



# **BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA**

**TESIS**

**APLICACIONES DE LA GEODESIA EN ZONAS DE DESLIZAMIENTO DE  
LADERAS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA**

**PRESENTA**

**EDGAR ROJAS JARAMLLO**

**ASESOR: JUAN JOSÉ BENÍTEZ SUÁREZ**

**HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA**

**MAYO 2023**



**BUAP**

Oficio No. SAC/0933/2023

**C. Edgar Rojas Jaramillo -201508129-  
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería  
Topográfica y Geodésica  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**"APLICACIONES DE LA GEODESIA EN ZONAS DE DESLIZAMIENTO DE LADERAS"**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como asesor de tema al Mtro. Juan José Benítez Suárez.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

"Pensar bien para vivir mejor"

H. Puebla de Z. a 22 de mayo de 2023

M. I. Angel Cedilio Guerrero Zamora  
Director



**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**Presente.**

El que suscribe: Mtro. Juan José Benitez Suárez, asesor del tema de tesis:

**"APLICACIONES DE LA GEODESIA EN ZONAS DE DESLIZAMIENTO DE LADERAS"**

Presentada por el C. Edgar Rojas Jaramillo -201508129-, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. SAC/0933/2023 con fecha de emisión 22 de mayo de 2023, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi mas atenta y distinguida consideración.

Atentamente  
"Pensar bien para vivir mejor"  
H. Puebla de Z. a de 30 de mayo de 2023



Mtro. Juan José Benitez Suárez  
Asesor de Tema

M'JJBS/BARV  
C.c.p. Archivo

## **Agradecimientos**

A mi madre, por apoyarme en todos los momentos difíciles de la carrera, por estar a mi lado y nunca dejar de creer en mí, por la paciencia que me tuvo durante este proceso de la carrera ya que este triunfo y logro no solo es mío, sino también de ella que siempre se mantuvo firme conmigo.

Agradezco a mis hermanas que al igual que mi madre siempre me estuvieron apoyado y alentando en seguir para así terminar este proceso, que, aunque con gritos siempre estuvieron a mi lado.

Un especial agradecimiento al Ing. Joel Panohaya Analco, Mtro.Ing. Juan José Benítez Suárez, por su atención, su dedicación durante este trabajo de investigación y el tiempo que me brindaron para realizar este proyecto, al Mtro. Ing. Máximo Ávila Cruz coordinador del colegio por todo su apoyo que me brindo durante este proceso.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo General .....	3
Objetivos Específicos .....	3
CAPITULO 1; DEFINICIONES GENERALES.....	4
1.1 Topografía .....	4
1.2 Geodesia.....	7
1.3 Microredes geodésicas.....	11
CAPÍTULO 2: DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES .....	13
2.1 Poligonación urbana y técnica.....	15
2.2 Micro triangulación .....	20
2.3 Microtrilateración .....	24
CAPITULO 3. APLICACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS.....	25
3.1 Selección de zona de estudio .....	27
3.1.1 Resumen de los municipios seleccionados .....	29
3.2 Actividades de gestión para iniciar trabajos .....	34
CAPITULO 4. TRABAJO DE CAMPO.....	36
4.1 Marco Teórico .....	36
4.2 Elección De La Ruta .....	40
4.3 Monumentación .....	42
4.4 Registro De Campo.....	55
CAPITULO 5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN .....	63
5.1 Tratamiento de los datos .....	63
5.2 Obtención del vector desplazamiento .....	69
5.3 Interpretación de resultados .....	100
5.3.1 Municipio de Necaltepetl .....	100

5.3.2 Municipio de Zihuateutla .....	115
CONCLUSIÓN.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXO 1.....	128
ANEXO 2.....	129
ANEXO 3.....	130
ANEXO 4.....	131

## INTRODUCCIÓN

Los riesgos que se tiene relacionados con los fenómenos naturales y su capacidad de producir daños para sus pobladores o lo que tiene alrededor son un grave riesgo a lo largo de muchos años en diferentes lugares; aquí es donde se aprovecha las diferentes especialidades de la Ingeniería, para aplicar más la geodesia y la Topografía, en la que vamos a tomar en cuenta estas ramas de la ciencia, la cual es una valiosa ayuda hacia los especialistas para diversificar las opciones que se tiene en la prevención de los desastres como el movimiento de tierras especialmente en laderas por diversos factores naturales.

Este proyecto especializado, nos permitió abordar el problema relacionado con estos fenómenos que han causado daños a la población, específicamente el deslizamiento de laderas, el cual ha causado daños materiales, pérdidas humanas en los asentamientos humanos que están cerca o en la base de las mismas laderas.

Con los antecedentes que se tienen sobre estos riesgos que han sufrido los municipios, decidimos abordar el problema relacionado con los fenómenos naturales que han acontecido a lo largo de tiempo, y así coadyuvar desde la Ingeniería Topográfica a prevenir y evitar daños a los pobladores de esas zonas.

Otro enfoque de este trabajo puede darse en el desarrollo urbano de las localidades de distintos municipios sobre todo de la sierra norte, y su falta de seguimiento técnico ingenieril, que se refleja en la alta probabilidad de tener estos fenómenos en la zona de influencia, cerca o sobre la ladera, modificando la estructura de la misma, que va alterando las fuerzas físicas con la que está compactada la tierra y los compuestos que lo conforman.

Esto ha provocado una genuina preocupación al grupo de trabajo (estudiantes - profesores) que se integró en el colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, quienes aportan todo el conocimiento adquirido para poder encontrar algunas alternativas en la prevención sobre los deslizamientos de laderas y predecir el daño que todo esto puede ocasionar.

Los profesores y alumnos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, tuvieron la iniciativa de constituir un grupo de investigación, en el cual se plantearon como objetivo principal, trabajar en conjunto con autoridades de dos municipios que por sus antecedentes y ubicación de riesgo, son propicios para realizar dicha investigación, sobre el deslizamiento de laderas, mediante la implementación de un método que permita medir los deslizamientos del terreno de los asentamientos humanos de estos dos municipios.

En este trabajo se optó por tener otra perspectiva del comportamiento de la ladera a través de un método efectivo y de bajo costo, denominado inclinómetro seco, el cual consiste en comparar los resultados de mediciones hechas en momentos distintos, con un periodo de tiempo prolongado de varios meses, entre las mediciones, el primero ejercicio realizado por el Ingeniero Ernesto Panohaya Amador (miembro del grupo de trabajo), enfocado en el movimiento horizontal de las laderas, identificando la magnitud y dirección que el área de estudio tiene con respecto a las mediciones que se obtuvieron.

Al tener los conocimientos y la experiencia en la aplicación del método que se aplicó, se establecieron estaciones de inclinometría y de poligonales abiertas o puntos de control a lo largos de diferentes caminos de las localidades, previamente seleccionados, por sus ventajas de altura, ubicación, visibilidad y distancia ente puntos.

La descripción e instrumentación que se ocupó, los ejercicios y resultados que se obtuvieron, se darán en este presente trabajo para tener un registro de apoyo para otros compañeros interesados en la continuidad de las actividades, o, para consultas futuras.

El trabajo se realizó en dos diferentes municipios que se encuentran ubicados al Noreste del estado de Puebla, México: Juan Galindo y Zihuateutla, localidades de Necaxatépelt y Tecpatlán respectivamente.



## **Objetivo General**

- Demostrar que el método de Trilateración de alta precisión, mediante el análisis y monitoreo periódico de los sitios de estudio puede prevenir riesgos son un indicador cuantitativo confiable que pueda complementar con otros estudios como el del inclinómetro seco, para la prevención del riesgo de desastres relacionados con el movimiento de laderas en zonas propensas a este fenómeno.

## **Objetivos Específicos**

- Recabar datos e información a través del método de la Trilateración Geodésica, que ayude a la prevención de los organismos de Protección Civil de los municipios donde se localizan las poblaciones estudiadas.
- Analizar el comportamiento de posibles movimientos con los datos recabados periódicamente.
- Comparar resultados obtenidos por el método aplicado en este trabajo, y, el método del inclinómetro seco desarrollado paralelamente en otras tesis del grupo de investigación.

## **CAPITULO 1. DEFINICIONES GENERALES**

Aquí se mencionan de manera general y sintética, las definiciones de varios autores en la bibliografía consultada, de la rama de la Topografía, para expresarse mejor en la terminología y el significado de palabras claves que se mencionan el presente documento, como las siguientes:

### **1.1 Topografía**

Se ha definido tradicionalmente como una ciencia aplicada, encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.



Imagen 1. Fuente: <https://definicion.de/topografia>

En un sentido más general, se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como relieves, los litorales, los cuales son corrientes hídricas.

Una definición más acertada es: La Topografía es la ciencia por medio de la cual se establecen las posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre, encima y debajo de ella, para lo cual se realizan mediciones de distancias, ángulos y elevaciones. (Mario rincón, Wilson, Ernesto, - 1ª. Ed. - topografía; conceptos y aplicaciones.)

También se describe como una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es

decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

(Dante A. México 2014, primera edición, topografía y sus aplicaciones, pág. 2).

La topografía se encuentra relacionada directamente con la tierra, el estudio de la tierra como cuerpo en el espacio le corresponde a la Astronomía; y como globo terrestre en lo que concierne a su configuración precisa y a su medida le corresponde a la Geodesia; pero el hombre tiene necesidad de algo más, de un estudio detallado de un territorio determinado de la tierra, en el cual orientará su existencia diaria.

He aquí donde entra la Topografía: la cual ayuda a determinar los linderos de la propiedad, con sus divisiones interiores y diversos cultivos, las viviendas, los caminos y los ríos, los puentes, los ferrocarriles, los montes con sus valles y barrancos, los bosques, los pantanos, etc., y, en suma, todas aquellas particularidades del terreno que puedan interesar en las cuestiones que se presentan en la necesidad de la práctica.

La Topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes, al igual se puede mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, mediciones de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinadas(replanteo)

Se pueden determinar en diferentes clases de levantamientos, estos pueden ser topográficos o geodésicos.

- Levantamiento topográfico; son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable.
- Levantamiento geodésico; son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.



Imagen 2. Levantamiento geodésico. (Fuente: <https://topografia2020fc.blogspot.com/2020/08/levantamientos-topograficos.html>)

## 1.2 Geodesia

La palabra Geodesia proviene de la palabra griega GEO que significa Tierra y DESIA que significa división así que su significado es división de la Tierra, y la geodesia como ciencia que estudia la forma, dimensiones de la Tierra y el campo de gravedad asociado.

Webster define la geodesia como “rama de la matemática aplicada que determina por la observación y medida las posiciones exactas de puntos, la forma y tamaño de la tierra, y las variaciones de gravedad”.

(Facultad de ingeniería UNAM, cursos 2006, diplomado de Topografía, GeodesiaCA40, ING. Germán García González, Palacio de minería.)

La GEODESIA es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico.

Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas (latitud, Longitud, Altitud). La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye las redes geodésicas, conformadas por una serie de puntos (vértices geodésicos o también señales de nivelación), con coordenadas que configuran la base de la cartografía de un país.

Desde el punto de vista del objetivo de estudios, se puede establecer una división de la geodesia en diferentes especialidades, aunque cualquier trabajo geodésico requiere la intervención de varias de estas subdivisiones:

1. Geodesia geométrica: determinación de la forma y dimensiones de la tierra en su aspecto geométrico, lo cual incluye fundamentalmente la determinación de coordenadas de puntos en su superficie.
2. Geodesia física: Estudio del campo gravitatorio de la tierra y sus variaciones, mares (oceánicas y terrestres) y su relación con el concepto de altitud.
3. Geodesia espacial; Determinación de coordenadas a partir de mediciones efectuadas a satélites artificiales u otros objetos naturales o artificiales

exteriores a la tierra (GNSS, VLBI, SLR, DORIS) y relación con la definición de sistemas de referencia.

4. Microgeodesia: Medida de deformaciones en estructuras de obra civil o pequeñas extensiones de terreno mediante técnicas geodésicas de alta precisión.

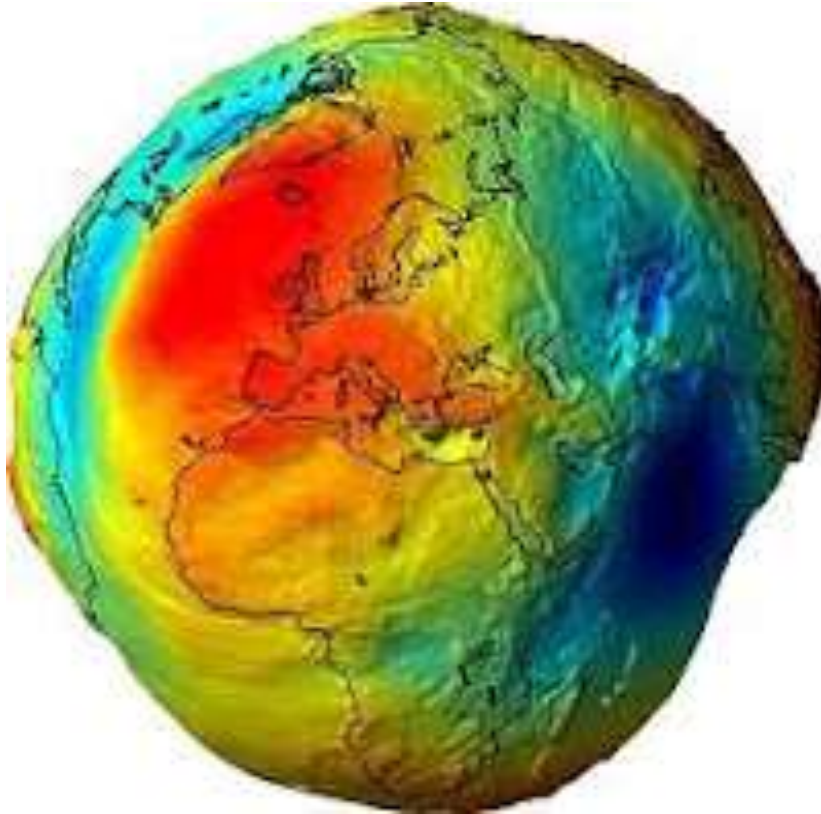
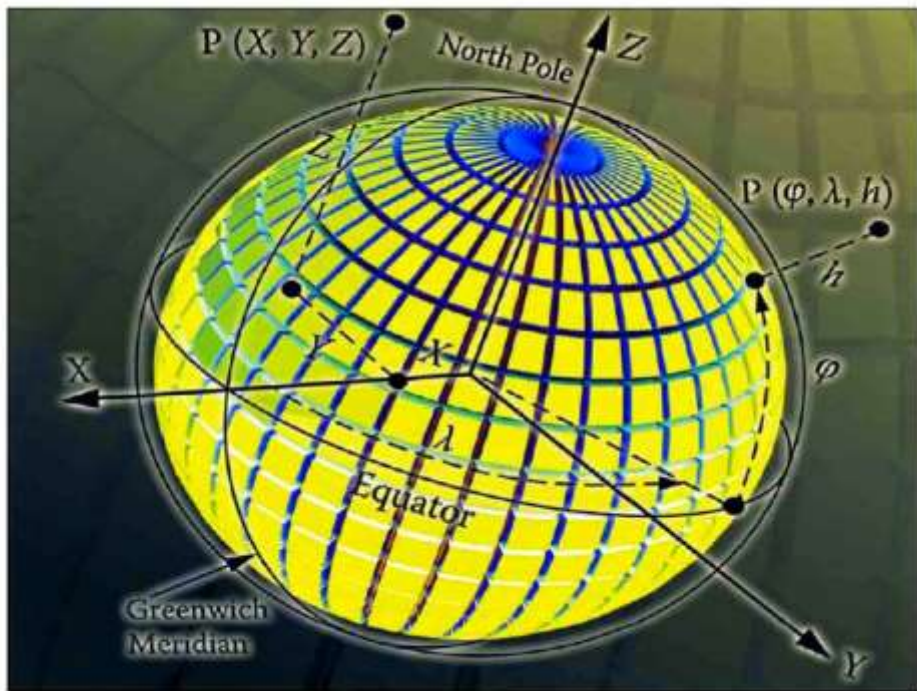
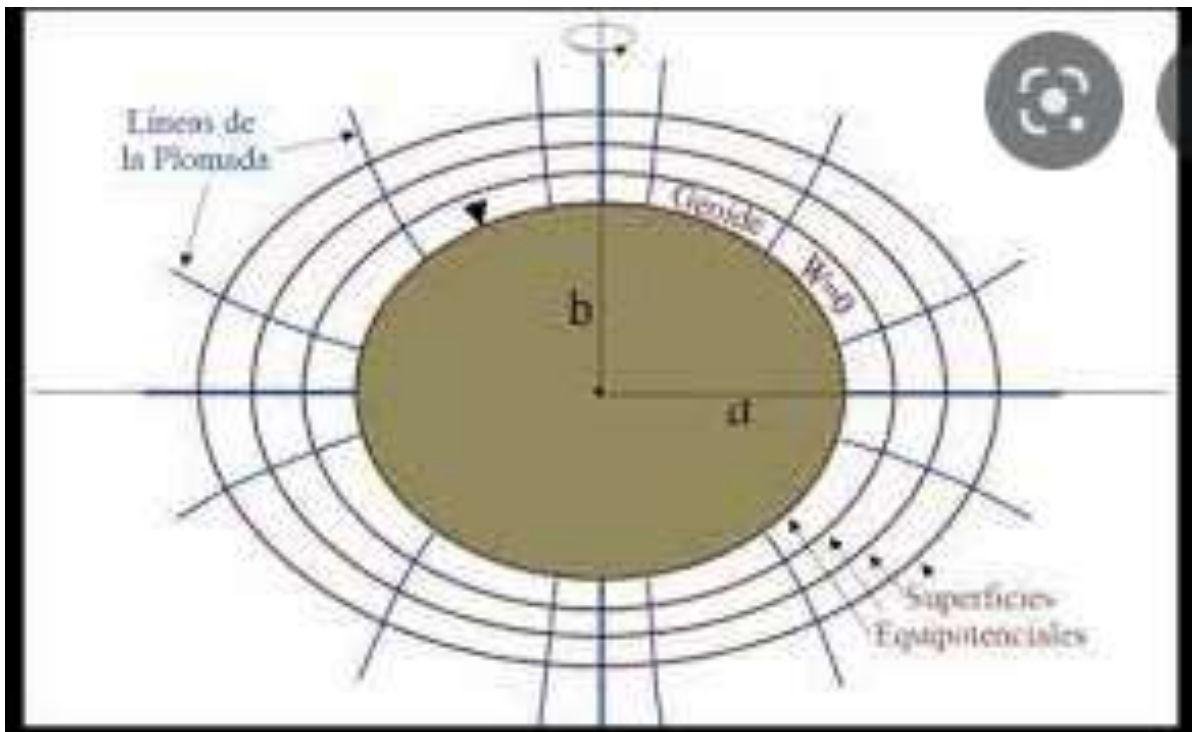


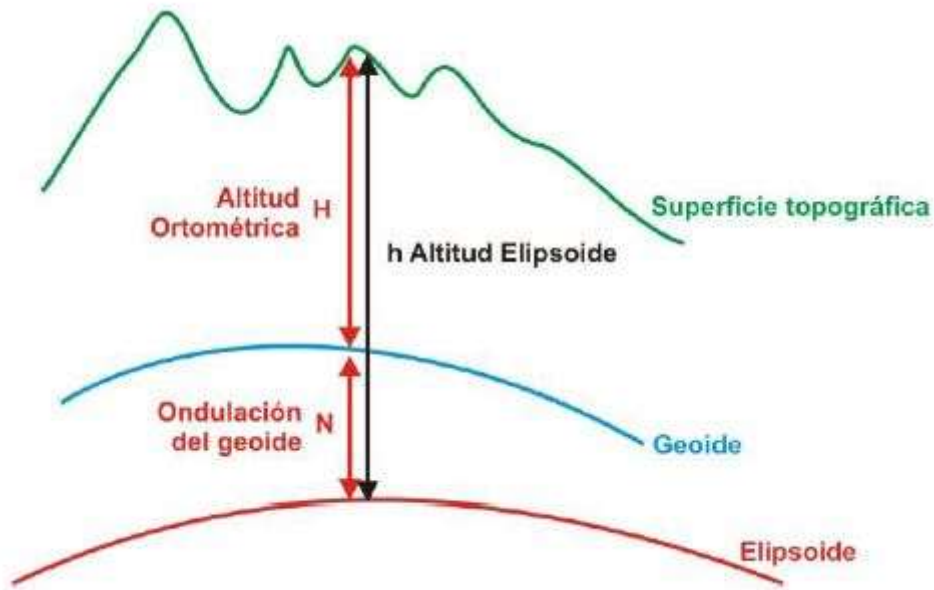
Imagen 3. Geodesia., verdadera forma y dimensiones de la tierra.



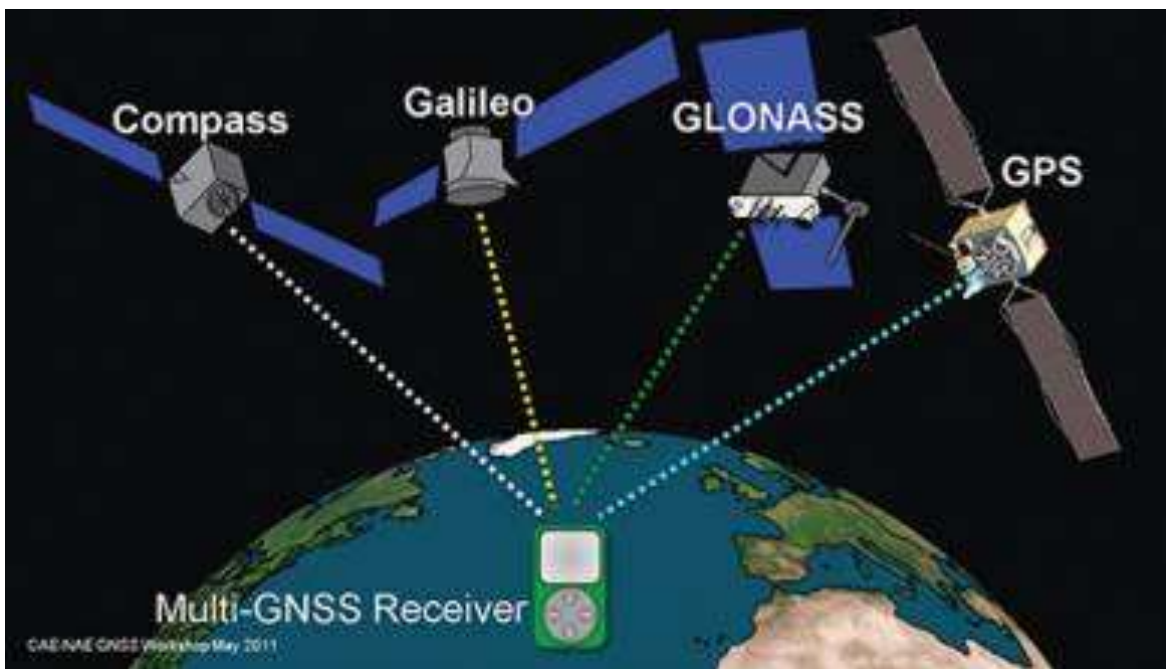
1. Geodesia Geométrica.



2. Geodesia física



2.1 Geodesia física (diferentes altitudes)



3. Geodesia satelital, diferentes satélites a los cuales nos podemos apoyar para obtener coordenadas.



### 1.3 Microredes geodésicas

- La Red Geodésica; es un conjunto de puntos(estaciones) de monitoreo continuo de datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), distribuida estratégicamente en un territorio, en los cuales se determina su posición geográfica (latitud, Longitud y elevación).

En cada estación se efectúa un levantamiento geodésico para determinar su posición altamente precisa derivada directamente de los datos transmitidos por el Sistema de Satélite de Navegación Global (GNSS), mediante la técnica del posicionamiento diferencial, se ofrece información geodésica acorde a las altas precisiones que proporcionan los equipos del sistema de posicionamiento global.

- Otra definición que podemos encontrar con respecto a la red geodésica nacional activa es definida por el INEGI, que bien nos menciona que es un conjunto de estaciones de operación permanente que registra los datos del Sistema de Navegación por Satélite (GNSS), distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Nacional en su vertiente horizontal, y proporcionan servicios de posicionamiento geodésico a los usuarios mediante datos en línea y coordenadas de la más alta exactitud posicional en el país.



Imagen4. Micro red Geodésica. (Imagen obtenida de: <https://icts-yebes.oan.es/reports/doc/IT-CDT-2017-3.pdf>)

## CAPÍTULO 2: DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

En un desplazamiento se puede ver en un vector que se representa por un segmento de línea recta que tiene magnitud, dirección y sentido. Las componentes de un vector son una triada de números reales, que indican posición inicial ( $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ) y la posición final ( $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Z_1$ ) del vector.

Definimos vector de desplazamiento como el vector que une la posición de un punto antes y después de la deformación de un tiempo determinado (Martínez, 2003).

Cualquier deformación puede describirse geoméricamente por el desplazamiento mostrado por los puntos vinculados a la estructura deformable cuando se han movido de su posición inicial. El desplazamiento del punto implica un intervalo de tiempo durante el cual se desarrolló el movimiento.

El conjunto de vectores de desplazamiento definidos por la posición inicial y final de todos los puntos medidos constituyen campo de desplazamiento.

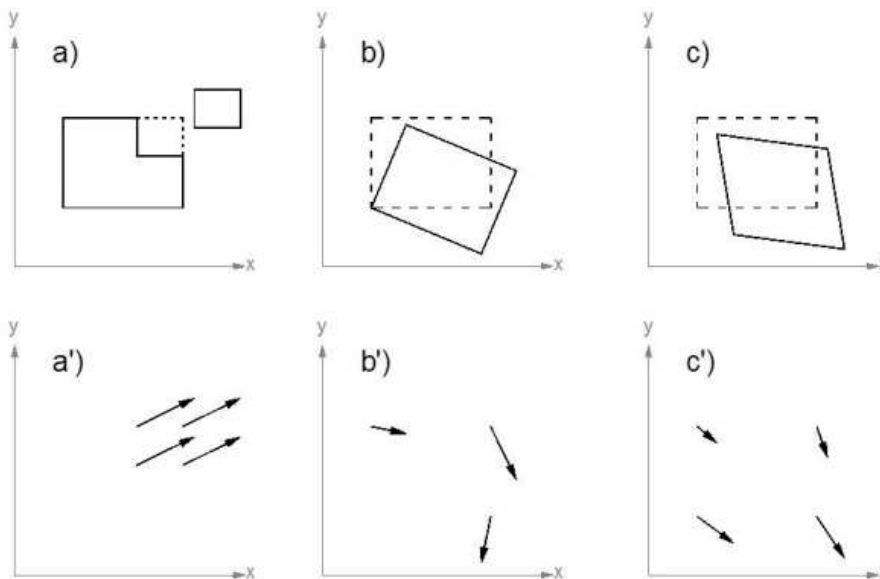


Fig 2. Vectores y campo de desplazamiento: los incisos a, b y c representan la estructura deformable y su deformación; los incisos a', b' y c' son sus vectores y campos de desplazamiento correspondientes. Basado en Chen, 1983.

Los conceptos de vectores y campo de desplazamiento se aplican, entre otros, en la descripción del movimiento de la corteza terrestre, según los modelos de tectónica de placas, estos se realizan en base a métodos geofísicos y/o geodésicos.

Incluso pueden generarse modelos para describirse el movimiento de fallas geológicas locales.

En México los movimientos detectados en las estaciones de la RGNA del INEGI han permitido realizar estudios que modelen el desplazamiento de las placas oceánicas y continentales.

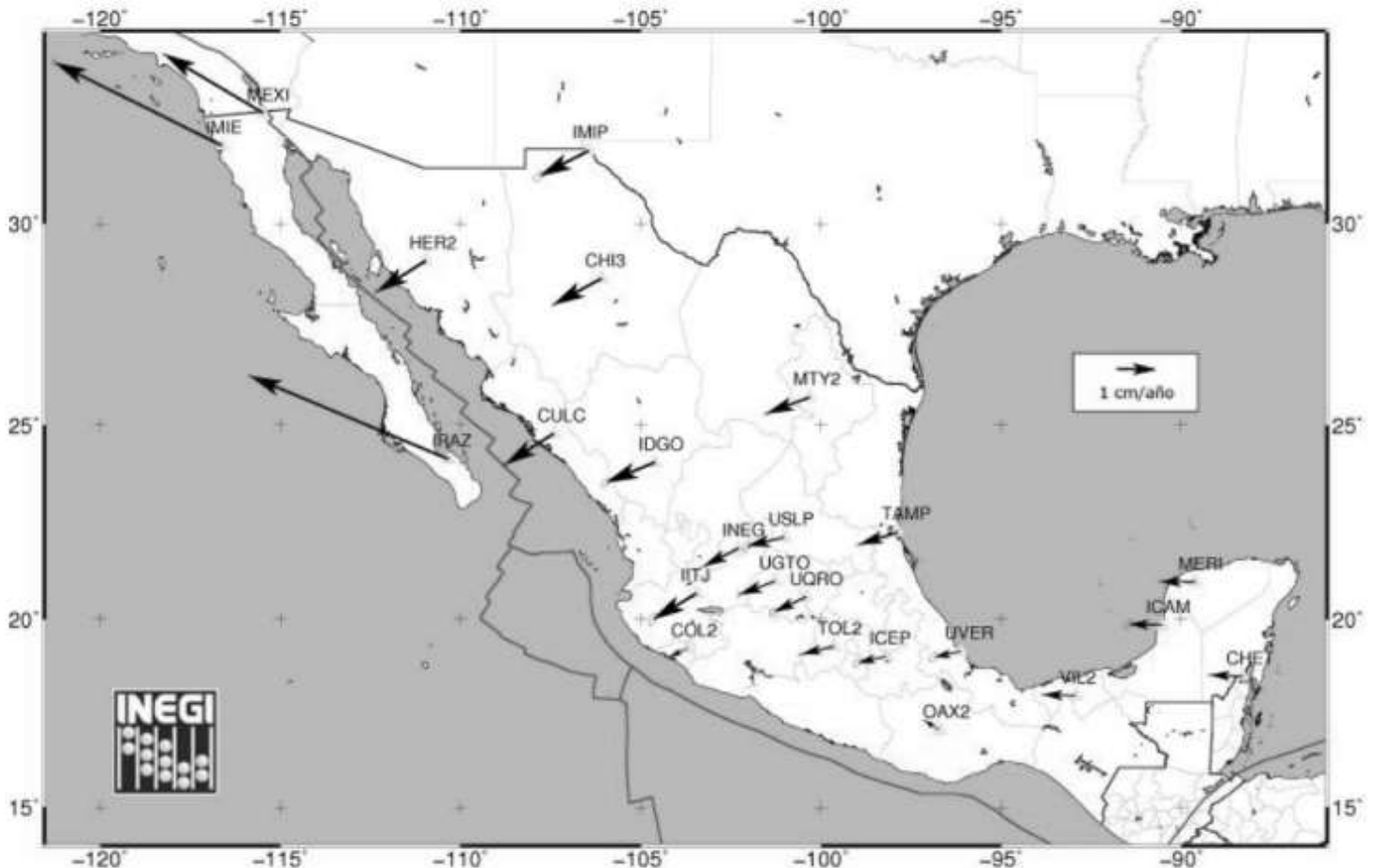


Ilustración 1. Desplazamientos horizontales de las estaciones de rastreo GPS continuo de RGNA. Fuente: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

## **2.1 Poligonación urbana y técnica**

La poligonal urbana se define como la línea imaginaria que delimita el ámbito espacial correspondiente a un área urbana específica. Esta línea imaginaria, entre otras propiedades, establece los límites entre el ámbito urbano y complemento urbano y su complemento rural.

La ley orgánica de Ordenación del Territorio de la república de Venezuela define la ordenación del territorio en el artículo 20 en los siguientes términos: “a los efectos de esta ley, se entiende por ordenación del territorio la regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico, espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos humanos y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales del desarrollo integral”.

La poligonal urbana generalmente viene determinada o definida en un “Plan de Urbanismo” que según las distintas legislaciones se ubica en diferentes niveles de generalidad y bajo la competencia de órganos de distintos niveles territoriales.

Cumplido todo este proceso, la aprobación final de los planes de Ordenación Urbanística corresponderá al ministro del Desarrollo Urbano, y ellos estarán en vigencia mediante Resolución del dicho Ministerio, publicada en la Gaceta Oficial (art. 28); de acuerdo con el Reglamento de la ley, esa Resolución contendrá (arts. 21, 7, 8 y 9).

1. La definición estratégica del desarrollo Urbano del área objeto del Plan contenido dentro de la POLIGONAL URBANA, así como los criterios adoptados para la organización urbana de dicha área, particularmente en cuanto a su función dentro del sistema de ciudades y delimitación de su área de expansión.

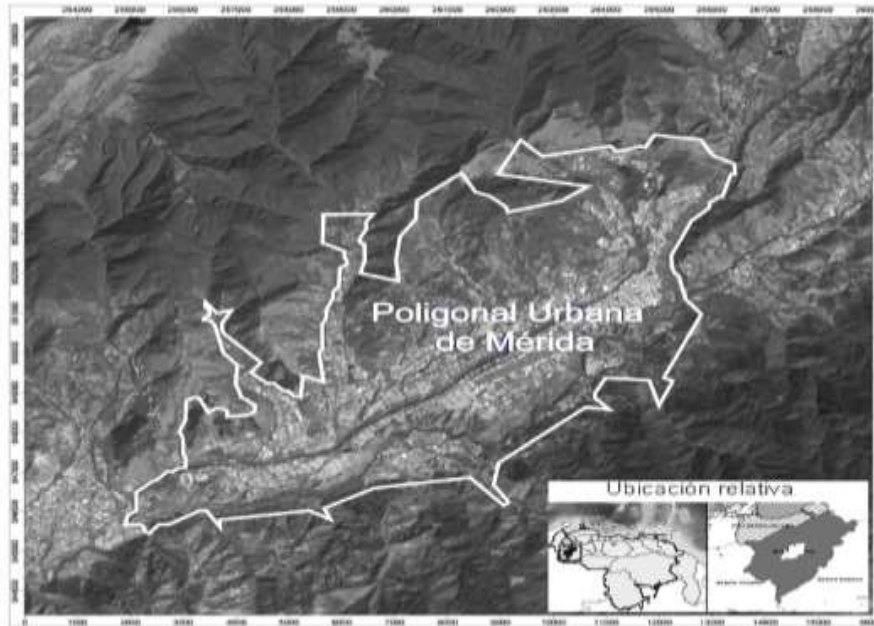


Imagen 5. Poligonal Urbana de Mérida. (Imagen obtenida de: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Area-de-estudio-En-blanco-la-poligonal-urbana-de-la-ciudad-de-Merida\\_fig3\\_281240932](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Area-de-estudio-En-blanco-la-poligonal-urbana-de-la-ciudad-de-Merida_fig3_281240932))

### 2.1.1 Poligonales

Cuando un terreno presenta una gran extensión o existen impedimentos que no permiten tener la visibilidad necesaria, se emplea un levantamiento de control o poligonal. El cual consisten en trazar un polígono que siga aproximadamente los límites del terreno y, desde los puntos que conforman este polígono, se toman los detalles faltantes para la perfecta determinación del terreno que se desea conocer.

Los puntos que definen los extremos de las líneas que conforman la poligonal se denominan estaciones o deltas; la distancia que existe entre esos puntos sucesivos, medida sobre la poligonal, se determina por medición directa con cinta o un equipo

MED (medición eléctrica de distancia) y de igual menara en cada uno de estos deltas se miden los ángulos en el punto desde el vértice anterior y el siguiente.

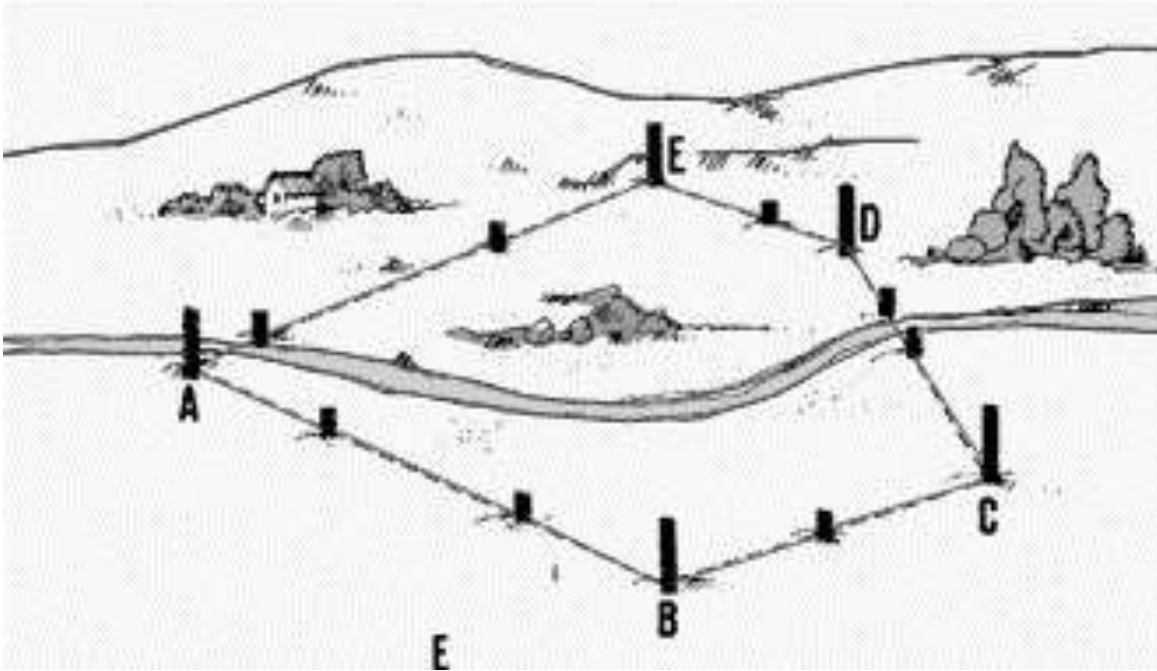


Imagen 6. Poligonal de un terreno y sus límites.

### 2.1.2 Clasificación

La clasificación de los poligonales se puede hacer de acuerdo con determinadas características de éstas, pero en este documento mostraremos una clasificación que se basa en las formas de las poligonales en que se puede trabajar, existiendo así poligonales abiertas y cerradas.

### 2.1.3 Poligonal Abierta

Es aquella poligonal sin comprobación por cierre; debido a que los errores lineales o angulares no pueden ser detectados, en la cual su punto de inicio y su punto de llegada son diferentes, a esto, el punto de inicio puede ser de coordenadas conocidas, pertenecer a una línea base donde sus dos extremos tienen coordenadas conocidas o pueden estar orientadas.

Por lo tanto, la única comprobación posible en este caso, consistirá en repetidas mediciones o volver a levantar en sentido contrario (Fig.1)

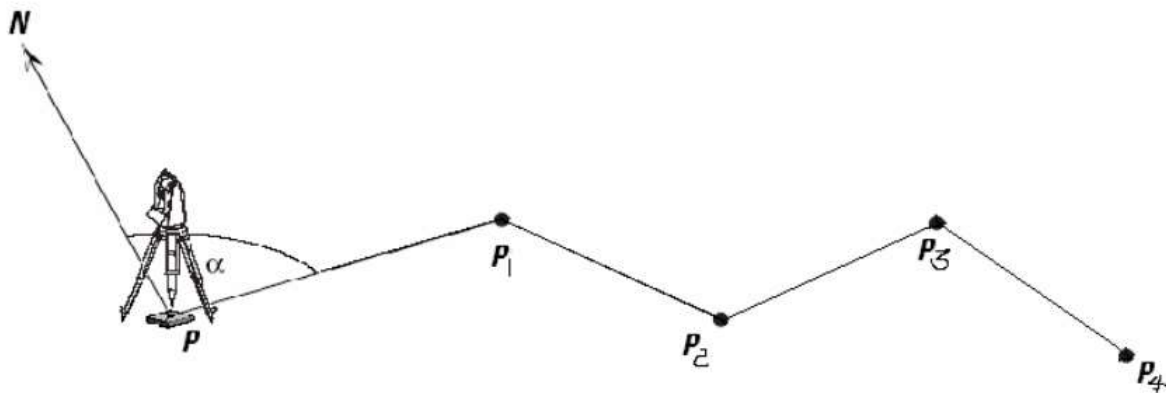


Fig.1, Poligonal abierta

Cuando se está situado en un punto donde la dirección da hacia el norte se puede determinar; realizando observaciones solares, observaciones a estrellas o empleando instrumentos como brújula, el giroscopio. En la actualidad existe un sistema que nos permite conocer la posición de cualquier punto en la superficie terrestre y haciendo uso de esto formar una línea base de la cual conocemos las coordenadas de sus extremos.



### 2.1.2 Poligonal Cerrada

En este tipo de itinerario los lados cierran formando un polígono, esto quiere decir que su punto de inicio coincide en posición con el final, siendo posible realizar un control de acuerdo a una condición geométrica de sus ángulos.

Para el trabajo con estas poligonales se debe efectuar una previa orientación de la línea base. Existe un tipo de poligonal que a pesar de que su punto de inicio no es igual al punto de llegada se considera cerrada, por estar ligada a una línea base de azimut conocido y llegar a otra línea de iguales características; previamente establecidas.

Al igual que la poligonal cerrada en si misma, éste tipo de poligonal tiene control en el sentido de que el azimut de la línea de llegada deducido de los ángulos de la poligonal debe coincidir con el azimut establecido (Fig. 2).

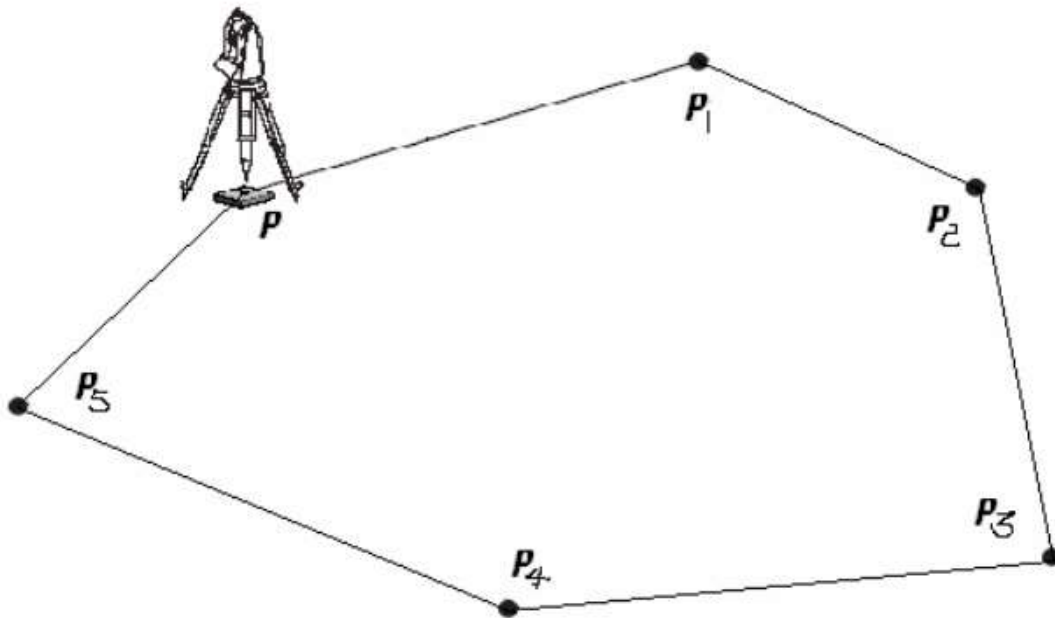


Fig. 2 Poligonal Cerrada.

## **2.2 Micro Triangulación**

La micro triangulación es un método topográfico en el cual se utilizan triángulos para dichas mediciones con distancias menores, se puede utilizar para construcciones en obras civiles o dependiendo del trabajo a realizar.

### **2.1.3 Triangulación**

La triangulación es un método topográfico que se basa en la conocida regla de trigonometría de que, si se conocen un lado y los tres ángulos de una figura triangular, entonces se pueden calcular los otros dos lados. Además, si se conoce la dirección de un lado, la de los demás también pueden ser calculados.

Para su mayor efectividad la triangulación requiere una gran cantidad de medidas precisas de ángulos junto con un mínimo de mediciones de distancias.

La red de triangulación se forma a partir de triángulos interconectados junto con ciertas líneas llamadas de base a partir de las cuales se calculan las medidas de las restantes líneas de red, por lo que aquellas deben medirse con gran precisión.

Para los errores de medición sean mínimos se efectúan más lecturas de las que se necesitan para obtener la posición de los vértices de la red. Las mediciones adicionales proporcionan los datos para el ajuste de la red por mínimos cuadrados (Figura 1.)

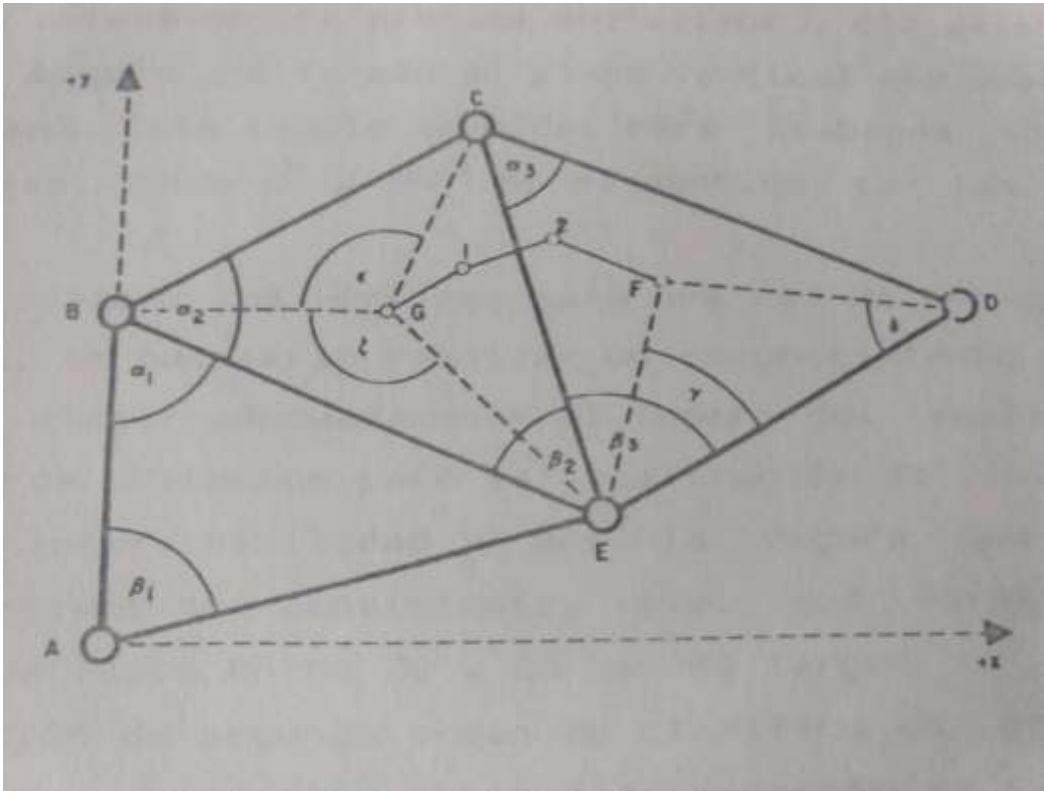


Figura 3. Red de triangulación (Tomado de Mueller y Ramsayer 1979).

La triangulación se divide en varias clases, dependiendo de la precisión que se quiera lograr, así como el tamaño del terreno a levantar. Existen tres órdenes de precisión, los dos primeros divididos a su vez en subclases.

La triangulación de primera orden es la más precisa, se divide esta a su vez en tres clases.

- La clase I, se emplea en aplicaciones de Ingeniería y de ciencias que requiere una alta precisión sobre distancias moderadas grandes (1.5 a 8 km), por ejemplo, en la medición de pequeños movimientos de terreno en zona sísmicas.
- La clase II, se emplea para implementar la red básica de control horizontal de un país. La red consta de series de triángulos separados entre sí 100 km en cada dirección.
- La clase III, se clasificaba antiguamente como triangulación primaria. La mayor parte de red de triangulación que existe en un país es de esta clase,

la cual se aplica a proyectos de carreteras, localización de puentes, donde se debe tener un alto grado de precisión en distancias más o menos grandes, pero con las tolerancias menos rígidas que en el caso de la red nacional.

Para la triangulación de primera orden, “de las tres clases”, se requiere la determinación precisa del azimut, del cual es una línea, es el ángulo que forma el plano vertical que pasa por ésta y el meridiano. El ángulo se mide, para trabajos topográficos, desde el norte, desde  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido de las manecillas del reloj.

La triangulación de segunda orden se clasifica en dos subclases.

- La clase I, con un espacio entre cada estación de 6.5 a 16 km. se emplea en la red nacional para llenar los espacios que dejan las grandes triangulaciones geodésicas. En general, dependiendo de la topografía, se planifican como triangulación local donde las estaciones se distribuyen uniformemente en una zona dada.
- La clase II, se emplea para establecer levantamientos hidrógrafos en las costas y en cuencas fluviales.

La triangulación de tercer orden se usa para elaborar mapas topográficos, enlazándose a triangulaciones de orden superior (Bouchard y Moffitt, 1965; Higashida, 1972; Mueller y Ramsayer, 1979).

Al unirse varios puntos para formar una red de triangulación se pueden emplear una cadena de triángulos o una cadena de cuadriláteros (figura 2. (A), (B), (C)). Cada uno de estos métodos implica diferentes técnicas de ajustes de las mediciones de la red. En una cadena de triángulos se necesita que en cada miembro de ésta la suma de los ángulos interiores sea de  $180^\circ$ . Pero en el caso del cuadrilátero cada medida se puede obtener empleando un conjunto distinto de triángulos. Por ello la suma de los ocho ángulos interiores (Figura 4 (C)), debe ser de  $360^\circ$  y para cada triángulo  $180^\circ$  además debe cumplir que:

$$1 = \frac{\text{sen } b \times \text{sen } d \times \text{sen } f \times \text{sen } h}{\text{sen } a \times \text{sen } c \times \text{sen } e \times \text{sen } g}$$

Para que cualquier de los lados que sea calculado no dependa de los triángulos empleados para ello, (Bouchard y Moffit, 1965).

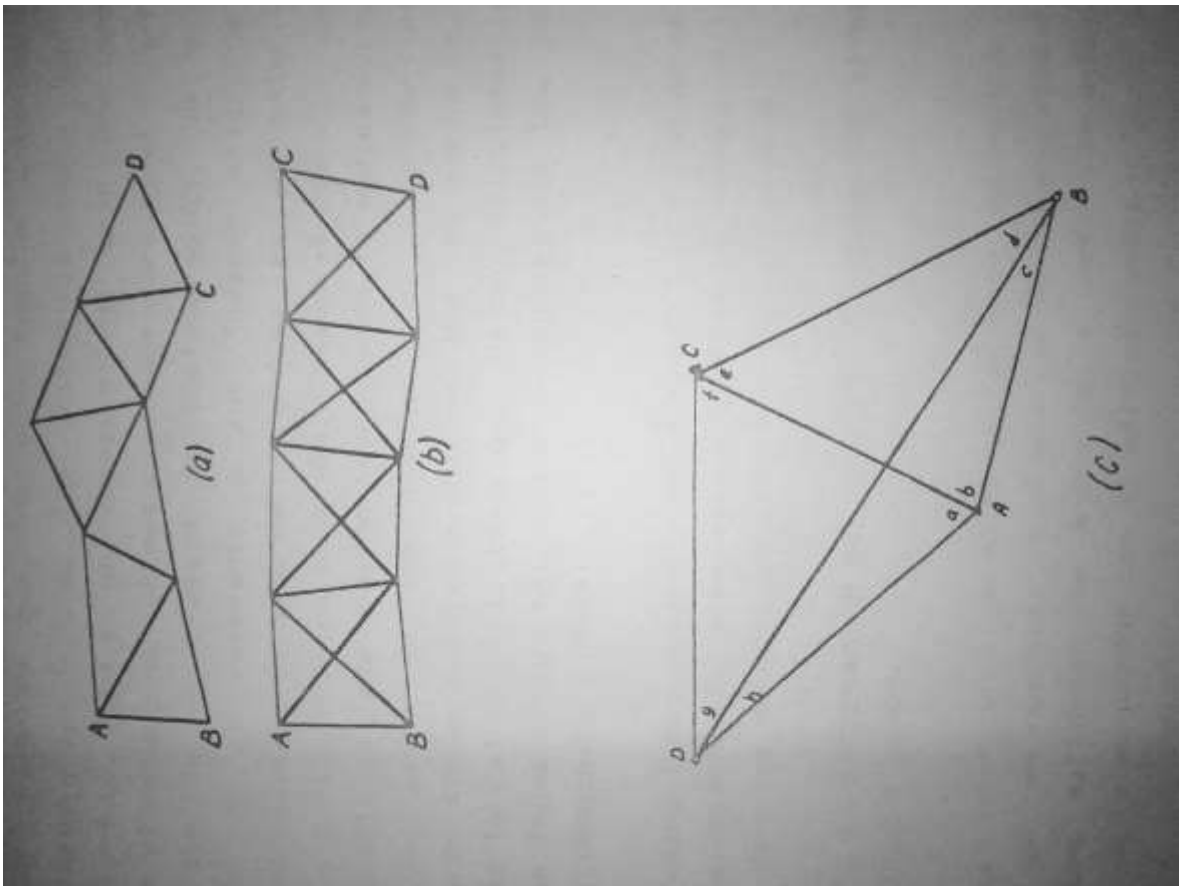


Figura 4. Redes de triangulación formadas por (A) una cadena de triángulos y por (B) una cadena de cuadriláteros. (C) Ajuste de la triangulación en un cuadrilátero. (tomado de Bouchard y Moffit, 1965).

## **2.3 Microtrilateración**

### **2.1.4 Trilateración**

En este método de la red de triangulación se calcula a partir de las longitudes de sus lados medidos electrónicamente, estas son superficies para conocer todos los ángulos horizontales como las posiciones de los vértices de la red.

Se efectúan mediciones del azimut en vértices determinados para que se mantenga la precisión de aquel en los lados de la red. Los valores de los lados obtenidos deben ajustarse antes de realizar cualquier cálculo. Para ello se emplean los recíprocos de los ángulos verticales (o de las elevaciones) medidos en cada vértice del lado contrario,

Si en la red de Trilateración no se requiere una gran exactitud, sólo debe revisarse que los ocho ángulos internos de los cuadriláteros y los tres de los triángulos sumen  $360^\circ$  y  $180^\circ$  respectivamente.

Pero si se necesita si se necesita una gran precisión, debe emplearse el método de mínimos cuadrados para ajustar la red. En el ajuste de un trabajo de Trilateración, se debe tener precaución en lo referente a los pesos asignados a las longitudes medidas. El "peso" de una medida es el valor de ésta relativo a cualquier otra medición. Cuando es posible asignar el error probable de cada medición efectuando la medida varias veces, entonces los pesos de las medidas son proporcionales a los cuadrados de dichos errores probables. Una vez que se ajustan los ángulos de la red de Trilateración, deben calcularse de nueva cuenta los lados de los triángulos de acuerdo con los ángulos ya ajustados.

### **CAPITULO 3. APLICACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS**

Existe en el mundo un sinfín de desplazamientos o deformaciones de laderas, montañas, volcanes entre muchos más por mencionar algunos, al igual que existen diversos factores que los provocan, tanto volcanismo como terremotos o lluvias.

Hay una similitud entre los deslizamientos de laderas y las deformaciones de terrenos antes o después de un terremoto o actividad volcánica, ya que en ambos existen movimientos en algunas dirección o magnitud que puede ser medida y representada como un vector de desplazamiento.

Debido a que los desplazamientos en este tipo de estudios son de pequeña magnitud, la unidad de medida es en microradianes y conforme avanza la ciencia y la tecnología estos métodos a su paso han ido mejorando y se pueden hacer estudios con un poco de más exactitud sin dejar de ver el error humano que se puede llegar a generar.

Durante los primeros años del siglo XXI, en la zona de la sierra norte de Puebla en la región de Nuevo Necaxa, Zihuateutla y Huauchinango, se han sufrido daños debido al deslizamiento de laderas en épocas de lluvias.

Conforme a lo que se sabe, estos grandes movimientos de extensiones de tierra, con el deslizamiento de laderas, ocurre poco a poco, conforme pasa el tiempo, y, a los diferentes factores que lo provocan, donde, parte de la estructura que lo conforma sufre ruptura y se colapsa en grandes masas de tierras.

Debido a esto, se selecciona hacer el estudio de estos sitios y conforme a la investigación, se les da prioridad a los dos lugares ya mencionados, al igual que el método de estudio, inicialmente diferente, ya que el método original es el inclinómetro seco, se usó para el cálculo y obtención de resultados para las deformaciones de terrenos en volcanes otorgando una gran precisión y alta fiabilidad.

Para este proyecto realizado, se ha utilizado un nuevo método para hacer los estudios con las tecnologías actuales, como la estación total, con ayuda de las

coordenadas obtenida de puntos establecidos, otros datos, y, así, al mismo tiempo, se hacen cálculos y obteniendo resultados de esto. Por esto, se hace mención a la tesis del Ingeniero. Panohaya Amador, ya que, este proyecto inicial y los datos obtenidos en ese trabajo de tesis, se complementó este estudio.

Para la selección de la zona de trabajo de campo, se consideraron, varios factores que a continuación se describen:

1. Zona donde haya riesgo de deslizamiento, cuyas afectaciones impacten directamente a los asentamientos humanos cercanos o zonas de afectación.
2. La Dirección municipal de protección civil municipal, nos determinó las zonas de interés con más impacto.
3. Localidades del lugar con un posible mayor impacto social y económico que provocan los deslizamientos de grandes estructuras de tierra.
4. Por las características orográficas de la zona en la que están comprendidas.



### 3.1 Selección de zona de estudio

Uno de los objetivos principales al realizarse este trabajo es el de brindar información oportuna a la comunidad acerca de lo que puede o está por ocurrir en sus localidades.

La compilación de información, en una primera etapa, se realiza mediante periódicos y medios informativos digitales, para así, realizar una selección previa de los municipios y localidades, donde se requiere hacer dicha investigación, análisis y trabajos derivados del proyecto a ejecutar.



