



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERÍA GEOLÓGICA**

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL

DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

ELABORADO POR:

Bra. Loredana Lovisa Castellón Pérez

Bra. Garleska José Silva Berríos

TUTORA:

M.Sc. Gema Velásquez Espinoza

ASESOR:

PhD. José Armando Saballos P,

Managua, Diciembre, 2017

Dedicatoria

Dedico este trabajo investigativo de Seminario de Graduación, a Dios, nuestro padre celestial, por bendecirme infinitamente y permitirme cumplir sueños y metas.

Con todo mi amor y cariño, a mi madre, Msc. Dyna Elizabeth Pérez Jaime, mi gran ejemplo de vida, de superación, dedicación y sobre todo por caminar siempre a mi lado, animándome durante las dificultades y celebrando juntas mis logros y aciertos.

A mi hermana querida, Lic. Dyna Elizabeth Castellón Pérez, por su apoyo, ayuda y cariño.

A mi adorado hijo, Dáriel Mateo Leiva Castellón, el que más paciencia ha tenido para que mami se supere, acompañándome sentado en mis piernas mientras trabajé días y noches frente a la computadora; sé que hoy es muy pequeño pero un día leerá esto.

Al padre de mi hijo, Gerald Antonio Leiva Ayerdís, por su apoyo e insistencia para que cumpliera cada etapa en pos de avanzar hacia la obtención de mi titulación universitaria.

Loredana Lovisa Castellón Pérez.

Dedicatoria

Doy infinitas gracias a mi padre celestial, y le dedico este trabajo, porque me permitió alcanzar mis metas, llenándome de bendiciones, de corazón le digo, GRACIAS MI DIOS.

A mis padres, Martha Lorena Berríos y Nelson Ramón Silva Fitoria, a ellos, porque Dios permitió que estuviesen a mi lado en el transcurso de mi carrera universitaria y de mi vida, apoyándome, acompañándome y siendo mi ejemplo.

A mi hermano, Nelson Raúl Silva Berríos, por estar ahí siempre, a mi tía Rosalba Silva, por su apoyo incondicional.

Al futuro padre de mis hijos, Marvin Rafael Gómez Gutiérrez, por brindarme su apoyo en esta etapa, agradeciéndole a Dios haberlo puesto en mi camino.

Garleska José Silva Berríos

Agradecimientos

Le damos gracias a Dios por habernos dado la oportunidad de culminar con éxito este trabajo.

A nuestra familia, por el apoyo, paciencia y amor brindado durante este recorrido académico.

A nuestra tutora MSc. Gema Velásquez Espinoza, por habernos guiado en el transcurso de nuestro trabajo, por sus consejos, comprensión, y apoyo. Que Dios la bendiga.

A nuestros asesor, PhD José Armando Saballos P., por el apoyo brindado durante todas las etapas de esta investigación, por no desistir en ser nuestro asesor a lo largo de este camino y siempre darnos tiempo de calidad en contribución a nuestro trabajo.

Al Ing. Noel Rodríguez, por motivarnos a trabajar en equipo. Su paciencia, colaboración, facilitándonos información, son cualidades que siempre admiraremos.

A Marvin Gómez y Gerald Leiva, por su apoyo en las visitas y el levantamiento de los datos de campo, a los amigos y amigas que ayudaron a digitalizar figuras, Francisco Mendoza, Ada Luz Mercado, Heima Chavarría Vilchez, Javier Pérez, Bianca Vanegas.

Nuestro más sincero agradecimiento a todos nuestros amigos y amigas, que nos brindaron su ayuda y amistad, animándonos y apoyándonos en los momentos donde el cansancio, imprevistos y obstáculos estuvieron presentes.

Loredana Castellón & Garleska Silva.

Resumen

El área de estudio se ubica al SW del municipio de Managua, Distrito III. Tiene una extensión de 6.12 Km². Limita al Norte con el Barrio Belmonte, al Sur con el Barrio Sierra Maestra, al Este con el Barrio Eduardo Flores y al Oeste con Nejapa. En este sitio, la falla geológica de interés corresponde a la Falla San Judas, que según Algermissen y otros (1974), se activó en el terremoto de 1972.

El procedimiento que se llevó a cabo para esta investigación consistió en un levantamiento geológico y mediciones de datos estructurales para su posterior análisis e interpretación de indicadores cinemáticos, esfuerzos mecánicos y dinámica de los sistemas de fallas presentes en el área de estudio, donde se utilizó el software Win-Tensor (Delvaux y Sperner, 2003). Este Software determina esfuerzos tectónicos a partir de datos proporcionados por el desplazamiento de las fallas geológicas, así como datos estructurales. Así mismo, sirve para estimar paleo-esfuerzos de sistemas de fallas de interés.

El trabajo geológico de campo permitió identificar catorce unidades litológicas. En orden, de la más antigua a la más joven son : Lodo Volcánico (Pls), Que corresponde al Grupo Las Sierras, Ceniza (Pce), Suelo Fósil (Psf₃), Toba Lítica (Plt₂), Suelo Fósil (Psf₂) y Oleadas Piroclásticas (Popln), Toba Lítica (Pfl₁), Suelo Fósil (Plfs₁), Formación Fontana Lapilli (Pf), Formación Pómez de Apoyo (Pap), Suelo Fósil (Hsf₂), Formación San Judas (Hsj), Formación Toba El Retiro (Hrt), Suelo Fósil (Hsf₁) y Suelo Reciente (Hs) que corresponden al Grupo Managua.

Estructuralmente, estas unidades están afectadas por una fase de deformación que define el panorama estructural del área; la cual corresponde al patrón de fallamiento geológico predominante Noroeste-Sureste. Este ambiente tectónico se encuentra dominado por el Graben de Managua, el cual está limitado por fallas normales con tendencia N-S (La Femina et al., 2002).

Con el análisis e interpretación de las mediciones estructurales, utilizando el Software Win Tensor v5.0.6 y GeOrient32 v9.5.0, se logró determinar que la zona del área de estudio se asocia al sistema de Falla San Judas. Sin embargo, para poder afirmar la relación de que las fallas encontradas corresponden a un sistema secundario de la falla principal (Falla San Judas), se deberá profundizar en el estudio geoestructural del sistema de Falla San Judas, y realizar estudios paleosismológicos.

CONTENIDO

Capítulo I. Introducción	11
1.1 Generalidades.....	11
1.2 Antecedentes	12
1.3 Justificación	15
1.4 Planteamiento del Problema	16
1.5 Objetivos.....	17
1.6 Localización de área de estudio y Vías de acceso	17
Capítulo II. Diseño Metodológico	20
2.1 . Enfoque.....	20
2.2 . Tipo de Investigación	20
2.3 Población y Muestra.....	26
Capítulo III. Marco Geológico Regional de Nicaragua	28
3.1 Tectónica Regional de América Central	28
3.2 Marco Geológico Regional	30
3.3 Geología Estructural	31
3.4 Estratigrafía del Occidente de Managua	36
Capítulo IV. Análisis e interpretación de los resultados	42
4.1 Geología Local.....	42
4.2 Geología Estructural	54
Conclusiones y Recomendaciones.....	70
Bibliografía	72
Anexos	78
Anexo 1. Columnas estratigráficas compuestas del área de estudio	79
Anexo 2. Inventario de fracturas de cortes.....	86
Anexo 3. Perfil Geológico de Trinchera A-A´	92
Anexo 4. Formato de campo utilizado.....	95
Anexo 5. Mapa de Antecedentes del área de estudio	98

Indicie de Figuras

Figura 1: Mapa de localización del área de estudio.	19
Figura 2: Mapa de puntos de levantamiento geológico del área de estudio.	22
Figura 3: Inicio del programa mostrando las opciones para generar la roseta de fractura.	25
Figura 4: Introducción de los datos estructurales al programa Win Tensor.	26
Figura 5: Ambiente tectónico de Centroamérica. Fuente: Frishbutter, 2002.	29
Figura 6: Mapa de la Provincias Geológicas de Nicaragua.	30
Figura 7: Relieve sombreado de la Depresión de Nicaragua, muestra los principales volcanes activos que conforman la Cadena Volcánica Nicaragüense.	33
Figura 8: Mapa Geo-Estructural del Área de Managua.	35
Figura 9: Propuesta de columna estratigráfica generalizada de Managua.	41
Figura 10: Mapa Geológico del área de estudio.	53
Figura 11: Modelo Tectónico de Cuencas de Pull-apart en la Depresión de Nicaragua... ..	55
Figura 12: Modelo Tectónico de fallas en dominó en la Depresión de Nicaragua.	56
Figura 13: Figura: Tipos de Fallas con desplazamiento vertical.	58
Figura 14: Figura: Tipos de desplazamientos en Fallas Verticales	58
Figura 15: Tipos de Fallas con desplazamiento Horizontal.	59
Figura 16: Diagrama de rosas de los cortes litológicos levantados.	65

Índice de Fotos

Foto 1: Levantamiento geológico de trinchera.	24
Foto 2: Flujo de lodo Las Sierras identificado en trinchera exploratoria.	44
Foto 3: Secuencia de unidades Pleistocénica. Coordenadas E575776, N1339214.	45
Foto 4: Corte Sur. Coordenadas E575795, N1339191.	46
Foto 5: Cortes localizados en Mirador San Isidro. Coordenadas E576714, E1337439. ...	47
Foto 6: Secuencia litológica de unidades Holocénicas y Pleistocénicas del Grupo Managua. Coordenadas E575976, N1338578.....	48
Foto 7: Horizontes de Formación Lapilli Fontana. A. Horizontes de Lapilli Fontana encontrado en la Pista suburbana. B. Lapilli Fontana localizado en San Isidro de la Cruz Verde.	49
Foto 8: Horizonte de Pómez de Apoyo. Pista Suburbana.	50
Foto 9: Fracturamiento de trinchera y diagrama de rosa.....	60
Foto 10: A. Planos o espejos de fallas, con estructura principal. B. Esquema de Estructura secundaria.	60
Foto 11: Falla inversa, dentro de trinchera exploratoria.	61
Foto 12: Falla Normal con componente lateral izquierdo y terminación bifurcada.....	62
Foto 13: A. Zona de deformación estructural finalizando la trinchera. B. Sigmoide rotado.	63
Foto 14: Corte Este, se observa los bloques escalonados.....	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas Vértices del sitio de estudio.....	18
Tabla 2: Coordenadas de los cortes levantamiento. DATUM UTM WGS84.....	21
Tabla 3: Coordenadas del sitio de exploración donde se excavo la trinchera.	23
Tabla 4: Tabla: Coordenadas Trinchera A- A'	23
Tabla 5: Datos estructurales de cinco cortes litológicos para su análisis con Win Tensor.....	67

Capítulo I. Introducción

1.1 Generalidades

Managua, capital de Nicaragua, fue fundada el 24 de marzo de 1819, conocida con el nombre de Leal Villa de Santiago de Managua, con una extensión territorial de 289 Km², está situada entre los meridianos 86° 40' y 86° 16' longitud Oeste y los paralelos 12° 7' y 11° 43' latitud Norte, limita al Norte con el Lago Xolotlán o Lago de Managua; al Sur con el Municipio de El Crucero y los Municipios de Ticuantepe y Nindirí; al Este con el municipio de Tipitapa; al Oeste con los municipios de Ciudad Sandino y Villa Carlos Fonseca, cuenta con una población de 1,316,981, está dividida en siete Distritos. Dirección General de Planificación, ALMA, (2000).

La ciudad se caracteriza como un área predominantemente volcánica, con rasgos geomorfológicos que varían desde planicies hasta montañas abruptas; otra característica física de importancia en el municipio, es su afectación por hundimientos relacionados a fenómenos volcánico – tectónicos, dos fracturamientos importantes limitan el municipio, al Este la Falla Cofradía y al Oeste, la Falla Mateare. Existen 15 fallas principales que afectan directamente el área urbana de la ciudad; lo cual hace de Managua una de las ciudades con mayor índice de sismicidad en el país, este escenario geológico ha provocado movimientos telúricos que en dos ocasiones han destruido parcialmente la ciudad como el terremoto de 1931 y 1972, y afectaciones a la Colonia Centroamérica en 1968. (INETER, s.f).

La amenaza sísmica y el fallamiento activo de la región de Managua, fueron estudiados con mayor detalle por varios autores después del terremoto del 23 de diciembre de 1972, por ejemplo, Brown et al., 1974; Algermissen et al., (1974); Woodward-Clyde Consultants Inc. (1975).

Es de mucha importancia profundizar en estudios de las fallas geológicas existentes en Managua, como lo son su orientación, tipo de desplazamiento, geometría, para lograr una caracterización de las mismas.

El presente trabajo aporta conocimientos del sistema de Falla San Judas, en la parte Suroeste de la ciudad de Managua, mediante una caracterización litoestratigráfica y geoestructural a través del software Win Tensor, para identificar la zona predominante de los esfuerzos, ya que la Falla San Judas representa una amenaza sísmica para la población asentada en los barrios San Juan de Bocay, San Judas, Loma Linda, Sierra Maestra.

1.2 Antecedentes

La información registrada de la Falla San Judas, es de aspecto general, autores como Kuang y William, (1971), realizaron estudios de esta falla, describen que la misma tiene un escarpe de aproximadamente 12.7 Km de longitud, y se extiende desde las Huellas de Acahualinca en el extremo Norte, hasta el Barrio Sierra Maestra en su extremo Sur, con un rumbo N-S. Su aspecto en forma de arco indica que se extiende al Norte del Lago Xolotlán, mientras que por el extremo Sur se presenta de forma ramificada. Según Kuang (1973), uno de sus ramales se puede relacionar con La Falla Nejapa (Avellán, 2009).

Los estudios geológicos y resumen de publicaciones que se describen a continuación son los estudios a los que se tuvo acceso en centros de documentación y mencionan características estructurales de interés para la interpretación de datos que se puedan generar de esta investigación (Ver Anexo).

Woodward Clyde Consultants, (1975): Caracterizan la Falla San Judas, de tipo normal con orientación N-S, longitud verificada 4.6 Km, longitud proyectada es de 12.1 Km, un espesor medio en campo máxima 200m y mínima 4m

aproximadamente, con un desplazamiento máximo de 1.05 m, donde la unidad más joven desplazada es de edad Holocénico.

Cowan, et al., (2000): El autor define la geometría de la Falla San Judas, con una longitud 12.7, su rumbo promedio $6.3^{\circ} \pm 11^{\circ}$ ($N6.3^{\circ}E \pm 11^{\circ}$) e inclinación promedio 60° Este, sentido de movimiento normal. Su expresión geomorfológica es un escarpe a lo largo del margen occidental del Graben Managua, tasa de movimiento probablemente 0.2-1.0 mm/a y su último movimiento fue durante el Holoceno.

Rodríguez, N., (2001): Encuentra en su Estudio de Zonificación Geológica por Fallamiento Superficial, las siguientes unidades, se mencionarán de la más joven a la más antigua: Suelo Aluvial y Coluvial, Suelo Reciente, Formación El Retiro, Pómez Apoyeque + Suelo Fósil, Formación San Judas, Suelo Fósil Holoceno-Pleistoceno, Ceniza Negra, Pómez Apoyo, Lapilli Fontana, Suelo Fósil, Flujo de Lodo más Aluvial, Escoria- Ceniza. El autor encontró fallamiento activo en la formación Lapilli Fontana (Pf).

INETER, (2002): En su informe técnico Actualización del Mapa de Fallas Geológicas de Managua, varios autores en la mayoría consultores, actualizaron el Mapa de Fallas de la ciudad de Managua, con la creación de una base de datos espaciales en formato SIG e información de campo a través de métodos directos e indirectos enfocándose en el área Sur de Managua, dando como resultado el Mapa de Fallas y Lineamientos de Managua, para la Evaluación de la Amenaza Sísmica en Managua.

Frischbutter, (2002): a través de interpretación de imágenes satelitales, sensores remotos y la combinación de datos sismológicos del año 1972, destaca que la zona de falla de Managua es una estructura regional con dirección NS, la cual está

caracterizada por la formación de estructuras de menor orden en el margen oriental limitadas por fallas oblicuas.

La Femina, (2002): define que la subducción oblicua y alta velocidad de convergencia a lo largo de la fosa mesoamericana produce la compleja deformación cortical, resultando el movimiento de bloques paralelos con orientación NW. La tendencia de las fallas en Nicaragua con orientación NE es lateral Izquierda. Las fallas con preferencia NE definen el fallamiento en dominó de Nicaragua con una rotación de bloques en sentido horario.

Rodríguez, O., (2014): El autor encuentra en el Estudio de Zonificación Geológica Por Falla Superficial, unidades que describe de las más reciente a la más antigua: Suelo Reciente (Hs), Formación el Retiro (Hrt), Suelo Fósil (Hfs3), Formación San Judas (Hsj), Suelo Fósil (Hfs2), Formación Apoyeque Superior (Haqu), Suelo Fósil (Hfs1), Lapilli Fontana (Pf), Suelo Fósil (Pfs1), Toba Riolítica (Ptr). El autor encontró evidencias de fallamiento superficial con desplazamiento de 15 cm en la formación San Judas, y fisuras de 2 mm de ancho en un total de 15 m.

González, G., (2015): En la Actualización del Estudio de Zonificación Geológica Por Falla Superficial, describe unidades que va en orden de las más reciente a la más antigua: Suelo Vegetal Reciente (Hs), Suelo Fósil (Hfs), Deposito Aluvial (Hal), Suelo Fósil (Pfs – 1), Suelo Fósil (Pfs – 2), Lapilli Fontana (Pf – 1), Suelo Fósil (Pfs – 3), Toba Lítica Meteorizada o Suelo Fósil (Ptl – 1 o Plfs), Toba Lítica Aglomerática o Toba Aglomerática (Ptl – 2 Plcg), Toba Lítica Aglomerática (Pfl – 3 - Plcg), Pómez (Plpo), Suelo Fósil o Toba Meteorizada (Plfs). El autor no encontró evidencia de fallamiento activo, sin embargo respetando la información del mapa de Fallas y Lineamientos de Managua (INETER, 2012), zonificó de acuerdo a esa información.

1.3 Justificación

La ciudad de Managua está asentada dentro del Graben de Managua, una estructura geológica actualmente activa, evidente por la constante actividad sísmica que en éste se presenta. Dentro de este Graben, predomina el fallamiento de tipo de rumbo lateral izquierdo con orientación Noreste, responsable de los sismos destructores en décadas anteriores. Sin embargo, también se encuentran fallas geológicas de tipo normal orientadas Norte-Sur, y en menor grado fallamiento de tipo inverso (La Femina, 2002).

El área de estudio del presente trabajo se enfoca en el sector Sur del Distrito III del municipio de Managua, en el cual existen diferentes sistemas de fallas y lineamientos geológicos, una de las más importante es la **Falla San Judas** (según Mapa de Fallas y Lineamientos Geológicos, INETER 2002, 2012). A pesar del peligro que este sistema de fallas representa, casi no existe literatura científica que describa el carácter geológico y estructural de la misma, mucho menos la amenaza sísmica que ésta representa a su entorno.

Por lo antes mencionado es necesario realizar un estudio más detallado y actualizado del sistema de Falla San Judas, mediante la caracterización geoestructural de dicho sistema, describiendo desde sus unidades litoestratigráficas hasta determinar su dinámica, cinemática y el análisis de sus esfuerzos mecánicos.

1.4 Planteamiento del Problema

El departamento de Managua está bajo una amenaza sísmica considerable. El crecimiento poblacional se da en forma desordenada, y las construcciones menores no son edificadas bajo ningún control de calidad. Esto conlleva a que la población junto con su infraestructura habitacional, estén expuestas debido a su alto grado de vulnerabilidad.

Los sistemas de fallas que mejor se conocen en la ciudad de Managua son cuatro, a saber: Escuela, Tiscapa, Cofradía y Aeropuerto; del resto se sabe muy poco. Es por esto de suma importancia continuar obteniendo mayor información que refuercen los conocimientos de los sistemas de fallas geológicas que atraviesan la ciudad de Managua, la que alberga casi 1.5 millones de personas, según el censo poblacional del INIDE, (2005).

El sistema de Falla San Judas fue uno de los que se activó en 1972, justo después del devastador sismo de magnitud 6.2 producido por la Falla de Tiscapa, a como lo revela el estudio de las réplicas hecho por Algermissen et al., (1974), donde la red sísmica que se desplegó de forma rápida logró captar varios sismos en el extremo Norte de este sistema de fallas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Caracterizar geoestructuralmente el sector Sur Distrito III del Municipio de Managua.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar las unidades lito-estratigráficas que conforman el área de estudio.
- Interpretar los diferentes indicadores cinemáticos del sistema de Falla San Judas para determinar su dinámica y cinemática.
- Analizar los esfuerzos mecánicos en la zona de falla de San Judas con el software Win-Tensor.

1.6 Localización de área de estudio y Vías de acceso

Managua, capital de Nicaragua, se ubica en el Suroeste de Nicaragua, específicamente en el límite Sur del lago de Managua (Xolotlán). El municipio tiene un área total de 289 Km² de extensión, de los cuales 173.1 Km² son área urbana. La población estimada es de 1, 480,270 habitantes según datos actualizados al 2005 por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2005).

1.6.1 Localización

El presente estudio se localiza en la parte Sur-Occidental de la ciudad de Managua, Distrito III. Cubre un área de 6 Km². Limita al Norte con el Barrio Belmonte, al Sur con el Barrio Sierra Maestra, al Este con el Barrio Eduardo Flores y al Oeste con Nejapa (Figura 1. Mapa de Ubicación del sitio de estudio).

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

El sitio se encuentra comprendido en la hoja topográfica de Managua 2952- III, escala 1:50,000 (INETER, 2006). Las coordenadas de los vértices del área de estudio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1: Coordenadas Vértices del sitio de estudio

Vértice	Este (m)	Norte (m)
1	575143	1340595
2	576875	1340589
3	576881	1337162
4	575143	1337149

1.6.2 Vías de Acceso

Las principales vías de acceso son: al Norte, la Pista Juan Pablo II., al Sur, la Pista Suburbana, al Oeste, la Carretera Panamericana Sur; y al Este la Pista UNAN o Avenida Universitaria.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

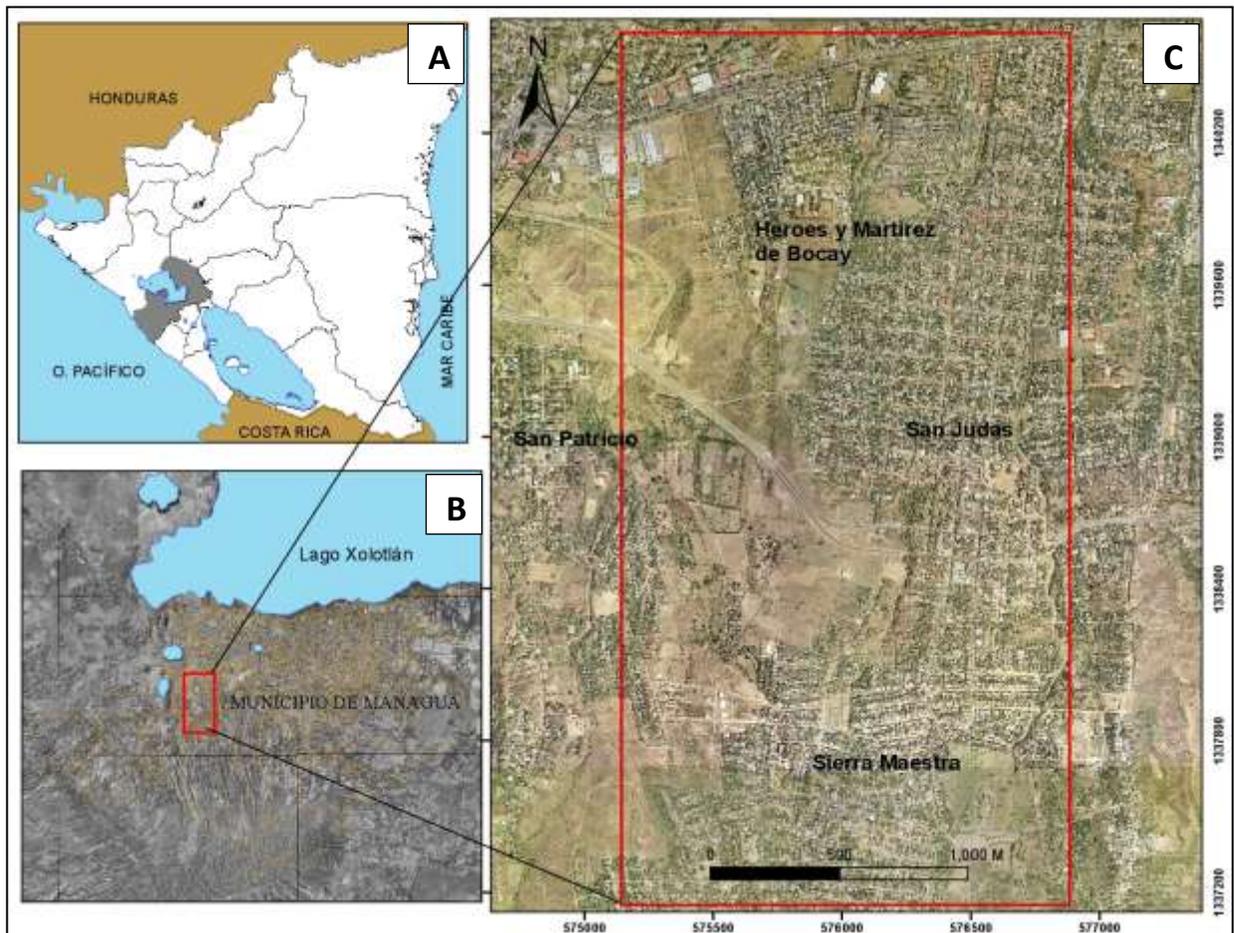


Figura 1: Mapa de localización del área de estudio. A) Mapa de Nicaragua y límites políticos. B) Mapa de la Ciudad de Managua, en el recuadro rojo se observa el área de estudio. C) Área de estudio.

Capítulo II. Diseño Metodológico

2.1. Enfoque

La orientación de esta investigación, es la verificación de la falla encontrada en el sitio Contiguo al Seminario Redentoris Mater en el Barrio San Judas, donde se trata de comprobar su pertenencia al sistema de Falla San Judas, a través de los esfuerzos mecánicos, dinámica y cinemática.

2.2. Tipo de Investigación

Este trabajo es una investigación clásica cuantitativa.

- A. Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registros de la información (retrospectivo).

Esto se realizó mediante una etapa de gabinete que consistió en:

- Recopilación Bibliográfica: para llevar a cabo esta actividad fue necesario la revisión de tesis, informes técnicos, artículos científicos, mapas topográficos y geológicos de la zona de estudio, ambos a escala 1: 50,000.
- Fotointerpretación a escala 1; 40,000.
- Delimitación de área de estudio para mapeo litoestratigráfico y geoestructural a través de los datos estructurales observados en la fotointerpretación.

- B. Según análisis y alcance de los resultados (estudios analíticos explicativos)
Investigación cualitativa (Tipo participativa)

A este tipo de investigación se le adjudicó la etapa de campo la cual se realizó por medio de:

- Levantamiento Geológico: la información se obtuvo a través del análisis e interpretación de los cortes, afloramientos y cauces sin recubrimiento,

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

mediciones estructurales, identificación y descripción de unidades litoestratigráficas y muestreo de rocas y suelos, donde se definieron y delimitaron previamente los puntos de levantamiento. (Ver Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2: Coordenadas de los cortes levantamiento. DATUM UTM WGS84.

ID	X	Y
corte NW	575772	1339013
corte sur sitio	575350	1338983
corte 3 pista	575899	1338450
corte 4 cementerio	575976	1338578
corte 5 46 m	575645	1338972
corte sur casa	575773	1339176
Corte detrás seminario	575882	1339358
Trinchera	575783	1339233
Corte 1	575542	1339043
Corte 2	575431	1338925
Zanja tubería agua	575655	1337967
Sierra Maestra	575688	1337276
Mirador San Isidro	576714	1337439
San Isidro- Loma Linda	577132	1337605
Memorial Sandino	577175	1339273

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA

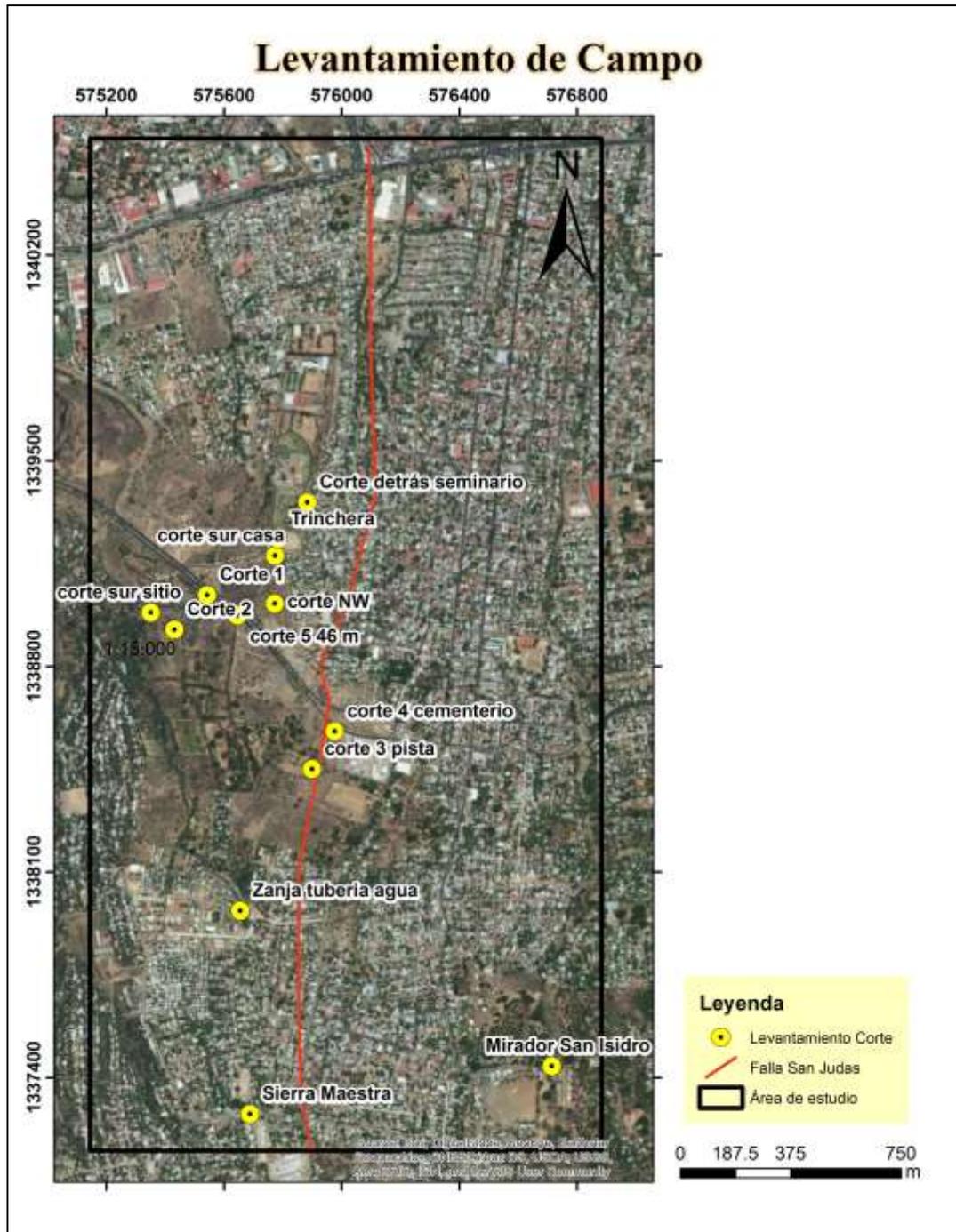


Figura 2: Mapa de puntos de levantamiento geológico del área de estudio.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

- Se realizó el levantamiento geológico de una trinchera exploratoria, con la aprobación de la Consultora Noel Rodríguez para la utilización de los datos generados a partir del estudio de Zonificación geológica por fallamiento Superficial del Proyecto Bodegas Seminario San Judas, 2014 (Ver tabla 3).

Tabla 3: Coordenadas del sitio de exploración donde se excavo la trinchera.

Vértice	Este	Norte
1	575775	1339187
2	575761	1339283
3	575865	1339273
4	575868	1339184

La orientación adecuada de la trinchera deberá ser transversal a los lineamientos, fracturas o fallas, ésto apoyado por la revisión previa del Mapa de Fallas y Lineamientos de Managua, a escala 1: 10,000 (INETER 2002), con la finalidad de interceptar y comprobar la existencia, o no, de estos rasgos en el terreno. Sus dimensiones mínimas de 0.60m de ancho, 3.5 m de profundidad y su longitud será estimada en dependencia del terreno. La trinchera excavada tiene una orientación E-O y los datos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4: Tabla: Coordenadas Trinchera A- A'

Zanja	Este	Norte	Error (m)	Longitud (m)	Orientación (°)	Profundidad (m)
A	575783	1339233	3			
A'	578850	1339231	3	66.65	E-O	4

La escala de levantamiento y cartografía geológica de la pared Norte de la trinchera exploratoria, iniciando de Oeste a Este, la escala del levantamiento para el perfil geológico fue a escala 1:50. La distancia de referencia entre los puntos de observación en la pared de la trinchera es cada 5 m y según el detalle que se requiera puede ser de 1 m (en caso de haber, flexuras, plegamientos, deformaciones, etc) (Ver Foto 1).



Foto 1: Levantamiento geológico de trinchera.

Los rasgos litológicos de las unidades estratigráficas serán descritos con base a características de textura, color, estructura, composición, al igual que sus relaciones estratigráficas y correlacionadas con la litoestratigrafías regional, conocida del área de Managua y alrededores (Ver capítulo IV).

Los datos se presentarán en fichas de datos propuesta por la Guía Técnica para la elaboración de estudios geológicos (INETER 2004) (Ver Anexo 4).

Una tercera etapa, fue la siguiente:

- Etapa de Procesamiento e Interpretación de los Datos obtenidos en campo la cual consistió en ordenar la información por sitio, coordenadas y datos estructurales, con el fin de transformar estos datos numéricos a datos gráficos a través de software como GeOrient32v9.5.0, donde se ingresan primeramente en una tabla en wordpad para ser extraídas del Software y

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

generando rosetas de fracturas que indican la preferencia de los esfuerzos principales máximo (σ_1) y mínimo (σ_3) esfuerzo de compresión y extensión para determinar las áreas de deformación. Ver Figura 3.

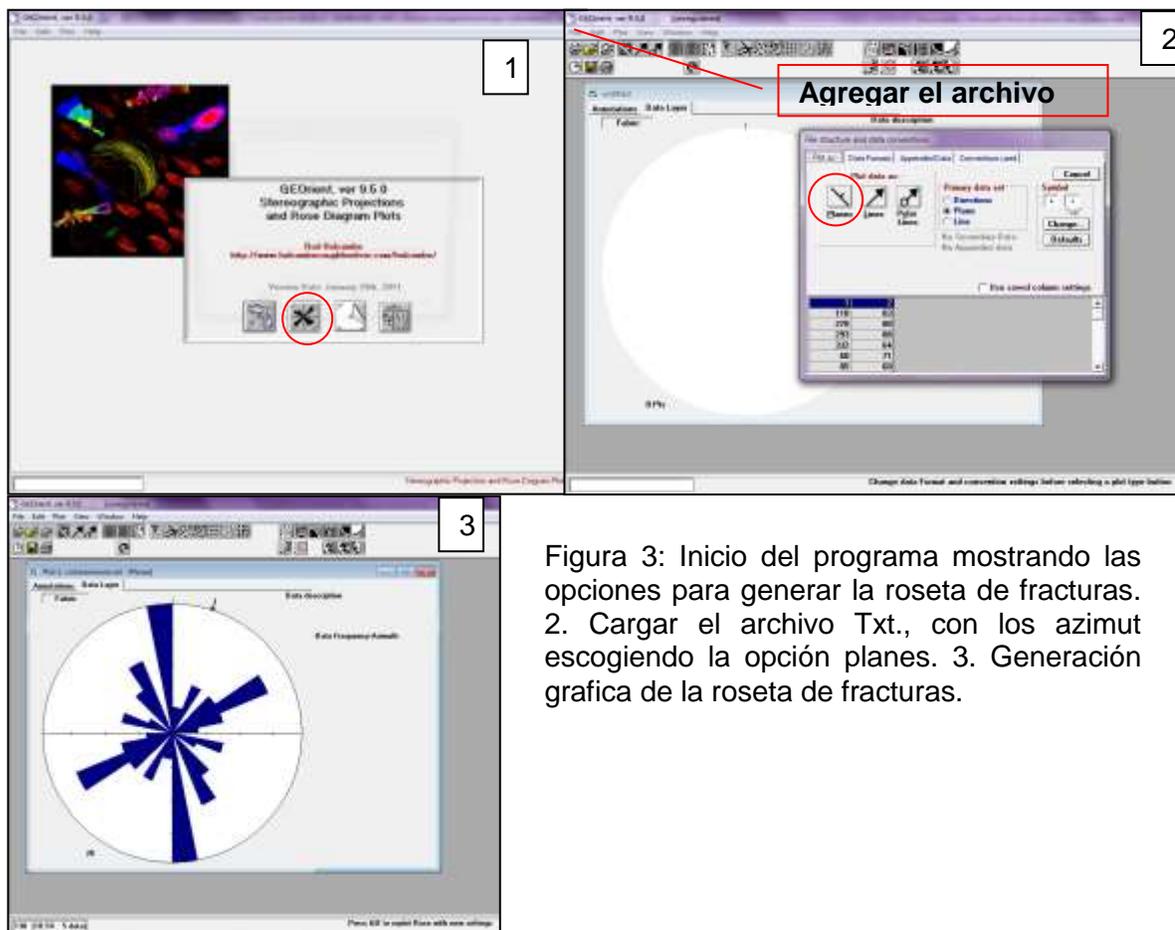


Figura 3: Inicio del programa mostrando las opciones para generar la roseta de fracturas. 2. Cargar el archivo Txt., con los azimut escogiendo la opción planes. 3. Generación grafica de la roseta de fracturas.

Se realizó una interpretación litológica con los datos obtenidos en las etapas anteriores, donde las muestras recolectadas son descritas macroscópicamente para determinar a qué unidad geológica pertenece, haciendo una relación en conjunto con la columna estratigráfica previa de estudios anteriores.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Teniendo toda la información procesada e interpretada de generaran mapas básicos como: Mapa Geológico Estructural, con ayuda del software ArcGIS 10.3. Para el análisis e interpretación de los diferentes indicadores cinemáticos, esfuerzos mecánicos y dinámica de los sistemas de fallas presentes en el área de estudio se utilizó el software Win-Tensor, el cual sirve para determinar esfuerzos tectónicos a partir de datos proporcionados por el desplazamiento de las fallas geológicas y mecanismos focales, así como datos de geología estructural, neotectónica y sismotectónica. Esto también sirve para estimar paleo-esfuerzos de sistemas de fallas de interés (Ver Figura 4).

Fault slip data		Input row data (User format)										Compiled data Set 1 (Standard format)								Compiled data Set 2 (Sh...			
N°	Definition	Fault Type	Or1A	Or1B	Or2A	Or2B	Sense	Level	Depth	Act	Stress	Subset	Comments	Dip	Dip-Dir	Plunge	Azim	Sense	Temp	Fract	Stresswh	Stresswh - M 1	Stresswh - M 2
1		11	1	88	354	88	354	X	X	2.0	2	2	1.0	88	355	88	355	XX					
2		11	1	79	067	79	067	X	X	2.0	2	2	1.0	79	068	79							
3		11	1	13	187	13	187	X	X	2.0	2	2	1.0	13	188	13							
4		11	1	60	013	60	013	X	X	2.0	2	2	1.0	60	014	60							
5		11	1	81	034	81	034	X	X	2.0	2	2	1.0	81	035	81							
6		11	1	89	040	89	040	X	X	2.0	2	2	1.0	89	041	89							
7		11	1	85	016	85	016	X	X	2.0	2	2	1.0	85	017	85							
8		11	1	79	038	79	038	X	X	2.0	2	2	1.0	79	040	79							
9		11	1	89	356	89	356	X	X	2.0	2	2	1.0	89	357	89							
10		11	1	87	034	87	034	X	X	2.0	2	2	1.0	87	035	87							
11		11	1	82	341	82	341	X	X	2.0	2	2	1.0	82	342	82							
12		11	1	61	348	61	348	X	X	2.0	2	2	1.0	61	349	61							
13		11	1	61	167	61	167	X	X	2.0	2	2	1.0	61	168	61							
14		11	1	58	188	58	188	X	X	2.0	2	2	1.0	58	189	58							
15		11	1	81	158	81	158	X	X	2.0	2	2	1.0	81	159	81							
16		11	1	86	008	86	008	X	X	2.0	2	2	1.0	86	010	86							
17		11	1	83	017	83	017	X	X	2.0	2	2	1.0	83	019	83							
18		11	1	73	025	73	025	X	X	2.0	2	2	1.0	73	026	73							
19		11	1	89	120	89	120	X	X	2.0	2	2	1.0	89	121	89	XX						
20		11	1	88	020	88	020	X	X	2.0	2	2	1.0	88	021	88	XX						
21		11	1	79	130	79	130	X	X	2.0	2	2	1.0	79	131	79	XX						
22		11	1	86	124	86	124	X	X	2.0	2	2	1.0	86	125	86	XX						
23		11	1	83	121	83	121	X	X	2.0	2	2	1.0	83	122	83	XX						
24		11	1	81	154	81	154	X	X	2.0	2	2	1.0	81	155	81	XX						
25		11	1	88	126	88	126	X	X	2.0	2	2	1.0	88	127	88	XX						

Figura 4: Introducción de los datos estructurales al programa Win Tensor.

2.3 Población y Muestra

Universo: Municipio de Managua

Muestra: Sector Sur del Distrito III. Barrio Loma Linda, Norte de Sierra Maestra, Héroes y Mártires de Bocay.

2.4 Fuentes de Información

- Mapa topográfico, Geológico y de Fallas y Lineamientos de la ciudad de Managua
- Fotografías Aéreas
- Artículos Científicos
- Estudios Geológicos
- Guía Técnica de Estudios Geológicos para la obtención de Aval

2.5 Instrumento

- Mapa topográfico, Geológico y de Fallamiento
- Instrumentos para Levantamiento Geológico (Piqueta, Mazo, Lupa, Brújula, GPS, Libreta, Lápiz y Cinta de Medición, Ácido Clorhídrico 10%, (HCl)
- Estudios geológicos
- Levantamiento Geológico en Superficie
- Trinchera exploratoria
- Software (Win Tensor v5.0.6 y GeOrient32 v9.5.0,)
- Diagrama de Rosas
- Perfil Geológico

Capítulo III. Marco Geológico Regional de Nicaragua

3.1 Tectónica Regional de América Central

Tectónicamente, Nicaragua se encuentra en el margen Suroeste de la Placa del Caribe, cerca de su intersección con la Placa de Cocos. La Placa del Caribe limita al Norte con la Placa Norteamericana, con un sistema de fallas transformantes Motagua-Polochic, de movimiento lateral izquierdo. Al Sur con la placa Suramericana, al Este con la Fosa de Puerto Rico y las zonas de subducción de las Antillas Menores y al Oeste con la Placa Cocos. Esta Placa subduce hacia el Noroeste por debajo de la placa Caribe, a lo largo de la Trinchera Meso-Americana (Peacock et al., 2005), con un ángulo de subducción de $\sim 65^\circ$, por debajo de Nicaragua (Barckhausen et al., (2001) y Protti et al., (1995), citados en Rüpke et al., (2002), y a una velocidad de 14 ± 2 mm/año (DeMets, 2001).

La subducción de la Placa de Cocos por debajo de América Central, dio lugar a la formación del Arco Volcánico de América Central. Esta subducción bajo América Central, es ligeramente oblicua, con un movimiento paralelo a la Trinchera Meso-Americana. Ver Figura 5.

La región continental de la Placa Caribe, está dividida en dos bloques denominados: el Bloque Chortis y Bloque Chorotega. El bloque Chortis, comprende el Sur de Guatemala, Honduras y el Norte de Nicaragua; este bloque posee corteza continental pre-Mesozoica, y en la región del Norte de Nicaragua, está compuesto por rocas metamórficas de edad Paleozoica (Frischbutter, 2002).

El Bloque Chorotega, está conformado por un basamento oceánico del Cretácico, con espesores de sedimentos marinos y volcánicos depositados durante el Terciario; se extiende desde el Sur de Nicaragua hasta el Norte de Panamá (Elming, 1998). Se ha postulado que el escarpe de rumbo NE, que constituye la

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Falla Hess de movimiento derecho, marca el límite entre estos dos bloques dentro del Mar Caribe. En la parte Sur-occidental, el límite entre estos dos bloques en territorio nicaragüense, todavía no ha sido bien definido, debido a la cobertura de potentes secuencias sedimentarias y volcánicas del Cenozoico y la presencia de rocas intrusivas y parcialmente metamorfizadas (Frischbutter, 2002).

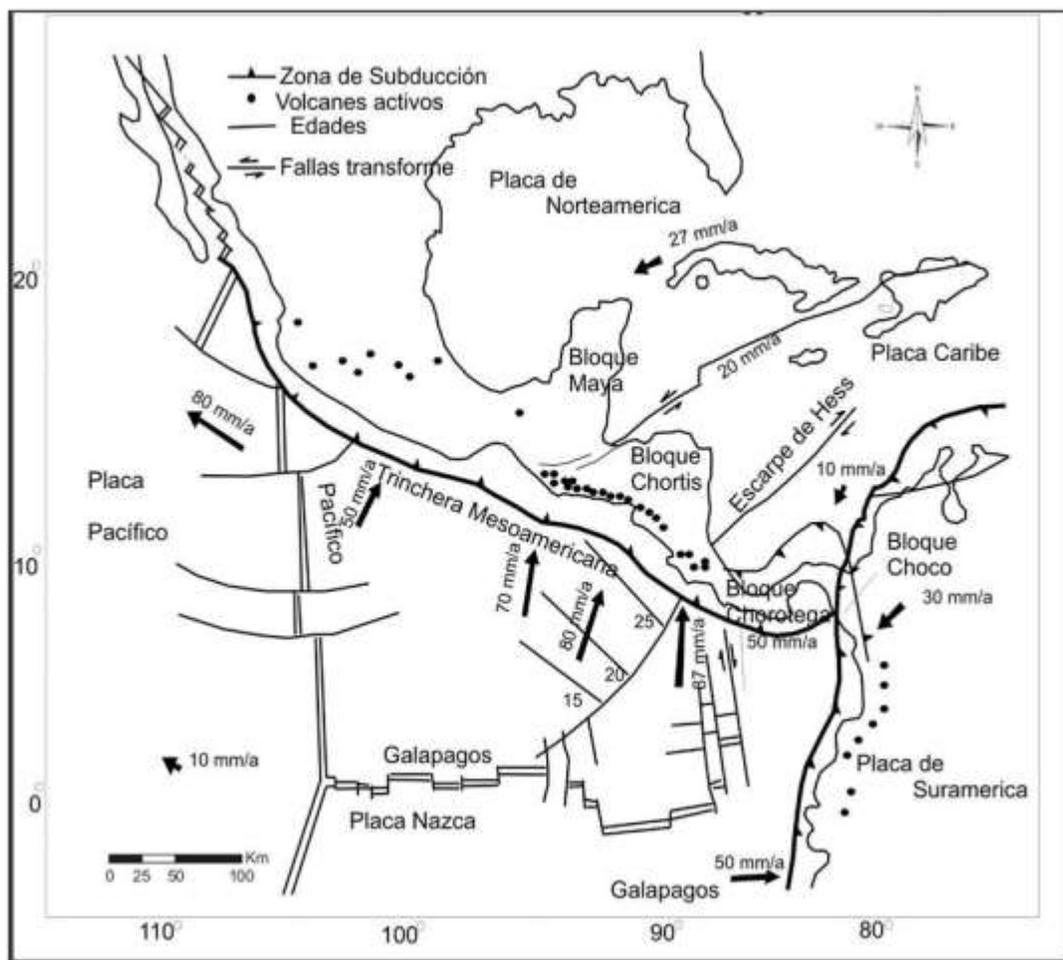


Figura 5: Ambiente tectónico de Centroamérica. (Fuente: Frischbutter, 2002).

3.2 Marco Geológico Regional

Nicaragua ha sido dividida en cinco Provincias Geológicas (McBirney y Williams, 1965; Hodgson, 2000), las cuales son las siguientes:

- La Cuenca de Sedimentación de la Costa del Pacífico (Provincias geológicas de la costa del pacifico)
- La depresión o Graben de Nicaragua
- Provincia Volcánica Terciaria (Provincia Geológica del área Central)
- Plataforma Paleozoica y Mesozoica (Provincia Geológica del Norte)
- Cuenca de sedimentación de la costa atlántica (Provincia geológica de los llanos de a costa atlántica)

Para esta investigación se describe el ambiente estructural en el que se desarrolló la investigación, como es La Depresión o Graben de Nicaragua. Ver Figura 6

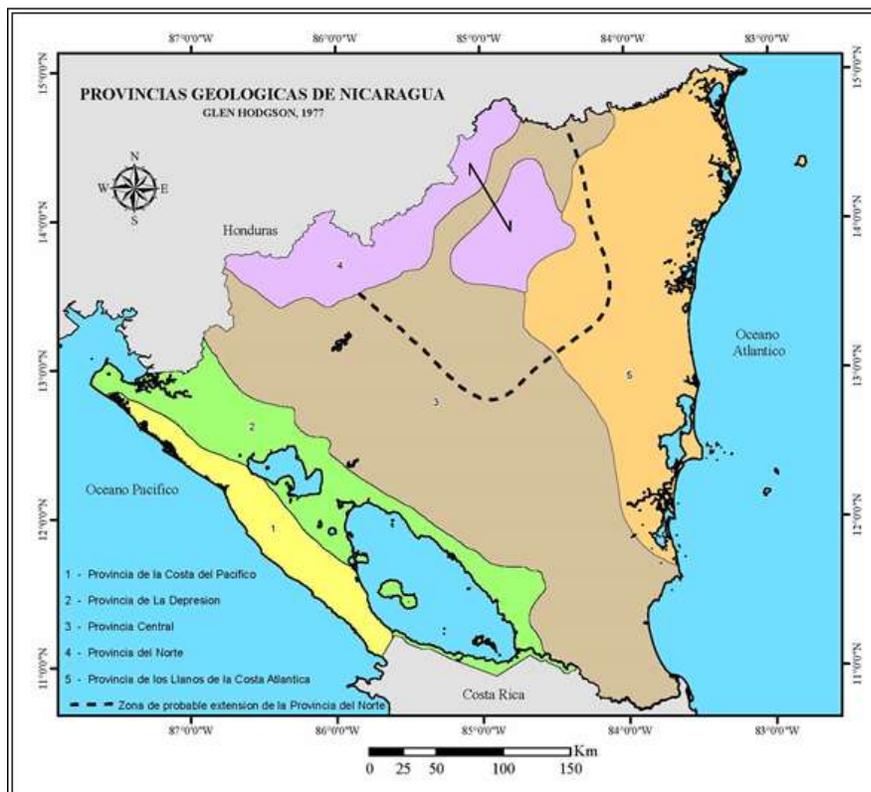


Figura 6: Mapa de la Provincias Geológicas de Nicaragua. (Redibujado de Hodgson, 1977).

3.3 Geología Estructural

3.3.1 Cadena Volcánica de Nicaragua

El Arco Volcánico de América Central tiene 1300 Km de largo y una orientación general de NO a SE, se extiende al occidente, desde el límite fronterizo entre México y Guatemala, hasta el oriente en la porción occidental de Panamá. (DeMets, 2001).

En Nicaragua, el Arco Volcánico de América Central está ubicado en la Depresión de Nicaragua, en donde tiene una longitud de 380 Km y se le conoce como la Cadena Volcánica Nicaragüense, que está dividida en dos segmentos denominados NO y SE; esta zona de segmentación está ubicada en la región de Managua. El segmento NO se extiende desde el Volcán Cosigüina, en el Golfo de Fonseca hasta el Volcán Apoyeque, localizado en el borde NO de Managua. El segmento SE, se prolonga desde el Volcán Masaya, ubicado en el extremo SE de Managua, hasta el Volcán Maderas en la Isla de Ometepe (DeMets, 2001).

La Femina et al., (2002), propusieron que la subducción oblicua por debajo de Nicaragua, hace que la deformación cortical se acomode mediante una serie de fallas en dominó, lo que conlleva a una rotación de los bloques en el sentido de las manecillas del reloj, a lo largo de la Cadena Volcánica de Nicaragua, y que implica la generación de fallas laterales derechas e izquierdas, o fracturas perpendiculares a la cadena volcánica. El resultado de esta configuración estructural, ha favorecido la segmentación de la cadena volcánica, la cual dio origen al Graben de Managua.

3.3.2 Depresión Nicaragüense

El Graben nicaragüense constituye una estructura tectónica joven, cruzando todo el Pacífico de Nicaragua desde el Golfo de Fonseca en el NO, hasta la frontera con Costa Rica encajada entre las dos estructuras más elevadas: el anticlinal de Rivas al Oeste y las tierras altas del interior al Este.

El Graben se encuentra limitado por dos sistemas de fallas de rumbo NO-SE y el origen está relacionado a la actividad volcánica reciente, a la fosa mesoamericana y al movimiento de las placas Coco y Caribe. Las fallas pertenecen al sistema centroamericano, que se extiende desde Guatemala hasta Costa Rica. (Frischbutter, 2002; Girard et al., 2005).

La depresión se encuentra rellena con depósitos piroclásticos y aluvionales con espesor un poco inferior a los 2000 m. La cadena volcánica reciente, parcialmente activa, atraviesa desde el NO hasta el SE. Los dos grandes lagos (el Lago de Managua y el de Nicaragua), originado por estructuras geomorfológicas del Graben, ocupan hoy aproximadamente un 40% de la depresión (Frischbutter, 2002; Girard et al., 2005).

3.3.3 El Graben de Managua

La formación del Graben de Managua se originó por la segmentación de la cadena volcánica de Nicaragua, vinculado con la tectónica de Centroamérica y al campo de esfuerzos regional (Girard et al., 2005). La formación de campo de esfuerzos regional genera la formación de fallas laterales derechas, fallamiento en dominó con dirección NE de movimiento lateral izquierdo y con una rotación en el sentido de las manecillas del reloj (La Femina et al., 2002).

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Esta zona de relevo (Espinoza, F., 2007), representa una zona estructural extensional, interpretada como una cuenca "Pull-Apart" (Girard et al., 2005), que se caracteriza por una serie de fallas normales con tendencia Norte-Sur, por lo que varios estudios han considerado a Managua, como un Graben (Frischbutter, 2002; Girard et al., 2005). Estos rasgos se pueden observar en el Mapa de relieve sombreado. Las flechas indican el movimiento relativo a lo largo de la cadena, debido al efecto de la subducción oblicua de la Placa Cocos, por debajo de la Placa Caribe (La Femina et al., 2002). El rectángulo blanco indica los límites del Graben de Managua. Ver Figuran 7.

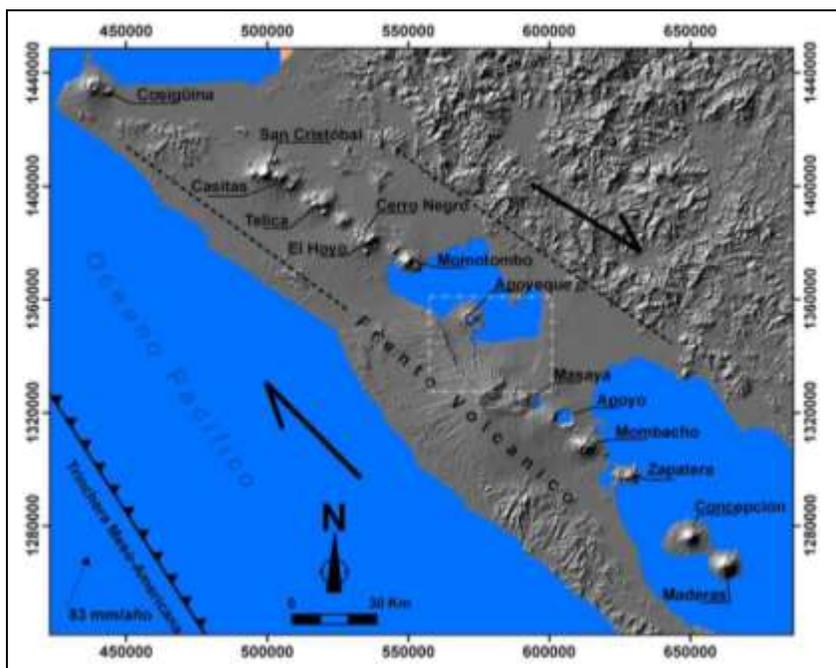


Figura 7: Relieve sombreado de la Depresión de Nicaragua, muestra los principales volcanes activos que conforman la Cadena Volcánica Nicaragüense (Avellán, 2009).

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Los límites del Graben de Managua, están conformados por las siguientes fallas activas principales: la Falla Cofradía al Este, que se evidencia por un pequeño escarpe, con una orientación NNE; la Falla Nejapa al Oeste, con una orientación NO-SE. El límite Sur del Graben de Managua lo compone el Complejo Volcánico Las Sierras-Masaya, conformado por la Caldera de Masaya y un campo ignimbrítico basáltico (Frischbutter, 2002; Girard et al., 2005).

