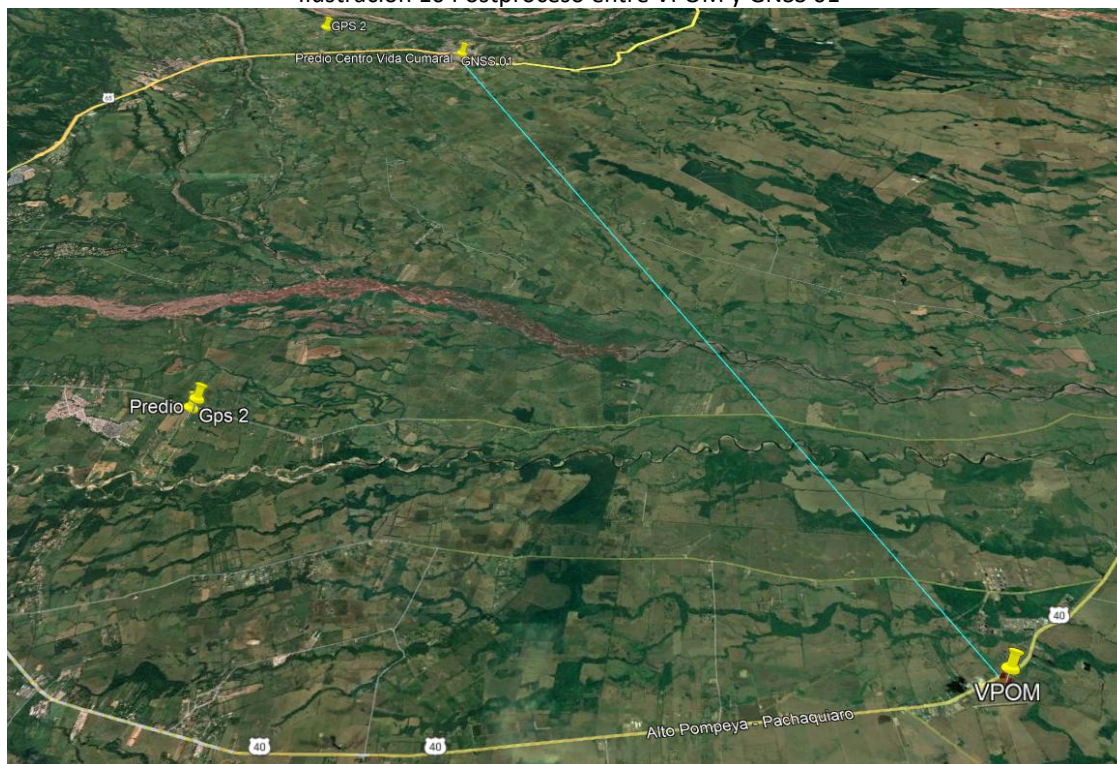
☐ Coordenadas Decimales

Modelo Velocidades
 VEMOS 2017

Origen
 Departamento: Amazonas Municipio: --SELECCIONE MUNICIPIO--
 Origenes Cartesianos Disponibles:

Resultados
 Velocidad Sur-Norte: 0.0128
 Velocidad Oeste-Este: 0.0012
 X: 0.0009
 Y: 0.0012
 Z: 0.0128

Ilustración 10 Postproceso entre VPOM y GNSS 01



Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacento, bloq A ofic 302
 Villavicencio, Meta

6 RESULTADOS

Tabla 1 Coordenadas Geográficas de la Base VPOM

Punto	WGS84 Latitud	WGS84 Longitud	WGS84 Ell. Altura (m)
BASE VPOM	4° 04' 03.82035" N	73° 22' 56.07200" W	329.386

Tabla 2 Coordenadas GPS instaladas Origen Central Magna Sirgas

Punto	Este	Norte	ORTO
GNSS-01	1065915.360	963425.172	397.648
GNSS-02	1065824.860	963406.093	398.596

Tabla 3 Coordenadas Geográficas

Punto	WGS84 Latitud	WGS84 Longitud	ALTURA ELIP
GNSS-01	4° 15' 54.78824" N	73° 29' 01.52615" W	414.621
GNSS-02	4° 15' 54.16941" N	73° 29' 04.46126" W	415.569

7 CONCLUSIONES

- La georreferenciación del mojón permitió establecer un punto de control geodésico confiable y permanente, constituyéndose en el referente espacial para el desarrollo del proyecto construcción del centro vida para el adulto mayor en el municipio de Cumaral - Meta.
- El procedimiento se ejecutó de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y en el sistema oficial MAGNA-SIRGAS / Origen Central (EPSG:3116), garantizando la compatibilidad con la cartografía oficial y con otros estudios técnicos del proyecto.
- La precisión obtenida en las observaciones GNSS y en el procesamiento de datos asegura la validez y exactitud de las coordenadas registradas, lo que facilita la integración de la información en software CAD y GIS, así como su aplicación en replanteos de obra.
- La correcta ubicación y documentación del mojón georreferenciado proporcionan un soporte técnico fundamental para la etapa de diseño y posterior construcción de la infraestructura proyectada, reduciendo riesgos de inconsistencias espaciales y optimizando la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto.