



**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

**TRABAJO PRÁCTICO**

**PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y  
CARTOGRAFÍA DE FRACTURAMIENTOS ASOCIADOS A LA SUBSIDENCIA CASO  
JESÚS MARÍA, AGUASCALIENTES.**

**PRESENTA**

**Ing. Joel Armando Sánchez Reyes.**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL:  
ÁREA AMBIENTAL**

**TUTOR**

**Dr. Jesús Pacheco Martínez**

**COTUTOR**

**Dr. Martin Hernández Marín**

**Aguascalientes, Ags, 18 de Abril del 2016**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

Centro de Ciencias del Diseño  
y de la Construcción

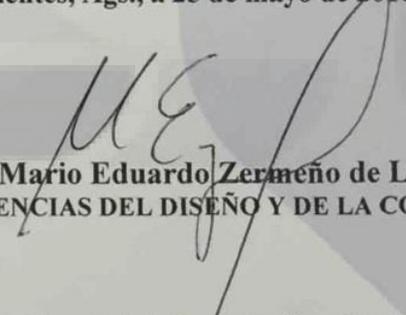
OFICIO No. CCDC-D-157-2016  
ASUNTO: Conclusión de Tesis

**DRA. GUADALUPE RUIZ CUÉLLAR**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**PRESENTE.**

Por medio de este conducto informo que el documento final de trabajo práctico titulado: **“Propuesta de estandarización del levantamiento topográfico y cartografía de fracturamientos asociados a la subsidencia, caso Jesús María, Aguascalientes”**. Presentado por el sustentante: **ING. JOEL ARMANDO SÁNCHEZ REYES** con ID 22947 egresado de la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**, cumple las normas y lineamientos establecidos institucionalmente. Cabe mencionar que el autor cuenta con el **voto aprobatorio** correspondiente.

Para efecto de los trámites que al interesado convengan se extiende el presente, reiterándole las consideraciones que el caso amerite.

**A T E N T A M E N T E**  
**“SE LUMEN PROFERRE”**  
Aguascalientes, Ags., a 25 de mayo de 2016

  
**Dr. en Ing. Mario Eduardo Zermeño de León**  
DECANO DEL C. DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

c.c.p.- M. en Ing. José Luis López López – Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC.  
c.c.p.- Dr. Jesús Pacheco Martínez – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil /Tutor  
c.c.p.- Dr. Martín Hernández Marín – Cotutor de Tesis.  
c.c.p.- Ing. Joel Armando Sánchez Reyes – Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil.  
c.c.p.- Lic. Delia Guadalupe López Muñoz – Jefe Sección de Certificados y Títulos.  
c.c.p.- Archivo

MEZL/rbv

Centro de Ciencias del Diseño  
y de la Construcción

**DR. EN ING. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**P R E S E N T E**

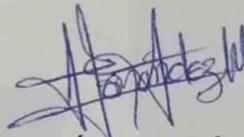
Por medio del presente, como Tutor designado del estudiante **ING. JOEL ARMANDO SÁNCHEZ REYES** con ID 22947, quien realizó el trabajo práctico titulado: **“Propuesta de estandarización del levantamiento topográfico y cartografía de fracturamientos asociados a la subsidencia, caso Jesús María, Aguascalientes”** y con fundamento en el Art. 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO** para que él pueda proceder a imprimirla y así continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su amable consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“SE LUMEN PROFERRE”**  
Aguascalientes, Ags., a 25 de mayo de 2016

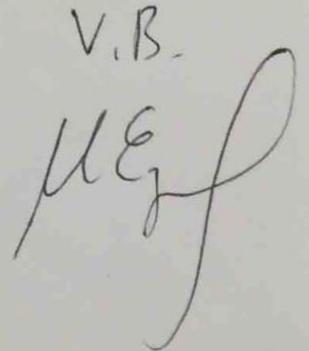


**DR. JESÚS PACHECO MARTÍNEZ**  
**TUTOR DE TESIS**



**DR. MARTÍN HERNÁNDEZ MARÍN**  
**COTUTOR DE TESIS**

c.c.p.- M. en Ing. José Luis López López – Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC  
c.c.p.- Dr. Jesús Pacheco Martínez – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil/ Tutor  
c.c.p.- Dr. Martín Hernández Marín – Cotutor  
c.c.p.- Ing. Joel Armando Sánchez Reyes – Alumno  
c.c.p.- Archivo

V.B.  


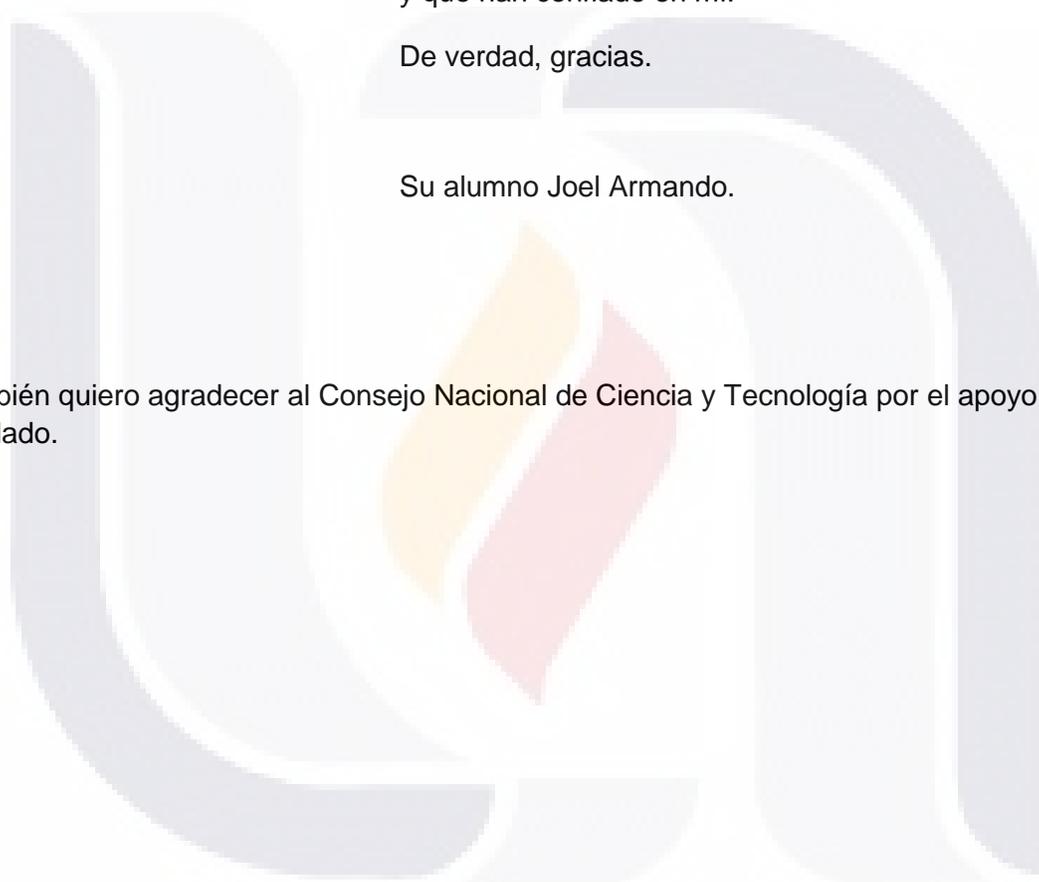
A mis Maestros:

A todos ellos que siempre me han apoyado,  
Y me han transmitido su conocimiento,  
Que se logra solo a través de los años,  
y que han confiado en mí.

De verdad, gracias.

Su alumno Joel Armando.

También quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo  
brindado.



Maira Citlalli y María Valentina:

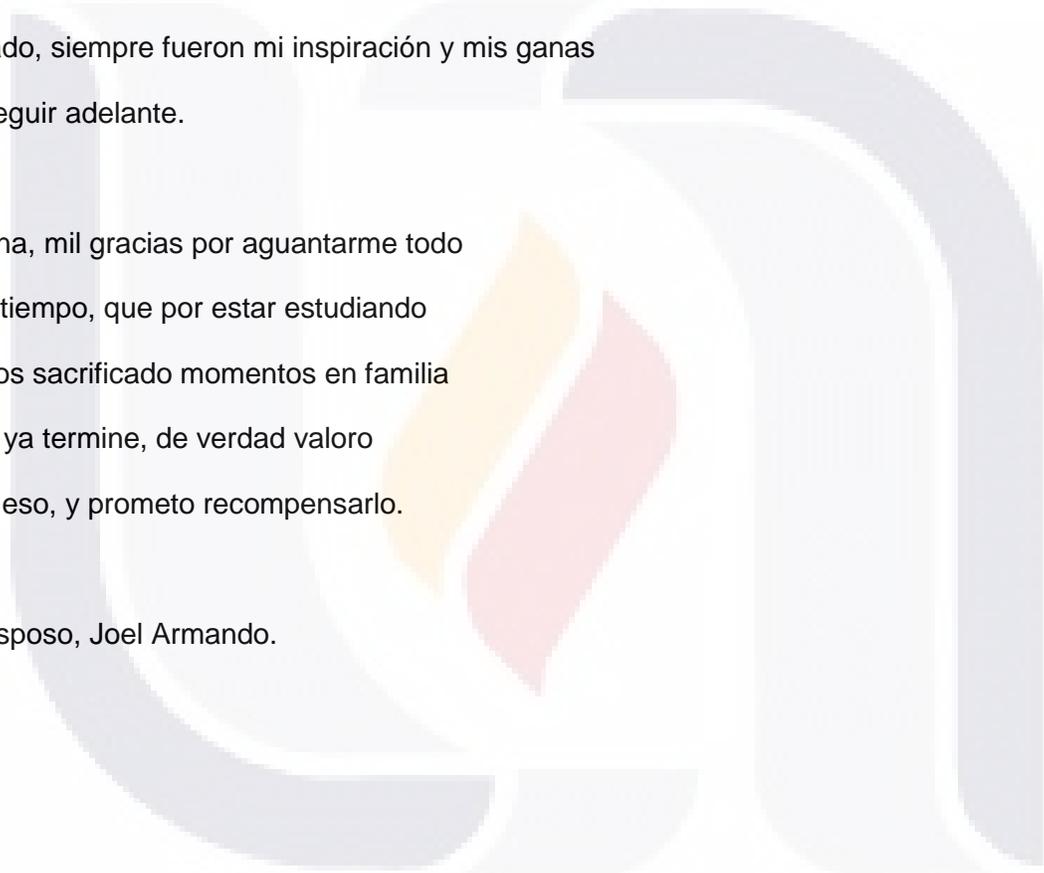
El camino no fue fácil, hubo altas y bajas,  
pero gracias a ustedes he llegado hasta aquí.

Por eso y por qué las amo con toda mi alma les brindo  
este triunfo tan importante en mi vida.

Quiero que sepan que sin ustedes no lo hubiera  
logrado, siempre fueron mi inspiración y mis ganas  
de seguir adelante.

Bonina, mil gracias por aguantarme todo  
este tiempo, que por estar estudiando  
hemos sacrificado momentos en familia  
pero ya termine, de verdad valoro  
todo eso, y prometo recompensarlo.

Tu esposo, Joel Armando.



**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE GENERAL** ..... 1

**ÍNDICE DE TABLAS** ..... 3

**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... 3

**ACRÓNIMOS**..... 6

**RESUMEN**..... 7

**ABSTRACT**..... 8

**CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**..... 9

**1.1. Prologo**..... 9

**1.2. Antecedentes** ..... 10

**1.3. Objetivo General**..... 11

**1.4. Objetivos Particulares**..... 11

**1.5. Justificación** ..... 11

**1.6. Alcances** ..... 12

**CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**..... 14

**2.1. Ubicación Geográfica de la zona de estudio** ..... 14

**2.2. Características de la zona**..... 15

**2.3. Problemática de la cartografía existente de las fallas y grietas en la zona en estudio**..... 16

**2.4. Definición del problema en la zona de Estudio.** ..... 17

**CAPITULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA, NORMATIVIDAD Y EQUIPO A UTILIZAR** ..... 20

**3.1. Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.** ..... 20

**3.2. Cartografía y Topografía.** ..... 21

**3.3. G.P.S. (Sistema de Posicionamiento Global).** ..... 25

**3.4. Red de puntos de control geodésico**..... 32

**3.5. Nivelación Diferencial o Directa**..... 33

**3.6. Datum, Geoide, Elipsoide y coordenadas UTM.** ..... 34

**3.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG).**..... 37

**3.8. Fotogrametría mediante drones (UAV)**..... 39

3.9. Descripción de brigadas de topografía.....	41
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA UTILIZADA.....</b>	<b>42</b>
4.1. Medición de la cartografía en campo.....	42
4.2. Descarga de los datos obtenidos en campo, posproceso mediante el Software GNSS solutions y levantamiento en modo RTK. ....	47
4.3. Formato utilizado para importar a QGIS y SURFER. ....	54
4.4. Procesamiento de los datos de monitoreo en software SURFER. ....	57
<b>CAPITULO V: RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
5.1. Ubicación de la red de puntos de control geodésico en la zona de estudio. ....	62
5.2. Resultado de la red de puntos de control geodésico ligada a la RGNA de INEGI en la zona de estudio. ....	63
5.3. Resultados de la nivelación diferencial o directa.....	64
5.4. Resultados de la elaboración de la cartografía del monitoreo en los tres diferentes periodos. ....	65
5.5. Resultados de la elaboración de la cartografía de las fallas y grietas de la zona en estudio. ....	74
5.6. Archivos generados del presente trabajo .....	76
5.7. Discusión de resultados. ....	77
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
6.1. Conclusión General .....	78
6.2. Nichos de aplicación .....	79
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>80</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>82</b>
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO GPS PROMARK 500 MARCA MAGELLAN-ASTECH .....	82
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO GPS GRX-1 MARCA SOKKIA .....	86

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.- Resumen de mediciones de nivelación llevadas a cabo de 1985 a 2003 (Arroyo Contreras, Zermeño de Leon, & Castañeda Alvarado, 2004)..... 10

Tabla 2.- Elipsoides mundial y global..... 35

Tabla 3.- Datos obtenidos con el software GNSS Solutions ..... 55

Tabla 4.- Formato en Excel para poder convertir en archivo csv. .... 56

Tabla 5.- Coordenadas obtenidas del primer monitoreo (Fecha) ..... 58

Tabla 6 Coordenadas obtenidas del segundo monitoreo (Fecha) ..... 59

Tabla 7.- Coordenadas obtenidas del tercer monitoreo (fecha) ..... 60

Tabla 8.- Coordenadas de la red de puntos de control geodésico..... 63

Tabla 9.- Revisión de las elevaciones mediante una nivelación diferencial o directa.... 64

Tabla 10.- Coordenadas de la primera medición en el mes de Noviembre de 2014. .... 65

Tabla 11.- Coordenadas de la segunda medición en el mes de abril de 2015. .... 66

Tabla 12.- Coordenadas de la tercera medición en el mes de Febrero de 2016..... 66

Tabla 13.- Valores de desplazamientos del mes de Noviembre 2014 a Abril 2015 ..... 67

Tabla 14.- Valores de desplazamientos del mes de Febrero 2016 vs. Abril 2015..... 69

Tabla 15.- Valores de desplazamientos del mes de Noviembre 2014 a Febrero 2016. 71

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.- Ubicación Geográfica de la zona de Estudio..... 14

Figura 2.- Ubicación del Municipio de Jesús María ..... 15

Figura 3.- Superficie con respecto al Estado 9.9%..... 15

Figura 4.- Fallas dentro de la cabecera municipal de Jesús María ..... 16

Figura 5.- Vivienda afectada por falla ..... 17

Figura 6.- Ubicación de fallas en SIFAGG ..... 18

Figura 7.- Coordenadas Geodésicas Curvilíneas ..... 20

Figura 8.- Líneas imaginarias en el sistema de coordenadas geográficas..... 22

Figura 9.- Retícula para identificar un punto en la superficie terrestre ..... 23

Figura 10.- Latitud Geográfica..... 23

Figura 11.- Longitud Geográfica ..... 24

Figura 12.- Altitud ..... 24

Figura 13.- Segmento Espacial..... 25

Figura 14.- Segmento de Control..... 26

Figura 15.- Usuario de equipo GPS ..... 26

Figura 16.- Configuración del equipo GPS en sistema RTK ..... 27

Figura 17.- Cálculo de la pseudodistancia ..... 28

Figura 18.- Medición GPS con dos satélites disponibles..... 29

Figura 19.- Medición GPS con tres satélites disponibles..... 29

Figura 20.- Medición GPS con cuatro satélites disponibles ..... 30

Figura 21.- Obtención de coordenadas con equipo GPS ..... 31

Figura 22.- Nivel electrónico marca Sokkia modelo SDL 30 ..... 33

Figura 23.- Nivel automático marca Sokkia modelo C30..... 33

Figura 24.- Geoide, Elipsoide y superficie terrestre..... 34

Figura 25.- Forma de al elipsoide local y mundial..... 35

Figura 26.- Zonas UTM en la República Mexicana..... 36

Figura 27.- Forma de organizar capas dentro de los Sistemas de Información Geográfica ..... 37

Figura 28.- Proceso de fotografía aérea mediante drones (VANT)..... 39

Figura 29.- MDE obtenido mediante fotografía aérea con drones (VANT)..... 40

Figura 30.- Generación de curvas de nivel mediante fotogrametría con drones (VANT) ..... 40

Figura 31.- Brigada topográfica. .... 41

Figura 32.- Ubicación de la Red de Control Geodésico..... 42

Figura 33.- Imagen Satelital de la ubicación de las instalaciones de INEGI ..... 43

Figura 34.- Estación de referencia INEG de la red Geodésica Nacional Activa (RGNA). ..... 43

Figura 35.- Ficha Técnica de la antena de la Estación de referencia INEG..... 44

Figura 36.- Características de Funcionamiento de la antena Choke Ring de la Estación de referencia INEG. .... 44

Figura 37.- Calendario ITRF2008 época 2010 ..... 45

Figura 38.- Equipo GPS marca Astech modelo Promark 500 de doble frecuencia..... 46

Figura 39.- Imagen de la descarga en línea en la página web de INEGI de los archivos RINEX ..... 47

Figura 40.- Procesamiento en el Software GNSS solutions..... 52

Figura 41.- Equipo GPS marca Sokkia modelo GRX-1..... 53

Figura 42.- Levantamiento de las fallas con Equipo GPS en RTK..... 53

Figura 43.- imagen de software QGIS ..... 54

Figura 44.- Datos guardado en tipo de archivo CSV..... 56

Figura 45.- Modelo 3D a partir del software SURFER ..... 57

Figura 46.- Valores en mapa del primer monitoreo (Fecha)..... 59

Figura 47.- Valores en mapa del segundo monitoreo (Fecha)..... 60

Figura 48.- Valores en mapa del tercer monitoreo (fecha)..... 61

Figura 49.- Ubicación de la red de puntos de control en la zona de estudio..... 62

Figura 50.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Noviembre 2014 a Abril 2015 ..... 68

Figura 51.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Abril 2015 a Febrero de 2016 ..... 70

Figura 52.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Noviembre 2014 a Febrero de 2016..... 72

Figura 53.- Ubicación del punto de control geodésico número 4. .... 73

Figura 54.- Zona de la medición de fallas con equipo GPS en modo RTK..... 74  
Figura 55.- Medición de fallas con equipo GPS en modo RTK ..... 75  
Figura 56.- Ortofoto generada con drones (UAV) y puntos de control geodésico en la zona de estudio. .... 79



## ACRÓNIMOS

**CSV:** Comma separated values.

**DWG:** Formato de archivo informático de la compañía AUTODESK.

**DXF:** Drawing Exchange Format

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global.

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**ITRF2008:** International Terrestrial Reference Frame of 2008.

**ITRF92:** International Terrestrial Reference Frame of 1992.

**NAD27:** North American Datum of 1927.

**NAVSTAR:** Navigation System Time and Ranging

**RGNA:** Red Geodésica Nacional Activa

**RINEX:** Receiver Independent Exchange

**RTK:** Real Time Kinematic.

**ppm:** Partes por millón.

**SHP:** Formato de archivo informático llamado shapefile de la compañía ESRI.

**SICOM:** Secretaria de infraestructura y comunicaciones del Estado de Aguascalientes.

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**UAA:** Universidad Autónoma de Aguascalientes

**UTM:** Universal Transversa de Mercator.

**VANT:** Vehículo aéreo no tripulado.

**WGS84:** World Geodetic System of 1984.

## RESUMEN

Actualmente existe toda una problemática en el Valle de Aguascalientes por la propagación y crecimiento de fallas y grietas asociadas a la subsidencia por extracción de agua subterránea. El fracturamiento causa daños a viviendas e infraestructura en general, y ha generado varios desacuerdos entre profesionistas, debido a que aunque existe una cartografía de las fallas y grietas en el municipio de Jesús María, el cual es el documento de referencia para la compra venta y desarrollo de bienes raíces, este no está actualizado y es producto de levantamientos desarrollados en diferentes épocas con diferentes metodologías y diferentes sistemas de referencia. Debido a esto, la cartografía existente contiene diversos errores que causan conflictos entre profesionistas y particulares por su uso como referencia en documentos oficiales.

En este trabajo se presenta una propuesta de estandarización de la metodología para el levantamiento topográfico y cartografía de fallas y fracturamientos asociados a la subsidencia considerando la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional publicada en el diario oficial de la federación el día 23 de Diciembre del 2010.

En este trabajo se realizó la cartografía de las fallas y grietas utilizando la norma anteriormente mencionada para que este trabajo sea homogéneo, compatible y comparable con diferentes estudios. Como también se monitoreo en tres diferentes periodos la subsidencia en puntos estratégicamente colocados en la zona de estudio, para verificar sus desplazamientos utilizando equipo de medición de alta precisión topográfica y que este fue mediante equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de doble frecuencia, tanto en sistema diferencial y ligado a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), y en sistema RTK (Real Time Kinematic), para la obtención de la cartografía, así como la medición de desplazamientos.

Una vez obtenido estos resultados se crearon capas que podrán ser utilizados en cualquier software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en formato SHP (shapefile) o formato dwg y dxf, para futuras investigaciones, pretendiendo llegar con esto a una estandarización de los trabajos e investigaciones relacionadas en el mismo tema y zona de estudio.

## ABSTRACT

There is now a whole problem in the Valley of Aguascalientes by the spread and growth of faults and subsidence associated with the extraction of groundwater cracks. Fracking cause damage to homes and infrastructure in general, and has generated several disagreements among professionals, because although there is a mapping of faults and cracks in the municipality of Jesus Maria, which is the reference document for the sale and real estate development, this is not updated and is the result of surveys developed at different times with different methodologies and different reference systems. Because of this, the existing mapping contains several errors that cause conflicts between professionals and individuals for use as reference in official documents.

In this paper a proposal for standardization of the methodology for the survey and mapping of faults and fracturing associated with subsidence considering the Technical Standard for the National Geodetic System published in the Official Gazette on December 23, 2010 is presented.

This paper describes the mapping of faults and cracks was performed using the above standard for this work to be homogeneous, consistent and comparable with different studies. As also monitoring three different periods subsidence points strategically placed in the study area to check their movements using measuring equipment precision topographic and this was by GPS equipment (Global Positioning System) dual frequency, both differential and linked to the Active National Geodetic Network (RGNA) system, and RTK (Real Time Kinematic) for obtaining mapping and measuring displacement.

Once you obtained these results layers that can be used in any software Geographic Information Systems (GIS) in Shape format or DWG and DXF format for future research, trying to reach with this to a standardization of work and related research in created the same subject and study area.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Prologo

El presente escrito es un trabajo práctico terminal titulado Propuesta de estandarización del levantamiento topográfico y cartografía de fracturamiento asociados a la Subsistencia caso Jesús María, Aguascalientes, donde esta trabajo nace a partir de la necesidad de tener una cartografía confiable y correctamente georeferenciada a un Sistema de coordenadas o Datum específico, ya que, hasta hace poco no teníamos una normativa en la República Mexicana que regulara estos aspectos cartográficos.

A su vez también, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), están teniendo un gran auge por su potencialidad y fácil aplicación a las diferentes áreas del conocimiento que pueden ir desde la administración pública o privadas, desde un nivel local, regional, nacional o hasta mundial, desde los temas de política, geografía, hidrología, medio ambiente o investigación científica. Pero también es cierto que no podemos manejar un Sistema de Información Geográfica si no conocemos los aspectos elementales de la Cartografía, como lo que es un Datum, Geoide, Elipsoide, Coordenadas UTM o Zonas UTM.

Un ejemplo claro es que hasta el día de hoy tenemos varias publicaciones científicas de varios autores y donde en ellas se mencionan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), pero en la mayoría de estas investigaciones no están correctamente georeferenciadas o no están en el mismo Sistema de referencia de coordenadas o Datum, y por tanto una investigación del autor A no lo podemos o correlacionar o inferir con los del autor B por no estar en el mismo sistema.

En este trabajo práctico terminal se realizó la cartografía de las fallas o discontinuidades del suelo de la cabecera municipal de Jesús María, así como el monitoreo de desplazamientos de sus coordenadas  $y, x, z$  en tres diferentes periodos con equipo GPS de alta precisión y considerando la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional que se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día jueves, 23 de Diciembre de 2010.

Para finalmente obtener como resultado una primera capa en archivos de formatos shape, dxf, dwg y csv, para que estos datos puedan ser manejados en futuras investigaciones y sobre todo puedan ser manipulados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

## 1.2. Antecedentes

El fenómeno del agrietamiento del suelo en el valle de Aguascalientes, se ha venido presentando desde hace más de 30 años. Se tienen registros cartográficos de grietas existentes desde el año de 1985. En este mismo año la Universidad Autónoma de Aguascalientes comenzó medir los desplazamientos diferenciales entre los lados este y oeste de las grietas, para lo cual se construyeron siete estaciones de control.(Aranda & Aranda, 1985).

Posteriormente con el objetivo de observar la evolución del movimiento diferencial entre las fallas se llevaron a cabo mediciones durante los años 1993, 1998 y 2002. Los mayores asentamientos diferenciales correspondientes a los siete monumentos fueron de 75 cm para el periodo de 1985 a 2002, el cual se registró en el sexto monumento, ubicado en el fraccionamiento Bona Gens a la altura de la alberca olímpica.

Estacion	1985	1993	1998	2003	Desnivel
1.- Grieta del Valle	99.35	99.12	99.11	98.80	0.55
2.- Jardines de la Asuncion (IM	98.91	98.82	98.79	98.76	0.15
3.- Grieta Centro	99.71	99.62	99.61	99.58	0.13
4.- Grieta Zona Militar	97.90	97.78	97.64	97.56	0.34
5.- Grieta San Cayetano	99.19	99.03	98.85	98.81	0.38
6.- Grieta IV Centenario	98.36	98.10	97.80	97.60	0.76
7.- Grieta Universidad	98.83	98.82	98.79	98.76	0.07

Tabla 1.- Resumen de mediciones de nivelación llevadas a cabo de 1985 a 2003 (Arroyo Contreras, Zermeño de Leon, & Castañeda Alvarado, 2004)

Estas mediciones pueden ser conservadoras, ya que en los desniveles existentes más al norte y oriente de la ciudad, dentro del perímetro del Tercer Anillo de Circunvalación, se podrían medir hundimientos aún mayores a los reportados anteriormente.