Existen estructuras de menor orden, como el pequeño Graben limitado por la Falla Cofradía y la Falla Aeropuerto, con dirección NE (Graben Aeropuerto), numerosas fallas de dirección N-NE, El Graben Tiscapa y Chico Pelón, con dirección NE y posibles zonas de fallas controladas por la erosión (Frischbutter, 2002; Girard et al., 2005). Ver Figura 8.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA

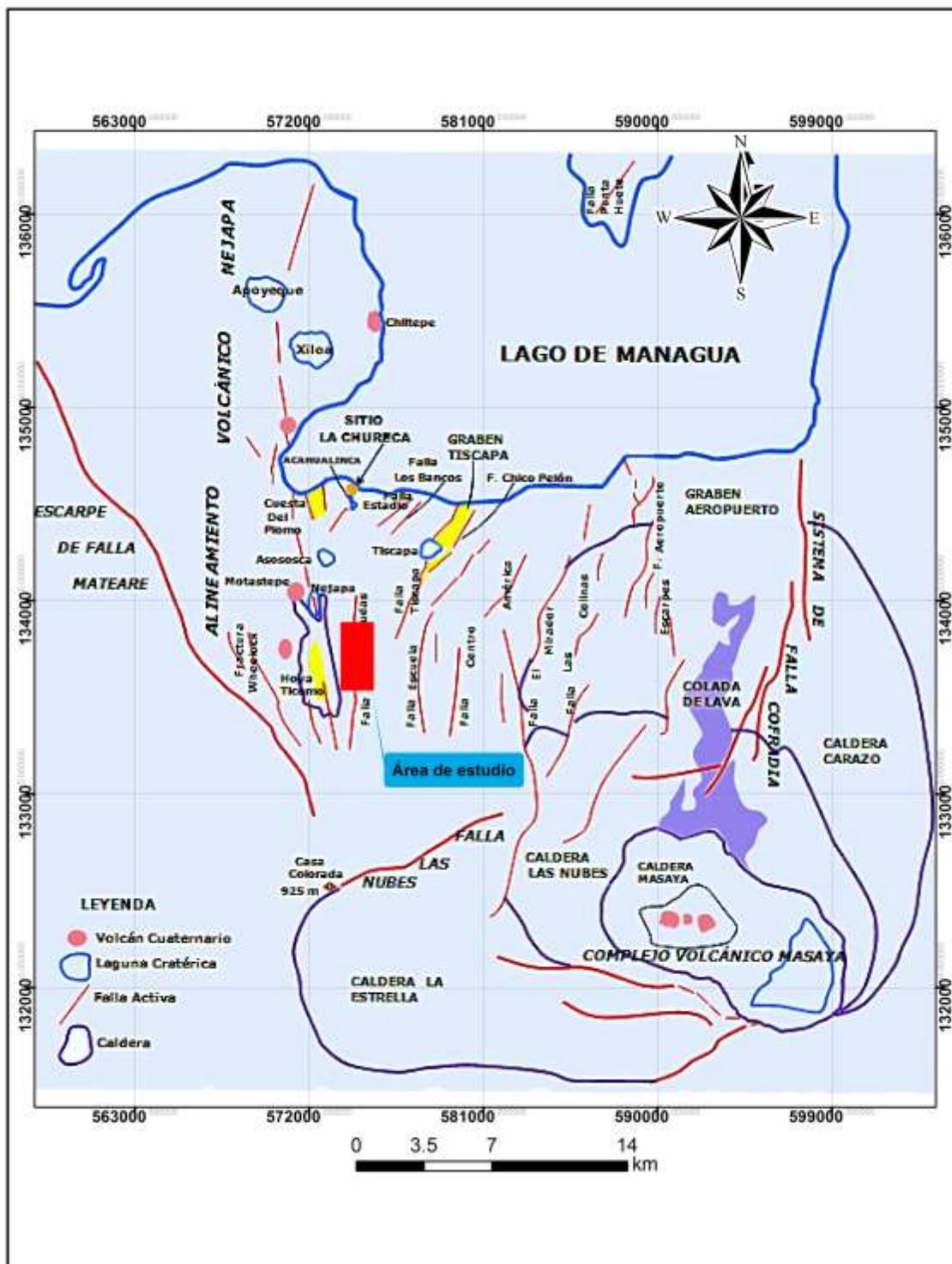


Figura 8: Mapa Geo-Estructural del Área de Managua (Redibujado de Martínez W., 1992).

3.4 Estratigrafía del Occidente de Managua

Diferentes autores han realizado trabajos sobre geología, petrografía, vulcanología y estratigrafía en la depresión de Nicaragua, especialmente en el área de Managua, entre los que destacan: Sapper (1925), Burri y Sonder (1936), Williams (1952a), McBirney (1955a), McBirney y Williams (1964, 1965), Kuang (1971), Parsons Corporation (1972), Woodward-Clyde Consultants (1975), Dames y Moore, 1978) y Bice (1985).

La mayoría de las investigaciones, se enfocaron en la identificación de depósitos de caída de tefra y sus fuentes de emisión, principalmente producidas por los volcanes: Caldera Apoyo, Caldera Masaya y el Complejo Volcánico Chiltepe. Sin embargo, existen pocos trabajos detallados sobre la estratigrafía volcánica al occidente de Managua, a lo largo de la Falla Nejapa, como los realizados por Pardo et al., (2008) y Pardo et al., (2009). Estos trabajos se enfocaron en la estratigrafía y evolución del Maar Asososca que dichos autores la consideraron, como la erupción más joven a lo largo de la Falla Nejapa.

A continuación se presenta una breve descripción de la columna estratigrafía de Managua propuesta por estos autores, y en específico uno de los trabajos más reciente publicado por (Kutterolf et al., 2007) que atribuyen los depósitos de Managua a los volcanes Masaya, Apoyo al Sureste y Apoyeque al Noroeste.

Este autor propone que la estratigrafía de Managua está compuesta por tres formaciones principales: Formación La Sierra, Formación Managua y Formación Chiltepe.

- **Grupo La Sierra**

Constituye el basamento del Grupo Managua y está compuesto por rocas piroclásticas relativamente consolidadas de gran espesor y extensión. Es típicamente de color gris oscuro, y a menudo presenta fracturas rellenas de carbonato de calcio. Su edad fue estimada entre 100,000 y 1,000,000 años, basada en datos de potasio-argón (Bice, 1980c). Recientemente esta formación fue dividida por (Kutterolf et al., 2007) en dos unidades principales separadas por un paleosuelo y son:

Tefra Unicit: Consiste de un depósito de pómez de caída masivo de 20 a 65 cm de espesor. Se caracteriza por presentar una gradación inversa en su base y normal en su cima. Esta pómez está cubierta por sedimentos localmente variable como y depósitos epiclásticos con abundante contenido de lapilli acrecional. (Kutterolf et al., 2007).

Tefra Fontana o Fontana Lapilli: Primeramente descrita por Bice (1985) como Fontana Lapilli. Es una de las secuencia más extensa y fácilmente reconocible del Grupo Managua, con espesores promedio de 3 m y que fueron productos de erupciones plinianas de la Caldera Masaya. Es un depósito de caída compuesto por escoria de color negro con fragmentos bien clasificados y se le ha asignado una edad de 25,000 a 35,000 años (Bice, 1985).

- **Grupo Managua**

El Grupo Managua comprende siete unidades piroclásticas de composición basáltica y riolítica separadas por paleosuelos. Estas unidades fueron formadas por grandes erupciones explosivas de la Laguna de Apoyo y la Caldera de Masaya, ubicadas al sureste y sur de Managua.

Pómez de Apoyo: Primeramente descrita por Bice (1985) como tres unidades de depósito de caída de pómez separada por paleosuelo. Estas unidades las describe como Pómez de Apoyo Inferior con una edad de 20, 920 años, Pómez de Apoyo Medio con una edad de 16, 000 a 20, 000 años y Pómez de Apoyo Superior la cual no presenta datación. Según Bice estos depósitos de caída de pómez son de composición dacítico y difieren de otra pómez por el color rosa que presentan. El tamaño de las partículas en las capas superiores generalmente varía desde 1 cm en la base hasta 5 cm en el techo. Debido a la similitud en las texturas y gradación, las capas pueden solamente ser diferenciadas por su posición estratigráfica, cuando ambas se encuentran presentes.

Estudios recientes (Kutterolf et al., 2007) dividen la Pómez de Apoyo en dos unidades de depósito de caída separadas por un paleosuelo, y las definen como: Pómez

Apoyo Inferior y Superior: Estas unidades se caracterizan por tener cierta gradación inversa y están cubiertas por una secuencia de líticos, ceniza y pequeñas oleadas. De acuerdo a prueba de ^{14}C a la unidad de Apoyo Superior se le estimó una edad de 23,890 \pm 240 años y Apoyo Inferior una edad de 24,650 \pm 120 años.

San Antonio Tefra: Es un depósito de caída de escoria de color negro y que está separado por sedimentos tobáceos y un paleosuelo de color amarillo. Los afloramientos proximales demuestran una alternancia de fragmentos grueso de escoria en su base y finos en su cima. Este depósito está cubierto por oleadas que fueron encontrado al noroeste, norte y sur de la Caldera Masaya, donde la reconstrucción de su espesor es limitado por los pocos afloramientos y la erosión que los afectó. A este depósito le fue estimada una edad de 6,100 años (Pérez y Freundt, 2006).

La Concepción Tefra: Se expone al sur de la Caldera Masaya. Se trata de un depósito de caída de escoria muy vesiculada de color negro con 2 m de espesor. Este depósito está separado por pequeñas capas de ceniza con un mayor contenido de pequeños líticos de composición básica hacia su cima.

Triple capa Masaya o Formación San Judas: Se encuentra al Noroeste de la Caldera Masaya y se define como una unidad poco potente pero distintiva. Está compuesta por pequeñas capas de escoria muy vesiculadas con intercalaciones de ceniza compacta. Para este depósito fue estimada una edad de 2,120+-120 (Pérez y Freundt, 2006) diferente a la edad estimada por (Bice, 1,980c) de 7,000 a 9,000 años.

Toba Masaya o Formación Toba El Retiro: Es un depósito de oleadas que se extiende a más de 35 Km de la Caldera Masaya (Pérez y Freundt, 2006). Este depósito tiene un espesor de 50 a 100 cm y su compuesto de capas de ceniza de color oscuro. Esta secuencia se fechó con una edad de 2,000 años, mucho más joven a la edad estimada por Bice (1980 a. b) con una edad de 3, 000 y 6, 000 años.

Ticuantepe Lapilli: Se trata de un depósito de caída de escoria de color negro que cubre a la Masaya Tuff al Oeste de la Caldera Masaya (Pérez y Freundt, 2006). Este depósito consiste de cuatro pequeñas capas de lapilli soportado grano a grano y separado por capas de ceniza muy ricos en líticos.

- **Formación Chiltepe**

Se define como una secuencia de depósitos volcano clásticos que son divididos en seis unidades principales (Kutterolf et al., 2007).

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

La columna estratigráfica de Managua fue generada de las compilaciones de estudios geológicos existentes, realizados por nacionales y extranjeros como, Rodríguez y Montenegro (2002), a Kuang (1971), Woodward-Clyde (1975), Hodgson (1984), Bice (1985), JICA (1993), Hradecky et al., (1997). además de las investigaciones del Servicio Geológico Checo (CGU). Ver Figura 9.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

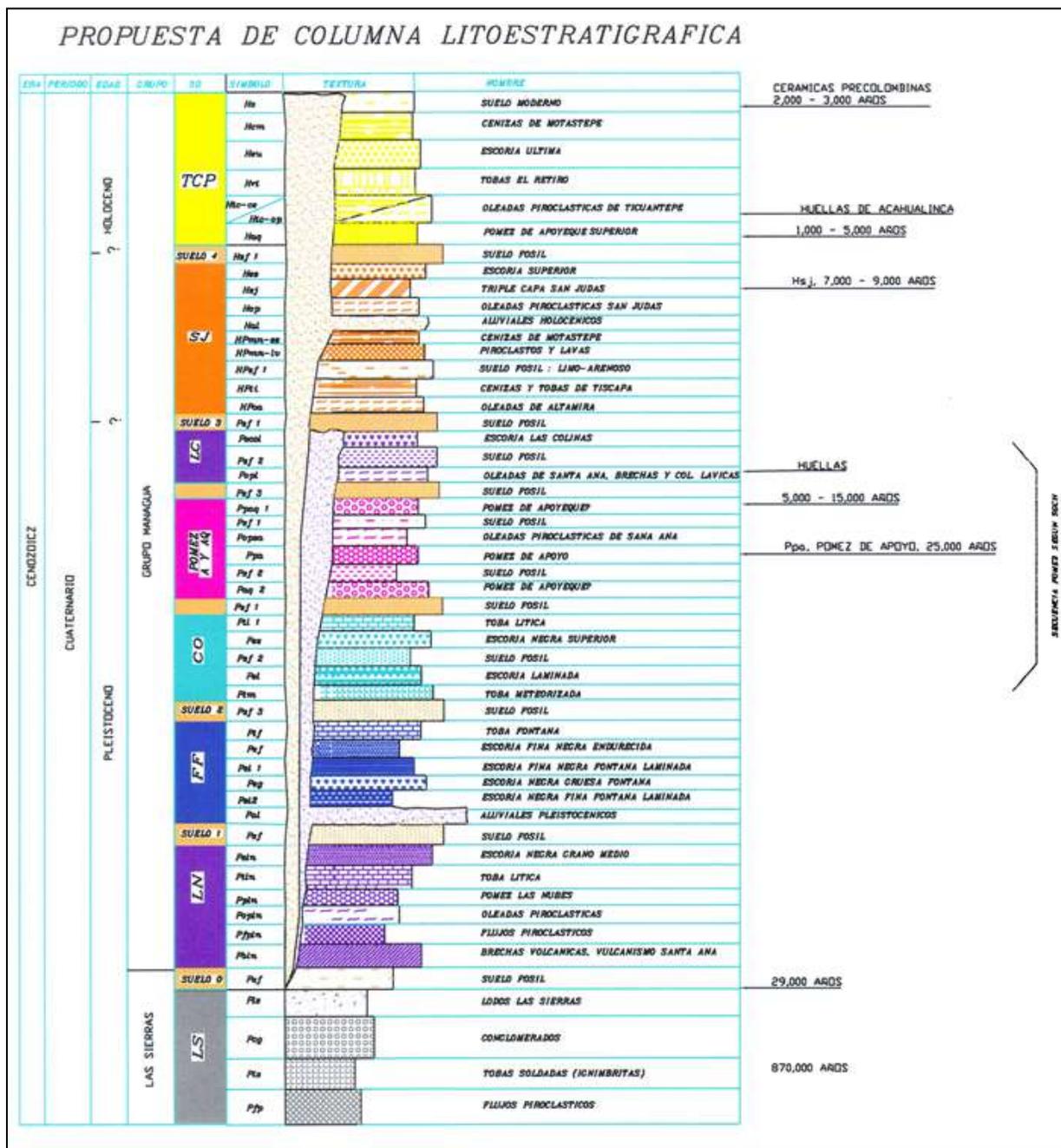


Figura 9: Propuesta de columna estratigráfica generalizada de Managua (Rodríguez y Montenegro, 2002).

Capitulo IV. Análisis e interpretación de los resultados

4.1 Geología Local

En este acápite se presentan los resultados obtenidos de la etapa de campo, en la que se realizó levamiento geológico describiendo los rasgos litológicos y estructurales observados del sitio: cauces, escarpes, elevaciones, depresiones, presencia de afloramientos, trinchera exploratoria, lo cual permitió definir las unidades lito estratigráficas que conforman el área de estudio.

La litología del área está caracterizada por una secuencia de depósitos piroclásticos de edad Holocénico que data de los 10,000 años hasta la actualidad, y Pleistocénico de 2,59 millones de años, provenientes de los centros volcánicos Masaya y Apoyo, definido por Bice, (1985).

Se encontraron y definieron catorce unidades litológicas mediante la clasificación macroscópica de muestras de mano y reconocimiento de campo en la zona circundante a cada levantamiento. La nomenclatura utilizada en la definición se extrajo de la Convención y Simbología de la Guía Técnica, INETER (2006).

a) Litología

Se definió la litología mediante levantamientos litoestratigráficos de los cortes aflorantes en la Pista Suburbana y los que aún se observan en los barrios que incluyen el área de estudio, como San Judas, Sierra Maestra y alrededores del Barrio Camilo Ortega, San Isidro de La Cruz Verde. La litología definida se presenta a continuación, de la más antigua a la más reciente (Ver Anexo 1. Columna Estratigráfica Compuesta).

Grupo Las Sierras

- Lodo Volcánico (Plwt)
- Ceniza (Pce)
- Suelo Fósil (Psf₃)
- Toba Lítica (Plt₂)

Grupo Managua

- Suelo Fósil (Psf₂)
- Oleadas Piroclástica (Popln)
- Toba Lítica (Ptl₁)
- Suelo Fósil (Psf₁)
- Formación Fontana Lapilli (Pf)
- Pómez de Apoyo (Pap)
- Suelo Fósil (Hsf₂)
- Formación San Judas (Hsj)
- Formación Toba El Retiro (Hrt)
- Suelo Fósil (Hsf₁)
- Suelo Reciente (Hs)

- **Lodo Volcánico Las Sierras (Plwt)**

Unidad asociada a Formación Las Sierras, Flujo de coloración gris oscuro a gris claro, de textura fina, masivo, con pisolitos y clastos de pómez y escoria de sub angulosos a sub redondeado, presenta falla Inversa en los primeros 5 m de longitud, y fracturamiento intenso a lo largo de toda la trinchera, se observan fracturas abiertas y cerradas, algunas rellenas de carbonato de calcio. Tiene un espesor que varía de 1.30 m- 3. 00 m. Esta unidad se definió en la trinchera exploratoria (Ver Foto 2).

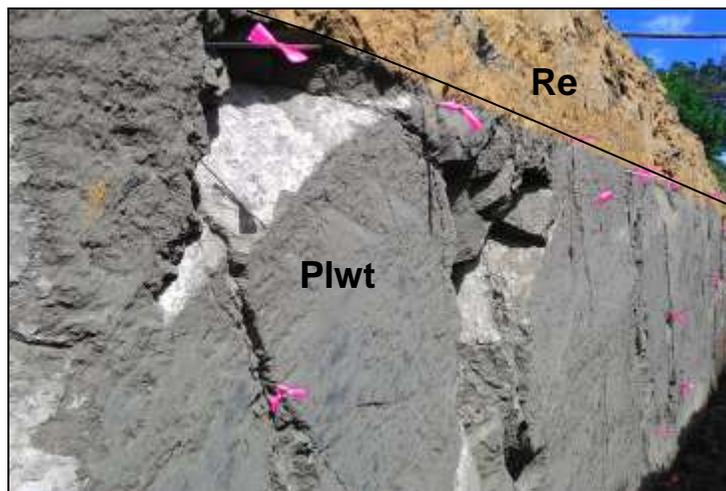


Foto 2: Flujo de lodo Las Sierras identificado en trinchera exploratoria.

- **Ceniza (Pce)**

Ceniza de color gris oscuro, de granulometría de media a fina, con fragmentos de escoria vetillas de carbonato de calcio. Se identificó en el corte Oeste dentro del sitio de trinchera localizado en el Ba. San Judas y en el corte Oeste Frente al Cementerio en la Pista Suburbana. Su espesor promedio es de 0.20 m. (Ver Foto 3).

- **Suelo Fósil (Psf₃)**

Suelo color gris claro a marrón, limo-arenoso, semi compacto, presenta lentes de toba, se observan fracturas rellenas de CaCO₃. Su espesor promedio es de 0.70 m. (Ver Foto 3).

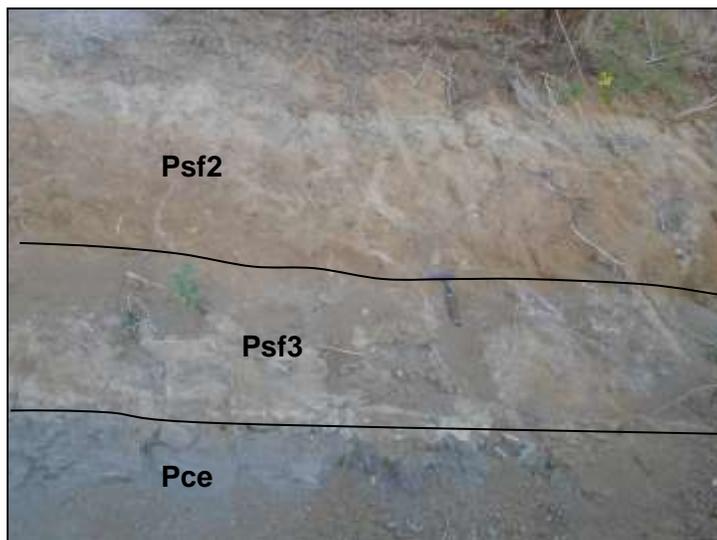


Foto 3: Secuencia de unidades Pleistocénica. Coordenadas E575776, N1339214.

- **Toba Lítica (Plt₂)**

Material color gris compacto con fracturamiento con presencia de caliche, fracturas abiertas y cerradas, con aberturas de 3-5 cm con pequeños pisolitos de 5 cm de diámetro. Se identificó en el Barrio San Judas, en el corte sur del terreno donde se realizó la trinchera exploratoria (Contiguo al Seminario Redentoris Mater). Su espesor promedio es de 1.50 m.

Este corte Sur tiene 14.40 m de longitud levantado, se observan fracturas visibles con orientación NO y NE (Ver Foto 4).



Foto 4: Corte Sur. Coordenadas E575795, N1339191.

- **Suelo Fósil (Psf₂):**

Suelo limo-arenoso, de coloración a marrón claro a amarillento, presenta lentes de toba y algunos líticos de escoria y basalto de diámetro de 3 cm. Estos suelos fósiles están atribuidos a momentos de calma entre los eventos. Su espesor promedio es de 1 m.

- **Oleadas Piroclástica (Popln)**

Es un material aglomerático grueso se asume que este producto es asociado al Grupo Las Nubes. Se presenta en una matriz compacta, cementada, con líticos de composición andesítica, escoria, de grano grueso 10 cm de diámetro, en esta unidad se presentan fracturas rellenas de carbonato de calcio. Se observa en los cortes de la Pista suburbana y en el sector Norte de Sierra Maestra. Su espesor promedio es de 1 m (Ver Foto 5).



Foto 5: Cortes localizados en Mirador San Isidro. Coordenadas E576714, E1337439.

- **Toba Lítica (Plt₂)**

Unidad de toba de coloración gris oscuro, bien compacta, con granulometría de media a fina, presenta líticos en una matriz de ceniza con presencia de pisolitos, está ligeramente fracturada. Con un espesor promedio de 0.50 m. (Ver Foto 6).

- **Suelo Fósil o Toba Meteorizada (Psf₁):**

Se trata de un suelo color gris, con lentes de color amarillento, limo – arcilloso, nodular y deleznable, proviene de la descomposición de la toba gris, de granulometría fina homogénea. (Ver Foto 6).

- **Toba Lítica o (Plt₁)**

Representado por un espesor de 1.00 m. Se trata de un suelo gris claro a suelo amarillento, limoso con lentes de toba que tiende a desaparecer, posee partículas de basaltos y escorias. Aparenta provenir de una toba aglomerática, está ligeramente diaclasada. (Ver Foto 6)

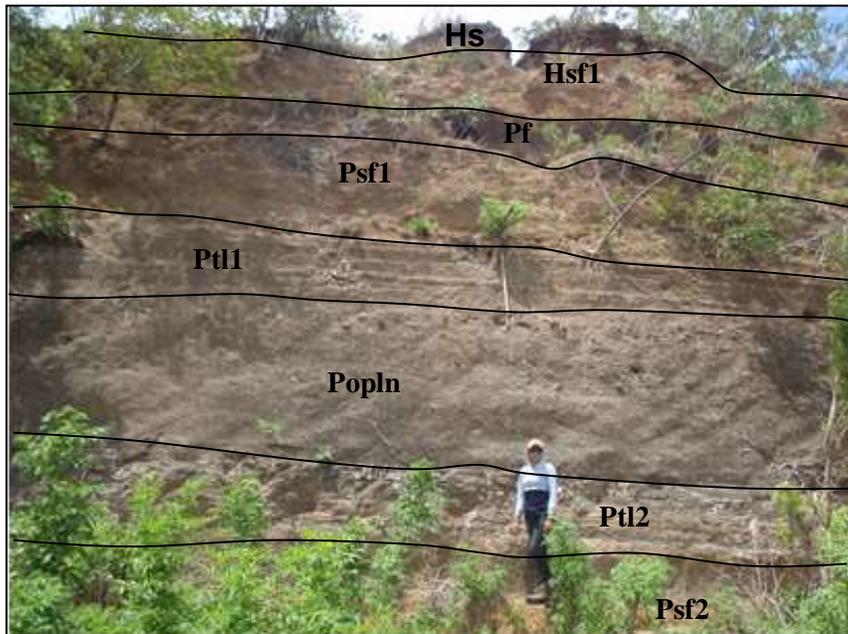


Foto 6: Secuencia litológica de unidades Holocénicas y Pleistocénicas del Grupo Managua. Coordenadas E575976, N1338578

- **Suelo Fósil (Psf1)**

Suelo fósil, suelto, de color gris oscuro a marrón, de textura limo-arenoso, con fragmentos de escoria y lítico de composición andesítica. Su espesor promedio es de 0.60 m, subyace debajo de la unidad Fontana Lapilli de edad Pleistocénica.

- **Formación Lapilli Fontana(Pf)**

Esta unidad ha sido nombrada como Lapilli Fontana por Williams, (1983) y Lapilli Masaya por Bice, (1980), sin embargo Kutterolf y otros autores la definen como Tefra Fontana (Pft). Esta unidad se caracterizó como escoria composición Basalto-Andesítico (52-53 % SiO₂), con un alto contenido de vesículas. (Bice 1985, Kutterolf, 2007), tiene un espesor de 1 a 3 m, de edad entre los 25000 a 35000 años según Bice, (1985), proveniente de la caldera Masaya.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Esta unidad descansa sobre suelo fósil, toba riolítica y suelo fósil proveniente de La Sierra superior. Su espesor aumenta hacia el Sur, por el barrio Sierra Maestra y Jocote Dulce (Ver Foto 7).



Foto 7: Horizontes de Formación Lapilli Fontana. A. Horizontes de Lapilli Fontana encontrado en la Pista suburbana. B. Lapilli Fontana localizado en San Isidro de la Cruz Verde.

- **Formación Pómez de Apoyo (Pap)**

Se trata de Pómez dispuesto en tres separadas unidades, las cuales están separadas por suelo fósil. En las dos unidades superiores, generalmente hay una transición de partículas finas en la base y techo a gruesas (1 a 5 cm) en la parte central. Debido a la similitud en textura y gradación, estas dos unidades solamente pueden ser diferenciadas en base a la posición estratigráfica cuando se encuentran presentes.

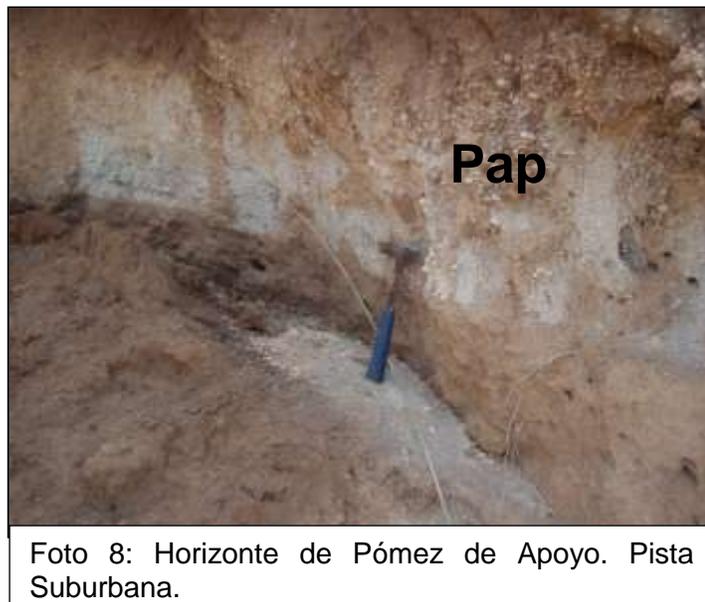
La pómez de Apoyo inferior, consiste de una pómez blanco de fragmentos tamaño arena y grava fina y puede ser identificado en base en esta textura, la cual se presenta casi siempre uniforme en toda la extensión vertical de la unidad (Ver Foto 5).

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

El nombre de Pómez de Apoyo, está basado en el sentido de que las observaciones de esta pómez indican un incremento en el espesor hacia el volcán Apoyo.

El suscrito cree que las observaciones señaladas por Bice y tomando en cuenta la contemporaneidad en la deposición de las dos pómez y la edad tan ajustada, podría existir una inter-digitación y por ende no alteraría la interpretación de las columnas estratigráficas establecidas. Ambas unidades de pómez tendrían una edad que varía entre 20000 y 21000 años.

Bice 1980, señala que la pómez inferior le corresponde a la unidad del Apoyeque inferior e indica una edad de 21000 años para la pómez de apoyo, con espesor entre 0.5 -1.5 m. (Ver Foto 8).



- **Suelo Fósil (Hsf)**

Suelo fósil Holocénico, pomáceo de color marrón claro a blanquecino, textura limo-arenoso, presenta fragmentos de pómez. Su espesor promedio es de 0.50 m.

- **Formación San Judas (Hsj)**

Esta unidad fue descrita por Bice (1985) con el nombre Formación San Judas y Kutterolf en 2007 la describe como Triple capa Masaya. Se trata de una alternancia de capas de toba de ceniza gris compacta y capas de escoria basáltica (lapilli y ceniza), su origen es de caída de, su espesor promedio 0.30 m. Esta unidad no fue identificada en los afloramientos levantados, sin embargo es incluida por la correlación litológica realizada con los antecedentes de zonificación.

- **Formación Toba El Retiro (Hrt)**

Esta unidad fue descrita por Bice (1985) con el nombre Formación Toba El Retiro y Kutterolf en 2007 la describe como Unidad Toba Masaya (Hmt). Comprende depósitos aereolíticos de ceniza fina basáltica, de color gris verdoso compactada, constituyendo una toba masiva ligeramente friable.

Tiene un espesor promedio de 0.30 m. contiene capas pisolíticas en algunas zonas. Se presenta generalmente muy diaclasada. Esta unidad está altamente meteorizada en los cortes observados en la pista suburbana. Es una de las unidades guías para la ciudad de Managua.

- **Suelo reciente (Hs)**

Este estrato alcanza un espesor de 0.30 metros. Presenta textura, limo arenosa, color café oscuro; de granulometría fina y suave al tacto.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

Las unidades predominantes pertenecen al Grupo Managua y son de edad Holocénica y Pleistocénica, entre estas unidades se identificó la capa guía como es la Formación El Retiro. El Grupo Las Sierras forma el basamento identificado a través de la trinchera exploratoria. (Ver anexo. Columna Generalizada).

En los afloramientos mapeados, se definió que las unidades como Oleada piroclásticas de Las Nubes, Toba lítica y Lodo Volcánico son las que presentan fracturamientos, estas fracturas se encuentran rellenas de carbonato de calcio, predominantemente y en menos escala fracturas cerradas.

Varios autores conformaron el mapa geológico de Managua, siendo el más actualizado el del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Geociencias (BRD). El mapa geológico se realizó con base en fotografías aéreas escala 1:40,000 y cartas topográficas escala 1: 8,000 (con espaciamiento entre las curvas, 1-3 m). Ver Figura 10.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA

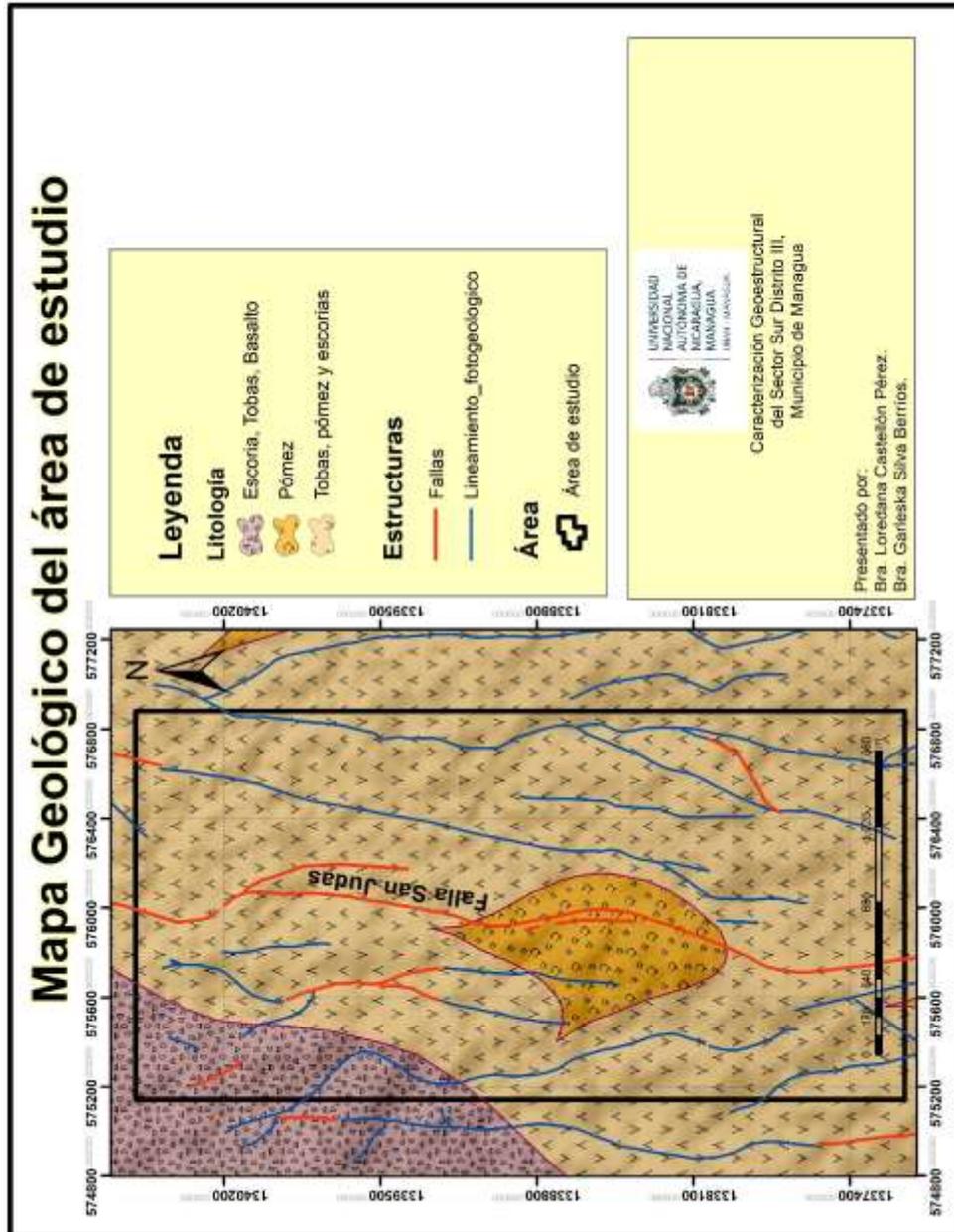


Figura 10: Mapa Geológico del área de estudio (INETER, 2007).

4.2 Geología Estructural

La evolución neotectónica estructural del oeste de Nicaragua, seguida de la deformación asociado con facies metamórficas del complejo Paleozoico y con procesos de subducción de placas, puede ser dividido en tres fases de deformación (Weinberg, 1992):

- Fase de Convergencia
- Fase de Extensional
- Fase Transtensional

La tercera fase de deformación Transtensional que va desde Pleistoceno Superior al Holoceno y que afecta la depresión de Nicaragua bajo un régimen de transtensión lateral derecho localizado a lo largo del frente Volcánico de América Central. El resultado de esta fase origina fallas paralelas y transversas a la orientación de la Depresión Nicaragüense y al Arco Volcánico, Así mismo afectando la Depresión o Graben de Managua (Weinberg, 1992).

Así mismo esta tercera fase de deformación origina estructuras de pull-apart por ejemplo el Graben de Managua orientado N-S, una región donde la cadena volcánica activa se interrumpe y se desplaza 13 Km al sur. En resumen, esta fase de deformación se caracteriza por una transtensión derecha (Cruden, 1989) donde la orientación N-S del eje máximo de deformación de acortamiento indica una rotación de 45° en sentido horario del sistema de deformación con relación a la segunda fase de deformación.

Estudios previos han propuesto diferentes modelos del complejo patrón estructural de fallas durante esta fase de deformación transtensional del Pleistoceno, de los cuales se destacan dos de los modelos más importantes:

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

- a) Modelo de Pull-Apart: El modelo de Pull- apart sugiere que fallas laterales derechas orientadas $N45^{\circ}-65^{\circ}O$ paralelas al arco acomodan a gran escala la cizalla dextral asociada con la migración NW del Ante Arco de América Central con una velocidad de 14 mm/ año en Nicaragua (Lundgren et al., 1999; DeMets, 2001; Norabuena et al., 2004; Funk et al., 2009). Las cuencas de pull-apart se localizan entre los segmentos del Arco Volcánico de América Central y estas podrían ser limitadas por fallas normales oblicuas orientadas $N15^{\circ}O-$ $N10^{\circ}E$ (fallas del Graben de Managua), transversas al Arco Volcánico (Girard y Van Wyk de Vries, 2005). Ver Figura 11.

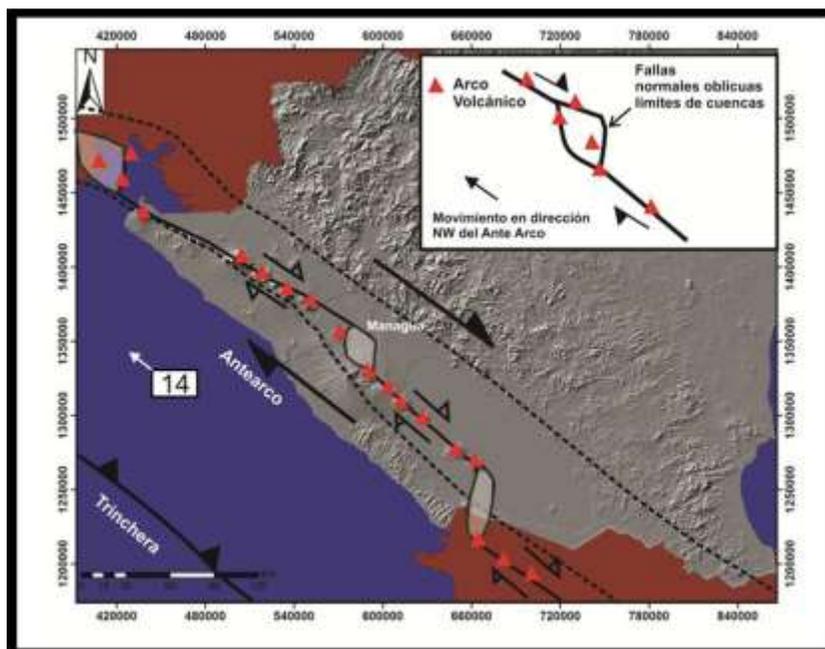


Figura 11: Modelo Tectónico de Cuencas de Pull-apart en la Depresión de Nicaragua (Tomado de Zambrana, 2012).

- b) Modelo de Fallas en estante (Fallas en dominó): La subducción oblicua produce una compleja deformación cortical en Nicaragua, la cual se acomoda mediante una serie de fallas que delimitan bloques con geometría en dominó, lo que conlleva una rotación de estos bloques en sentido horario a lo largo de la Depresión de Nicaragua, y que implica la generación de

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III, MUNICIPIO DE MANAGUA

fallas laterales derecha con orientación NO e izquierdas con dirección NE.
(La Femina et al., 2002), Ver Figura 12.

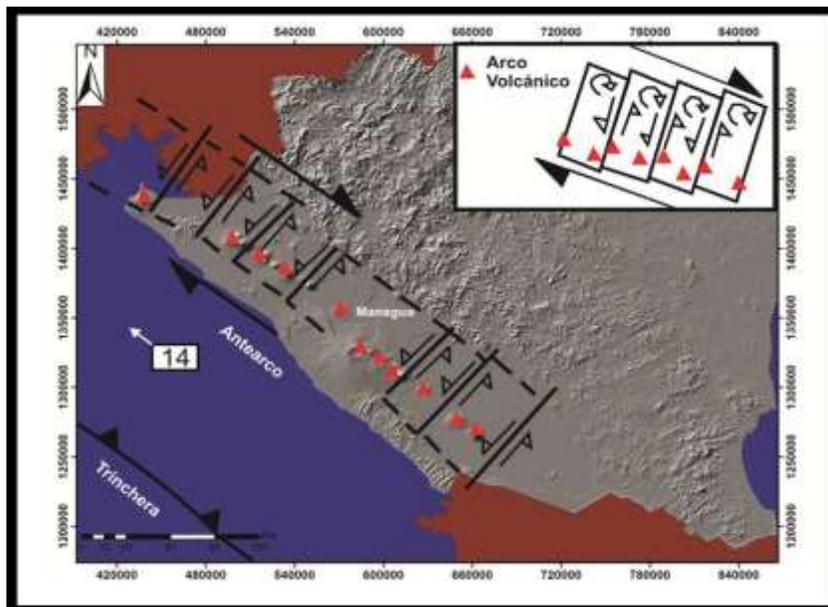


Figura 12: Modelo Tectónico de fallas en dominó en la Depresión de Nicaragua (Tomado de Zambrana, 2012).

Los rasgos estructurales característicos en el área han sido definidos por expresiones morfológicas tales como cauces, cortes de carretera, discontinuidad topográfica y observaciones in situ determinando indicadores cinemáticos.

Estructuralmente el área está afectada por una serie de fallas y lineamientos geológicos, reconociéndose un sistema de fallamiento predominante NW-SE, manifestadas en los cortes localizados en la pista suburbana, trinchera exploratoria y alrededores del Barrio San Judas.

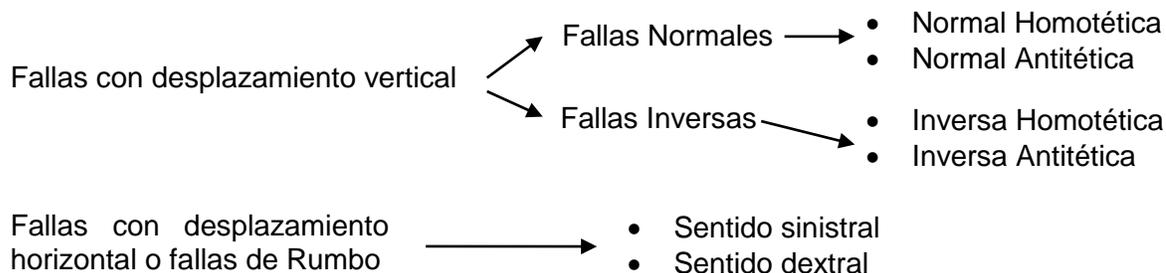
Para realizar el análisis estructural de un conjunto de fallas es necesario conocer los siguientes datos sobre cada una de las fallas: rumbo, manteo (buzamiento), estría de falla y sentido de movimiento de la falla a lo largo de la estría. Este último se establece con ayuda de los criterios cinemáticos.

Los indicadores cinemáticos identificados fueron los siguientes:

- Sistemas conjugados
- Elemento estriador
- Sistema conjugado
- Sigmoide
- Criterio escalonado
- Venas
- Criterio de los clastos rotados

Los indicadores cinemáticos son rasgos de origen tectónico que permiten determinar el sentido del desplazamiento en zonas de cizalle y fallas. Estos rasgos son visibles desde escala microscópica hasta macroscópica.

Las Fallas se pueden clasificar por su simetría y orientación, de la siguiente manera:



Fallas con desplazamiento Vertical

Entre el grupo de las fallas verticales se puede distinguir fallas normales y fallas inversas. Fallas normales son un producto de fuerzas extensionales, fallas inversas un producto de fuerzas de compresión. Ver Figura 13.

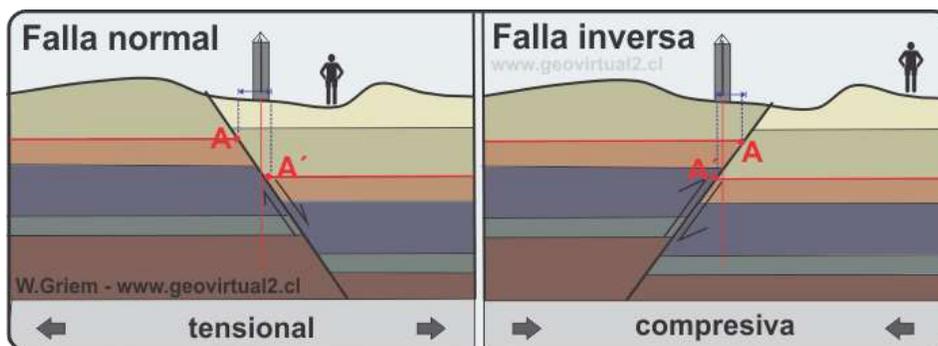


Figura 13: Figura: Tipos de Fallas con desplazamiento vertical

Antitética-Homotética

En conjunto con falla normal - falla inversa se puede usar "antitética" y "homotética". La palabra antitética indica que la falla y los estratos se inclinan hacia las direcciones opuestas. Homotética significa, que los estratos y la falla tienen la misma dirección de inclinación. Ver Figura 14.

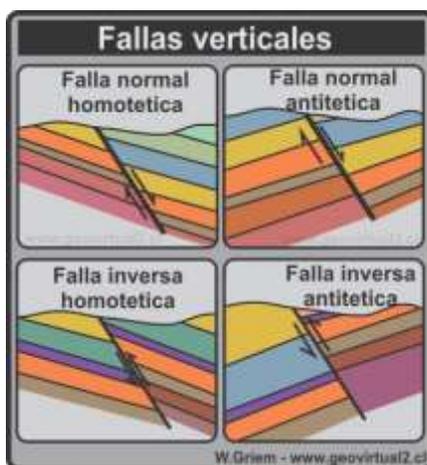


Figura 14: Figura: Tipos de desplazamientos en Fallas Verticales.

Fallas con desplazamiento Horizontal o Falla de rumbo (strike slip fault)

Existen principalmente dos tipos de fallas con un desplazamiento horizontal: Fallas con un sentido del movimiento sinistral (contra reloj) y fallas con un sentido del desplazamiento dextral (sentido del reloj). Este tipo de falla no tiene componente vertical de desplazamiento. Solamente muestra desplazamiento horizontal. Ver Figura 15.

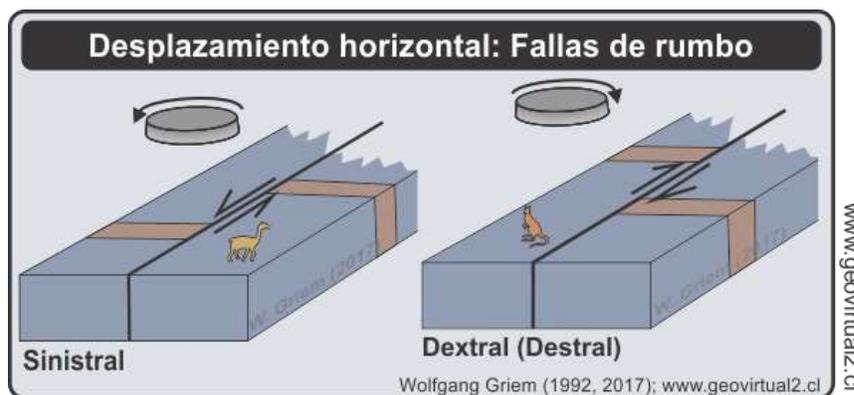


Figura 15: Tipos de Fallas con Desplazamiento horizontal.

Dentro de los primeros 5 m de la trinchera exploratoria se encontró una falla Inversa, con desplazamiento de 9 cm, con rumbo N35°O (Ver anexo Inventario de Fractura). La densidad de fracturamiento va en un rango de cada 5 m levantados se encuentran más 5 fracturas, esta intensidad aumenta a lo largo de toda la trinchera a como se mencionó anteriormente, lo que se obtuvo un total de 113 mediciones y se generó una roseta con orientación preferencia Noroeste- Sureste.

Se observa las dos unidades encontradas dentro de la trinchera, lo amarillento representa un Relleno y la capa gris es un Lodo Volcánico con intenso fracturamientos, estas fracturas se observan abiertas y cerradas (Ver Foto 9).

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

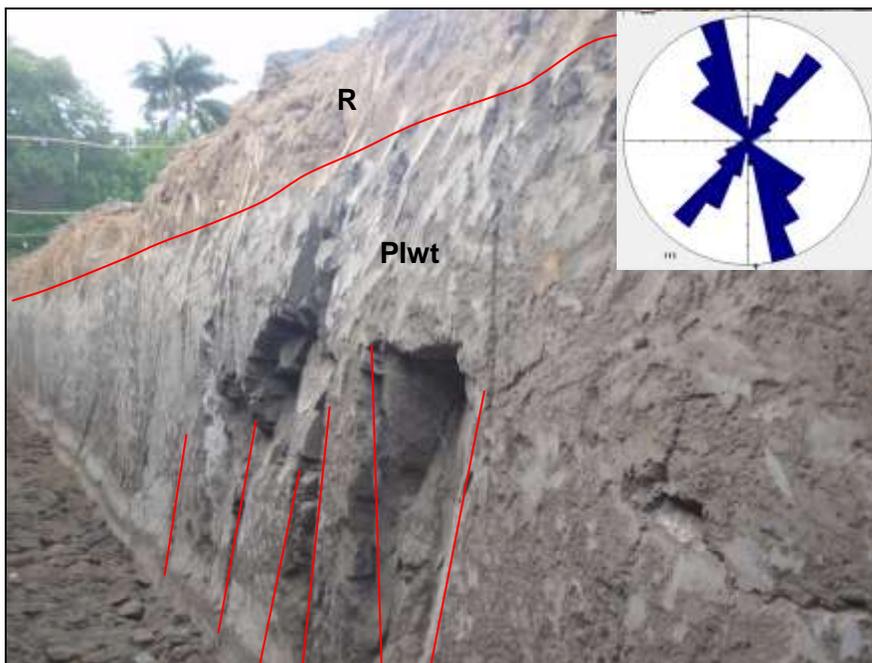


Foto 9: Fracturamiento de trinchera y diagrama de rosa.

Las fallas Riedel sintéticas y antitéticas de bajo y alto ángulo respecto del movimiento a lo largo del plano de falla principal, son R y R', como se observa en la Foto 10, en un espejo o plano de falla identificado a los 7 m de longitud dentro de la Trinchera A-A'. Los Planos o espejos de fallas, con estructura principal R (da el movimiento lateral izquierdo).



Foto 10: A. Planos o espejos de fallas, con estructura principal. B. Esquema de Estructura secundaria.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Dentro de la trinchera exploratoria A-A', se identificó falla inversa producto de fuerzas de extensión, desplazando un lente de toba dentro de la unidad de Lodo Volcánico de Las Sierras (Plwt), su desplazamiento es de 9 cm. Ver Foto 11.

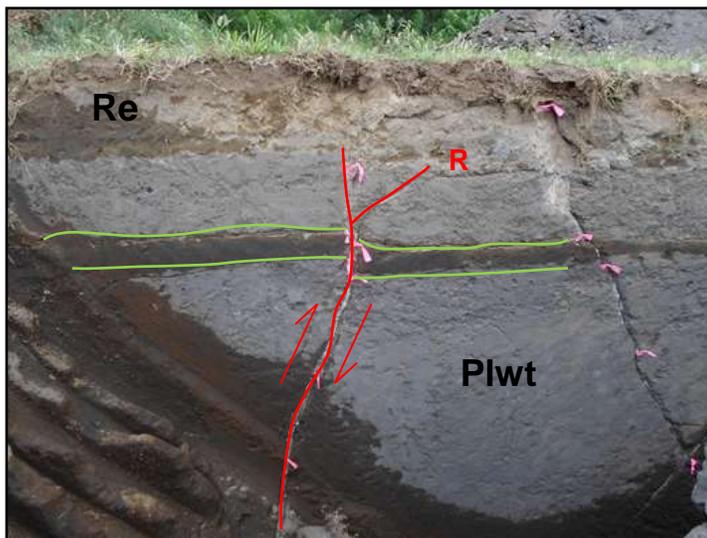
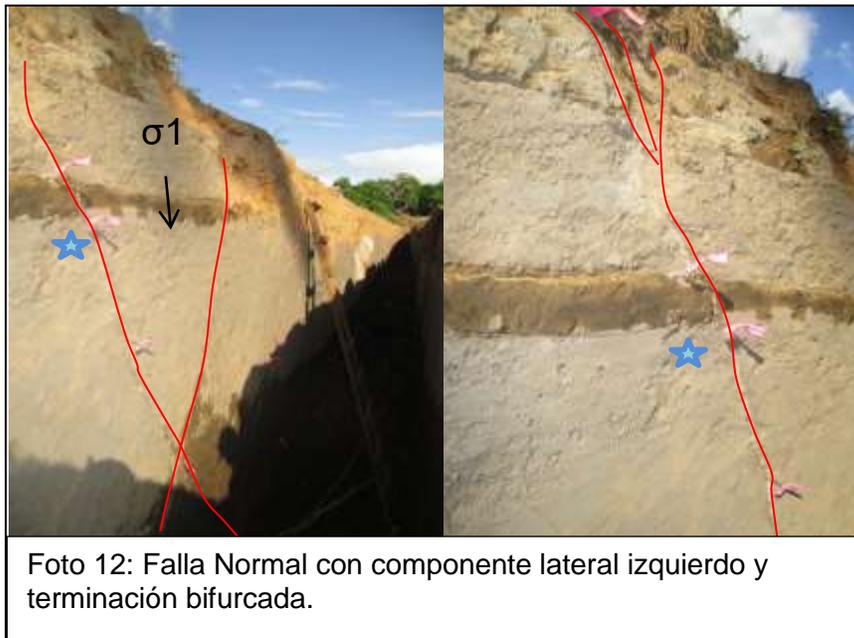


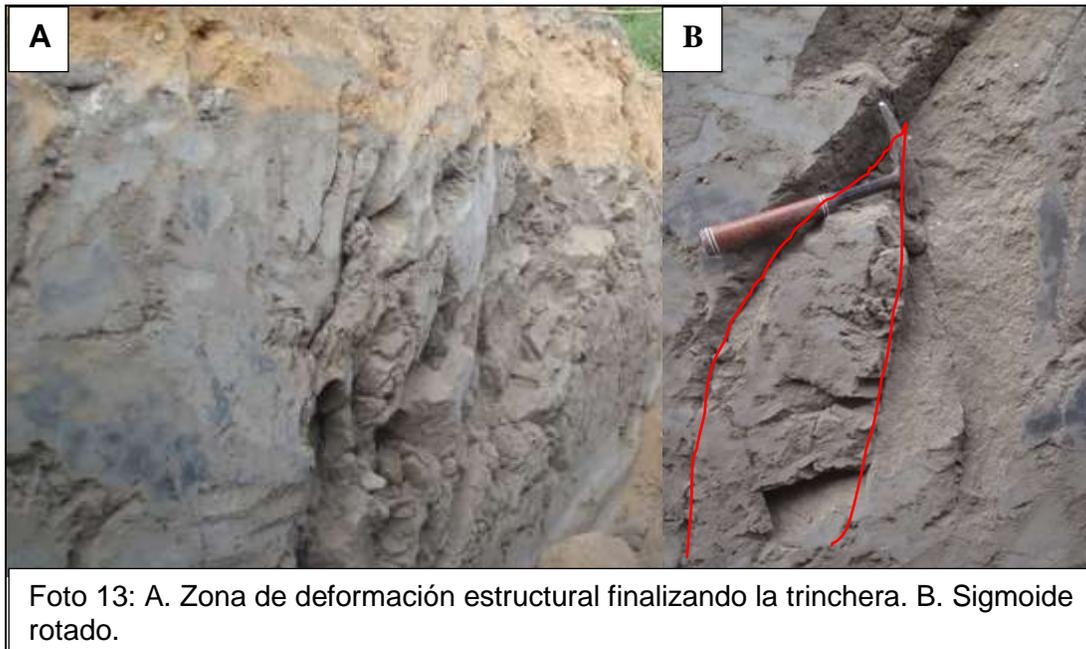
Foto 11: Falla inversa, dentro de trinchera exploratoria.

Fallas normales son un producto de fuerzas de compresión, a los 5 m de longitud se identificó este tipo de falla con terminación bifurcaba, y con un sistema conjugado, su componente es lateral derecho (Ver foto 12).



A medida que aumentaba la longitud de la trinchera hacia el Este (más cercano a la zona de influencia de la Falla San Judas a 130 m aproximadamente), se definió zonas de deformación estructural, encontrando sigmoides rotados y una secuencia de fracturas tanto en la pared Norte (Ver Foto 13), como en la pared Sur.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



Se observa un corte Este, próximo al límite de la trinchera donde se observa evidencia de un fallamiento escalonado con bloques de diámetro de 50 x 60 cm, 50 x 80 cm en la parte superior, y con fracturas NO. La litología de estos bloques es Toba lítica (PtI2), explicado en el Geología Local. Se observan cuatro niveles, A, B, C, D (Ver Foto 14).



Los datos obtenidos de la trinchera exploratoria de 66.85 m de longitud, revelan un intenso fracturamiento, con rumbo preferencial NE, predomina el sistema de fallas conjugado, aumentando la densidad de fractura a partir de los 40 m- 66.85 m. Estas fracturas se presentan en la unidad de Lodo volcánico Las Sierras, con espesor promedio de 3 m. (Ver Anexo Perfil Geológico).

4.2.1 Descripción de la orientación de las fracturas

El análisis de esfuerzos locales dentro del área de estudio se facilita mediante las fracturas mapeadas en campo a través de diagramas de rosas.

La figura 16 muestra los distintos diagramas de rosas generados, se observa que, una predominancia de fracturas con orientaciones preferencial Noroeste-Sureste, y Este-Oeste, lo que nos lleva analizar que puede pertenecer a un sistema secundario generado por la Falla Principal (San Judas). El punto muestreado más al Norte del área de trabajo de campo, presenta fracturas predominantemente con dirección Norte-Sur.

CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA

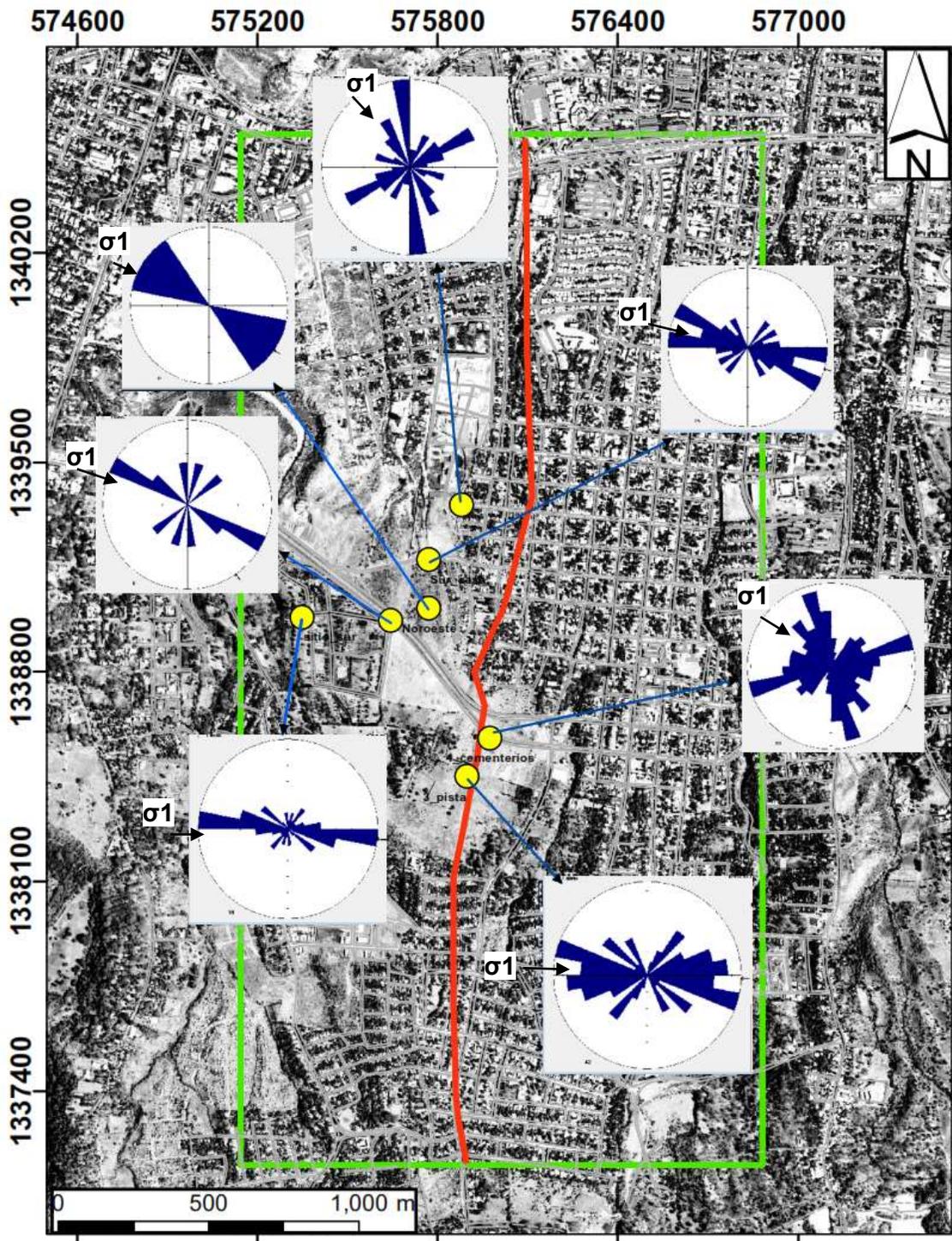


Figura 16: Diagrama de rosas de los cortes litológicos levantados.

