



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ingeniería Vial

**COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA
ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL
PARA SUSTITUCIÓN**

Ing. Mario Nephtalí Morales Solís

Asesorado por el Msc. Ing. Luis Fernando Quijada Beza

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA
ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL
PARA SUSTITUCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. MARIO NEPHTALÍ MORALES SOLÍS

ASESORADO POR EL MSC. ING. LUIS FERNANDO QUIJADA BEZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA VIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTIVÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Nick Kenner Estrada Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL PARA SUSTITUCIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha junio de 2014.

Ing. Mario Nephtalí Morales Solís



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 453.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL PARA SUSTITUCIÓN**, presentado por el Ingeniero **Mario Nephtalí Morales Solís**, estudiante de la **Maestría en Ingeniería Vial**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, septiembre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, septiembre de 2021

LNG.EEP.OI.011.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado:

“COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL PARA SUSTITUCIÓN”

presentado por **Mario Nephtalí Morales Solís** quien se identifica con carné **8911897** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería vial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coñ
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**



Guatemala 25 de mayo 2020.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

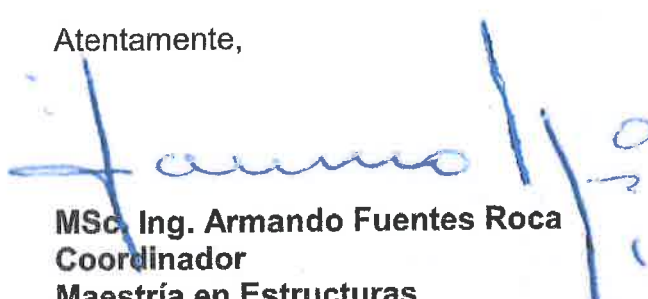
M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado el **INFORME FINAL** titulado: **"COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL PARA SUSTITUCIÓN"** del estudiante **Mario Nephali Morales Solís** quien se identifica con número de carné **008911897** del programa de **Maestría en Ingeniería Vial**.

Con base en la evaluación realizada y lo contenido en el informe del revisor, hago constar que la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aval para proceder a la defensa que corresponde..

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,



MSc. Ing. Armando Fuentes Roca
Coordinador
Maestría en Estructuras
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 15 de mayo 2020.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he asesorado el **INFORME FINAL** titulado: **"COMPARACIÓN CUALITATIVA DE MÉTODOS DE UBICACIÓN DE COORDENADAS PARA ESTABLECIMIENTO DE MARCAS DE KILOMETRAJES: BASE DE DATOS REFERENCIAL PARA SUSTITUCIÓN"** del estudiante **Mario Nephtalí Morales Solís** quien se identifica con número de carné **008911897** del programa de **Maestría en Ingeniería Vial**.

Con base en la asesoría y evaluación realizada, hago constar que la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aval para proceder a la defensa que corresponde.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,



MSc. Ing. Luis Fernando Quijada Beza
Asesor de trabajo de graduación.
Maestría en Ingeniería Vial
Escuela de Estudios de Posgrado

Luis Fernando Quijada Beza
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 6,315

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Creador de la materia y la energía. Por permitirme llegar a este día.
Mi esposa	Madelyn Consuelo Lorenzo Machorro de Morales, con amor.
Mis hijos	Adriana María, María Elvira y Juan Ignacio Morales Lorenzo, que con tenacidad emulen los pasos de sus padres.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la fuente del conocimiento con la que me he nutrido.
Catedráticos de Maestría en Ingeniería Vial	Por ofrecerme sus conocimientos para poder desarrollar este trabajo de graduación.
Mi asesor	M.Sc. Ing. Luis Fernando Quijada Beza, por su valioso apoyo en el desarrollo de mi Maestría en Ingeniería Vial.
Compañeros de la Maestría de Ingeniería Vial cohorte XI	Por regalarme su amistad y un vínculo de hermandad.
Carrera de Ingeniería en Administración de Tierras del Centro Universitario de Oriente	En especial a M.A. Inga. Maris España Estrada, Inga. Diana Pérez Romero, Ing. Sergio Albizurez Ortega e Ing. César Flores, por el apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XI
OBJETIVOS	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Características por considerar en las señales de kilometraje	1
1.1.1. Inventario de carreteras	1
1.1.2. Señales para indicar el kilometraje y nomenclatura vial (ii-4-1 a ii-4-8).....	2
1.1.3. Colocación estandarizada.....	3
1.1.4. Base de kilometraje	4
1.1.5. Estabilización de suelo para la construcción de base de kilometraje	4
1.1.6. Ubicación de las señales de kilometraje	4
1.1.7. Carreteras de calzada única o convencionales	5
1.2. Consideraciones específicas de levantamientos topográficos...5	
1.2.1. Control vertical.....	5
1.2.2. Control horizontal.....	5
1.2.3. Alineamiento horizontal	7
1.2.4. Abscisa.....	7

1.2.5.	AutoCAD Civil	7
1.2.6.	Levantamientos geodésicos y planos en terrenos....	7
1.2.7.	Tipos de levantamientos especializados.....	8
1.2.8.	Planta.....	9
1.2.9.	Perfil o alzado del camino	9
1.3.	Consideraciones específicas del manejo de datos espaciales	10
1.3.1.	Geodesia	10
1.3.2.	Sistema de Información Geográfica (GIS)	10
1.3.3.	Datos espaciales.....	11
1.3.4.	Conjunto existente de datos digitales.....	12
1.3.5.	Base de datos	12
1.3.6.	Generación de bases de datos GIS.....	13
1.3.7.	Digitalización de materiales gráficos existente	13
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1.	Diseño	15
2.2.	Descripción del área de estudio	15
2.2.1.	Diagnóstico situacional.....	16
2.2.2.	Método convencional.....	16
3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	17
3.1.	Identificación de áreas de trabajo.....	17
3.2.	Fase de campo.....	18
3.2.1.	Recolección de la información	18
3.2.2.	Uso del GPS Hiper +, para generar las coordenadas.....	18
3.2.3.	Determinación de los bancos de control	18
3.2.4.	Monumentos de inicio y final del tramo	21

3.2.5.	Creación de proyecto de medición en la estación total.....	24
3.2.5.1.	Método de levantamiento topográfico ..	24
3.2.5.2.	Levantamientos topográficos.....	25
3.2.6.	Levantamiento en cinemático	26
3.2.7.	Localización de kilometrajes con posicionamiento global.....	28
3.3.	Procesamiento de la información de campo en gabinete.....	29
3.3.1.	Descarga de datos y envío al programa AutoCAD..	29
3.3.2.	Pasos para la descarga de datos de la estación a la computadora	29
3.4.	Secuencia para importar datos de txt a AutoCAD	31
3.5.	Propuesta del diseño para la ubicación de coordenadas.....	33
3.5.1.	Edición de elementos.....	34
3.5.2.	Digitalización de trazo con datos espaciales (Fase I).....	34
3.5.2.1.	Paso I. Abrir un documento de ArcMap 10.1.....	34
3.5.2.2.	Paso II. Crear un archivo tipo shapefile	36
3.5.2.3.	Paso III. Digitalización del eje central de la carretera.....	38
3.5.2.4.	Paso IV. Trazo en curva.....	42
3.5.2.5.	Paso V. Guardar la digitalización.....	43
3.5.3.	Ajustar las distancias con un modelo en elevación digital (Fase II)	43
3.5.4.	Base geográfica de datos	46
3.5.5.	Publicación de los datos geográficos	50

3.5.6.	Traslado digital del trazo topográfico hacia ortofotografías	52
4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
4.1.	Presupuesto	57
4.2.	Comparación de costos	57
4.3.	Discusión de resultados	58
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES.....	63
	REFERENCIAS.....	65
	APÉNDICES.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo de señalización de kilometraje.....	2
2.	Ficha de información técnica del banco de referencia	19
3.	Croquis del banco de referencia	20
4.	Monumento físico.....	21
5.	Monumentación del punto de inicio	22
6.	Banco de marca denominado “Panaluya”	23
7.	Toma de datos en el punto de finalización.....	24
8.	Levantamientos topográficos	26
9.	Levantamiento cinemático.....	27
10.	Geoposicionamiento de señales.....	28
11.	Importar datos de la estación total.....	32
12.	Almacenamiento de los datos descargados	33
13.	Selección de plantilla	35
14.	Creación de shapefile	38
15.	Detalle de ortofotografía a escala 1:1000	39
16.	Inicio de la digitalización.....	41
17.	Proyección de la línea digitalizada sobre vegetación	42
18.	Edición de vértices en curvas	43
19.	Longitud de la línea digitalizada.....	45
20.	Cálculo del kilometraje	47
21.	Cálculo de las coordenadas de cada kilometro	48
22.	Tabla de atributos del shape de puntos	49
23.	Barra de herramientas de la extensión Publisher	51

24.	Mapa de ubicación del área de estudio	56
-----	---	----

TABLAS

I.	Tolerancias de cierre permisibles en poligonales.....	6
II.	Parámetros del sistema de coordenadas local GTM.....	36
III.	Comparación de topografía convencional con fotointerpretación.....	54
IV.	Presupuesto del trabajo de graduación.....	57
V.	Comparación de costos entre ambos métodos	58
VI.	Cronograma	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Km	Kilómetros
±	Más-menos
m	Metros
%	Porcentaje

GLOSARIO

Finish Sketch	Es una opción de la aplicación Editor en el programa de procesamiento de datos espaciales que permite finalizar el trazo que se está delimitando.
GPS	Son las siglas de la palabra en inglés Global Positioning System, que traducido al español significa Sistema de Posicionamiento Global
GTM	Siglas empleadas para referirse a un sistema coordinado único para Guatemala en la proyección Transversa de Mercator.
Ortofotografía	Es una imagen aérea que tiene referencia geográfica, es decir que se puede determinar la ubicación espacial de los objetos visibles en ella.
Polilínea	Es una secuencia de líneas conectadas entre sí, que se representan como un solo objeto.
Posproceso	Es un procedimiento para la corrección y el cálculo de coordenadas posterior a una medición con receptores GPS submétricos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Definición del problema

En Guatemala, no existe certeza geográfica sobre la ubicación de las señales del kilometraje que actualmente están localizadas en algunas carreteras, esto por razones como el robo de estas, la errónea instalación, entre otros. Esta problemática se da en todas las carreteras, ya que no existe un instrumento que regule e indique el punto exacto en dónde deben ir instaladas dichas señales, lo que conlleva a que en el momento de la sustitución puedan suscitar errores de desfase, algunos menores a los 50 metros y otros hasta de kilómetros. Los métodos convencionales, específicamente la topografía aplicada en campo conlleva a presupuestos elevados, tiempo prolongado y numeroso personal, lo que denota el por qué no se ha implementado, de momento, una base de datos geográfica para el establecimiento de kilometrajes para las carreteras nacionales.

- Descripción del problema

En el año 2011, al trabajar para la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL) en el proyecto de señalización vial, en el componente de señalización vertical, se identificó un problema: en el tramo que dirige de Sanarate a Jalapa, conocido como “ruta nacional 19”, al momento de la instalación del kilometraje se encontró que el kilometraje 78 y 79 se hallaban en el lugar respectivo, sin embargo, no se localizó continuamente la señal para el kilómetro 80, si no que en su lugar se hallaba la señal con el número 90, creando un desfase de 10 kilómetros, situación que se asume fue un error de la empresa que instaló las

señales, esto conllevó a que por un error técnico Jalapa llegara al kilometraje 106, cuando realmente se encuentra en el kilometraje 96.

En otros tramos se han encontrado distancias de van desde los 800 metros hasta los 1100 metros entre cada señal de kilometraje.

A raíz de lo expuesto se encontró que existe un problema con relación a los kilometrajes y las señales verticales que los identifican. Usualmente los trabajadores de las empresas encargadas de la señalización en los tramos determinados realizan la labor sin mayor tecnicidad, salvo la sustitución de las señales.

¿Por qué es esto una problemática que necesita de solución? Uno de los motivos es debido a que el Gobierno de Guatemala constantemente se encuentra reponiendo señales que desaparecen, usualmente por causa de personas que se dedican a la recolección de chatarra, así como por el transporte pesado, como cabezales y otros. También al momento de denunciar desperfectos sobre las carreteras, como baches o averías, ya que suele suceder que este se encuentre sobre un kilometraje difícil de describir. A manera de ejemplo se puede ilustrar lo siguiente: el bache se encuentra sobre el kilómetro 150+850, pero al llegar a ese punto se halla la señalización del kilómetro 151.

Por ello se estimó que, al asignarle coordenadas a cada kilometraje, al momento de su ubicación para sustitución o colocación de la señalización, si este fuese identificado por medio de un receptor GPS navegador tendría un rango de error de ± 5 metros (rango de error de los navegadores), lo que es mínimo en comparación a un desfase de 10 kilómetros.

Como el caso de Jalapa, en el mismo año se trabajó sobre la Carretera Centroamericana CA-10 (caso del presente estudio), donde se identificó que las señales del kilometraje disponían distancias que iban desde los ochocientos metros (800 m) hasta los mil cien metros (1100 m); por lo que se decidió hacer el presente estudio, específicamente desde el tramo dónde se bifurca la Carretera Centroamericana CA-09 con la Carretera Centroamericana CA-10 (kilometraje 135+750, conocido como Río Hondo) la bifurcación de la Carretera Centroamericana CA-10 con la Carretera Centroamericana CA-11 (kilometraje 176+750, conocido como Vado Hondo).

Dar solución a la problemática con los métodos convencionales, es decir la topografía aplicada al campo, conllevaría a excesivo presupuesto, tiempo y personal.

Por ello, para la formulación del problema se plantearon los siguientes cuestionamientos:

- Formulación del problema
 - Pregunta central
 - ¿Cómo se puede diseñar una metodología para establecer la ubicación de los monumentos de kilometrajes de una red vial con coordenadas proyectadas extraídas de ortofotos?
 - Preguntas específicas
 - ¿Cuál es el método de mayor factibilidad para la ubicación de las señales de kilometraje al comparar la topografía convencional con un sistema de coordenadas proyectadas generadas a través de ortofotos?

- ¿Cuál es el tiempo necesario para la determinación del replanteo de señales de kilometrajes, en el lugar a estudio, por medio de topografía convencional y el método de digitalización sobre ortofotografía?
- ¿Cómo almacenar datos con coordenadas proyectadas de cada señal de kilometraje del tramo de carretera objeto de estudio?

- Delimitación

El área de estudio comprende el tramo carretero que parte desde la bifurcación de Río Hondo, Zacapa hacia la bifurcación de Vado Hondo, Chiquimula.

OBJETIVOS

General

Establecer un método que permita generar una base de datos geográfica para determinar la ubicación de los monumentos de kilometrajes de una red vial, por medio de un sistema de coordenadas proyectadas generadas a través de ortofotos debidamente ajustadas.

Específicos

- Determinar el método de mayor factibilidad para la ubicación de las señales de kilometraje, comparando la topografía convencional con un sistema de coordenadas proyectadas generadas a través de ortofotos.
- Definir el tiempo necesario para la determinación del replanteo de señales de kilometrajes por medio de topografía convencional versus el método de digitalización sobre ortofotografía.
- Diseñar una base de datos con coordenadas proyectadas de cada señal de kilometraje vinculadas al mapa cartográfico del tramo de carretera objeto de estudio.
- Comprobar si el empleo de herramientas para el manejo de datos espaciales ofrece solución a problemas de señalización vial.

- Analizar el costo-beneficio de la propuesta de metodología con la topografía convencional.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación corresponde a la línea de planificación, específicamente a la Identificación de kilometrajes; por ello se basa en la evaluación de una metodología que permite validar la asignación de la ubicación de las señales de kilometraje en carreteras, utilizando la aplicación de un sistema de coordenadas proyectadas comparadas con los datos obtenidos por medio del método de topografía convencional.

El tipo de estudio fue descriptivo puesto que conlleva a identificar un concepto relativamente nuevo para Guatemala, como lo es la determinación de las coordenadas por medio de un sistema de información espacial para los monumentos de kilometraje que se encuentran en el tramo de la CA-10 entre las bifurcaciones de Río Hondo a Vado Hondo, logrando con esto conocer la ubicación en coordenadas GTM de dichas señales.

Para la investigación fue imprescindible la técnica de observación, ya que mediante esta se pudo obtener la polilínea del eje central de la carretera objeto de estudio, la digitalización de esta y la información principal de las fuentes primarias, es decir el tramo carretero.

Además, se realizaron lecturas de fichajes y resúmenes de documentos o normativos, conocidos como fuentes secundarias, los cuales contienen la información necesaria para almacenar los datos, utilizando matrices de almacenamiento de las coordenadas de todos los kilometrajes del tramo carretero.

Debido a la naturaleza de las fuentes, se determina que la investigación es de campo, ya que fue necesario realizar un recorrido topográfico por todo el eje central de la carretera; y de gabinete, debido al procesamiento digital de los datos.

También se realizó una segunda fase de análisis de la información de topografía convencional y espacial, esto con enfoque cuantitativo. Para el desarrollo del proceso se implementaron diferentes métodos tales como: analítico, comparativo y de observación; que contribuyeron a recabar información, para la obtención de las coordenadas proyectadas de ubicación de los kilometrajes por medio del programa ArcGIS.

La metodología propuesta para dar solución a la problemática identificada se dividió en seis fases:

- Digitalización de trazo con datos espaciales.
- Cálculo del kilometraje y sus coordenadas sobre el tramo carretero.
- Publicación de los datos geográficos.
- Traslado digital del trazo topográfico hacia ortofotografías.
- Evaluación y análisis de los datos obtenidos.
- Comparación con el método convencional.

INTRODUCCIÓN

Para la ubicación espacial que corresponde a cada señal de kilometraje de las carreteras de Guatemala, no existe un instrumento de apoyo para la toma de decisiones. Lo que ha derivado en complejidades al momento de la sustitución de los monumentos verticales y creando escenarios de errores de desfase. La solución tradicional puede ejecutarse por medio de topografía convencional que, aunque daría los resultados esperados, conlleva a costos elevados y prolongados tiempos.

Después de haber detectado una serie de incongruencias en la ubicación de las señales, se formuló el desarrollo de una propuesta donde se obtenga respuesta a la asignación de kilometrajes con el desarrollo de una base de datos espacial enlazada a medios gráficos (mapa).

Para la ejecución de la investigación se llevó a cabo una serie de actividades que conllevó a realizar un procedimiento comparativo referencial de dos técnicas de medición para asignar la ubicación de las señales de kilometraje en carreteras para generar una base de datos geográficos: la primera, un levantamiento convencional de topografía, amarrada a un sistema de coordenadas y la segunda, la aplicación de sistemas geográficos.

En el capítulo uno se delimitaron las características teóricas que intervienen en la investigación, como: las características a considerar en las señales de kilometraje, consideraciones específicas de levantamientos topográficos y del manejo de datos espaciales.

El capítulo dos se enfocó a especificar detalles propios del desarrollo de la investigación, como el diseño empleado para la realización de este, la descripción del área de estudio, el diagnóstico situacional y la exposición del método convencional empleado para dar solución a la problemática identificada.