**La Jornada**

usted está aquí: viernes 8 de septiembre de 2006 → estados → deslaves relacionados con lluvias dejan 14 muertos en dos estados

Varios vehículos quedaron atrapados por un alud de piedras en Puebla

#### Deslaves relacionados con lluvias dejan 14 muertos en dos estados

En Durango, un cerró se desgajó y sepultó tres casas donde residían 13 personas; 10 fallecieron

MARTIN HERNANDEZ ALCANTARA LA JORNADA DE ORIENTE

Ampliar la imagen 



Aspecto del desajamiento de un cerro en las inmediaciones de la carretera México-Tuxpan, en Puebla, que dejó al menos 6 muertos y 30 heridos. El deslave arrastró autos y camionetas y los sacó de la carretera.  
Foto: La Jornada de Oriente

Puebla, Pue., 7 de septiembre. Al menos cuatro personas, entre ellas un niño de año y medio de edad, perecieron cuando un alud en el cerro de Necaxatépetl, en el municipio de Juan Galindo, arrojó a una barranca dos microbuses, un camión de pasajeros, dos pipas y una camioneta que transitaban por el kilómetro 106 de la carretera México-Tuxpan. Las autoridades no descartan que el número de víctimas pueda aumentar.

El percance produjo, además, 11 lesionados y dos desaparecidos, y aisló a la comunidad de Necaxatépetl, de más de 800 habitantes. Circuló la versión de que el hecho se produjo cuando trabajadores de la constructora Ingenieros Civiles Asociados (ICA) realizaron detonaciones en el cerro para extraer material pétreo.

Sin embargo, el secretario de Gobernación estatal, Javier López Zavala, declaró a un noticiero que se ignoraban las causas exactas del siniestro, aunque reconoció que el cerro estaba siendo utilizado como banco de materiales por ICA y que además presentaba "una falla geológica".

López Zavala informó los nombres de los occisos: Telésforo Ortega Arroy, Avelino Torres Posada, Trinidad González, de año y medio de edad; además, entre los muertos hay una persona que no ha sido identificada, de sexo femenino, de unos 35 años.

En el mismo espacio informativo, el edil de Huachinango, Carlos Martínez Amador, expresó que el origen del alud es seguramente "multifactorial", pero resaltó que hubo una intensa lluvia la noche anterior a la tragedia.

Raúl Mayorga Rapozzo, meteorólogo del Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, informó que entre las 8 de la mañana del miércoles y la misma hora del jueves hubo una precipitación pluvial de 51.5 milímetros, "que sin ser muy grande para la Sierra Norte, en condiciones de fragilidad de los cerros, puede hacerlos venirse abajo".

Una brigada del centro, integrada por un geofísico, un hidrólogo y un ingeniero civil, se desplazó al lugar del desgajamiento para hacer una evaluación.

El siniestro ocurrió aproximadamente a las 12:30 horas. Vecinos contaron que primero ocurrió un derrumbe que bloqueó la vía de comunicación, lo que obligó a los conductores a suspender la marcha. Luego vino el desajamiento mayor que lanzó a los vehículos

Ampliar la imagen 



Imagen 7: jueves 7 de septiembre 2006 deslave del cerro de Necaxatépetl Nueva Necaxa.(Fuente:<https://www.jornada.com.mx/2006/09/08/index.php?section=estados&article=035n1est>)

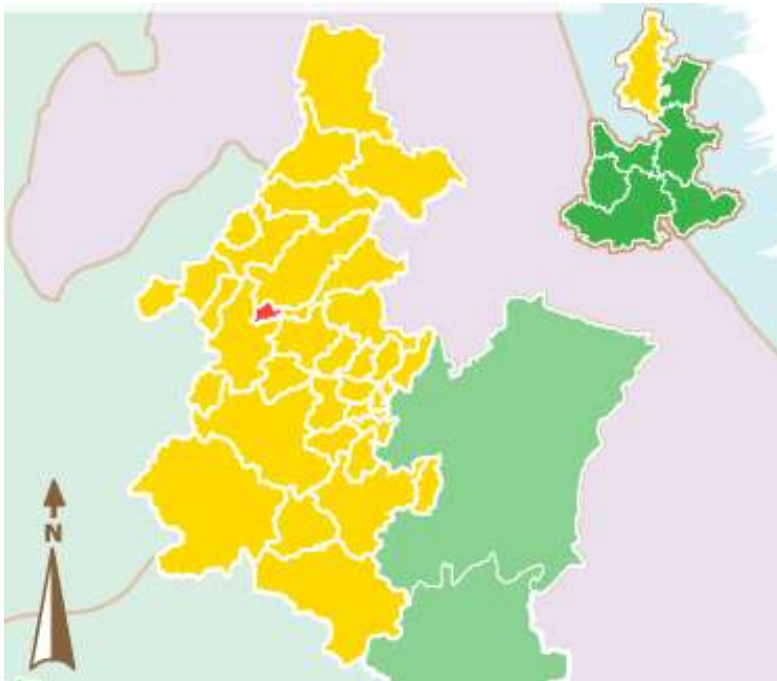
# Deslaves afectan carreteras en Zihuateutla y Huauchinango



Imagen.8 jueves, 5 de octubre de 2017. (fuente: <https://municipiospuebla.mx/nota/2017-10-05/interiores/deslaves-afectan-carreteras-en-zihuateutla-y-huauchinango>)

### 3.1.1 Resumen de los municipios seleccionados

#### Juan Galindo (nuevo Necaxa)



Juan Galindo se localiza en la parte Noroeste del estado de Puebla, Sus coordenadas geográficas son 20° 12' 24" y 20° 14' 24" de latitud norte y los meridianos 97° 57' 00" y 98° 01' 24" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Xicotepec, al Sur con Huauchinango y Tlaola, al Oeste con Xicotepec y Zihuateutla y al Poniente con Huauchinango.

Tiene una superficie de 22.806 km<sup>2</sup> que representa el 0.07% del territorio estatal, que por su tamaño la ubica en el lugar 195 del estado, después de Cuapixtla de Madero y antes de Juan C. Bonilla.

#### **CARACTERÍSTICAS DEL USO DE SUELO.**

En su territorio se identifican tres grupos de suelos:

Acrisol: Suelos muy pobres en nutrientes además para explotación forestal y practicultura, de productividad baja. Se localiza en la porción nor-oriental.

Luvisol: Son suelos ricos en nutrientes con horizonte cálcico o presencia de material calcaría por lo menos en la superficie. Son de fertilidad moderada a alta se localiza en la zona más baja del municipio, en la porción meridional.

Regosol: Suelos formados por material que no sea aluvial reciente, como dunas, cenizas volcánicas, playas, etc., su uso varía según su origen, muy pobres en nutrientes prácticamente infértiles. Es el suelo predominante; ocupa en la porción central del municipio. (INAFED, 2020)

#### Localidad de Necaxaltepétl

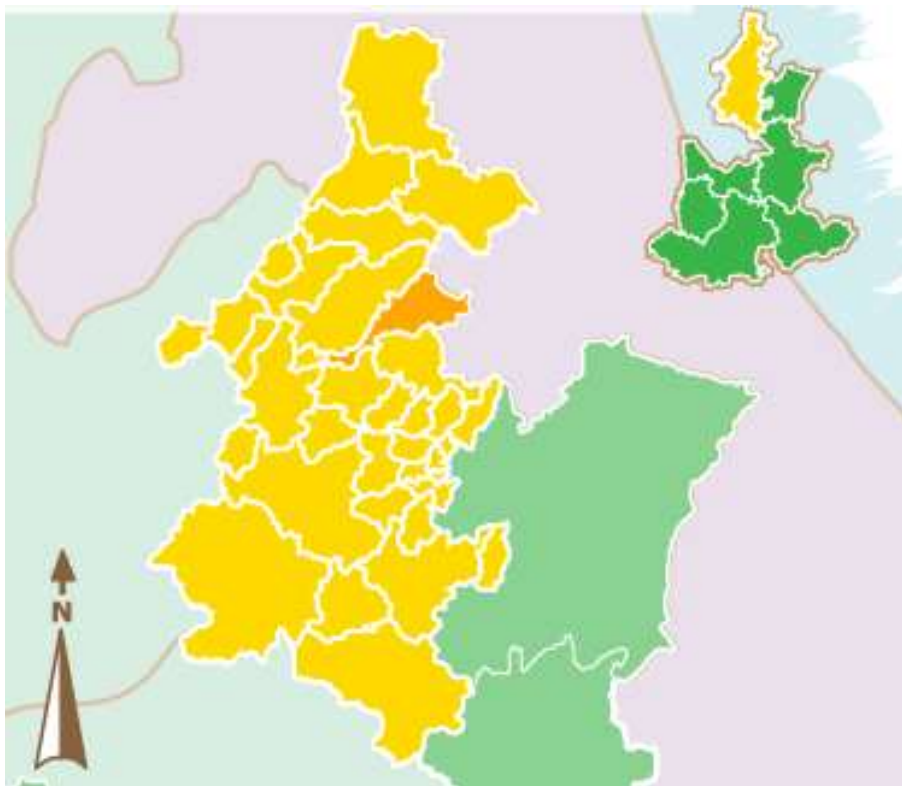
Se localiza en el municipio de Juan Galindo del estado de Puebla y se encuentra en las coordenadas longitud poniente longitud poniente  $97^{\circ}59'45''$  y la latitud norte  $20^{\circ}13'58''$ .

Su principal actividad económica es la Agricultura, su número de habitantes aproximado es de 729. Tiene una distancia aproximada a la cabecera municipal de 2 km. (INAFED, 2020)



Imagen 9: localización de google de Necaxaltepétl

## ZIHUATEUTLA



Fuente: <https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Zihuateutla.pdf>

Pág. 19

Se localiza en la parte suroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 12' 18" y 20° 23' 12" de latitud norte y los meridianos 97° 43' 54" y 97° 56' 36" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Xicotepec, al Sur con Tlaola y Jopala, al Oeste con el estado de Veracruz y al Poniente con Xicotepec de Juárez.

Tiene una superficie de 176.53 kilómetros cuadrados que lo ubican en el lugar 73 con respecto a los demás municipios del estado. (INAFED, 2020)

### **CARACTERISTICAS DEL USO DE SUELO**

Su territorio presenta gran diversidad edafológica se identifican seis grupos de suelos:

Fluvisol: Son suelos de origen aluvial reciente muy variable en su fertilidad. Se localizan en una angosta franja a lo largo del río Tepexi y Necaxa.

Acrisol: Suelos muy pobres en nutrientes adecuados para explotación forestal y practicultura. Se localizan en zonas dispersas al poniente y una gran área en la porción central.

Castañozem: Suelos con acumulación calcárea de alta productividad agrícola y patricola; susceptibles a salinizarse o saturarse con sodio si se riegan con agua de mala calidad, son de color pardo oscuro. Se localizan en una angosta franja a lo largo del río Buenavista.

Vertisol: Suelos de textura arcillosa y pesada que se agrietan doblemente cuando se agrietan, presentan dificultades para su labranza, se localizan en un área reducida a lo largo del río Necaxa.

Feozem: Son adecuados para cultivos que toleran exceso de agua, aunque mediante obras de drenaje pueden destinarse a otro tipo de cultivo, son de fertilidad moderada a alta. Se presenta en un área reducida al suroeste.

Regosol: Suelos formados por material suelto que no sea aluvial reciente, como dunas, cenizas volcánicas, playas, etcétera; son muy pobres en nutrientes, prácticamente infértiles. Se localizan en áreas dispersas al sur, noroeste, y a lo largo del río Xolintla, presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate a menos de 7.5 centímetros de diámetro en el suelo). (INAFED, 2020)

(Fuente: <https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Zihuateutla.pdf>. Pág.: 20, 21)

## **TECPATLÁN DE BENITO JUÁREZ**

Se ubica en la longitud 97°52'03" de longitud poniente y en 20°14'22" de latitud norte.

Su principal actividad económica es la cafecultora, su número de habitantes aproximado es de 859. Tiene una distancia a la cabecera municipal de 20 kilómetros. (INAFED, 2020)



Imagen 10: localización de google de Tecpatlán de Benito Juárez

### **3.2 Actividades de gestión para iniciar trabajos**

El 26 de enero de 2018 una comisión de presentación del proyecto integrada por el Ingeniero Josué Irving Carcaño Soriano, Victoria Matías Osorio, Jahir Uriel Zamora López, Jesús Israel Solá Jiménez encabezada por el coordinador del colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica de la facultad de Ingeniería de la BUAP, el Mtro. Máximo Ávila Cruz, se entrevistaron con el entonces presidente municipal de Huauchinango, y, parte de su gabinete encargado de las funciones de protección civil, con la finalidad de presentar el proyecto y se obtiene una respuesta negativa debido a que se avecinaban cambio de administración; no existió interés en apoyar el proyecto (véase anexos).

El 24 febrero de 2018 se presenta el proyecto por el Ing. Joel Panohaya Analco, al presidente municipal de Juan Galindo (Nuevo Necaxa), el Lic. Luis Gerardo Martínez Gómez, estando presente el coordinador de protección civil, C. Manuel Hernández y el director de protección civil, C. Raúl Pozos, quienes aceptan y apoyan el proyecto. El coordinador de protección civil comenta sobre algunas regiones del municipio que presenta deslaves continuamente, aumentando estos en época de lluvias, pidiendo canalizar la instalación de las estaciones de inclinómetro seco a la localidad de Necaxatepétl.

Llegando a la localidad de Necaxatepétl se realiza un análisis rápido en el sitio acerca de todos los factores de riesgo que pudiera tener para la población con apoyo y sugerencias del coordinador de protección civil.

Se entrevistó al ciudadano llamado Juan González Martínez, quien describe que los deslizamientos cercanos a la ladera donde está ubicada su casa son recurrentes en tiempo de lluvias expresando preocupación por su construcción y la de varios vecinos ya que considera un factor de riesgo el peso de la estructura y angustia por perder su patrimonio familiar.

A petición de Don Juan, dueño del inmueble, se accede a la propiedad para seleccionar la posición del primer sitio que fue denominado "*Sitio Don Juan*", este sitio fue ocupado para el proyecto inicial que es el del inclinómetro seco.



Se estableció un segundo sitio hacia el sur del lugar, en la calle panteón, ubicada cerca de la ladera. A este sitio se le denomina "Sitio 24 de febrero".

Los primeros datos de campo del proyecto, se hicieron con nivel fijo marca Hi Target, estatales de aluminio de 4 metros, y puntos fijos de partida, puestos con clavos de concreto, utilizando también varillas ubicadas en la edificación del primer sitio, y, tornillos en la ubicación del segundo, se colocaron conforme a las condiciones requeridas para minimizar los errores en la medición.

Posteriormente, en el mes de mayo 5 de 2018, se inicia la gestión y trabajo en la misma visita en el municipio de Zihuateutla, presentando el proyecto al presidente municipal, (véase anexo, oficio 2). En compañía del coordinador de protección civil, el C. Armando Andrade Villegas se establece una única estación en una calle sin nombre en Tecpatlán.

Al estar gestionado ambos proyectos se busca a compañeros del colegio de Topografía para realizar los proyectos, al mismo tiempo, que se requiere la utilización de un segundo equipo Topográfico, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.

## **CAPITULO 4. TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo, se realizó mediante varias visitas a las diferentes comunidades de estudio, de lo cual se fueron recabando información al mismo tiempo se dejaron punto de interés a través de monumentos de concreto, que nos sirvió para las demás visitas, y, seguir con el trabajo en meses posteriores para tener una mejor calidad de los datos de campo.

De igual manera se hicieron registros de campo para tener un mejor control en los datos de todos los trabajos realizados que se hicieron en las diferentes visitas y trabajos realizados. La elección de ruta que se tuvo, fue de acuerdo a preguntas que se realizaron a los mismos pobladores, aplicando amplio criterio entre compañeros que participamos e Ingenieros a cargo del proyecto para así tener la mejor elección y garantizar el trabajo.

### **4.1 Marco Teórico**

La deformación de terrenos relacionada con la activación volcánica es provocada por la intrusión de magma bajo el edificio volcánico, la deformación que sufre el terreno provocadas por este fenómeno incluye elevación, extensión e inclinación de la superficie terrestre.

Como se ha ido mencionando, la deformación del terreno se traduce en cambios en las coordenadas verticales y horizontales de un punto, así como en la inclinación del terreno.

Existe una variedad de técnicas tanto instrumentales como topográficas para lograr detectar estos cambios. Es por eso que surge el inclinómetro húmedo como método principal para medir la inclinación en la caldera de los volcanes y para ser más preciso el volcán de Kilauea, realizando las primeras mediciones entre octubre de 1958 y febrero de 1959.

El inclinómetro húmedo tiene como principio básico la medición del nivel del agua en dos deposito conectados por un tubo y colocados a alturas distintas del terreno.

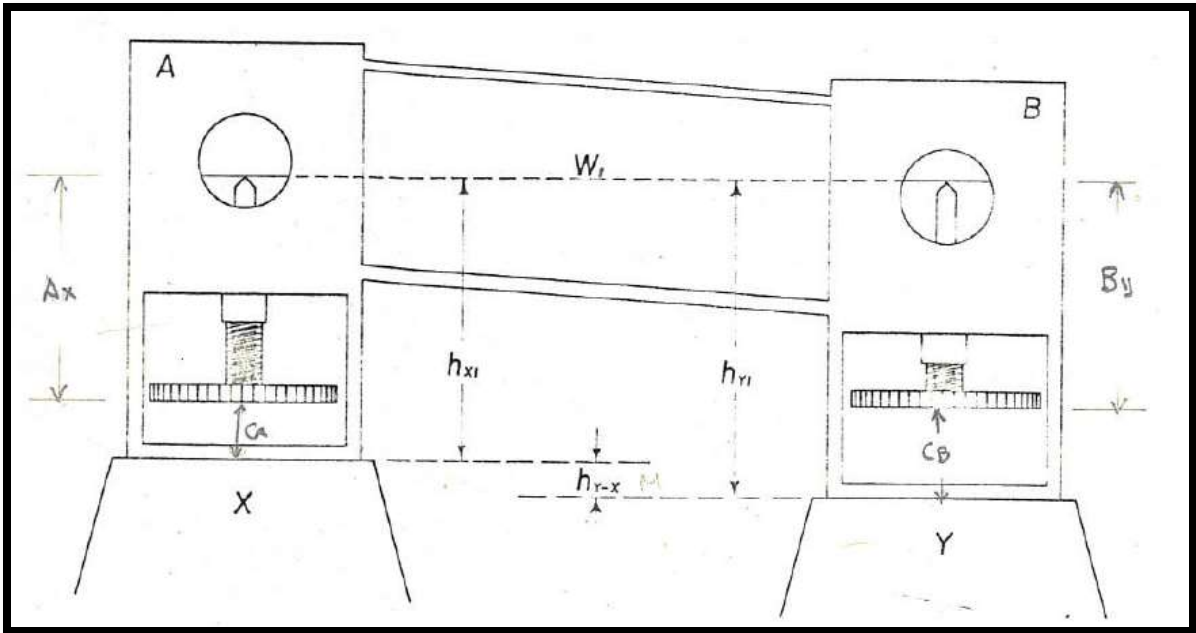


Figura 5. Inclinómetro Húmedo

Pero a consecuencia de diversos factores que a largo plazo lo determinaron con errores ya y poco práctico, ya que era necesario establecerlo en lugares planos y preferentemente lejos de la luz del sol ya que, al ser líquido, el calor que influye dentro de él se tenía mal las mediciones por la evaporación del líquido.

Por lo poco práctico en las laderas de los volcanes se sustituye por niveles geodésicos y miras de nivelación, para poder medir el circuito cerrado de los desniveles entre cada uno de los vértices.



Foto 1. Ingeniero Joel Panohaya Analco montando el nivel geodésico.  
(Fuente: Foto del autor).



Foto 2. nivel geodésico y miras INVAR a la Facultad de Ingeniería. De izquierda a derecha, Mtro. Fernando Daniel Lazcano Hernández, director F.I., Ing. Miguel Ángel Vizconde Ortuño, Director Regional Oriente, INEGI.

Teniendo el principio básico del inclinómetro húmedo que posteriormente fue trasladado al seco, el cual consiste en el establecimiento de un triángulo.

A base de este método “inclinómetro seco” es que se realiza un nuevo método con aparatos más modernos, se determina un camino, y, con un circuito abierto y con más puntos, para tener un mayor margen, o, mayor terreno de medición.

A pesar de ser una alternativa nueva, el método para la medición de terrenos es algo con lo que trabaja el Ingeniero Topógrafo a diario, pero en esta ocasión es para determinar la inclinación o deformación de los terrenos y tener un panorama diferente con el inclinómetro seco.

Aquí, la importancia del Ingeniero Topógrafo y Geodesta, es la aplicación de estos métodos, ya que el ingeniero es el encargado de realizar y establecer los sitios de mayor impacto, para así poder estar midiendo y monitoreando las estaciones establecidas constantemente y poder tener mejores resultados.

## 4.2 Elección De La Ruta

En la localidad de Nuevo Necaxa al estar hablando con el coordinador de protección civil y algunos pobladores y teniendo un pequeño recorrido se nos fue explicando en donde es que se tenía mayor inquietud, o, ellos veían cual eran los caminos que tenían más probabilidad de tener algún desplazamiento o desprendimiento de tierras.

Al saber por parte de los vecinos, cuál ha sido el mayor riesgo, se tuvo una plática con los ingenieros a cargo, y, se llegó a la conclusión, de tomar los caminos con mayor afluencia o más concurridos, al igual que se consideró la distancia a la que se iban a tomar las mediciones para tener un mejor trabajo o tratamiento de datos, ya que, a mayor distancia, tal vez, mayor cobertura de puntos o mejor extensión del trabajo.



Imagen 11. Imagen obtenida de Google earth satelital de Nuevo Necaxa (Necaxatepelt).

En algunos puntos finales, un compañero tomo mediciones con nivel, por lo cual se tuvo otro método que consiste en el "INCLINOMETRO SECO", y en este sitio, solo fueron dos triángulos que se consideraron.

En la segunda localidad, del municipio de Zihuateutla (Tecpatlán), al llegar al sitio se trató de hablar con algún encargado del sitio, y, con vecinos, que ahí mismo viven, y, con base a lo descrito, se realizó un pequeño recorrido con el Mtro. Máximo Ávila, compañeros del proyecto y quien desarrolla este trabajo.

Los criterios tomaron en cuenta la visibilidad, y, condiciones del terreno, por lo que se decidió llevar la ruta por el camino principal, partiendo de este punto, viendo por donde pasaría la mira de la estación total, tratando de librar, ramas de árboles, casas, otros obstáculos, y, desniveles entre las calles del lugar.



Imagen 12. Imagen obtenida de Google earth satelital de Tecpatlán (Zihuateutla).



Imagen 13. Elección de ruta. (Fuente: foto del autor)

### 4.3 Monumentación

La monumentación puede ser sobre, puntos de inflexión (P.I.), puntos sobre tangente (P.S.T.), bancos de nivel (B.N.) y puntos importantes de acuerdo a las necesidades del trazo a realizar, en los lugares donde se pueda colocar mojoneras, cuyo centro debe contener una varilla de diámetro adecuado garantizando su localización, que sea con punta de bala para facilitar la nivelación y centrado del equipo topográfico, además de accesorios, tales, como balizas o bastones, en el cual se pueden apoyar la base de estos, y así mismo, al momento de cambiar se puedan quedar fijos, y no se puedan mover, para trabajos futuros, o cuando sean necesarios.

Al igual que se pueden utilizar clavos de hasta 4" (cuatro pulgadas), en lugares como pavimentos asfálticos de concreto o adoquín, en todos los casos se deberán identificar con pintura de esmalte rojo o similar.

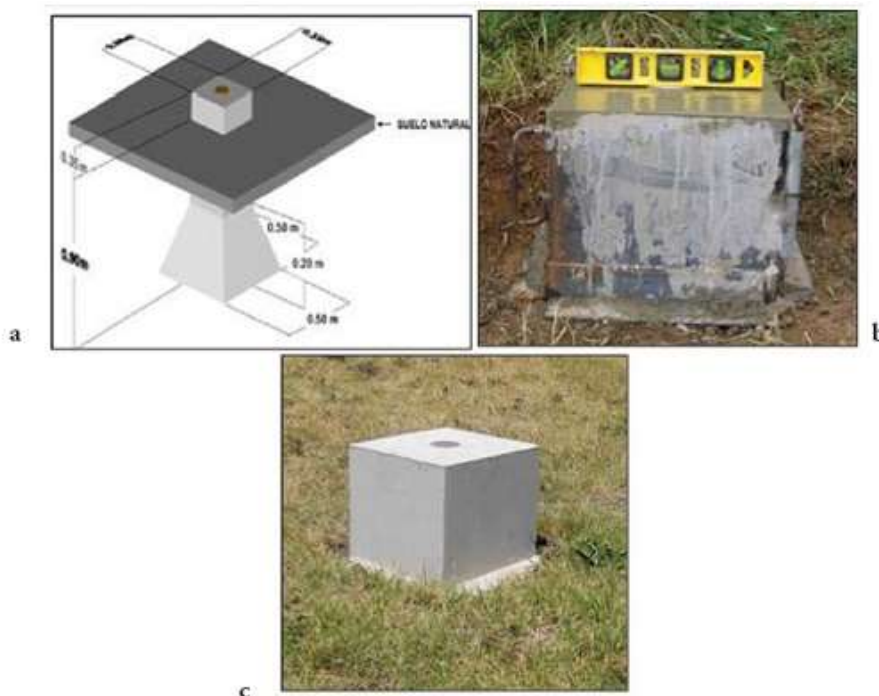


Figura 6. Elaboración del monumento, construcción y terminado de monumento.



## BANCOS DE NIVEL

Los bancos de nivel (B.N.) usados en el HVO (Observatorio Vulcanológico de Hawái por sus siglas en inglés), consta de una placa metálica con un borde semiesférico de 2.5 centímetros por 5 centímetros en el centro de la placa, empotrada en el suelo con una base de concreto (Imagen.)

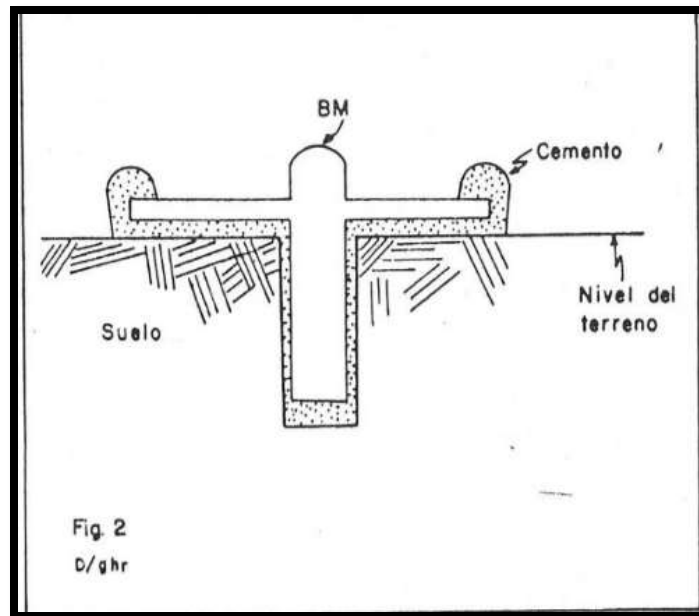


Figura 7. Ejemplo de monumentación de mojonera según Van Der Laet.

En lugar de la placa puede utilizarse tornillos de cabeza redonda y de gran tamaño, la forma del banco sostendrá a la mira y garantizará que la lectura sobre ella se realizara en el mismo sitio cuando se corra la nivelación tal como ocurre como si se ocupara un sapo.

Al ya tener lista la ruta de estudio que se iba a determinar con las mediciones, se estableció la monumentación en los sitios establecidos en las dos localidades.

Se consensó entre los Ingenieros encargados del proyecto y el resto de compañeros, para establecer los bancos de nivel, ya que al no tener las placas de identificación del vértice para la monumentación correcta, debido a que el trazo era sobre calles principales, transitadas por vehículos, era un poco difícil colocarlos, y al tener el ejemplo de cómo realizarlos se optó por tornillos de cabeza redonda.

Con los materiales que se ocupan para la monumentación, el día de la visita, el 15 de junio de 2018, se comenzó a verificar la ruta nuevamente e ir viendo el lugar correcto para el anclando (introduciendo) de los tornillos de cabeza redonda, en el camino, que es de concreto hidráulico, con ayuda de un taladro y broca de concreto.

Se hizo el orificio en el suelo de concreto, posterior a esto, se introdujo el tornillo a presión, y, con ayuda de un martillo tipo maceta, se introdujo en toda su longitud, para reforzar nuestro B.N. Se colocó una capa de cemento para garantizar su permanencia en el punto.

Este procedimiento se realizó con todos los vértices que se fueron marcando anteriormente con plumón para tener una idea más clara de donde es que iban a ir todos nuestros puntos.

Una vez colocados los B.N. se realizaron las primeras mediciones.

Imagen 14. Uso de tornillos de cabeza redonda como parte fundamental de los bancos de nivel. (Fuente: foto del autor)



Imagen 15. Uso de concreto para garantizar la conservación de los puntos de control. (Fuente: foto del autor)

De tal manera como se utilizaron los tornillos de cabeza redonda, se fueron utilizando varillas de un largo de 30 cm. Aproximadamente, y, enterradas sobre el suelo de tierra y con ayuda del cemento por encima para protegerlo de cualquier anomalía externa, con una profundidad de 10 cm. para tener a la vista el B.N. evitando cualquier afectación u otro factor.



Imagen 16. Monumentación con varilla y concreto para reforzar. (Fuente: foto del autor)

También en algunos B.N. que se fueron estableciendo alrededor de toda la ruta, se establecieron con clavos, marcándolos con plumón permanente, y sin pintarlo para no llamar tanto la atención por los pobladores de las localidades visitadas. Siendo prioritario colocarlos en lugares estratégicos, que no afectaran en la posible remoción de estos.



Imagen 17. Colocación de B.N con clavo de concreto y marcaje con nomenclatura. (Fuente: foto del autor)

En algunos puntos que tuvimos en el primer sitio, que fue Necaxaltepelt, nos apoyamos de algunas postes del alumbrado público de la población, ya que se puede tomar igual que un monumento de concreto, por la estructura robusta que tiene,, su compactación y forma de cómo están hechos, es una base de concreto de al menos unos 50 centímetros de profundidad, con tornillos anclados a él, esto para sostener la luminaria, y, como el movimiento es nulo y está fuera de la calle o superficie de rodamiento, sobre terreno natural, sirve mejor, ya que con esta condición se pudo determinar mejor esos puntos, más claridad del comportamiento del suelo en tiempo de lluvias, o, sismos, y, tener un resultado más favorable para el proyecto establecido.

Ya que esto permitió, desarrollar con precisión los factores importantes de riesgo de deslaves, en el cual, nos estamos enfocando más, que, en los deslizamientos

horizontales de las tierras, al mismo tiempo, se le está dando la misma importancia a las elevaciones del terreno.



Imagen 18. Observación y colocación de B.N en base de lámpara para establecerlo mejor. (Fuente: foto del autor)



Imagen 19. Colocación de B.N en base de concreto y tornillo de lámpara.  
(Fuente: foto del autor)



Imagen 20. Colocación de tornillo de cabeza redonda y marcaje del mismo.  
(Fuente: foto del autor)

Al estar marcando o colocando estos puntos o B.N. y estar monitoreando su comportamiento de forma horizontal, también corremos el riesgo que se determine a largo plazo algún error o deformación por parte del terreno, ya que se es propenso a que este afectado por la placa de concreto que puede estar moviéndose a lo largo del tiempo por el asentamiento humano, o movimiento de la tierra que está debajo del mismo.





Imagen 21. Colocación de B.N en compañía del presidente de la localidad de Necaxaltepetl. (Fuente: foto del autor)



Imagen 22. Marcaje de B.N con plumón para tener una mejor relación de todos. (Fuente: foto del autor)



Imagen 23. Colocación de tornillo de cabeza redonda y colocación de nomenclatura. (Fuente: foto del autor)



Imagen 24. B.N. y marcaje en pared de casa para no perder el marcaje.  
(Fuente: foto del autor)

En algunos puntos que se fueron colocando sobre toda la ruta, fue sobre terreno natural, para no tener ninguna afectación, y, así tener resultados buscados en este proyecto, en el aspecto horizontal, objetivo básico de lo que se realizó desde el inicio.

#### **4.4 Registro De Campo.**

Al estar listo y en orden el proyecto, desde la selección de ruta, monumentación, factores del climas y otras variables que pudieran afectar alguna medición de los puntos de las dos localidades (“Zihuateutla” Tecpatlán y “Nuevo Necaxa” Necaxaltepelt), se comenzó con el trabajo de campo, se realizó la medición de los puntos, el registro de campo en libreta de tránsito, para llevar un correcto registro y los datos y notas con orden, de acuerdo a los elementos que componen el registro de campo para una poligonal abierta.

En el primer punto se marcó como estación 1 (E1), la cual, con ayuda de un GPS de bolsillo, se obtuvieron las coordenadas primarias, y, a partir de esas coordenadas, es que se fueron tomando y registrando las lecturas, al mismo tiempo, se fueron marcando o dándole nomenclatura de identificación a cada punto, para llevar un orden adecuado, y, tener un registro limpio, ordenado, para el mejor tratamiento en los datos.

En la localidad de Zihuateutla (Tecpatlan) se tomaron 8 puntos en total, incorporando una estación del proyecto del Ingeniero Ernesto Panohaya, trabajo de tesis con el tema de “Inclinómetro Seco”.

En la segunda localidad que es de Nuevo Necaxa (Necaxaltepelt), se hicieron un total de 15 puntos, de igual forma, al estar en condiciones climatológicas NO aptas, ya que había neblina, que no permitió tomar buena lectura de algunos puntos, y esto, afecto en la toma de las mediciones, ya que, en un análisis comparativo, variaron en las dos visitas siguientes, y, se incorporó una estación del compañero Ernesto Panohaya con el “inclinómetro Seco”.

Al terminar las visitas al lugar del proyecto, se le dio tratamiento al registro de campo, y, toda la información que se obtuvo, se pasó a un block de notas, para así poder proyectarlo en AutoCAD, y, contar con una mejor idea, de cómo, es que quedo el recorrido, auxiliando el trabajo también con imágenes satelitales.

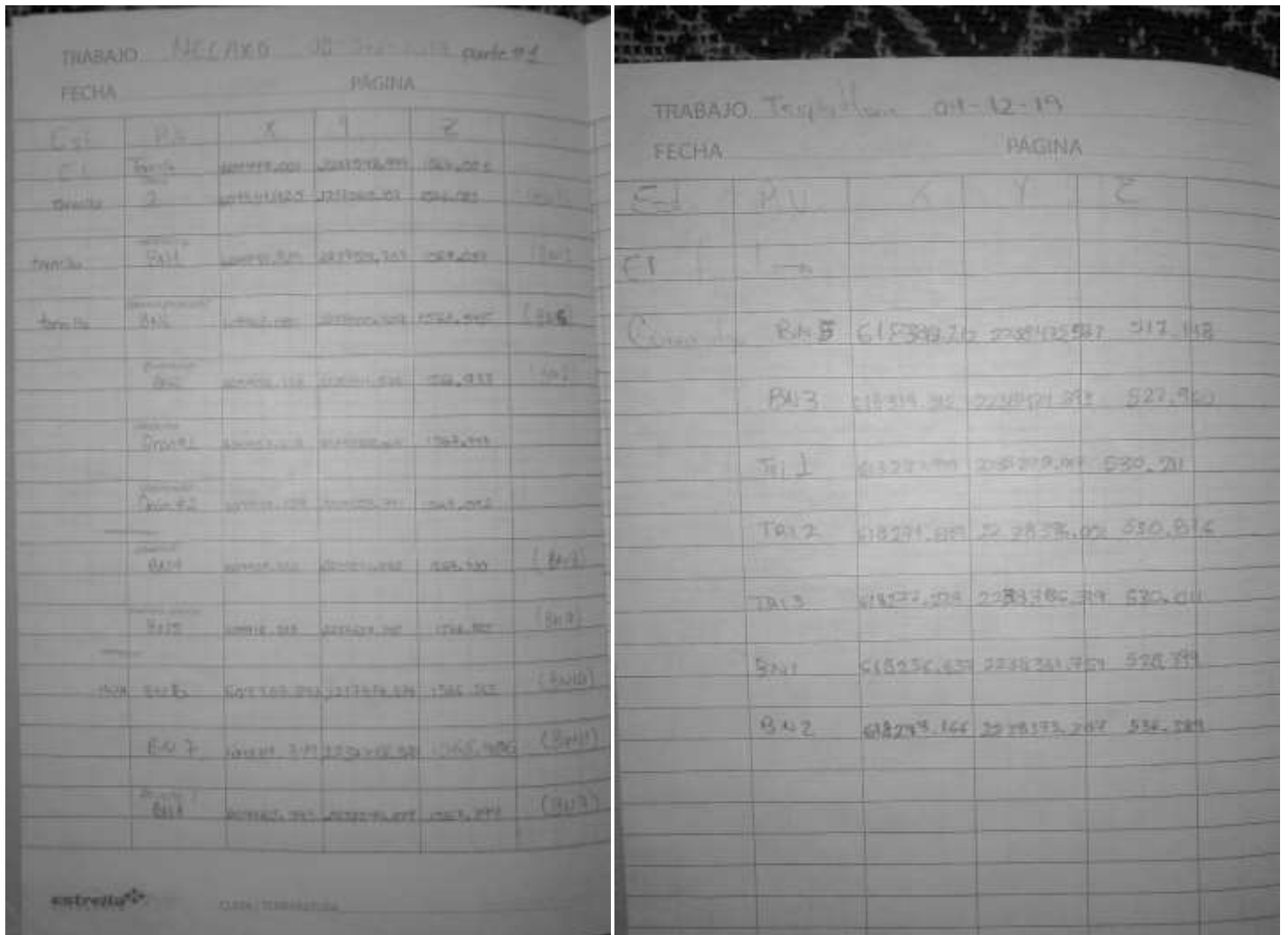


Imagen 25: Foto del registro de campo de libreta de transito de los sitios de proyecto. (Fuente: foto del autor)



Imagen 26. Toma de lectura de los puntos anteriores. (Fuente: foto del autor)



Imagen 27. Toma de lectura y registro en libreta de campo. (Fuente: foto del autor)





Imagen 28. Lectura de puntos y registro en libreta para tener un buen control (sitio Necaxaltepetl “quisco”). (Fuente: foto del autor)



Imagen 29. Registro en libreta de campo (Fuente: foto del autor)

En la descripción de la imagen 29, se está tomando lectura de los últimos puntos de la localidad de Zihuateutla, en el cual nos apoyamos de puntos intermedios, ya que como se mencionó, hay algunos vértices, que, por las pendientes, es imposible tomar su lectura correctamente y acarrear errores, ese punto, se tomó como punto de liga, y al final se tuvo un buen resultado, al tomarse correctamente y así poder tener un buen registro y mejores conclusiones.

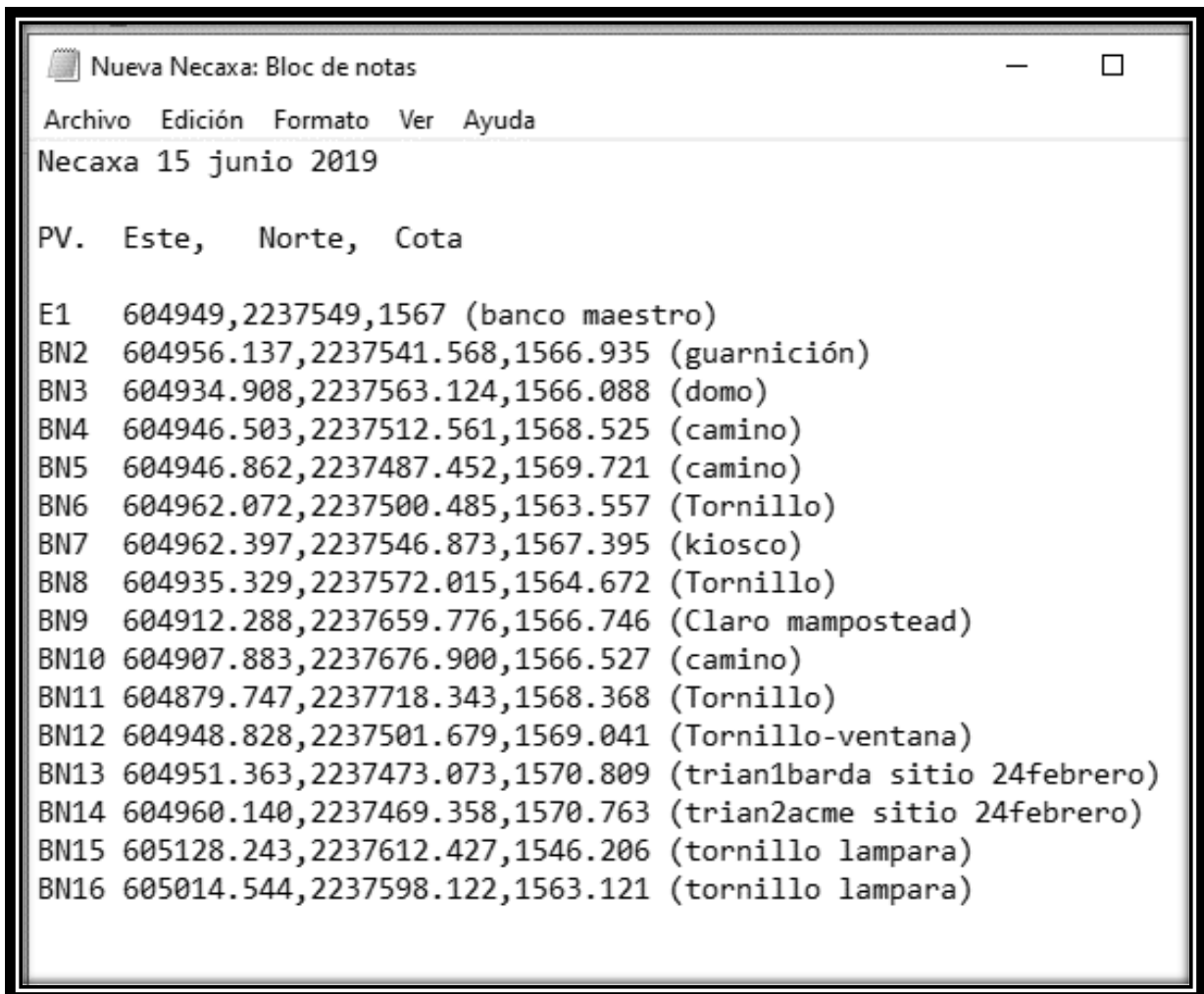


Imagen 30: registro de campo capturado en TXT para su procesamiento y trabajo en AutoCAD. (Fuente: Captura de imagen del autor)

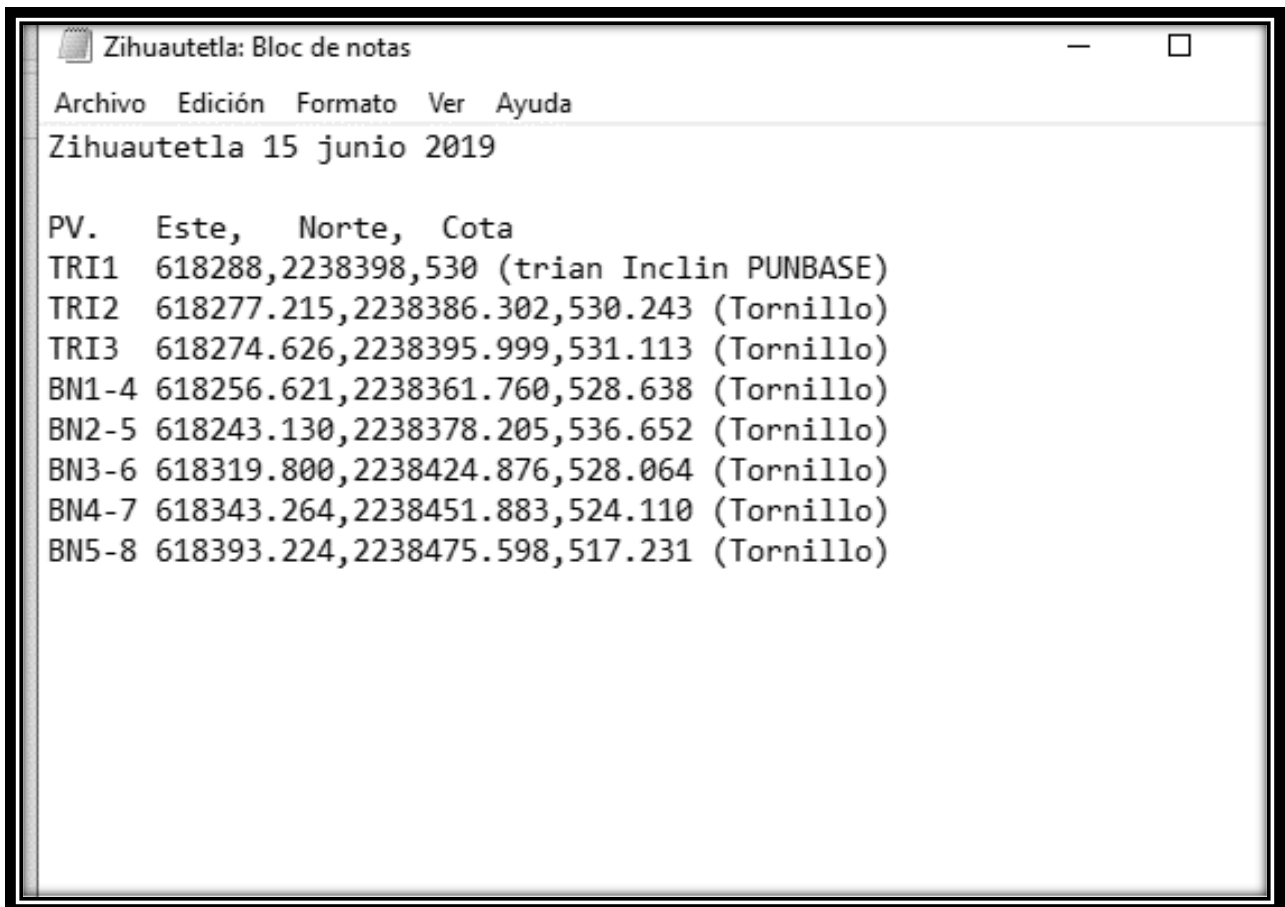


Imagen 31: registro de campo capturado en TXT para su procesamiento y trabajo en AutoCAD. (Fuente: Captura de imagen del autor)

## CAPITULO 5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Considerando todo lo estudiado y los fenómenos que se presentan en estos dos municipios de estudio, es por lo que se está trabajando para detectar el desplazamiento o el movimiento de tierras en laderas, dado que, en ambos movimientos, el plano que se establece puede sufrir 3 cambios en su posición: horizontal, vertical e inclinación.

Esto puede darse con el paso del tiempo, y, tener cambios significativos o cambios que son muy persuasivos, difíciles de notar, pero a la vez, nos ayudan a detectar este movimiento y así poder prevenir riesgos futuros.

### 5.1 Tratamiento de los datos

Teniendo el registro de campo (Imagen 25.) completo y en orden, de acuerdo con el trabajo que se realizó en las dos localidades que “Necaxaltepetl” y “Tecpatlan”, se hace el trabajo de gabinete, en cual, consiste en que los datos recabados y registrados en la libreta de campo, se transcribieron ahora en un TXT., para que con ayuda de AutoCAD se generó el plano, y ver el recorrido, los puntos, en lo cual nos estamos guiando, y, al final hacer una comparativa con el trabajo ya finalizado.



Imagen 32. Estación total Hi TARGET 320/r

Las mediciones fueron con un equipo Estación Total Hi – Target (ZTS – 320/R), con una precisión de 2”, alcance en distancia de 3000 m., sin prisma (lamina reflectora) de 800m., este equipo fue nuestro apoyo para realizar el proyecto en las dos localidades.

El tratamiento de los datos se consta de cómo vamos a trabajar con los datos para detectar el movimiento horizontal de los dos municipios que estuvimos trabajando durante un cierto periodo en el cual vamos a calcular el desplazamiento de los puntos medidos y la dirección hacia dónde es que tuvieron movimiento o cero movimientos de estos.

Con ayuda de los TXT que tenemos registrado, todos los datos nos son más fáciles de consultar al momento de estar trabajando con las coordenadas y así tener un buen resultado.

En el primer municipio que se visitó fue Nuevo Necaxa se registraron 16 puntos (imagen 33), en la segunda visita que se tuvo al municipio de registraron 15 puntos en el cual se perdió un punto por factores externos que afecto al punto (imagen. 34), en la tercera visita que se tuvo al municipio se tuvo los mismos números de puntos registrados que fueron 15 (imagen. 35), pero ahora con otro punto perdido en el cual no afecta a puntos más importantes en los cuales tiene mayor estabilidad.

Necaxa 15 junio 2019

PV. Este, Norte, Cota

E1 604949,2237549,1567 (banco maestro)  
BN2 604956.137,2237541.568,1566.935 (guarnición)  
BN3 604934.908,2237563.124,1566.088 (domo)  
BN4 604946.503,2237512.561,1568.525 (camino)  
BN5 604946.862,2237487.452,1569.721 (camino)  
BN6 604962.072,2237500.485,1563.557 (Tornillo)  
BN7 604962.397,2237546.873,1567.395 (kiosco)  
BN8 604935.329,2237572.015,1564.672 (Tornillo)  
BN9 604912.288,2237659.776,1566.746 (Claro mampostead)  
BN10 604907.883,2237676.900,1566.527 (camino)  
BN11 604879.747,2237718.343,1568.368 (Tornillo)  
BN12 604948.828,2237501.679,1569.041 (Tornillo-ventana)  
BN13 604951.363,2237473.073,1570.809 (trian1barda sitio 24febrero)  
BN14 604960.140,2237469.358,1570.763 (trian2acme sitio 24febrero)  
BN15 605128.243,2237612.427,1546.206 (tornillo lampara)  
BN16 605014.544,2237598.122,1563.121 (tornillo lampara)

Imagen 33. TXT primera medición, 15 de junio de 2019.

Necaxa 7 septiembre 2019

PV. Este, Norte, Cota

E1 604949,2237549,1567 (banco maestro)  
BN2 604956.138,2237541.579,1566.933 (guarnición)  
BN3 604934.925,2237563.107,1566.088 (domo,AUX)  
BN6 604962.080,2237500.509,1563.545 (tornillo,camino principal)  
BN7 604962.393,2237546.874,1567.394 (quisco)  
BN8 604935.332,2237571.985,1564.730 (tornillo,tienda)  
BN9 604912.303,2237659.745,1566.805 (tornillo,mampostead)  
BN10 604907.897,2237676.870,1566.565 (camino,señaletic,AUX)  
BN11 604879.799,2237718.320,1568.406 (tornillo,poste)  
BN12 604948.829,2237501.707,1569.039 (tornillo,ventana)  
TRI1-13 604951.379,2237473.072,1570.807 (trian1barda,sitio 24febrero)  
TRI2-14 604960.122,2237469.395,1570.792 (trian2acme,sitio 24febrero)  
BN15 605128.250,2237612.352,1546.198 (tornillo,lampara)  
BN16 605014.545,2237598.082,1563.079 (tornillo,lampara)  
BN17 604948.026,2237484.658,1569.929 (AUX)

Imagen 34. TXT segunda medición, 7 de septiembre del 2019. (Fuente: Captura de imagen del autor)

Necaxa 04 de dicimbre 2019

PV.	Este,	Norte,	Cota
E1	604949,	2237549,	1567
BN3	604934.908,	2237563.124,	1566.103 (domo)
BN6	604962.055,	2237500.498,	1563.568 (camino principal)
BN7	604962.393,	2237546.874,	1567.394 (quisco)
BN8	604935.323,	2237571.982,	1564.704 (tornillo tienda)
BN9	604912.264,	2237659.732,	1566.764 (tornillo mampostead)
BN10	604907.883,	2237676.901,	1566.535 (aux señaletica)
BN11	604879.740,	2237718.299,	1568.357 (tornillo poste)
BN12			
TRI1	604951.360,	2237473.073,	1570.860 (tri1 barda)
TRI2	604960.116,	2237469.383,	1570.802 (tri2 acme)
BN16	605014.541,	2237598.042,	1561.499 (tornillo lampara1)
BN15	605128.277,	2237612.296,	1646.082 (tornillo lampara2)
BN17	604949.590,	2237486.015,	1569.813 (AUX)

Imagen 35. TXT tercera medición, 4 de diciembre de 2019. (Fuente: Captura de imagen del autor)

En el segundo municipio que se visito fue Zihuateutla "Tecpatlan", llegamos a la conclusion de que este munipio, tambien tuvo una historia con desplazamiento o derrumbre de la zona por diferentes factores como construccion y lluvias.

Gracias a los ingenieron que hablaron con el presidente y deferentes autoridades de la zona, se tuvo el apoyo, y, confirmacion, para establecer puntos de investigacion y desarrollar el proyecto en el sitio, de todo el proceso que se tuvo y puntos obtenidos de la lectura con la estacion total, tuvimos el registro, se trancribio a TXT, para un mejor trabajo de los puntos, y, asi calcular, los desplazamientos horizontales de este municipio.



Los 8 puntos tomados, y, registrados durante este trayecto, represento un trabajo mas rapido y eficaz.

```
Zihuaautetla 15 junio 2019

PV.     Este,     Norte,     Cota
TRI1    618288,2238398,530 (trian Inclin PUNBASE)
TRI2    618277.215,2238386.302,530.243 (Tornillo)
TRI3    618274.626,2238395.999,531.113 (Tornillo)
BN1-4   618256.621,2238361.760,528.638 (Tornillo)
BN2-5   618243.130,2238378.205,536.652 (Tornillo)
BN3-6   618319.800,2238424.876,528.064 (Tornillo)
BN4-7   618343.264,2238451.883,524.110 (Tornillo)
BN5-8   618393.224,2238475.598,517.231 (Tornillo)
```

Imagen 36. TXT primera medición, 15 de Junio del 2019. (Fuente: Captura de imagen del autor)

```
Zihuatehutla 6 septiembre 2019

PV.     Este,           Norte,           Cota
TRI1    618288.018,2238398.034,530.242
TRI3    618274.639,2238396.032,531.098
TRI2    618277.228,2238386.337,530.238
DRON-1  618299.799,2238411.624,529.261
DRON-2  618276.308,2238388.238,530.309
BN1-4   618256.635,2238361.771,528.634
BN2-5   618243.156,2238373.244,536.625
BN3-6   618319.815,2238424.893,528.071
BN4-7   618343.264,2238451.883,524.110
BN5-8   618393.214,2238475.589,517.232
```

Imagen 37. TXT segunda medición, 6 de septiembre del 2019. (Fuente: Captura de imagen del autor)

Zihuatehutla 04 de dicimbre 2019

PV.	Este,	Norte,	Cota
TRI1	618287.999,	2238398.017,	530.211
TRI2	618274.649,	2238396.001,	530.876
TRI3	618277.229,	2238386.319,	530.011
BN1	618256.637,	2238361.754,	528.399
BN2	618243.166,	2238373.207,	536.389
BN3	618319.815,	2238424.893,	527.960
BN4	618343.264,	2238451.883,	524.110
BN5	618393.212,	2238475.587,	517.148

Imagen 38. TXT tercera medición, 4 de diciembre del 2019.(Fuente: Captura de imagen del autor)

## 5.2 Obtención del vector desplazamiento

Ya con los datos recabados, y, en orden, se calculó la magnitud y dirección de cada punto medido, teniendo en cuenta lo aprendido durante nuestra estancia estudiando la carrera, obtenemos las fórmulas, siguiendo el proceso para llegar a los resultados finales.

Para encontrar el Error Total entre las coordenadas X y Y:

$$Ex = X_f - X_i$$

$$Ey = Y_f - Y_i$$

Donde:

$X_f$  son coordenadas en X finales.

$X_i$  con coordenadas en X Iniciales.

$Y_f$  son coordenadas en Y finales

$Y_i$  son coordenadas en Y iniciales

Y con base en las fórmulas para encontrar el error entre las coordenadas finales e iniciales de las mediciones, que se obtuvieron en las distintas visitas a las localidades ya descritas, la llega a la siguiente fórmula:

$$Et = \sqrt{(Ex)^2 + (Ey)^2}$$

Ahora se calcula el Error Total, donde el error en X,Y, son elevados al cuadrado, esos resultados son sumados y al final se obtiene raíz cuadrada, de ese resultado se obtiene la magnitud, y, así, ver el desplazamiento horizontal, que tienen los puntos medidos en los municipios.

Con la siguiente fórmula, podemos llegar a encontrar el sentido que tiene el punto y ver hacia donde se mueven, en caso de tener movimientos.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{Ey}{Ex}$$

Al obtener la magnitud y dirección, para detectar los movimientos horizontales de cada vector, podemos sustituir con los datos recabados en las formulas, para cada coordenada, y para los dos municipios, y así, poder tener los resultados necesarios para llegar a una conclusión.

Se sustituyen las coordenadas en las formulas, iniciando con el municipio de Nuevo Necaxa, de acuerdo con los datos de las primeras mediciones que tomamos, van a ser las principales para los obtener todos los cálculos.

Coordenadas iniciales en  $X_i$  coordenadas finales en  $X_f$

fecha de 15 de junio del 2019

fecha de 7 de septiembre de 2019

1.  $X_i = 604949$

$X_f = 604949$

Con las primeras coordenadas procedemos a sustituirlas en la primera fórmula para encontrar el error entre estas.

$$Ex = X_f - X_i$$

Sustituyendo.

$$Ex = 604949 - 604949$$

Tenemos como resultado:

$$Ex = 0$$

Al ser las mismas coordenadas no hay error, al igual, se menciona, son coordenadas de partida, por lo tanto, libres de error, y, así, las vamos a tomar en todas las coordenadas de inicio, (coordenadas de partida).

De la misma manera con todas las coordenadas, para tener un resultado, y así, poder sustituir en otra fórmula, para encontrar los desplazamientos horizontales.

2.  $X_i = 604956.137$

$X_f = 604956.138$

$$Ex = 604956.138 - 604956.137$$

$$Ex = 0.00100$$

3.  $X_i = 604934.908$

$X_f = 604934.925$

$$Ex = 604934.925 - 604934.908$$

$$Ex = 0.01700$$

4. ( $X_i = 604946.503$ )

5. ( $X_i = 604946.862$ )

En el caso de estas dos coordenadas no se pueden realizar los cálculos correspondientes, debido a que, en la segunda visita, se tuvieron problemas con factores externos, por lo tanto, no se pudieron tomar las mediciones correspondientes y se continuo con los demás puntos.