4.2.2 Software Win- Tensor

Win-Tensor es un programa de libre acceso para llevar a cabo análisis de fallamiento geológico superficial y reconstrucciones de paleo esfuerzos, el cual es un método estándar emergente en geología estructural de campo. Este software permite mostrar texto, gráficos y funciones de control en una misma ventana, y fue desarrollado y es mantenido por Damian Delvaux, (2003).

Win-Tensor es un software interactivo para la determinación de los esfuerzos tectónicos a partir de deslizamientos cuantificables de fallas geológicas y mecanismos focales de terremotos que pueden ser derivados de estudios geológicos estructurales, neo tectónicos y de investigaciones sismo tectónico.

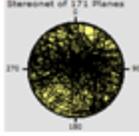
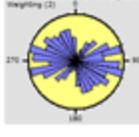
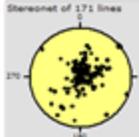
Su capacidad para el almacenamiento y gestión de datos, Win-Tensor permite la reconstrucción de los cuatro parámetros del paleo esfuerzo reducido, o el tensor de esfuerzo (orientación de los tres ejes de los esfuerzos principales y la relación de la forma del elipsoide de esfuerzo) utilizando un método perfeccionado del diedro-derecho y un procedimiento iterativo de optimización rotacional (Delvaux, D. and Sperner, B., 2003).

Permite la separación de la cinemática de deslizamiento de fallas y datos mecanismos focales, junto con la optimización del tensor de esfuerzo progresivo. Se hace hincapié en la interactividad del usuario para la adquisición de datos controlados, la selección de datos y la rotación, la estimación del tensor y la optimización, la representación gráfica.

Para generar las gráficas, se utilizaron los rumbos y Dip de cinco cortes, con 171 mediciones, no se utilizaron todos los datos ya que el comportamiento de los datos no variaba. Ver Tabla 5.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Tabla 5: Datos estructurales de cinco cortes litológicos para su análisis con Win Tensor.

ID	Rumbo	Dip	ID	Rumbo	Dip	Rumbo	Dip	ID	Rumbo	Dip	Rumbo	Dip	Gráficas Win Tensor
Corte Noroeste E575772, N1339013	220	58	Corte 3 Pista E575899, N1338450	34	67	268	81	Corte 4 Frete Cementerio E575976, N1338578	118	79	70	41	Stereonet of 171 Planes 
	226	23		341	62	0	65		100	90	42	78	
	199	89		345	61	70	55		91	87	75	65	
	197	79		167	61	262	82		110	72	245	75	
	211	73		188	58	51	75		22	46	6	60	
	234	59		158	81	30	75		317	60	225	64	
	219	57		9	86	332	70		315	86	242	76	
	211	89		17	83	5	85		0	50	208	29	
Corte Sur Sitio E575350, N1338983	33	77	25	73	85	68	132	90	212	30	Stereonet of 171 Planes 		
	12	82	120	89	210	12	50	1	273	84			
	214	72	20	88	14	76	47	1					
	65	80	130	75	170	70	145	10					
	156	90	124	86	331	81	160	83					
	235	89	121	83	162	86	163	88					
	211	75	154	81	158	81	196	68					
	335	82	126	88	10	68	195	39					
	10	87	355	82	343	86	313	45					
	187	87	22	77	345	75	360	79					
	351	68	336	62	75	90	232	90					
	185	64	355	76	240	41	71	45					
	205	85	22	77	95	74	8	64					
	127	67	336	62	310	76	39	50					
	40	77	355	76	60	80	332	90					
	9	48	22	68	75	63	44	68					
	21	84	345	90	55	78	318	72					
	5	83	9	64	351	74	334	79					
	345	89	109	53	0	70	339	66					
	360	85	60	52	259	87	75	89					
20	90	5	76	335	77	75	74						
246	36	124	62	133	62	40	73						
210	78	355	84	62	58	345	76						
306	6	242	83	86	75	70	64						
33	83	49	4			55	60						
354	68	347	80			15	39						
Corte 3 Pista E575899, N1338450	67	76	0	85									Stereonet of 171 lines 
	187	13	55	37									
	13	60	325	77									
	34	81	343	83									
	40	89	15	80									
	16	85	318	71									
	39	79	110	5									
	356	89	265	68									
	345	86	230	80									

Los resultados determinan que el patrón de esfuerzos que ha afectado la zona bajo estudio no es uniforme, ya que la orientación de las fracturas mapeadas en campo no son todas iguales, estadísticamente hablando.

Sin embargo, al predominar fracturas con orientación Noroeste-Sureste, nos sugiere que el esfuerzo principal que dio origen a este sistema, en el sitio bajo estudio, de fracturas estaba orientado Noroeste-Sureste.

El fallamiento actualmente activo en Managua (el responsable de los terremotos destructivos del siglo pasado) tiene una orientación preferencial Noreste-Suroeste, prácticamente perpendicular a las mapeadas en este estudio. Esto nos sugiere que las fracturas encontradas en el área de estudio posiblemente fueron generadas durante otras condiciones de esfuerzos que las que operan actualmente, posiblemente cuando estuvo activo el sistema regional transformante dextral, que limita a la Depresión de Nicaragua en su parte Noroeste y es paralelo al arco volcánico (Funk et al., 2009).

Este sistema de falla dextral que limita a la Depresión de Nicaragua corre desde la parte Sur de El Salvador, hasta la parte Norte de Costa Rica, y en Nicaragua no está tan bien desarrollado como en los dos citados países (La Femina et al., 2002).

Por otro lado, hay en menor grado fracturas orientadas Norte-Sur, las cuales están asociadas a fallamiento normal según diferentes autores (van wyk de Vries; 1993, Funk et al., 2009). También en la parte Norte del área de estudio varias fracturas tienen orientación Noreste-Sureste, lo cual coincide con el fallamiento de rumbo lateral izquierdo que ha estado muy activo durante el pasado siglo en la ciudad de Managua.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Algermissen et al., (1974) realizaron un estudio de las réplicas que ocurrieron justo después de los sismos del 23 de diciembre de 1972 en la ciudad de Managua, y encontraron que el extremo Norte de la falla de San Judas se activó, con características de fallamiento compuesto, es decir mecanismos focales que delatan desplazamiento normal y de rumbo lateral izquierdo, lo cual coincide bastante bien con la roseta de fracturas para el extremo Norte del área de estudio.

Conociendo los datos de longitud de ruptura de la Falla San Judas tomados de Woodward Clyde Consultants, 1975 y Cowan, 2002, se estimó por medio del método Wells & Coppersmith, 1994, la magnitud de momento sísmico (M_w) a través de la siguiente fórmula:

$$M_w = a + b \cdot \log(L)$$

Dónde:

a: 4.86

b=1.32

L=Longitud de superficie de ruptura

Tabla 6: Datos para la aplicación de la fórmula Wells y Coppersmith.

Datos		
a	4.86	
b	1.32	
L	4.6 Km	12.1 Km
M_w	5.7	6.3

Aplicando la fórmula anterior obtenemos que para una superficie de ruptura (L) de 4.6 Km, la Magnitud será de 5.7 M_w y para una superficie de ruptura de 12.1 Km será de 6.3 M_w .

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La litología del área de estudio está caracterizada por una secuencia de depósitos piroclásticos de edad Holoceno (H) que data de los 10,000 años hasta la actualidad y Pleistoceno (P) de 2,59 millones de años a los 10,000 años de antigüedad, provenientes de los centros volcánicos Masaya, Apoyo y Apoyeque, definido por Bice (1985) y Kutterolf (2007).

Se determinaron catorce unidades lito estratigráficas de edad pleistocénica como: Lodo Volcánico (Pls), Que corresponde al Grupo Las Sierras, Ceniza (Pce), Suelo Fósil (Psf3), Toba Lítica (Plt2), Suelo Fósil (Psf2) y Oleadas Piroclástica (Popln), Toba Lítica (Pfl1), Suelo Fósil (Plfs1), Formación Fontana Lapilli (Pf), Formación Pómez de Apoyo (Pap), Suelo Fósil (Hsf2), Formación Toba El Retiro (Hrt), Suelo Fósil (Hsf1) y Suelo Reciente (Hs) que corresponden al Grupo Managua.

- Los indicadores cinemáticos determinados en el área son: Sistemas conjugados, Elemento estriador, Sistema conjugado Sigmoide, Criterio escalonado, Venas, Criterio de los clastos rotados, delimitan una fase de deformación que define el panorama estructural del área; la cual corresponde a un sistema de fallamiento predominante NW-SE de tipo de rumbo lateral derecho.
- Basados en los resultados del trabajo de campo, el análisis de los datos procesados con el software Win Tensor, podemos concluir que la zona del área de estudio se asocia al sistema de falla San Judas y la deformación observable en superficie tiene características de haber sido producida por esfuerzos tectónicos donde el esfuerzo principal σ_1 tuvo orientación

Noroeste-Sureste y Este-Oeste, correspondiendo con fallamiento de rumbo lateral derecho, y fallamiento normal Norte-Sur.

- Se determinó la magnitud del momento sísmico (M_w), por medio del método Wells & Coppersmith obteniendo una superficie de ruptura (L) de 4.6 Km con una magnitud probable de 5.7 y para una superficie de ruptura de 12.1 Km la magnitud calculada es de 6.3.

Recomendaciones

- Se recomienda profundizar en el estudio geoestructural del sistema de falla de San Judas.
- Se recomienda realizar estudios paleo-sismológicos para evaluar la recurrencia de la actividad de esta falla, que se ubica en una zona poblada de la ciudad de Managua.
- Se recomienda aplicar el método Wells & Coppersmith para determinar la magnitud del momento sísmico (M_w) de la falla San Judas.

Bibliografía

Alcaldía de Managua (ALMA, 2000): Plan General de Desarrollo Municipal, Documento de Caracterización.

Algermissen, S. T., Dewey, J. W., Langer, C. J., & Dillinger, W. H. (1974). The Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972: Location, focal mechanism, and intensity distribution. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 64(4), 993-1004.

Avellán, D. (2009). “Tefroestratigrafía de la parte occidental de Managua, Nicaragua: Evolución de las estructuras volcánicas de Ticomo, Nejapa y Asososca”. Tesis de maestría, Instituto de Geofísica, UNAM-México. p13-16.

Bice, D. C., (1980a). “Eruption rate in Central America estimated from volumes of pumice deposits”. *American Geophysical Union Transactions*, Vol. 61, Num.6.

Bice, D. C., (1980b). “Origin of the Masaya Caldera, Nicaragua”. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, Vol. 12, Num. 3.

Bice, D. C., (1980c). “Tephra stratigraphy and physical aspects of recent volcanism near Managua, Nicaragua”. {Ph.D. Thesis}: Berkeley, California, University of California.

Bice, D. (1985). “Quaternary volcanic stratigraphy of Managua, Nicaragua: Correlation and source assignment for multiple overlapping pliniana deposits”. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 96, pp. 553-566.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Brown, R. D., Ward, P. L., & Plafker, G. (1974). Geologic and seismologic aspects of the Managua, Nicaragua, earthquakes of December 23, 1972 US Geological Survey Professional Paper 838, 1973. Bulletin of the Seismological Society of America, 64(4), 1031-1031.

Cowan, H and Michael, N; (2000). Map and Database of Quaternary Faults in the Vicinity of Managua, Nicaragua.

Cruden, A. R., (1989). "The structure of south-western Nicaragua a preliminary assessment". Swedish Geological SGAB International AB, project: INMINE/SAREC, IDnr: URAP 89001, - INETER-Archiv, 28 p.

Dames y Moore-Lamsa, (1978). Estudio geológico de las ciudades del sistema metropolitano: Managua, Nicaragua, Vice-Ministerio de Planificación Urbana, 143 p.

DeMets, C., (2001). A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American volcanic arc: Geophysical Research Letters.

Delvaux, D. and Sperner, B. (2003). Stress tensor inversion from fault kinematic indicators and focal mechanism data: the TENSOR program. In: New Insights into Structural Interpretation and Modelling (D. Nieuwland Ed.). Geological Society, London, Special Publications, 212: 75-100

Espinoza, F. J. (2007). "Neotectónica de la falla Nejapa, porción oeste del graben de Managua, Nicaragua". Tesis de maestría, Tesis de maestría, Instituto de Geología, UNAM-México.

Frischbutter (2002). Structure of the Managua Graben, Nicaragua, from remote sensing images. Volume 41, Num. 2.

Funk, J., Mann, P., McIntosh, K., & Stephens, J. (2009). Cenozoic tectonics of the Nicaraguan depression, Nicaragua, and Median Trough, El Salvador, based on seismic-reflection profiling and remote-sensing data. Geological Society of America Bulletin, 121(11-12), 1491-1521.

Girard, G., Van Wyk Vries, B. (2005). "The Managua Graben and Las Sierra-Masaya volcanic complex (Nicaragua); pull-apart localization by an intrusive complex: results from analogue modeling". Journal of Volcanology and Geothermal Research, pp. 37-57.

González. G. (2015). Actualización de Aval. Estudio de Zonificación Geológica por Fallamiento Superficial Proyecto Ofibodegas y Módulos Comerciales Alta Vista Barrio Héroes y Mártires del Bocay, Distrito 02. Managua, Nicaragua, pp 20-29.

Hodgson, G. (2002). Geología Histórica Regional e Historia Geología Estructural Tectónica Simplificada de Nicaragua y América Central. Managua, Nicaragua.

Holcoembe, O. Consultants. (s.f). Software GeOrient32, V9.

Hravicéck, P. et al., (1997). Estudio geológico para reconociendo de Riesgo Natural y Vulnerabilidad Geológica en el área de Managua. Managua, Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2004). Guía Técnica para la Elaboración de Estudios Geológicos por Fallamiento Superficial y Obtención del Aval correspondiente en la ciudad de Managua y sus alrededores, Nicaragua.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER 2002). Estudio Geológico para el reconocimiento de Fallas Superficiales planchas topográficas, Escala 1:10,000 San Isidro de la Cruz Verde 2952-2-12, Esquipulas 2952-2-09.

Kuang, S. J. (1973). Estratigrafía y tectónica de Managua. Managua, Nicaragua.

Kutterolf, et al., (2007). "Late Pleistocene to Holocene temporal succession and magnitudes of highly – explosive volcanic eruptions in west-central Nicaragua". Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 163, pp. 55-82.

La Femina y et al., (2002). Bookshelf faulting in Nicaragua: Geological Society of America, v.30, p. 751-754.

McBirney, A. R. and Williams, H., (1965). "Volcanic history of Nicaragua". University of California Publications in the Geological Sciences, Vol.55, pp. 1-69.

Martínez W, (1992). Mapa Geo-Estructural del Área de Managua.

Martínez W, (2000). Peligro Sísmico en Managua. Managua, Nicaragua.

Parsons Corporation, (1972). "The geology of western Nicaragua". Tax Improvement and Natural Resources Inventory Project, Final Technical Report, Volume IV.

Peacock, S. M. et al., (2005). Thermal structure of the Costa Rica-Nicaragua subduction zone: Physics of the Earth and Planetary Interiors, no. 149, p. 187-200.

Pardo, N., Avellán, D.R., Macías, J. L., Scolamacchia, T., Rodríguez, D., 2008. The ~ 1,245 yr BP Asososca maar: New advances on recent volcanic stratigraphy of Managua (Nicaragua) and hazard implications. J. Volcanol. Geotherm. Res. Xxx

Pardo, N., (2008). Estratigrafía e historia eruptiva del Maar Asososca, Nicaragua [Ms.C. thesis]: México, Universidad Nacional Autónoma de México, 181 p.

Pardo, N., et al., (2009). The ~ 1245 yr BP Asososca maar eruption: The youngest event along the Nejapa-Miraflores volcanic fault, Western Managua, Nicaragua. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* Xxx

Pérez, W. & Freundt., A. (2006). "The youngest highly explosive basaltic eruptions from Masaya caldera (Nicaragua): stratigraphy and hazard assessment. In: Rose WI, Bluth GJS, Carr MJ, EweJW, Patino LC, Vallance JW (eds.) *Volcanic Hazards in Central America*". *Geological Society of America Bulletin* 412, pp. 189-207.

Pert Hradecky, p. (2011), Introduction to the special volume "Subduction-related igneous activity in Central America – its nature, causes and consequences".

Rodríguez O. (2014). Estudio de Zonificación Geológica Por Falla Superficial (Edificio Corporativo Y Centro De Producción Delipollo, Barrió San Judas, Distrito III, Managua) p 6-16

Rodríguez, N. (2001). Estudio de Zonificación Geológica por Fallamiento Superficial Proyecto Corredor de Servicios Bodegas y Oficinas Ba. San Judas) pp. 7-9, 11-12.

Rodríguez, N. y Montenegro (2002). Propuesta de Columna Estratigráfica generalizada de Managua.

Rüpke L. H., Phipps, J., Hort, M., and Connolly, J. A. D., (2002), Are regional variations in Central American arc lavas due to differing basaltic versus peridotitic slab sources of fluids?: *Geological Society of America*, v. 30, n°. 11, p. 1035-1038.

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Van Wyk de Vries B (1993) Tectonics and magma evolution of Nicaraguan volcanic systems. PhD Thesis, Open University, Milton Keynes, pp 1–328.

Ward, P. L., Gibbs, J., Harlow, D., & Aburto, A. (1974). Aftershocks of the Managua, Nicaragua, earthquake and the tectonic significance of the Tiscapa fault. Bulletin of the Seismological Society of America, 64(4), 1017-1029.

Woodward-Clyde Consultants, Inc., (1975), “Summary report of investigation of active faulting in Managua, Nicaragua and vicinity Managua, Nicaragua”. Vice Ministries de Pacification Urbana.

Wells, D. y Coppersmith, K. (1994): New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America 84.

Zambrana, X. (2012). Modelamiento Geofísico en el Graben del Aeropuerto, Managua, Nicaragua. pp 17-19.

www.geovirtual2.cl.