Durante el periodo de Abril de 2003 a Febrero de 2004, se realizó un programa de trabajo entre la UAA y el INEGI para el monitoreo geodésico de la superficie de la zona urbana, el proyecto consistió en realizar series de mediciones con receptores GPS sobre 29 pares de puntos establecidos estratégicamente, en sitios donde se desarrollan las fallas más visibles y con asentamientos diferenciales importantes. Se establecieron placas a una distancia aproximada de 15 m de forma perpendicular a la línea que describe la fractura del terreno.

De los resultados obtenidos del monitoreo de las fallas en la ciudad con equipo GPS, del 2003 al 2004, se observa que los máximos hundimientos que se presentaron son del orden de 15 centímetros (Arroyo Contreras, Zermeño de Leon, & Castañeda Alvarado, 2004).

### **1.3. Objetivo General**

Se propone la elaboración de una capa inicial (cartografía) para un Sistema de información geográfica (SIG) que considere la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional, para que los datos obtenidos de esta investigación referente al tema de estudio puedan ser homogéneos, compatibles y comparables y puedan ser utilizados a futuro para la ampliación del mismo tema u otro tema de investigación relacionada.

### **1.4. Objetivos Particulares**

- a) Conocer y delimitar la zona de estudio.
- b) Realizar una red de puntos de control geodésico ligada a la red geodésica nacional activa de INEGI en el Datum ITRF2008 época 2010, como lo establece la norma técnica del sistema geodésico Nacional publicada el 23 de Diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación.
- c) Realizar una nivelación diferencial o directa para revisar las elevaciones obtenidas.
- d) Monitorear la red de control con equipo GPS en modo estático diferencial en tres periodos diferentes para determinar sus desplazamientos.
- e) Realizar la cartografía de las fallas con equipo GPS de doble frecuencia en sistema RTK (Real Time Kinematic).
- f) Procesamiento y generación de la información en formato shp, dxf, dwg y csv.

### **1.5. Justificación**

Debido al gran avance tecnológico en equipos topográficos, como cartográficos y al desarrollo de software de sistemas de información geográfica (SIG), es necesario empezar a crear bases de datos para trabajos e investigaciones que sean confiables y utilizar estos datos obtenidos de diferentes autores, empresas o dependencias, pero para poder lograr todo eso, necesitamos saber la normativa como la metodología para que los datos de cualquier trabajo a realizar puedan ser homogéneos, compatibles y comparables, por tanto este trabajo consiste en crear una primera capa para un sistema de información geográfica que considera la normatividad aplicable en la República Mexicana para que los resultados y datos obtenidos también puedan ser utilizados en futuras investigaciones o aplicaciones afines.

## 1.6. Alcances

El presente trabajo se realizó en la cabecera municipal de Jesús María, Aguascalientes. La zona de estudio está circunscrita al primer anillo de nombre avenida Alejandro de la cruz, incluye el centro histórico de la población, donde se encuentra el palacio municipal, Iglesia y jardín principal.

Se realizaron dos trabajos, el primer trabajo consistió en crear una red de puntos de control geodésico de 16 vértices y que este se realizó mediante el método de medición GPS en modo diferencial estático, y que posteriormente fueron monitoreados en tres periodos, siendo el primero en el mes de Noviembre de 2014, el segundo en el mes de Abril de 2015 y finalmente el tercero en el mes de febrero de 2016.

El segundo trabajo consistió en realizar la cartografía de las fallas mediante el método de medición GPS en sistema RTK. Es importante resaltar que dentro del ámbito de la topografía partimos que ningún equipo topográfico es 100% exacto y que hablamos en todas las mediciones de precisión y no exactitud.

Partiendo de las investigaciones anteriores donde se utilizaron equipos GPS, y reportaron un promedio de hundimiento de 15 centímetros por año, además se sabe que la precisión en la coordenada Z o elevación del equipo usado en este trabajo es de aproximadamente 1 centímetro. De acuerdo con lo anterior se tomó la decisión de realizar el monitoreo con Equipo GPS de doble frecuencia en los modos diferencial estático y en modo RTK.

A continuación se menciona las precisiones de los dos equipos utilizados en este trabajo

El equipo utilizado para la red de puntos de control geodésico fue un equipo GPS marca Magellan modelo Promark 500 de doble frecuencia con las siguientes características:

75 canales:

- GPS
- GLONASS
- L1 C/A, P(Y)-código, fase portadora de ciclo completo
- L2 P(Y)-código, L2C, fase portadora de ciclo completo

Precisiones en Posproceso

Levantamientos estáticos y estáticos rápidos

- Horizontal  $\pm 5$  mm + 0.5 ppm
- Vertical  $\pm 10$  mm + 0.5 ppm

Levantamientos Estáticos largos

- Horizontal 3 mm + 0.5 ppm
- Vertical 6 mm + 0.5 ppm

Levantamientos Cinemáticos posprocesados

- Horizontal  $\pm 10$  mm + 1 ppm
- Vertical  $\pm 20$  mm + 1 ppm

Este equipo tiene una precisión de 6 mm en la coordenada Z o elevación, para el monitoreo de los hundimientos.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico y generar la cartografía fue un equipo GPS marca Sokkia modelo GRX-1 de doble frecuencia en modo RTK con las siguientes características:

72 canales:

- GPS
- GLONASS
- L1 C/A, P(Y)-código, fase portadora de ciclo completo
- L2 P(Y)-código, L2C, fase portadora de ciclo completo

Precisiones en Posproceso

Levantamientos estáticos y estáticos rápidos

- Horizontal  $\pm 3$  mm + 0.8 ppm
- Vertical  $\pm 5$  mm + 0.5 ppm

Levantamientos Estáticos largos

- Horizontal 3 mm + 0.5 ppm
- Vertical 6 mm + 0.5 ppm

Levantamientos Cinemáticos posprocesados

- Horizontal  $\pm 10$  mm + 1 ppm
- Vertical  $\pm 15$  mm + 1 ppm

Levantamientos Cinemáticos en tiempo real (RTK)

- Horizontal  $\pm 10$  mm + 1 ppm
- Vertical  $\pm 15$  mm + 1 ppm

**CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

**2.1. Ubicación Geográfica de la zona de estudio**

La zona de estudio se localiza en el Estado de Aguascalientes, específicamente en el municipio de Jesús María, en la parte centro-oeste del Estado a una distancia aproximada de 8 kilómetros de la capital, en las coordenadas geográficas, 21°57'40' latitud norte y 102°20'36' longitud oeste, a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1880 msnm.

El presente estudio se limita al primer anillo de nombre Avenida Alejandro de la Cruz en la cabecera municipal de Jesús María como se muestra en la siguiente figura.

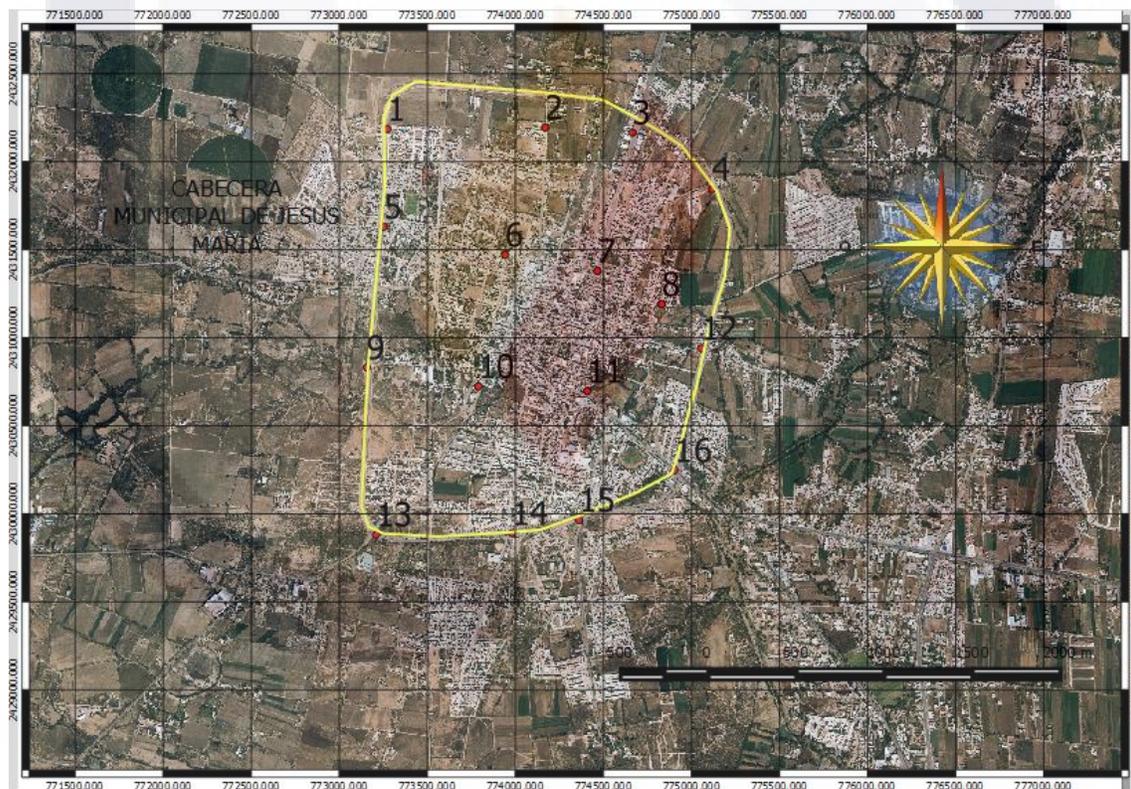


Figura 1.- Ubicación Geográfica de la zona de Estudio

El municipio de Jesús María limita al norte con los municipios de San José de Gracia, Pabellón y San Francisco de los Romo; al sur y oriente con el municipio de Aguascalientes y al poniente con el municipio de Calvillo.



Figura 2.- Ubicación del Municipio de Jesús María

## 2.2. Características de la zona.

Jesús María es la zona conurbada, al municipio de Aguascalientes, cuenta con 22, 917 viviendas particulares habitadas, 14 parques infantiles. La cabecera municipal, cuenta con los servicios públicos como lo son, pavimentación, banquetas, guarniciones, electrificación, agua potable y alcantarillado.



Figura 3.- Superficie con respecto al Estado 9.9%

**2.3. Problemática de la cartografía existente de las fallas y grietas en la zona en estudio.**

En la región del Valle de Aguascalientes y sus alrededores, la formación de grietas o fisuras en el subsuelo se ha visto acelerada a partir de 1980. “Por esta razón, la fosa tectónica o graben de Aguascalientes, visto como una estructura alargada en dirección aproximada NW-SE (Noroeste-Sureste), ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos años.” (Arroyo Contreras, Zermeño de Leon, & Castañeda Alvarado, 2004)

A partir de 1981, se comenzó a reportar, dentro de la zona urbana de Aguascalientes, la existencia de grietas con movimiento relativo. Para el año de 1984, el problema se había agudizado, algunas de estas estructuras causaban ya serios daños en edificios, calles y en el sistema de alcantarillado. Cabe señalar, que los rasgos más notables de estas fallas es el hecho de que todas ellas están presentes dentro del relleno aluvial y tienen una orientación burdamente paralela a los márgenes del Valle de Aguascalientes. Por otro lado, en todas las fallas, hasta ahora conocidas, el bloque hundido se encuentra hacia el eje del Valle (Rio San Pedro). (Aranda Gomez, 1989)

Así pues es un tema de interés actual para tanto para la administración pública, como para los propios ciudadanos que vivimos dentro del Valle de Aguascalientes.

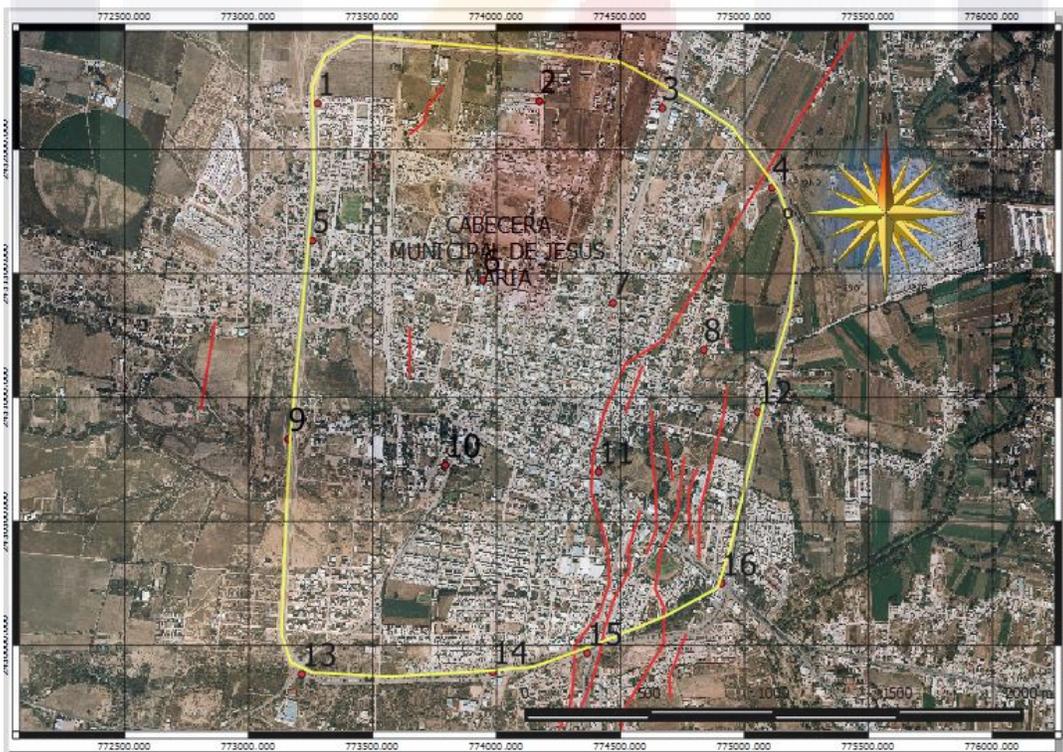


Figura 4.- Fallas dentro de la cabecera municipal de Jesús María

**2.4. Definición del problema en la zona de Estudio.**

A continuación se mencionan algunos de los problemas originados por las fallas en la cabecera municipal de Jesús María, Aguascalientes.

Como ya se señaló, actualmente existe toda una problemática en el Valle de Aguascalientes por la reciente aparición de fallas geológicas y grietas en los predios. Éstas, a su vez, tienen impacto en lo económico, jurídico, social y ambiental ya que originan daños a viviendas e infraestructura en general, además de que representan un riesgo de contaminación para el acuífero del Valle por las infiltraciones que se pueden dar a través de ellas.

Es conveniente señalar que si bien hay un mapa de las fallas geológicas y grietas en el municipio de Aguascalientes, este no está actualizado por lo que es necesario contar con un inventario completo y actualizado de las zonas en donde aparecen estas fallas y grietas.



Figura 5.- Vivienda afectada por falla

Al respecto, el Gobierno del Estado de Aguascalientes cuenta con una cartografía de las fallas geológicas y grietas denominada Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas (SIFAGG). Este SIG es una herramienta de referencia para todos los interesados en el tema. Es la cartografía oficial en el Estado, se encuentra en el portal de la página de internet y es del dominio público. Sin obstante su importancia y utilidad, dicho sistema ha dejado de actualizarse desde 2010. Como consecuencia, no existe registro de las fallas que han aparecido recientemente o que no habían sido observadas previamente, esto es, existen fallas recientemente observadas en campo que no han sido incluidas en el sistema. Por otro lado los municipios en su base de datos de mapas (cartografía existente) tampoco reportan muchas de las fallas y grietas existentes.

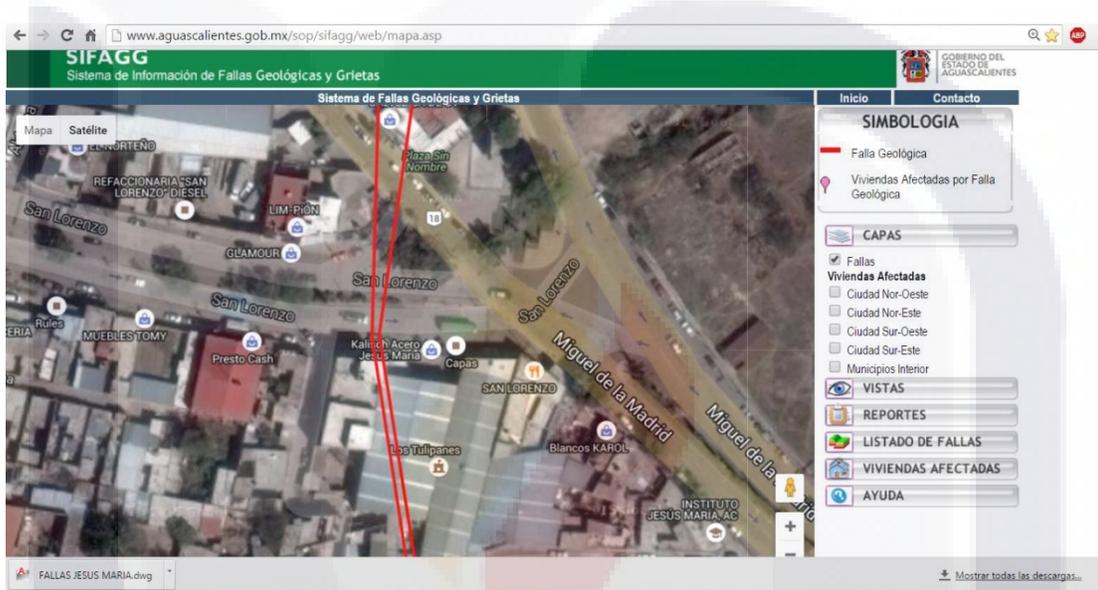


Figura 6.- Ubicación de fallas en SIFAGG

Un problema que se tiene al utilizar este tipo de información cartográfica no actualizada ni homologada, es que en los estudios realizados sobre el tema, al elaborar las diferentes capas de los sistema de información geográfica, no usan un sistema de referencia único, es decir diferentes estudios hacen uso de diferentes sistemas de coordenadas o marcos geodésico de referencia.

Un ejemplo para ilustrar lo anterior es que al manejar las diferentes capas dentro de un sistema de información geográfica (SIG), la información de los archivos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) o el mismo SIFAGG, los podemos tener en diferentes Datum, por ejemplo NAD27, ITRF92 ÉPOCA 88, WGS84 y ITRF08 ÉPOCA 2010, y todos ellos en coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator).

Todo esto pasaba con toda la información generada con anterioridad, ya que no se tenía una norma para el manejo del sistema geodésico nacional, y no fue hasta el 23 de Diciembre de 2010, cuando se publicó en el Diario Oficial y que esta establece que el Marco de referencia sea homogéneo, compatible y comparable tomando en cuenta las mejores prácticas internacionales.

Otro problema que se tiene en el municipio de Jesús María, como ciudadanos, profesionistas o servidores públicos, es el desconocimiento de software Open Source y los Sistemas de Información Geográfica (SIG.). Se sabe que el utilizar cualquier software con licencia es costoso y no todos los usuarios tenemos acceso a ellos por diferentes situaciones y sobre todo por la económica. Para muchas instituciones y empresas, los costos de adquisición, aplicación y mantenimiento de software privativo son muy elevados.. Sin embargo, con la corriente del software de licencia libre o mejor conocido como software Open Source y los Sistemas de Información Geográfica llamados SIG se tiene una gran herramienta para la investigación y toma de decisiones, con la ventaja de que éste software es totalmente gratuito. Desafortunadamente la mayoría de las dependencias de gobierno y muchas empresas desconocen la existencia de éste tipo de software.



## CAPITULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA, NORMATIVIDAD Y EQUIPO A UTILIZAR

### 3.1. Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

El día jueves 23 de Diciembre de 2010 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional que tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas que definen el Sistema Geodésico Nacional, a partir de las cuales es posible integrar el Marco de Referencia Geodésico, a fin de establecer las condiciones necesarias para que el Marco sea homogéneo, compatible y comparable; tomando en cuenta las mejores prácticas internacionales.

“La presente Norma Técnica es de observancia obligatoria para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y para las Unidades del Estado que intervengan o participen en los Levantamientos Geodésicos que integran el Marco de Referencia Geodésico, realizados por sí mismas o por terceros cuando éstas últimas les encomienden dicha actividad.” (INEGI, 2010)

Esta norma es aplicable a los datos obtenidos por los equipos GPS y además para poder manipular las capas en los sistemas de información geográfica (SIG).

En esta norma se nos menciona que la posición de una Estación Geodésica, se representa por la Latitud ( $\phi$ ), por la Longitud ( $\lambda$ ) y la Altura Geodésica ( $h$ ).

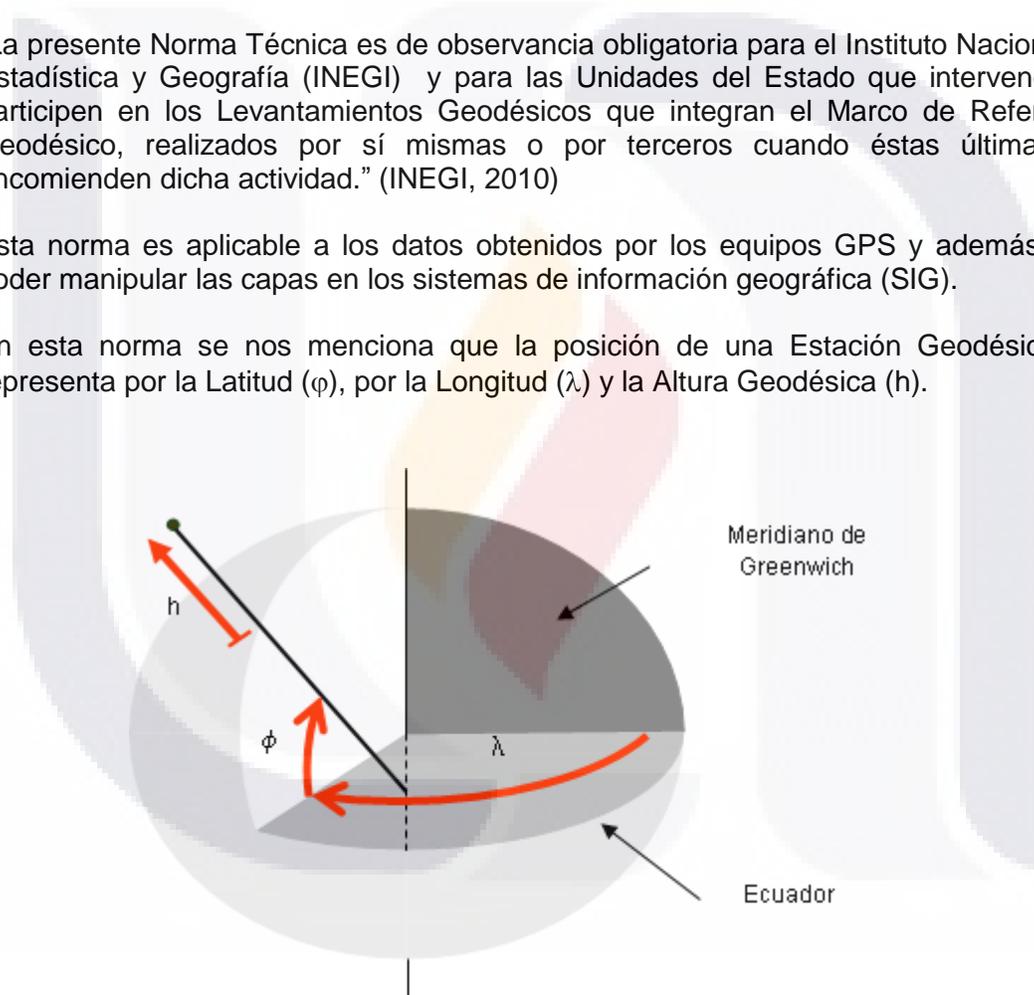


Figura 7.- Coordenadas Geodésicas Curvilíneas

### 3.2. Cartografía y Topografía.

Es importante conocer la diferencia entre cartografía y topografía, ya que una es una ciencia y la otra es una técnica y depende del trabajo, estudio o investigación que se vaya a realizar, es lo que utilizaremos.

La cartografía es el conjunto de procedimientos que permiten reunir, analizar, generalizar y sintetizar datos de la superficie terrestre en un para representarlos a una escala reducida.

El objetivo principal es entonces la concepción, preparación y elaboración de mapas. Estos son verdaderos bancos de datos que muestran en una forma organizada y fácil de consultar la representación fiel del terreno.

El uso de los mapas es necesario para apoyar infinidad de actividades como localización de puntos, distribución local o regional, planeación, estrategias de crecimiento urbano, entre muchos otros.

A continuación les mencionare algunos conceptos básicos utilizados en la cartografía y topografía:

“Cartografía: Es la ciencia, arte y técnica de preparar toda clase de mapas y cartas, incluidas todas las operaciones desde su planeación hasta la impresión final.

Mapa: Es una representación geométrica plana, simplificada y convencional de toda o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcional denominada escala.

Carta: Es un mapa hecho por lo general a escalas medias y pequeñas utilizando proyecciones cartográficas. Comúnmente se usa como sinónimo de mapa.

Plano: En cartografía es una representación geométrica de una parte de la superficie terrestre a escala grande en la que no se considera la curvatura de la Tierra.

Croquis: Esquema, dibujo o diseño de una superficie ubicando sus rasgos naturales y culturales, así como sus delimitaciones de una forma aproximada por referencias y sin una escala precisa.” (INEGI I. N., 1998)

Uno de los métodos más utilizados actualmente de ubicación de puntos sobre la superficie terrestre es el basado en el de las coordenadas geográficas, que son latitud y longitud; y estas están basadas en dos líneas, una conocida como Ecuador que corre de este a oeste siendo equidistante a los polos norte y sur; y la otra va desde el polo norte al polo sur denominado meridiano de origen o primer meridiano.

“El meridiano de origen o primer meridiano es el que pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra, según convenio internacional celebrado en la ciudad de Washington en 1884” (Márquez García, 1994)

Entonces el sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia para la correcta ubicación de los elementos que aparecen sobre un mapa y toman en cuenta la curvatura de la tierra como se muestra en la siguiente figura.

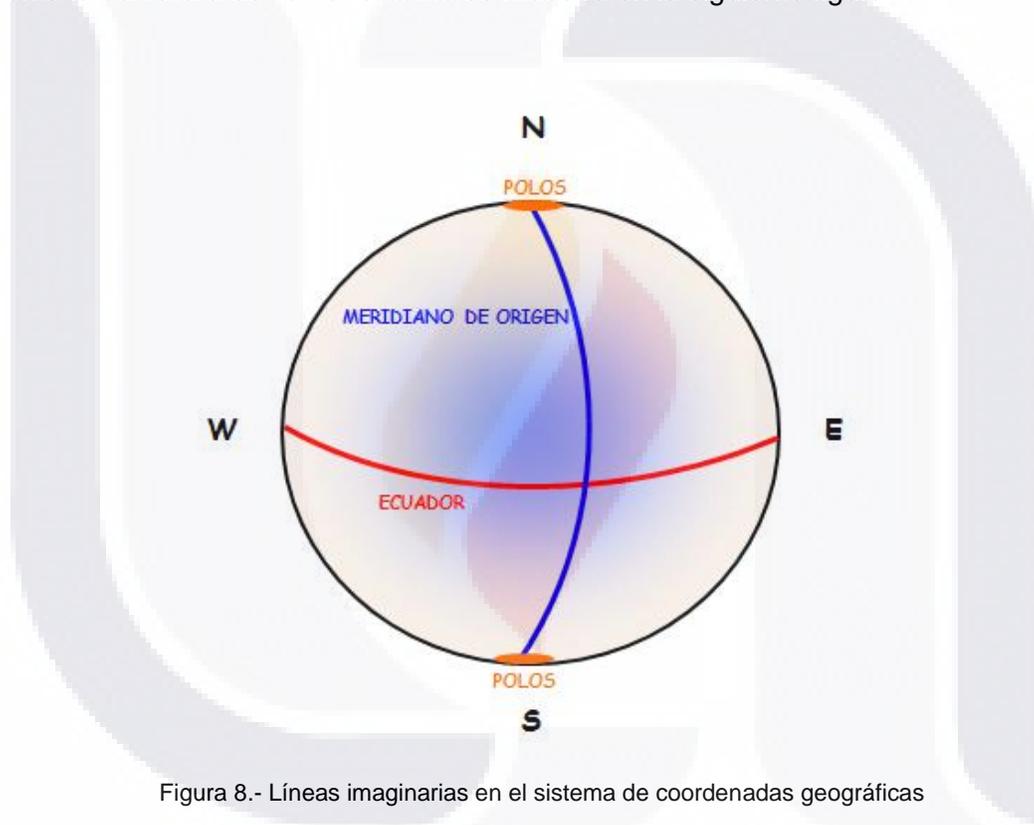


Figura 8.- Líneas imaginarias en el sistema de coordenadas geográficas

También tenemos los paralelos. Son líneas imaginarias que circundan a la tierra, trazadas en la misma dirección del Ecuador con orientación este-oeste.