6.  $X_i = 604962.072$

$X_f = 604962.080$

$$Ex = 604962.080 - 604962.072$$

$$Ex = 0.00800$$

7.  $X_i = 604962.397$

$X_f = 604962.393$

$$Ex = 604962.393 - 604962.397$$

$$Ex = - 0.00400$$

8.  $X_i = 604935.329$

$X_f = 604935.332$

$$Ex = 604935.332 - 604935.329$$

$$Ex = 0.00300$$

9.  $X_i = 604912.288$

$X_f = 604912.303$

$$Ex = 604912.303 - 604912.288$$

$$Ex = 0.01500$$

10.  $X_i = 604907.883$

$X_f = 604907.897$

$$Ex = 604907.897 - 604907.883$$

$$Ex = 0.01400$$

$$11. X_i = 604879.747$$

$$X_f = 604879.799$$

$$E_x = 604879.799 - 604879.747$$

$$E_x = \mathbf{0.05200}$$

$$12. X_i = 604948.828$$

$$X_f = 604948.829$$

$$E_x = 604948.829 - 604948.828$$

$$E_x = \mathbf{0.00100}$$

$$13. X_i = 604951.363$$

$$X_f = 604951.379$$

$$E_x = 604951.379 - 604951.363$$

$$E_x = \mathbf{0.01600}$$

$$14. X_i = 604960.140$$

$$X_f = 604960.122$$

$$E_x = 604960.122 - 604960.140$$

$$E_x = \mathbf{-0.01800}$$

$$15. X_i = 605128.243$$

$$X_f = 605128.250$$

$$E_x = 605128.250 - 605128.243$$

$$E_x = \mathbf{0.00700}$$

$$16. X_i = 605014.544$$

$$X_f = 605014.545$$

$$E_x = 605014.545 - 605014.544$$

$$E_x = \mathbf{0.00100}$$

Al ya tener el resultado del error en las coordenadas X, ahora continuamos con el cálculo de las coordenadas en Y.

$$1. Y_i = 2237549$$

$$Y_f = 2237549$$

$$E_y = Y_f - Y_i$$

$$E_y = 2237549 - 2237549$$

$$E_y = 0$$

Realizando el mismo cálculo, en las coordenadas X, Y, posteriormente, de estas coordenadas vamos a realizar los cálculos pertinentes, para poder tener los resultados que buscamos.

$$2. Y_i = 2237541.568$$

$$Y_f = 2237541.579$$

$$E_y = 2237541.579 - 2237541.568$$

$$E_y = 0.01100$$

$$3. Y_i = 2237563.124$$

$$Y_f = 2237563.107$$

$$E_y = 2237563.107 - 2237563.124$$

$$E_y = -0.01700$$

$$4. (Y_i = 2237512.561)$$

$$5. (Y_i = 2237487.452)$$

Al igual que las coordenadas en X, no tenemos medición ya que por factores externos estos puntos no se encontraron.

$$6. Y_i = 2237500.485$$

$$Y_f = 2237500.509$$

$$E_y = 2237500.509 - 2237500.485$$

$$E_y = 0.02400$$

$$7. Y_i = 2237546.873$$

$$Y_f = 2237546.874$$

$$E_y = 2237546.874 - 2237546.873$$

$$E_y = 0.00100$$

$$8. Y_i = 2237572.015$$

$$Y_f = 2237571.985$$

$$E_y = 2237571.985 - 2237572.015$$

$$E_y = -0.03000$$

$$9. Y_i = 2237659.776 \qquad Y_f = 2237659.745$$

$$E_y = 2237659.745 - 2237659.776$$

$$E_y = -0.03100$$

$$10. Y_i = 2237676.900 \qquad Y_f = 2237676.870$$

$$E_y = 2237676.870 - 2237676.900$$

$$E_y = -0.0300$$

$$11. Y_i = 2237718.343 \qquad Y_f = 2237718.320$$

$$E_y = 2237718.320 - 2237718.343$$

$$E_y = -0.0230$$

$$12. Y_i = 2237501.679 \qquad Y_f = 2237501.707$$

$$E_y = 2237501.707 - 2237501.679$$

$$E_y = 0.0280$$

$$13. Y_i = 2237473.073 \qquad Y_f = 2237473.072$$

$$E_y = 2237473.072 - 2237473.073$$

$$E_y = -0.00100$$

$$14. Y_i = 2237469.358 \qquad Y_f = 2237469.395$$

$$E_y = 2237469.395 - 2237469.358$$

$$E_y = 0.0370$$

$$15. Y_i = 2237612.427 \qquad Y_f = 2237612.352$$

$$E_y = 2237612.352 - 2237612.427$$

$$E_y = -0.0750$$



$$16. Y_i = 2237598.122$$

$$Y_f = 2237598.082$$

$$E_y = 2237598.082 - 2237598.122$$

$$E_y = -0.0400$$

Con todos los datos necesarios para continuar con los cálculos, podemos tener la magnitud,  $y$ , la dirección en que tiene el movimiento horizontal en cada punto medido.

Sin dejar de mencionar que estas, son, mediciones que se tuvieron en la primera visita con apoyo de la estación total, las coordenadas que ahora tomamos son las que se obtuvieron de la segunda visita al sitio, de las cuales, se están ocupando ambas para realizar todos los cálculos.

La siguiente fórmula para obtener la magnitud (longitud),  $y$ , ver la distancia en que se desplazó cada punto obtenido en la segunda visita.

Formula principal para obtener la longitud o distancia de la fecha 7 de septiembre de 2019.

$$E_t = \sqrt{(E_x)^2 + (E_y)^2}$$

Sustituimos con los datos que tenemos de los cálculos para encontrar el error o la diferencia en las coordenadas X, Y.

$$1. E_t = \sqrt{(0)^2 + (0)^2}$$

Tenemos como resultado:

$$E_t = 0$$

En este cálculo, con las primeras coordenadas obtenidas, se tiene 0, ya, que son nuestros bancos o puntos maestros, los cuales estamos tomando como libre de error, ya que se obtuvieron de un GPS,  $y$ , así partir de ese punto hacia los demás.

A partir de este punto se empezó a trabajar conforme a los puntos que se fueron colocando alrededor de un circuito abierto.

$$2. Et = \sqrt{(0.00100)^2 + (0.01100)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000001) + (0.00012100)}$$

$$Et = \sqrt{0.0001220}$$

$$Et = \mathbf{0.0110}$$

$$3. Et = \sqrt{(0.0170)^2 + (-0.0170)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000289) + (0.000289)}$$

$$Et = \sqrt{0.000578}$$

$$Et = \mathbf{0.0240}$$

$$6. Et = \sqrt{(0.0080)^2 + (0.0240)^2}$$

$$lEt = \sqrt{(0.000064) + (0.000576)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00064)}$$

$$Et = \mathbf{0.0253}$$

$$7. Et = \sqrt{(-0.0040)^2 + (0.0010)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000016) + (0.000001)}$$

$$Et = \sqrt{0.000017}$$

$$Et = \mathbf{0.0041}$$

$$8. Et = \sqrt{(0.0030)^2 + (-0.0300)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000009) + (0.00090)}$$

$$Et = \sqrt{0.000909}$$

$$Et = \mathbf{0.0301}$$

$$9. Et = \sqrt{(0.0150)^2 + (-0.0310)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000225) + (0.000961)}$$

$$Et = \sqrt{0.001186}$$

$$Et = \mathbf{0.03443}$$

$$10. Et = \sqrt{(0.0140)^2 + (-0.0300)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000196) + (0.00090)}$$

$$Et = \sqrt{0.001096}$$

$$Et = \mathbf{0.0331}$$

$$11. Et = \sqrt{(0.0520)^2 + (-0.0230)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00270) + (0.00053)}$$

$$Et = \sqrt{0.00323}$$

$$Et = \mathbf{0.0568}$$

$$12. Et = \sqrt{(0.00100)^2 + (0.0280)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000001) + (0.000784)}$$

$$Et = \sqrt{0.00079}$$

$$Et = \mathbf{0.0280}$$

$$13. Et = \sqrt{(0.0160)^2 + (-0.0010)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00026) + (0.000001)}$$

$$Et = \sqrt{0.00026}$$

$$Et = \mathbf{0.0162}$$

$$14. Et = \sqrt{(-0.0180)^2 + (0.0370)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00032) + (0.00137)}$$

$$Et = \sqrt{0.00169}$$

$$Et = 0.0400$$

$$Et = 0.0411$$

$$15. Et = \sqrt{(0.0070)^2 + (-0.0750)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000049) + (0.005625)}$$

$$Et = \sqrt{0.005674}$$

$$Et = 0.0753$$

$$16. Et = \sqrt{(0.0010)^2 + (-0.0400)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000001) + (0.00160)}$$

$$Et = \sqrt{0.00160}$$

Aquí se muestran los primeros resultados, de las dos visitas que tuvimos, en lo cual podemos notar, que hay variaciones no grandes, pero si, significativas, que hace que veamos valores diferentes, donde apenas es notable el desplazamiento horizontal que tiene cada punto.

Más adelante están los cálculos, para ver la dirección que se tiene de cada punto e ir viendo hacia qué sentido y distancia se desplazan todos los puntos.

En esta parte, se calculan, la dirección, que tiene cada punto obtenido entre la primera y segunda visita que se tuvo en Necaxatepelt, y, como en el cálculo que se obtuvo en la longitud, en el primer punto, se tiene cero, ya que es tomado como libre de error. Las coordenadas (puntos 4 y 5), no se mencionan en los cálculos, ya que como se mencionó, en la segunda visita, no se encontraron estos puntos, y, se prosiguió, con la medición de los demás puntos, hasta terminar.

$$1. \alpha = \tan^{-1} \frac{Ey}{Ex}$$

$$\alpha = 0^\circ 0' 0''$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0}{0}$$

$$2. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0110)}{(0.0010)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0)$$

$$\alpha = \tan^{-1}(11)$$

$$\alpha = 84^\circ 48' 20.06''$$

$$3. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0170)}{(0.0170)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-1)$$

$$\alpha = -45^\circ 00' 00''$$

$$6. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0240)}{(0.0080)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(3)$$

$$\alpha = 71^\circ 33' 54.18''$$

$$7. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0010)}{(-0.0040)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0.25)$$

$$\alpha = -14^\circ 02' 10.48''$$

$$8. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.030)}{(0.0030)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-10)$$

$$\alpha = 84^\circ 17' 21.86''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0310)}{(0.0150)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-2.0667)$$

$$\alpha = -64^\circ 10' 44.43''$$

$$10. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0300)}{(0.0140)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-2.1429)$$

$$\alpha = -64^\circ 58' 59.18''$$

$$11. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0230)}{(0.0520)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0.4423)$$

$$\alpha = -23^\circ 51' 36.63''$$

$$12. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0280)}{(0.0010)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(28)$$

$$\alpha = 87^\circ 57' 16.53''$$

$$13. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0010)}{(0.0160)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0.0625)$$

$$\alpha = -3^\circ 34' 34.8''$$

$$14. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0370)}{(-0.0180)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-2.0556)$$

$$\alpha = -64^\circ 03' 27.74''$$

$$15. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0750)}{(0.0070)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-10.7143)$$

$$\alpha = 84^\circ 40' 4.23''$$

$$16. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0400)}{(0.0010)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-40)$$

$$\alpha = 88^{\circ} 34' 4.45''$$

Del análisis, se puede observar que los calculos en algunas direcciones en la que estan van, son similares, pero, ya cuando se representen en una grafica para observar realmente hacia donde van, vamos a poder concluir que algunos puntos van a coincidir.

Destacando que el objetivo, es el de observar, y, comparar la longitud y direccion que estos valores toman durante varias ocasiones; durante las visitas, en un cierto periodo, solo, se tienen 3, por varios factores, los cuales nos impidieron realizar más, y asi poder tener un mejor control de estas, o en su caso, tener mas registros, para garantizar mejores resultados en el proyecto.

En esta tercera visita, para el registro del primer sitio, que sigue siendo Necaxaltepetl, se inició con la medición, pero no se contaba que, por factores externos, hubo puntos que se fueron perdiendo, pero esto, no afecto a nuestras mediciones, y, tener el registro necesario.

Al iniciar con el cálculo de error entre las coordenadas X, lo cual se va a comparar con los datos de la primera visita y la tercera, para así, poder encontrar el error y continuar con el procedimiento.

Las coordenadas y la fecha en las cuales fueron obtenidas se muestran a continuación.

Coordenadas iniciales en $X_i$	coordenadas finales en $X_f$
Con fecha de 15 de junio del 2019	fecha de 4 de diciembre de 2019
1. $X_i = 604949$	$X_f = 604949$

Con las primeras coordenadas, procedemos a sustituirlas en la primera fórmula, para encontrar el error entre ellas.

$$Ex = X_f - X_i$$

$$Ex = 604949 - 604949$$

$$Ex = 0$$

Se hace lo mismo con todas las coordenadas, para tener un resultado, y, así poder sustituir en la otra fórmula, para encontrar los desplazamientos horizontales.

**2. ( $X_i = 604956.137$ )**

Como se observa, en la tercera visita, esta coordenada, ahora fue la que no se pudo encontrar, ya que al llegar al punto marcado no se encontró, fue removido, sin poder tener éxito en la medición del mismo.

3.  $X_i = 604934.908$

$$X_f = 604934.908$$

$$Ex = 604934.908 - 604934.908$$

$$Ex = 0.0$$

**4. ( $X_i = 604946.503$ )**

**5. ( $X_i = 604946.862$ )**

Estos puntos, al igual que en la segunda visita, siguieron sin encontrarse, y se optó por seguir con la medición de los demás puntos.

6.  $X_i = 604962.072$

$$X_f = 604962.055$$

$$Ex = 604962.055 - 604962.072$$

$$Ex = - 0.0170$$

7.  $X_i = 604962.397$

$$X_f = 604962.393$$

$$Ex = 604962.393 - 604962.397$$

$$Ex = - 0.0040$$

$$8. X_i = 604935.329 \qquad X_f = 604935.323$$

$$Ex = 604935.323 - 604935.329$$

$$Ex = - 0.0060$$

$$9. X_i = 604912.288 \qquad X_f = 604912.264$$

$$Ex = 604912.264 - 604912.288$$

$$Ex = - 0.0240$$

$$10. X_i = 604907.883 \qquad X_f = 604907.883$$

$$Ex = 604907.883 - 604907.883$$

$$Ex = 0.0$$

$$11. X_i = 604879.747 \qquad X_f = 604879.740$$

$$Ex = 604879.740 - 604879.747$$

$$Ex = - 0.0070$$

$$12. (X_i = 604948.828)$$

Para este punto que se tenía marcado, no se encontró, fue removido por los mismos pobladores, y, no se pudieron tomar sus coordenadas.

$$13. X_i = 604951.363 \qquad X_f = 604951.360$$

$$Ex = 604951.360 - 604951.363$$

$$Ex = - 0.0030$$

$$14. X_i = 604960.140 \qquad X_f = 604960.116$$

$$Ex = 604960.116 - 604960.140$$

$$Ex = - 0.0240$$

$$15. X_i = 605128.243 \qquad X_f = 605128.277$$

$$Ex = 605128.277 - 605128.243$$

$$Ex = 0.0340$$

$$16. Xi = 605014.544$$

$$Xf = 605014.541$$

$$Ex = 605014.541 - 605014.544$$

$$Ex = - 0.0030$$

Al tener el resultado del error en las coordenadas X, continuamos con el cálculo para encontrar el error de las coordenadas en Y, comparando datos de la primera visita y la tercera visita al primer sitio.

$$1. Yi = 2237549$$

$$Yf = 2237549$$

$$Ey = Yf - Yi$$

$$Ey = 2237549 - 2237549$$

$$Ey = 0$$

Con estas coordenadas, se hace el mismo calculo como en las coordenadas X, y, así, posteriormente al termino de estas coordenadas, vamos a realizar los cálculos pertinentes para así poder tener los resultados que buscamos.

Al igual que los cálculos anteriores, los puntos que no se encontraron, se eliminaron, y así, es como se continuo con la medición, ahora, se muestra el cálculo de todos los datos recabados en la tercera visita.

$$2. (Yi = 2237541.568)$$

$$3. Yi = 2237563.124$$

$$Yf = 2237563.124$$

$$Ey = 2237563.124 - 2237563.124$$

$$Ey = -0.0$$

$$4. (Yi = 2237512.561)$$

$$5. (Yi = 2237487.452)$$



Al igual que las coordenadas en X, de estas, no tenemos medición, ya que, por factores externos al grupo de trabajo, estos puntos no se encontraron.

$$6. Y_i = 2237500.485 \qquad Y_f = 2237500.498$$

$$E_y = 2237500.498 - 2237500.485$$

$$E_y = 0.0130$$

$$7. Y_i = 2237546.873 \qquad Y_f = 2237546.874$$

$$E_y = 2237546.874 - 2237546.873$$

$$E_y = 0.0010$$

$$8. Y_i = 2237572.015 \qquad Y_f = 2237571.982$$

$$E_y = 2237571.982 - 2237572.015$$

$$E_y = - 0.0330$$

$$9. Y_i = 2237659.776 \qquad Y_f = 2237659.732$$

$$E_y = 2237659.732 - 2237659.776$$

$$E_y = - 0.0440$$

$$10. Y_i = 2237676.900 \qquad Y_f = 2237676.901$$

$$E_y = 2237676.901 - 2237676.900$$

$$E_y = 0.0010$$

$$11. Y_i = 2237718.343 \qquad Y_f = 2237718.299$$

$$E_y = 2237718.299 - 2237718.343$$

$$E_y = - 0.0440$$

**12. (Yi = 2237501.679)**

Esta coordenada se encuentra sola, ya que, al estar en el sitio, este punto no se pudo encontrar, por eso que ya no se tomó, y, se continuo con la toma de los demás.

13. Yi = 2237473.073

Yf = 2237473.073

$$Ey = 2237473.073 - 2237473.073$$

$$Ey = 0.0$$

14. Yi = 2237469.358

Yf = 2237469.383

$$Ey = 2237469.383 - 2237469.358$$

$$Ey = 0.0250$$

15. Yi = 2237612.427

Yf = 2237612.296

$$Ey = 2237612.296 - 2237612.427$$

$$Ey = - 0.1310$$

16. Yi = 2237598.122

Yf = 2237598.042

$$Ey = 2237598.042 - 2237598.122$$

$$Ey = - 0.800$$

Los calculos que acontinuacion se presenta son del 15 de junio, que es la primera visita ,y, los de, la tercera visita, que tiene la fecha 4 de diciembre del 2019.

Se ocupa el mismo procedimiento ya realizado a lo largo del texto, para obtener la magnitud de todos los puntos, y, así, poder ver la distancia en que se desplazaron los puntos, comparando datos y cálculos de las visitas realizadas.

$$Et = \sqrt{(Ex)^2 + (Ey)^2}$$

1.  $Et = \sqrt{(0)^2 + (0)^2}$

$$Et = 0$$

Por lo ya descrito, con este cálculo de coordenadas, los primeros valores se toman como libres de error y son los que no van a tener movimiento.

$$2. Et = S/D$$

$$Et = \sqrt{(0.0025)}$$

$$3. Et = \sqrt{(0.0)^2 + (0.0)^2}$$

$$Et = 0.0504$$

$$Et = \sqrt{(0.0) + (0.0)}$$

$$10. Et = \sqrt{(0.0)^2 + (0.0010)^2}$$

$$Et = \sqrt{0.0}$$

$$Et = \sqrt{(0.0) + (0.000001)}$$

$$Et = 0.0$$

$$Et = \sqrt{(0.000001)}$$

$$6. Et = \sqrt{(-0.0170)^2 + (0.0130)^2}$$

$$Et = 0.0010$$

$$Et = \sqrt{(0.0003) + (0.0002)}$$

$$11. Et = \sqrt{(-0.0070)^2 + (-0.0440)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0005)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00005) + (0.00194)}$$

$$Et = 0.0224$$

$$Et = \sqrt{(0.00199)}$$

$$7. Et = \sqrt{(-0.0040)^2 + (0.0010)^2}$$

$$Et = 0.0446$$

$$Et = \sqrt{(0.00002) + (0.000001)}$$

$$12. Et = S/D$$

$$Et = \sqrt{(0.000021)}$$

$$13. Et = \sqrt{(-0.0030)^2 + (0.0)^2}$$

$$Et = 0.0046$$

$$Et = \sqrt{(0.000009) + (0.0)}$$

$$8. Et = \sqrt{(-0.0060)^2 + (-0.0330)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000009)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00004) + (0.00109)}$$

$$Et = 0.003$$

$$Et = \sqrt{(0.00113)}$$

$$14. Et = \sqrt{(-0.0240)^2 + (0.0250)^2}$$

$$Et = 0.0336$$

$$Et = \sqrt{(0.00058) + (0.00063)}$$

$$9. Et = \sqrt{(-0.0240)^2 + (-0.0440)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00121)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0006) + (0.0019)}$$

$$Et = 0.0348$$

$$15. Et = \sqrt{(0.0340)^2 + (-0.1310)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0012) + (0.0172)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0184)}$$

$$Et = \mathbf{0.1356}$$

$$16. Et = \sqrt{(-0.0030)^2 + (-0.800)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.000009) + (0.6400)}$$

$$Et = \sqrt{(0.6400)}$$

$$Et = \mathbf{0.800}$$

Aquí concluyen los cálculos efectuados para poder visualizar el desplazamiento horizontal que se tiene en cada uno de los puntos, sin dejar de destacar, que solo fue en un cierto periodo, y, para poder tener más información o más criterio será necesario tener más visitas.

Se continua con los últimos cálculos para obtener la dirección de cada punto, en el primer sitio, que es, Necaxaltepetl ,con la fecha de inicio, que es la primera visita, del 15 de junio de 2019, y, la tercera visita que se realizó el 4 de diciembre

$$1. \alpha = \tan^{-1} \frac{Ey}{Ex}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0}{0}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0)$$

$$\alpha = \mathbf{0^\circ 0' 0''}$$

$$2. \alpha = \tan^{-1}$$

$$\alpha = \mathbf{S/D}$$

$$3. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0,0)}{(0,0)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0,0)$$

$$\alpha = \mathbf{00^\circ 00' 00''}$$

$$6. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0,0130)}{(-0,0170)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0,7647)$$

$$\alpha = \mathbf{-37^\circ 24' 19,28''}$$

$$7. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0,0010)}{(-0,0040)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0,2500)$$

$$\alpha = \mathbf{-14^\circ 02' 10,48''}$$

$$8. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0,0330)}{(-0,0060)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(5,500)$$

$$\alpha = \mathbf{79^\circ 41' 42,55''}$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0,0440)}{(-0,0240)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1,8333)$$

$$\alpha = \mathbf{61^\circ 23' 22,35''}$$

$$10. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0010)}{(0.00)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0)$$

$$\alpha = \mathbf{00^\circ 00' 00''}$$

$$11. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0440)}{(-0.0070)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(6.2857)$$

$$\alpha = \mathbf{80^\circ 57' 37.86''}$$

$$12. \alpha = \tan^{-1}$$

$$\alpha = \mathbf{S/D}$$

$$13. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0)}{(-0.0030)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0)$$

$$\alpha = \mathbf{00^\circ 00' 00''}$$

$$14. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0250)}{(-0.0240)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-1.0417)$$

$$\alpha = \mathbf{-46^\circ 10' 8.9''}$$

$$15. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.1310)}{(0.0340)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-3.8529)$$

$$\alpha = \mathbf{-75^\circ 27' 1.32''}$$

$$16. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.800)}{(-0.0030)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(266.6667)$$

$$\alpha = \mathbf{89^\circ 47' 6.51''}$$

Con el cálculo de todas las longitudes y direcciones de los puntos tomados durante las tres visitas, en un periodo de medio año, para la primera localidad, que es de Nuevo Necaxa.

Para proseguir con el siguiente sitio que es, Tepactlan, Zihuateutla, con las mismas fechas de visita.

En los siguientes calculos, se van a encontrar primero, los errores o la diferencia que se tiene entre la primera visita y la segunda, en lo cual se van a iniciar con las coordenadas en X, al igual que en el primer sitio, las coordenadas primarias se tienen en 0 y libres de error, nomenclatura de E1 o Punto maestro.

Tepactlan fecha del 15 de junio, y, siguiente fecha 6 de septiembre

1.  $X_i = 618288$

$X_f = 618288$

$$Ex = 618288 - 618288$$

$$Ex = 0.00$$

2.  $X_i = 618277.215$

$X_f = 618277.228$

$$Ex = 618277.228 - 618277.215$$

$$Ex = 0.0130$$

3.  $X_i = 618274.626$

$X_f = 618274.639$

$$Ex = 618274.639 - 618274.626$$

$$Ex = 0.0130$$

4.  $X_i = 618256.621$

$X_f = 618256.635$

$$Ex = 618256.635 - 618256.621$$

$$Ex = 0.0140$$

$$5. X_i = 618243.130$$

$$X_f = 618243.156$$

$$Ex = 618243.156 - 618243.130$$

$$Ex = 0.0260$$

$$6. X_i = 618319.800$$

$$X_f = 618319.815$$

$$Ex = 618319.815 - 618319.800$$

$$Ex = 0.0150$$

$$7. X_i = 618343.264$$

$$X_f = 618343.264$$

$$Ex = 618343.264 - 618343.264$$

$$Ex = 0.00$$

$$8. X_i = 618393.224$$

$$X_f = 618393.214$$

$$Ex = 618393.214 - 618393.224$$

$$Ex = - 0.0100$$

Al tener las diferencias o errores de X, se continua con el calculo de las coordenadas en Y, de la misma manera ,se tiene el 15 de junio y 6 de septiembre, Nota: en el primer sitio, se tiene fecha de un día posterior, por lo ya establecido; con los tiempos de traslado, no se pueden realizar en el mismo día.

Pero sin perder de vista que todos los puntos marcados se encontraron, y, se realizaron las mediciones con las precisiones requeridas y en buenas condiciones del estado del tiempo.

$$1. Y_i = 2238398$$

$$Y_f = 2238398$$

$$Ey = 2238398 - 2238398$$

$$Ey = 0.00$$

$$2. Y_i = 2238386.302 \qquad Y_f = 2238386.337$$

$$E_y = 2238386.337 - 2238386.302$$

$$E_y = \mathbf{0.0350}$$

$$3. Y_i = 2238395.999 \qquad Y_f = 2238396.032$$

$$E_y = 2238396.032 - 2238395.999$$

$$E_y = \mathbf{0.0330}$$

$$4. Y_i = 2238361.760 \qquad Y_f = 2238361.771$$

$$E_y = 2238361.771 - 2238361.760$$

$$E_y = \mathbf{0.0110}$$

$$5. Y_i = 2238373.205 \qquad Y_f = 2238373.244$$

$$E_y = 2238373.244 - 2238373.205$$

$$E_y = \mathbf{- 0.0390}$$

$$6. Y_i = 2238424.876 \qquad Y_f = 2238424.893$$

$$E_y = 2238424.893 - 2238424.876$$

$$E_y = \mathbf{0.0170}$$

$$7. Y_i = 2238451.883 \qquad Y_f = 2238451.883$$

$$E_y = 2238451.883 - 2238451.883$$

$$E_y = \mathbf{0.00}$$

$$8. Y_i = 2238475.598 \qquad Y_f = 2238475.589$$

$$E_y = 2238475.589 - 2238475.598$$

$$E_y = \mathbf{- 0.0090}$$



Con los cálculos de las coordenadas X, Y, se procede a realizar los cálculos pertinentes para poder encontrar la magnitud (longitud) y así ver el desplazamiento que tienen los puntos medidos.

Se puede notar que las coordenadas de partida (coordenadas base), son libres de error, como ya se destacó líneas arriba.

$$1. Et = \sqrt{(0.0)^2 + (0.0)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0) + (0.0)}$$

$$Et = \sqrt{0.0}$$

$$**Et = 0.0**$$

$$2. Et = \sqrt{(0.0130)^2 + (0.0350)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0012)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0014)}$$

$$**Et = 0.0374**$$

$$3. Et = \sqrt{(0.0130)^2 + (0.0330)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0011)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0013)}$$

$$**Et = 0.0359**$$

$$4. Et = \sqrt{(0.0140)^2 + (0.0110)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0001)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0003)}$$

$$**Et = 0.0179**$$

$$5. Et = \sqrt{(0.0260)^2 + (-0.0390)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0007) + (0.0015)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0022)}$$

$$**Et = 0.0469**$$

$$6. Et = \sqrt{(0.0150)^2 + (0.0170)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0003)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0005)}$$

$$**Et = 0.0221**$$

$$7. Et = \sqrt{(0.00)^2 + (0.00)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00) + (0.00)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00)}$$

$$**Et = 0.00**$$

$$8. Et = \sqrt{(-0.0100)^2 + (-0.0090)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0001) + (0.0001)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002)}$$

$$**Et = 0.0135**$$

Como observamos no son muchos puntos, ya que Tepactlan es un lugar pequeño, y, de acuerdo con los pobladores, solo es la avenida principal y la que a veces tiene factor de daño por el que se tiene el poblado.

Se sigue con el cálculo, para poder encontrar la dirección de cada punto y así ver hacia donde es que se desplazan estos, y, tener una idea del comportamiento del movimiento.