En el capítulo tres se presenta la propuesta de solución, para la que fue necesario compilar información comparable que demostró la efectividad de esta, por lo que se inició con la identificación de las áreas de trabajo, por medio de una fase de campo, donde se recolectó información a través de topografía convencional y uso del GPS Hiper +, para generar las coordenadas. Así como la determinación de los bancos de control y un levantamiento en cinemático que fortalecería la investigación para rectificar ambos levantamientos comparativos. Además, se desarrolla la propuesta de la investigación.

Además, fue necesaria la localización de kilometrajes con posicionamiento global y por último el procesamiento de la información de campo en gabinete.

En el capítulo cuatro se presentaron y analizaron los resultados, considerando favorablemente la generación de la metodología de validación del uso de datos espaciales, la cual permite contar con un elemento de consulta que pueda brindar el lugar exacto de ubicación y localización de las señales de kilometraje, en el área de estudio, y que luego se pueda replicar para las carreteras de Guatemala.

1. MARCO TEÓRICO

La investigación teórica se basa en información sobre la identificación de las vías de acceso, específicamente de la nomenclatura utilizada para la señalización de la red vial en Guatemala y que ha sido utilizada por COVIAL y CAMINOS. El desarrollo de la investigación se enfoca en la localización de coordenadas para la señalización de los kilometrajes y generar una base de datos que permita tener información vinculada, utilizando para ello un Sistema de Información Geográfica que emplee como referencia ortofotografías digitales.

1.1. Características por considerar en las señales de kilometraje

Para el establecimiento de señales de kilometrajes se necesita considerar determinadas características que se describen en los siguientes incisos.

1.1.1. Inventario de carreteras

Kraemer *et al.*, (2003) explican que, los inventarios de carreteras consisten en “una recopilación ordenada de datos acerca de la red viaria, sus elementos y sus características” (p. 313).

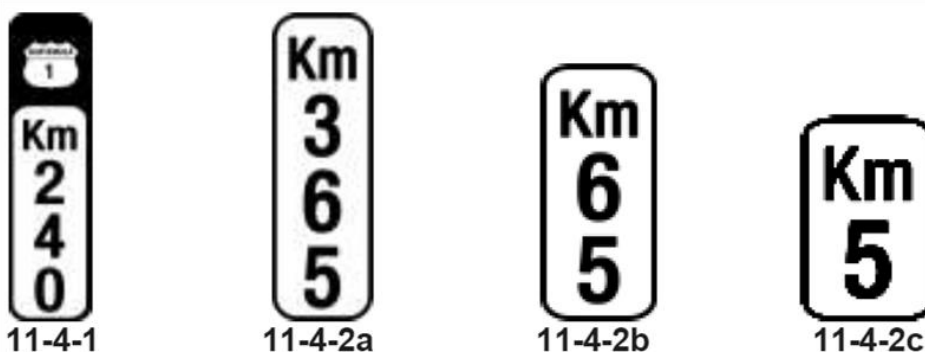
De esta manera permite “consultar en gabinete una base de datos cada vez que necesitan conocer algunos de ellos como una ayuda para tomar una decisión, planificar una actuación o resolver un problema, en vez de tener que ir al campo a comprobarlo o a medirlo” (Kraemer *et al.*, 2003, p. 313).

1.1.2. Señales para indicar el kilometraje y nomenclatura vial (ii-4-1 a ii-4-8)

Con relación a la señalización para indicar el kilometraje y nomenclatura vial La Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2015) explica que, “en las vías principales de la red vial tradicionalmente se han utilizado postes o mojones de concreto con el fin de identificar las carreteras, según su número de ruta (CA, RN) y kilometraje” (p. 63). Sin embargo, existe la opción de uso de paneles metálicos, con el diseño correspondiente a las señales II-4-1, II-4-2a, II-4-2b, II-4-2c.

“El marcador II-4-1 debe tener 0.30 m de ancho por 1.20 m de altura, mientras que para las señales II-4-2a a II-4-2c el tamaño variará dependiendo del número de dígitos” (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2015, p. 63). Las señales de la serie II-4 se deben colocar cada kilómetro en las rutas principales de cada país, como lo son las carreteras interamericanas, centroamericanas, nacionales, departamentales y otras.

Figura 1. Modelo de señalización de kilometraje



Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2015). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.*

1.1.3. Colocación estandarizada

Según la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2004), como parte de un resumen técnico expone que se deben colocar las señales al lado derecho de la vía, donde los conductores ya se han acostumbrado a buscarlas, solo en casos excepcionales se colocarán del lado izquierdo, cuando el sentido de la vía haya sido invertido. En vías rápidas, autopistas y plazas de cobro de peajes muy anchas (6 o más carriles), o donde es deseable algún tipo de control en el uso de carriles, o donde no hay espacio lateral disponible, a menudo es necesario utilizar señales elevadas.

Como parte del resumen también se explica que se pueden colocar señales reglamentarias elevadas, usualmente colgadas a la par de un semáforo, cuando exista una regulación que deba ser visible desde todos los carriles o la señal se relacione con la operación del semáforo (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2004).

Las señales verticales erigidas en cualquier otra ubicación sólo deben cumplir una función de complemento a las señales ubicadas en los sitios normales. Bajo algunas circunstancias las señales pueden ser colocadas en islas canalizadoras, o en el lado izquierdo del camino, por ejemplo, en sitios con curvas pronunciadas hacia la derecha, directamente en frente de los vehículos que se aproximan. Las señales complementarias situadas en el lado izquierdo de la vía a menudo son útiles en carreteras multicarriles, cuando el tránsito en los carriles del lado derecho puede obstruir la línea de visión hacia ese lado.

“Las señales deben colocarse de tal forma que no se oculten unas a otras, o que queden ocultas de la visual de los conductores por otros objetos existentes

al lado de la vía” (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2004, p. 9).

1.1.4. Base de kilometraje

Para la base del kilometraje se recomienda la fundición con las dimensiones 0.20 m x 0.20 m x 0.40 m, utilizando concreto de 2500 psi, el cual debe ser formulado para este propósito. “El estudio de formulación de concreto se debe hacer de manera tal, que se logre obtener el máximo de beneficio de las propiedades individuales de sus constitutivos” (Reyes, 2009, p. 296).

1.1.5. Estabilización de suelo para la construcción de base de kilometraje

Cuando las condiciones del suelo no son estables, tal es el caso de los suelos arcillosos, debe considerarse un tratamiento de mejoramiento del terreno de cimentación, por ello Morales, (2008) recomienda “remover el material compresible reemplazándolo por un material de mejor calidad, preferiblemente granular” (p. 69).

1.1.6. Ubicación de las señales de kilometraje

La señalización se debe instalar con referencia a la condición de la sección transversal de la ruta, Chocontá, (2000) explica que “debe estar a 0.50 m. de la cuneta cuando es talud de corte, y si es talud de relleno esta se instalará a 0.50 m. del borde de la berma” (p. 104).

1.1.7. Carreteras de calzada única o convencionales

Las carreteras convencionales de calzada única son “aquellas en las que, desde su concepción, falta alguna de las características propias de las vías rápidas” (Kraemer *et al.*, 2004. p. 12).

1.2. Consideraciones específicas de levantamientos topográficos

Existen consideraciones específicas para la realización de levantamientos topográficos; estas se describen en los siguientes incisos.

1.2.1. Control vertical

El National Geodetic Survey proporciona control vertical en todos los tipos de levantamiento. Simplemente con solicitarlo ofrecen descripciones y elevaciones de bancos de nivel. Con relación al control vertical, Merritt, Loftin y Ricketts (1999) exponen que:

La exactitud relativa C , en mm, requerida entre bancos directamente conectados para los tres órdenes de nivelación es:

- Primer Orden: $C = 0.5 \sqrt{K}$, para la clase I, y $0.7 \sqrt{K}$ para la clase II.
- Segundo Orden: $C = 1.0 \sqrt{K}$, para la clase I, y $1.3 \sqrt{K}$ para la clase II.
- Tercer orden: $C = 2.0 \sqrt{K}$.

Donde K es la distancia entre bancos de nivel, en Km

1.2.2. Control horizontal

Todos los levantamientos requieren alguna clase de control, sea una línea base, un banco de nivel o ambos. El control horizontal consiste en puntos cuyas

posiciones se han establecido por medio de una poligonal, triangulación o trilateración. La National Geodetic Survey ha establecido puntos de control en todo el país y ha tabulado azimuts, latitudes y longitudes, el sistema de coordenadas estatales estadounidense y otros datos pertinentes.

“Los trabajos topográficos en el sistema de coordenadas estatales han aumentado el número de puntos aprovechable de control para todos los topógrafos” (Merritt, Loftin y Ricketts, 1999, p. 12).

Tabla I. **Tolerancias de cierre permisibles en poligonales**

Orden de poligonal	Máxima tolerancia después del ajuste por azimut	Máxima tolerancia en azimut en el punto de comprobación	
		Segundos por estaciones	Segundos ^T
Primer Orden	1: 10 000	1.0	$2\sqrt{N}$
Segundo Orden			
Clase I	1: 50 000	1.5	$3\sqrt{N}$
Clase II	1: 20 000	2.0	$6\sqrt{N}$
Tercer Orden			
Clase I	1: 10 000	3	$3\sqrt{N}$
Clase II	1: 5 000	8	$6\sqrt{N}$

Nota: N=número de estaciones

Fuente: Merrit, Loftin y Ricketts. (1999). *Manual del ingeniero civil Tomo I.*

1.2.3. Alineamiento horizontal

Agudelo (2008) detalla que la alineación horizontal “es una proyección sobre un plano horizontal donde la vía es representada por su eje y por los bordes izquierdos y derechos” (p. 61).

1.2.4. Abscisa

Se llama abscisa de un punto a “la distancia medida a lo largo del eje, desde el punto inicial del proyecto hasta dicho punto” (Agudelo, 2008, p. 61). Así, un punto que esté ubicado a 8 341.25, metros del punto inicial de la vía tendrá entonces como abscisa K8+341.25.

1.2.5. AutoCAD Civil

Es un paquete de herramientas basados en AutoCAD con funciones específicas modelos digitales de terrenos, diseños de trazados de obras lineales con secciones transversales típicas o adaptadas según su tramo de aplicación, perfiles longitudinales, cálculo de volúmenes de tierra, etc. Su gran flexibilidad y coordinación entre los componentes del proyecto (objeto Civil 3D) lo convierte en una verdadera herramienta de diseño asistido en lugar de solo una herramienta de dibujo. Además, como señala Ugarte (2013) “la gran facilidad que tiene de reproducir los modelos tridimensionales luego de realizar los diseños en 2D, lo hace ideal para crear presentaciones de maquetas virtuales de su proyecto o crear imágenes fotorrealistas del mismo” (p. 1.).

1.2.6. Levantamientos geodésicos y planos en terrenos

Los levantamientos se clasifican en dos categorías generales: geodésicos y planos. La distinción principal reside en las hipótesis en las que se basan los

cálculos, aunque las mediciones de campo para los levantamientos geodésicos se efectúan normalmente con mayor precisión que para el caso de los levantamientos planos.

En topografía geodésica se toma en cuenta la superficie curva de la Tierra, realizando los cálculos en un elipsoide (superficie curva aproximada al tamaño y forma de la tierra). En la actualidad es más común realizar cálculos geodésicos en un sistema tridimensional con coordenadas cartesianas con centro en la Tierra.

Los cálculos comprenden la solución de ecuaciones deducidas de la geometría del espacio y del cálculo diferencial. Los métodos geodésicos se emplean para determinar las ubicaciones relativas de señalamientos separados por una gran distancia y para calcular longitudes y direcciones de líneas extensas entre ellos (Wolf, Brinker y De la Cera, 2001).

1.2.7. Tipos de levantamientos especializados

Existen tantos tipos de levantamientos tan especializados que una persona muy experimentada en una de estas disciplinas específicas puede tener muy poco contacto con las otras áreas. Aquellas personas que busquen hacer carrera en topografía y cartografía debieran conocer todas las fases de estas materias, ya que todas están íntimamente relacionadas en la práctica moderna. A continuación, se describen, brevemente, algunas clasificaciones importantes:

- Levantamiento de control: red de señalamientos horizontales y verticales que sirven como marco de referencia para otros levantamientos.

- Levantamientos topográficos: determinan la ubicación de características o accidentes naturales y artificiales, así como las elevaciones usadas en la elaboración de mapas.
- Levantamientos de rutas: se efectúan para planear, diseñar y construir carreteras, ferrocarriles, líneas de tuberías y otro proyecto lineal. Estos normalmente comienzan en un punto de control y pasan progresivamente a otro, de la manera más directa posible permitida por las condiciones del terreno.
- Levantamientos terrestres, aéreos y por satélite: es la más amplia clasificación usada en algunas ocasiones. Los levantamientos terrestres utilizan medidas realizadas con equipo terrestre, como cintas de medición, instrumentos electrónicos para la medición de distancias (IEMD), niveles y teodolitos e instrumentos de medición total. Los levantamientos aéreos pueden lograrse, ya sea utilizando la fotogrametría o a través de la detección remota (Wolf, Brinker y de la Cera, 2001).

1.2.8. Planta

La planta del camino está constituida por “una serie de alineaciones rectas enlazadas pro-alineaciones curvas, formadas por arcos circulares con distintos radios y unas curvas de transición que permiten una variación gradual de la curva” (Kraemer *et al.*, 2003, p. 8).

1.2.9. Perfil o alzado del camino

Forma una línea poligonal con vértices redondeados mediante curvas de acuerdo con parabólicas (cambio de rasante) (Kraemer *et al.*, 2003).

El perfil del terreno a lo largo del eje de la vía se obtiene “graficando la elevación de todas las estaciones, redondas y no redondas, definidas en el alineamiento horizontal” (Agudelo, 2008, p. 89).

1.3. Consideraciones específicas del manejo de datos espaciales

En los siguientes incisos se describen las consideraciones específicas para el manejo de datos espaciales.

1.3.1. Geodesia

Es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la tierra, de su campo de gravedad, y sus variaciones temporales; constituye un apartado especialmente importante, la determinación de posiciones de puntos de su superficie. Esta definición incluye la orientación de la tierra en el espacio (Sánchez, 2004).

1.3.2. Sistema de Información Geográfica (GIS)

Puede definirse en general como un “sistema hardware, software, datos y estructura organizacional para recolectar, almacenar, manipular y analizar espacialmente datos (georeferenciados) y exhibir la información resultante de esos procesos” (Wolf *et al.*, 2001, p. 714).

Aguirre (2013) hace alusión a la utilidad de los SIG como “herramientas de trabajo para diversas disciplinas” (p. 105). Contar con ellos permite a los técnicos y políticos tener herramientas más potentes de análisis, debido al componente geográfico de los mismos.

1.3.3. Datos espaciales

Los datos espaciales llamados también datos gráficos, consisten en general de aspectos naturales y culturales que pueden mostrarse con líneas o símbolos en mapas, o verse como imágenes en fotografías. En un GIS, esos datos deben representarse y localizarse espacialmente en forma digital, usando una combinación de elementos fundamentales llamados objetos espaciales simples.

Los formatos usados en esta representación son vectores o cuadrículas. Las relaciones espaciales relativas de los objetos espaciales simples están dadas por su topología (Wolf *et al.*, 2001).

La información espacial ha estado asociada en forma directa con la cartografía, en el logro de objetivos específicos concernientes con operaciones de análisis y gestión de datos espaciales, en las cuales se representa dicha información con modelos como mapas y símbolos (Cangrejo y Agudelo, 2011).

En la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los datos espaciales se dividen en vectoriales y de tipo ráster. Los datos vectoriales se encuentran compuestos por vértices y rutas, con tres tipos de símbolos principales como lo son puntos, líneas y polígonos. Existen diversos formatos que pueden utilizarse para la manipulación de la información vectorial, sin embargo, el de mayor popularidad es el denominado como *shape* (Morales, 2013).

Según Morales (2015), se denomina como ráster a cualquier tipo de imagen digital que se representa en mallas o pixeles, estos a su vez, se dividen en celdas que representan un valor único. Un ejemplo de ráster es la ortofoto, que es una imagen que ha sido capturada desde una plataforma en dirección a un espacio específico de la tierra y que dispone de coordenadas.

1.3.4. Conjunto existente de datos digitales

Algunas veces los datos se encuentran disponibles en formato digital por lo que no es necesario transformarlos. Suelen ser los gobiernos los que facilitan archivos de datos digitales de amplia variedad de tipos como capas y *modelos de elevación digital* (DEM) (Wolf *et al.*, 2001).

La cantidad de información disponible es cada vez mayor, así como su dispersión y en casos, su falta de documentación. Hace unos años se debía digitalizar la cartografía impresa asumiendo fuentes de error y degradando la información original. Actualmente, eso no es necesario, pero suscitan dos problemas principales: buscar la información en la red y comprobar su calidad y fiabilidad (Quirós y Polo, 2018).

1.3.5. Base de datos

Forma práctica de conseguir el aprovechamiento de la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de gestión es la creación de bancos de datos. Son conjuntos de ficheros informativos relacionados entre sí, accesibles para numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizados permanentemente. Si estos bancos de datos están organizados con una lógica interna que permita su acceso mediante un computador son denominados bases de datos (Kraemer *et al.*, 2004).

Las bases de datos pueden organizarse de muchas maneras, sin embargo, el aumento de estas ha llevado a generar técnicas de organización, recomendaciones y hasta leyes para el uso adecuado y fidelidad de la información almacenada (Gil, 1994).

1.3.6. Generación de bases de datos GIS

Una Base de Datos Geográfica (BDG) es un conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).

Varios factores importantes deben considerarse antes de desarrollar la base de datos para un GIS. Entre esos se cuentan: los tipos de datos que necesitan obtenerse, los formatos ópticos par esos datos, el sistema coordinado de referencia que se usará para relacionar espacialmente los datos y la precisión requerida para cada tipo de dato. “Deben también considerarse medidas para la actualización de la base de datos. Dependiendo de la situación pueden ser posible utilizar datos existentes en cuyo caso puede obtenerse un ahorro económico considerable” (Wolf, 2001, p. 728).

1.3.7. Digitalización de materiales gráficos existente

Se utilizan fuentes como: mapas, ortofotos, planos, diagramas u otros documentos gráficos que ya existen y cumplen los requisitos de las bases de datos GIS, ellas pueden transformarse en forma conveniente y económica a archivos digitales utilizando una *tablilla digitalizadora*. Muchos paquetes de software GIS proporcionan programas para efectuar el proceso en forma directa (Wolf *et al.*, 2000).

El trabajo cartográfico “tuvo una extensa etapa analógica en la cual todo el trabajo era realizado en papel (era geoanalógica) y a partir de la década de 1960 comenzó a transitarse el camino de la digitalización a partir del cual comenzó a

considerarse la existencia de una cartografía automatizada” (Buzai, Lanzelotti, Paso, y Principi, 2018, p. 104).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se describen los detalles sobre la distribución en la que fue desarrollada la investigación, exponiendo la información básica y los procesos geográficos realizados como referencia antes de llevar a cabo la propuesta de solución.

2.1. Diseño

El diseño de la propuesta se encuentra conformado por una etapa previa que se basa en la medición realizada en campo para que fuese la comparativa del método propuesto, una fase de gabinete para el procesamiento de los datos recopilados por medios directos y el desarrollo digital de la determinación de las coordenadas por método indirecto en un programa de procesamiento de datos espaciales referenciados a ortofotografías.

2.2. Descripción del área de estudio

El área de estudio corresponde a la sección formada por la carretera centroamericana, específicamente la CA-10, que parte desde la bifurcación de la CA-9 en Río Hondo, Zacapa, hacia el cruce de Vado Hondo, Chiquimula, inicia la CA-11 con rumbo a los municipios de Jocotán y Camotán, Chiquimula, hasta frontera con Copán, Honduras.

2.2.1. Diagnóstico situacional

En Guatemala se disponen a licitación las obras de señalización vertical del kilometraje en carreteras. La empresa favorecida es la que se encarga de señalizar determinado sector, mientras que la continuación puede que la realice otra entidad, esta situación suele resultar en inconvenientes y en errores al momento de señalizar.

El área objeto de estudio consta de 41 kilómetros de asfalto y la señalización del kilometraje ha sido colocada con los medios convencionales empleados a nivel nacional.

2.2.2. Método convencional

Las empresas beneficiadas de la licitación realizan la monumentación sin el conocimiento exacto de la ubicación coordenada correspondiente a cada señal. El método convencional empleado para medir cada kilómetro es por medio de cinta métrica y debido a la topografía de las carreteras las variaciones en la elevación conllevan a errores en el kilometraje.

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En la tercera etapa de la investigación se establecen los criterios y operaciones requeridas para el desarrollo de los trabajos de comprobación y comparación.

El trabajo de respaldo para la comprobación se basa en un levantamiento realizado con topografía convencional amarrado a una red geodésica para establecerle coordenadas reales.

Para ello se empleó equipo topográfico estático y cinético, como una estación total con radiaciones hacia prismas y receptores GPS submétricos, aplicados a los criterios específicos para realizar la toma de datos de manera que el postproceso arroje coordenadas correctas.

3.1. Identificación de áreas de trabajo

Para el desarrollo de la investigación, fue necesario llevar a cabo trabajo de campo para la obtención de la información y una etapa de gabinete para el procesamiento de los datos.

A continuación, se detalla de manera amplia cada una de las fases de la metodología:

3.2. Fase de campo

Se procedió al trabajo de campo a través de la aplicación de los procesos que se describen a continuación.

3.2.1. Recolección de la información

Se llevó a cabo una medición con topografía convencional, utilizando para esto una estación total con la que se realizaron radiaciones hacia el eje central de la carretera. Sin embargo, el levantamiento fue amarrado a coordenadas reales, para ello los parámetros de control fueron bancos de marca determinados con equipo submétrico receptor de señal GPS Hiper + de doble frecuencia: empleado para identificar las coordenadas geodésicas al inicio y al final del tramo.

3.2.2. Uso del GPS Hiper +, para generar las coordenadas

Para la asignación de los bancos de marca se utilizó equipo de alta precisión, en este caso un GPS Hiper +, con el cual se asignó la posición a los bancos de marca, los que se usaron amarrados a la red geodésica nacional, con el objetivo de definir coordenadas de inicio y final, para ambos métodos.



3.2.3. Determinación de los bancos de control

- Ubicación de un banco de referencia geodésica de una red geodésica nacional, en este caso se consultó a las oficinas del Registro de Información Catastral (RIC) sobre las coordenadas y bancos existentes dentro del tramo o los más cercanos. Los datos ofrecidos fueron de la pista de aterrizaje de Chiquimula dónde existe una base de red de ajuste

Catastral de primer orden (RAC 1), con ubicación geográfica x: 1640583.01219, y: 605560.07291 y z: 339.07400.

- En las figuras 3 y 4 se muestra la información de respaldo otorgada por el RIC.

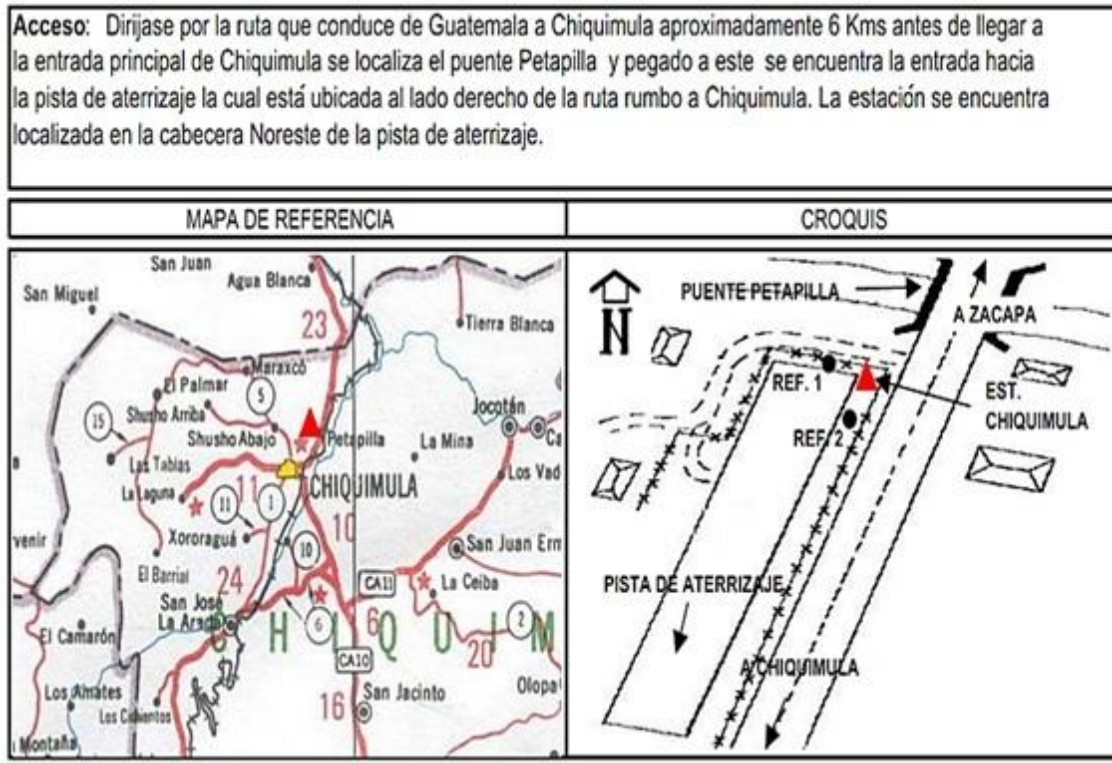
Figura 2. **Ficha de información técnica del banco de referencia**

Estación CHIQUIMULA		Orden A	
Latitud 14° 50' 4.27890"N	Longitud 89° 31' 8.76969"W	Sistema de Referencia Geodésico WGS84	
Norte (Y)	Este (X)	Zona y Proyección 16 UTM	
Norte (Y)	Este (X)	Zona y proyección 15,5 GTM	
Altura Elipsoidal: 339.0740 mts.	Elevación: 336.9445 MSNMM	Orden:	Datúm: Puerto de San José 1949 / 50
Características de la marca Ficha de bronce de 0.08 m., de diámetro, incrustada en monumento de concreto de 0.40 x 0.40 m con ficha subterránea.		Estampado CHIQUIMULA GPS IGN 1999	
Referencia No. 1: Az. 280° a 15.00 mts.	Referencia No. 2: Az. 190° a 15.00 mts.	Referencia No. 3:	Referencia No. 4:
Localización Dep. de Chiquimula, municipio de Chiquimula Cabecera Noreste de la Pista de Aterrizaje		Trabajó GEODESIA-IGN	

Fuente: Registro de Información Catastral. (2016). *Ficha de información técnica del banco de referencia.*

Figura 3. Croquis del banco de referencia



Fuente: Registro de Información Catastral. (2016). *Ficha de información técnica del banco de referencia.*

- El monumento físico del lugar se aprecia en el lado izquierdo de la figura 4 y a la derecha se observa el equipo colocado sobre la RAC mientras recopilaban la información.

Figura 4. **Monumento físico**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Chiquimula. 2015). Colección particular. Guatemala.

El equipo sobre la RAC se mantuvo estático mientras tomó datos, lo que se hizo desde antes de captar la señal para la determinación de las coordenadas en el punto de partida y de finalización, y fue hasta entonces que se detuvo la toma de datos del equipo estático.

Con la información recabada del equipo submétrico se procedió a la realización de un postproceso para establecer la posición global exacta, para ello se emplearon como referencia los datos del equipo situado sobre la RAC. Los pasos para realizar el postproceso se especificaron en un manual adjunto, así como el reporte de estos (apéndices 1 y 2).

3.2.4. Monumentos de inicio y final del tramo

Tanto el punto de partida como el punto de finalización fueron identificados físicamente a través de un monumento. De esta manera, en caso de necesitar

corroborar o levantar nuevamente el levantamiento en campo, los datos resultantes del postproceso se vinculan con la topografía de la estación total.

En la figura 5 se aprecia el monumento respectivo para el punto de inicio (A) y la colocación del prisma sobre él. Las coordenadas GTM resultantes del postproceso para el punto A son en x: 1663101.9540, y: 597628.8100 y z: 208.0569.

Figura 5. **Monumentación del punto de inicio**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Río Hondo, Zacapa. 2015). Colección particular. Guatemala.

La red geodésica nacional cuenta con un banco de marca en el cruce de Río Hondo (Km 135 + 850), al cual se le llama “Panaluya”, por lo que el levantamiento se apoyó en este monumento como punto auxiliar. En el lado izquierdo de la figura 6 se aprecia la ficha del banco de marca y en el lado derecho la colocación del equipo para la toma de datos.

Las coordenadas GTM identificadas para este punto de apoyo fueron en x: 1663084.0450, y: 597598.7060 y z: 209.9317.

Figura 6. **Banco de marca denominado “Panaluya”**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Río Hondo, Zacapa. 2015).
Colección particular. Guatemala.

Al punto de finalización (C), al igual que al punto de inicio, también se le identificaron las coordenadas, como se ilustra en la figura 7. Para este punto las coordenadas GTM resultantes del postproceso son en x: 607106.8820, y: 629087.5280 y z: 438.2388.

Figura 7. **Toma de datos en el punto de finalización**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Chiquimula. 2015). Colección particular. Guatemala.

3.2.5. Creación de proyecto de medición en la estación total

Consiste básicamente en generar un proyecto de medición con estación total, el cual tuvo como orientación el norte que generó el GPS con los dos puntos de arranque; y como ubicación las coordenadas del banco de marca inicial del tramo.

3.2.5.1. Método de levantamiento topográfico

Se realizó una poligonal abierta, con puntos de control al inicio y al final del tramo, para darle mayor certeza al levantamiento. Se procedió a localizar la línea del eje central de la carretera y con un prisma se realizaron las radiaciones hacia

los vértices de la trayectoria. Para poder llevar a cabo esta actividad, fue necesario contar con todo el equipo y personal requerido para la medición.

Es de suma importancia considerar las medidas de seguridad para todo el personal y equipo, ya que al trabajar sobre un tramo carretero con alto tráfico se necesita contar con suficiente recurso humano para las labores, inclusive para asegurar la vida de los trabajadores, es decir que además del personal encargado de realizar la medición, se debe incluir otro grupo de banderilleros para el control del tráfico.

Todo personal, vehículos y equipo, debe estar debidamente protegido e identificado con chalecos de franjas reflectivas, cascos, conos, entre otros.

3.2.5.2. Levantamientos topográficos

El levantamiento topográfico se realizó con una estación marca Sokkia set 510. La medición se orientó según la información geodésica obtenida de los receptores GPS y el postproceso.

El levantamiento se realizó por el método de conservación de azimut como poligonal abierta y se conservó la misma temática para los cuarenta y un kilómetros (41.00 Km). En la figura 8 se observa parte de los levantamientos realizados.

Figura 8. **Levantamientos topográficos**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Zacapa. 2015). Colección particular. Guatemala.

3.2.6. Levantamiento en cinemático

Para el respaldo del levantamiento topográfico y de la propuesta, se realizó un recorrido sobre la línea central a través de un levantamiento geodésico con receptor GPS Hiper +, en modo cinemático. Este levantamiento también se realizó con puntos de control colocando un GPS de base mientras el otro realizaba el recorrido por todo el tramo.

Corroborar la certeza de los datos implicó la ejecución de un postproceso con la información de la base y del receptor que se mantuvo en movimiento (apéndice 2). El recorrido en cinemático se efectuó calibrando el equipo y la velocidad del vehículo para obtener secuencia de puntos con intervalos promedios de 15mts.

En la figura 9 se ilustran las adaptaciones realizadas al vehículo y la forma del recorrido en una compilación de imágenes. Como resultado se determinó la ubicación de la línea central con puntos de posición global, útiles para la comprobación de la aplicabilidad de la propuesta de esta investigación.

Figura 9. **Levantamiento cinemático**



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Zacapa. 2015). Colección particular. Guatemala.

3.2.7. Localización de kilometrajes con posicionamiento global

Para poder demostrar que las señales del kilometraje carecen de certeza en su localización fue necesario sondear la ubicación de algunas de estas, para ello se identificaron coordenadas con receptor GPS Hiper +, por medio de una base con coordenadas conocidas y un receptor móvil para la ubicación las señales, posteriormente se llevó a cabo un postproceso con los datos recopilados (apéndice 3).

En la figura 10 se muestran imágenes tomadas durante la labor en campo para determinar la ubicación geográfica de las señales analizadas.

Figura 10. Geoposicionamiento de señales



Fuente: [Fotografía de Mario Nephtalí Morales Solís]. (Chiquimula. 2015). Colección particular. Guatemala.

3.3. Procesamiento de la información de campo en gabinete

En los siguientes incisos se describen los pasos desarrollados para el procesamiento de la información recabada durante la fase de campo.

3.3.1. Descarga de datos y envío al programa AutoCAD

El procesamiento de la información se realizó en una plataforma de dibujo asistido (AutoCAD), por medio del cual se generó la trayectoria de la poligonal a la que se le asignaron coordenadas con los puntos de inicio y final que fueron tomados con el GPS submétrico. A través de comandos fue posible establecer las coordenadas proyectadas cada 1000 metros sobre la polilínea resultante de la medición, estas coordenadas fueron las que se compararon con las generadas con el método propuesto.

La información digital se obtuvo mediante la descarga de puntos de la estación total por medio del programa Prolink Versión 1.15, el cual traslada la información generada a un archivo de Block de Notas. Con el empleo de la aplicación Civil, se importó el archivo generado en el block de notas hacia el AutoCAD.

3.3.2. Pasos para la descarga de datos de la estación a la computadora

Los pasos para bajar la información de la estación a la computadora se realizan de la siguiente manera:

- Se prepara la computadora para recibir los datos y después se prepara la estación para enviar los mismos.
- Abrir el programa Prolink.

- Hacer un proyecto nuevo (guardarlo en un lugar conocido).
- Seleccionar el icono de "send receive" o seleccionar File > send receive.
- Chequear en la nueva ventana que en "device type", diga powerset memory.
- En el cuadro izquierdo navegue para posicionarse en el lugar donde quiere grabar el archivo.
- Presionar Connect que está situado en la parte de en medio de la ventana.
- En el cuadro derecho seleccione el archivo "power set file.SDR" y seleccione la flecha <.
- Ahora conecte el cable de comunicación a la estación y al puerto serial.
- Encienda la estación y sitúese en el menú principal con "Esc".
- Presione el botón MEM.
- Seleccione la opción de job y presione enter.
- Seleccione Comms outputy presione enter.
- Sitúese con las flechas en el trabajo que quiere mandar y presione enter.
- Presione OK.
- Seleccione SDR y presione enter.
- Verá que la computadora está recibiendo el archivo (si no ve ninguna acción en la computadora cerciórese que la configuración del puerto sea la misma en la computadora y en la estación total).
- Presione OK en la computadora.
- Cierre la ventana.
- Seleccione el ícono de "import" o en File > import.
- Busque el archivo SDR en el lugar donde lo guardó y ábralo.
- Ahora estarán desplegadas 2 ventanas una dirá "Field book" y la otra dirá "Reduced coordinates".
- Seleccione el ícono de "export" o en File > export.
- Seleccione la opción de Reduced coordinates.

- Seleccione en la opción de abajo el tipo de archivo txt que desea exportar.
- Presione OK.

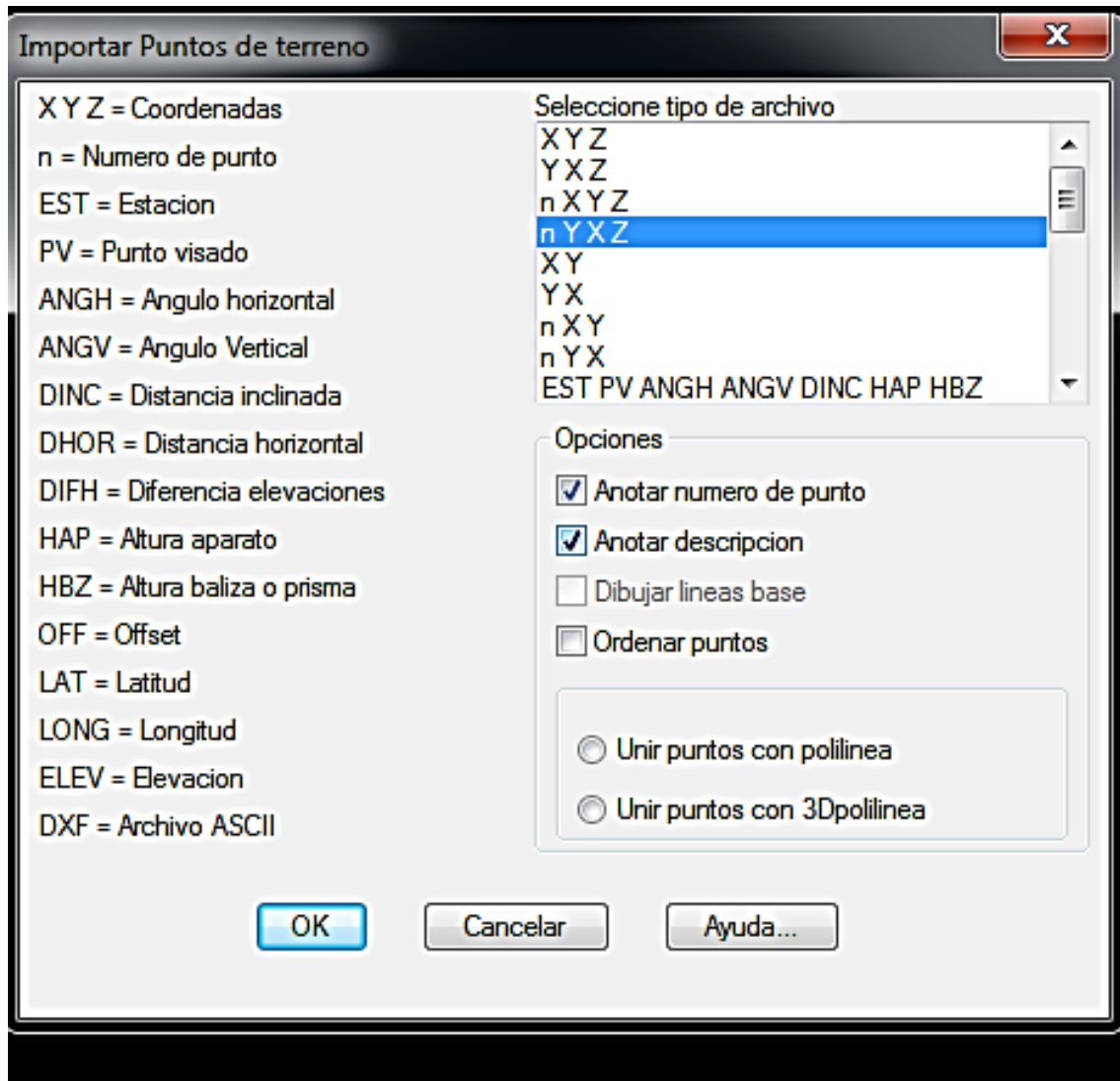
Después de haber convertido la información de la estación a un formato que lo reconoce el AutoCAD, como lo son los formatos txt, se procede a realizar el traslado del *block* de notas a información digital en el modelo.