Como los paralelos que son semicircunferencias con orientación norte-sur, cuyos extremos llegan a los polos.

Así pues entre meridianos y paralelos forman una red que circunda la tierra haciendo identificable cualquier punto a través de las COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

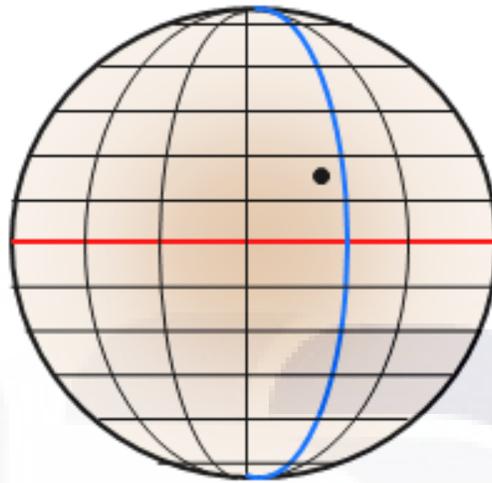


Figura 9.- Retícula para identificar un punto en la superficie terrestre

La latitud geográfica de un lugar se define como el ángulo o distancia angular medida a partir del ecuador hacia la línea norte o sur y sus valores van de 0° a 90° NORTE o 0° a 90° SUR.

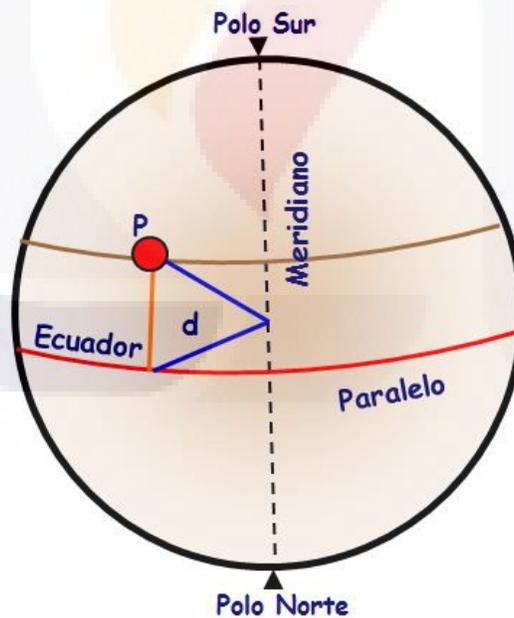


Figura 10.- Latitud Geográfica

La longitud geográfica de un lugar se define como el ángulo o distancia angular medida a partir del meridiano de origen o meridiano de Greenwich hacia el este u oeste y sus valores van de 0° a 180° ESTE o 0° a 180° OESTE.

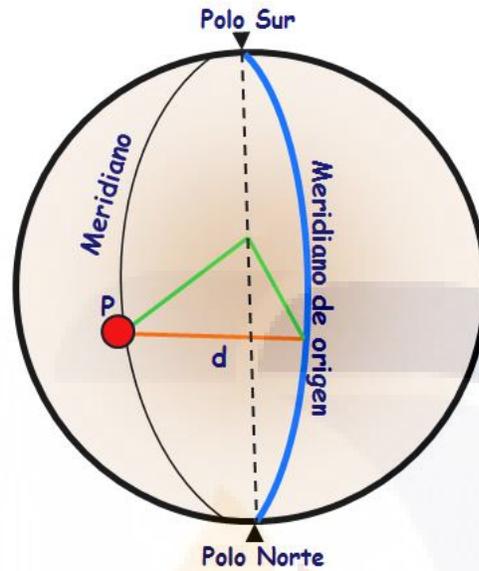


Figura 11.- Longitud Geográfica

Y finalmente la altitud se define como la distancia vertical de un punto a partir del nivel medio del mar, su unidad de medida es el metro.

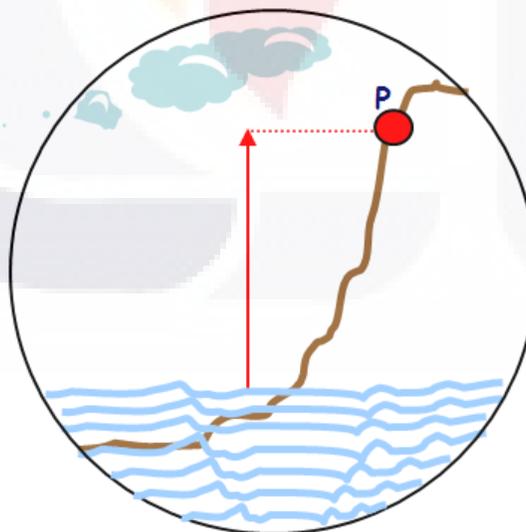


Figura 12.- Altitud

**3.3. G.P.S. (Sistema de Posicionamiento Global).**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de medición tridimensional que utiliza señales de radio que proporciona el sistema NAVSTAR (Navigation Satellite Time and Ranging). La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está controlada por su departamento de defensa.

El sistema de posicionamiento global tiene una gran variedad de aplicaciones en la tierra, en el mar y el aire .Básicamente, GPS es por todas partes utilizable EXCEPTO dónde es imposible de recibir la señal como dentro de la mayoría de los edificios, en las cuevas y otras situaciones subterráneas, o por debajo del agua.

El sistema GPS está constituido de la siguiente manera:

El SEGMENTO ESPACIAL es un conjunto de 24 satélites NAVSTAR, del departamento de Defensa de los EU, localizados en seis planos orbitales, de órbitas casi circulares alrededor de la Tierra y a una altura de cerca de 20.200 Km. En cada sitio de la tierra son visibles siempre entre cuatro y seis satélites para un cubrimiento en 3D (tres dimensiones) y el sistema está a disposición de los usuarios de todo el mundo sin costo alguno.

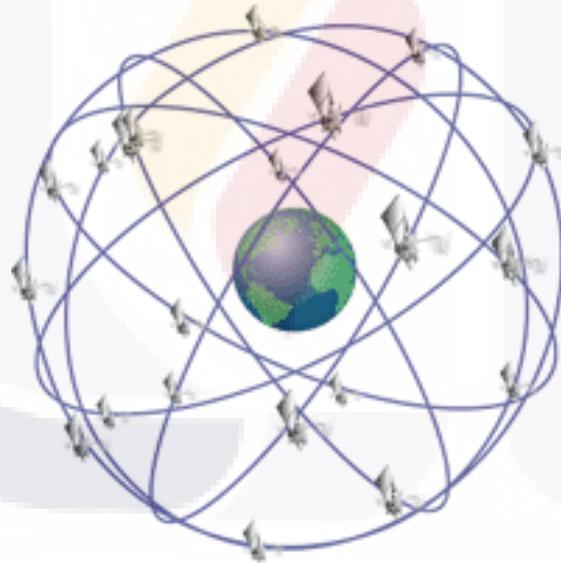


Figura 13.- Segmento Espacial

EL SEGMENTO DE CONTROL está compuesto de cinco estaciones terrestres, distribuidas estratégicamente en todo el mundo, que envían de modo permanente información georreferencial a los satélites; éstos, a su vez, mandan esa información con datos adicionales a los receptores GPS.

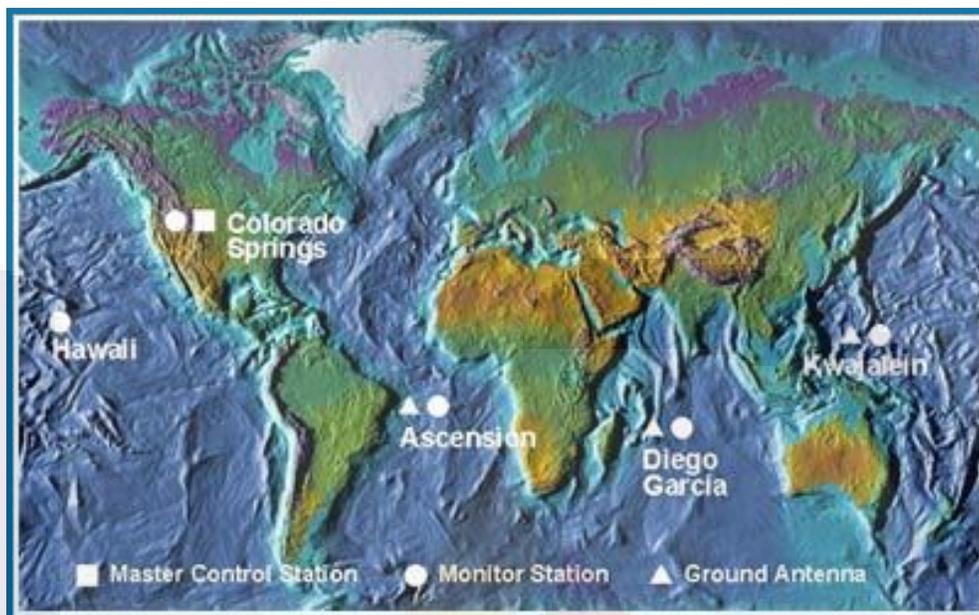


Figura 14.- Segmento de Control

EL SEGMENTO DE USUARIOS es cada uno de los instrumentos receptores con sus correspondientes “software de posproceso”. Ellos reciben las señales de los satélites y les hacen los ajustes para corregir los efectos ionosféricos y de degradaciones de señal que, por razones de seguridad, maneja el Departamento de Defensa. Utilizando “efemérides radiadas” se puede conocer con anticipación a la medición la órbita del satélite y, “levantamientos cinemáticos en tiempo real”, “efemérides precisas”.



Figura 15.- Usuario de equipo GPS

Dentro de los métodos utilizados para realizar mediciones con equipo GPS tenemos los siguientes:

**MÉTODO GPS DIFERENCIAL ESTÁTICO** que consiste en utilizar dos o más receptores, ubicándolos en puntos de coordenadas desconocidas, tomándose lecturas por lo menos de 30 minutos, teniendo cuatro satélites como mínimo y un PDOP menor o igual a 5.

**MÉTODO GPS DIFERENCIAL CINEMÁTICO** en este se usan una estación fija (base) y otras móviles. Se hacen muchas observaciones desde la fija para determinar bien su posición; luego se hacen lecturas más o menos rápidas desde las móviles; a las lecturas de las móviles se les hacen las mismas correcciones que se determinaron para las fijas.

**GPS CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL O RTK**, Si las estaciones móviles se conectan por radios con la estación base, se pueden hacer en tiempo real los ajustes a las lecturas GPS en las estaciones móviles, pues por estos enlaces de radio se envían las correcciones necesarias.



Figura 16.- Configuración del equipo GPS en sistema RTK

El GPS explicado de manera simple, trabaja de la siguiente manera:

- ✚ Básicamente calculando la distancia del Satélite-Receptor.
- ✚ Los satélites transmiten una señal de radio frecuencia.
- ✚ Los receptores, procesan y estiman el tiempo de viaje de la señal ( $\Delta t$ )
- ✚ Considerando  $C = 300,000 \text{ Km/seg}$ .
- ✚ Conocida la posición del satélite.

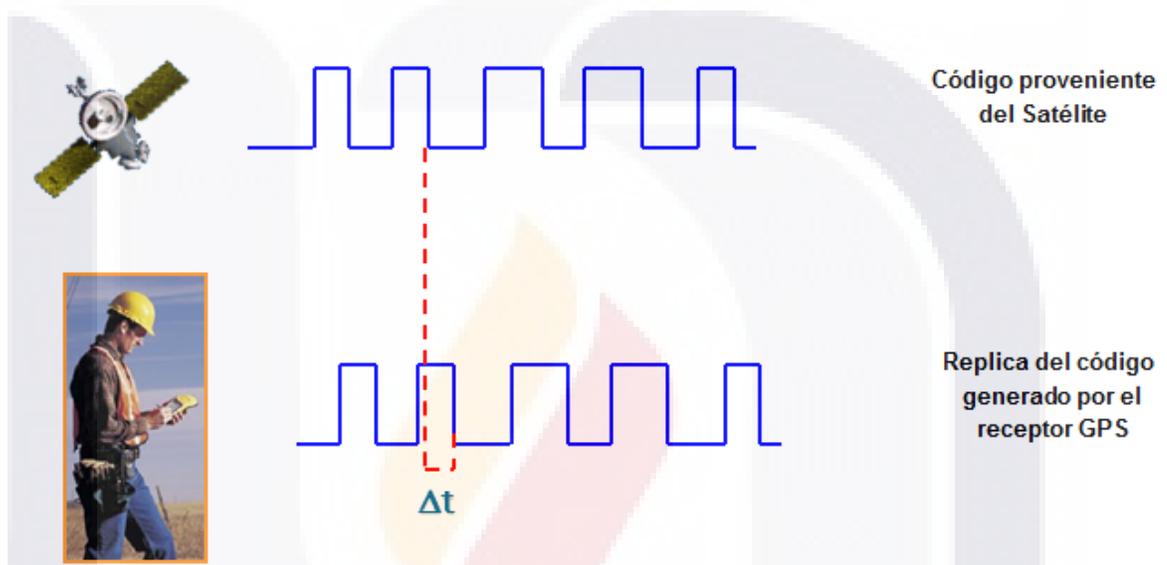


Figura 17.- Cálculo de la pseudodistancia

$$d \text{ (Distancia Satélite-Receptor)} = C \text{ (Velocidad de la Luz)} \times \Delta t \text{ (Retraso de la Señal)}$$

$$\Delta t = 10:25:30.1901 - 10:25:30.1212$$

$$d = 300,000 \text{ Km/seg} * 0.0689 \text{ seg}$$

$$d = 20,670 \text{ Km}$$

Valor de la pseudodistancia

Para conocer la ubicación precisa necesitamos por lo menos cuatro satélites disponibles. Si tenemos dos satélites disponibles solo conoceríamos la distancia hacia dos puntos de referencia y existen dos posibilidades como se muestra en la siguiente figura.

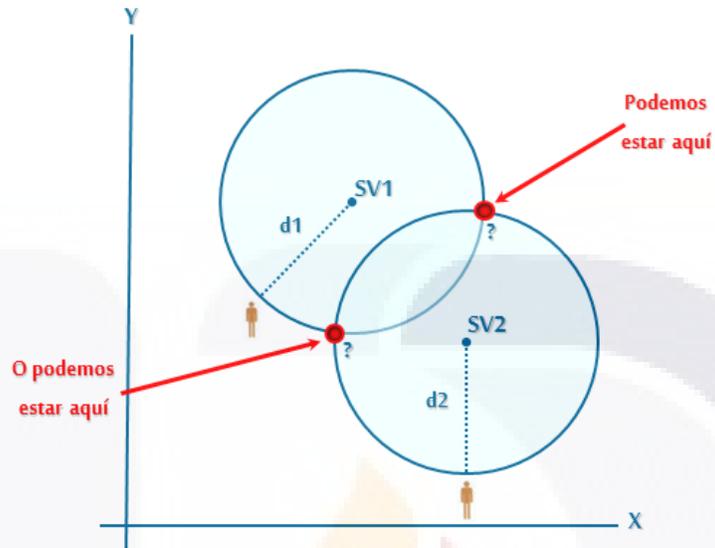


Figura 18.- Medición GPS con dos satélites disponibles

Con tres satélites enganchados, el receptor calculará su posición en 2

### PSEUDODISTANCIA 2D

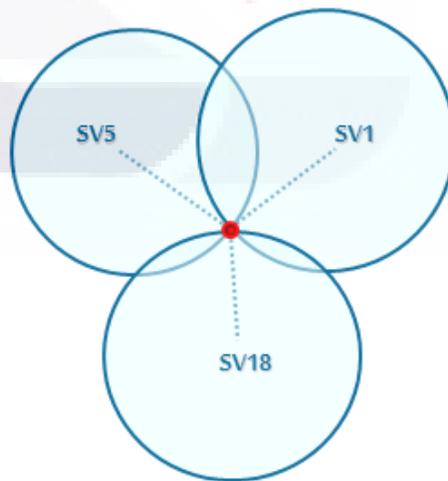


Figura 19.- Medición GPS con tres satélites disponibles

Para resolver las cuatro incógnitas básicas del sistema GPS, el receptor requiere tener enganchados por lo menos 4 satélites. Calculará entonces su posición en 3 dimensiones LATITUD (  $\varphi$  ), LONGITUD (  $\lambda$  ), ALTURA ELIPSOIDAL (  $h$  ).

### PSEUDODISTANCIA 3D

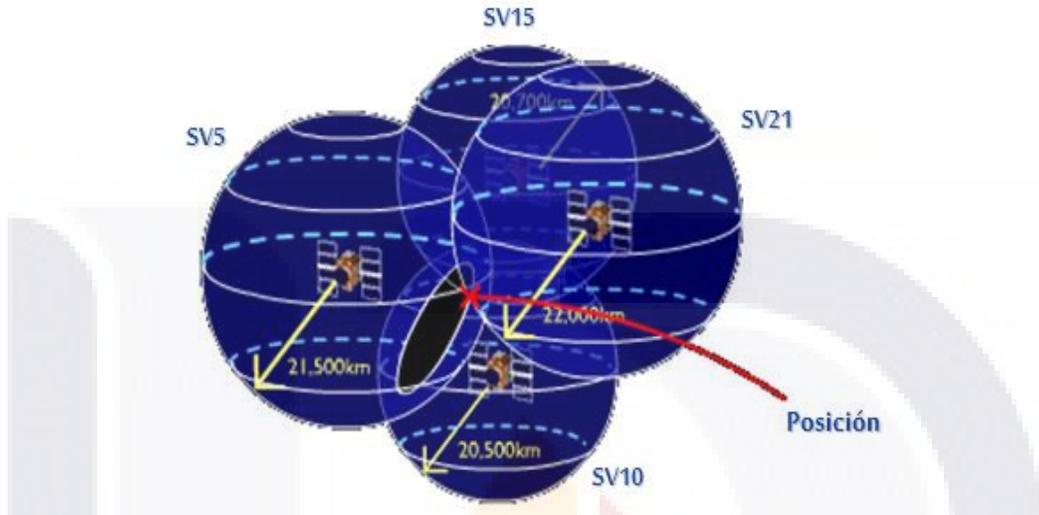


Figura 20.- Medición GPS con cuatro satélites disponibles

El cálculo de la distancia satélite – receptor se calcula con la siguiente formula

$$d_1^2 = (X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2$$

$$d_1 = \sqrt{(X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2}$$

Físicamente el receptor calcula una Pseudodistancia, multiplicando el tiempo de viaje de la señal ( $\Delta t$ ) por la velocidad de la luz.

En el cálculo de este valor, están implicados varios factores:

- ✚ Corrección de Reloj del Satélite.
- ✚ Retraso Atmosférico.
- ✚ Ruido en la Señal.

Son compensados, antes de incluirlas en el cálculo de la posición, quedando solo por determinar la corrección en el reloj del receptor.

Por tanto requerimos mínimo cuatro satélites y un posproceso para las correcciones.

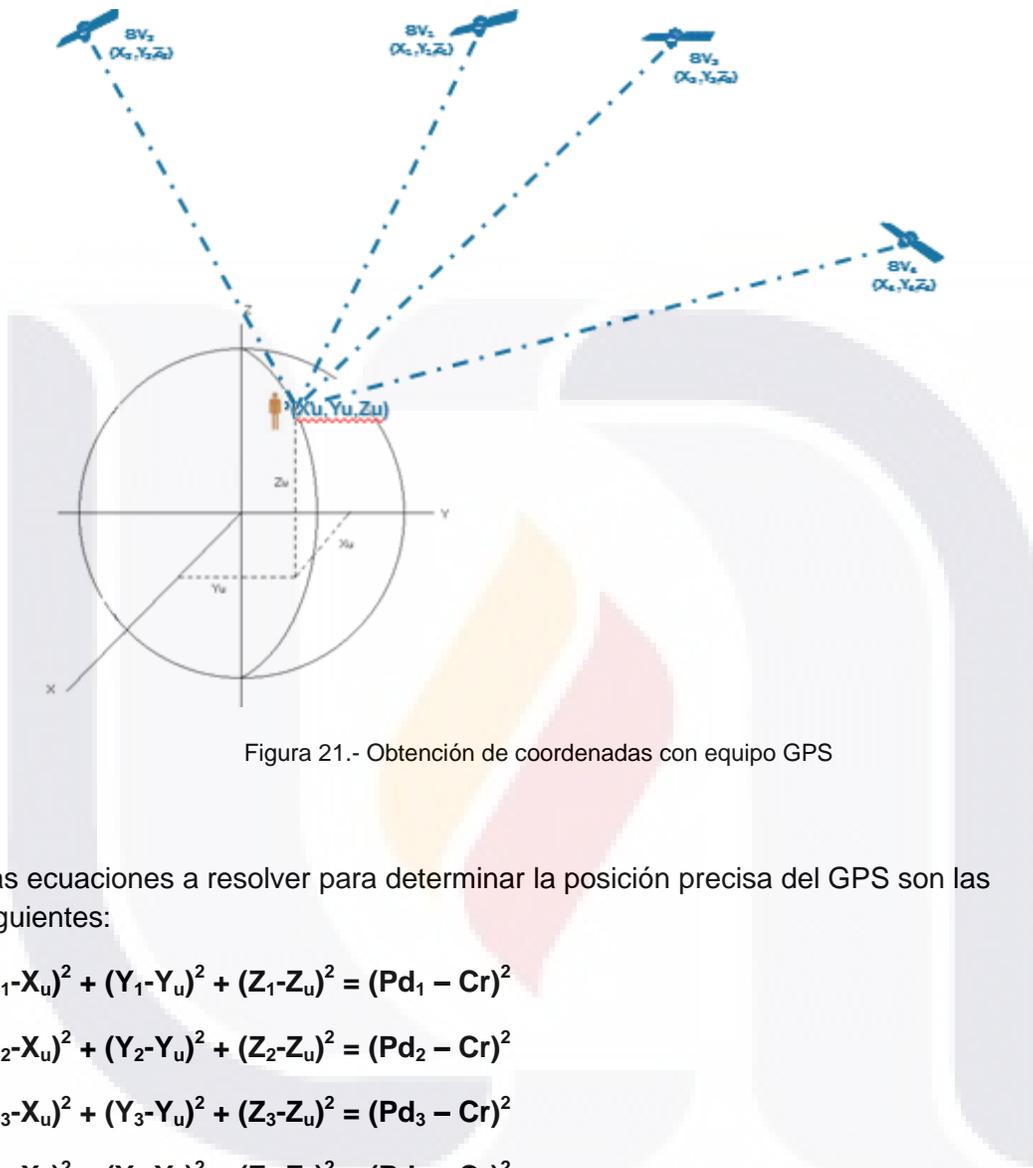


Figura 21.- Obtención de coordenadas con equipo GPS

Las ecuaciones a resolver para determinar la posición precisa del GPS son las siguientes:

$$(X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2 = (Pd_1 - Cr)^2$$

$$(X_2 - X_u)^2 + (Y_2 - Y_u)^2 + (Z_2 - Z_u)^2 = (Pd_2 - Cr)^2$$

$$(X_3 - X_u)^2 + (Y_3 - Y_u)^2 + (Z_3 - Z_u)^2 = (Pd_3 - Cr)^2$$

$$(X_4 - X_u)^2 + (Y_4 - Y_u)^2 + (Z_4 - Z_u)^2 = (Pd_4 - Cr)^2$$

Por tanto las incógnitas a saber sus coordenadas precisas son:

- ✚ Coordenadas del Receptor  $X_u, Y_u, Z_u$
- ✚  $\Delta t$  entre los relojes (Satélite -Receptor)

Entonces se requieren 4 ecuaciones independientes que las contengan.

### 3.4. Red de puntos de control geodésico.

Tradicionalmente en los levantamientos topográficos y geodésicos han existido dos tipos de levantamientos de control: horizontal y vertical. La red de puntos de control geodésico determina con precisión las posiciones horizontal y vertical de los señalamientos de referencia.

“los levantamientos horizontales generalmente establecen latitudes geodésicas y longitudes geodésicas de estaciones para áreas grandes. A partir de esos valores pueden calcularse coordenadas rectangulares planas, generalmente en un plano estatal o en un sistema coordenado universal transversal Mercator (UTM). En Levantamientos de control sobre áreas más pequeñas, las coordenadas rectangulares planas pueden determinarse directamente sin determinar latitudes y longitudes geodésicas.” (Wolf & D.Guilani, 2009)

“los levantamientos de control vertical determinan elevaciones en una red de señalamientos llamados bancos de nivel. Dependiendo de los requisitos de precisión, los levantamientos de control vertical pueden ser de nivelación diferencial o de nivelación trigonométrica.” (Wolf & D.Guilani, 2009)

### 3.5. Nivelación Diferencial o Directa.

Para este trabajo práctico se revisó la elevación de la red de control de los datos obtenidos con el equipo GPS y esta se realizó con el equipo topográfico llamado nivel. Para la revisión se utilizaron dos niveles, el primer equipo utilizado para la revisión fue un nivel automático marca Sokkia modelo C30 con un estadal convencional y el segundo equipo utilizado fue un nivel electrónico marca Sokkia modelo SDL 30 con estadal de código de barras. El método para utilizado para la revisión de las elevaciones GPS fue por medio de una nivelación diferencial.

“La nivelación diferencial o directa, se realiza mediante los aparatos llamados niveles y se llama directa porque al mismo tiempo que se va ejecutando, vamos conociendo las cotas, elevaciones o alturas de los puntos medidos en sentido vertical.” (Márquez, 1994)



Figura 22.- Nivel electrónico marca Sokkia modelo SDL 30



Figura 23.- Nivel automático marca Sokkia modelo C30

**3.6. Datum, Geoide, Elipsoide y coordenadas UTM.**

Es imposible hablar de Cartografía o Sistemas de Información Geográfica si no tenemos bien claro los conceptos de Datum, elipsoide y coordenadas UTM.

“El geoide es una superficie gravitacional equipotencial localizada aproximadamente al nivel medio del mar, que es perpendicular en todo punto a la dirección de la gravedad. Debido a las variaciones en la distribución de la masa de la tierra y a la rotación de la tierra, el geoide tiene una forma irregular.” (Wolf & D.Guilani, 2009)

“El elipsoide es una superficie matemática obtenida al hacer girar una elipse alrededor del eje polar de la tierra. Las dimensiones de la elipse se seleccionan de modo que se obtengan un buen ajuste del elipsoide con el geoide para un área grande, y se basan en levantamientos hechos en el área.” (Wolf & D.Guilani, 2009)

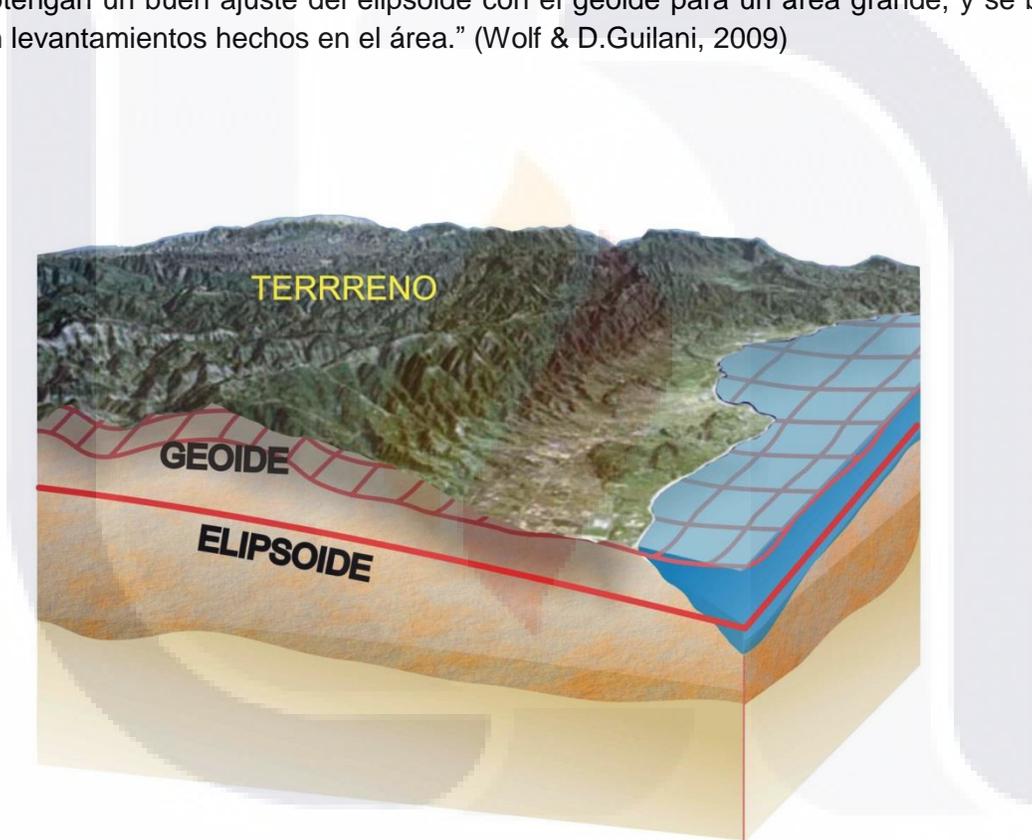


Figura 24.- Geoide, Elipsoide y superficie terrestre

En la siguiente tabla se muestran algunos Datum de referencia y su Elipsoide, mencionando que existen elipsoides locales y mundiales.

Datum	Elipsoide	Alcance	Estado
ITRF92	GRS80	Global	Usado todavía comúnmente
WGS84	WGS84	Global	Usado todavía comúnmente
NAD27	CLARKE 1866	Regional, local	Casi obsoleto

Tabla 2.- Elipsoides mundial y global

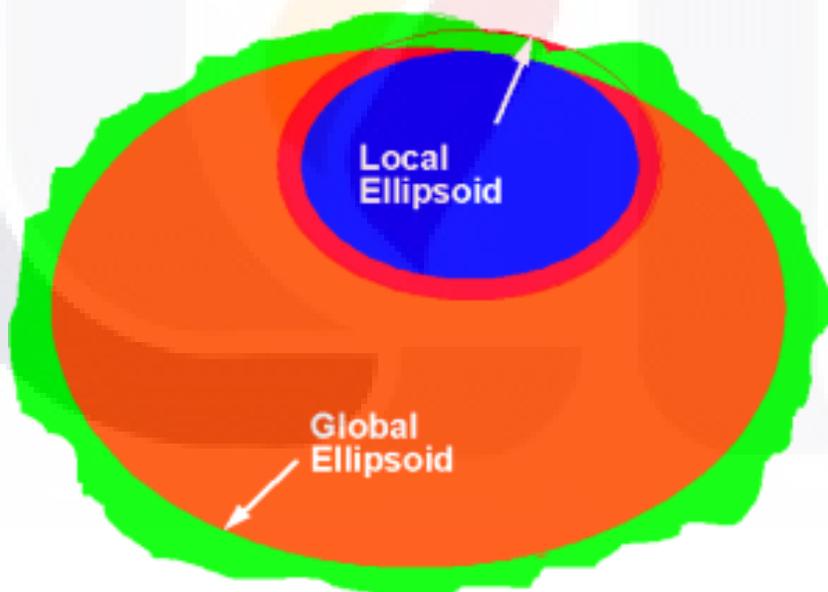


Figura 25.- Forma de al elipsoide local y mundial

Las coordenadas conocidas como UTM es una proyección cartográfica que tiene su antecedente en la proyección inventada por Gerardo Mercator en el siglo XVI. Hacia

En los finales de los años 40's el Servicio Cartográfico de los Estados Unidos adoptó el uso de la proyección y le dio el nombre de "Proyección Universal de Mercator" o UTM.

Es un sistema que se basa en la proyección de los elementos de la superficie terrestre, sobre un cilindro que la envuelve y cuyo eje es perpendicular (transverso) al eje terrestre.

Existen 60 zonas UTM a nivel mundial empezando la primera zona en el antimeridiano de Greenwich y teniendo cada una de ellas el valor de Longitud Geográfica de 6°.

La ubicación geográfica donde realizó el presente estudio está entre los valores de Longitud Oeste 102° al 108° por tanto la zona UTM es la Zona 13 Norte.



Figura 26.- Zonas UTM en la República Mexicana

### 3.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

“Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han posicionado como una tecnología básica, imprescindible y poderosa, para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos especialmente referenciados. Se trata, por tanto, de una categoría dentro de los sistemas de información que se especializa en manejar datos espaciales, con las particularidades y requerimientos que ello conlleva. Conviene insistir en que un SIG no es meramente un programa de cartografía por ordenador, ni un software tipo CAD (Computer-aided design). Aunque hace mapas y tiene ciertas funciones para dibujar, lo específico del SIG reside en rasgos tales como su capacidad para almacenar grandes masas de información geo-referenciada o su potencia para el análisis de la misma, que la hacen idóneo para abordar problemas de planificación y gestión, es decir, para la toma de decisiones.” (Moreno Jiménez, 2008)

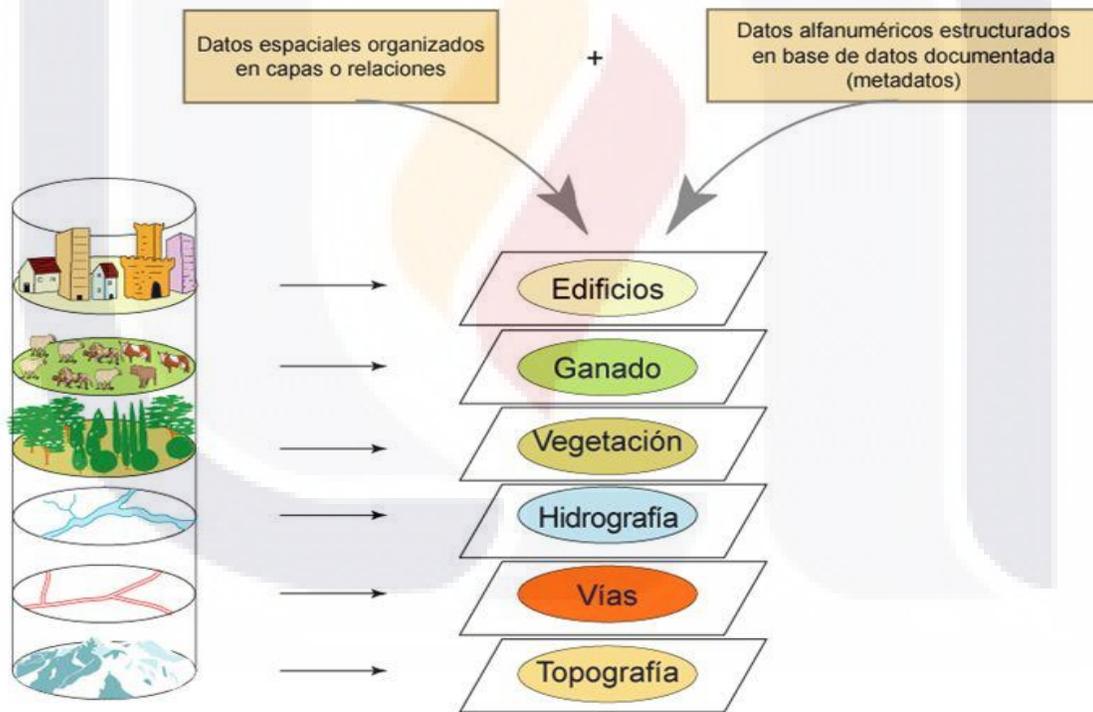
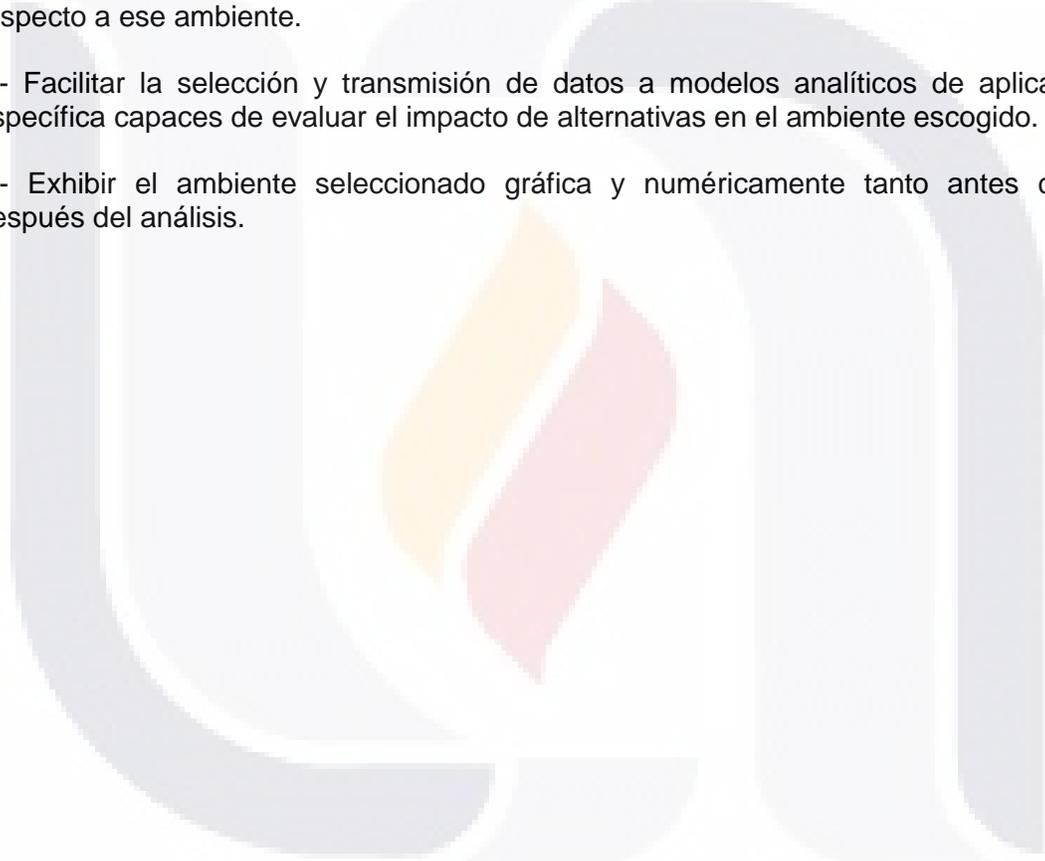


Figura 27.- Forma de organizar capas dentro de los Sistemas de Información Geográfica

Actualmente los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta poderosa para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos especialmente referenciados y/o georeferenciados y donde en estos sistemas podemos:

- 1.- Recolectar, almacenar y recuperar información con base a su localización espacial.
- 2.- Identificar localizaciones dentro de un ambiente dado que cumple criterios específicos.
- 3.- Explorar relaciones entre los conjuntos de datos dentro de un ambiente.
- 4.- Analizar los datos relacionados espacialmente como ayuda para tomar decisiones respecto a ese ambiente.
- 5.- Facilitar la selección y transmisión de datos a modelos analíticos de aplicación específica capaces de evaluar el impacto de alternativas en el ambiente escogido.
- 6.- Exhibir el ambiente seleccionado gráfica y numéricamente tanto antes como después del análisis.



### 3.8. Fotogrametría mediante drones (UAV).

La fotogrametría es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Puede ser de corto o largo alcance.

Anteriormente quien generaba la fotografía aérea para la obtener la cartografía y ortofotos en la república mexicana era el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y esta la hacía mediante aviones tripulados. Con el uso y obtención de las imágenes satelitales se dejó de generar esta información hacia finales del año 2000, ya que resultaba mucho más económico comprar o solicitar una imagen satelital, que una fotografía aérea.

Vuelve a tomar un auge esta técnica a partir de la entrada de drones comerciales al mercado, ya que a partir de estos equipos podemos generar fotografía aérea a bajo costo y con bastante claridad en sus imágenes.

El uso de drones o VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) tiene aplicaciones y usos muy variados. Gracias a la habilidad que poseen al poder desplazarse rápidamente sobre casi cualquier terreno, ofrecen no sólo imágenes y vídeos aéreos, si no también pueden recaudar otro tipo de información al colocarles diferentes sensores; esto permite que abarquen una amplia gama de sectores económicos.

Dentro de la metodología para poder generar las ortofotos, modelos digitales de elevación o curvas de nivel mediante drones o VANT, es necesario contar con una red de puntos de control geodésico, y así lograr para tener las precisiones requeridas.

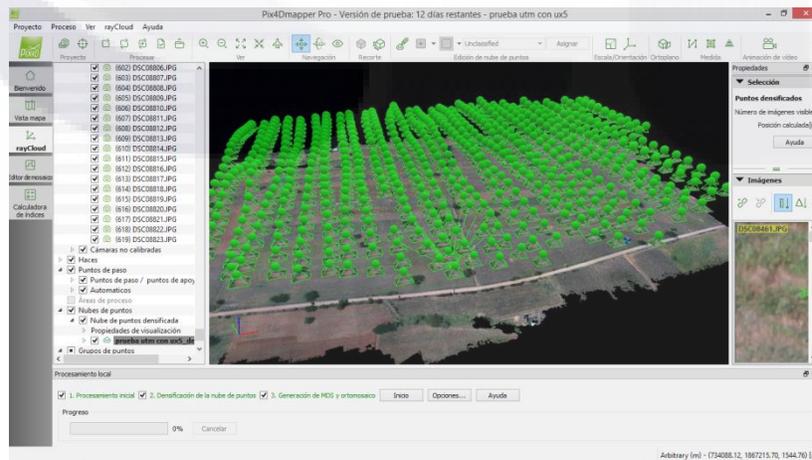


Figura 28.- Proceso de fotografía aérea mediante drones (VANT)

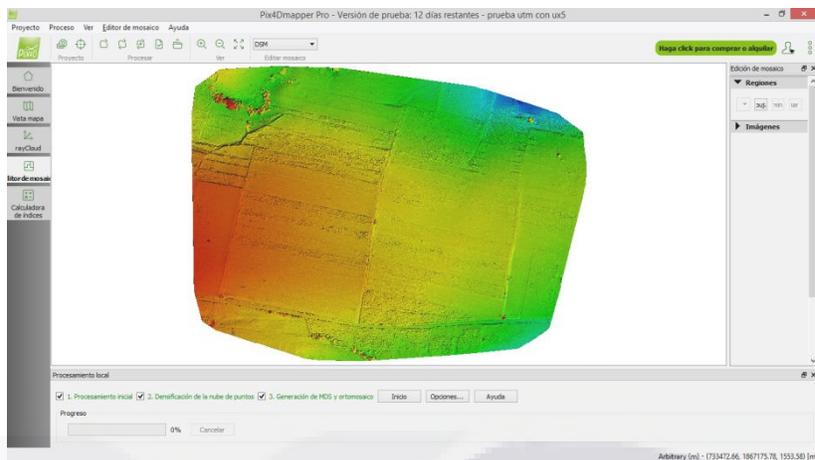


Figura 29.- MDE obtenido mediante fotografía aérea con drones (VANT)

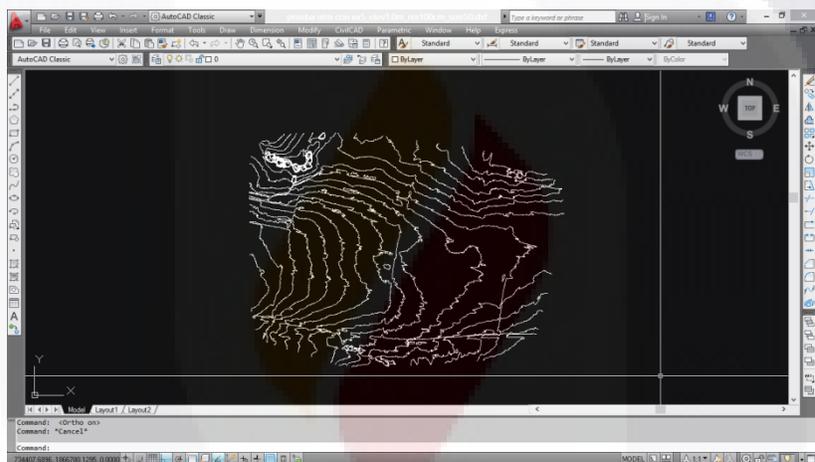


Figura 30.- Generación de curvas de nivel mediante fotogrametría con drones (VANT)

### 3.9. Descripción de brigadas de topografía.

Como se mencionó anteriormente la topografía es la técnica que estudia el conjunto de procedimientos para fijar posiciones de puntos sobre la superficie terrestre.

Dentro del ámbito de la construcción, se le llama brigada Topográfica a un equipo de trabajo, donde cada uno de estos puede realizar la supervisión topográfica de una obra, o un levantamiento topográfico y es supervisado por el coordinador de brigadas topográficas. Toda brigada topográfica deberá estar integrada por lo menos, por los siguientes elementos o personal de la brigada: Coordinador de brigadas topográficas, Topógrafo y cadeneros.

El Coordinador de Brigadas Topográficas es el responsable de las Brigadas Topográficas, y es quien procesa la información de campo. El Topógrafo es el técnico que realiza el trabajo de medición en campo y finalmente el cadenero es el ayudante de topógrafo.



Figura 31.- Brigada topográfica.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA UTILIZADA

### 4.1. Medición de la cartografía en campo.

Primeramente se instaló una red de puntos de control geodésico, la cual se ubicó en puntos estratégicos bien definidos y donde no se fueran a perder o dañar con facilidad. Esta red consta de 16 vértices, y estos están distribuidos a una distancia promedio de 800 metros separados entre sí, quedando todos ellos dentro del primer anillo (Avenida Alejandro de la Cruz) en la cabecera municipal de Jesús María. Los monumentos o testigos, estos están distribuidos en forma de retícula como se muestra en la figura 31. Todos se ligaron a la red Geodésica Nacional Activa de INEGI (RGNA) como lo establece la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

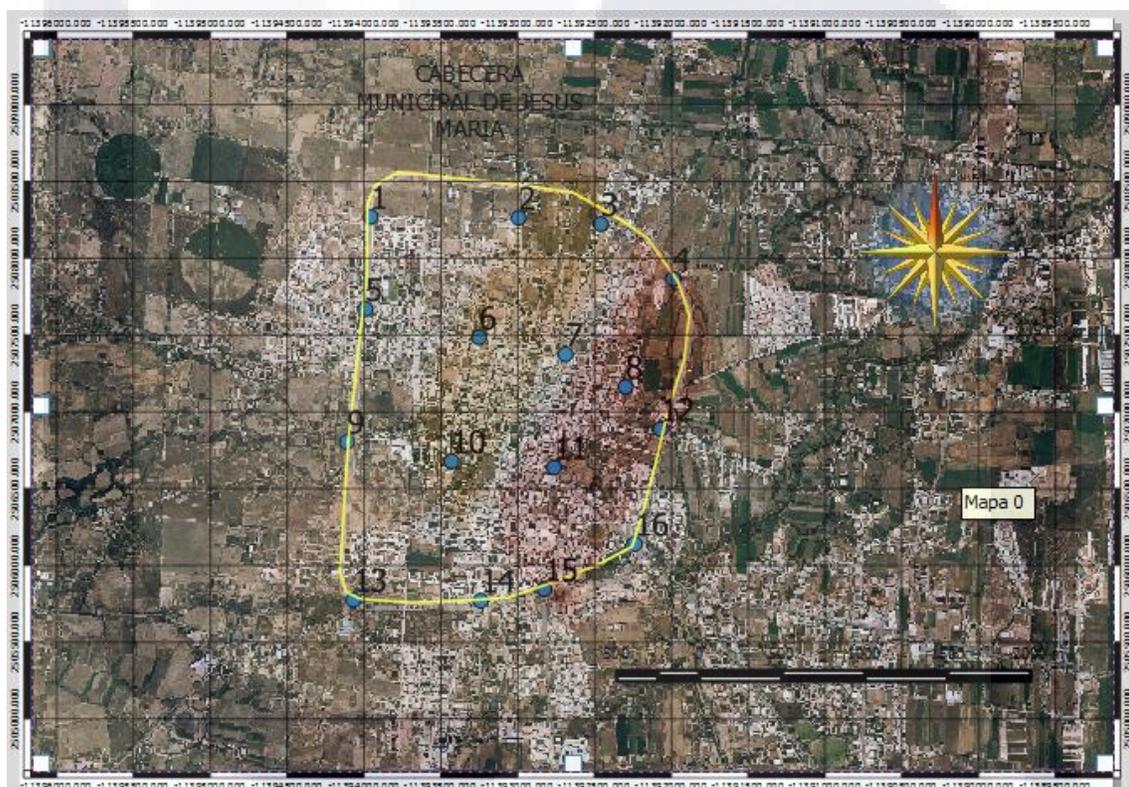


Figura 32.- Ubicación de la Red de Control Geodésico

La Red de puntos de control se ligó a la estación de referencia de nombre INEG, la cual pertenece a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA). Dicha estación se ubica en las instalaciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la Avenida Héroe de Nacozari en el municipio de Aguascalientes en el Estado de Aguascalientes.



Figura 33.- Imagen Satelital de la ubicación de las instalaciones de INEGI

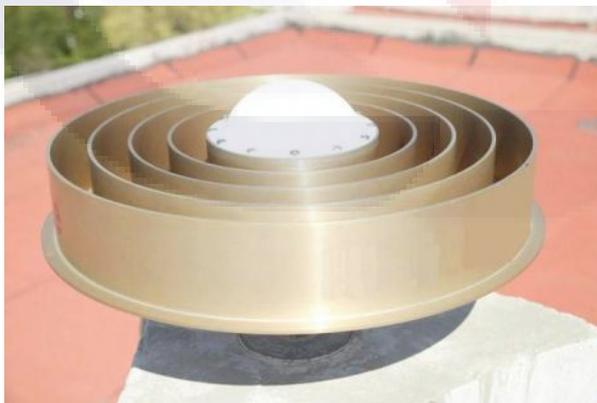


Figura 34.- Estación de referencia INEG de la red Geodésica Nacional Activa (RGNA).

Para poder generar la Cartografía como lo marca la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional se tomaron los siguientes valores de la antena.

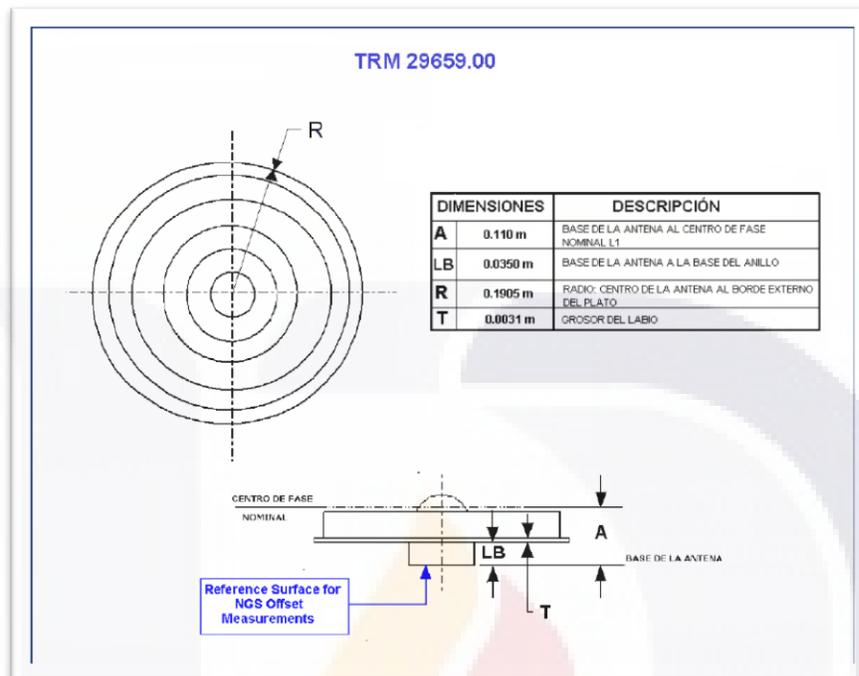


Figura 35.- Ficha Técnica de la antena de la Estación de referencia INEG.

### PLANOS DE TIERRA Y SEÑALES DE TRAYECTORIA MÚLTIPLE

- Las señales que llegan en ángulos pocos profundos tratan de crear ondas superficiales
- Deben eliminarse las señales debajo del horizonte

Las señales deseadas se señalan en verde, las no deseadas se muestran en rojo.

1) La antena Choke Ring debilita las señales de trayectoria múltiple

Figura 36.- Características de Funcionamiento de la antena Choke Ring de la Estación de referencia INEG.

Datos y Coordenadas de la Estación de referencia INEGI de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).



### Calendario GPS 2015

#### COORDENADAS GEODÉSICAS DE LAS ESTACIONES DE LA RGNA ( ITRF2008, ÉPOCA 2010.0)

Nombre de la Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura Geodésica (m)	Altura vertical de la Antena (m)	Receptor	Antena según fabricante	Antena según National Geodetic Survey
CHET	18 29 42.99641	88 17 57.20961	2.955	0.143	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
CHI3	28 39 43.89326	106 05 12.26387	1413.187	0.234	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
COL2	19 14 39.99474	103 42 06.78208	528.784	0.160	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
CULC	24 47 42.30742	107 24 45.34764	36.138	0.146	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
HER2	29 05 33.16844	110 58 01.97610	186.949	0.230	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
ICAM	19 51 12.44688	90 31 38.90207	2.587	0.136	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
ICEP	19 01 58.88475	98 11 15.35143	2150.327	0.214	Z-Xtreme	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
IDGO	24 04 02.83116	104 36 25.48267	1863.116	0.199	ZXII	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
IITJ	20 41 04.21961	103 26 45.74239	1656.986	0.102	4400	Permanent L1/L2	TRM 23903.00
IMIE	31 51 42.69707	116 36 58.81264	-22.222	0.137	Net R9	Zephyr Geodetic II	TRM 55971.00
IMIP	31 44 41.75718	106 26 45.12587	1113.428	0.299	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
INEG	21 51 22.15280	102 17 03.13231	1887.823	0.180	5700	Choke Ring	TRM 29659.00
IPAZ	24 08 42.97974	110 19 50.67946	-14.835	0.156	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
ITUX	16 44 57.93358	93 07 18.34465	551.777	0.143	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
IZAC	22 46 41.31955	102 36 45.80515	2427.673	0.172	ZXII	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
MERI	20 58 48.16346	89 37 13.14324	7.863	0.135	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
MEXI**	32 37 58.77103	115 28 32.53523	-22.427	0.137	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
MTY2	25 42 55.82372	100 18 46.46275	521.741	0.139	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
OAX2	17 04 42.02383	96 43 00.26225	1607.262	0.185	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
TAMP	22 16 41.95540	97 51 50.49882	21.050	0.148	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
TOL2	19 17 35.64347	99 38 36.50048	2651.730	0.148	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
UGTO	21 00 09.75456	101 16 17.99246	2062.282	0.121	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00
UQRO	20 35 28.09773	100 24 45.69377	1817.973	0.177	ZXII	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
USLP	22 08 39.23888	101 00 56.40743	1892.858	0.195	ZXII	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
UVER	19 09 55.68003	96 06 51.67505	3.212	0.181	ZXII	L1/L2 Geodetic	ASH 700228 D
VIL2	17 59 25.47838	92 55 51.95484	27.744	0.124	5700	Zephyr Geodetic	TRM 41249.00

Actualización: 1 de enero de 2015.

Figura 37.- Calendario ITRF2008 época 2010

Para obtener la precisión máxima de las estaciones utilizadas en la red de puntos de control geodésico se utilizó el método de medición GPS diferencial estático. En este procedimiento se usan dos o más receptores. El proceso comienza con un receptor llamado *receptor base* situado en una estación de control existente (coordenadas conocidas), mientras que los receptores restantes llamados *receptores móviles* ocupan estaciones con coordenadas desconocidas. Para la primera sesión de observación, se hacen observaciones simultáneas desde todas las estaciones a cuatro o más satélites durante una hora o más, dependiendo la longitud de la línea base.

El equipo GPS utilizado para realizar la red de puntos control geodésico fue un equipo de doble frecuencia marca ASTECH modelo Promark 500.



Figura 38.- Equipo GPS marca Astech modelo Promark 500 de doble frecuencia

#### 4.2. Descarga de los datos obtenidos en campo, posproceso mediante el Software GNSS solutions y levantamiento en modo RTK.

Una vez realizado, posicionado y revisado la elevación de la red de puntos de control geodésico se descargaron los datos de archivos crudos GPS al software GNSS solutions de la marca Magellan, y para llevar a cabo la liga a la Red Geodésica Nacional se descargaron los archivos RINEX de la página de INEGI como lo establece la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

RINEX son las siglas en inglés de "Receiver Independent Exchange". Este es un formato archivo de ficheros de texto orientado a almacenar, de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegación por satélite como lo es el GPS.



Figura 39.- Imagen de la descarga en línea en la página web de INEGI de los archivos RINEX

El Software GNSS Solutions es una herramienta indispensable para todos los archivos crudos de GPS y componentes de post-procesamiento que proporciona resultados óptimos a partir de cualquier combinación de datos estáticos, estáticos rápidos o cinemáticos. La capacidad de manejo tanto en tiempo real y post-procesado de datos en un solo proyecto abre nuevos horizontes para el manejo de datos en los sistemas de información geográfica (SIG).

En el reporte del posproceso del software GNSS solutions nos da como resultado; la precisión de los datos obtenidos, la hora de inicio y termino, los puntos de control, puntos registrados, los archivos crudos procesados, las ocupaciones, los vectores generados y su PDOP.

A continuación se presenta el informe que generado por el software GNSS solutions:

## Vista de *levantamiento*

GNSS Solutions, Copyright © 2007 Magellan Navigation, Inc. 03/02/2015 08:06:48 p. m.  
[www.pro.magellanGPS.com](http://www.pro.magellanGPS.com)

Nombre del proyecto: GIS JM 261114  
Sistema de referencia espacial: UTM/WGS 84/UTM zone 13N  
Zona horaria: (UTC-06:00) Guadalajara, Ciudad de México, Monterrey  
Unidades lineales: Metros

### Resumen del sistema de coordenadas

#### Sistema de coordenadas

**Nombre:** UTM/WGS 84/UTM zone 13N  
**Tipo:** Projectado  
**Nombre de la unidad:** Metros  
**Metros por unidad:** 1  
**Datum vertical:** Elipsoide  
**Unidad vertical :** Metros  
**Metros por unidad:** 1

#### Datum

**Nombre:** WGS 84  
**Nombre del elipsoide:** WGS 84  
**Semieje mayor:** 6378137.000 m  
**Inversa aplastamiento:** 298.257223563  
**DX a WGS84:** 0.0000 m  
**DY a WGS84:** 0.0000 m  
**DY a WGS84:** 0.0000 m  
**RX a WGS84:** -0.000000 "  
**RY a WGS84:** -0.000000 "  
**RZ a WGS84:** -0.000000 "  
**ppm a WGS84:** 0.000000000000

#### Proyección

**Clase de proyección:** Transverse\_Mercator  
**latitude\_of\_origin** 0° 00' 00.000000"N  
**central\_meridian** 105° 00' 00.000000"W  
**scale\_factor** 0.999600000000  
**false\_easting** 500000.000 m  
**false\_northing** 0.000 m

### Puntos de control

<u>Nombre</u>		<u>Componentes</u>	<u>95% Error</u>	<u>Estado</u>
<u>Error de control</u>				
BASE01	Este	770360.341	0.000	FIJO
	Norte	2431133.072	0.000	FIJO
	Altura elipse	1975.616	0.000	FIJO

### Puntos registrados

<u>Nombre</u>		<u>Componentes</u>	<u>95% Error</u>	<u>Estado</u>
MOV07	Este	773253.967	0.006	Ajustado
	Norte	2430829.100	0.006	Ajustado
	Altura elipse	1876.000	0.006	Ajustado
MOV08	Este	773157.496	0.005	Ajustado
	Norte	2430829.685	0.004	Ajustado
	Altura elipse	1871.386	0.007	Ajustado
MOV09	Este	773211.043	0.006	Ajustado
	Norte	2429879.608	0.005	Ajustado
	Altura elipse	1865.826	0.008	Ajustado
MOV10	Este	773982.926	0.007	Ajustado
	Norte	2429887.533	0.008	Ajustado
	Altura elipse	1855.205	0.008	Ajustado
MOV11	Este	774364.646	0.008	Ajustado
	Norte	2429963.170	0.008	Ajustado
	Altura elipse	1848.885	0.009	Ajustado
MOV12	Este	774907.609	0.008	Ajustado
	Norte	2430245.616	0.007	Ajustado
	Altura elipse	1844.256	0.012	Ajustado
MOV13	Este	775052.669	0.010	Ajustado
	Norte	2430939.099	0.009	Ajustado
	Altura elipse	1846.859	0.009	Ajustado
MOV14	Este	774410.842	0.007	Ajustado
	Norte	2430696.745	0.008	Ajustado
	Altura elipse	1852.789	0.009	Ajustado
MOV15	Este	773791.688	0.006	Ajustado
	Norte	2430723.576	0.005	Ajustado
	Altura elipse	1860.768	0.009	Ajustado

### Archivos

<u>Tipo</u>	<u>Nombre</u>	<u>Hora inicial</u>	<u>Muestreo</u>	<u>Generaciones</u>	<u>Tamaño (KB)</u>	
GPS/WAAS	G1034A14.330	14/11/26 10:19	1	19267	21169	L1/L2
L1/L2 GPS	GZAC2A14.330	14/11/26 10:35	5	340	320	
L1/L2 GPS	GZAC2B14.330	14/11/26 11:09	5	286	297	
L1/L2 GPS	GZAC2C14.330	14/11/26 11:37	5	355	366	
L1/L2 GPS	GZAC2D14.330	14/11/26 12:10	5	336	268	

L1/L2	GPS	GZAC2E14.330	14/11/26 12:43	5	320	261
L1/L2	GPS	GZAC2F14.330	14/11/26 13:14	5	318	269
L1/L2	GPS	GZAC2G14.330	14/11/26 13:54	5	323	215
L1/L2	GPS	GZAC2H14.330	14/11/26 14:26	5	337	284
L1/L2	GPS	GZAC2I14.330	14/11/26 15:00	5	311	262

## Ocupaciones

Archivo	Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo
G1034A14.330	BASE01	26 noviembre 2014 10:19:52.00	05:21:25.00	Static
GZAC2A14.330	MOV07	26 noviembre 2014 10:35:55.00	00:28:15.00	Static
GZAC2B14.330	MOV08	26 noviembre 2014 11:09:20.00	00:24:05.00	Static
GZAC2C14.330	MOV09	26 noviembre 2014 11:37:25.00	00:29:45.00	Static
GZAC2D14.330	MOV10	26 noviembre 2014 12:10:50.00	00:28:30.00	Static
GZAC2E14.330	MOV11	26 noviembre 2014 12:43:10.00	00:26:35.00	Static
GZAC2F14.330	MOV12	26 noviembre 2014 13:14:00.00	00:26:50.00	Static
GZAC2G14.330	MOV13	26 noviembre 2014 13:54:55.00	00:26:50.00	Static
GZAC2H14.330	MOV14	26 noviembre 2014 14:26:45.00	00:28:00.00	Static
GZAC2I14.330	MOV15	26 noviembre 2014 15:00:25.00	00:25:50.00	Static

## Procesos

Modo	Referencia NUM	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	remoto
1	BASE01	G1034A14.330	MOV07	GZAC2A14.330	Estático
2	BASE01	G1034A14.330	MOV14	GZAC2H14.330	Estático
3	BASE01	G1034A14.330	MOV13	GZAC2G14.330	Estático
4	BASE01	G1034A14.330	MOV12	GZAC2F14.330	Estático
5	BASE01	G1034A14.330	MOV11	GZAC2E14.330	Estático
6	BASE01	G1034A14.330	MOV10	GZAC2D14.330	Estático
7	BASE01	G1034A14.330	MOV09	GZAC2C14.330	Estático
8	BASE01	G1034A14.330	MOV08	GZAC2B14.330	Estático
9	BASE01	G1034A14.330	MOV15	GZAC2I14.330	Estático

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector Longitud	95% Error		Vector Componentes	95% Error	SV	PDOP	QA
<b>Solución</b>								
BASE01 - MOV15	3456.864	0.017	X	3328.948	0.007	8	1.8	
Fijo								
14/11/26 15:00			Y	-800.099	0.007			
			Z	-477.339	0.007			
BASE01 - MOV08	2814.896	0.014	X	2718.720	0.006	10	1.9	
Fijo								
14/11/26 11:09			Y	-631.746	0.006			
			Z	-364.826	0.006			
BASE01 - MOV09	3115.386	0.015	X	2680.032	0.006	10	1.7	
Fijo								
14/11/26 11:37			Y	-981.865	0.006			
			Z	-1248.598	0.006			
BASE01 - MOV10	3831.799	0.019	X	3435.569	0.008	8	1.8	
Fijo								
14/11/26 12:10			Y	-1139.294	0.008			
			Z	-1257.598	0.008			
BASE01 - MOV11	4172.726	0.020	X	3816.365	0.008	7	1.8	
Fijo								
14/11/26 12:43			Y	-1190.234	0.008			
			Z	-1195.969	0.008			
BASE01 - MOV12	4633.905	0.023	X	4374.087	0.009	8	1.7	
Fijo								
14/11/26 13:14			Y	-1203.415	0.009			
			Z	-944.579	0.009			
BASE01 - MOV13	4697.071	0.023	X	4582.186	0.009	7	1.9	
Fijo								
14/11/26 13:54			Y	-987.027	0.010			
			Z	-303.023	0.009			
BASE01 - MOV14	4074.903	0.020	X	3931.676	0.008	8	2.1	
Fijo								
14/11/26 14:26			Y	-938.820	0.008			
			Z	-515.147	0.008			
BASE01 - MOV07	2937.072	0.014	X	2889.411	0.006	8	2.1	
Fijo								
14/11/26 10:35			Y	-367.791	0.006			
			Z	377.393	0.006			

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud	Longitud Resid.		Vector Componentes	Tau Resid.	Prueba	QA
BASE01 - MOV15	3456.864	0.000	X	3328.948	0.000		
14/11/26 15:00			Y	-800.099	0.000		
			Z	-477.339	0.000		
BASE01 - MOV08	2814.896	0.000	X	2718.720	0.000		
14/11/26 11:09			Y	-631.746	0.000		
			Z	-364.826	0.000		
BASE01 - MOV09	3115.386	0.000	X	2680.032	0.000		
14/11/26 11:37			Y	-981.865	0.000		
			Z	-1248.598	0.000		
BASE01 - MOV10	3831.799	0.000	X	3435.569	0.000		
14/11/26 12:10			Y	-1139.294	0.000		

				Z	-1257.598	0.000
BASE01 - MOV11	4172.726	0.000	X	3816.365	0.000	
14/11/26 12:43			Y	-1190.234	0.000	
			Z	-1195.969	0.000	
BASE01 - MOV12	4633.905	0.000	X	4374.087	0.000	
14/11/26 13:14			Y	-1203.415	0.000	
			Z	-944.579	0.000	
BASE01 - MOV13	4697.071	0.000	X	4582.186	0.000	
14/11/26 13:54			Y	-987.027	0.000	
			Z	-303.023	0.000	
BASE01 - MOV14	4074.903	0.000	X	3931.676	0.000	
14/11/26 14:26			Y	-938.820	0.000	
			Z	-515.147	0.000	
BASE01 - MOV07	2937.072	0.000	X	2889.411	0.000	
14/11/26 10:35			Y	-367.791	0.000	
			Z	377.393	0.000	

Como podemos observar en el informe nos indica si nuestro levantamiento con equipo GPS fue correcto y nos indica su precisión obtenida de los datos posicionados.

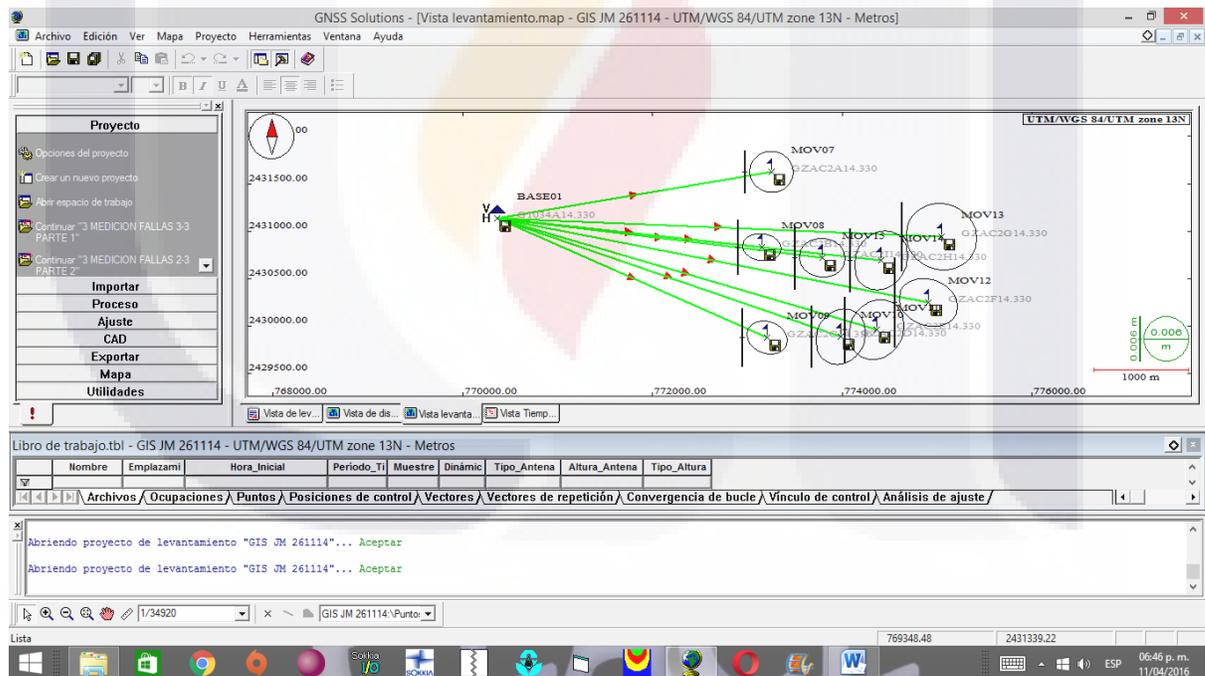


Figura 40.- Procesamiento en el Software GNSS solutions

Finalmente, una vez obtenida la red de puntos de control geodésico y revisada su elevación se realizó el levamiento de las fallas con equipo GPS en modo RTK. El equipo utilizado para el levantamiento de la cartografía fue un GPS marca Sokkia modelo GRX-1 y GRX-2 de doble frecuencia. Para poder realizar el modo de medición RTK, se colocó el equipo base en los vértices de los puntos de control, donde ahí se le introduce las coordenadas ya conocidas y que estas ya están corregidas y que se ligaron a la RGNA, una vez realizado esto se configuran los radios ya sean internos o externos de los equipos, para poder ligar en tiempo real la base con el móvil y así poder realizar nuestro levantamiento en este modo de medición.



Figura 41.- Equipo GPS marca Sokkia modelo GRX-1



Figura 42.- Levantamiento de las fallas con Equipo GPS en RTK

#### 4.3. Formato utilizado para importar a QGIS y SURFER.

El software QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es un software para elaborar Sistemas de Información Geográfica. Es un software de código abierto o llamado también software Open Source. Este software puede ser modificado libremente de tal manera que pueda realizar diferentes y más especializadas funcionalidades.

El software QGIS es una de las herramientas más utilizadas hoy en día, y es un software de licencia libre que ha mostrado una gran potencialidad y está revolucionando la forma de entender los Sistemas de Información Geográfica.

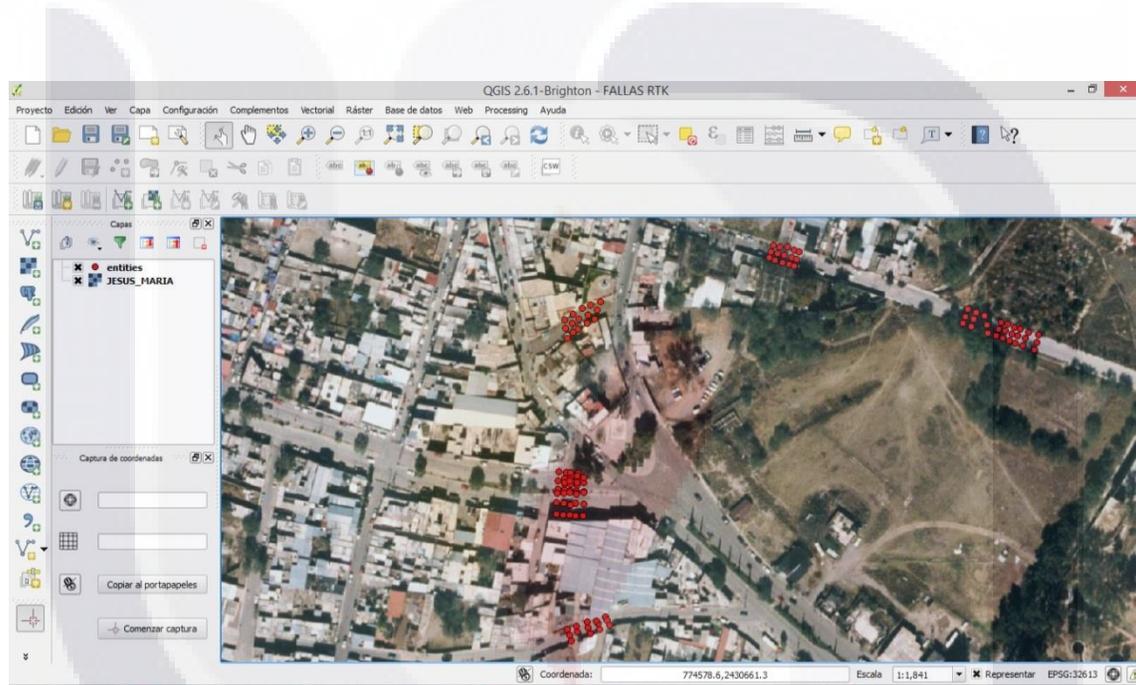


Figura 43.- imagen de software QGIS

El software de código abierto u OS (Open Source) por sus siglas en inglés es un software gratuito y puede ser modificado ya que su código fuente es liberado junto con el ejecutable. Es importante distinguir entre el software Open Source, que dispone de la mencionada característica de presentar su código abierto, y el software libre (que puede descargarse y distribuirse de manera gratuita). Existe software libre que no brinda acceso al código (y que, por lo tanto, no puede considerarse como open Source), y programas Open Source que se distribuyen de manera comercial o que requieren de una autorización para ser modificados.

Pese a que ambas nociones suelen confundirse, por lo general la idea de Open Source está vinculada a una filosofía de trabajo conjunto sobre los programas informáticos.

Cuando se brinda acceso al código fuente, la comunidad de programadores puede hacer sus aportes para solucionar eventuales fallos, incrementar la usabilidad y mejorar el programa a nivel general.

Open Source o código abierto, es la expresión con la que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente. Es decir este tipo de software se puede utilizar, modificar y distribuir libremente.

### Formatos para importar los datos obtenidos del posproceso

Para ingresar los datos a este tipo de software se requiere que estos estén en ciertos formatos de archivos. Para este trabajo, y poder ingresar las coordenadas al QGIS se utilizó el formato \*.CSV. Este tipo de archivos es un archivo de datos en formato de valores delimitado por comas que es muy fácil de generar.

A continuación se describe de manera simple como realizamos la conversión de los archivos que nos arroja el software del GNSS Solutions y como lo convertimos al archivo .CSV.

Los resultados que nos genera el software GNSS es un listado de coordenadas x,y,z (Este, Norte y altura elipsoidal) indicando la zona UTM, y estas son de texto o dxf, para este ejemplo tomaremos el archivo de texto, como se muestra en la figura siguiente:

#### Puntos de control

Nombre	Componentes	95% Error	Estado	
<u>Error de control</u>				
<u>BASE01</u>	Este	770360.341	0.000	FIJO
	Norte	2431133.072	0.000	FIJO
	Altura elipse	1975.616	0.000	FIJO

#### Puntos registrados

Nombre	Componentes	95% Error	Estado	
<u>MOV07</u>				
	Este	773253.967	0.006	Ajustado
	Norte	2431630.100	0.006	Ajustado
	Altura elipse	1876.000	0.006	Ajustado
<u>MOV08</u>				
	Este	773157.496	0.005	Ajustado
	Norte	2430829.685	0.004	Ajustado
	Altura elipse	1871.386	0.007	Ajustado
<u>MOV09</u>				
	Este	773211.043	0.006	Ajustado
	Norte	2429879.608	0.005	Ajustado
	Altura elipse	1865.826	0.008	Ajustado
<u>MOV10</u>				
	Este	773982.926	0.007	Ajustado
	Norte	2429887.533	0.008	Ajustado
	Altura elipse	1855.205	0.008	Ajustado

Tabla 3.- Datos obtenidos con el software GNSS Solutions

Una vez obtenidos los datos como se muestra en la figura anterior le damos el siguiente formato en el software Excel de office como se muestra en la siguiente figura:

PUNTO	N	E	Z 1	N	E	Z2	N	E	Z3
1	2432185.563	773275.107	1889.976	2432185.563	773275.107	1889.976	2432185.563	773275.107	1889.976
2	2432194.465	774171.485	1881.029	2432194.479	774171.490	1881.040	2432194.472	774171.487	1881.058
3	2432166.182	774668.508	1871.728	2432166.166	774668.496	1871.715	2432166.165	774668.496	1871.693
4	2431844.478	775111.669	1852.565	2431844.478	775111.690	1852.520	2431844.467	775111.658	1852.442
5	2431630.100	773253.967	1876.000	2431630.083	773254.115	1875.978	2431630.089	773254.096	1875.941
6	2431471.355	773944.235	1872.536	2431471.352	773944.218	1872.533	2431471.357	773944.207	1872.527
7	2431379.132	774468.869	1868.484	2431379.165	774468.861	1868.473	2431379.153	774468.868	1868.454
8	2431190.191	774835.238	1854.206	2431190.218	774835.259	1854.169	2431190.189	774835.247	1854.109
9	2430829.685	773157.496	1871.386	2430829.671	773157.503	1871.363	2430829.685	773157.487	1871.324
10	2430723.576	773791.688	1860.768	2430723.558	773791.695	1860.777	2430723.568	773791.666	1860.791
11	2430696.745	774410.842	1852.789	2430696.723	774410.840	1852.797	2430696.723	774410.818	1852.810
12	2430939.099	775052.669	1846.879	2430939.080	775052.707	1846.890	2430939.096	775052.672	1846.907
13	2429879.608	773211.043	1865.826	2429879.645	773211.069	1865.815	2429879.645	773211.069	1865.796
14	2429887.533	773982.926	1855.205	2429887.547	773982.914	1855.179	2429887.553	773982.900	1855.134
15	2429963.170	774364.646	1848.885	2429963.178	774364.625	1848.846	2429963.168	774364.626	1848.780
16	2430245.616	774907.609	1844.256	2430245.612	774907.605	1844.218	2430245.625	774907.606	1844.154

Tabla 4.- Formato en Excel para poder convertir en archivo csv.

Una vez teniendo este formato lo que procedemos realizar al momento de guardar el archivo es que le vamos a indicar en Excel que lo guarde como tipo de archivo CSV como se muestra en la figura siguiente:

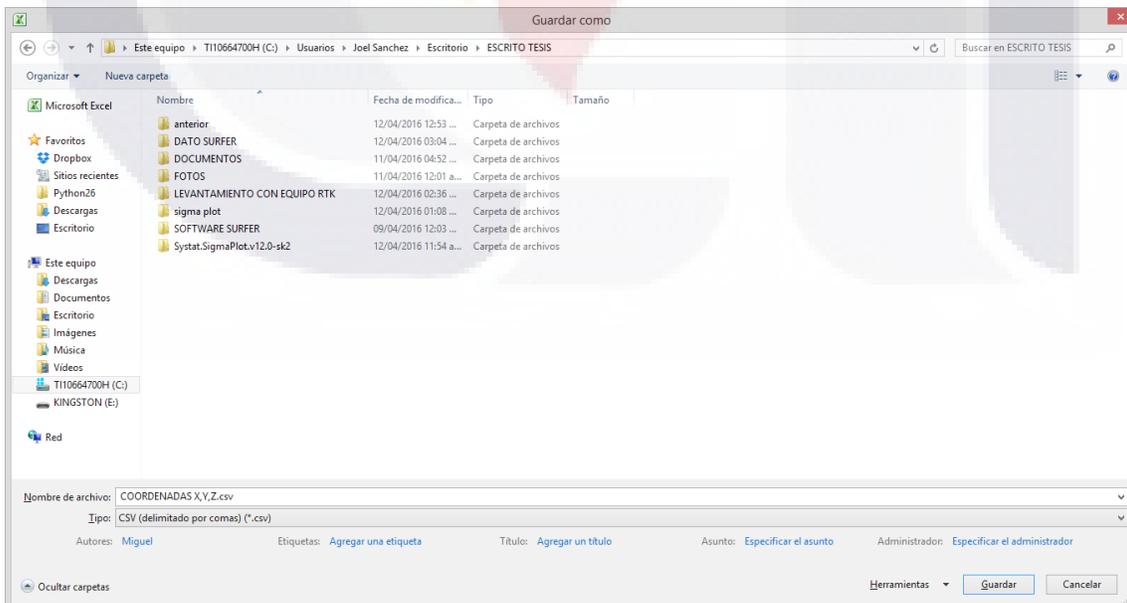


Figura 44.- Datos guardado en tipo de archivo CSV.

Finalmente este tipo de archivo es el que utilizamos tanto en el software QGIS como en el software SURFER.

**4.4. Procesamiento de los datos de monitoreo en software SURFER.**

Para el procesamiento de las coordenadas obtenidas de la red de puntos de control geodésico se utilizó el software SURFER, el cual a partir de las coordenadas (X, Y, Z) interpola los datos y genera un archivo \*.grd (un grid o arreglo de valores X,Y equiespaciados). A partir del grid se puede obtener curvas de nivel, modelos en 3D (tres dimensiones), generar mapas y hasta realizar operaciones entre los grids obtenidos.

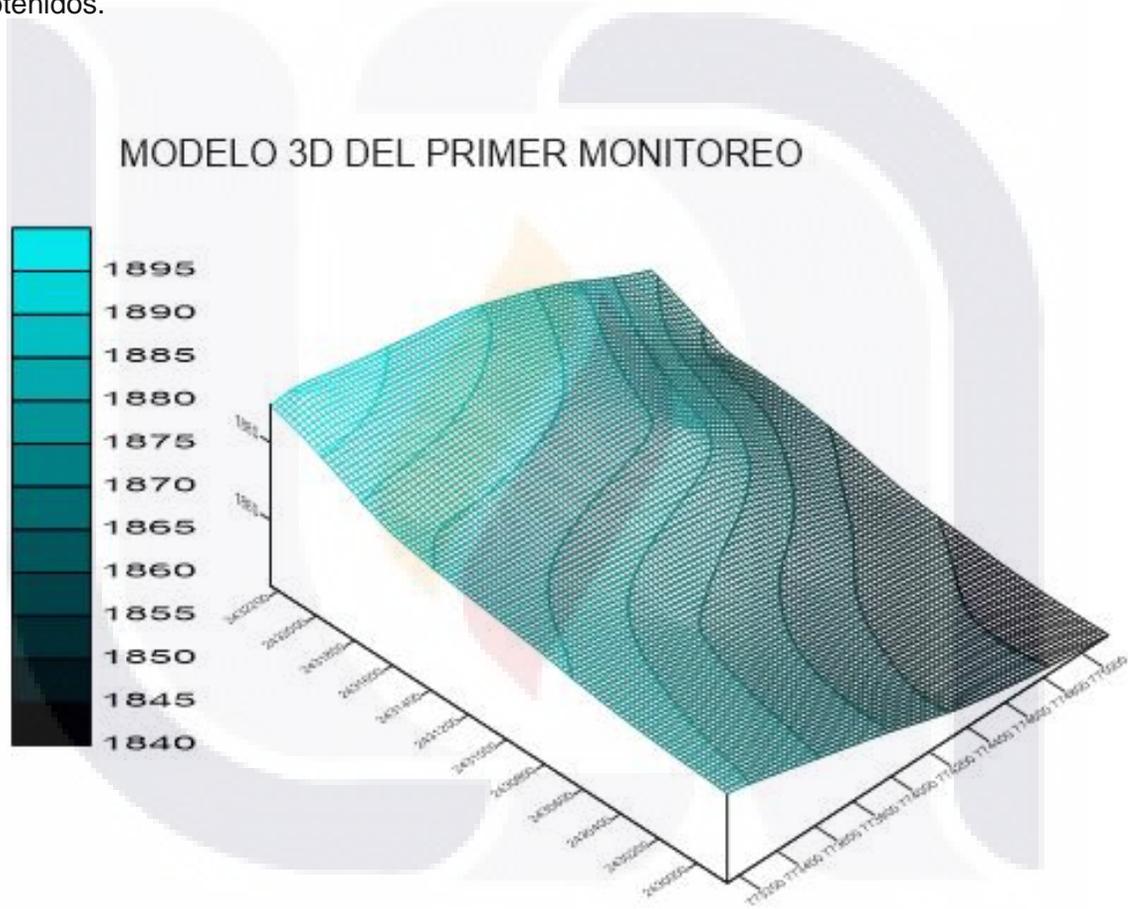


Figura 45.- Modelo 3D a partir del software SURFER

El software SURFER es un programa para elaborar mapas en base a información de coordenadas con valores x,y,z, y lo que nos genera la integración de dos o más mapas, y a su vez realiza cálculos vectoriales en base a estos valores. Este software es de tipo comercial. Una vez obtenido las coordenadas x,y,z (puntos de control

geodésico), del monitoreo en los tres periodos generamos los siguientes mapas de desplazamientos con este software.

En la tabla No. 5 y el mapa de la figura No. 45 se presentan los datos obtenidos y procesados del primer monitoreo realizado en el mes de Noviembre de 2014.

PUNTO	N(metros)	E(metros)	Z NOVIEMBRE 2014 (metros)
1	2432185.563	773275.107	1889.976
2	2432194.465	774171.485	1881.029
3	2432166.182	774668.508	1871.728
4	2431844.478	775111.669	1852.565
5	2431630.100	773253.967	1876.000
6	2431471.355	773944.235	1872.536
7	2431379.132	774468.869	1868.484
8	2431190.191	774835.238	1854.206
9	2430829.685	773157.496	1871.386
10	2430723.576	773791.688	1860.768
11	2430696.745	774410.842	1852.789
12	2430939.099	775052.669	1846.879
13	2429879.608	773211.043	1865.826
14	2429887.533	773982.926	1855.205
15	2429963.170	774364.646	1848.885
16	2430245.616	774907.609	1844.256

Tabla 5.- Coordenadas obtenidas del primer monitoreo (Fecha)

PRIMER MONITOREO NOVIEMBRE 2014

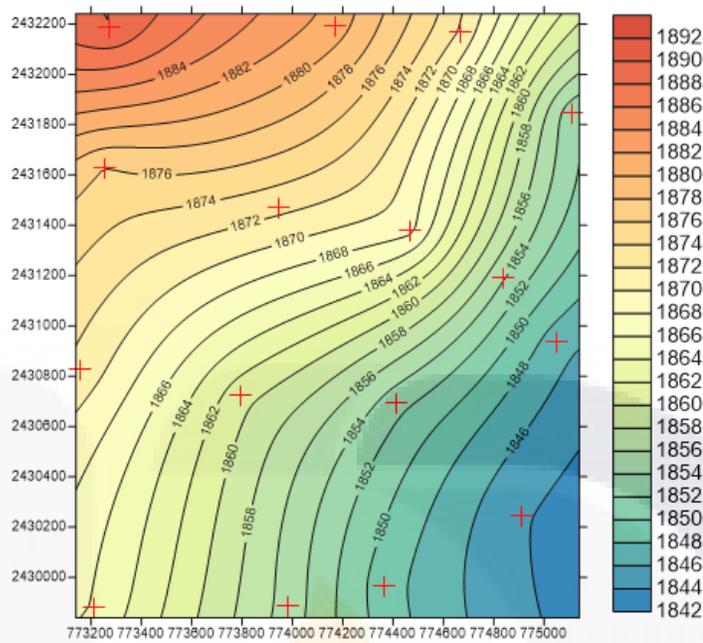


Figura 46.- Valores en mapa del primer monitoreo (Fecha)

En la tabla No. 6 y en el mapa de la figura No. 46 se presentan los datos obtenidos y procesados del segundo monitoreo y que este se realizó en el mes de Abril de 2015.

SEGUNDO MONITOREO DE LA RED DE CONTROL GEODÉSICO

PUNTO	N(metros)	E(metros)	Z ABRIL 2015 (metros)
1	2432185.563	773275.107	1889.976
2	2432194.479	774171.490	1881.040
3	2432166.166	774668.496	1871.715
4	2431844.478	775111.690	1852.520
5	2431630.083	773254.115	1875.978
6	2431471.352	773944.218	1872.533
7	2431379.165	774468.861	1868.473
8	2431190.218	774835.259	1854.169
9	2430829.671	773157.503	1871.363
10	2430723.558	773791.695	1860.777
11	2430696.723	774410.840	1852.797
12	2430939.080	775052.707	1846.890
13	2429879.645	773211.069	1865.815
14	2429887.547	773982.914	1855.179
15	2429963.178	774364.625	1848.846
16	2430245.612	774907.605	1844.218

Tabla 6 Coordenadas obtenidas del segundo monitoreo (Fecha)

SEGUNDO MONITOREO ABRIL 2015

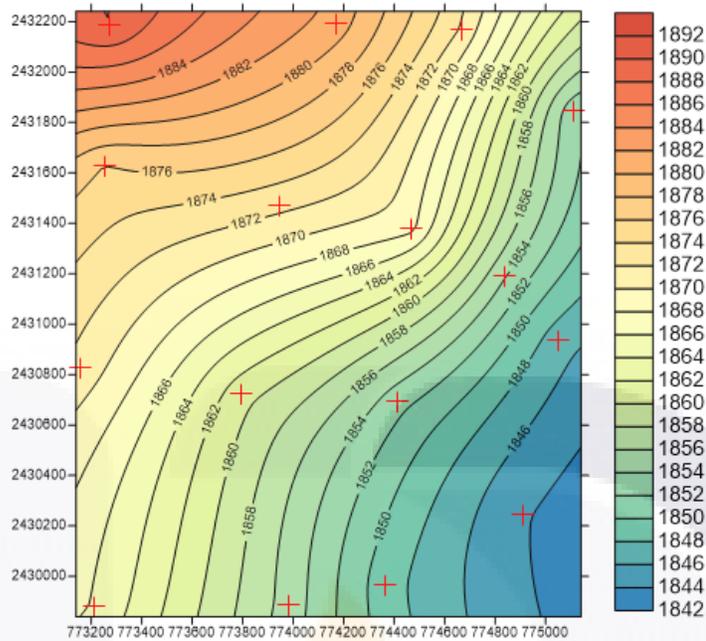


Figura 47.- Valores en mapa del segundo monitoreo (Fecha)

Finalmente se muestra en la tabla No. 7 y en el mapa de la figura No. 47 se presentan los datos obtenidos y procesados del tercer y último monitoreo y que este se realizó en el mes de Febrero de 2016.

TERCER MONITOREO DE LA RED DE CONTROL GEODÉSICO

PUNTO	N(metros)	E(metros)	Z FEBRERO 2016 (metros)
1	2432185.563	773275.107	1889.976
2	2432194.472	774171.487	1881.058
3	2432166.165	774668.496	1871.693
4	2431844.467	775111.658	1852.442
5	2431630.089	773254.096	1875.941
6	2431471.357	773944.207	1872.527
7	2431379.153	774468.868	1868.454
8	2431190.189	774835.247	1854.109
9	2430829.685	773157.487	1871.324
10	2430723.568	773791.666	1860.791
11	2430696.723	774410.818	1852.810
12	2430939.096	775052.672	1846.907
13	2429879.645	773211.069	1865.796
14	2429887.553	773982.900	1855.134
15	2429963.168	774364.626	1848.780
16	2430245.625	774907.606	1844.154

Tabla 7.- Coordenadas obtenidas del tercer monitoreo (fecha)

TERCER MONITOREO FEBRERO 2016

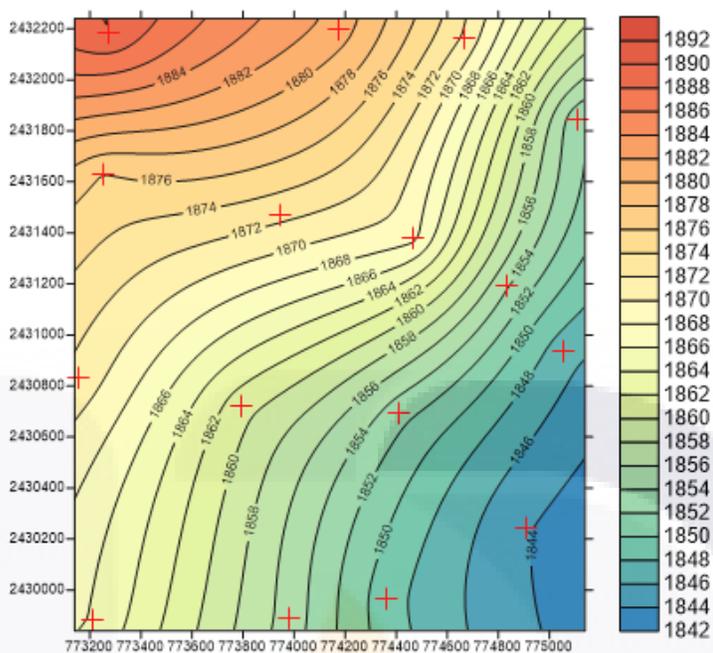


Figura 48.- Valores en mapa del tercer monitoreo (fecha)

**CAPITULO V: RESULTADOS**

**5.1. Ubicación de la red de puntos de control geodésico en la zona de estudio.**

En el mapa de la figura No. 48 se muestra los dieciséis vértices de la red de puntos de control geodésico que se realizó. Todos los vértices se encuentran dentro del primer anillo de la cabecera municipal de Jesús María, en lugares estratégicos, para que no sean removidos con facilidad, y puedan seguir usándose para el monitoreo de las deformaciones del terreno.



Figura 49.- Ubicación de la red de puntos de control en la zona de estudio.

## 5.2. Resultado de la red de puntos de control geodésico ligada a la RGNA de INEGI en la zona de estudio.

En la tabla No. 8 se muestra las coordenadas obtenidos para la red de puntos de control geodésico ligada a la red geodésica nacional activa de INEGI en el Datum ITRF2008 época 2010. El procedimiento para la determinación de las coordenadas se realizó como lo establece la norma técnica del sistema geodésico Nacional publicada el 23 de Diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación.

### COORDENADAS DE LA RED DE PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO

VÉRTICE	NORTE (Y) (metros)	ESTE (X) (metros)	ELEVACIÓN (Z) (metros)
1	2,432,185.563	773,275.107	1,889.976
2	2,432,194.472	774,171.487	1,881.058
3	2,432,166.165	774,668.496	1,871.693
4	2,431,844.467	775,111.658	1,852.442
5	2,431,630.089	773,254.096	1,875.941
6	2,431,471.357	773,944.207	1,872.527
7	2,431,379.153	774,468.868	1,868.454
8	2,431,190.189	774,835.247	1,854.109
9	2,430,829.685	773,157.487	1,871.324
10	2,430,723.568	773,791.666	1,860.791
11	2,430,696.723	774,410.818	1,852.810
12	2,430,939.096	775,052.672	1,846.907
13	2,429,879.645	773,211.069	1,865.796
14	2,429,887.553	773,982.900	1,855.134
15	2,429,963.168	774,364.626	1,848.780
16	2,430,245.625	774,907.606	1,844.154

Tabla 8.- Coordenadas de la red de puntos de control geodésico.

### 5.3. Resultados de la nivelación diferencial o directa

Una vez obtenido la red de puntos de control geodésico con sus coordenadas x,y,z en UTM, se revisó la elevación o coordenada z. Esto se hizo mediante una nivelación diferencial o directa con dos equipos a la par. El equipo usado fue un nivel electrónico marca Sokkia modelo SDL 30 y un nivel automático marca Sokkia modelo C30.

La revisión se realizó mediante dos brigadas topográficas trabajando conjuntamente pero de manera individual al calcular las elevaciones de los puntos medidos. La brigada topográfica No. 1 utilizó un nivel automático y el levantamiento lo realizó a la manera tradicional, anotando los datos en una libreta de nivel, calculándolos mediante sumas y restas en el sitio de trabajo. La brigada topográfica No. 2 realizó el levantamiento utilizando un nivel electrónico. Donde el cálculo de las mediciones las obtenemos mediante un microprocesador integrado en este equipo y mediante el estadal que es un código de barras, el resultado obtenido es una elevación o cota que se presenta en la pantalla del mismo. Ambas brigadas al momento de obtener el resultado de forma individual, lo revisaron y lo cotejaron directamente en campo al momento de la medición de cada punto, si los resultados eran iguales o estaban dentro de la tolerancia requerida, se procedía a la medición del siguiente punto. Si el resultado de las mediciones era diferente, se volvía a realizar nuevamente la medición del mismo punto, empezando nuevamente del inicio de la medición. Los resultados obtenidos se obtuvieron de manera individual por cada brigada y se compararon en forma conjunta, teniendo variaciones milimétricas, como se observen el reporte entregado.

<b>NIVELACION DE IDA</b>				
LECTURA ATRÁS (+)	ALTURA DE INSTRUMENTO	LECTURA ADELANTE (-)	ELEVACIONES (metros)	OBSERVACIONES
			100.000	BANCO DE NIVEL 1
0.328	100.328	3.283	97.045	
0.180	97.225	3.320	93.905	
0.043	93.948	3.749	90.199	
0.192	90.391	3.500	86.891	
1.999	88.890	2.890	86.000	BANCO DE NIVEL 2
<b>NIVELACION DE REGRESO</b>				
LECTURA ATRÁS (+)	ALTURA DE INSTRUMENTO	LECTURA ADELANTE (-)	ELEVACIONES (metros)	OBSERVACIONES
			86.000	BANCO DE NIVEL 2
2.890	88.890	1.999	86.891	
3.850	90.741	0.548	90.193	
3.750	93.943	0.042	93.901	
3.341	97.242	0.198	97.044	
3.343	100.387	0.388	99.999	BANCO DE NIVEL 1
DIFERENCIA:	0.001	metros		

Tabla 9.- Revisión de las elevaciones mediante una nivelación diferencial o directa

#### 5.4. Resultados de la elaboración de la cartografía del monitoreo en los tres diferentes periodos.

En las tablas No. 10 a No. 12 se muestran los resultados obtenidos de los tres monitoreos con equipo GPS en modo diferencial estático.

**PRIMERA MEDICIÓN NOVIEMBRE 2014**

VÉRTICE	NORTE (Y) (metros)	ESTE (X) (metros)	ELEVACIÓN (Z) (metros)
1	2,432,185.563	773,275.107	1,889.976
2	2,432,194.465	774,171.485	1,881.029
3	2,432,166.182	774,668.508	1,871.728
4	2,431,844.478	775,111.669	1,852.565
5	2,431,630.100	773,253.967	1,876.000
6	2,431,471.355	773,944.235	1,872.536
7	2,431,379.132	774,468.869	1,868.484
8	2,431,190.191	774,835.238	1,854.206
9	2,430,829.685	773,157.496	1,871.386
10	2,430,723.576	773,791.688	1,860.768
11	2,430,696.745	774,410.842	1,852.789
12	2,430,939.099	775,052.669	1,846.879
13	2,429,879.608	773,211.043	1,865.826
14	2,429,887.533	773,982.926	1,855.205
15	2,429,963.170	774,364.646	1,848.885
16	2,430,245.616	774,907.609	1,844.256

Tabla 10.- Coordenadas de la primera medición en el mes de Noviembre de 2014.

**SEGUNDA MEDICIÓN ABRIL 2015**

VÉRTICE	NORTE (Y) (metros)	ESTE (X) (metros)	ELEVACIÓN (Z) (metros)
1	2,432,185.563	773,275.107	1,889.976
2	2,432,194.479	774,171.490	1,881.040
3	2,432,166.166	774,668.496	1,871.715
4	2,431,844.478	775,111.690	1,852.520
5	2,431,630.083	773,254.115	1,875.978
6	2,431,471.352	773,944.218	1,872.533
7	2,431,379.165	774,468.861	1,868.473
8	2,431,190.218	774,835.259	1,854.169
9	2,430,829.671	773,157.503	1,871.363
10	2,430,723.558	773,791.695	1,860.777
11	2,430,696.723	774,410.840	1,852.797
12	2,430,939.080	775,052.707	1,846.890
13	2,429,879.645	773,211.069	1,865.815
14	2,429,887.547	773,982.914	1,855.179
15	2,429,963.178	774,364.625	1,848.846
16	2,430,245.612	774,907.605	1,844.218

Tabla 11.- Coordenadas de la segunda medición en el mes de abril de 2015.

**TERCERA MEDICIÓN FEBRERO 2016**

VÉRTICE	NORTE (Y) (metros)	ESTE (X) (metros)	ELEVACIÓN (Z) (metros)
1	2,432,185.563	773,275.107	1,889.976
2	2,432,194.472	774,171.487	1,881.058
3	2,432,166.165	774,668.496	1,871.693
4	2,431,844.467	775,111.658	1,852.442
5	2,431,630.089	773,254.096	1,875.941
6	2,431,471.357	773,944.207	1,872.527
7	2,431,379.153	774,468.868	1,868.454
8	2,431,190.189	774,835.247	1,854.109
9	2,430,829.685	773,157.487	1,871.324
10	2,430,723.568	773,791.666	1,860.791
11	2,430,696.723	774,410.818	1,852.810
12	2,430,939.096	775,052.672	1,846.907
13	2,429,879.645	773,211.069	1,865.796
14	2,429,887.553	773,982.900	1,855.134
15	2,429,963.168	774,364.626	1,848.780
16	2,430,245.625	774,907.606	1,844.154

Tabla 12.- Coordenadas de la tercera medición en el mes de Febrero de 2016.

En la tabla No. 13 se presentan los resultados de los desplazamientos de la segunda medición del monitoreo llevada a cabo en el mes de Abril de 2015 con respecto a la primera medición del monitoreo llevada a cabo en el mes de Noviembre de 2014, siendo estos los resultados:

**DESPLAZAMIENTOS SEGUNDA MEDICIÓN VS. PRIMERA MEDICIÓN**

PUNTO	N (Unidades)	E (Unidades)	Z (unidades)
1	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.005	0.011
3	-0.016	-0.012	-0.013
4	0.000	0.021	-0.045
5	-0.017	0.148	-0.022
6	-0.003	-0.017	-0.003
7	0.033	-0.008	-0.011
8	0.027	0.021	-0.037
9	-0.014	0.007	-0.023
10	-0.018	0.007	0.009
11	-0.022	-0.002	0.008
12	-0.019	0.038	0.011
13	0.037	0.026	-0.011
14	0.014	-0.012	-0.026
15	0.008	-0.021	-0.039
16	-0.004	-0.004	-0.038

Tabla 13.- Valores de desplazamientos del mes de Noviembre 2014 a Abril 2015

Como se puede ver en la tabla No. 13, el valor máximo de desplazamiento en el eje Z dentro del monitoreo del mes de Abril de 2015 al mes de Noviembre de 2014 es de 0.045 metros en un periodo de seis meses y se dio en el punto de control geodésico número 4 y que este se encuentra en la Avenida Alejandro de la Cruz cruce con el acceso del fraccionamiento Real Campeste.

En la figura No. 49 se presenta en el mapa de desplazamientos verticales de la red de puntos de control geodésico del mes de Noviembre 2014 a abril 2015.

### DESPLAZAMIENTOS DE 2 MEDICION VS. 1 MEDICION

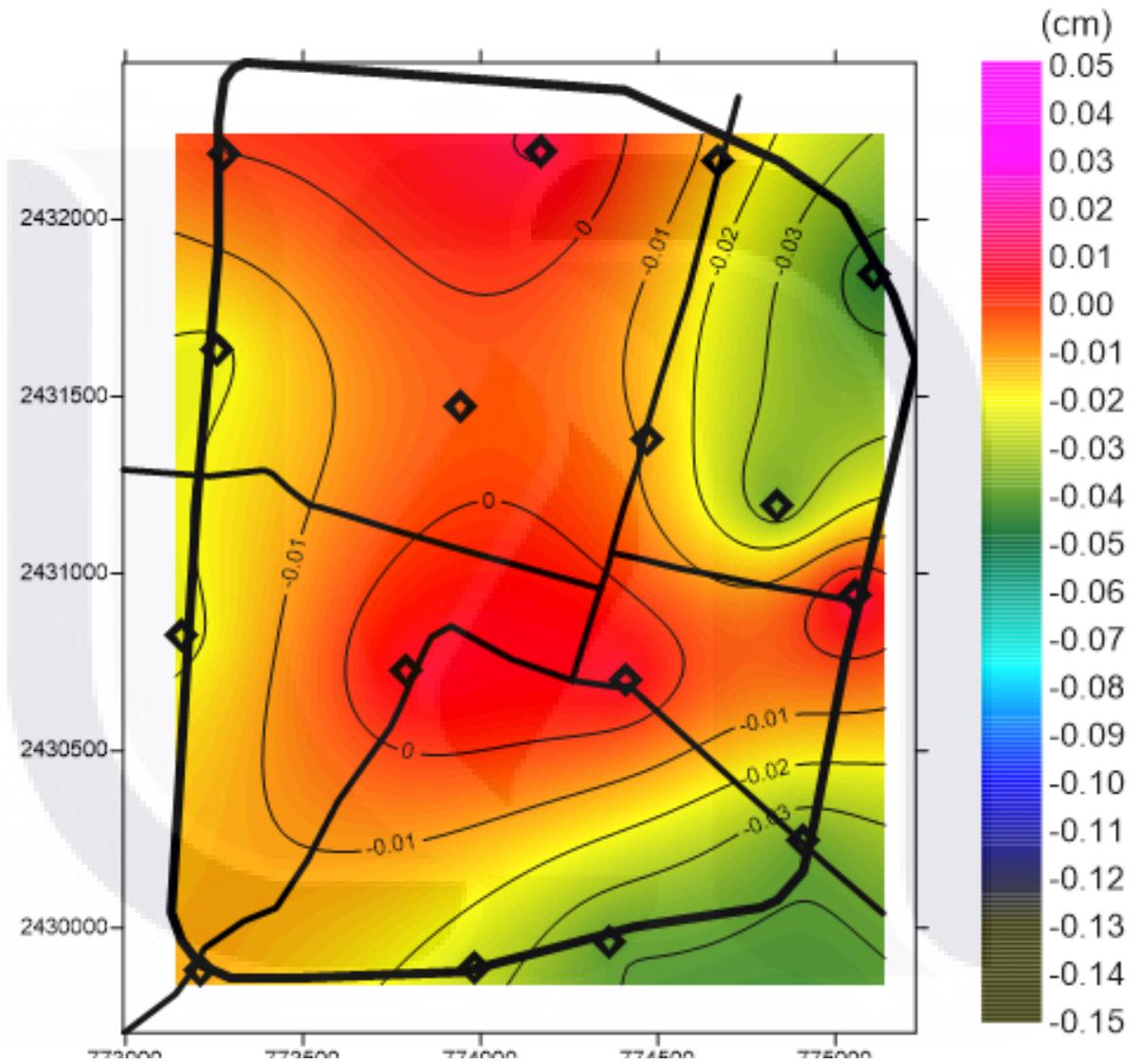


Figura 50.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Noviembre 2014 a Abril 2015

En la tabla No. 14 se presentan los desplazamientos de la tercera medición del monitoreo, llevada a cabo en el mes de Febrero de 2016 con respecto a la segunda medición del monitoreo, llevada a cabo en el mes de Abril de 2015.