Al igual que en el primer calculo, se van a obtener valores 0, pues son fuera de error.

$$1. \alpha = \tan^{-1} \frac{(Y)}{(X)}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0)}{(0.0)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.0)$$

$$\alpha = \mathbf{00^\circ 00' 00''}$$

$$2. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0350)}{(0.0130)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(2.6923)$$

$$\alpha = \mathbf{69^\circ 37' 24.83''}$$

$$3. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0330)}{(0.0130)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(2.5385)$$

$$\alpha = \mathbf{68^\circ 29' 54.84''}$$

$$4. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0110)}{(0.0140)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.7857)$$

$$\alpha = \mathbf{38^\circ 09' 26.02''}$$

$$5. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0390)}{(0.0260)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-1.500)$$

$$\alpha = \mathbf{-56^\circ 18' 35.76''}$$

$$6. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0170)}{(0.0150)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1.1333)$$

$$\alpha = \mathbf{48^\circ 34' 34.8''}$$

$$7. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.00)}{(0.00)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.00)$$

$$\alpha = \mathbf{00^{\circ} 00' 00''}$$

$$8. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0090)}{(-0.0100)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0.9000)$$

$$\alpha = \mathbf{-41^{\circ} 59' 13.96''}$$

Entos son los calculos entre la primera visita y la segunda que se tuvo en el segundo sitio. Todos los puntos que se marcaron se encontraron y se midieron ya que estaban en perfecto estado y bien cuidados.

A continuación, los cálculos de datos levantados entre la primera y la tercera visita que se realizó, análogamente, para encontrar los errores entre las coordenadas X.

En la tercera visita, y, en la segunda, se encontraron todos los puntos marcados y se midieron con la rigurosidad del trabajo.

El sitio de Tepactlan, con fecha 15 de junio y la tercera (ultima visita) que se tuvo en fecha 4 de diciembre, cuyos datos se ordenaron para realizar todos los calculos.

$$1. X_i = 618288$$

$$X_f = 618288$$

$$Ex = 618288 - 618288$$

$$\mathbf{Ex = 0.00}$$

$$2. X_i = 618277.215$$

$$X_f = 618277.229$$

$$Ex = 618277.229 - 618277.215$$

$$\mathbf{Ex = 0.0140}$$

$$3. X_i = 618274.626 \qquad X_f = 618274.649$$

$$Ex = 618274.649 - 618274.626$$

$$Ex = \mathbf{0.0230}$$

$$4. X_i = 618256.621 \qquad X_f = 618256.637$$

$$Ex = 618256.637 - 618256.621$$

$$Ex = \mathbf{0.0160}$$

$$5. X_i = 618243.130 \qquad X_f = 618243.166$$

$$Ex = 618243.166 - 618243.130$$

$$Ex = \mathbf{0.0360}$$

$$6. X_i = 618319.800 \qquad X_f = 618319.815$$

$$Ex = 618319.815 - 618319.800$$

$$Ex = \mathbf{0.0150}$$

$$7. X_i = 618343.264 \qquad X_f = 618343.264$$

$$Ex = 618343.264 - 618343.264$$

$$Ex = \mathbf{0.00}$$

$$8. X_i = 618393.224 \qquad X_f = 618393.212$$

$$Ex = 618393.212 - 618393.224$$

$$Ex = \mathbf{-0.0120}$$

Continuando con los cálculos, para encontrar el error de las coordenadas en X Y, se continuo, para poder encontrar la longitud que tiene cada punto, y compararlo con las mediciones que se tienen de inicio.

Se toman nuevamente las coordenadas Y, iniciales de la primera visita y se le resta Y de la tercera visita, para encontrar el resultado buscado.

1.  $Y_i = 2238398$

$Y_f = 2238398$

$$E_y = 2238398 - 2238398$$

$$E_y = 0.00$$

2.  $Y_i = 2238386.302$

$Y_f = 2238386.319$

$$E_y = 2238386.319 - 2238386.302$$

$$E_y = 0.0170$$

3.  $Y_i = 2238395.999$

$Y_f = 2238396.001$

$$E_y = 2238396.001 - 2238395.999$$

$$E_y = 0.0020$$

4.  $Y_i = 2238361.760$

$Y_f = 2238361.754$

$$E_y = 2238361.754 - 2238361.760$$

$$E_y = -0.0060$$

5.  $Y_i = 2238373.205$

$Y_f = 2238373.207$

$$E_y = 2238373.207 - 2238373.205$$

$$E_y = 0.0020$$

6.  $Y_i = 2238424.876$

$Y_f = 2238424.893$

$$E_y = 2238424.893 - 2238424.876$$

$$E_y = 0.0170$$

7.  $Y_i = 2238451.883$

$Y_f = 2238451.883$

$$E_y = 2238451.883 - 2238451.883$$

$$E_y = 0.00$$

$$8. Y_i = 2238475.598$$

$$Y_f = 2238475.587$$

$$E_y = 2238475.587 - 2238475.598$$

$$E_y = -0.0110$$

Continuando con los calculos para obtener las direcciones de cada punto, y con los resultados anteriores, se pudo observar el movimiento horizontal de cada punto, y, su comportamiento en el transcurso del tiempo en que no se tuvo la visita. Con el resultado de los errores en X ,Y, se toman los valores y se sustituyen en la fórmula que se muestra al inicio de cada calculo, teniendo un resultado para poder interpretarlo, destacando nuevamente que al inicio siempre vamos a tener cero, por ser valores libres de error, concluyendo que, esos puntos no tuvieron movimiento durante las tres visitas realizadas.

$$1. Et = \sqrt{(0.0)^2 + (0.0)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0) + (0.0)}$$

$$Et = \sqrt{0.0}$$

$$Et = 0.0$$

$$2. Et = \sqrt{(0.0140)^2 + (0.0170)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0003)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0005)}$$

$$Et = 0.0221$$

$$3. Et = \sqrt{(0.0230)^2 + (0.0020)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0005) + (0.000004)}$$

$$Et = \sqrt{(0.000504)}$$

$$Et = 0.0224$$

$$4. Et = \sqrt{(0.0160)^2 + (-0.0060)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0003) + (0.00004)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00034)}$$

$$**Et = 0.0183**$$

$$5. Et = \sqrt{(0.0360)^2 + (0.0020)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0013) + (0.000004)}$$

$$Et = \sqrt{(0.001304)}$$

$$**Et = 0.0361**$$

$$6. Et = \sqrt{(0.0150)^2 + (0.0170)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002) + (0.0003)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0005)}$$

$$**Et = 0.0221**$$

$$7. Et = \sqrt{(0.00)^2 + (0.00)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.00) + (0.00)}$$

$$Et = \sqrt{(0.00)}$$

$$**Et = 0.00**$$

$$8. Et = \sqrt{(-0.0120)^2 + (-0.0110)^2}$$

$$Et = \sqrt{(0.0001) + (0.0001)}$$

$$Et = \sqrt{(0.0002)}$$

$$**Et = 0.0163**$$



Con los cálculos para encontrar la longitud, se continua con la obtencion de los datos de la direccion de cada punto visado, asumiendo el primer resultado como 0 ,y, posteriormente se van a tener valores diferentes, debido a que se tienen coordenadas tomadas desde la primera visita.

$$1. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0)}{(0.0)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.0)$$

$$\alpha = \mathbf{00^{\circ} 00' 00''}$$

$$2. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0170)}{(0.0140)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1.2143)$$

$$\alpha = \mathbf{50^{\circ} 31' 39.14''}$$

$$3. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0020)}{(0.0230)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.0870)$$

$$\alpha = \mathbf{4^{\circ} 58' 11.07''}$$

$$4. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0060)}{(0.0160)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-0.3750)$$

$$\alpha = \mathbf{-20^{\circ} 33' 21.76''}$$

$$5. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0020)}{(0.0360)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.0556)$$

$$\alpha = \mathbf{3^{\circ} 10' 47.39''}$$

$$6. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.0170)}{(0.0150)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1.1333)$$

$$\alpha = 48^{\circ} 34' 34.8''$$

$$7. \alpha = \tan^{-1} \frac{(0.00)}{(0.00)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.00)$$

$$\alpha = 00^{\circ} 00' 00''$$

$$8. \alpha = \tan^{-1} \frac{(-0.0110)}{(-0.0120)}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.9167)$$

$$\alpha = 42^{\circ} 30' 37.61''$$

Concluidos todos los calculos de ambos sitios, podemos observar que el resultado determinado en cada calculo, se puede hacer notar el poco desplazamiento que tienen varios vértices medidos, tambien en estos puntos, hubo algunos que no tuvieron desplazamiento.

Se tiene claro que para tener un mejor éxito o resultado, son necesario generar un mayor número de puntos y mediciones, siendo determinante hacer más visitas, para poder ofrecer un proyecto que tenga un gran impacto, y un mejor resultado para la prevención de desastres, deslaves, desplazamientos de laderas u otro fenómeno físico que surjan en cualquier momento.

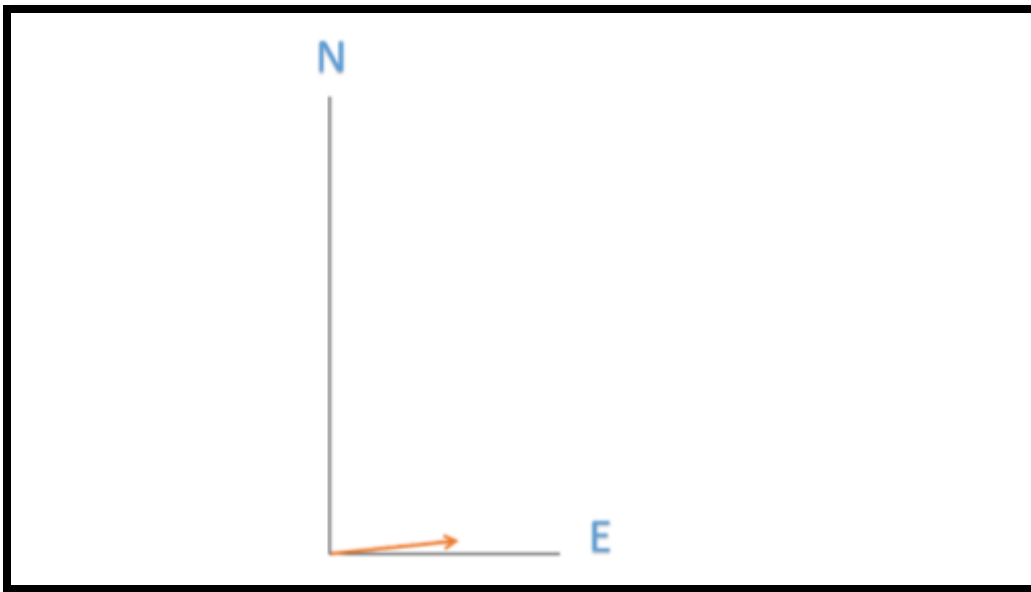
### **5.3 Interpretación de resultados**

#### **5.3.1 Municipio de Necaxaltepetl**

Los procesos de medición y cálculo de todos los puntos seleccionados en las dos comunidades, fueron importantes y relativamente extensos, la comparación de estos mismos, es un punto de partida, para poder encontrar algún cambio de magnitud y dirección de todos los vectores. Para considerar un desplazamiento de estos puntos, tenemos que tener en cuenta que; los movimientos horizontales de estos puntos deben ser constantes, ya que, de no serlo, podemos considerar descartarlos por no generar mayor trabajo.

En este bloque, se interpretan todos los resultados que se tienen en cada uno de los cálculos de las dos localidades, para ir comprobando y comparando el movimiento de cada punto.

De la primera localidad visitada, que fue de Juan Galindo (Nuevo Necaxa) en un del 15 de junio al 4 de diciembre del 2019, con 3 visitas, para comparar el movimiento que se tuvo en ese periodo y así observar el comportamiento de algún movimiento horizontal.



**Vector, BN 2, 7 de septiembre de 2019**

$$Et = 0.0110 \text{ mm.}$$



$$\alpha = 84^{\circ} 48' 20.06''$$

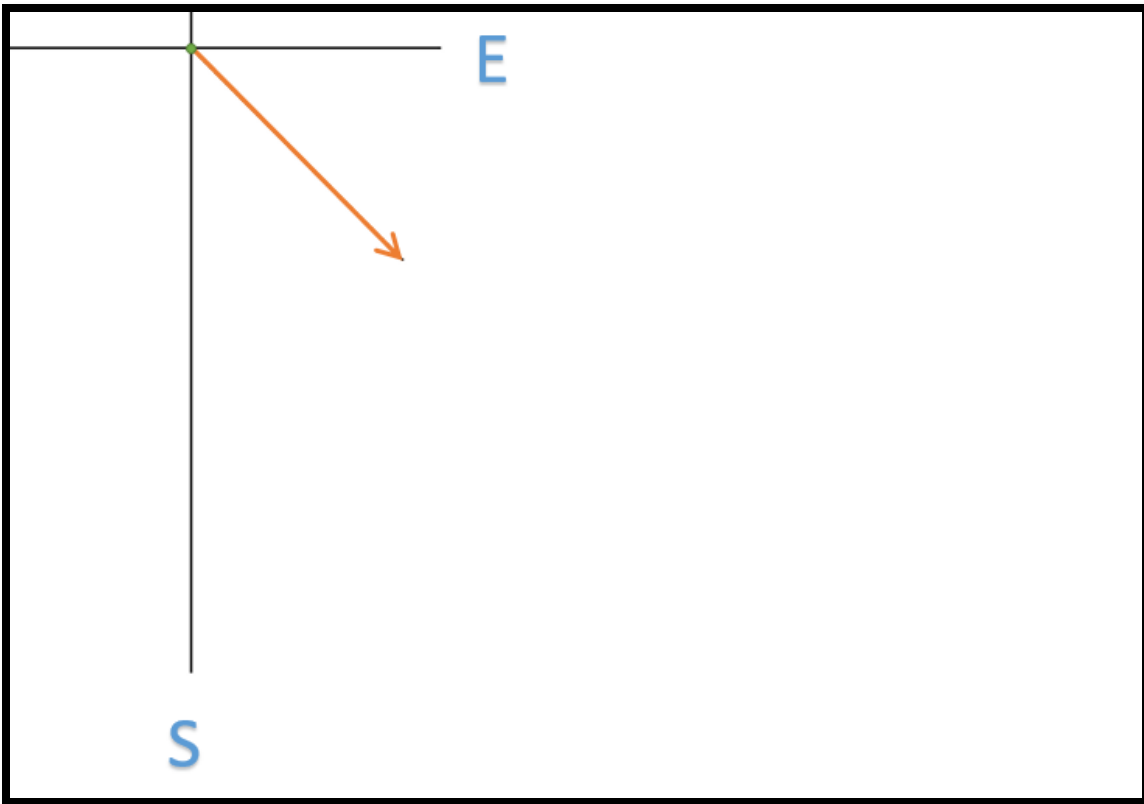
**Vector, BN 2, 4 de diciembre de 2019**

$$Et = S/D$$

$$\alpha = S/D$$

En el punto BN-2, de la segunda visita que se tuvo, se puede apreciar, que se tiene un pequeño movimiento horizontal, de acuerdo con el punto de partida, en la tercera visita que se tiene, esta con valor cero ya que, en esta, nuestro punto no se localizó, y este punto se tiene como descartado para las siguientes mediciones, ya que, no

podemos tener un buen seguimiento o resultado constate para comprobar su movimiento horizontal.



**Vector BN-3, 7 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0240$  mm.**

**$\alpha = -45^\circ 00' 00''$**

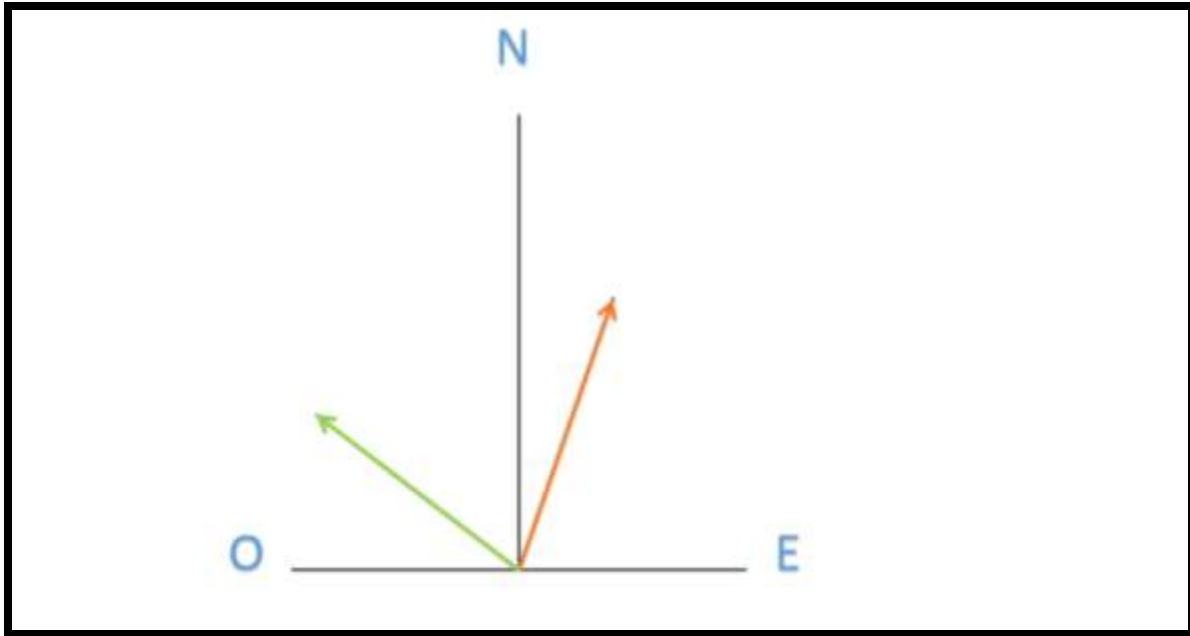


**Vector BN-3, 4 de diciembre de 2019**

**$Et = 0.000$  mm.**

**$\alpha = 00^\circ 00' 00''$**

En el punto marcado como BN-3, se ve un ligero movimiento horizontal, obtenido en la segunda visita, que se tuvo durante el periodo de medio año, en la última en el sitio, se obtuvo un cero, lo que quiere decir que en este punto no se tuvo movimiento, pero para tener un mejor resultado se tiene como recomendación que se le dé continuidad al proyecto, con más mediciones para seguir comparando y viendo sus movimientos.



**Vector BN-6, 7 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0253 \text{ mm.}$



$\alpha = 71^\circ 33' 54.18''$

**Vector BN-6, 4 de diciembre de 2019**

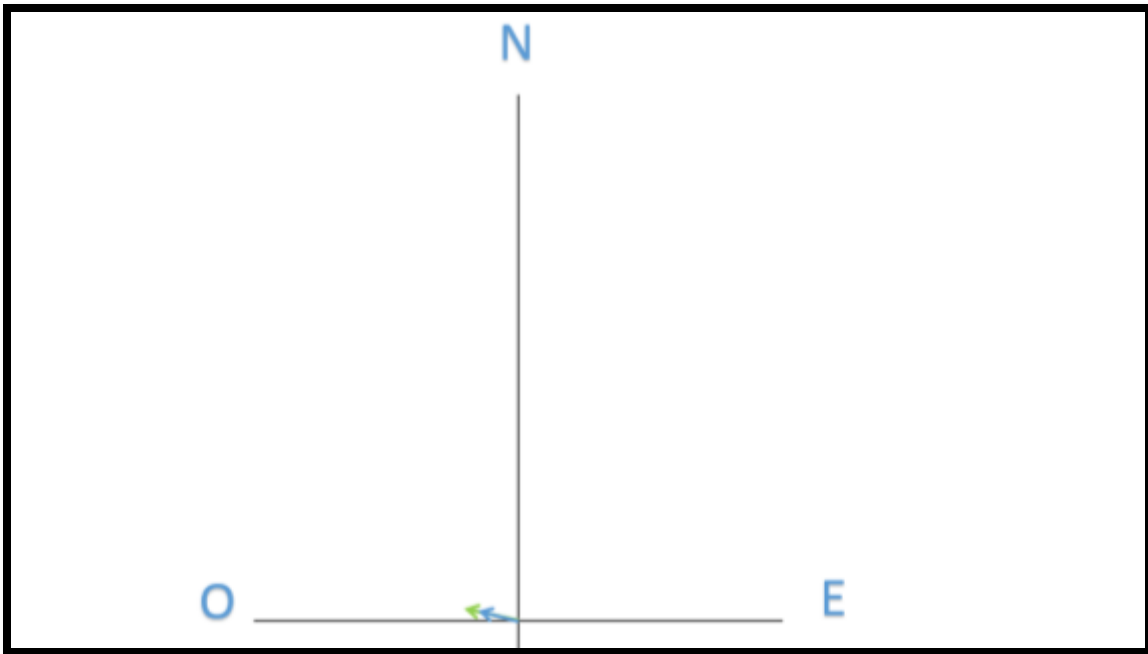
$Et = 0.0224 \text{ mm.}$



$\alpha = -37^\circ 24' 19.28''$

Aquí, podemos observar la representación que tienen los dos puntos medidos, y su movimiento durante las dos visitas, se ve claramente que, aunque el movimiento o desplazamiento de cada vector es casi el mismo, lo que se ve claramente es que la dirección que tiene cada punto es muy diferente, y se pudiera decir que se van en sentido contrario, a pesar de eso, debemos asumir, que para tener una mejor

proyección del punto, continuar con la observación y medición del punto, para tener un resultado más claro de sus movimientos.



**Vector BN-7, 7 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0041 \text{ mm.}$



$\alpha = -14^\circ 02' 10.48''$

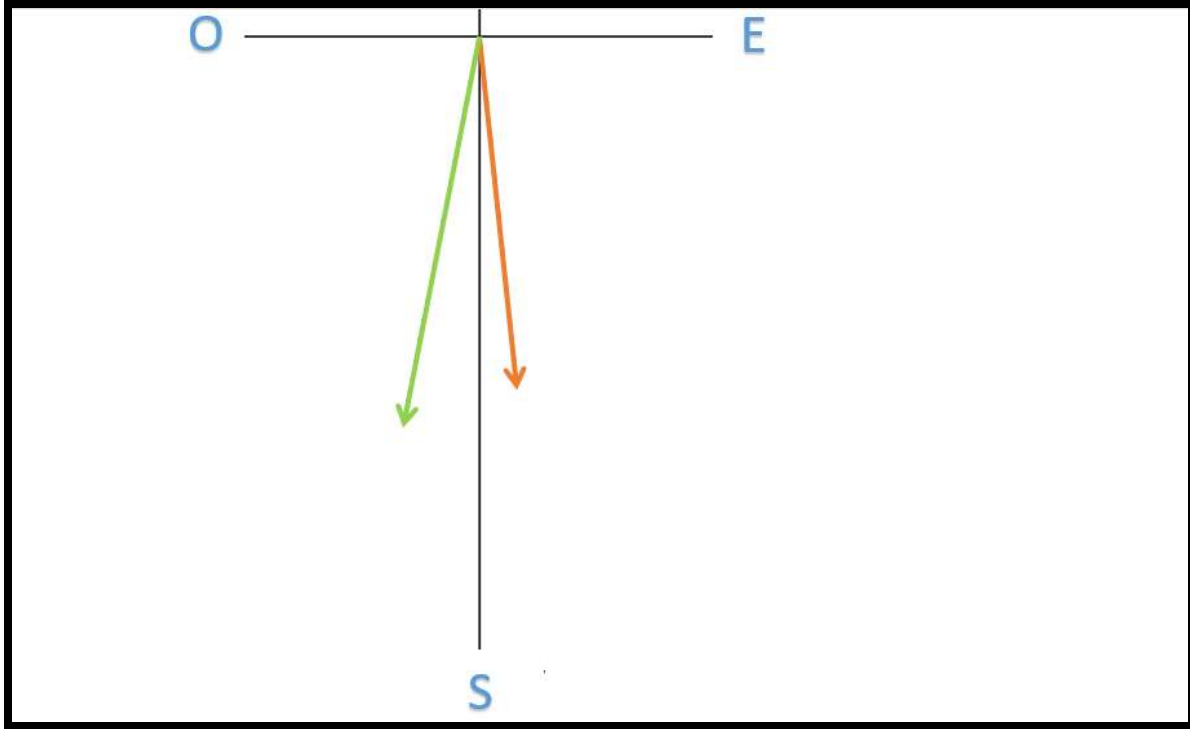
**Vector BN-7, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0046 \text{ mm.}$



$\alpha = -14^\circ 02' 10.48''$

En este punto podemos ver que el movimiento horizontal que tiene, es el mismo ya que tiene la misma dirección, la longitud tiene poca variación, por lo que podemos tener claro, que el movimiento, ha sido el mismo en ambas fechas, pero para continuar con este resultado, o, ver si tiene algún desplazamiento negativo más adelante, necesariamente hay que hacer más mediciones del mismo punto, para tener datos concluyentes de que el punto tiene otros valores en mediciones posteriores, o, que el movimiento quede estático con respecto a los anteriores y ver si ese punto no tiene tanto movimiento como por ahora de concluye.



**Vector BN-8, 7 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0301$  mm.**



**$\alpha = 84^\circ 17' 21.86''$**

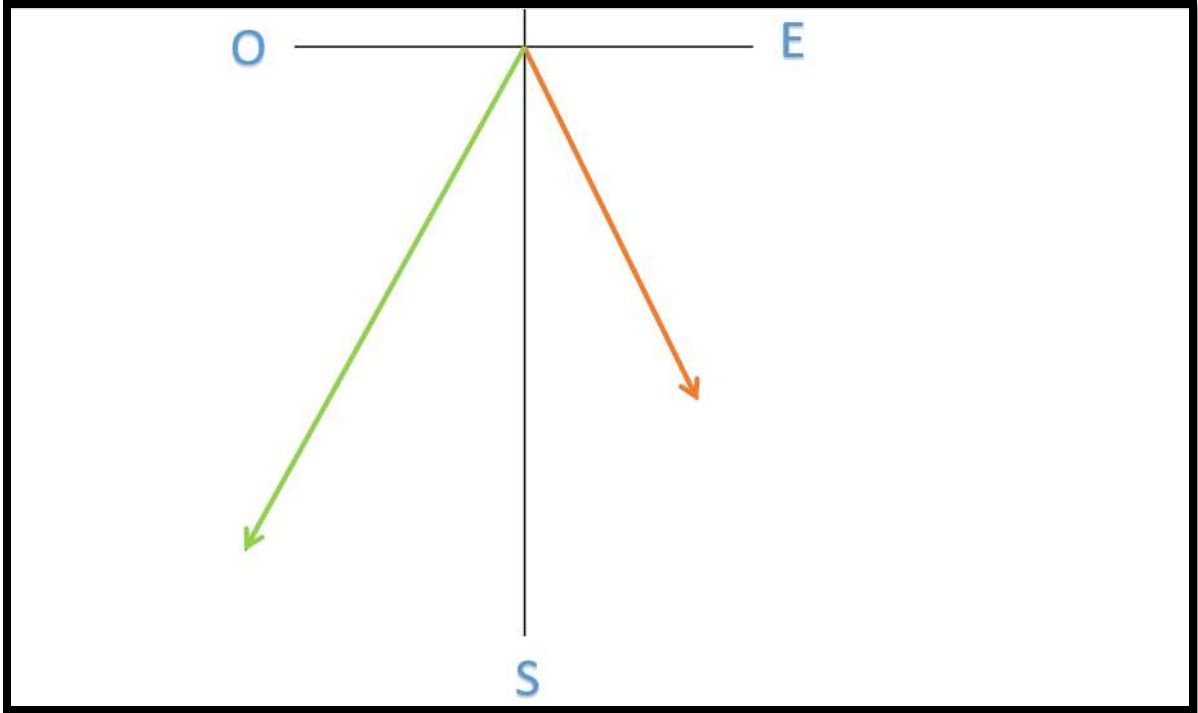
**Vector BN-8, 7 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0336$  mm.**



**$\alpha = 79^\circ 41' 42.55''$**

En el siguiente se observará, que la magnitud de cada punto es casi el mismo, tiene poca variación, lo que si se nota es el cambio de dirección, que tiene el primer punto respecto del segundo, no es mucha la variación que tiene con la diferencia a los demás puntos, que se van a ir describiendo, se observa que, la dirección que se tiene es hacia el sur, con una separación mínima, al igual que los demás puntos solo se tiene dos mediciones, pero la recomendación es la misma para todos los puntos observados, se necesitan más visitas para tener un mejor enfoque y obtener un mejor resultado con un mejor criterio.