3.4. Secuencia para importar datos de txt a AutoCAD

- Se abre un archivo nuevo de AutoCAD
- Ubicarse en la pestaña CivilCAD
- Luego presionar puntos
- Terreno
- Importar

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11, en el cual se deben seleccionar los detalles que se muestran en la imagen y se presiona OK.

Figura 11. Importar datos de la estación total



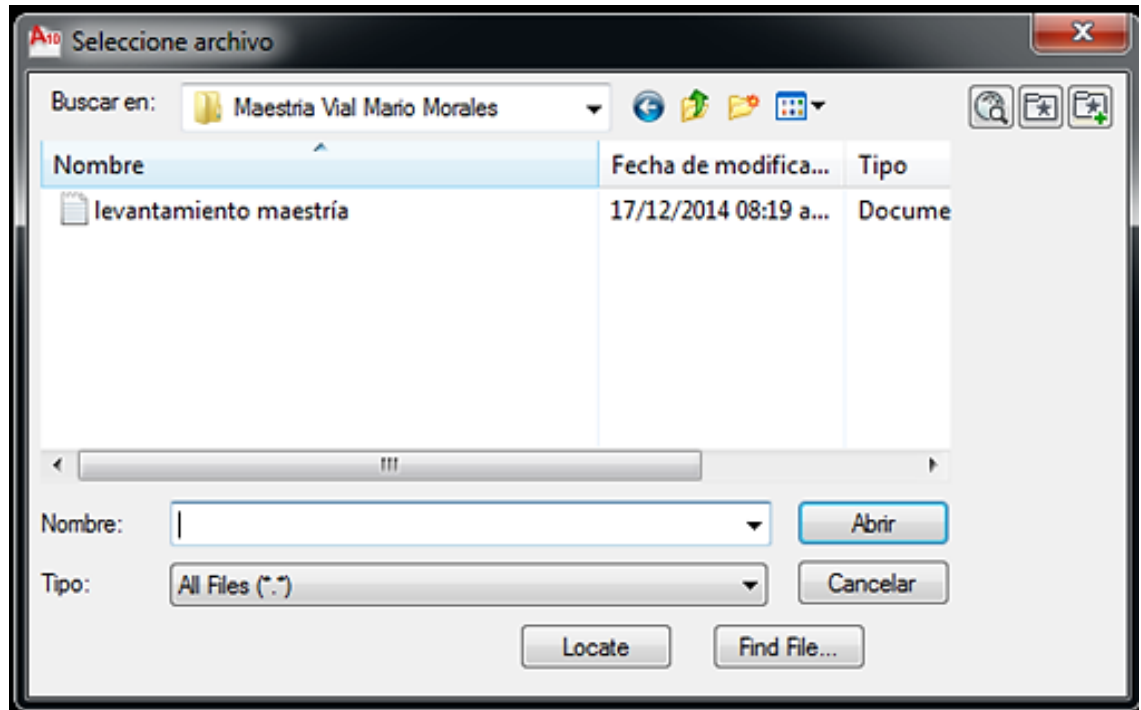
Fuente: elaboración propia.

Surge un segundo cuadro de dialogo que permite ubicar el archivo generado con la descarga de datos por el programa Prolink.

En este caso el archivo está guardado en una carpeta en escritorio llamada *Maestría Vial Mario Morales*, dentro de esta el archivo txt, denominado

“levantamiento maestría”, tal como se ve en la figura 12 y para finalizar se selecciona abrir.

Figura 12. **Almacenamiento de los datos descargados**



Fuente: elaboración propia.

3.5. Propuesta del diseño para la ubicación de coordenadas

Para el diseño de la propuesta de determinación de la ubicación de los kilometrajes sobre la carretera CA-10, desde la bifurcación Río Hondo hasta la bifurcación Vado Hondo, mediante la aplicación de sistemas de Información Geográfica fue necesario realizar los pasos que se describen a continuación:

3.5.1. Edición de elementos

La edición de un elemento en la plataforma de ArcGIS se trabaja por el programa ArcMap. El elemento para editar se representa por vértices y segmentos que conforman su geometría. Los vértices son los pares de coordenadas x e y, asociados con una entidad y los segmentos son líneas que conectan los vértices (Environmental Systems Research Institute, s.f.). Los Sistemas de Información Geográfica, son un potente instrumento para la recogida, almacenamiento, gestión, análisis y representación de datos geográficos referidos a un territorio concreto (Rodríguez, González y Arias, 1999).

Para la edición de la línea de la carretera se editó la geometría del elemento insertando vértices sobre el centro de esta. Llevando a cabo los siguientes pasos:

3.5.2. Digitalización de trazo con datos espaciales (Fase I)

Se refiere a la edición de un elemento en la plataforma sobre ortofotografías, para ello se procede a los siguientes pasos:

3.5.2.1. Paso I. Abrir un documento de ArcMap 10.1

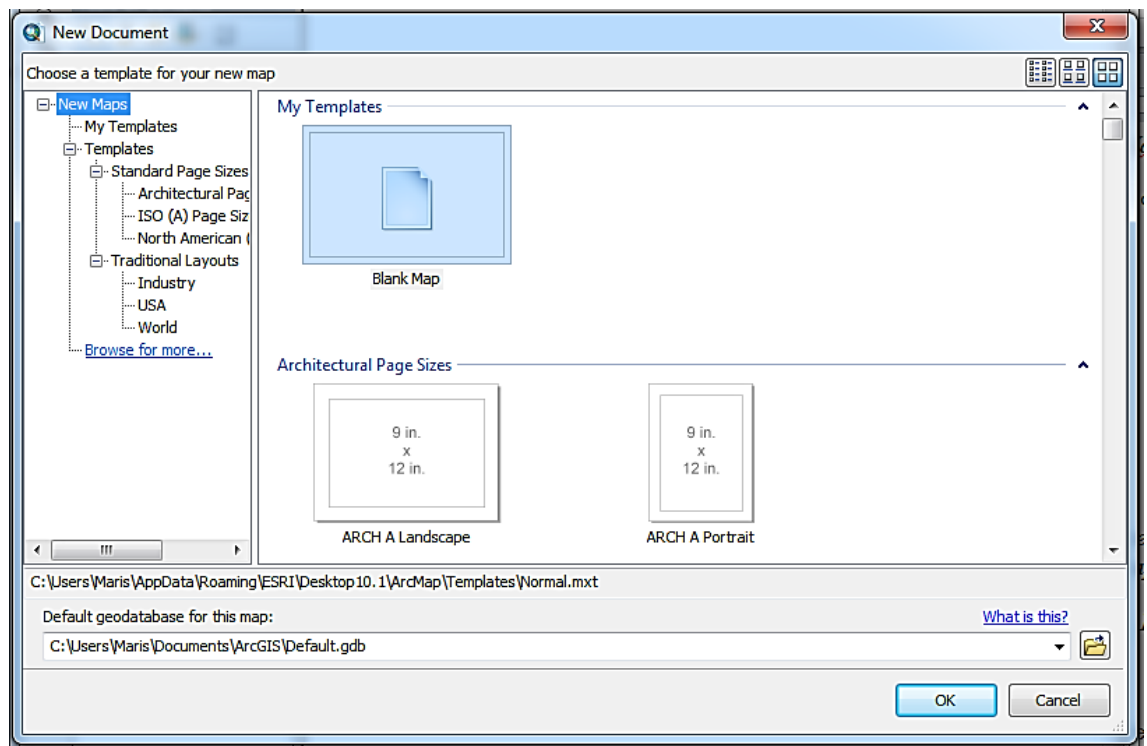
ArcMap es la aplicación principal de despliegue con la que cuenta ArcGIS (García y Valls, 2011). Realiza tareas especialmente basadas en visualizaciones, ediciones, consultas, análisis, gráficos y reportes relacionados con los datos espaciales.

Para abrir un documento de ArcMap 10.1, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Se inició ArcMap, dando clic en Inicio>Todos los programas>ArcGIS>ArcMap.

Al iniciar ArcMap aparece una ventana como la que se muestra en la figura 13, solicitando la plantilla bajo la cual se desea iniciar.

Figura 13. Selección de plantilla



Fuente: elaboración propia.

- Sobre la ventana de inicio se seleccionó la opción nuevos mapas (New Maps).
- Luego se seleccionó mapa en blanco (BlankMap).
- Posteriormente se dio clic derecho sobre *layers*, para entrar a las propiedades del documento y seleccionar en la pestaña de sistemas de

coordenadas GTM, ya que es el sistema de coordenadas local para Guatemala.

Los parámetros de este sistema se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Parámetros del sistema de coordenadas local GTM**

Proyección:	Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
Elipsoide:	WGS84.
Longitud de origen:	90°30' (meridiano central de proyección).
Latitud de origen:	0° (el Ecuador)
Unidades:	Metros.
Falso norte:	0 metros.
Falso este:	500,000 metros en el meridiano central.
Factor de escala en el meridiano central:	0.9998
Numeración de las zonas:	No está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le puede llamar zona 15.5.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. (2013). *Guatemala Transversa Mercator GTM, Resolución Normativa IGN-01/99.*

3.5.2.2. Paso II. Crear un archivo tipo shapefile

Un shapefile es “un formato vectorial que guarda la localización de elementos geográficos y atributos a ellos asociados, pero no es capaz de

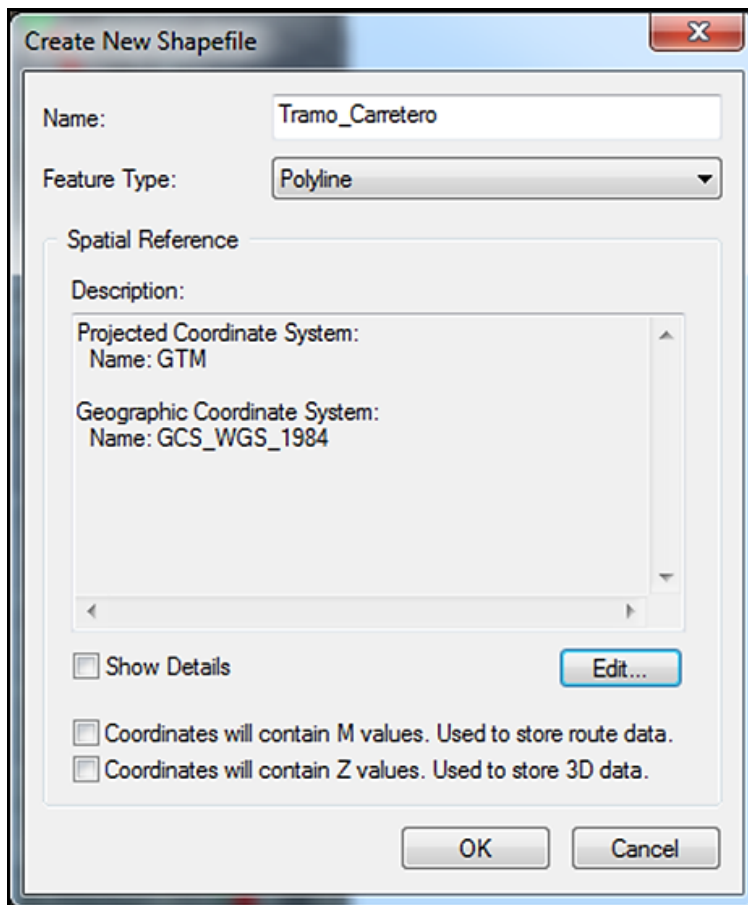
almacenar relaciones topológicas” (Alonso, D, 2014). Estos elementos geográficos se pueden representar a partir de una capa de tipo punto, línea o polígono (áreas).

Para esta investigación se creó un shapefile de geometría polilínea, pues este se acopla a las características necesarias para representar el eje central del tramo carretero sujeto a estudio. Los pasos que corresponden a este apartado son los siguientes:

- En el documento de ArcMap, se inició ArcCatalog, dando clic en el ícono
- Posteriormente se ubicó en la carpeta donde se almacenaría el archivo tipo shapefile, para dar un clic derecho sobre la misma.
- Del menú que se desplegó, se seleccionó la opción de New>Shapefile.
- En la ventana que aparece se asignó el nombre del shapefile, el tipo de geometría y el sistema de coordenadas utilizadas. Por último, se dio clic en OK.

La ventana quedó configurada como se observa en la figura 14.

Figura 14. **Creación de shapefile**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2.3. Paso III. Digitalización del eje central de la carretera

Antes de iniciar con la digitalización se agregaron al proyecto las ortofotografías sobre las cuales se identificó y ubicó el centro del tramo carretero. Las ortofotos empleadas fueron las generadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el año 2006. Una ortofotografía es una imagen o serie de imágenes georeferenciadas (Gómez, Escarcena y García, 2002).

La digitalización es el método empleado para la creación de nuevos datos geográficos que luego pueden utilizarse en un SIG. Digitalizar no es más que representar los objetos del mundo real (dibujando sobre ellos). La polilínea digitada representa vértices y segmentos que conforman su geometría. Los vértices son los pares de coordenadas x e y, asociados con una entidad y los segmentos son líneas que conectan los vértices (Environmental Systems Research Institute, s.f.).

Para la edición de la polilínea al eje central del tramo carretero, se editó la geometría del elemento insertando vértices sobre el centro de esta a una distancia aproximada entre 10 y 15 metros en tramos de tendencia recta, a una escala de vista de 1:1000. Dicha escala permite observar el detalle necesario para la edición, observando la línea divisoria pintada al centro de la carretera y el carril de ascenso, tomando en cuenta que la resolución de las ortofotografías es de 0.5 metros. En la figura 15 se ilustra el proceso de edición.

Figura 15. **Detalle de ortofotografía a escala 1:1000**




Fuente: elaboración propia.

En lugares donde la vegetación a orillas de la carretera es muy densa y no se logra ver la cinta asfáltica en la ortofotografía, se proyectó la línea de forma que siguiera su tendencia.

Para iniciar la digitalización se utilizaron las coordenadas de un punto conocido que se identificó en campo con un GPS submétrico de marca Topcon modelo Hiper +.

Con el documento de ArcMap iniciado con las ortofotografías, las coordenadas del punto de inicio y el shapefile creado agregado, se procedió a realizar los pasos siguientes:

- Se Inició la edición dando clic en el botón o menú editor de la barra editor, se desplegó una serie de opciones, de las cuales se seleccionó iniciar edición *Start Editing*.
- A la ventana que apareció se seleccionó el directorio donde se encuentra el shapefile que se creó y se dio clic en *ok*.
- Luego se le dio clic al menú de crear elementos de la barra de editor (Create Features), eligiendo el botón . Se seleccionó la polilínea creada anteriormente.
- Se realizó un acercamiento hacia el punto de inicio conocido para dar clic sobre él, insertando el primer vértice de la polilínea. Posteriormente se fueron agregando vértices dibujando el eje central del tramo carretero, desplazándose sobre la ortofotografía hasta dibujar sobre el punto de la coordenada de finalización conocida.

- La digitalización se finalizó al dar clic derecho sobre el último vértice del trazo y del menú que se desplegó se seleccionó la opción <Finish Sketch>. Por último, se dio clic en el botón o menú editor de la barra editor, se desplegó una serie de opciones, de las cuales se seleccionó finalizar edición (Stop Editing) y guardar los cambios.

En la figura 16 se muestra con color verde claro y punto oscuro el vértice de partida y con tonalidad cian el recorrido de la digitalización.

Figura 16. **Inicio de la digitalización**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 se muestra cómo se proyectó la línea en los espacios con vegetación que impedían visualizar la carretera.

Figura 17. **Proyección de la línea digitalizada sobre vegetación**



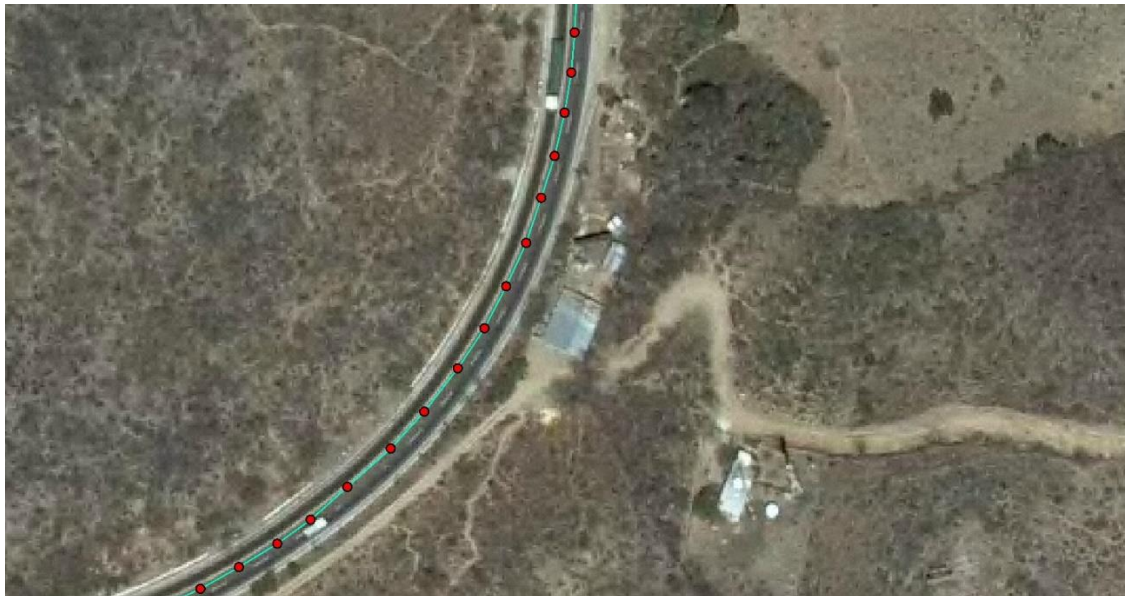
Fuente: elaboración propia.

3.5.2.4. Paso IV. Trazo en curva

En el caso de las curvas los vértices se agregaron de forma que la línea digitalizada mostrara una sucesión de puntos con dirección variable formando el ángulo de la curva observada en la ortofotografía, haciéndose necesario la creación de vértices a distancias más cortas aproximadamente de 5 a 10 metros según el grado de pronunciación de la curva (abierta, ondulada o cerrada).

En la figura 18 se muestra la forma en la que se digitalizó sobre las curvas.

Figura 18. **Edición de vértices en curvas**



Fuente: elaboración propia.


3.5.2.5. Paso V. Guardar la digitalización

Cuando se digitalizó, los cambios se fueron haciendo visibles inmediatamente en la pantalla, pero los datos no se actualizaron sino hasta que se guardó la edición. Por lo tanto, se fueron guardando las ediciones mediante se fue desplazando la vista en el avance de la digitalización.

3.5.3. Ajustar las distancias con un modelo en elevación digital (Fase II)

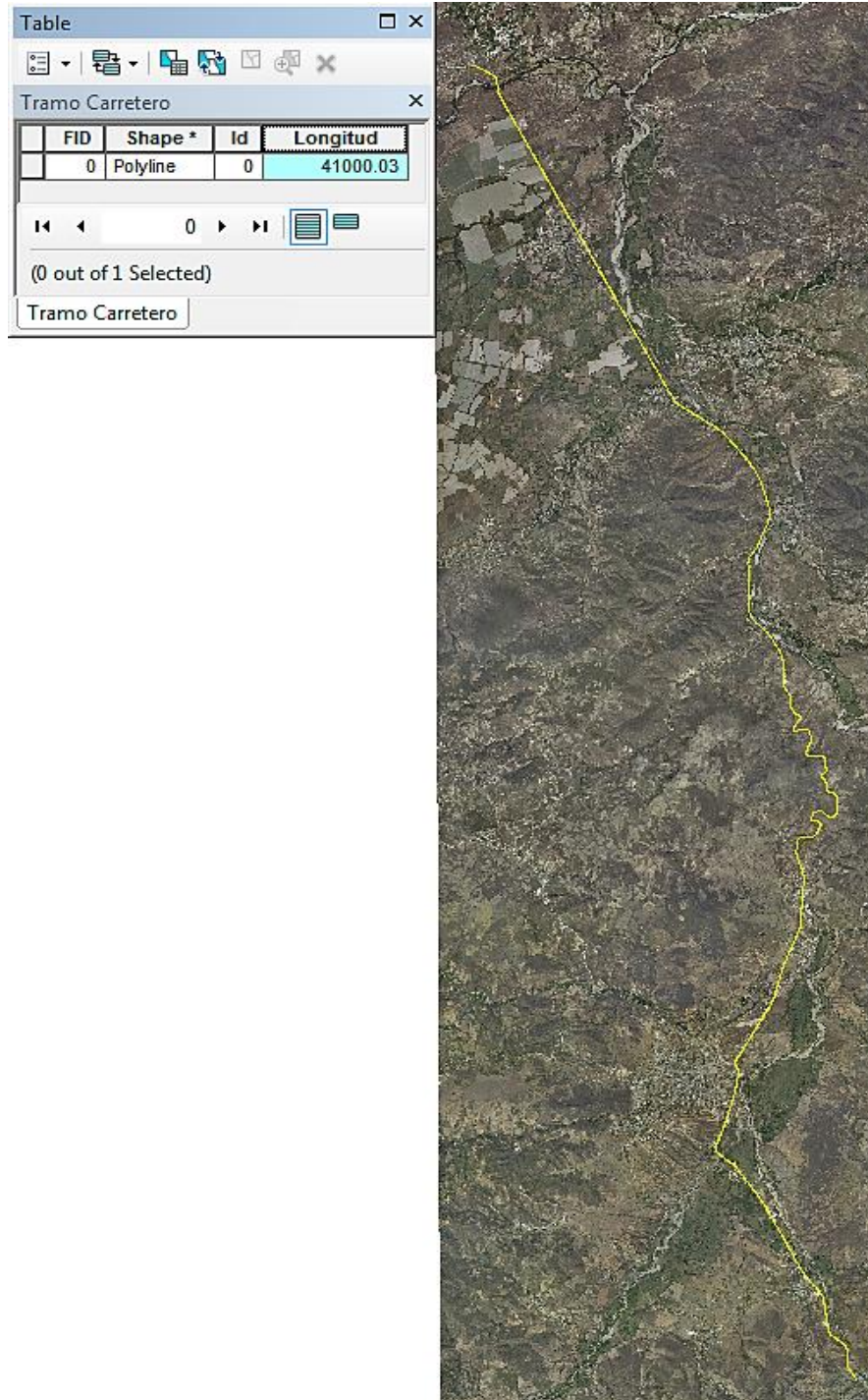
- Cálculo de la distancia en kilómetros a través de una tabla de atributos del archivo tipo shape.

Una vez digitalizada la polilínea, lo que demoró 4 horas, se calculó la longitud, proporcionando como resultado 41,000.03 metros para ser comparada posteriormente con la medición topográfica que del tramo carretero se obtuvo 41,000.00 metros. Para ello se ingresó a la tabla de atributos del shapefile creado y en la misma se siguieron los siguientes pasos:

- Estando en la tabla de atributos, clic sobre el ícono  para seleccionar la opción agregar campo (Add Field). De la ventana que se desplegó se le asignó el nombre de “Longitud” al nuevo campo y el tipo de datos que se seleccionó es un numérico con decimales (Double).
- Sobre el campo creado se le dio clic derecho para seleccionar la opción calcular geometría (Calculate Geometry), luego se seleccionó el sistema de coordenadas con unidades métricas para elegir la opción de cálculo de longitud.

Se muestra en la figura 19 la trayectoria digitalizada.

Figura 19. Longitud de la línea digitalizada



Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Base geográfica de datos

Una vez finalizada la digitalización se procedió a calcular cada kilómetro sobre la polilínea para su posterior cálculo de coordenadas.

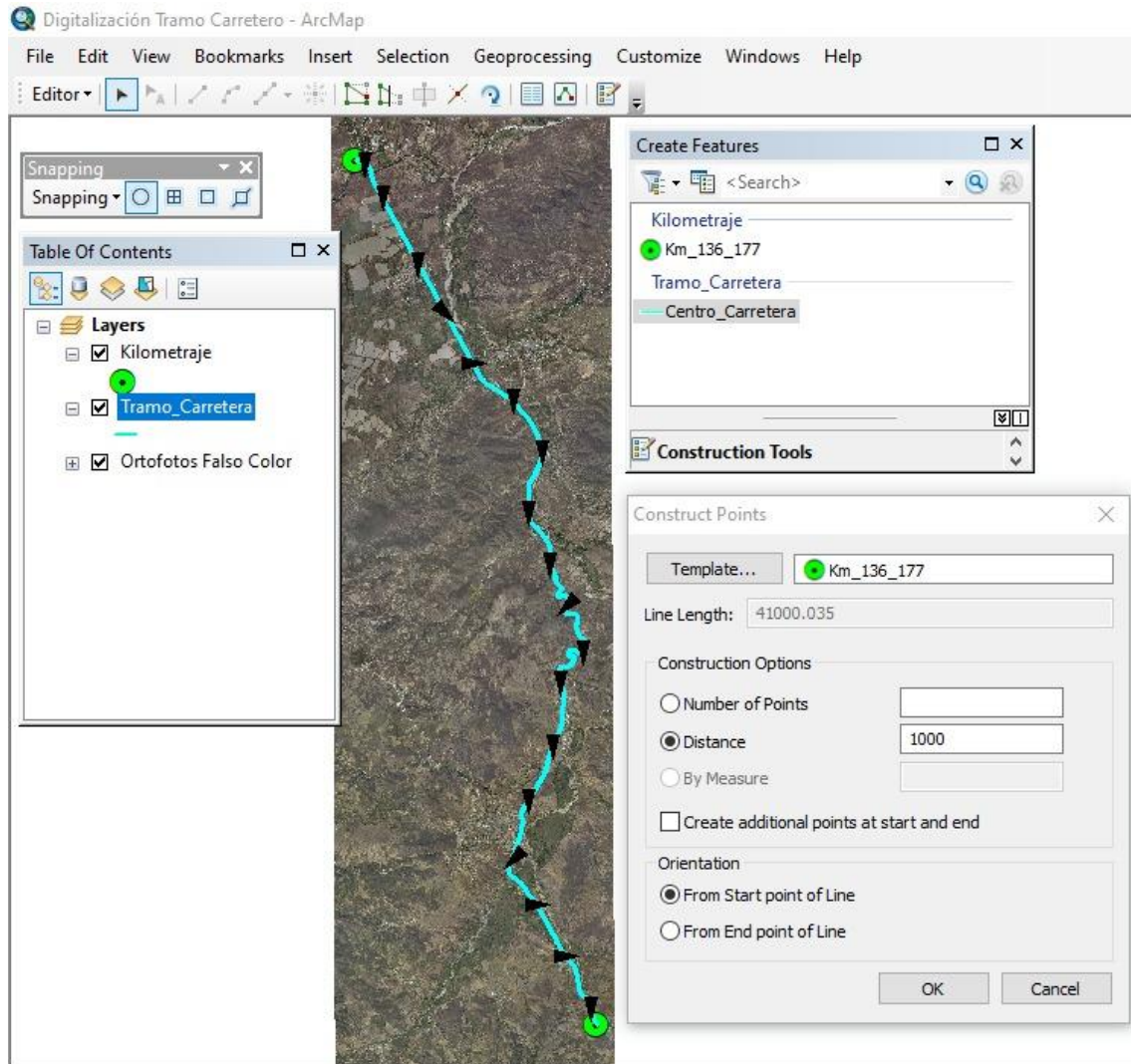
- Cálculo del kilometraje y sus coordenadas sobre el tramo carretero

Para el cálculo de cada kilómetro sobre el tramo carretero se creó un shapefile tipo punto, asignándole el sistema de coordenadas GTM, llevando a cabo los mismos pasos, expuestos anteriormente, para la creación de la polilínea.

Teniendo el shapefile de puntos se inició la edición seleccionando la polilínea, del menú que se despliega en el Editor, se utilizó la opción de <Construct Points> la cual permite la creación de puntos sobre una polilínea a una distancia específica; en este caso creando un punto cada 1,000 metros.


Realizado el procedimiento se da por finalizada la edición. En la figura 20 se ilustra el procedimiento previamente descrito.

Figura 20. Cálculo del kilometraje



Fuente: elaboración propia.

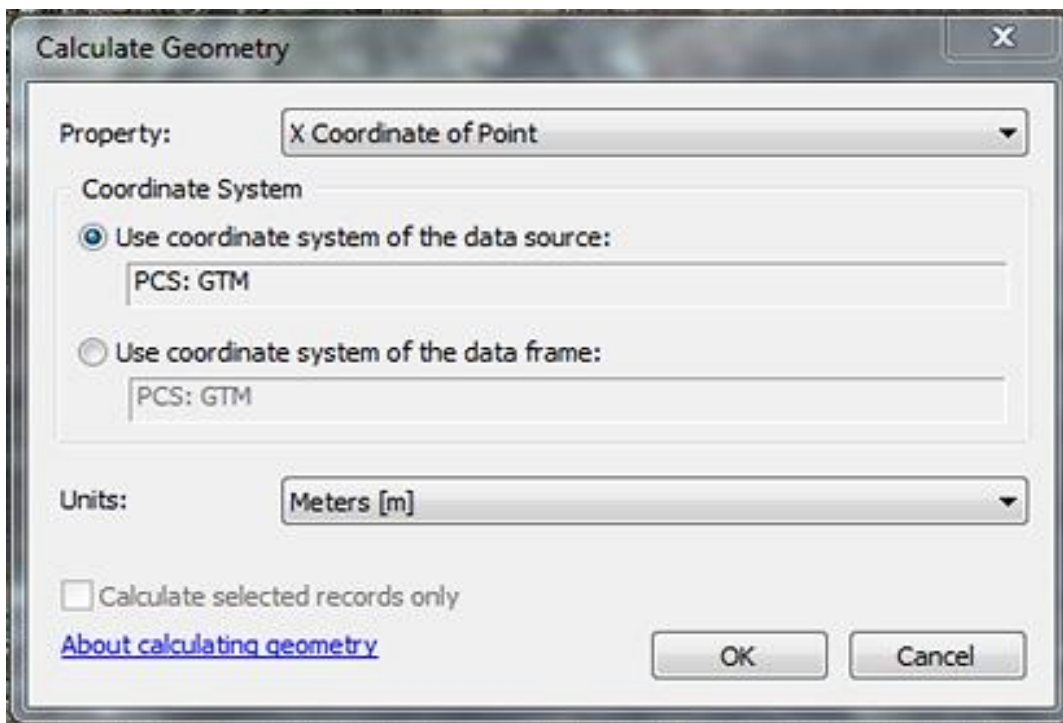
En el shape de puntos se crearon las ubicaciones cada kilómetro, para el cálculo de sus coordenadas se entró a la tabla de atributos de este y se agregó un campo para cada coordenada: x e y.

- En la tabla de atributos presione el ícono  para seleccionar la opción agregar campo (Add Field). De la ventana que se desplegó se le asignó el

nombre de “X” e “Y” respectivamente, un campo para cada coordenada. El tipo de datos que se seleccionó es un numérico con decimales (Double).

- En el campo creado se dio click derecho, del menú que se despliega se seleccionó la opción calcular geometría (calculate geometry), se seleccionó la coordenada a calcular “X” e “Y” respectivamente, en unidades de metros. Como se observa en la figura 21.

Figura 21. **Cálculo de las coordenadas de cada kilómetro**



Fuente: elaboración propia.

- Por último, se creó un campo tipo de datos texto <Text> en la tabla de atributos del shapefile de puntos, se inició la edición y se asignó el número que corresponde a cada punto de kilometraje en el campo creado, quedando como se muestra en la siguiente figura.

Figura 22. **Tabla de atributos del shape de puntos**

FID	Shape *	x	y	Km
40	Point	597578.29	1663078.76	136
0	Point	598212.46	1662422.76	137
1	Point	598656.81	1661530.95	138
2	Point	599135.8	1660653.29	139
3	Point	599617.15	1659777.02	140
4	Point	600098.81	1658900.79	141
5	Point	600579.47	1658024.07	142
6	Point	601058.95	1657146.7	143
7	Point	601539.56	1656270.01	144
8	Point	602020.57	1655393.53	145
9	Point	602503.02	1654517.73	146
10	Point	603288.19	1653914.66	147
11	Point	604042.07	1653271.38	148
12	Point	604630.51	1652468.25	149
13	Point	604917.64	1651514.77	150
14	Point	604581.56	1650580.14	151
15	Point	604393.59	1649638.85	152
16	Point	604586.14	1648691.54	153
17	Point	605189.33	1647904.36	154
18	Point	605331.95	1646933.23	155
19	Point	605610.99	1646085.82	156
20	Point	605912.18	1645553.73	157
21	Point	606301.45	1644949.79	158
22	Point	606582.09	1644171.39	159
23	Point	606107.11	1643805.25	160
24	Point	605970.51	1643142.1	161
25	Point	605662	1642465.04	162
26	Point	605726.43	1641482.73	163
27	Point	605552.95	1640509.34	164
28	Point	605191.11	1639578.67	165
29	Point	604848.54	1638644.94	166
30	Point	604335.5	1637786.85	167
31	Point	604121.91	1636868.12	168
32	Point	603864.78	1635903.36	169
33	Point	603647.41	1634968.72	170
34	Point	604349.26	1634270.93	171
35	Point	604903.91	1633440.79	172
36	Point	605380.93	1632562.05	173
37	Point	605889.13	1631703.63	174
38	Point	606311.28	1630831.11	175
39	Point	606779.5	1630015.94	176
41	Point	607090.6	1629101.87	177

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Publicación de los datos geográficos

Para la publicación de los datos geográficos a un formato de fácil lectura se utilizó la extensión de ArcGIS Publisher, la cual ofrece la capacidad de compartir y distribuir fácilmente los mapas y los datos de SIG (ArcGIS Pro, s.f.), convirtiendo documentos de ArcMap (.mxd) al formato de mapa publicado (.pmf) utilizado con ArcReader, producto gratuito y fácil de usar que permite ver, explorar e imprimir mapas. El acceso a los mapas y a vistas es solo de lectura para consultar datos de información geográfica.

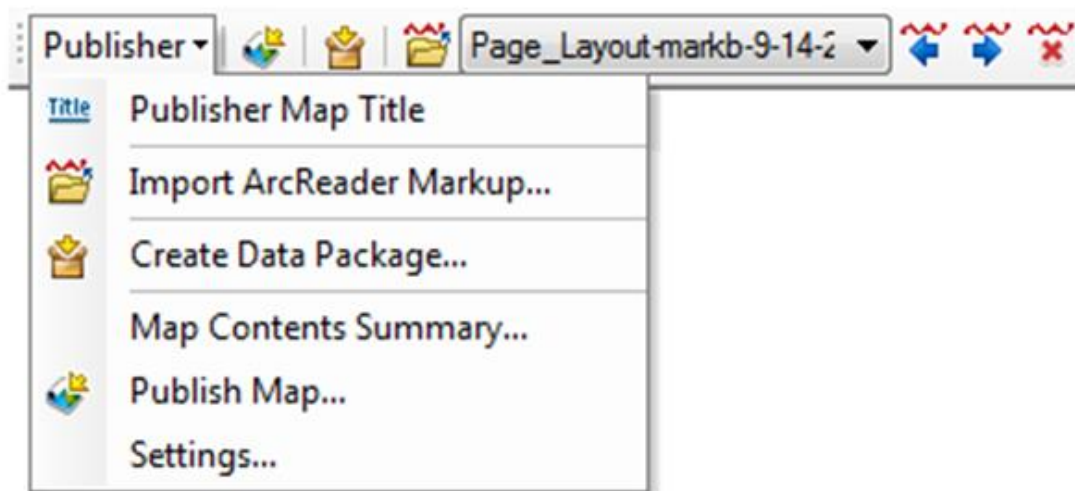
Para poder trabajar con ArcGIS Publisher este se debe habilitar en ArcMap. Habilitar la extensión Publisher no hace que la interfaz de usuario (barra de herramientas) aparezca automáticamente, pero habilita sus herramientas para que pueda trabajar con ellas.

Después de habilitar la extensión, puede trabajar con la barra de herramientas de Publisher en ArcMap, los pasos son los siguientes:

- Seleccione del menú la opción Personalizar en ArcMap.
- Diríjase a Extensiones y active Publisher.
- Cierre el cuadro.


Los pasos se ilustran en la figura 23.

Figura 23. Barra de herramientas de la extensión Publisher




Fuente: elaboración propia.

Como primera fase se publica el mapa con las opciones predeterminadas, los pasos son los siguientes:


- Clic en el botón “publicar mapa”. También se puede hacer clic en el menú Publisher y hacer clic en “publicar mapa”.
- Se busca la ubicación de salida que desee para el mapa publicado, clic en guardar y se creará un mapa publicado  Publicación.pmf .

Luego se deben empaquetar los datos de ese mapa publicado, un paquete de datos es un directorio que contiene una copia de los mapas publicados y todos los datos necesarios para ver el mapa en ArcReader. Este directorio se puede distribuir a cualquiera que tenga ArcReader. Esto es particularmente útil para distribuir mapas a aquellos que no tengan acceso a los datos normalmente. El empaquetado de datos se realiza de la siguiente manera:

- Clic en el botón paquetes de datos para mapas publicados .
- Se selecciona el mapa publicado anteriormente para empaquetar.

- Clic en la ficha general.
- Se elige copiar datos en un formato existente en la lista desplegable.
- Clic en aceptar para copiar tanto los shapes como las ortofotos en el paquete.
- Se busca la ruta de acceso a una carpeta existente.
- Por último, se selecciona aceptar para crear un paquete de datos con configuración predeterminada.

Publicado el mapa y empaquetados sus datos, se puede abrir con ArcReader para la exploración y visualización de los datos geográficos.

Utilizando el botón del identificador  se pueden visualizar sus atributos como lo es su ubicación, mediante sus coordenadas “X” e “Y”; así como también el respectivo número del kilómetro.

Puede visualizarse en el siguiente enlace:
https://www.google.com.gt/?gfe_rd=cryei=HSRKWJL5H9Ot8wfqvK-wCA#q=calculo+de+error+longitudinal+en+mediciones+de+topograf%C3%ADa+en+poligonal+abierta

3.5.6. Traslado digital del trazo topográfico hacia ortofotografías

Se realizó la comparación de las distancias resultantes entre los métodos topográficos y digitalización sobre ortofotografía.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados se basan fundamentalmente la determinación de la ubicación de kilometrajes, por lo que se realizó un levantamiento con GPS de algunos de los kilometrajes, para poder hacer una comparación con los datos topográficos, de dónde están ubicados con respecto a dónde deberían estar, de esto se determinó la siguiente información:

- Sobre los datos del kilómetro 136+000.00, fueron empleados como referencia por ello no hay diferencias.
- Del kilómetro 141+000.00 se determinó, por medio del método de la comparación gráfica, que está adelantada del lugar que tendría que estar por un desplazamiento de 11.03 metros longitudinales.
- La señal para el kilómetro 150+000.00 se encuentra adelantada del lugar que tendría que estar por 6.64 metros longitudinales.
- El kilómetro 170+000.00 tiene la señalización atrasada del lugar que tendría que estar por 42.49 metros longitudinales.
- Para el kilómetro 177+000.00 se determinó un atraso del lugar que tendría que estar de 42.88 metros longitudinales.

De estos datos se puede argumentar que sí existen diferencias significativas en la colocación de señalización vertical para la identificación del kilometraje de la forma convencional de instalación, lo que demuestra que emplear una base de datos geográficos sobre las ubicaciones ideales de los kilometrajes es una herramienta beneficiosa; de esta manera, al momento de hacer reposiciones de señalamientos, los encargados pueden consultarla para disminuir los errores de desface.

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la medición realizada con la topografía convencional y la realizada a través de la fotointerpretación con el empleo de Sistemas de Información Geográfica. En la tabla III se observa que el margen de error entre el método convencional y el propuesto presenta leves variaciones cada 1000 metros, variaciones que no superan el metro lineal. Cabe resaltar que la segmentación de kilometrajes se generó en gabinete, tomando como base las polilíneas generadas con la topografía convencional y el método SIG, con esta información se realizó la comparación.

Tabla III. Comparación de topografía convencional con fotointerpretación

Topografía de orto fotointerpretación			Topografía de estación total			Resultados		
Coordenada X	Coordenada Y	Km.	Coordenada X	Coordenada Y	Km.	Distancia medida con topografía	Distancia calculada por fotointerpretación	Error
597578.29	1663078.76	136	597578.29	1663078.76	136	1000		
598212.46	1662422.76	137	598211.843	1662421.56	137	1000	1000.06	-0.06
598656.81	1661530.95	138	598657.056	1661529.92	138	1000	999.96	0.04
599135.8	1660653.29	139	599137.553	1660652.93	139	1000	1000.14	-0.14
599617.15	1659777.02	140	599619.353	1659776.65	140	1000	1000.22	-0.22
600098.81	1658900.79	141	600099.708	1658899.59	141	1000	1000.10	-0.10
600579.47	1658024.07	142	600580.201	1658022.6	142	1000	1000.16	-0.16
601058.95	1657146.7	143	601059.631	1657145.03	143	1000	1000.15	-0.15
601539.56	1656270.01	144	601540.655	1656268.34	144	1000	1000.21	-0.21
602020.57	1655393.53	145	602021.258	1655391.41	145	1000	1000.18	-0.18
602503.02	1654517.73	146	602503.547	1654515.38	146	1000	1000.09	-0.09
603288.19	1653914.66	147	603290.134	1653913.55	147	1000	999.96	0.04
604042.07	1653271.38	148	604043.653	1653269.53	148	1000	1000.20	-0.20
604630.51	1652468.25	149	604632.186	1652466.29	149	1000	1000.05	-0.05
604917.64	1651514.77	150	604917.06	1651512.64	150	1000	999.66	0.34
604581.56	1650580.14	151	604580.82	1650577.86	151	1000	1000.18	-0.18
604393.59	1649638.85	152	604392.345	1649636.55	152	1000	999.97	0.03
604586.14	1648691.54	153	604587.927	1648690.79	153	1000	999.51	0.49
605189.33	1647904.36	154	605189.36	1647901.83	154	1000	1000.55	-0.55

Continuación tabla III.

605331.95	1646933.23	155	605332.607	1646930.58	155	1000	1000.24	-0.24
605612.23	1646085.52	156	605608.996	1646083.56	156	1000	1000.44	-0.43
605914.33	1645556.33	157	605911.163	1645551.1	157	1000	1000.47	-0.47
606298.85	1644952.44	158	606302.987	1644946.63	158	1000	1000.02	-0.02
606581.73	1644174.69	159	606582.355	1644166.14	159	1000	1000.50	-0.50
606110.26	1643806.3	160	606100.334	1643803.68	160	1000	1000.71	-0.71
605973.53	1643143.48	161	605962.394	1643139.73	161	1000	1000.53	-0.53
605660.85	1642468.16	162	605664.806	1642456.8	162	1000	1000.27	-0.27
605726.72	1641486.04	163	605725.783	1641473.88	163	1000	1000.16	-0.16
605554.24	1640512.41	164	605550.391	1640500.7	164	1000	1000.08	-0.08
605191.95	1639581.89	165	605188.768	1639569.86	165	1000	1000.16	-0.16
604850.24	1638647.8	166	604844.115	1638636.84	166	1000	1000.11	-0.11
604337.17	1637789.73	167	604331.963	1637777.96	167	1000	1000.22	-0.22
604122.5	1636871.39	168	604118.321	1636858.84	168	1000	1000.36	-0.36
603865.73	1635906.54	169	603861.729	1635893.8	169	1000	1000.23	-0.23
603644.99	1634971.01	170	603654.156	1634961.17	170	1000	1000.02	-0.02
604347.3	1634273.61	171	604356.392	1634263.59	171	1000	1000.06	-0.06
604902.34	1633443.72	172	604908.896	1633431.92	172	1000	1000.06	-0.06
605379.25	1632564.92	173	605385.853	1632553.01	173	1000	1000.13	-0.13
605886.88	1631706.08	174	605896.073	1631695.96	174	1000	1000.04	-0.04
606310.68	1630834.38	175	606314.05	1630821.31	175	1000	999.78	0.22
606777.3	1630018.43	176	606786.217	1630007.92	176	1000	1000.32	-0.32
607088.28	1629104.31	177	607095.154	1629091.8	177	1000	999.23	0.77

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 24, se presenta el mapa con la ubicación del área de estudio, que comprende desde la bifurcación de Río Hondo del departamento de Zacapa, hasta la bifurcación de Vado Hondo en Chiquimula; asimismo, se muestra el marcaje, generado en gabinete, cada 1000 m.

Figura 24. **Mapa de ubicación del área de estudio**



Fuente: elaboración propia.

4.1. Presupuesto

En la tabla IV se presenta el presupuesto empleado para la elaboración del trabajo de graduación.

Tabla IV. Presupuesto del trabajo de graduación

PRESUPUESTO ELABORACIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN					
No.	Recursos	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Honorarios profesionales del asesor	1	Global	Q 2,500.00	Q 2,500.00
2	Topografía	2	mes	Q10,000.00	Q 20,000.00
2	Digitalizadores	2	mes	Q 3,000.00	Q 6,000.00
3	Creador de la base de datos	1	mes	Q 3,000.00	Q 3,000.00
4	Combustible	1	Global	Q 5,000.00	Q 5,000.00
5	Gastos varios	1	Global	Q 5,000.00	Q 5,000.00
6	Viáticos	1	Global	Q 5,000.00	Q 5,000.00
Total					Q 46,500.00

Fuente: elaboración propia.

4.2. Comparación de costos

Dentro del presupuesto utilizado para el trabajo de graduación se encuentran determinados costos específicos para la realización de la metodología convencional (topográfica) y la metodología propuesta (fotointerpretación). Al comparar los gastos entre ambos métodos se identifica que para la aplicación de la propuesta estos se reducen en un 83 %.

Para la estimación no se tomó en cuenta la creación de la base de datos debido a que independiente del método debe ser creada. Además, no fueron considerados en la comparación los honorarios del asesor del trabajo de graduación.

En la tabla V se describen los resultados de la comparación presupuestaria entre los métodos evaluados.

Tabla V. **Comparación de costos entre ambos métodos**

COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE MÉTODOS			
Método tradicional		Método propuesto	
Topografía	Q 20,000.00		
Combustible	Q 5,000.00	Digitalización	Q 6,000.00
Gastos varios	Q 5,000.00		
Viáticos	Q 5,000.00		
Total	Q 35,000.00	Total	Q 6,000.00

Fuente: elaboración propia.

4.3. Discusión de resultados

Los datos demuestran que la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para generar una base de datos que funja como soporte para la reposición de señales de kilometraje es efectiva y útil.

Para la determinación de la ubicación de los kilometrajes sobre la carretera CA-10, desde la bifurcación Río Hondo hasta la bifurcación Vado Hondo, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica: los resultados

obtenidos demuestran que los objetivos planteados para la investigación fueron alcanzados satisfactoriamente.

De los resultados obtenidos se determinó que la foto interpretación sí es aplicable como método de levantamiento del eje central de las carreteras de la red vial de Guatemala y puede emplearse sin exclusiones, ya que al hacer la comparación se identificó que, se reduce en un 80 % el tiempo empleado comparado con la topografía convencional.

Asimismo, el factor económico se ve favorecido al valorar que la variabilidad económica puede estimarse en un 83 % menor que el levantamiento realizado con el equipo topográfico y geodésico.

Sin embargo, como destaca el Consejo Federal de Inversiones en Argentina (2015), una escala adecuada facilita la localización de los objetos. Por ello la precisión de la digitalización sobre la línea central se encuentra ligada al trazo a escala 1:1000 y la responsabilidad del operador del programa al momento de realizar las proyecciones.

Para el desarrollo del proceso investigativo fue necesario recurrir al cumplimiento de actividades; estas y el tiempo necesario para su ejecución se exponen en la tabla VI que corresponde al cronograma.

Tabla VI. Cronograma

		AÑO 2020																							
No.	ACTIVIDAD	abril				mayo				junio				julio				agosto				septiembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Diagnóstico de la situación de las señales en el área de estudio	■	■																						
2	Generación de puntos de control al inicio y al final del tramo	■	■																						
3	Levantamiento topográfico con estación total			■	■	■	■	■	■	■	■														
4	Trabajo de gabinete para digitalizar el levantamiento topográfico									■	■														
5	Trabajo de gabinete para digitalizar los datos espaciales			■	■	■	■	■	■	■	■														
6	Edición de elementos en la plataforma sobre las ortofotografías					■	■	■	■	■	■	■	■												
7	Ajuste de distancias con modelo en elevación digital									■	■	■	■	■	■										
8	Evaluación del método digital sobre ortofotografías con el método topográfico terrestre de detalle													■	■	■	■								
9	Comparación entre los dos métodos																	■	■	■	■				
10	Cálculo de coordenadas para la señalización del kilometraje																	■	■	■	■				
11	Descripción de los resultados encontrados																	■	■	■	■				
12	Elaboración de informe final													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La metodología diseñada permite generar una base de datos geográficos de referencia para establecer la ubicación de los monumentos de kilometrajes de una red vial, por medio de un sistema de coordenadas proyectadas generadas a través de ortofotos debidamente ajustadas para un tramo carretero de 41 kilómetros sobre la carretera CA-10.
2. La propuesta es factible al compararse con la topografía convencional, puesto que se encontró similitud en la trayectoria del trazo de la línea central y un error entre métodos máximo de 60 centímetros por kilómetro, que representa el 0.06 % del total.
3. El tiempo necesario para el replanteo de las señales de kilometraje, por medio del método propuesto, se reduce en un 80 %, convirtiéndolo en una alternativa viable y mejor, ya que el método convencional necesitó de un período de 30 días, mientras que la propuesta requirió 1 día (8 horas) para realizar la misma operación.
4. Se diseñó una base de datos con las coordenadas proyectadas de cada señal de kilometraje vinculadas a un mapa cartográfico del tramo de carretero que puede emplearse como base al momento de sustituir la señalización actual del área objeto de estudio.
5. Se comprobó que las herramientas para el manejo de datos espaciales contribuyen a la entrega de resultados con alto grado de precisión,

disminuyendo tiempo y dinero para la entrega de resultados en señalización vial.

6. El análisis del costo-beneficio de la propuesta de metodología comparada con la topografía convencional disminuye el 83 % de los recursos financieros y humanos.

RECOMENDACIONES

1. Emplear la metodología propuesta para identificar la ubicación de todas las señales de kilometraje a nivel nacional y generar una base de datos que apoye la labor de sustitución de señalización.
2. Utilizar escala 1:500 en futuras aplicaciones que busquen replicar la metodología planteada en este estudio, con ello se favorecerá la obtención de mejores resultados.
3. Generar información geográfica referida a una base de datos sobre otro tipo de señalización vial, como lo son las señales preventivas, informativas y reglamentarias, con el método propuesto, para poder sustituir, en cualquier momento, alguna de las señales.
4. Ejecutar los procedimientos con la guía de expertos geodestas, para el buen uso y aplicación de las mediciones espaciales y el asesoramiento de expertos en redes viales, para la ideal obtención de resultados.
5. Fomentar en los profesionales de Ingeniería Vial, el uso de los conocimientos de señalización vial en pro de la optimización de las carreteras del país, para que estén señalizadas adecuadamente y así se fomente la seguridad de los usuarios de estas.
6. Implementar conocimientos sobre procesamiento de datos espaciales, en programas pertinentes, en la orientación del profesional en Maestría Vial, debido al beneficio de su aplicación en la práctica de la profesión.

REFERENCIAS

1. Agudelo, J. J. (2008). *Diseño computarizado de carreteras*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
2. Aguirre, A. (2013). Sistema de Información Geográfica para la gestión de la bioseguridad en la provincia Holguín. *Revista Ciencia en su PC*, (4), 103-110.
3. Alonso, D. (2014). *Qué es y cómo crear un shapefile con ArcGIS, QGIS y gvSIG*. Valladolid, España: MappingGIS. Recuperado de <https://mappinggis.com/2014/12/como-crear-un-shapefile-con-arcgis-qgis-y-gvsig/>
4. ArcGIS Pro. (s.f.). *¿Qué es la extensión ArcGIS Publisher?*. Estados Unidos de América: Environmental Systems Research Institute. Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/sharing/overview/what-is-publisher.htm>
5. Buzai, G. D., Lanzelotti, S. L., Paso, L. F. y Principi, N. (2018). Cartografía analógica y digital para la delimitación regional y el análisis temático: aplicación a la cuenca del río Luján (Argentina). *Revista de Geografía Norte Grande*, 69(1), 99-119.
6. Cangrejo, D., Agudelo, J. G. (2011). Minería de datos espaciales. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 71-77.

7. Chocontá, P. A. (2000). *Diseño geométrico de vías*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
8. Consejo Federal de Inversiones. (2015). *Informe cartografía*. Argentina: Autor. Recuperado de https://recursosforestales.corrientes.gob.ar/assets/articulo_adjuntos/1776/original/Informe_Final_Cartografia.pdf?1450792766
9. Environmental Systems Research Institute. (s.f. a). *Acerca de la creación de segmentos*. California, Estados Unidos. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/creating-new-features/about-creating-segments.htm>
10. Environmental Systems Research Institute. (s.f. b). *¿Qué es la edición?*. California, Estados Unidos de América: Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing/what-is-editing-.htm>
11. Garcia-Almirall, M. P. y Valls, F. (2011). *Introducción al ArcMap de ESRI (parte 2)*. España: Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/15087/FVD_Report_2011_11.pdf?sequence=3&isAllowed=y
12. Gil, M. C. (1994). La base de datos, importancia y aplicación en educación. *Perfiles Educativos*, (65).
13. Gómez, E. L., Escarcena, J. C. y García, J. D. (junio 2002). *Inventario semiautomático del olivar a partir de ortofotografías digitales*. In XIV

Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica Santander, llevado a cabo en España. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Delgado7/publication/228460523_Inventario_Semiam automatico_Del_Olivar_A_Partir_De_Ortofotografias_Digitales/links/00b495183ddb950419000000.pdf

14. Instituto Geográfico Nacional. (2013). *Guatemala Transversa Mercator GTM, Resolución Normativa IGN-01/99*. Guatemala: Gobierno de Guatemala. Recuperado de <https://ignguatemala5.webnode.es/news/guatemala-transversa-mercator-gtm/>
15. Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Bases geográficas*. Madrid, España: Gobierno de España. Recuperado de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG-BD.pdf>
16. Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M. G., Sánchez, V., Del Val, M. A. (2003). *Ingeniería de carreteras* (Volumen I). España: McGraw-Hill. Recuperado de https://www.academia.edu/43389350/Ingenier%C3%ADa_de_Carreteras_Vol_I_Carlos_Kraemer_Jos%C3%A9_Mar%C3%ADa_Pardillo_Sandro_Rocci_Manuel_G_Romana_V%C3%ADctor_S%C3%A1nchez_Blanco_Miguel_%C3%81ngel_del_Val
17. Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M. G., Sánchez, V., Del Val, M. A. (2004). *Ingeniería de carreteras* (Volumen II). España: McGraw-Hill.

18. Merrit, F. S., Loftin, M. K. y Ricketts, J. T. (1999). *Manual del ingeniero civil Tomo I* (4.^a ed.). México: McGraw-Hil.
19. Morales, P. M. (2008). *Construcción y conservación de vías*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
20. Morales. A. (noviembre, 2013). *Los 10 formatos GIS vectoriales más populares* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://mappinggis.com/2013/11/los-formatos-gis-vectoriales-mas-populares/>
21. Morales. A. (diciembre, 2015). *Los formatos GIS ráster más populares* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://mappinggis.com/2015/12/los-formatos-gis-raster-mas-populares/>
22. Quirós, E., Polo, M. E. (2018). Recursos abiertos de información geográfica para investigación y documentación científica. *Revista española de Documentación Científica*, 41(3), 214. Recuperado de <https://doi.org/10.3989/redc.2018.3.1512>
23. Reyes, F. A. (2009). *Diseño racional de pavimentos*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
24. Rodríguez Pérez, J. R., González Vázquez, X. P. y Arias Sánchez, P. (junio, 1999). Cartografía de usos del suelo por fotointerpretación mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): análisis comparativo de los sistemas ráster y vectorial. *XI Congreso Internacional de Ingeniería*

Gráfica, España. Recuperado de
<https://buleria.unileon.es/handle/10612/3033>

25. Sánchez, F. J. (2004). *Geodesia y cartografía: los conceptos y su aplicación práctica*. España: Earth Observation Sciences y Geographic Information Systems.
26. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2004). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: USAID. Recuperado de <https://es.calameo.com/read/002334179d194197e0121>
27. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2015). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Autor. Recuperado de https://www.academia.edu/35562250/Manual_Centroamericano_de_Dispositivos_uniformes_para_el_Control_del_Tr%C3%83_nsito_Edici%C3%83_n
28. Ugarte, O. (2013). *Diseño geométrico de carreteras con AutoCAD civil 3D*. Lima, Perú: Editorial Macro.
29. Wolf, P. R., Brinker, R. C. y De la Cera, J. (2001). *Topografía* (9.^a ed.). México: Alfaomega.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Manual sobre uso de GPS Hiper + y generación de post procesamiento de datos**

Metodología de uso de GPS HIPER + y procesamiento de datos.

Para poder realizar un levantamiento debemos tomar en cuenta varios aspectos y elemento se desde el gabinete y trabajo de campo.

En las configuraciones del equipo lo más importante en el programa antes de realizar las mediciones es determinar a qué equipo se utilizará como base, y cual se utilizará como como rover, para esta investigación se realizaron dos tipos de configuraciones la configuración para mediciones en cinemático y configuración para medición en estático, en el caso de la configuración para el levantamiento en estático la configuración de la base y del rover es igual, mientras que la configuración para cinemático difiere la de del rover ya que se le configura para que guarde un punto con una frecuencia de tiempo lo cual combinado a una velocidad promedio determinada en nuestro vehículo nos permitió contar con la lecturas entre 15 y 20 metros de longitud.

Para ello es importante tener en cuenta el tipo de información que debe levantarse, las condiciones que nos ofrece el terreno, localización de las rac, el personal que debe utilizarse y el equipo complementario utilizado para poder llevar a cabo el levantamiento.

Continuación apéndice 1.

El equipo utilizado en campo es:

El receptor GPS HIPER + con Interfaz gráfica fácil de usar y un Procesamiento de datos GPS+ con importación directa desde los receptores de Topcon además con Interfaz gráfica de mapas y con configuración personalizable de trabajos facilita los levantamientos topográficos.



Figura 1. Receptor Hiper +

Figura 2. Trípode



Figura 3. bastón

Responsable: _____
Fecha: _____

Base / Rover	Hora inicio	Hora final	Alt. Instr.	Observaciones

Figura 4. Boleta de campo.

Continuación apéndice 1.



USO DE LA MINTER: Es la interfaz mínima de topcon se utiliza para mostrar y controlar la entrada y salida de datos, y es igual para toda la familia de receptores Híper.

Tecla de encendido: Al presionar la tecla de encendido el receptor se enciende y apaga

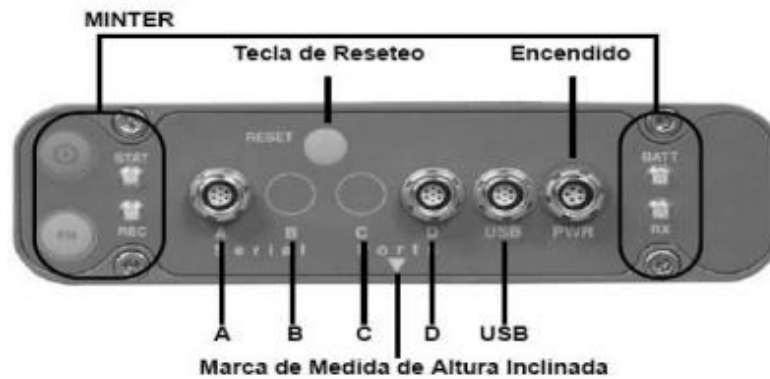
Led de Estado:

Cuando el receptor se encuentra encendido y no rastrea satélites, el led de Estado parpadea rojo.

Cuando el receptor rastrea satélites, el led de Estado parpadeara una vez por cada satélite rastreado (verde para GPS, naranja para GLONASS).

Tecla de Reseteo: al presionar y mantener presionada la tecla de reseteo durante un segundo, generará un reseteo manual del receptor.

Continuación apéndice 1.



Cuatro puertos seriales:

El puerto **A** se utiliza para la comunicación entre el receptor y un controlador u otro dispositivo externo.

El puerto **B** se utiliza internamente para conectar la tarjeta del receptor con el módulo de bluetooth.

El puerto **C** se utiliza internamente para conectar las tarjetas del modem y del receptor dispositivo externo

El puerto **D** se utiliza para la comunicación entre el receptor y dispositivo externo.

USB disponible únicamente para receptor Hiper lite, se utiliza para la transferencia de datos de alta velocidad y la comunicación entre el receptor y un dispositivo externo.

Marca de medida de altura inclinada: (SHMM)

PWR: Es el puerto de entrada de energía al cual se encuentra conectada la fuente externa de energía (+6 A +28 V DC) y donde se carga la unidad.

Continuación apéndice 1.

Funciones de las teclas FN y Estado del LED de registro



Tecla FN	LEC REC	Estado
Si la grabación de datos se encuentra desactivada, y la tecla FN está...		
Sin presionar	Luz apagada	No se graban datos.
	Parpadeo naranja	Prueba del sistema interno de archivos en progreso
	Rojo	Sin memoria libre. problema del hardware
Presionada durante < de 1 segundo	Si el modo de la tecla FN se encuentra en "control del modo de parpadeo del led"	
	Naranja	Dejar de presiona de presionar para cambiar el modo de información.
	Si el modo de tecla FN se encuentra en "control del modo de parpadeo del led"	
	Naranja	Ninguna función.
Presionada durante 1-5 segundos	Si el modo de la tecla FN se encuentra en "control del modo de parpadeo del led"	
	Verde	Soltar para iniciar registro (modo-de ocupación de posprocesamiento Cinemático o estático).
	Si el modo de tecla FN se encuentra en "control del modo de ocupación"	
Tecla FN	LEC REC	Estado
Presionada durante 1-5 segundos	Rojo	Dejar de presionar para hacer que la tasa de transferencia en baudios del puerto serial A sea 9600
Teclado FN	Led REC	Estado
Presionada durante >8 segundos	Luz apagada	Ninguna función
Cuando la grabación de datos se encuentra activada, y la tecla FN está...		
Sin presionar	Rojo	Sin memoria libre, problema del hardware con el registro de datos.
	Si el modo de la tecla FN se encuentra en "control de modo de parpadeo del led.	
	Verde	Registro de datos iniciado (modo-de ocupación de posprocesamiento indefinido)
	Si el modo de la tecla FN se encuentra en el control de modo de Ocupación	
	Verde	Registro de datos iniciado (modo-de ocupación de posprocesamiento cinemático)
	Naranja	Registro de datos iniciado (modo-de ocupación de posprocesamiento estático)

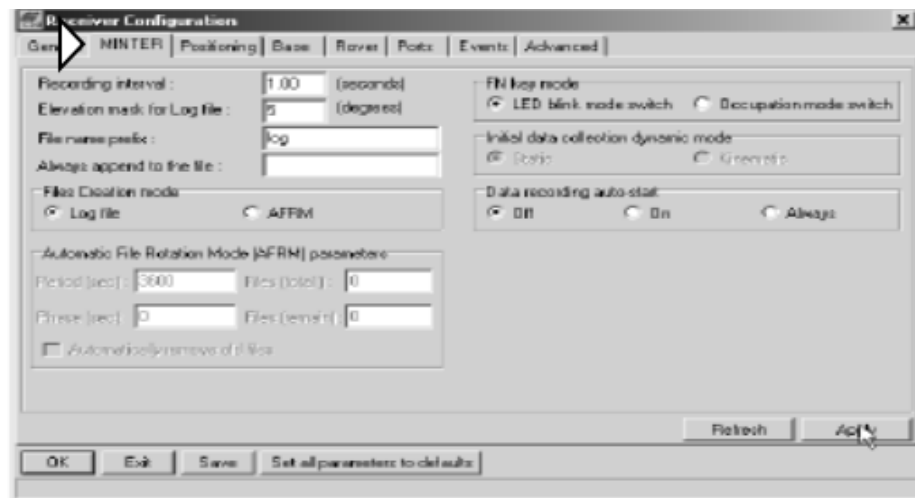
Continuación apéndice 1.

Tecla FN	LEC REC	Estado
Presionada durante 1-5 segundos	Si el modo de la tecla FN se encuentra en “control de modo de parpadeo del led	
	Naranja	Dejar de presionar para cambiar el modo de información
	Si el modo de la tecla FN se encuentra en “Control del modo de ocupación”	
	Naranja	Dejar de presionar para desplazarse entre los modos de posprocesamiento Estático y Cinemático.
Presionada durante 1-5 segundos	Luz apagada	Dejar de presionar para detener la grabación de datos.
Presionada durante 5-8 segundos	Rojo	Dejar de presionar para hacer que la tasa de transferencia en baudios del puerto serial A se 9600
Presionada durante >8 segundos	Luz apagada	Sin función (grabación de datos aún en estado activo)

Continuación apéndice 1.

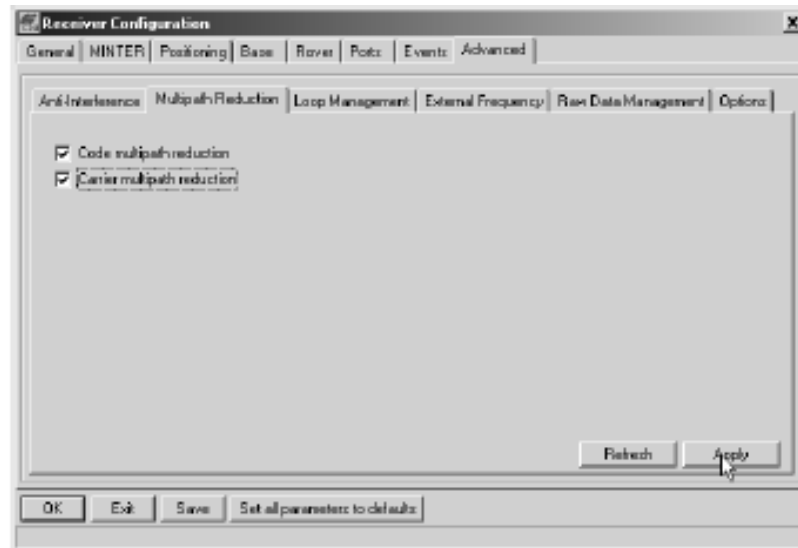
PROCEDIMIENTO PARA LEVANTAMIENTO ESTÁTICO:

- Conecte su receptor a su computador.
- Abrir el PC-CDU hacer clic en Configuration  Reciver  Minter y especifique los siguientes parámetros, después hacer clic en Apply.
 - ✓ Recording Interval (intervalo de registro) 15 segundos
 - ✓ Elevation Mask Angle (Ángulo de la máscara de elevación)
 - ✓ File name prefix (prefijo del nombre del archivo) últimos tres dígitos del No. de la serie del receptor.
 - ✓ Led blink mode switck (control del modo de parpadeo del led) Habilita el inicio y el fin del proceso de registro a través de la techa función.

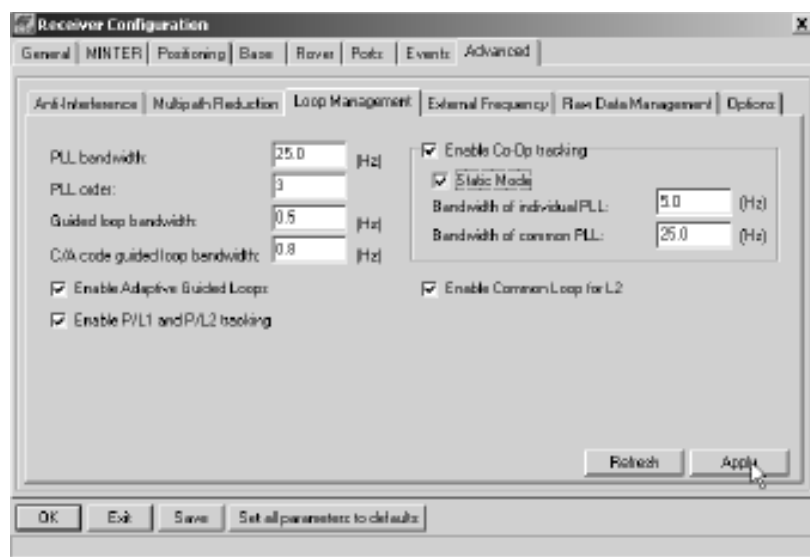


- Hacer clic en la pestaña **Advance** y después en la pestaña **Multipath**, defina los siguientes parámetros.
 - ✓ Code Multipath Reduction (mitigación del Efecto Multipath en la portadora) habilitar.
 - ✓ Carrier Multipath Reduction (mitigación del efecto multipath en la portadora)-habilitar.

Continuación apéndice 1.



- Haga clic en la pestaña **Loop Management** (gestión de Bucle) y defina los siguientes parámetros, después que haga clic en **Apply**.
 - ✓ **Enable Co-Op tracking- habilitar**
 - ✓ **Static mode- habilitar**



Continuación apéndice 1.

Instale cada antena y receptor tal como se describe en “Instalación del Receptor”.

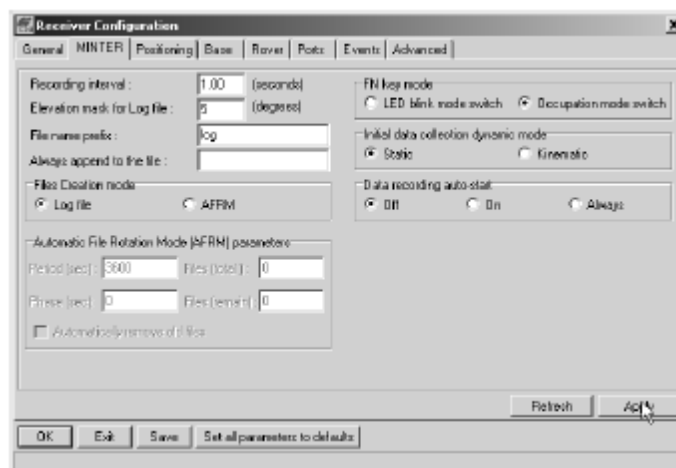
Inicie el levantamiento

PROCEDIMIENTO PARA LEVANTAMIENTO CINEMATICO (STOP y GO):

- ✓ Se coloca el receptor fijo (estación base) sobre un punto.
- ✓ Con el PC-CDU, configure e instale la base tal como se describe en “levantamiento estático”

Con el PC-CDU, haga clic en **Configuration Receiver Minter** y configure el Rover con los siguientes parámetros después de que haga clic en **Apply**

- ✓ FN Key Mode, occupation Mode Switch (Modo de 1 Tecla de Función Control del Modo de ocupación)-habilitar.
- ✓ Initial data collection dynamic mode, static(Modo dinámico inicial de colección de datos, Estático)-habilitar



Continuación apéndice 1.

Recuerde, los receptores tanto como Base como Rover deben coleccionar datos de los mismos satélites con la misma tasa de registro de datos y con ángulos de la máscara de elevación idénticos

- ✓ Instale el Rover en un punto desconocido y presione la tecla de encendido. Deje que el Rover coleccionar datos estadísticos de dos a diez minutos. El led de REGISTRO estará Naranja.
- ✓ Verifique la luz de ESTADO de los satélites rastreados.
- ✓ Al terminar, presione la tecla de Función durante menos de un segundo para indicarle al Rover que pase al modo cinemático

RECOMENDACIÓN: Recuerde, si el LED REC parpadea verde, el modo actual es dinámico, si parpadea naranja, el modo actual es estático.

- ✓ Mueva el Rover a la ubicación siguiente (Punto de levantamiento), y presione la tecla de **función** durante menos de un segundo para coleccionar datos en modo estático de dos a diez minutos.
- ✓ Repita los pasos cinco y seis hasta que todos los puntos hayan sido levantados. El tiempo de ocupación para los puntos depende de los mismos factores de los que depende el método de levantamiento estático.
- ✓ Al terminar presione y mantenga presionada la tecla de **función** durante a uno a cinco segundos para dejar de registrar datos. Apague el Rover acaso de ser necesario.

Continuación apéndice 1.

Trabajo de gabinete:

Para el tratamiento de los datos generalmente es necesario utilizar un programa informático específico, según la marca del instrumento, aunque cada vez es más frecuente mezclar la información registrada con diferentes receptores, y tratarla con diferentes programas. En programa de tratamiento de datos en general consta de los siguientes módulos:

- ✓ Planificación de observaciones
- ✓ Descarga de datos.
- ✓ Gestión de proyectos, como unidades de trabajo.
- ✓ Resolución de “Ambigüedades”, calculando las líneas base.
- ✓ Visualizar y editar los datos GPS definitivos.
- ✓ Ajuste de los datos redundantes.
- ✓ Cálculo de la transformación del sistema WGS-84 al sistema local.
- ✓ Edición de las coordenadas definitivas.

Equipo utilizado en gabinete para el arranque del postproceso



Figura 5. Hardware para ejecutar el programa.

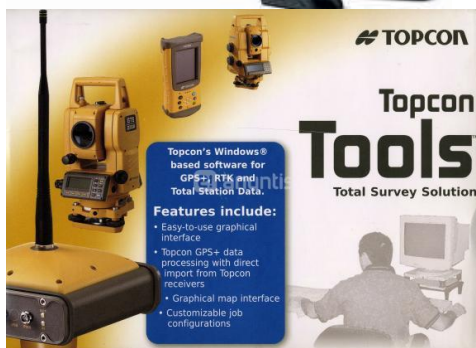


Figura 6. software Topcon Tools.