**DESPLAZAMIENTOS TERCERA MEDICIÓN VS. SEGUNDA MEDICIÓN**

PUNTO	N (metros)	E (metros)	Z (metros)
1	0.000	0.000	0.000
2	-0.007	-0.003	0.018
3	-0.001	0.000	-0.022
4	-0.011	-0.032	-0.078
5	0.006	-0.019	-0.037
6	0.005	-0.011	-0.006
7	-0.012	0.007	-0.019
8	-0.029	-0.012	-0.060
9	0.014	-0.016	-0.039
10	0.010	-0.029	0.014
11	0.000	-0.022	0.013
12	0.016	-0.035	0.017
13	0.000	0.000	-0.019
14	0.006	-0.014	-0.045
15	-0.010	0.001	-0.066
16	0.013	0.001	-0.064

Tabla 14.- Valores de desplazamientos del mes de Febrero 2016 vs. Abril 2015

Esta es la siguiente comparativa y como se puede ver en la tabla No. 14, el valor máximo de desplazamiento en el eje Z dentro del monitoreo del mes de Febrero de 2016 al mes de Abril de 2015 es de 0.078 metros en un periodo de once meses y se dio nuevamente en el punto de control geodésico número 4 y que este se encuentra en la Avenida Alejandro de la Cruz cruce con el acceso del fraccionamiento Real Campestre.

Se observa en la primera comparativa del monitoreo número dos contra el monitoreo número uno, que hay un hundimiento de 0.045 metros en seis meses es decir 0.008 metros por mes.

En la segunda comparativa (monitoreo número tres contra el monitoreo número dos) mostrada en la tabla No. 14 se observa que hay un hundimiento de 0.078 metros en diez meses es decir .007 metros por mes.

En la figura No. 51 se presenta en el mapa de los desplazamientos verticales de la red de puntos de control geodésico del mes de Abril 2015 a Febrero 2016.

DESPLAZAMIENTOS DE 3 MEDICION VS. 2 MEDICION

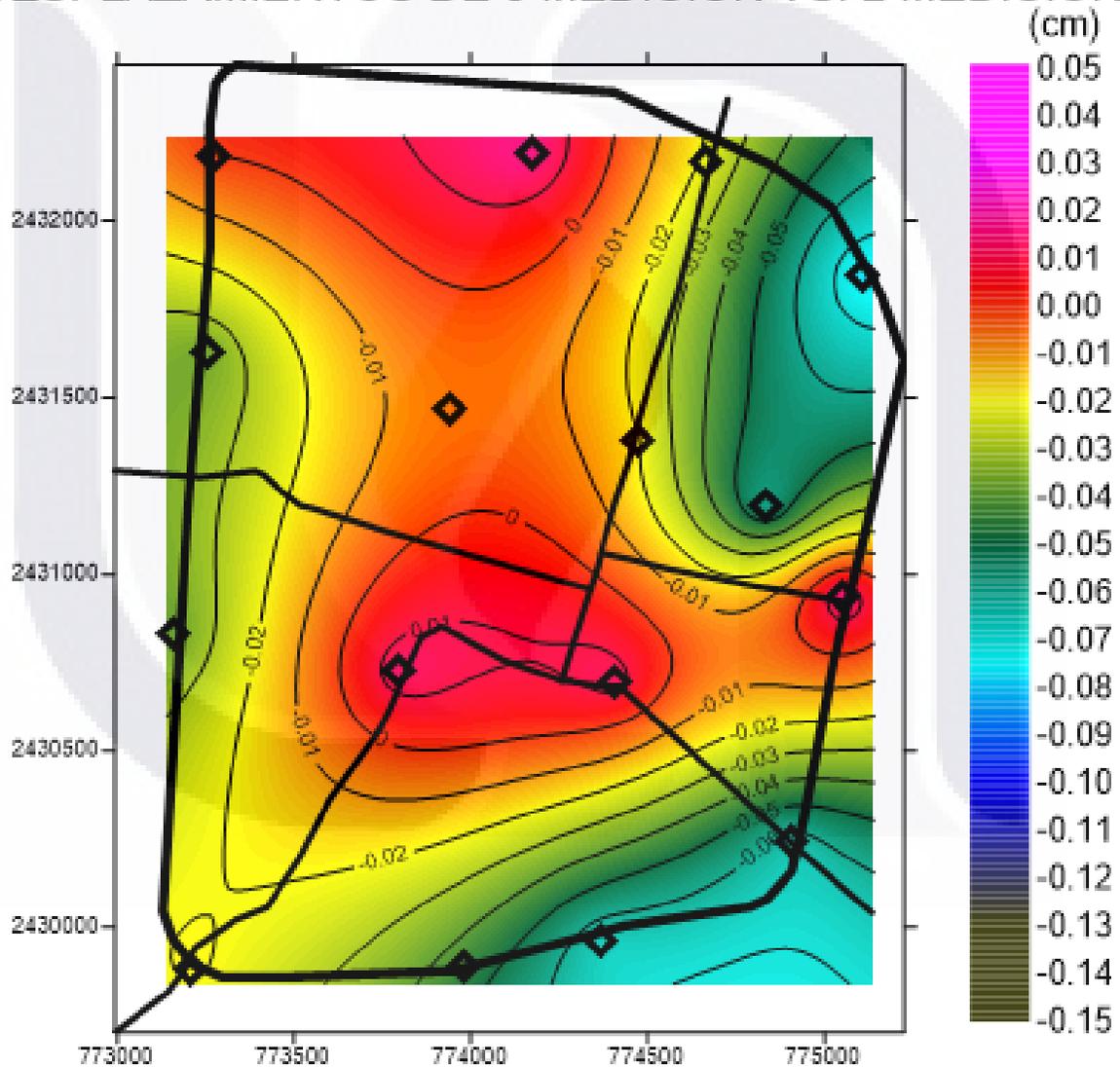


Figura 51.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Abril 2015 a Febrero de 2016

En la tabla No. 15 se presentan los desplazamientos acumulados de la tercera medición del monitoreo llevada a cabo en el mes de Febrero de 2016 con respecto a la primera medición del monitoreo llevada a cabo en el mes de Noviembre de 2016, siendo estos los resultados:

**DESPLAZAMIENTOS TERCERA MEDICIÓN VS. PRIMERA MEDICIÓN**

PUNTO	N(metros)	E(metros)	Z(metros)
1	0.000	0.000	0.000
2	0.007	0.002	0.029
3	-0.017	-0.012	-0.035
4	-0.011	-0.011	-0.123
5	-0.011	0.129	-0.059
6	0.002	-0.028	-0.009
7	0.021	-0.001	-0.030
8	-0.002	0.009	-0.097
9	0.000	-0.009	-0.062
10	-0.008	-0.022	0.023
11	-0.022	-0.024	0.021
12	-0.003	0.003	0.028
13	0.037	0.026	-0.030
14	0.020	-0.026	-0.071
15	-0.002	-0.020	-0.105
16	0.009	-0.003	-0.102

Tabla 15.- Valores de desplazamientos del mes de Noviembre 2014 a Febrero 2016.

En la tabla No. 15 se muestran el desplazamiento máximo y que fue de 0.123 metros en un periodo de diecisiete meses, entonces el hundimiento promedio o desplazamiento vertical fue de 0.007 metros o siete milímetros por mes.

Cabe también mencionar que en el presente trabajo también se registraron elevaciones del terreno. Por ejemplo en el punto número cuatro, en donde se registró un “levantamiento” de 0.029 metros en diecisiete meses es decir un promedio mensual de 0.002 metros.

En la figura No. 52 se muestra el mapa de desplazamientos verticales del mes de Noviembre de 2014 a Febrero 2016, siendo este el resultado.

### DESPLAZAMIENTOS DE 3 MEDICION VS. 1 MEDICION

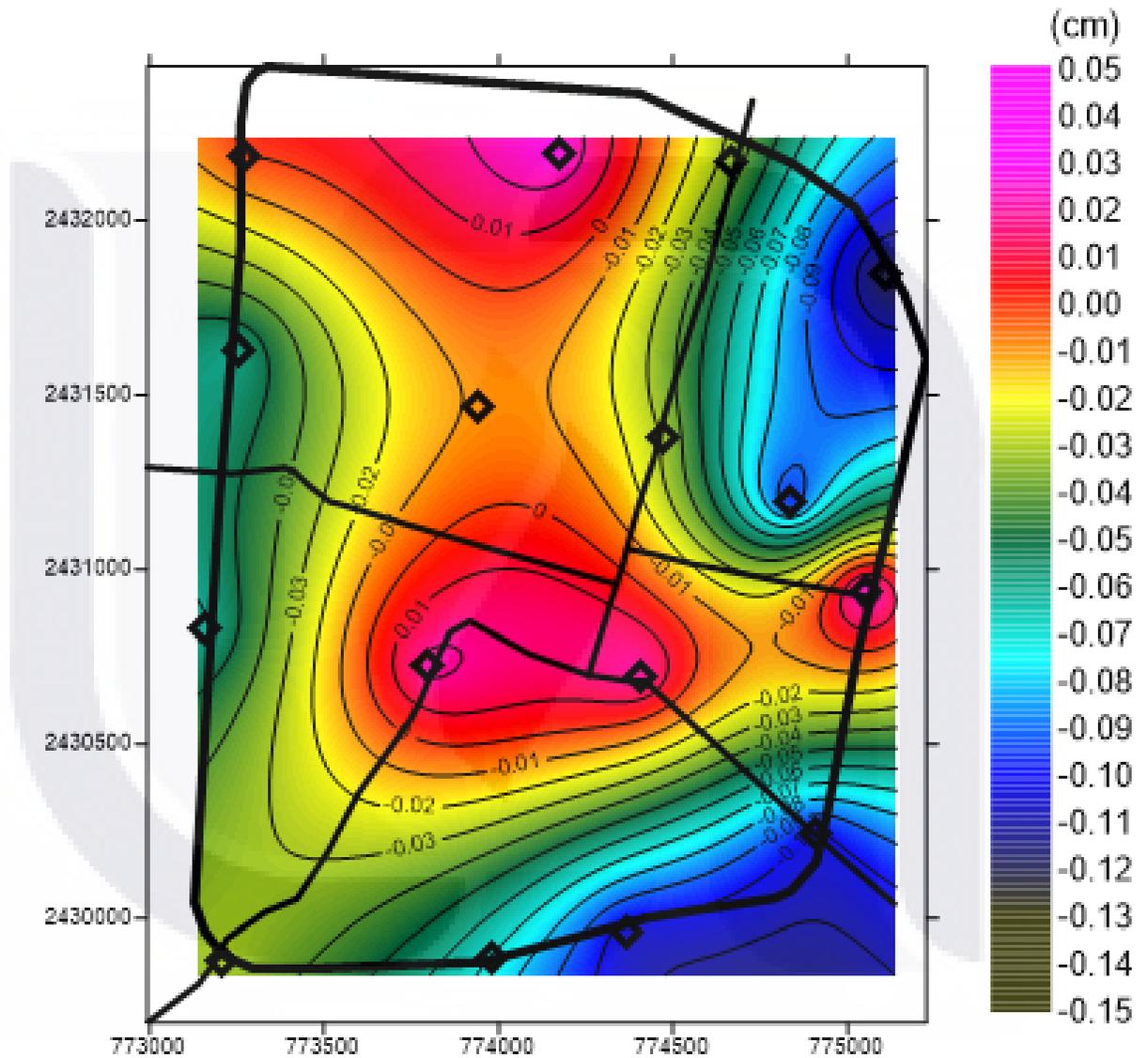


Figura 52.- Mapa de Desplazamientos del monitoreo de Noviembre 2014 a Febrero de 2016.

En la figura No. 53 se muestra en el mapa el punto de control geodésico número 4 que encuentra en la parte noreste de la zona de estudio y donde se presentó la mayor deformación vertical descendente en el periodo comprendido de Abril 2015 a Noviembre 2014.

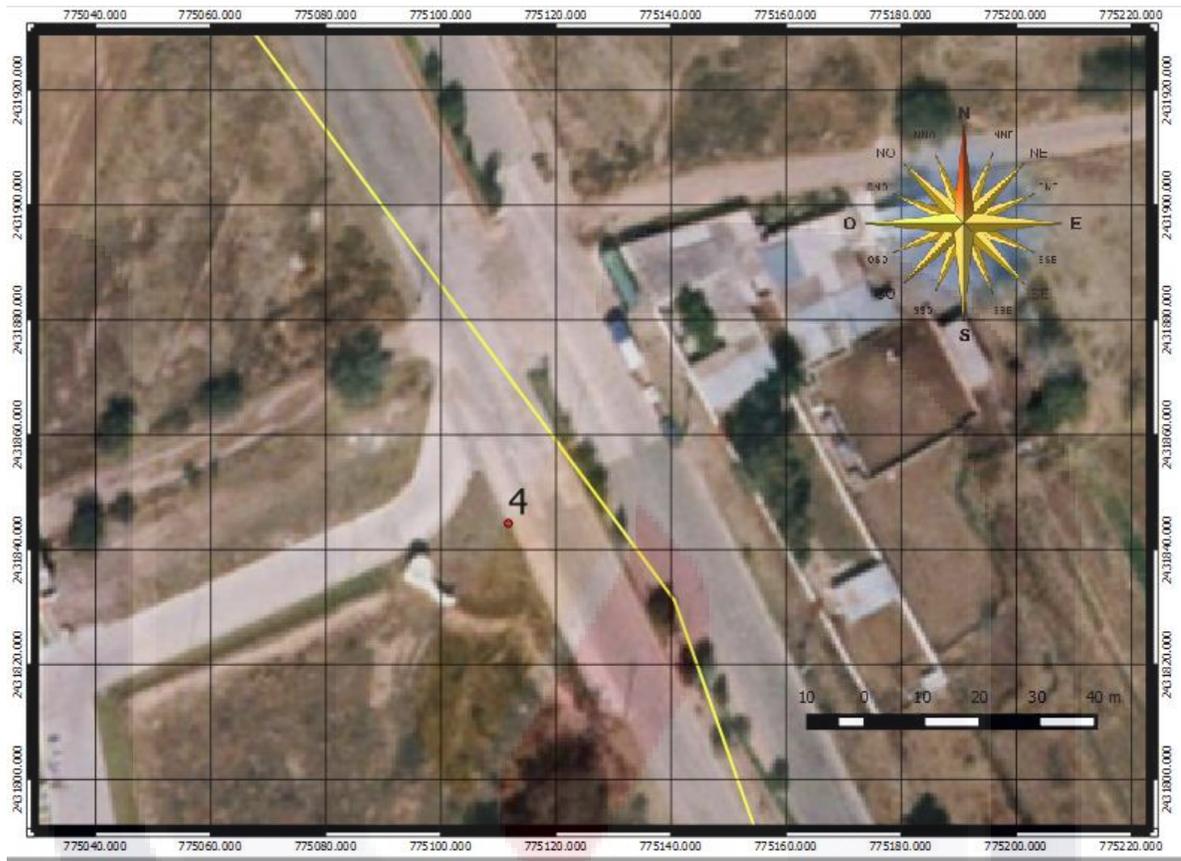


Figura 53.- Ubicación del punto de control geodésico número 4.

**5.5. Resultados de la elaboración de la cartografía de las fallas y grietas de la zona en estudio.**

En la siguiente imagen se muestra la cartografía obtenida en el modo de medición RTK en una capa dentro del software de sistema de información geográfica QGIS. Es importante mencionar que algunas fallas no se nos fue posible levantar, ya que en campo no se pudieron ubicar debido a que donde se encontraban, las vialidades se rehabilitaron y no se actualmente no es posible ubicar la traza de la falla.

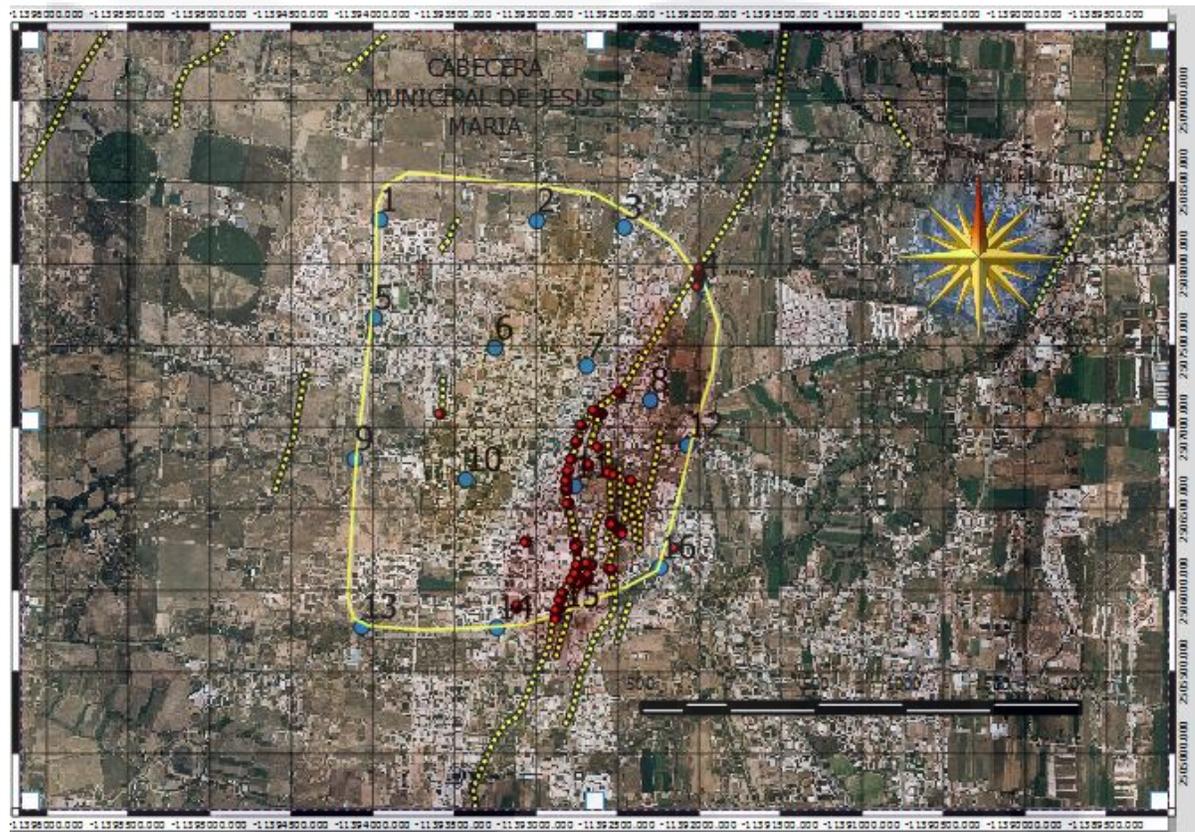


Figura 54.- Zona de la medición de fallas con equipo GPS en modo RTK

En la figura No. 55 la línea punteada de color amarilla se muestra la dirección de las fallas, y los puntos de color rojo son la información obtenida del levantamiento con equipo GPS en modo RTK de cada punto, donde con este trabajo obtuvimos sus coordenadas Norte (Y), Este (x) y Elevación (z).

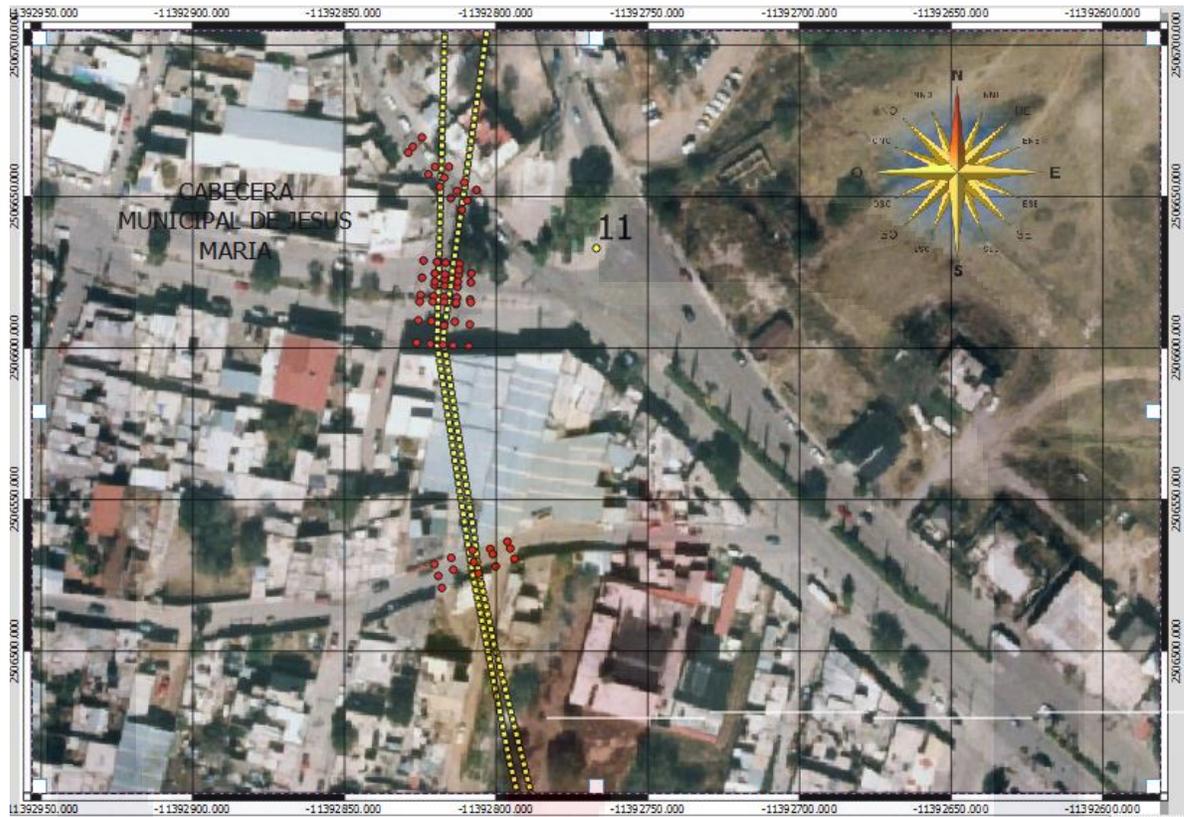


Figura 55.- Medición de fallas con equipo GPS en modo RTK

## 5.6. Archivos generados del presente trabajo

Toda la información generada se encuentra en el disco anexo del presente trabajo que contiene la siguiente información:

1.- Coordenadas de la red de los puntos de control de los tres monitoreo en los siguientes formatos:

En formato de texto: extensión .txt

En formato de dibujo: extensión .dxf

En formato de SIG: extensión .shp

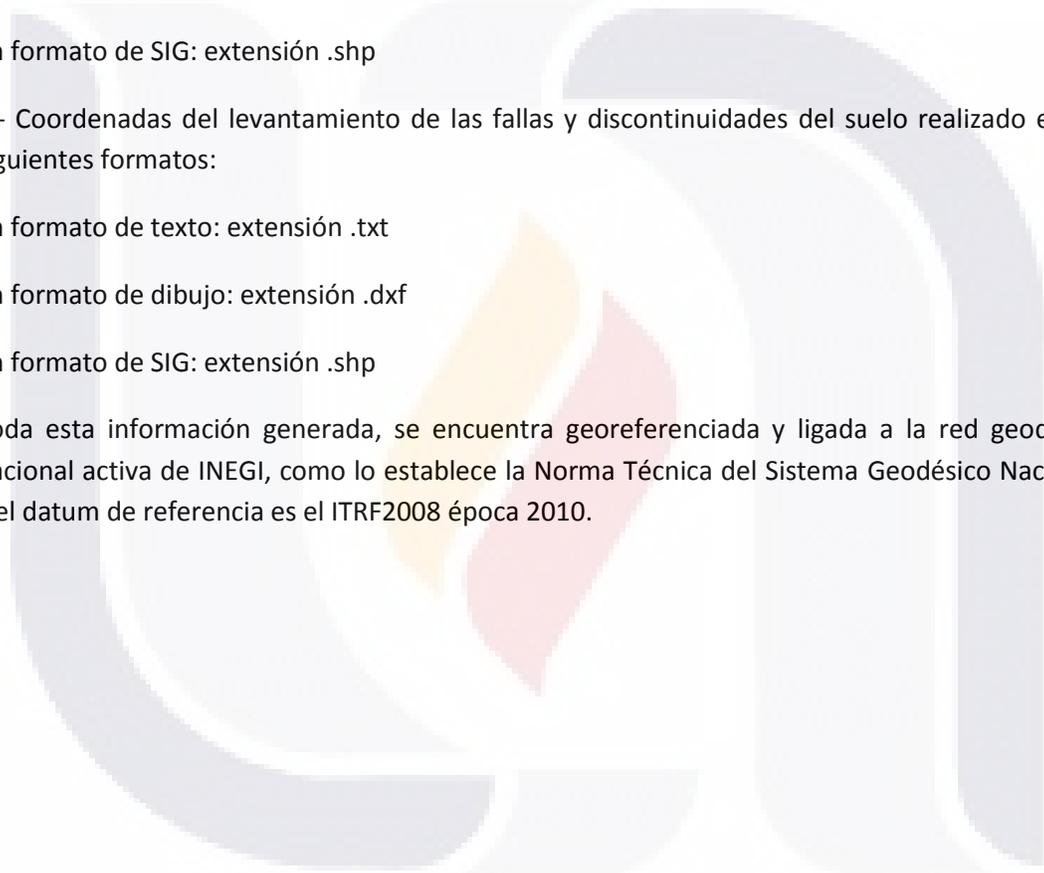
2.- Coordenadas del levantamiento de las fallas y discontinuidades del suelo realizado en los siguientes formatos:

En formato de texto: extensión .txt

En formato de dibujo: extensión .dxf

En formato de SIG: extensión .shp

Toda esta información generada, se encuentra georeferenciada y ligada a la red geodésica nacional activa de INEGI, como lo establece la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional, y el datum de referencia es el ITRF2008 época 2010.



## 5.7. Discusión de resultados.

En relación a los vértices para el monitoreo en 4 de estos, puntos de control la referencia en campo (testigos) fueron vandalizados o removidos. Una de las causas fue la obra pública de remodelación y rehabilitaciones de pavimentaciones en vialidades, guarniciones y banquetas realizada durante el periodo de monitoreo. Debido a esto no fue posible conservar estos 4 vértices o puntos de control para una correcta y continua monitorización de las deformaciones verticales del terreno. Una opción para evitar este problema puede ser la colocación de los vértices de monitoreo sobre los techos de algunas construcciones a las que se pueda tener acceso fácilmente, por ejemplo tiendas OXXO, farmacias, oficinas de gobierno, etc.

Por otra parte, para tener mayor certidumbre en los datos obtenidos se necesitan un monitoreo periódico y continuidad a lo largo de más tiempo. Esto puede aportar elementos para comprobar que efectivamente en la zona de estudio se comportan los hundimientos como se muestran en los datos obtenidos y en los mapas mostrados.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, hay deformaciones ascendentes, para poder tener la certeza y poder decir que realmente está ocurriendo esto o pudiera ser un error en el levantamiento topográfico, se tendría que realizar otros monitoreos en los mismos vértices y realizarlo en un tiempo mayor, y solamente de esta manera pudiéramos concluir que hay deformación ascendente.

En este trabajo se levantaron las fallas físicas visibles que se encontraron en las vialidades, y las que no estaban visibles no se levantaron.

Comparando un archivo entregado por la SICOM de la ubicación de las fallas, no todas están visibles y en la mayoría de los casos, es por cuestión de rehabilitación reciente de las vialidades dentro de la cabecera municipal.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

### 6.1. Conclusión General

De acuerdo con la revisión de la literatura realizada, y los datos y resultados obtenidos se hacen las siguientes conclusiones:

Para poder generar la información para un sistema de información geográfica (SIG) es necesario conocer todos los conceptos básicos de cartografía como lo son Datum, geoide, elipsoide, GPS, coordenadas UTM y zonas UTM, ya que sin ellos es imposible hablar de la creación de SIG.