**Vector BN-9, 7 de septiembre de 2019**

$Et = 0.03443 \text{ mm.}$

$\alpha = -64^\circ 10' 44.43''$



**Vector BN-9, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0504 \text{ mm.}$

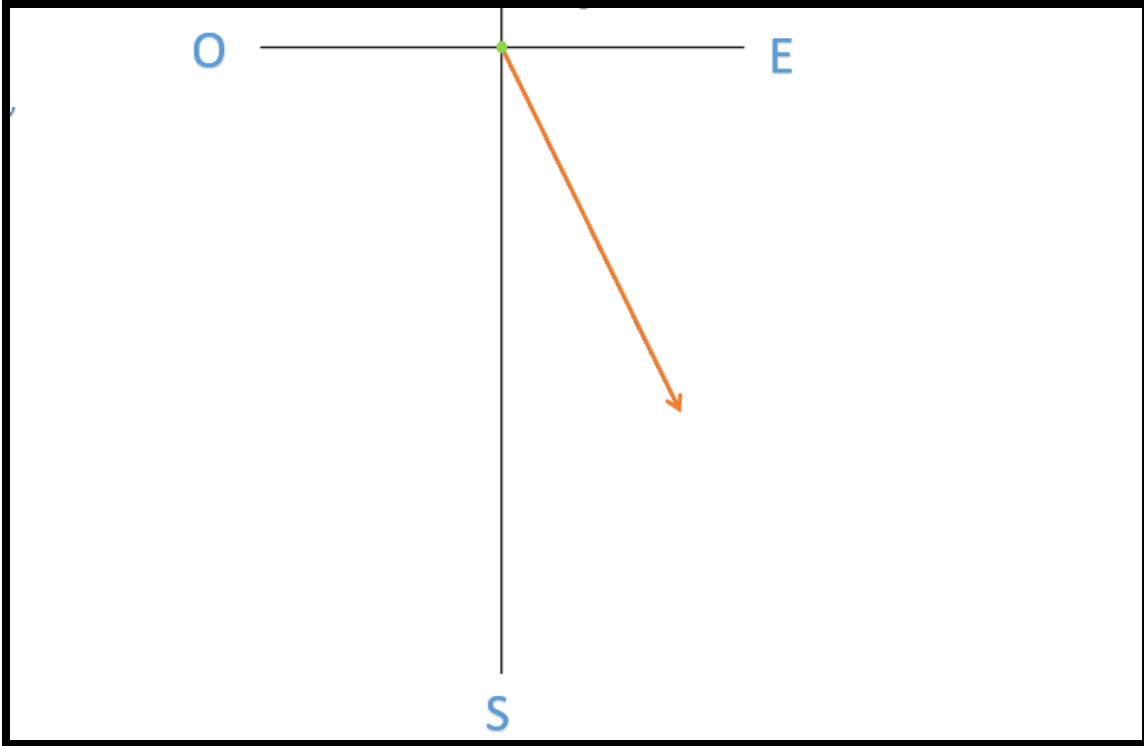
$\alpha = 61^\circ 23' 22.35''$



Para este punto, podemos observar, que, tanto la magnitud, como la dirección son muy distintas, para la segunda y tercera visita a la localidad, por lo que podemos entender que en este punto si tiene un movimiento notable y con probable riesgo de tener afectación tanto en el camino de acceso como en alguna vivienda cercana.

Se recomienda seguir con mediciones periódicas, para tener más datos, y, llegar así a una conclusión para tener un diagnóstico preciso sobre este punto, y, poder prevenir un riesgo futuro mayor.





**Vector BN-10, 7 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0331$  mm.**



**$\alpha = -64^\circ 58' 59.18''$**

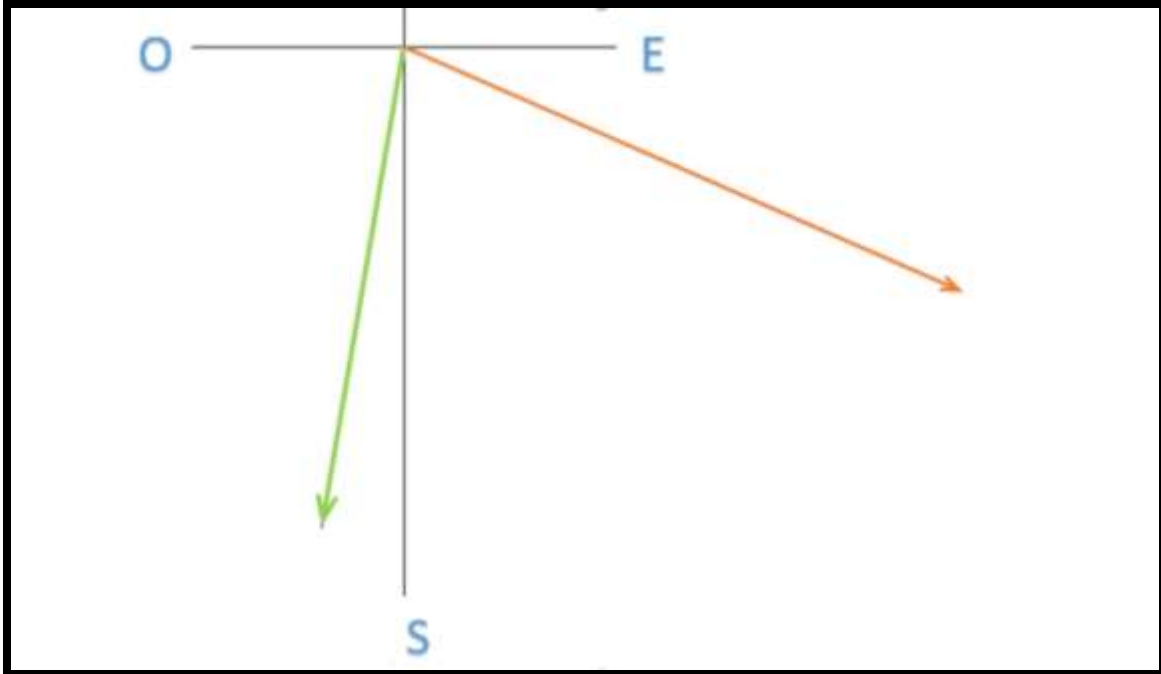
**Vector BN-10, 4 de diciembre de 2019**

**$Et = 0.0010$  mm.**

**$\alpha = 00^\circ 00' 00''$**

En este valor, podemos observar que en la segunda visita se tiene un movimiento horizontal notable, a diferencia del tercero que de acuerdo a los cálculos ya realizados tenemos un mínimo desplazamiento, poco notorio, pero al realizar el cálculo de dirección, se tiene como resultado cero, esto debido por la magnitud.

Al tener una magnitud mínima, la dirección es cero, y, se puede tomar como sin movimiento, esto debido al resultado de los puntos anteriores, o, respecto a otros que son de los más notables.



**Vector BN-11, 7 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0568$  mm.**



**$\alpha = -23^\circ 51' 36.63''$**

**Vector BN-11, 4 de diciembre de 2019**

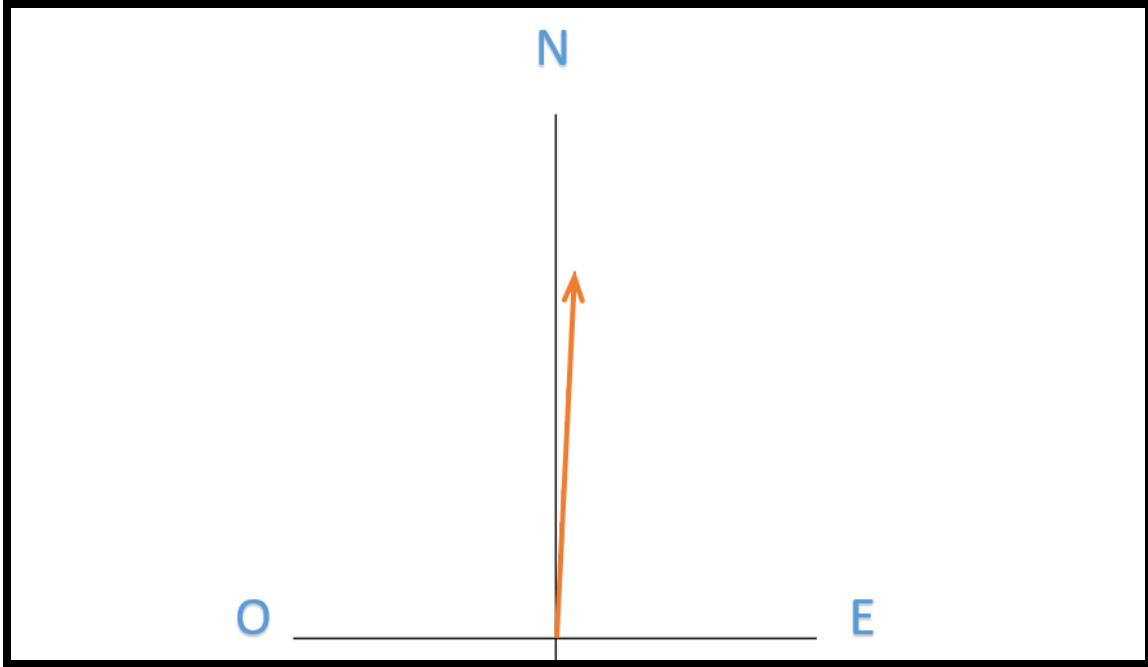
**$Et = 0.0446$  mm.**



**$\alpha = 80^\circ 57' 37.86''$**

Para este, podemos observar que los resultados del vector, para el día 4 de diciembre, se tiene una dirección muy distinta al vector resultante del 7 de septiembre, aunque la magnitud tiene una variación mínima, pero la dirección en la que se dirigen es completamente distinta.

En este caso, se puede hacer una observación, ya que el punto donde se marcó está casi en el borde de la ladera y es más propenso a tener más variación, tanto de dirección como magnitud, y, por tanto tener más peligro en ese punto, por conclusión, se recomienda, tener más vigilados los puntos que están cerca de las orillas de las laderas, y, recabar más datos de estos mismos puntos, para así tener una conclusión más precisa.



**Vector BN-12, 7 de septiembre de 2019**

**$E_t = 0.0280$  mm.**



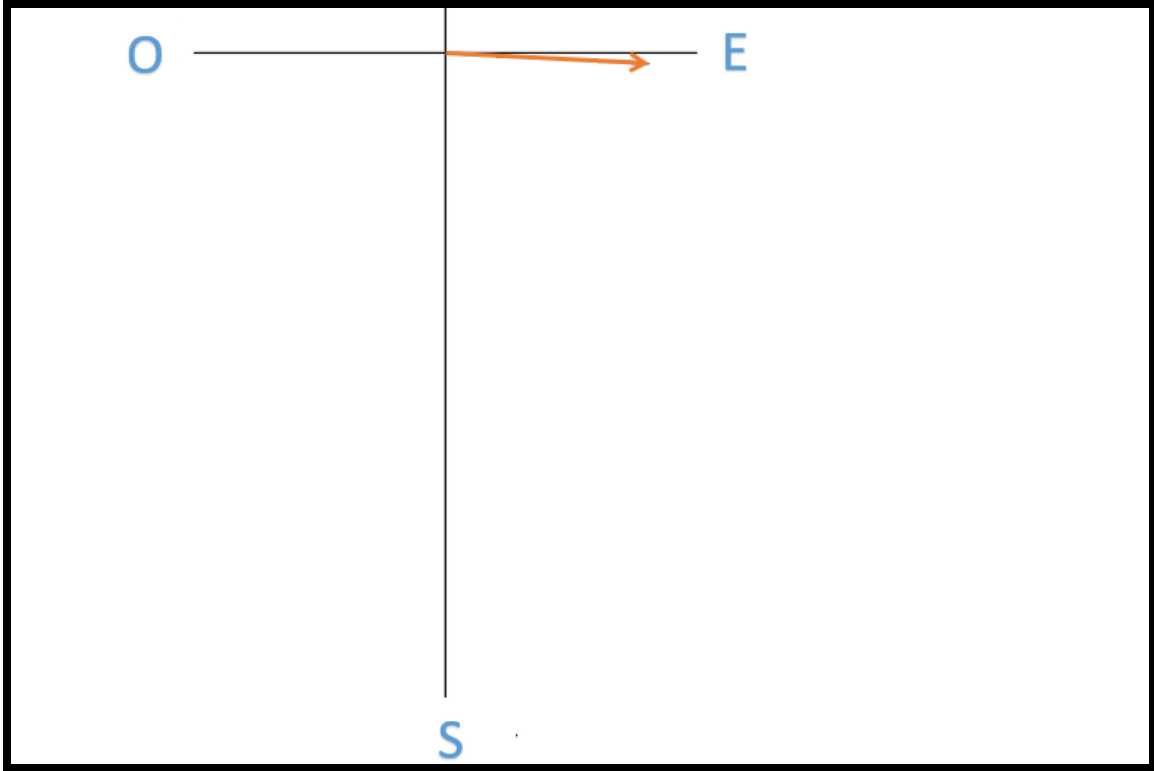
**$\alpha = 87^\circ 57' 16.53''$**

**Vector BN-12, 4 de diciembre de 2019**

**S/D**

En este punto podemos observar, que de acuerdo con los datos recabados, solo tenemos mediciones de la primera y segunda visita, porque solo tenemos resultados del primer cálculo, en lo que se nota que tiene una magnitud y dirección poco notoria, pero si se tiene un resultado, en el vector del 4 de diciembre no se tiene datos, ya que no se encontró el punto establecido, por lo que vamos a tomar este punto como inconcluso, por no seguir con las mediciones, y no poder darle el seguimiento debido, ya que la mojenera puesta fue removida.

No se puede volver a colocar el punto, pues este, se tendría que volver a tomar desde cero, y, hacer nuevamente, cálculos, para así continuar con datos y tener un resultado favorable y tener una conclusión.



**Vector BN-13, 7 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0162 \text{ mm.}$



$\alpha = -3^\circ 34' 34.8''$

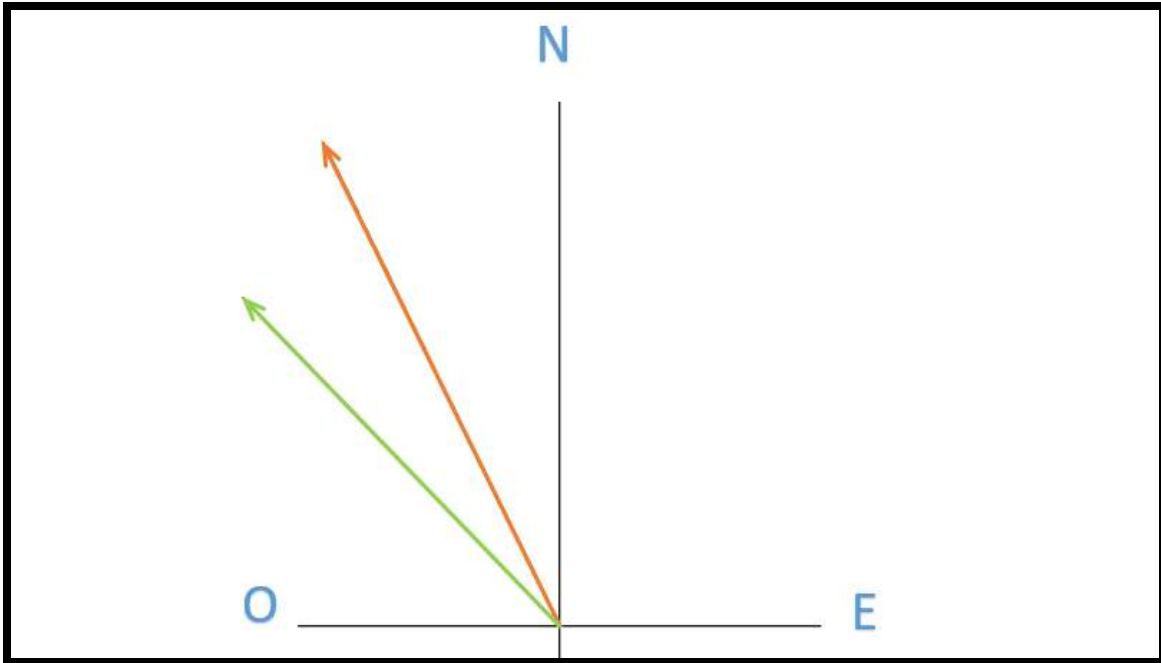
**Vector BN-13, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.003 \text{ mm.}$

$\alpha = 00^\circ 00' 00''$

Podemos observar que este punto es parecido a un punto anterior, ya que solo tenemos la dirección del primer vector calculado, en el segundo vector calculado con fecha de 4 de diciembre, no tiene dirección, por lo mismo, que la magnitud es mínima, casi sin movimiento, por lo que asumimos que, en la tercera visita, se puede tomar como sin movimiento.

Reiterando, que es necesario, más medidas, para así poder, recabar datos, y, llegar a una mejor conclusión respecto a las conclusiones del análisis en este punto.




**Vector BN-14, 7 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0411 \text{ mm.}$  

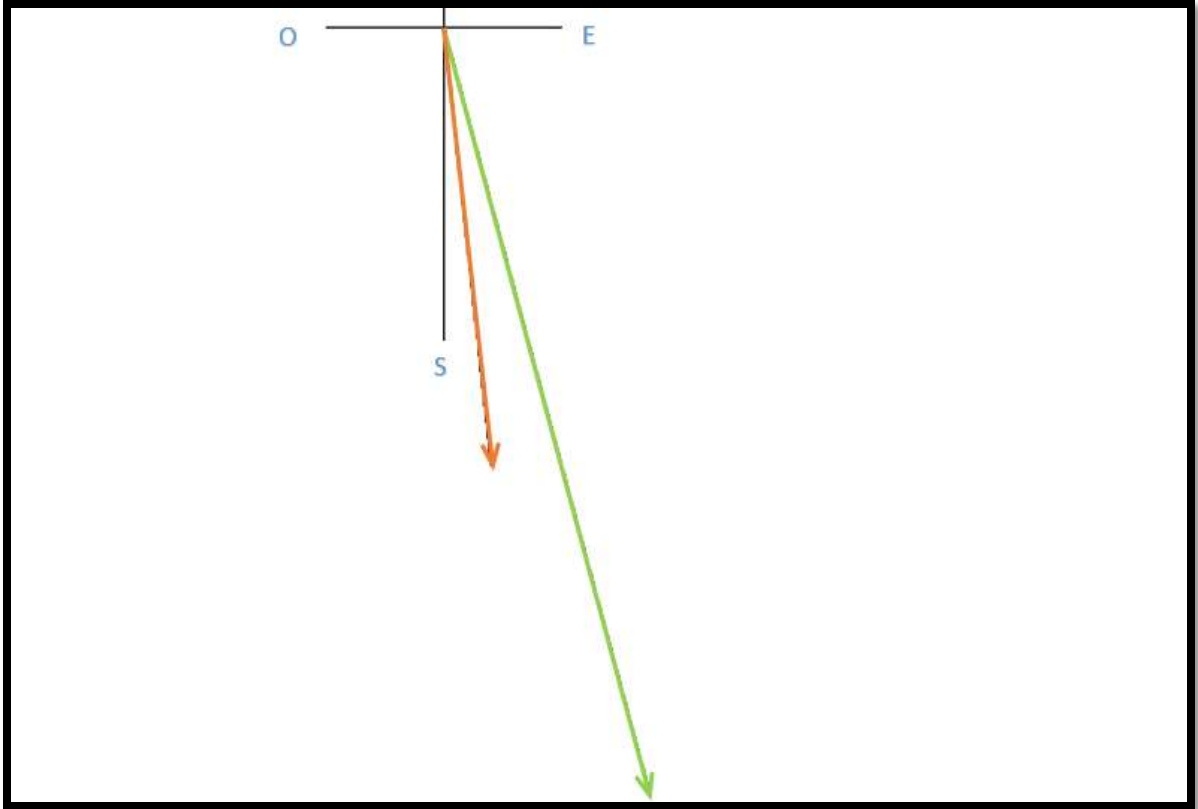
$\alpha = -64^\circ 03' 27.74''$

**Vector BN-14, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0348 \text{ mm.}$  

$\alpha = -46^\circ 10' 8.9''$

En este, podemos observar que ambos vectores tienen la misma dirección, pero una disminución en la magnitud, esto no quiere decir, que el desplazamiento haya disminuido, por lo que es recomendable, continuar las mediciones, para una mejor conclusión.



**Vector BN-15, 7 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0753 \text{ mm.}$



$\alpha = 84^\circ 40' 4.23''$

**Vector BN-15, 4 de diciembre de 2019**

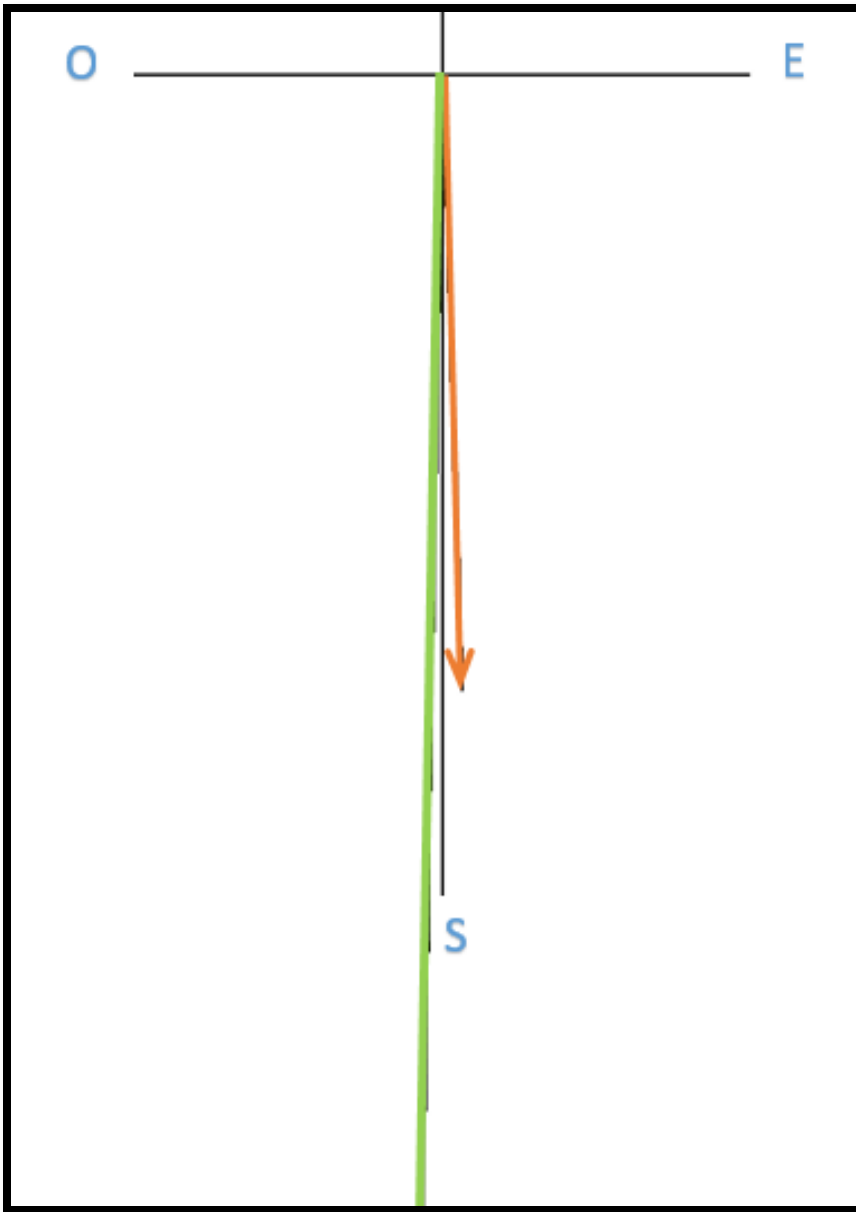
$Et = 0.1356 \text{ mm.}$



$\alpha = -75^\circ 27' 1.32''$


Este vértice se estableció a la orilla de la ladera, este punto es ejemplo, que, si tiene una mayor profundidad y por lo mismo, el resultado es muy notorio, de acuerdo al tipo de mojenera, y, estabilidad en el resultado que nos arrojó, es que, en el vector del 7 de diciembre, se tiene una mayor magnitud de desplazamiento horizontal, en comparación con el vector del 4 de diciembre, se acepta, que este disminuye, pero conforme a la dirección, se nota que es distinta, no tan variada. Como ya se mencionó, por el tipo de mojenera, por la posición que tiene hay que darle mayor

importancia, y así poder tener un buen resultado y demostrar el movimiento que se está teniendo.




**Vector BN-16, 7 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0400 \text{ mm.}$

$\alpha = 88^\circ 34' 4.45''$  

**Vector BN-16, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.800 \text{ mm.}$  

$$\alpha = 89^{\circ} 47' 6.51''$$

En este último punto, podemos observar un incremento considerable en la magnitud y su desplazamiento horizontal del primer vector al segundo vector, tal vez no tan visible, pero en este caso, si sigue así, se puede llegar incluso a desprenderse un pedazo de tierra y provocar daños. Por lo que aquí, sí se puede considerar con probable riesgo, y, conforme a la dirección, es casi similar la que tienen. En este caso se tiene que estar monitoreando más por conforme a la magnitud que presenta el desplazamiento.



### 5.3.2 Municipio de Zihuateutla

En este apartado, se presentan los cálculos derivados de las visitas que se tuvieron en este municipio, segundo sitio de proyecto, donde se tienen menos puntos establecidos.

Pero conservando el objetivo, de calcular y determinar el desplazamiento horizontal, que tienen los puntos establecidos, para tener como resultado, identificar movimientos de tierras, para prevenir algún riesgo.

Prosiguiendo con la representación de los vectores de desplazamiento de los puntos establecidos, capturados y procesados en este sitio, y así poder compararlos, de acuerdo con el primer vector resultante el 6 de septiembre de 2019 y el segundo con fecha de 4 de diciembre de 2019, en un periodo de medio año y tres visitas establecidas, para tener un pronóstico de la situación del sitio, pero al igual como se ha estado recomendando en el primer sitio, de establecer que el proyecto se continúe, para así tener, un mejor resultado en todo este proceso del proyecto para prevenir alguna situación de peligro futura con los pobladores o los vecinos.

#### **Vector TRI-1, 6 de septiembre de 2019**

$$Et = 0.000$$

$$\alpha = 00^{\circ} 00' 00''$$

#### **Vector TRI-1, 4 de diciembre de 2019**

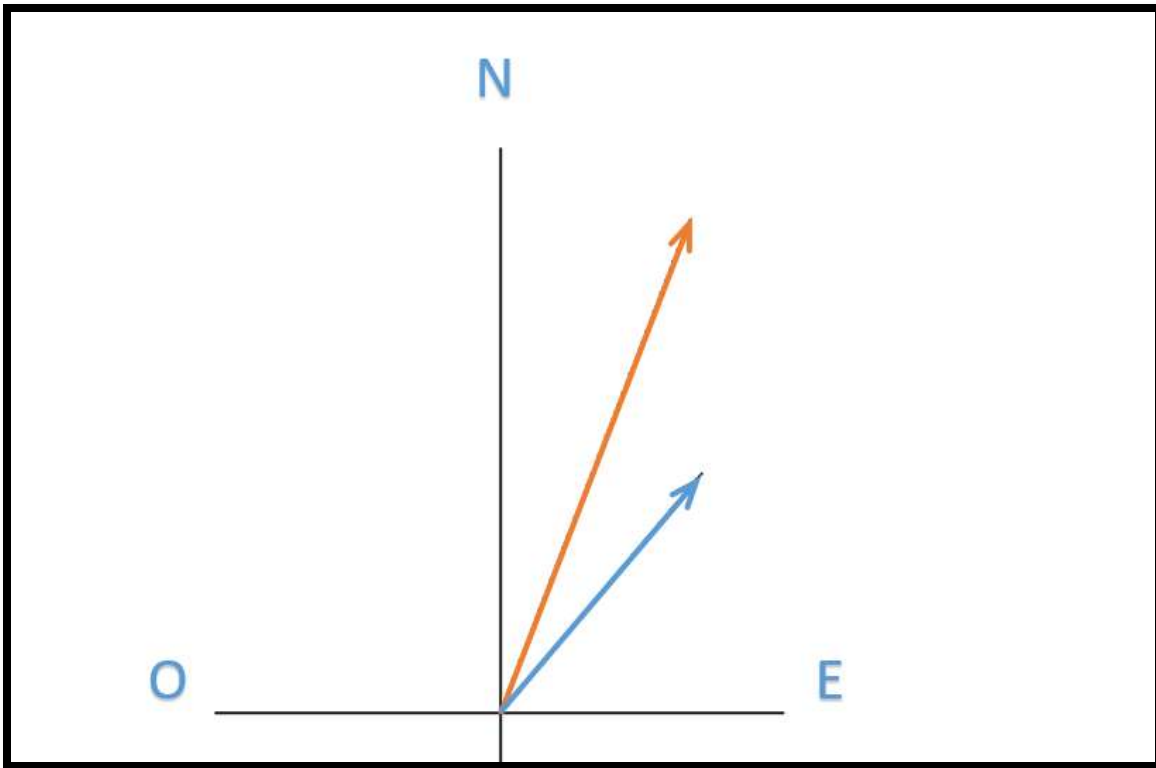
$$Et = 0.000$$

$$\alpha = 00^{\circ} 00' 00''$$

En este primer vector se tiene como cero, lo que es magnitud y la dirección ya que al tomar este punto como fuera de error y nuestras coordenadas principales son las mismas, no hay diferencia.

Este punto establecido es el de partida para las demás mediciones y por cómo es que se estableció, y, su forma de monumentación, se tomó de igual manera para el

trabajo ya mencionado del Ingeniero Panohaya Amador, de ahí, el método para detectar el movimiento horizontal de los demás puntos.