Continuación apéndice 1.

Con el trabajo de campo ya realizado se arrancó con la instalación del programa topcon tools. Este software viene en un CD para instalar en la computadora. Para instalar Topcon Tools, se inserta el CD de Topcon Tools en la unidad de CD ROM y siga las instrucciones en pantalla. Cuando la instalación este completa, se crea un acceso directo en su escritorio para acceder rápidamente a Topcon Tools.

Iniciando Topcon Tools

- ✓ Dependiendo del módulo del software, se necesitará una llave del hardware o un código de acceso para iniciar Topcon Tools. Si usa una llave, se inserta la llave LPT o USB en la computadora en el puerto LPT o USB. Entonces se inicia Topcon Tools. Para los códigos de acceso, inicia Topcon Tools y se graba el valor de la llave en la computadora visto en la caja de dialogo se Ingresa código de Acceso (Enter Access Code).

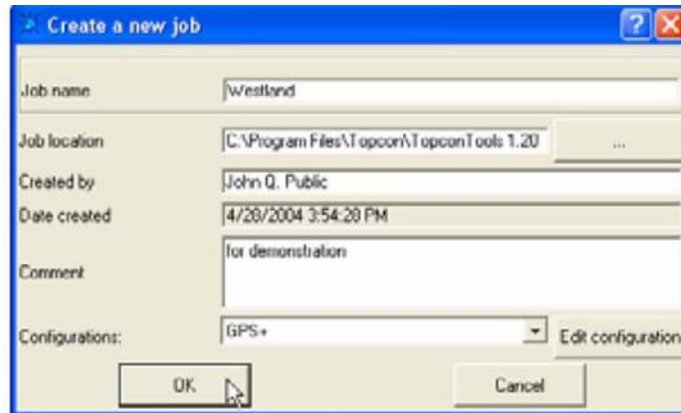
Con el programa ya instalado se procede a:

- ✓ **Crear un Nuevo Trabajo**

Cuando se inicia Topcon Tools por primera vez, le damos clic en New Job en la caja de dialogo de inicio o clic en Job - New Job. En la caja de dialogo de Create a new job, ingrese la siguiente información:

- Ingrese el nombre del trabajo (por ejemplo, Westland).
- Seleccione la localización para almacenar los archivos de trabajo.
- Editar Created by (creado por) y Comment (comentario) si es necesario.
-

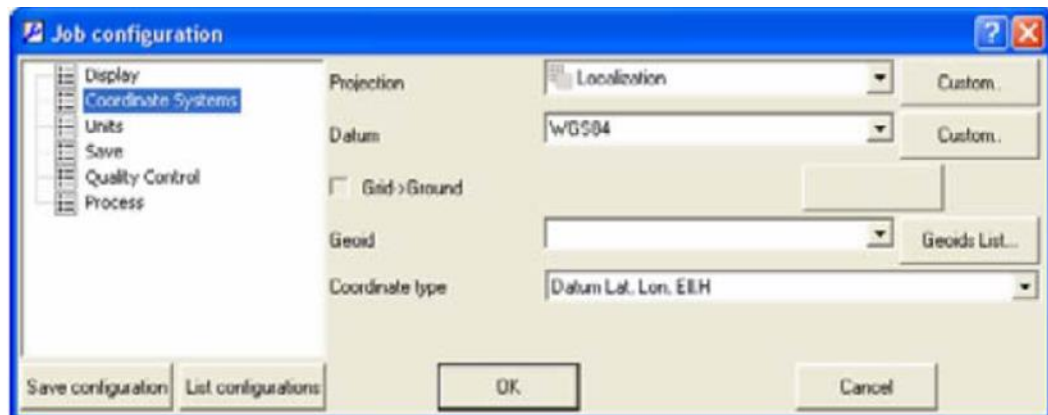
Continuación apéndice 1.



✓ Configuración del trabajo

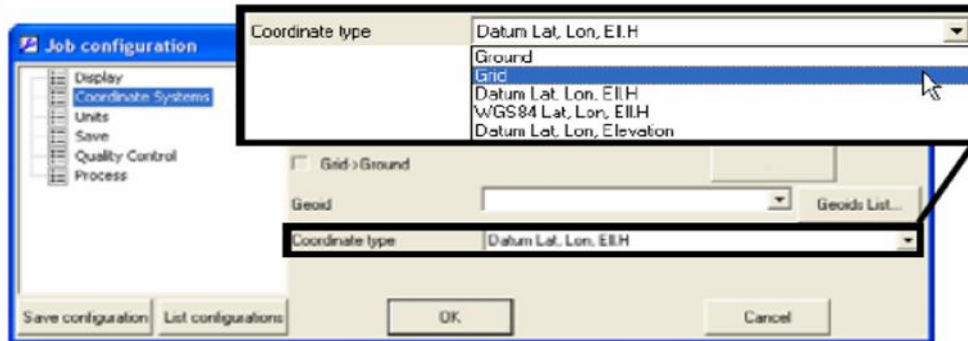
La caja de dialogo de Configuration Job se definen los siguientes parámetros para editar y procesar.

- Clic en Edit configuration y en la caja de dialogo de Create a new job.
- Clic en Coordinate System y seleccione la grilla de proyección para su trabajo.

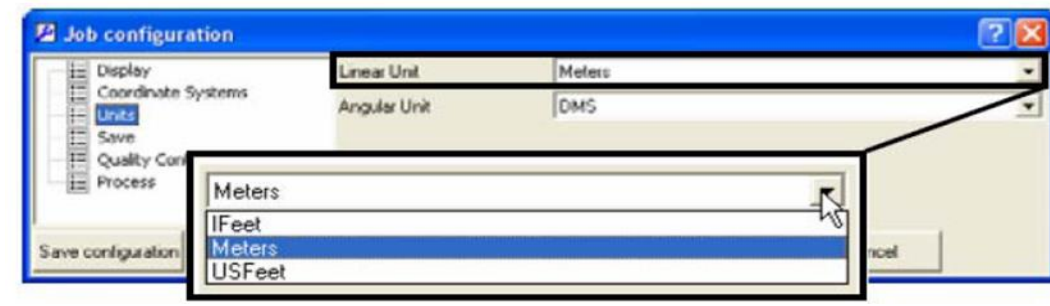


- Click en Job – Job Configuration
- Click en Coordinate System en el panel izquierdo y seleccione
- Coordinate type. Click en OK.

Continuación apéndice 1.



- Clic en Units en el panel izquierdo y seleccione la aplicación Linear Unit, siempre guardando las configuraciones.



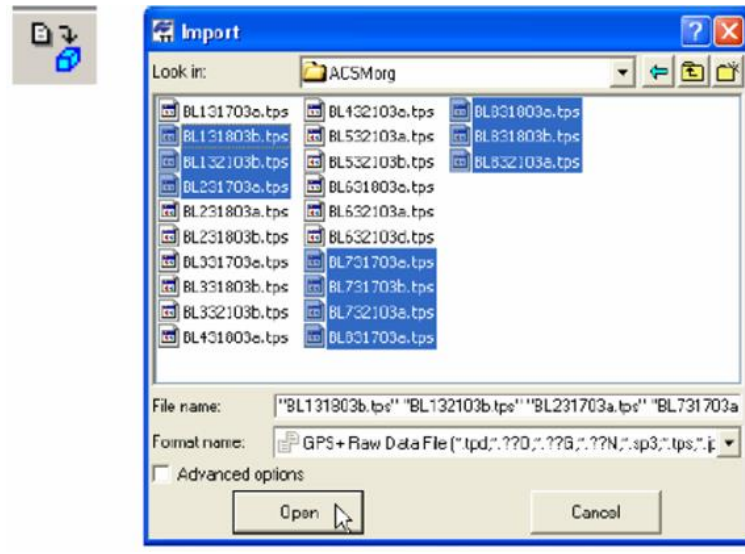
Salvando la configuración en uso para otro trabajo.

- Clic en Save Configuration en la Caja de dialogo de Job Configuration.
- En la caja de dialogo ingrese el nombre de la configuración, tipo de configuración y clic en OK.
- Entrar en Configuration name >Ok.
-

Para localizar los archivos en la computadora:

- Clic en el botón Import from files en la barra de herramientas.
- Seleccione el nombre y el formato de los archivos.
- Navegue hacia donde están los archivos y seleccione los archivos necesarios.

Continuación apéndice 1.



- Se configura lo deseado en Advanced options para el tipo de archivo.
- Click en Open.

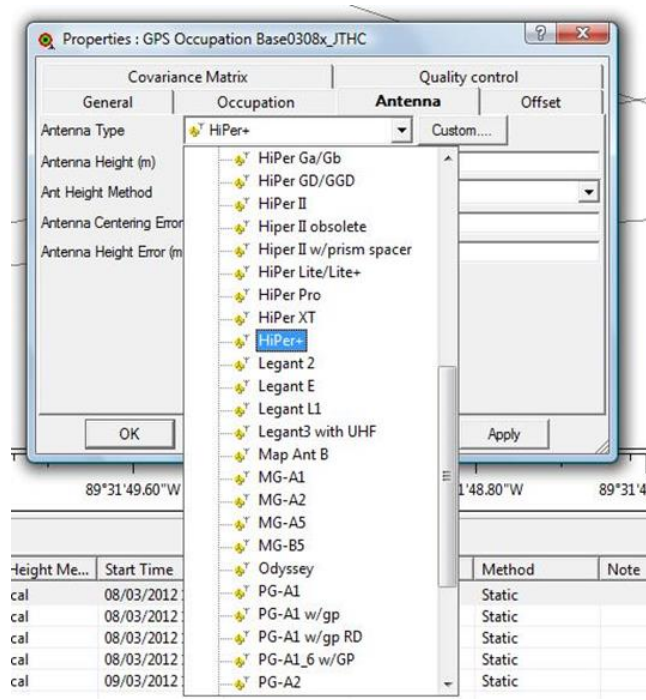
✓ **Seleccione el Tipo de Antena en la tabla de ocupaciones del GPS**

La tabla de ocupaciones del GPS incluye nombre de los puntos e información de la antena, también los tiempos de ocupación, método, localización del archivo e identificación del receptor.

Cuando seleccione el tipo de antena para múltiples ocupaciones, presione la tecla "Ctrl" mientras que selecciona las ocupaciones designadas. Cuando los cambios se hayan hecho serán aplicados a todas las ocupaciones.

Clasifique las ocupaciones por el tipo del receptor, después defina el tipo de la antena para cada grupo del receptor.

Continuación apéndice 1.

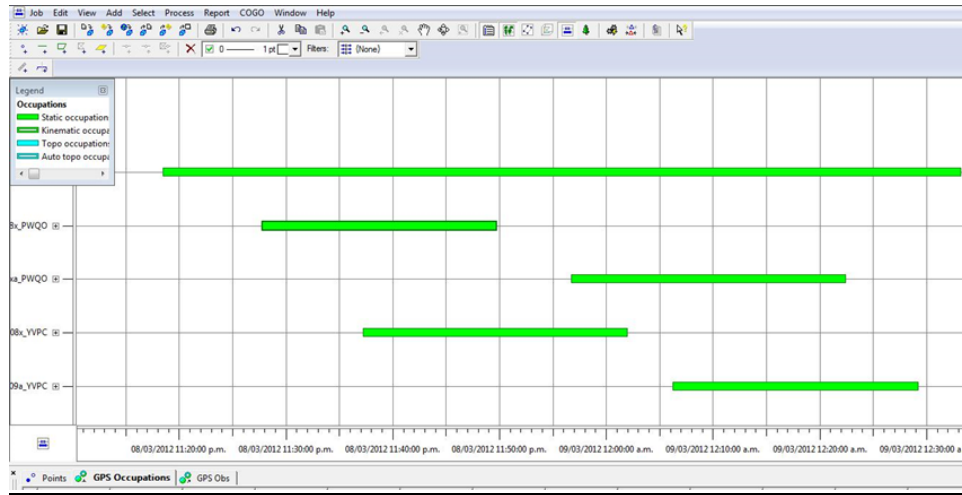


Luego de haber seleccionado la antena y terminar con las configuraciones. En la pestaña de points se configura std Dev. Y en la pestaña GPS ocupaciones de la misma manera.

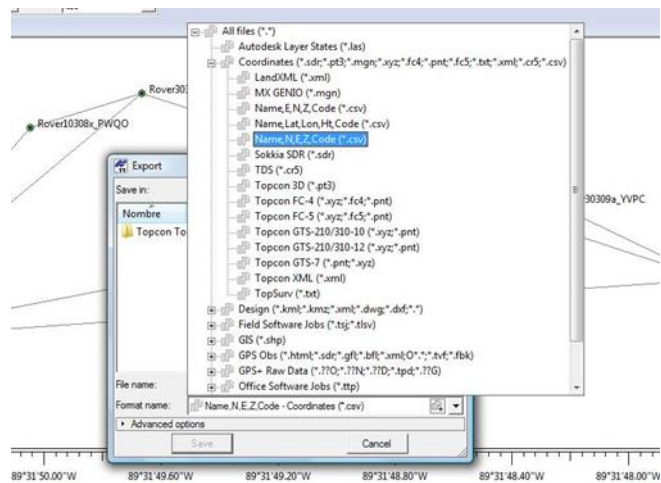
L...	Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code	Control	Note	Photo Notes	Layer	Source	Std Dev n...
●	Base0308x_JTHC	14°48'10.49380...	89°31'50.68271...	376.721		None			0	J:\practika gps...	
●	Rover10308x_P...	14°48'11.19817...	89°31'50.04776...	374.147		None			0	J:\practika gps...	
●	Rover10308x_...	14°48'10.69598...	89°31'47.72009...	373.258		None			0	J:\practika gps...	
●	Rover30308x_Y...	14°48'11.30957...	89°31'49.66476...	374.095		None			0	J:\practika gps...	
●	Rover30309a_Y...	14°48'10.94744...	89°31'48.26363...	374.210		None			0	J:\practika gps...	

Continuamente en la pestaña occupation view para ver la señal y el tiempo de los satélites para poder captar donde están los errores y poder así deshabilitar las señales cortas.

Continuación apéndice 1.



Y por último ya realizado el postproceso en la pestaña JOB se exportan los datos según tipo de archivo sea el que se necesite.



Continuación apéndice 1.

✓ **Configuración de Reportes**

Para configurar el reporte, elegimos Report – Report Configuration. La caja de dialogo de esta opción edita y crea reportes.

- Para crear el nuevo reporte se elige la opción New Report
- Para borrar un reporte, se elige Delete Reporte
- Para copiar un reporte, se elige Copy report y escriba el nuevo nombre del reporte.
- Para definir el reporte, seleccione este y se elige Execute.
- Para editar un reporte, seleccionamos Available report templates y usando el botón >> para incluir este en el reporte. Use el botón de la derecha Included report templates para configurar las columnas del reporte.

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 2. Reporte de posproceso desde la base de la pista a los
bancos de marca del inicio y final del tramo**

Project Summary

Project name: puntos bases.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Rover20518p_JTHC-base_pista	-2501.033	7961.367	139.07951	0.043	0.09191
Rover20518q_JTHC-base_pista	-2518.942	7931.263	140.95489	0.187	0.03434
Rover20518qa_JTHC-base_pista	-2501.994	7980.399	137.87962	0.110	0.20785
Rover20518qb_JTHC-base_pista	-8309.616	5449.873	154.03675	0.118	0.16377
Rover20518r_JTHC-base_pista	-0926.404	637.405	115.47324	0.329	0.18761
Rover20518ra_JTHC-base_pista	-3225.568	-585.109	-62.22078	0.276	0.14231
Rover20518s_JTHC-base_pista	5585.272	1929.800	-21.58034	0.041	0.06665
Rover20518t_JTHC-base_pista	11495.484	-546.809	-89.71556	0.028	0.05032
Rover20518u_JTHC-base_pista	11462.957	-502.067	-89.49947	0.064	0.12362
Rover20518ua_JTHC-base_pista	3957.988	1473.592	-33.62472	0.011	0.01718

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Reporte de posproceso desde la base de la pista a los puntos tomados en cinemático

Project Summary

Project name: Sergio.ttp

Surveyor: Maris

Comment: Linear unit: Meters

Projection: GTM 15.5

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)
Pista	1640583.01219	605560.07291	339.07400
cinematico0428r_YVPC 1894.410144000	1663062.67221	597332.15821	208.45251
cinematico0428r_YVPC 1894.410146000	1663062.68040	597332.16462	208.45821
cinematico0428r_YVPC 1894.410148000	1663062.67601	597332.16021	208.43660
cinematico0428r_YVPC 1894.410150000	1663062.84745	597332.48515	208.37521
cinematico0428r_YVPC 1894.410152000	1663063.53315	597333.95596	208.40062
cinematico0428r_YVPC 1894.410154000	1663065.50458	597337.12643	204.24640
cinematico0428r_YVPC 1894.410156000	1663067.97020	597342.14659	204.25741
cinematico0428r_YVPC 1894.410158000	1663069.86455	597348.40413	204.23134
cinematico0428r_YVPC 1894.410160000	1663070.98112	597354.21271	204.19372
cinematico0428r_YVPC 1894.410162000	1663071.56431	597357.93368	204.19463
cinematico0428r_YVPC 1894.410164000	1663071.98321	597360.59221	204.15224
cinematico0428r_YVPC 1894.410166000	1663072.00794	597363.22161	206.95611
cinematico0428r_YVPC 1894.410168000	1663072.97316	597368.15403	206.87182
cinematico0428r_YVPC 1894.410170000	1663074.58169	597375.81120	206.77358
cinematico0428r_YVPC 1894.410172000	1663077.42525	597386.20040	206.73129

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Reporte de posproceso desde la base de la pista a los kilometrajes que se muestrearon**

Project Summary

Project name: puntos kilometraje.ttp

Linear unit: Meters

Projection: Guatemala 15.5

Geoid: egm96

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 11

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 10

A posteriori plane UWE: 1, Bounds: (1,1)

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Rover20518p_JTHC-base_pista	-2501.033	7961.367	139.07951	0.043	0.09191
Rover20518q_JTHC-base_pista	-2518.942	7931.263	140.95489	0.187	0.03434
Rover20518qa_JTHC-base_pista	-2501.994	7980.399	137.87962	0.110	0.20785
Rover20518qb_JTHC-base_pista	-8309.616	5449.873	154.03675	0.118	0.16377
Rover20518r_JTHC-base_pista	-0926.404	637.405	115.47324	0.329	0.18761
Rover20518ra_JTHC-base_pista	-3225.568	-585.109	-62.22078	0.276	0.14231
Rover20518s_JTHC-base_pista	5585.272	1929.800	-21.58034	0.041	0.06665
Rover20518t_JTHC-base_pista	11495.484	-546.809	-89.71556	0.028	0.05032
Rover20518u_JTHC-base_pista	11462.957	-502.067	-89.49947	0.064	0.12362
Rover20518ua_JTHC-base_pista	3957.988	1473.592	-33.62472	0.011	0.01718

Fuente: elaboración propia.