Para poder tener mayor certeza en el monitoreo de los desplazamientos en la zona de estudio, se tendría que seguir monitoreando en un periodo mayor de tiempo, así como perfeccionar la metodología y así se podrá valorar el uso del GPS en este tipo de trabajos.

En relación a la cartografía levantada con equipo GPS en modo RTK y ligado a la red de puntos de control geodésico, las capas generadas podrán ser comparadas o integradas a otros sistemas de información geográfica, siempre y cuando se use la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional, cuando se trabaje dentro de la República Mexicana.

Se anexa la información para generar la capa inicial de un sistema de información geográfica en archivo shp, dxf y csv, para que este trabajo pueda ser utilizado en futuras investigaciones relacionadas al mismo tema o zona de estudio, no olvidando que este y cualquier trabajo a realizar dentro de un SIG debe ser homogéneo, compatible y comparable.

Se generó una red de control de puntos geodésicos ubicados dentro del primer anillo (Avenida Alejandro de la Cruz) en la cabecera municipal de Jesús María . Dicha red de control geodésico podrá ser utilizada para trabajos futuros.

La nivelación diferencial o directa realizada para validar las mediciones hechas con GPS mostró que el GPS se puede utilizar para este tipo estudios. Los resultados de esta validación mostraron una variación de 0.001 metros en las cotas de dos vértices de control determinadas con GPS y con la nivelación diferencial.

## 6.2. Nichos de aplicación

A continuación menciono algunas de las aplicaciones de la información obtenida en este trabajo práctico:

1.- Monitoreo de la subsidencia en el área de estudio.

Con esta información del monitoreo del desplazamiento vertical podemos seguir monitoreando la zona y poder a determinar conclusiones más certeras.

2.- Aplicación de la Red de puntos de control para levantamientos Geodésicos.

Con la información obtenida de la red de puntos de control podemos realizar levantamientos geodésicos y obtener una cartografía confiable.

5.- Generación de un Catastro confiable.

Nuevamente la red de puntos de control geodésico, se puede utilizar para generar la cartografía de un Catastro actualizado.

4.- Puntos de control para fotogrametría aérea con drones (UAV).

Con la elaboración de esta red de puntos de control, la podemos utilizar para poder generar fotogrametría con drones, ya que dentro de esta técnica, un paso primordial es la elaboración de puntos de control terrestre o red de puntos de control.



Figura 56.- Ortofoto generada con drones (UAV) y puntos de control geodésico en la zona de estudio.

## GLOSARIO

**Artilugio:** Mecanismo, máquina o aparato, especialmente el de manejo complicado, el que tiene una función que no se percibe fácilmente o se desconoce

**Cadenero:** Ayudante de topógrafo.

**Coordenada:** Sistema de referencia que utiliza uno o mas números para determinar unívocamente, la posición de un punto u otro objeto geométrico.

**Coordinador de Brigadas Topográficas:** Es el responsable de las Brigadas Topográficas, y es quien procesa la información de campo.

**Elipsoide:** Cuerpo geométrico engendrado por una elipse que gira alrededor de uno de sus ejes.

**Geodesia:** Es la ciencia que trata de la representación de la forma y superficie de la tierra, global y parcial.

**Nivelación:** Un proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie terrestre.

**Ortofoto:** Fotografía aérea corregida geoméricamente.

**Satélite artificial:** Es un artilugio enviado en un vehículo de lanzamiento el cual mantiene una órbita alrededor de cuerpos del espacio como estrellas o planetas.

**Seudodistancia:** Medida de la distancia que no ha sido corregida de los errores de sincronización entre los relojes y que se expresa en el tiempo de propagación aparente desde el satélite a la antena del receptor.

**Topografía:** Es la técnica que estudia el conjunto de procedimientos para fijar posiciones de puntos sobre la superficie terrestre

**Topógrafo:** Es el técnico que realiza el trabajo de medición en campo.

**Unívocamente:** De un solo significado.

**VANT:** Vehículo Aéreo no tripulado, comúnmente conocido como drones.

## FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS

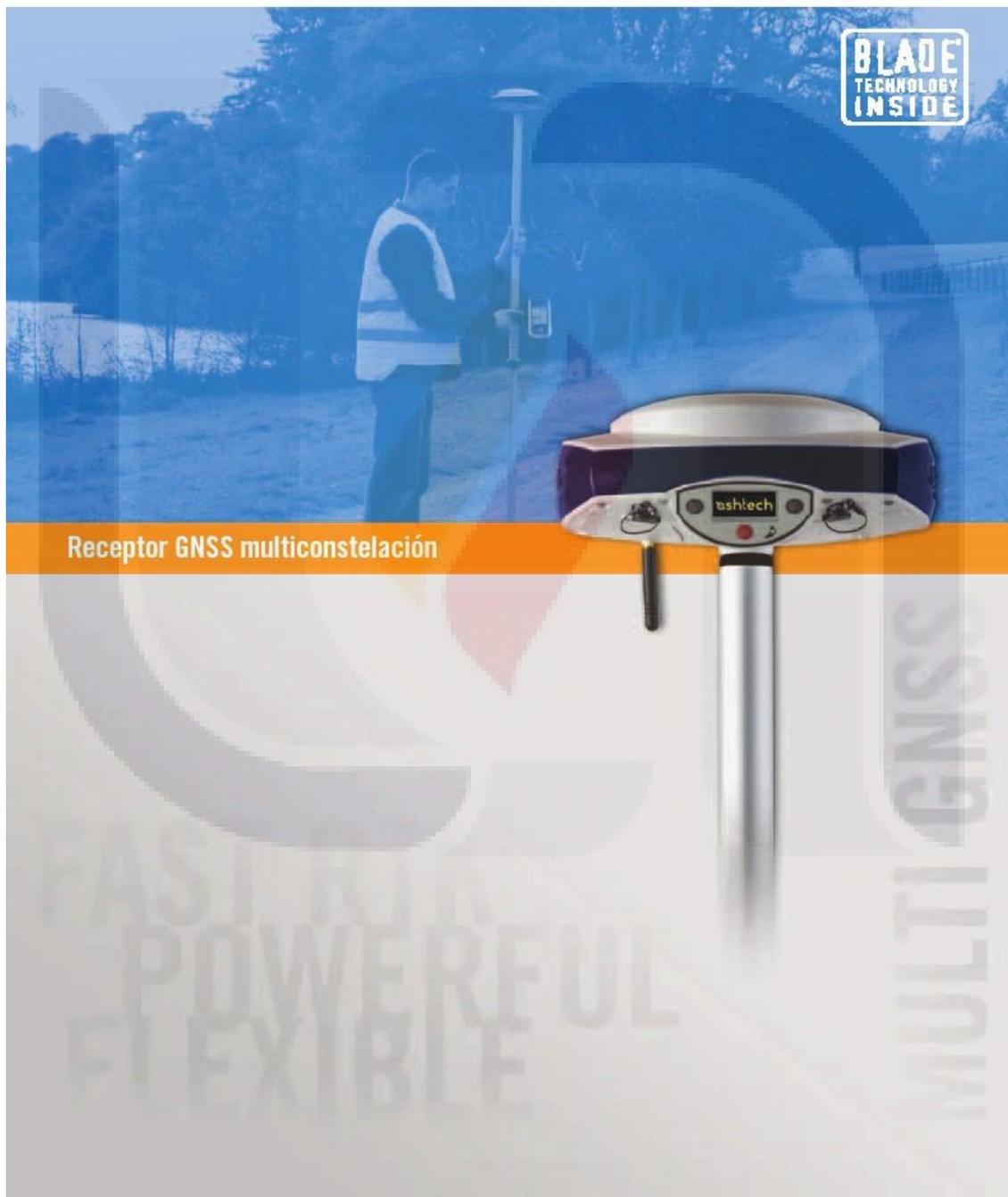
- Aguascalientes, G. d. (2011). *Portal de Gobierno del Estado de Aguascalientes*. Obtenido de <http://www.aguascalientes.gob.mx/estado/municipios/mfps5.aspx>
- Aranda Gomez, J. J. (1989). Geología de Aguascalientes. *Instituto de Geología*, 8(1), 22-32.
- Aranda, G., & Aranda, G. (1985). *Análisis del Agrietamiento en la ciudad de Aguascalientes*. (D. d. Centro Tecnológico, Ed.) Aguascalientes, Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Arroyo Contreras, G. M., Zermeño de Leon, M. E., & Castañeda Alvarado, J. A. (2004). *El Agrietamiento en Aguascalientes* (Primera ed.). Aguascalientes, Aguascalientes, México: Universidad Autonoma de Aguascalientes.
- INEGI. (2010). *cuentame.inegi.org.mx*. Obtenido de [http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ags/territorio/div\\_municipal.aspx?tema=me&e=01](http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ags/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=01)
- INEGI. (Jueves, 23 de Diciembre de 2010). *Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional*.
- INEGI, I. N. (1998). *Manual de conceptos basicos* (Primera ed., Vol. I). México DF: INEGI.
- Marquez García, F. (1994). *Curso Básico de Topografía* (Vol. Tercer Volumen). México D.F., México: Arbol Editorial S.A. de C.V.
- Márquez García, F. (1994). *Topografía Aplicada* (Primera ed.). México D.F., México: Arbol Editorial, S.A. de C.V.
- Moreno Jimenez, A. (2008). *Sistema y Analisis de la Infromación Geográfica* (Segunda ed.). México D.F., México: Alfaomega.
- Wolf, P. R., & D.Guilani, C. (2009). *Topografía* (Vol. Undesima edicion). New Jersey, United States of America: Alfaomega.

**ANEXO**

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO GPS PROMARK 500 MARCA MAGELLAN-ASTECH



## ProMark™ 500





# ProMark 500

## ProMark 500

El receptor móvil o sistema móvil /base ProMark 500 constituye una potente solución de levantamiento centimétrico RTK que ofrece posicionamiento GNSS preciso en un diseño inteligente, robusto y sin cables. La tecnología BLADE™ incorporada ofrece una forma única y patentada de utilizar de forma óptima las constelaciones GPS, GLONASS y SBAS. Con la nueva antena GALILEO/L5 integrada, también tendrá la garantía de poder actualizar fácilmente su receptor para utilizarlo con nuevas constelaciones y frecuencias cuando estén operativas.

Ashtech ProMark 500 incluye módulos de comunicación ampliados, para conseguir la máxima movilidad y eficiencia sobre el terreno. Combinado con el nuevo software de campo FAST Survey y el completo software de oficina GNSS Solutions, el sistema ProMark 500 constituye la solución de levantamiento multiconstelación más completa. La mezcla de excepcional rendimiento RTK y diseño compacto convierten al ProMark 500 en una solución RTK extremadamente potente y atractiva para los topógrafos más exigentes.

### Tecnología Avanzada BLADE

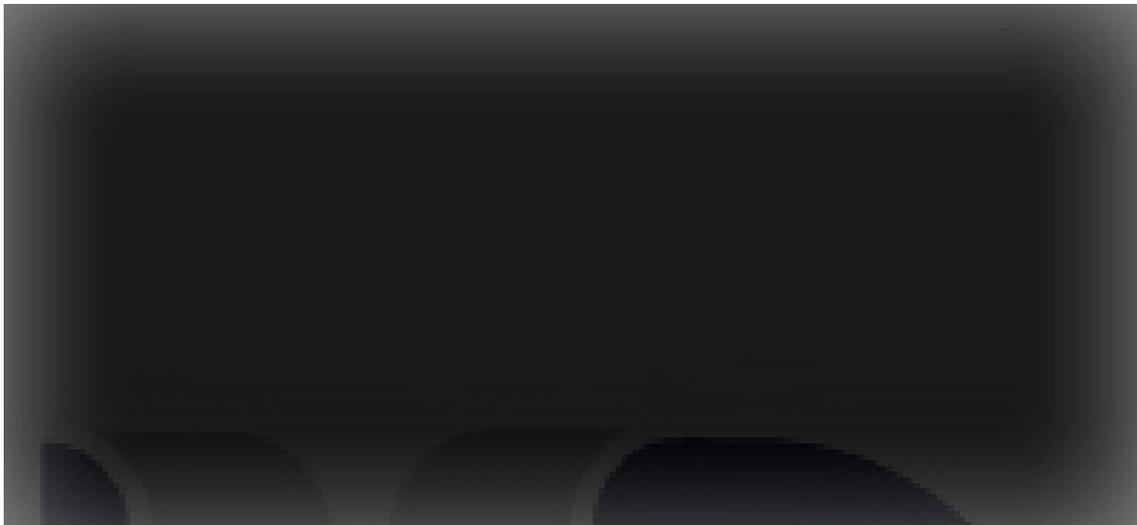
- Inicialización rápida y posicionamiento RTK de largo alcance
- Procesamiento de señales multiconstelación patentado
- Uso de señales de medición de distancias SBAS y GLONASS para reforzar la solución GPS
- Mayor fiabilidad en cañones urbanos y bajo entornos arbolados

### Flexibilidad Todo en Uno

- Módulos de comunicación UHF y GSM/GPRS/EDGE integrados
- Múltiples modos operativos y configuraciones
- Amplio soporte de protocolos y formatos de datos
- Selección de controlador de campo de última generación

### Uso Diario Intensivo

- Impermeable y resistente a impactos
- Batería para todo el día
- Diseño ergonómico probado en campo
- Peso total de menos de 2 kg para el receptor móvil completo

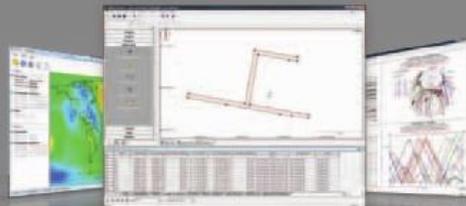


La oferta de Ashtech incluye software para campo y oficina, así como una selección de controladores que garantiza la obtención de una solución de receptor móvil RTK robusta, lista para su uso y sin cables. Características como una gran pantalla táctil a color, tarjeta de memoria SDHC y tecnologías inalámbricas WLAN y Bluetooth™ se incluyen en:

- ProMark 100, un controlador con GPS que también puede utilizarse como dispositivo portátil para trabajos adicionales, como recopilación de datos GIS y previos al levantamiento.
- Ashtech FT-1, un controlador de campo ultra resistente con teclado alfanumérico completo, para situaciones difíciles.

El software de campo avanzado FAST Survey cumple los requisitos topográficos más exigentes. Incluye funciones topográficas normalmente asociadas a la doble frecuencia y ofrece numerosos formatos de datos y compatibilidad para el sistema de coordenadas local. Las opciones adicionales permiten la colaboración con una amplia gama de instrumentos y accesorios topográficos para realizar levantamientos completos, incluyendo calibración, replanteos y levantamientos de proyectos de topografía en los que se utilizan estaciones totales.

GNSS Solutions es un exhaustivo paquete de software que ofrece todas las herramientas necesarias para procesar con éxito datos de levantamiento GNSS. Incluye herramientas avanzadas de detección de errores y análisis de calidad para garantizar unos resultados precisos y fiables. Los formatos de mapas ráster y vectoriales se pueden importar para permitir la combinación de mapas de fondo con proyectos de levantamiento y para preparar trabajos de replanteos en la oficina.



## Especificaciones técnicas del ProMark 500\*

### GNSS Characteristics

- 75 canales:
  - GPS
  - GLONASS
  - L1 C/A, P(Y)-código, fase portadora de ciclo completo
  - L2 P(Y)-código, L2C, fase portadora de ciclo completo
  - SBAS: WAAS/EGNOS/MSAS
- Mediciones de fase y código totalmente independientes
- Mitigación avanzada de señales reflejadas
- Tecnología Ashlech BLADE para un rendimiento óptimo
- Salida de posición y datos brutos (código portadora) GPS, GLONASS y SBAS a un máximo de 20 Hz en tiempo real
- Formatos de datos compatibles: ATOM (Ashlech Optimized Messaging), RTCM-2.3, RTCM-3.1, CMR, CMR+, DBEN, LRK
- Salida de mensajes NMEA 0183
- RTK Network: VRS, FKP, MAC
- Actualización Galileo, L5 possible

### Precisiones en tiempo real (RMS) <sup>1,2</sup>

#### SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS)

- Horizontal < 50 cm (1.64 ft)

#### Posición DGPS en tiempo real

- Horizontal 25 cm (0.82 ft) + 1 ppm en condiciones normales<sup>3</sup>

#### Posición cinemática en tiempo real (modo fino)

- Horizontal 10 mm (0.033 ft) + 1 ppm
- Vertical 20 mm (0.065 ft) + 1 ppm

### Rendimientos en tiempo real

#### Inicialización Instant-RTK<sup>4</sup>

- Inicialización típica de 2 segundos para líneas de base < 20 Km
- Fiabilidad típica en la inicialización de 99,9%

#### Inicialización RTK

- Posible con más de 40 km de línea de base

### Paquete de software de oficina

#### - GNSS Solutions

##### Funciones de software clave:

- Postprocesado de red
- Transformación y cálculos para el sistema de cuadrícula integrados
- Datums predefinidos con capacidades definidas por el usuario
- Planificación de la misión de levantamiento
- Procesamiento automático de vectores
- Ajuste de red por mínimos cuadrados
- Herramientas de análisis de datos y control de calidad
- Transformaciones de coordenadas
- Informes
- Exportación
- Idiomas: alemán, español, francés, inglés, portugués, ruso

### Precisiones en Postproceso (RMS) <sup>1,2</sup>

#### Levantamientos Estáticos y estático rápidos

- Horizontal ± 5 mm + 0.5 ppm
- Vertical ± 10 mm + 0.5 ppm

#### Levantamientos Estáticos largos<sup>5</sup>

- Horizontal 3 mm + 0.5 ppm
- Vertical 6 mm + 0.5 ppm

#### Levantamientos Cinemáticos posprocesados

- Horizontal ± 10 mm + 1 ppm
- Vertical ± 20 mm + 1 ppm

### Características de registro de datos

#### Intervalo de grabación

- 0.05 - 999 segundos

### Características físicas

#### Dimensiones

- Unidad: 22,8 x 18,8 x 8,4 cm

#### Peso

- Receptor GNSS: 1.4 Kg

### Interfaz de usuario

- Pantalla OLED gráfica

### Interfaz E/S

- RS232, RS422, USB, Bluetooth
- PPS

### Memoria

- Memoria interna de 128 MB (ampliable por USB)
- Hasta 400 horas de datos GNSS brutos en función del registro de 18 satélites en intervalos de 15 segundos

### Operación

- RTK Base/Rover, postprocesado
- RTK solo Rover: VRS, FKP, MAC
- Punto a Punto en modo Circuit Switched Data (GSM)

### Paquete de software de campo

#### - FAST Survey <sup>6</sup>

##### Funciones de software clave:

- Compatibilidad con ProMark 500 GNSS: configuración, seguimiento y control
- Cálculo de volúmenes
- Imagen raster de fondo
- Conectividad de red
- Compatibilidad con sistemas de coordenadas: sistemas de cuadrícula predefinidos, datums predefinidos, proyecciones, geoides, cuadrícula local
- Vista de mapa con líneas coloreadas
- Geometría geodésica: intersección, azimut/distancia, desplazamiento, poli línea, curva, área
- Importación/exportación de datos: DXF, SHP, RWS, LandXML...
- Utilidades de levantamiento: calculador, visualización de archivos RWS

- Punto a Punto utilizando software Real-Time Data Server RTDS (via módem GPRS interno o teléfono móvil externo)
- RTC Bridge
- RTK incluido en la configuración básica (línea de base 3km)
- Opción Full RTK (línea de base extendida)
- Protocolo NTRIP

### Características ambientales

- Temperatura de funcionamiento: De -30° a +55 °C (de -22° a +131 °F)
- Temperatura de almacenamiento: De -40° a +70 °C (De -40° a +158 °F)
- Humedad: 100% con condensación
- Impermeable contra la lluvia, el polvo y la arena
- Golpes: ETS300 019
- Vibraciones: EN60945

### Características de alimentación

- Batería de litio-ion, 4600 mAh
- Tiempo de funcionamiento de la batería: 7 horas
- Entrada de alimentación externa de 6-28 VCC

### Componentes opcionales del sistema

- Módulo de comunicación
  - U-Link Rx
  - Pacific Crest UHF
  - GSM/GPRS/EDGE (clase 10) cuatribanda
- Kits de transmisores
  - U-Link TRx
  - Pacific Crest UHF
- Kit de batería recargable
- Kit de controlador con FAST Survey
  - ProMark 100
  - Ashlech FT-1

- Idiomas: alemán, chino, checo, finlandés, francés, griego, holandés, húngaro, inglés, italiano, polaco, portugués, rumano, ruso, serbio, español y turco
- Instrumentos de levantamiento ópticos (opcional)
- Construcción de carreteras (opcional)
- Estaciones totales robotizadas (opcionales)

<sup>1</sup> Los rendimientos asumen un mínimo de cinco satélites, siguiendo los procedimientos recomendados en el manual del producto. Las zonas con elevados índices de señales de trayectoria múltiple, valores altos del PDOP y períodos de condiciones atmosféricas extremas pueden afectar el rendimiento.

<sup>2</sup> Especificaciones de precisión y ITFF basadas en pruebas realizadas en Nantes (Francia) y Moscú. Las pruebas realizadas en diferentes ubicaciones y en diferentes condiciones pueden generar resultados distintos.

<sup>3</sup> Cielo despejado para la base y el rover. Correcciones de buena calidad después de un lapso/periodo transitorio.

<sup>4</sup> Largas líneas de base, largas ocupaciones, con la utilización de precisas elemeentes.

<sup>5</sup> ProMark 500 también es compatible con otras aplicaciones y controladores de software.

<sup>6</sup> Incluyendo todas las opciones disponibles.

Información de contacto de soluciones de levantamiento:  
En EE. UU. +1 408 572 1103 • Fax +1 408 572 1199  
En Sudamérica +1 305 726 7813  
Email: [surveysales@ashlech.com](mailto:surveysales@ashlech.com)

En Francia +33 2 28 09 38 00 • Fax +33 2 28 09 39 39  
En Rusia +7 495 980 5400 • Fax +7 495 981 4840  
Email: [surveysalesmea@ashlech.com](mailto:surveysalesmea@ashlech.com)

En Singapur +65 9838 4229 • Fax +65 6777 9881  
En China +86 10 5802 5174 • Fax +86 10 5802 5135  
Email: [surveysalespac@ashlech.com](mailto:surveysalespac@ashlech.com)  
[www.ashlech.com](http://www.ashlech.com)

Ashlech follows a policy of continuous product improvement; specifications and descriptions are thus subject to change without notice. Please contact Ashlech for the latest product information.  
©2010 Ashlech LLC. All rights reserved. The Ashlech logo, ProMark, ProFlex, MobileMapper, BLADE, FAST Survey, Instant-RTK, ATOM and GNSS Solutions are trademarks of Ashlech LLC. All other product and brand names are trademarks of their respective holders. Rev January 2010

**ashtech.**

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO GPS GRX-1 MARCA SOKKIA



**SOKKIA**

**GRX1**  
Receptor GNSS

**Lo mejor en versatilidad**  
Escalable - Económico - Triple tecnología inalámbrica



- **Totalmente escalable**
- **GPS+GLONASS+SBAS con 72 canales**
- **UHF+GSM+Bluetooth integrados**
- **Navegación por voz**
- **Compacto, hermético y resistente**

**El Sokkia GRX1 introduce un nuevo nivel de versatilidad y flexibilidad en las aplicaciones de posicionamiento GNSS. Ya sea que se utilice para explorador o base RTK, para explorador RTK en red o incluso como receptor estático, el GRX1 ofrece una facilidad de uso y una conveniencia incomparables que incrementa la eficiencia del trabajo en cualquier lugar.**

### Receptor GNSS GRX1

El receptor GNSS GRX1 integra la antena y el receptor GPS+GLONASS, al módem digital UHF, al módulo GSM/GPRS, al módulo Bluetooth® y la batería desmontable en un cuerpo de aleación de magnesio compacto y resistente.

### Arquitectura totalmente escalable

La arquitectura escalable del GRX1 maximiza el rendimiento de su inversión. Permite comenzar con un receptor GPS L1 con un costo inicial mínimo, el cual luego se puede actualizar a uno tipo GPS+GLONASS L1, GPS L1/L2 ó GPS+GLONASS L1/L2 con hasta 72 canales en cualquier momento que lo necesite.

### 72 canales para GPS + GLONASS + SBAS

- 72 canales disponibles para rastreo de señales GPS, GLONASS y SBAS.
- Admite señales L2C de GPS.

### Triple tecnología inalámbrica

En el receptor GRX1 se pueden integrar tres tecnologías inalámbricas de uso común.

- 1) Módem digital UHF (receptor/transmisor): para explorador y base RTK
- 2) Módem GSM/GPRS: para red RTK
- 3) Módem Bluetooth: para el controlador y otra PC (especificaciones de gran alcance Clase 1)

El "módem UHF" y el "módem UHF+GSM/GPRS" internos están disponibles como opciones de fábrica.

### Máxima versatilidad en aplicaciones RTK

Haciendo uso de la conectividad totalmente inalámbrica y el sistema de navegación por voz inventado por Sokkia, el GRX1 facilita enormemente el uso de las tecnologías RTK y RTK en red.

- El módem GSM/GPRS integrado hace que el GRX1 sea un receptor explorador ideal para el posicionamiento del RTK en red.
- El GRX1 se puede utilizar para base RTK privada y explorador RTK utilizando un módem UHF digital interno sin ningún otro dispositivo extra.
- También admite RTK en red donde los datos de corrección se transmiten mediante radio UHF.
- Los usuarios son notificados del estado del RTK o de cualquier otro problema mediante mensajes de voz. Esta función aumenta enormemente la eficiencia eliminando la necesidad de verificar constantemente la pantalla del controlador.





**Otras características del hardware**

- Los 22 indicadores LED de estado son perfectamente visibles, incluso cuando hay mucha luz solar.
- Almacenamiento de datos en tarjetas SD comunes. También admite tarjetas SDHC de gran capacidad.
- Protección IP67 contra polvo y agua.
- Batería desmontable que suministra hasta 6 horas de energía al receptor en uso RTK con radiocomunicación UHF. La batería BDC98 de ión de litio comúnmente se utiliza para las estaciones totales y niveles digitales Sokkia.



**Recopiladores de datos**

El recopilador de datos serie SHC incorpora el software Spectrum Survey Field, el cual controla por completo al receptor GRX1 con facilidad y velocidad insuperables.

**SHC250**

El recopilador de datos SHC250 compacto es fácil y rápido de manejar haciendo uso de la última versión del procesador de alta velocidad Windows Mobile® 6.5 y de una gran pantalla táctil.



**Características del hardware**

- Windows Mobile versión 6.5
- Procesador XScale de 806 MHz
- Pantalla táctil VGA de 3,7"
- Módem Bluetooth integrado
- Protección IP66 contra polvo y agua

**SHC2500**

El avanzado recopilador de datos SHC2500 incorpora un teclado alfanumérico completo y una amplia variedad de funciones en un resistente cuerpo hermético.

- Windows CE.NET 5.0
- Cámara digital de 5 MP
- Procesador XScale de 624 MHz
- Pantalla táctil QVGA de 3,5"
- Módem Bluetooth integrado
- Protección IP67 contra polvo y agua.