**Vector TRI-2, 6 de septiembre de 2019**

**$E_t = 0.0374$  mm.**

**$\alpha = 69^\circ 37' 24.83''$**



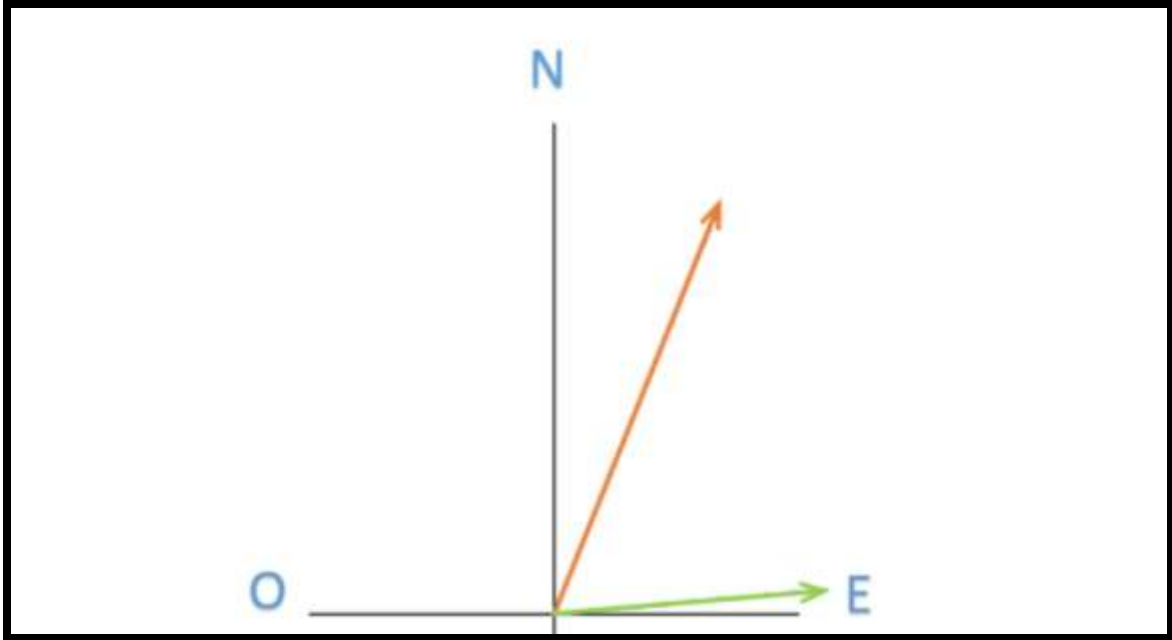
**Vector TRI-2, 4 de diciembre de 2019**

**$E_t = 0.0221$  mm.**

**$\alpha = 50^\circ 31' 39.14''$**



En el segundo vector, se puede ver que tiene la misma dirección, pero al ver la magnitud, se puede observar que tiene una disminución, por lo que no se puede saber si este punto puede estar reduciendo su magnitud, o, al contrario, puede que este punto tenga algún cambio en un intervalo de tiempo más largo, como se ha mencionado solo se tuvo medio año con el estudio o recolección de datos de esta localidad, por lo tanto, no se tiene con exactitud el resultado buscado.



**Vector TRI-3, 6 de septiembre de 2019**

**$Et = 0.0359$  mm.**



**$\alpha = 68^\circ 29' 54.84''$**

**Vector TRI-3, 4 de diciembre de 2019**

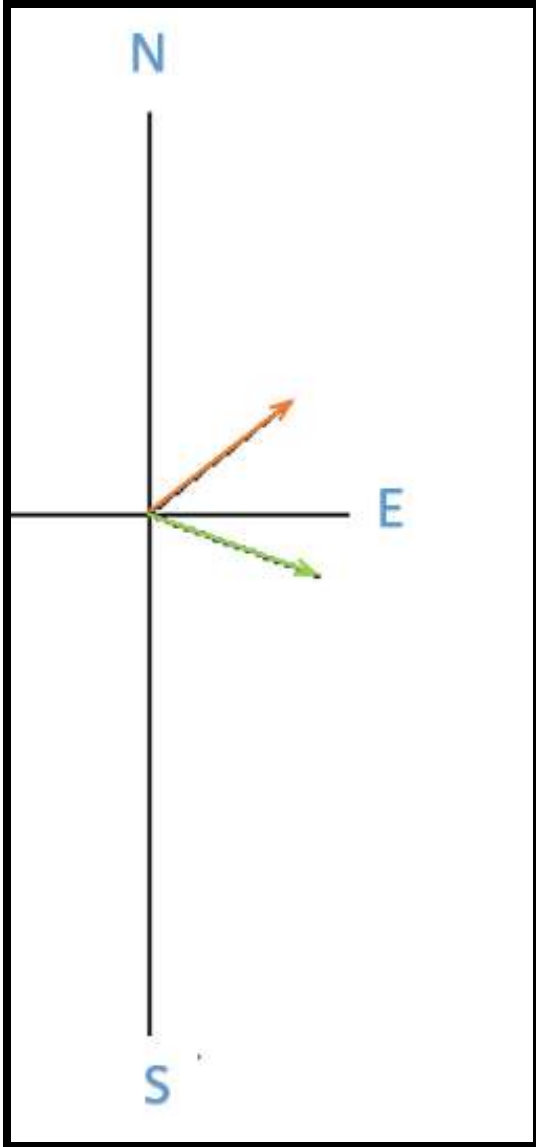
**$Et = 0.0224$  mm.**




**$\alpha = 4^\circ 58' 11.07''$**

En este tercer vector, la dirección que toman es hacia el mismo sentido, pero conforme la magnitud estos puntos se van alejando un poco, en lo que es la proporción se tiene una disminución, en los datos recabados, tal vez no se logra apreciar, pero en los cálculos si se nota.

En este punto, al igual que los dos primeros, se están tomando en cuenta con respecto al triángulo del inclinómetro seco, para tener una comparativa con los del compañero Ernesto Panohaya Amador, ya que, para el caso de este trabajo de tesis, es sobre el movimiento horizontal que tiene la ladera, se trata del mismo proyecto, pero con perspectivas diferentes.



**Vector BN-1, 6 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0179 \text{ mm.}$  

$\alpha = 38^\circ 09' 26.02''$

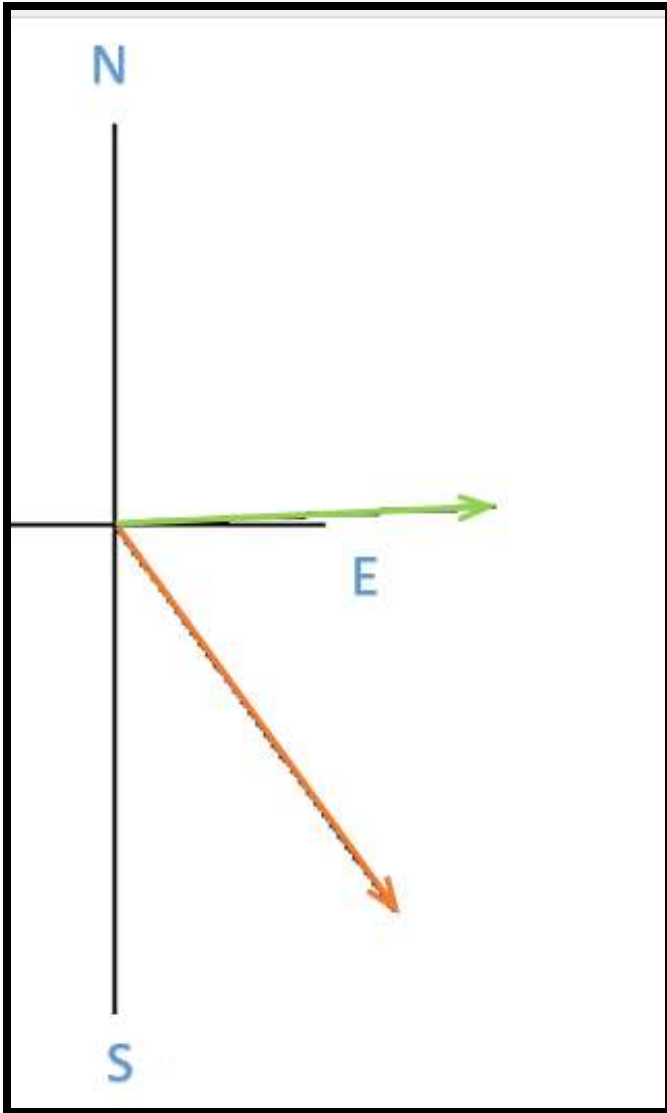
**Vector BN-1, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0183 \text{ mm.}$  

$\alpha = -20^\circ 33' 21.76''$


Acá, el resultado que nos arrojó, es que, la dirección que tienen ambos vectores son distintos, la magnitud presenta un pequeño aumento, en lo cual tenemos que por el

lugar donde se posiciono el punto se tiene una afectación ya sea por el suelo, por otros factores independientes a los del proyecto, aunque el movimiento es mínimo, pero significativo.




**Vector BN-2, 6 de septiembre de 2019**

$Et = 0.0469$  mm.

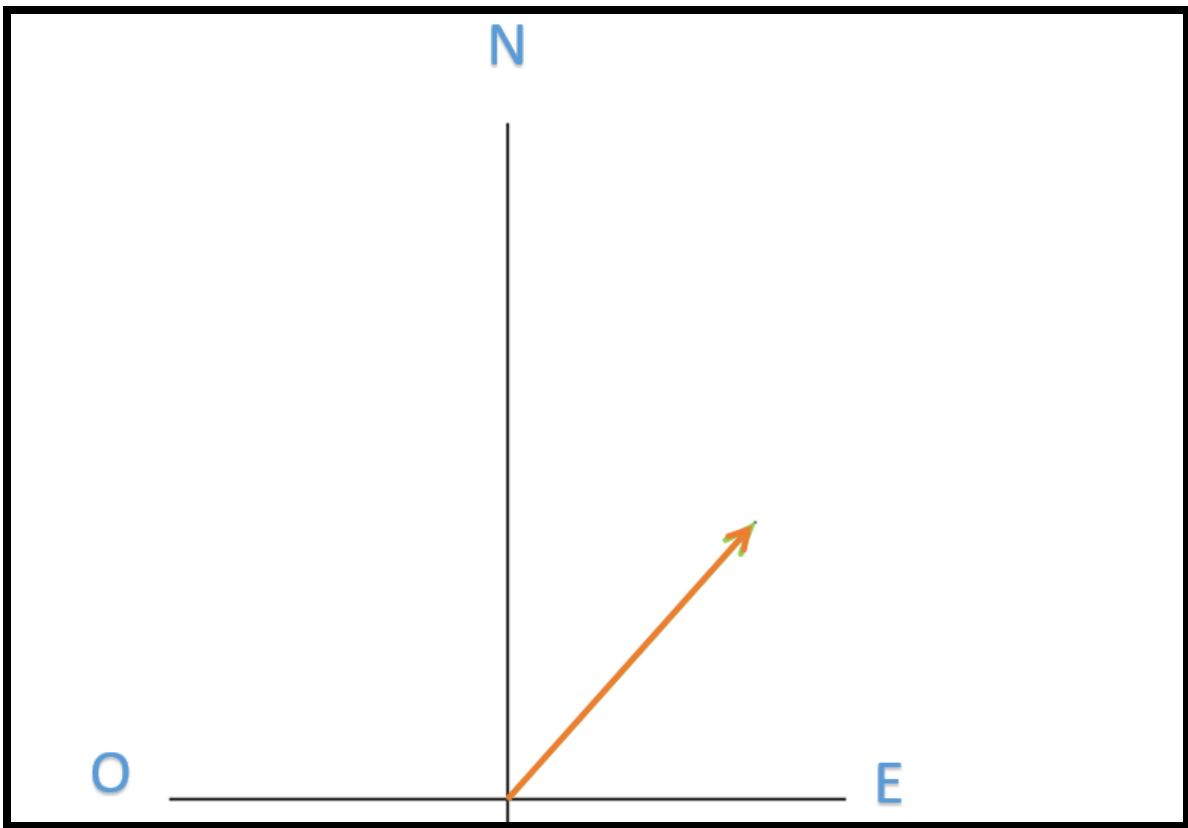
$\alpha = -56^{\circ} 18' 35.76''$  

**Vector BN-2, 4 de diciembre de 2019**

$Et = 0.0361$  mm. 

$$\alpha = 3^{\circ} 10' 47.39''$$

Para este, estamos observando del resultado de los calculo hechos previamente, que la magnitud es notoria, al igual que en la direcci3n es diferente, pudiendo concluir que en este punto, tal vez si se tenga afectaci3n, este v3rtice, fue posicionado en un punto alto de la ladera, sobre terreno natural, este, como algunos m3s de los que se plantaron, arroja resultados satisfactorios, para as3 poder llegar a una conclusi3n determinante.



**Vector BN-3, 6 de septiembre de 2019**

$$Et = 0.0221 \text{ mm.}$$

$$\alpha = 48^{\circ} 34' 34.8''$$



**Vector BN-3, 4 de diciembre de 2019**

$$Et = 0.0221 \text{ mm.}$$

$$\alpha = 48^{\circ} 34' 34.8''$$



Para el denominado BN3, podemos observar que la dirección, como magnitud, es la misma, por lo que podemos entender que tuvo el mismo movimiento, y podemos concluir, que la ladera es diferente en algunos puntos, pero en este sitio ha tenido el mismo desplazamiento, tal vez, por la posición o porque hay casas, y esto hace, que afecte una fuerza negativa o positiva, respecto a donde se coloco.

Por lo tanto, las mediciones, van teniendo éxito y encontrando un buen resultado.

#### **Vector BN-4, 6 de septiembre de 2019**

$$Et = 0.00$$

$$\alpha = 00^{\circ} 00' 00''$$

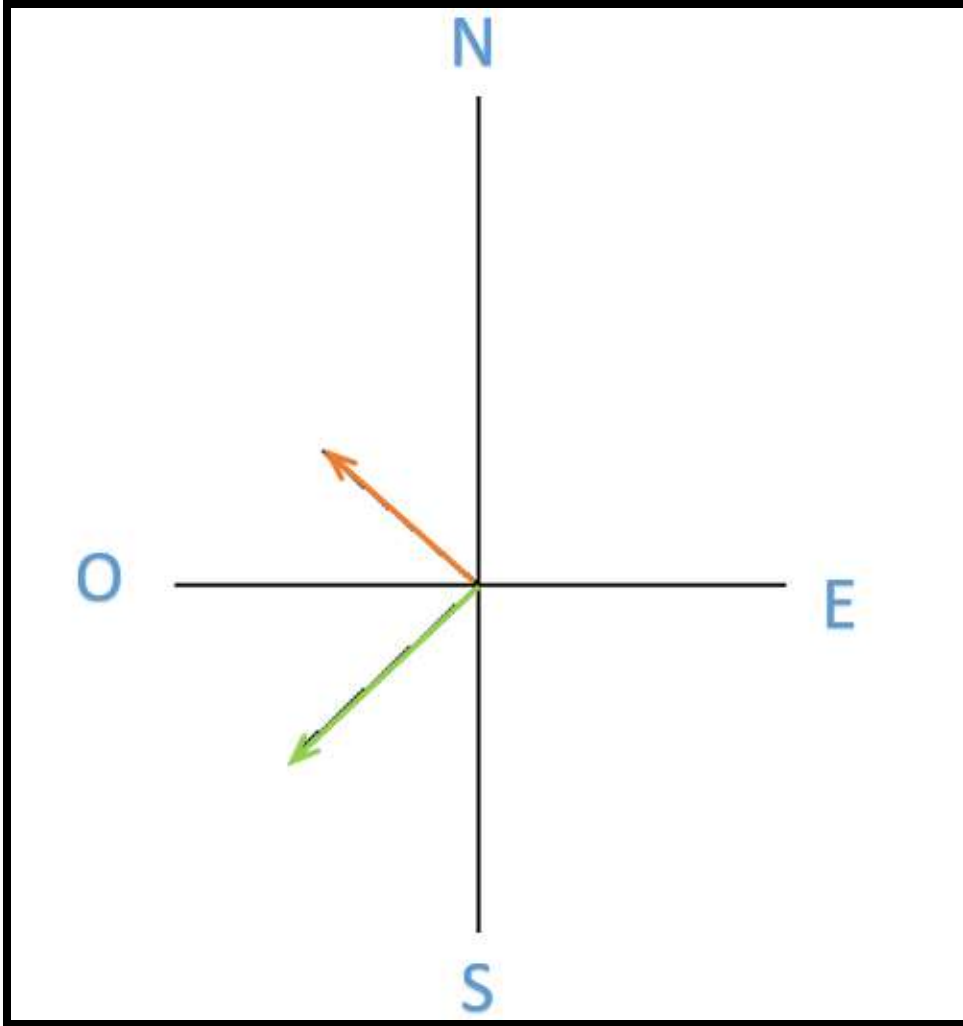
#### **Vector BN-4, 4 de diciembre de 2019**

$$Et = 0.00$$

$$\alpha = 00^{\circ} 00' 00''$$

Aquí, podemos observar claramente, que no se tuvo ningun movimiento, en los datos recabados, las coordenadas son las mismas, en conclusión tenemos se mantuvo estático. La mediciones en este sitio se tomaron con más presicion al no tener nada de obstáculos o afectación.

Se hace la recomendación en este como en todos los puntos colocados en en segundo sitio y en el primer sitio colocar nuevos o en su defecto tener mas visitas para asi recabar mas datos al igual que coloca



Vector BN-5, 6 de septiembre de 2019

**$Et = 0.0135 \text{ mm.}$**



$\alpha = -41^\circ 59' 13.96''$

Vector BN-5, 4 de diciembre de 2019

**$Et = 0.0163 \text{ mm.}$**



$\alpha = 42^\circ 30' 37.61''$

En este ultimo vector colocado a la orilla del camino, y ladera, se puede observar que el movimiento es minimo, con un pequeño aumento comparativo de acuerdo a las visitas realizadas, la dirección es diferente, ya que no va hacia el mismo lado, esto quiere decir, una afectacion en el movimiento. Esta se puede desprender por el



rodamiento de vehiculos, asentamiento del concreto, o se esta viendo afectado la ladera por algun factor natural despalzamiento.

La recomendación para todo los puntos hechos, y, el proyecto en general, es que se tiene que seguir dando avance y colocar nuevos sitios de estudio para este mismo lugar, para otros aledaños, llegar a una mejor conclusión.

## CONCLUSIÓN

Tomando como partida los resultados que se han desarrollado a lo largo del presente trabajo, se muestra que la vigilancia mediante el monitoreo de mediciones directas sobre el terreno, son una opción asequible, de bajo costo para establecer un sistema de vigilancia en las localidades que están en zonas de riesgo.

La sencillez del método, sin dejar la rigurosidad de la ciencia, así como la disposición del equipo, hacen posible que esta metodología pueda ser implementada por las autoridades locales con previa capacitación.

Algunos puntos calculados, dan como resultado cero, ya que son las mismas coordenadas, y, se demuestra, que no tiene ningún movimiento.

A largo del trabajo, ya se mencionó, que, al tener algunos puntos removidos, no se tiene continuidad, y no hay datos, lo negativo, es que afecta nuestra poligonal abierta que se tiene y afecta a la aplicación del método, pero a pesar de eso, nuestros resultados obtenidos propician buenas conclusiones.

Los puntos que se colocaron en vías de rodamientos, son los que tuvieron mayor afectación, las cuales eran visibles para los habitantes y por curiosidad o desconfianza los quitaron poco a poco o los removieron por completo.

Con todos estos factores que afectan a los puntos, los resultados obtenidos son favorables y los cuales nos pueden dar una conclusión en que los terrenos o laderas medidas tiene una cierta afectación en algunos puntos, la magnitud como dirección son las mismas y ahí es donde nos damos cuenta que si se tiene movimiento y por esto se tiene riesgo en algunos puntos más la magnitud son similares pero la direcciones son contrarias o no coinciden y es necesarios que se tomen más mediciones para corroborar resultados y tener un resultado más factible y veraz.

Es aquí donde se puede comparar este trabajo con la tesis del compañero de proyecto, ya enunciada, dichos trabajos son complementarios, con algunos puntos conectados, ya que se tomaron las lecturas correspondientes a los puntos coincidentes, gracias a eso, es que hay resultados para ambos y con esa comparación, tener conclusiones en común, como la de prevenir riesgos, aunque la

precisión no es la misma, ya que el método del otro proyecto, es un poco más preciso, que el de estación total, tanto por los factores de visibilidad como de distancia.

El trabajo se desarrolló de manera cuidadosa, los resultados son alentadores, la interrupción de los mismos por la emergencia sanitaria mundial (COVID 19), impide obtener una correlación entre los resultados del inclinómetro y el desplazamiento horizontal que se trata en este trabajo, así como resultados de la nivelación a lo largo de las estaciones. (Trabajo de tesis pendiente por otro alumno del grupo de trabajo)

Este desarrollo de tesis, ha presentado un nuevo reto, tanto en la formación personal, como laboral, ya que hace que nuestras capacidades sean mejores, las competencias que tenemos se realicen con más éxito y bien empleadas, asimismo, nos demuestra, que no solo es lo que aprendimos en clases, ya que la Topografía con el paso del tiempo, se va abriendo más caminos, nuevas oportunidades de desarrollo profesional y al mismo tiempo se van desarrollando nuevas técnicas y la tecnología va alcanzando a la topografía, cada generación que va saliendo de esta carrera, tiene un nuevo rumbo, un nuevo enfoque, que cada uno se va abriendo, esta carrera es muy admirable y compleja, por combinar trabajo físico e intelectual, exigente, hay que seguir estudiando, aprendiendo y desarrollar nuevas capacidades la Topografía.

## BIBLIOGRAFÍA

- Geodesia, se encuentra en el siguiente enlace:  
<https://www.ign.es/web/gds-teoria-geodesia>
- Red geodésica, obtenida de la siguiente liga, (catastro de Bogotá)  
<https://www.ideca.gov.co/recursos/glosario/red-geodesica>
- Geodesia.  
(Facultad de ingeniería UNAM, cursos 2006, diplomado de topografía, GeodesiaCA40, ING. Germán García González, Palacio de minería, PAG.,1).
- Topografía. (Dante A. México 2014, primera edición, topografía y sus aplicaciones, Pág.,2).
- Topografía... (Mario rincón, Wilson, Ernesto, - 1ª. Ed. - topografía; conceptos y aplicaciones.)
- Topografía. (Gámez Morales, William R., Texto básico autoformativo de topografía general, revisado por Dávid López, la ed., Managua: UNA Marzo, 2015, Pág., 10).
- Desplazamiento horizontal se encuentra en el siguiente enlace:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15762/Mediciones%20topogr%C3%A1ficas%20para%20la%20detecci%C3%B3n%20de%20deformaciones%20en%20estructuras%20de%20obra%20civil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Desplazamiento horizontal.  
(Escuela superior de ingeniería y arquitectura IPN, Alejandro Rosas Alonso, México,2012, tesis ingeniero topógrafo y fotogrametrista, mediciones topográficas para la detección de deformaciones en estructuras de obra civil, Pág., 17,18 y 19).
- Topografía; conceptos y aplicaciones/Mario Arturo Villalba, Wilson Ernesto Vargas Vargas, Carlos Javier Gonzales Vergara., 1ª. Ed., Bogotá, Eco Ediciones, 2007, Cap. 5., (ingeniería y salud en el trabajo., Ingeniería civil).

- Trilateración y triangulación  
Cabrera Gutiérrez Rafael, modelación de deformaciones de terreno alrededor de los volcanes mediante el uso de elementos finitos, UNAM, México, D.F., 1991 Pág. 26.32.
- Característica de suelo de Zihuateutla, se encuentra en el siguiente enlace:  
(Fuente:  
<https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Zihuateutla.pdf> Pág:  
20, 21)

# ANEXO 1.

Oficio D/0333/2018

**Mtro. Gabriel Alvarado Lorenzo**  
**Presidente Municipal de Huachinango, Puebla.**  
**Presente:**

Por este medio le saludo, al mismo tiempo hago de su conocimiento que el Colegio de Ingeniería topográfica y Geodésica de esta Facultad de Ingeniería cuenta con un grupo de Investigadores, mismo que pretende realizar un proyecto de Inclinometría y cartografía en el municipio que tan dignamente Usted representa. Por lo anterior, le solicito con toda atención su invaluable apoyo para que por favor se les brinde toda la seguridad necesaria.

Los **Maestros** que estarán realizando mencionado proyecto son:

Mtro. Máximo Ávila Cruz  
Ing. Joel Panoaya Analco  
Ing. José Abraham Torres Méndez  
Ing. Marcos Arellano Díaz  
Ing. Josué Irving Carcaño Soriano  
Mtro. Rogelio Ramos Aguilar

**Alumnos:**

Victoria Matías Osorio  
Jesús Israel Sola Jiménez  
Ernesto Panoaya Amador  
Jahir Zamora López



PRESIDENCIA  
MUNICIPAL

21 ENE 2018

RECIBIDO

No omito manifestar que el Mtro. Máximo Ávila Cruz Coordinador del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica le hará entrega de una copia del trabajo realizado.

Sin más por el momento, agradezco su atención y espero poder contar con su valioso apoyo.

Atentamente  
"Pensar bien para vivir mejor"  
H. Puebla de J., a 21 de enero de 2018

M.I. Fernando Daniel Lazzano Hernández  
Director



C.c.p Archivo  
MEJ/DUH/ab

**ANEXO 2.**

Oficio D/0905/2018

**Lic. Luis Gerardo Martínez Gómez**  
**Presidente Municipal**  
**Presidencia Municipal de Juan Galindo (Necaxa)**  
**Presente:**

Por este medio le saludo, al mismo tiempo hago de su conocimiento que el Colegio de Ingeniería topográfica y Geodésica de esta Facultad de Ingeniería cuenta con un grupo de Investigadores, mismo que pretende realizar un proyecto de Inclínometría y cartografía en el municipio que tan dignamente Usted representa. Por lo anterior, le solicito con toda atención su invaluable apoyo para que por favor se les brinde toda la seguridad necesaria.

Los **Maestros** que estarán realizando mencionado proyecto son:

Mtro. Máximo Ávila Cruz  
Ing. Joel Panohaya Anaico  
Ing. José Abraham Torres Méndez  
Ing. Marcos Arellano Díaz  
Ing. Josué Irving Carcaño Soriano  
Mtro. Rogelio Ramos Aguilar  
Mtro. Juan José Benítez Suárez

**Alumnos:**

Victoria Matías Osorio  
Jesús Israel Sola Jiménez  
Ernesto Panohaya Amador  
Jahir Zamora López

No omito manifestar que el Mtro. Máximo Ávila Cruz Coordinador del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica le hará entrega de una copia del trabajo realizado.

Sin más por el momento, agradezco su atención y espero poder contar con su valioso apoyo.

Atentamente

**"Pensar bien, para vivir mejor"**

H. Puebla de Z., a 24 de febrero de 2018

M.I. Fernando Daniel Lezcano Hernández  
Director

C.c.p Archivo  
M170LH/aba



H. AYUNTAMIENTO  
JUAN GALINDO, PUE.  
24 FEB 2018 11:25  
**RECIBIDO**

**ANEXO 3.**



Oficio DI/1570/2018

**Lic. Dolores Campos Pelcastre**  
**Presidente Municipal**  
**Presidencia Municipal de Zihuateutla**  
**Presente:**

Por este medio le saludo, al mismo tiempo hago de su conocimiento que el Colegio de Ingeniería topográfica y Geodésica de esta Facultad de Ingeniería cuenta con un grupo de Investigadores, mismo que pretende realizar un proyecto de Inclinometría y cartografía en el municipio que tan dignamente Usted representa. Por lo anterior, le solicito con toda atención su invaluable apoyo para que por favor se les brinde toda la seguridad necesaria.

Los **Maestros** que estarán realizando mencionado proyecto son:

Mtro. Máximo Ávila Cruz  
Ing. Joel Panohaya Analco  
Ing. José Abraham Torres Méndez  
Ing. Marcos Arellano Díaz  
Ing. Josué Irving Carcaño Soriano  
Mtro. Rogelio Ramos Aguilar  
Mtro. Juan José Benitez Suárez

**Alumnos:**

Victoria Matías Osorio  
Jesús Israel Sola Jiménez  
Ernesto Panohaya Amador  
Jahir Zamora López

No omito manifestar que el Mtro. Máximo Ávila Cruz Coordinador del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica le hará entrega de una copia del trabajo realizado.

Sin más por el momento, agradezco su atención y espero poder contar con su valioso apoyo.

Atentamente

**"Pensar bien, para vivir mejor"**

H. Puebla de Z. a 02 de mayo de 2018

M.I. Fernando Daniel Lázcano Hernández  
Director

C.c.p Archivo  
M.SFDU/2018



Facultad  
de Ingeniería

Bld. Volseguillo y Av. San Claudio  
sh, edif. ING - 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7619

*Firma de Ricardo S-05-18*



ANEXO 4.



Oficio DI/2254 /2019

**Lic. Carlos Gilberto Garrido Torres**  
**Presidente Municipal del Municipio de Juan Galindo, del Estado de Puebla**  
**Presente:**

Por este medio le saludo, al mismo tiempo hago de su conocimiento que el Colegio de Ingeniería topográfica y Geodésica de esta Facultad de Ingeniería cuenta con un grupo de Investigadores, mismo que pretende realizar un proyecto de Inclínometría y cartografía en el municipio que tan dignamente Usted representa, los días 7 y 8 de septiembre del año en curso. Por lo anterior, le solicito con toda atención su invaluable apoyo para que por favor se les brinde toda la seguridad necesaria.

Los **Maestros** que estarán realizando mencionado proyecto son:

Mtro. Máximo Ávila Cruz  
Ing. Joel Panohaya Analco  
Ing. Josué Irving Carcaño Soriano  
Mtro. Rogelio Ramos Aguilar  
Mtro. Juan José Benítez Suárez

**Alumnos:**

Victoria Matías Osorio  
Jesús Israel Sola Jiménez  
Ernesto Panohaya Amador  
Jahir Zamora López

No omito manifestar que el Mtro. Máximo Ávila Cruz Coordinador del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica le hará entrega de una copia del trabajo realizado.

Sin más por el momento, agradezco su atención y espero poder contar con su valioso apoyo.

Atentamente

**"Pensar bien para vivir mejor"**

H. Puebla de 2 a 5 de septiembre de 2019

M.I. Fernando Daple Lázaro Hernández  
Director

C.c.p Archivo  
MLFDUH/bk



Facultad  
de Ingeniería

Bvtd. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. INS 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610



Recibi  
Miguel Hernández