<http://webserver2.ineter.gob.ni/sis/managua1968/prensa-ania.html>

Anexos

Anexo 1. Columnas estratigráficas compuestas del área de estudio

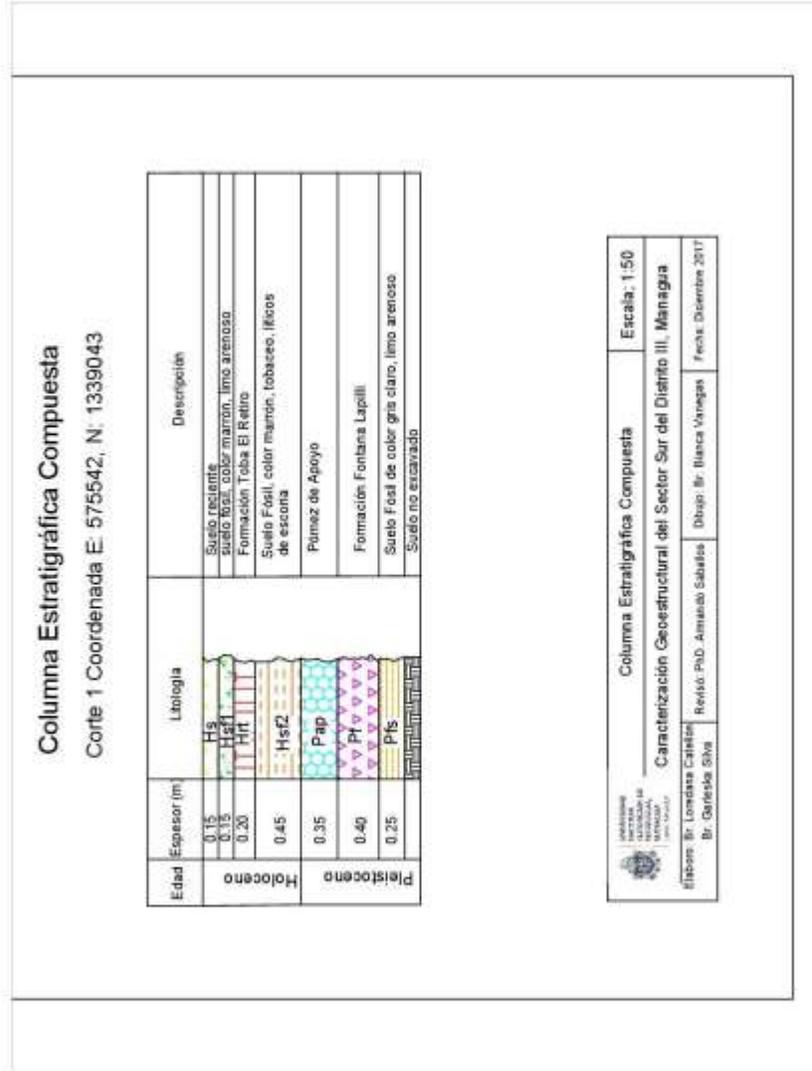
**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Columna Estratigráfica

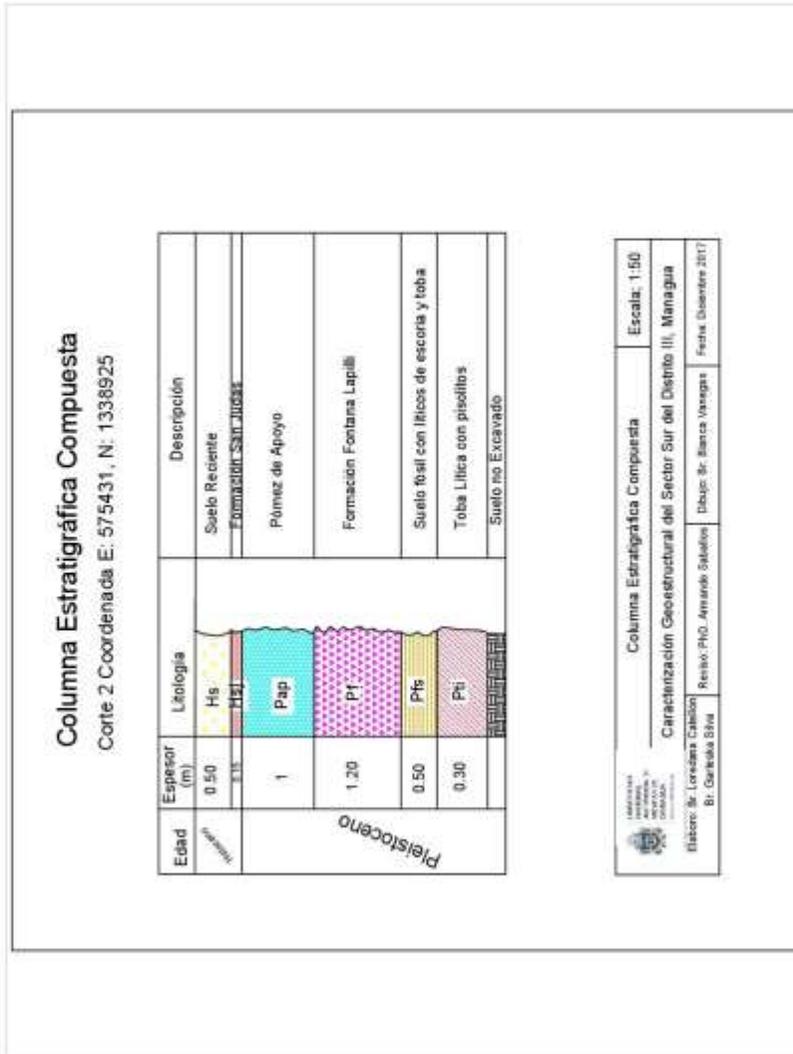
Grupo	Edad	Espesor (m)	Litología	Descripción
Grupo Managua	Holoceno	0.30	Hs	Suelo Moderno de color marrón oscuro, limo-arenoso
		0.25	Hsf1	Suelo Fósil, color marrón claro, limo-arenoso, con fragmentos de toba
		0.30	Hrt	Formación Toba El Retiro, color amarillo ocre, micro fracturado con pisolitos.
		0.30	Hsj	Formación San Judas
Grupo Managua	Holoceno	0.50	Hsf2	Suelo fósil pedregoso de color marrón claro a blanquecino con fragmentos de pómez.
		0.50	Pa0	Pómez de apoyo de color blanquecino.
Grupo Las Sierras	Pleistoceno	1	Pl	Formación Lapilli Fontana De coloración negro, de composición basáltica, J de grano medio.
		0.20	Pst1	Suelo color gris claro a marrón, con fragmentos de escoria.
		0.50	Pl1	Toba Lúlica o Toba meteorizada, suelo gris claro a amarillento, con lentes de toba, lílicos de basalto y escoria
		0.50	Pepl1	Oleada piroclástica Las Nubes, de coloración gris claro, lílicos de escoria y andesita de granulometría gruesa
		0.30	Pa2	suelo color naranja, limo arcilloso, con lentes de toba, presenta fracturas
		0.30	Pl2	Toba Lúlica, color gris con pisolitos
		0.25	Pe3	Suelo fósil de coloración naranja, con lentes de toba, fracturas rellenas de caliche cenizas con fragmentos de escoria
		0.15	Fee	Lodo volcánico las Sierras, de color gris oscuro, textura fina con lílicos de escoria, pisolitos, se identifico una falla inversa en esta unidad.
		0.60	Pwt	Suelo no estratado.

	Columna Estratigráfica Compuesta		Escala: 1:50
	Caracterización Geoestructural del Sector Sur del Distrito III, Managua		
Elaboro: Br. Loredana Castellón Br. Gariéska Silva	Revisó: Ph.D. Amanda Saballos	Dibujo: Br. Blanca Vanegas	Fecha: Diciembre 2017

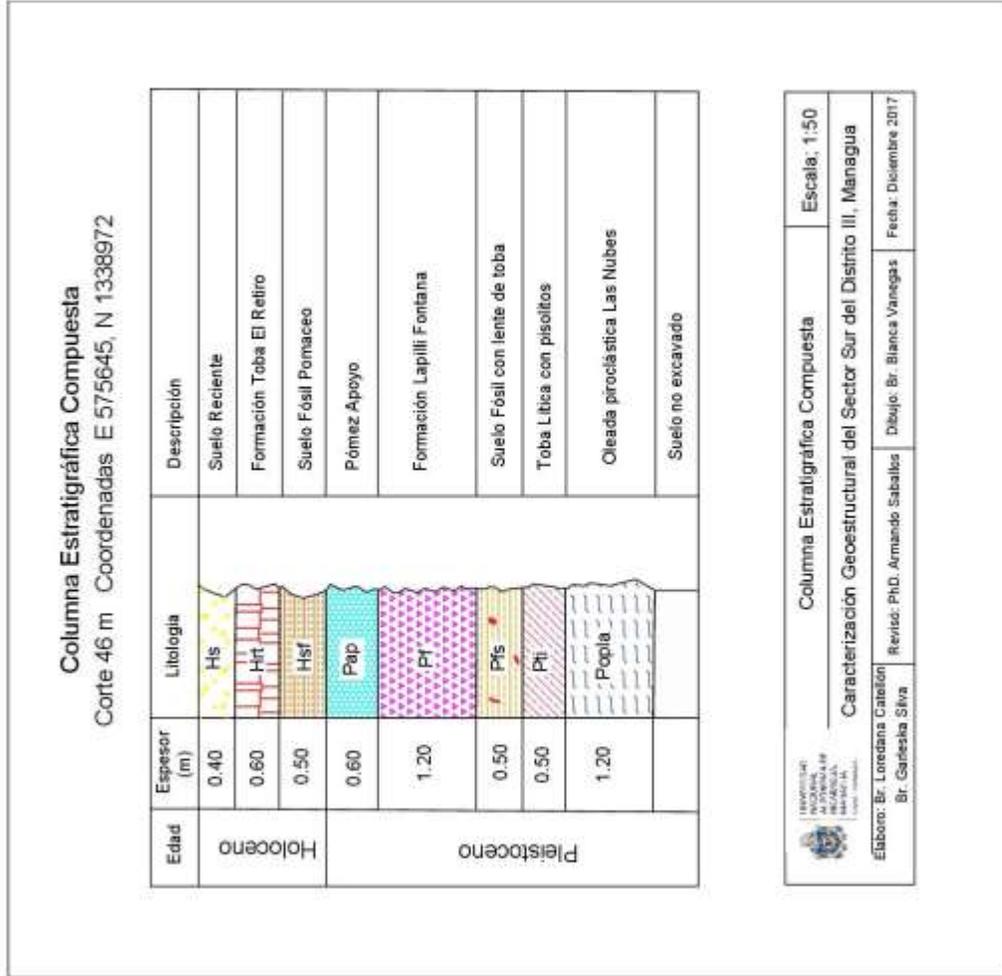
**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



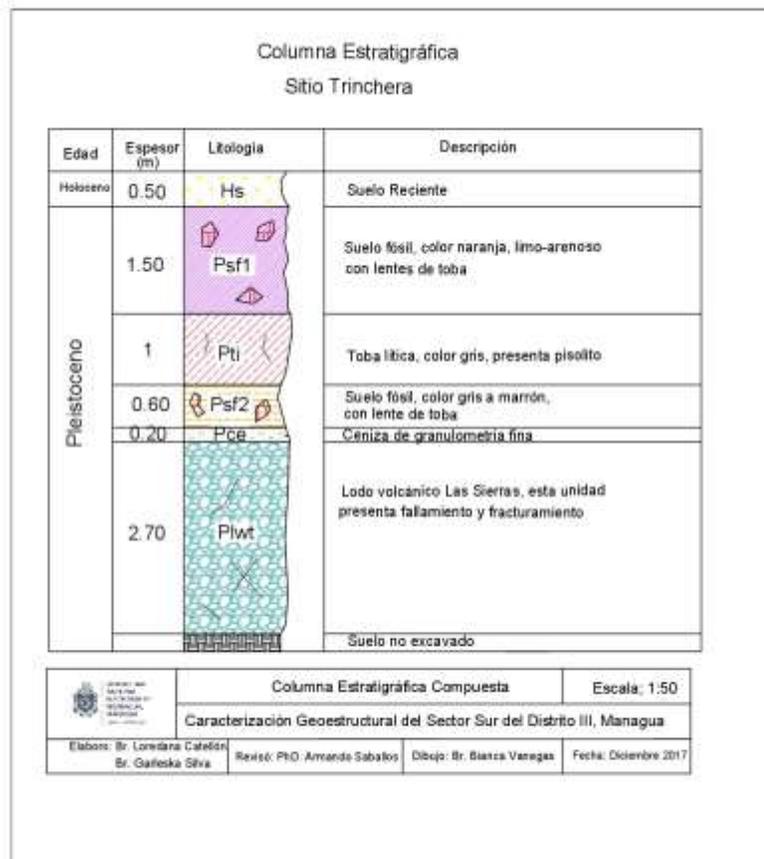
**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



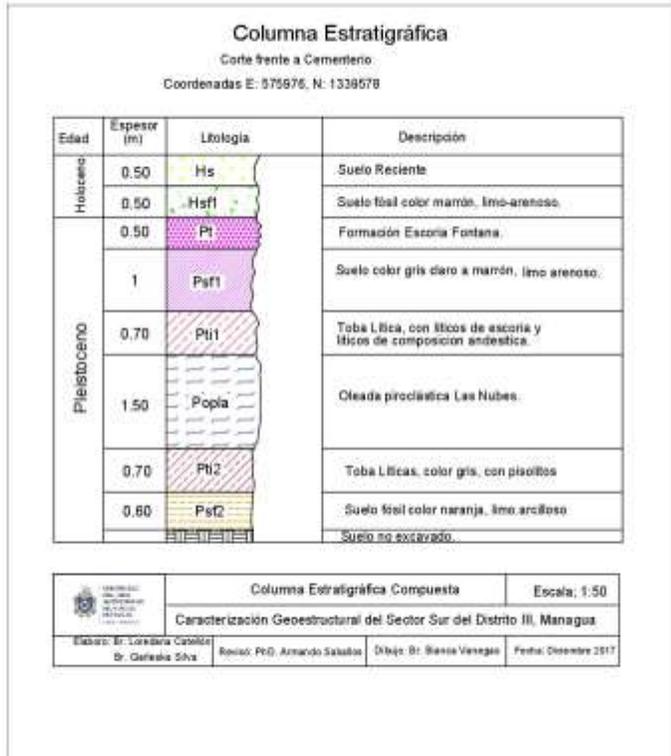
**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**



**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Anexo 2. Inventario de fracturas de cortes

Trinchera Exporatoria A-A'								
Coordenadas UTM WGS84. A: E575783, N1339233, A': E578850, N1339231								
Número	Descripción	Azimut	Número	Descripción	Azimut	Número	Descripción	Azimut
1	Falla/Tr	35	39	Fractura/Tr	75	77	Fractura/Tr	65
2	Fractura/Tr	65	40	Fractura/Tr	78	78	Fractura/Tr	290
3	Fractura/Tr	304	41	Fractura/Tr	65	79	Fractura/Tr	71
4	Fractura/Tr	50	42	Fractura/Tr	40	80	Fractura/Tr	80
5	Fractura/Tr	75	43	Fractura/Tr	75	81	Fractura/Tr	78
6	Fractura/Tr	80	44	Fractura/Tr	45	82	Fractura/Tr	298
7	Fractura/Tr	65	45	Fractura/Tr	300	83	Fractura/Tr	315
8	Fractura/Tr	64	46	Fractura/Tr	54	84	Fractura/Tr	292
9	Fractura/Tr	302	47	Fractura/Tr	70	85	Fractura/Tr	272
10	Fractura/Tr	53	48	Fractura/Tr	315	86	Fractura/Tr	23
11	Fractura/Tr	73	49	Fractura/Tr	322	87	Fractura/Tr	84
12	Fractura/Tr	306	50	Fractura/Tr	40	88	Fractura/Tr	316
13	Fractura/Tr	69	51	Fractura/Tr	316	89	Fractura/Tr	301
14	Fractura/Tr	61	52	Fractura/Tr	72	90	Fractura/Tr	78
15	Fractura/Tr	330	53	Fractura/Tr	300	91	Fractura/Tr	43
16	Fractura/Tr	61	54	Fractura/Tr	70	92	Fractura/Tr	305
17	Fractura/Tr	305	55	Fractura/Tr	55	93	Fractura/Tr	74
18	Fractura/Tr	340	56	Fractura/Tr	69	94	Fractura/Tr	300
19	Fractura/Tr	270	57	Fractura/Tr	305	95	Fractura/Tr	292
20	Fractura/Tr	306	58	Fractura/Tr	315	96	Fractura/Tr	312
21	Fractura/Tr	345	59	Fractura/Tr	75	97	Fractura/Tr	90
22	Fractura/Tr	7	60	Fractura/Tr	64	98	Fractura/Tr	311
23	Fractura/Tr	34	61	Fractura/Tr	312	99	Fractura/Tr	55
24	Fractura/Tr	302	62	Fractura/Tr	50	100	Fractura/Tr	53
25	Fractura/Tr	70	63	Fractura/Tr	40	101	Fractura/Tr	292
26	Fractura/Tr	44	64	Fractura/Tr	315	102	Fractura/Tr	275
27	Fractura/Tr	290	65	Fractura/Tr	45	103	Fractura/Tr	301
28	Fractura/Tr	60	66	Fractura/Tr	53	104	Fractura/Tr	65
29	Fractura/Tr	65	67	Fractura/Tr	45	105	Fractura/Tr	286
30	Fractura/Tr	70	68	Fractura/Tr	306	106	Fractura/Tr	77
31	Fractura/Tr	49	69	Fractura/Tr	34	107	Fractura/Tr	66
32	Fractura/Tr	64	70	Fractura/Tr	320	108	Fractura/Tr	71
33	Fractura/Tr	305	71	Fractura/Tr	295	109	Fractura/Tr	54
34	Fractura/Tr	60	72	Fractura/Tr	302	110	Fractura/Tr	300
35	Fractura/Tr	68	73	Fractura/Tr	317	111	Fractura/Tr	314
36	Fractura/Tr	302	74	Fractura/Tr	55	112	Fractura/Tr	335
37	Fractura/Tr	335	75	Fractura/Tr	59	113	Fractura/Tr	312
38	Fractura/Tr	320	76	Fractura/Tr	335			

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

CORTE NOROESTE		
COORDENADAS: E 575772 N 1339013 3M 196 MSNM		
N°	Rumbo	Buzamiento
1	220	58
2	226	23
3	199	89
4	197	79
5	211	73
6	234	59
7	219	57
8	211	89

CORTE SUR DENTRO SITIO		
COORDENADAS: E 575350 N 1338983 3 M H 224		
N°	Rumbo	Buzamiento
1	33	77
2	12	82
3	214	72
4	65	80
5	156	90
6	235	89
7	211	75
8	335	82
9	10	87
10	187	87
11	351	68
12	185	64
13	205	85
14	127	67
15	40	77
16	9	48
17	21	84
18	5	83
19	345	89
20	360	85
21	20	90
22	246	36
23	210	78
24	306	6
25	33	83

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

CORTE 3				
COORDENADAS				
	ESTE	NORTE	RUMBO	ELEVACION
INICIO	575899	1338450	133	243
FINAL	575924	1338423		234
	N°	Rumbo	Buzamiento	
	1	354	68	
	2	67	76	
	3	187	13	
	4	13	60	
	5	34	81	
	6	40	89	
	7	16	85	
	8	39	79	
	9	356	89	
	10	34	67	
	11	341	62	
	12	345	61	
	13	167	61	
	14	188	58	
	15	158	81	
	16	9	86	
	17	17	83	
	18	25	73	
	19	120	89	
	20	20	88	
	21	130	75	
	22	124	86	
	23	121	83	
	24	154	81	
	25	126	88	
	26	355	82	
	27	22	77	
	28	336	62	
	29	355	76	
	30	22	77	
	31	336	62	
	32	355	76	
	33	22	68	
	34	345	90	
	35	9	64	
	36	109	53	
	37	60	52	
	38	5	76	
	39	124	62	
	40	355	84	
	41	242	83	
	42	49	4	

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

CORTE 4					
COORDENADAS: E 575976 N1338578 H 254					
N°	Rumbo	Buzamiento	N°	Rumbo	Buzamiento
1	347	80	49	317	60
2	0	85	50	315	86
3	55	37	51	0	50
4	325	77	52	132	90
5	343	83	53	50	1
6	15	80	54	47	1
7	318	71	55	145	10
8	110	5	56	160	83
9	265	68	57	163	88
10	230	80	58	196	68
11	268	81	59	195	39
12	0	65	60	313	45
13	70	55	61	360	79
14	262	82	62	232	90
15	51	75	63	71	45
16	30	75	64	8	64
17	332	70	65	39	50
18	5	85	66	332	90
19	85	68	67	44	68
20	210	12	68	318	72
21	14	76	69	334	79
22	170	70	70	339	66
23	331	81	71	75	89
24	162	86	72	75	74
25	158	81	73	40	73
26	10	68	74	345	76
27	343	86	75	70	64
28	345	75	76	55	60
29	75	90	77	15	39
30	240	41	78	79	59
31	95	74	79	168	71
32	310	76	80	70	61
33	60	80	81	322	85
34	75	63	82	63	49
35	55	78	83	71	69
36	351	74	84	85	55
37	0	70	85	10	35
38	259	87	86	11	56
39	335	77	87	70	41
40	133	62	88	42	78
41	62	58	89	75	65
42	86	75	90	245	75
43	345	86	91	6	60
44	118	79	92	225	64
45	100	90	93	242	76
46	91	87	94	208	29
47	110	72	95	212	30
48	22	46	96	273	84

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

CORTE 5			
COORDENADAS			
	ESTE	NORTE	ELEVACION
INICIO	575645	1338972	229
FINAL	575610	1338991	212
N°	Rumbo	Buzamiento	
1	25	21	
2	30	11	
3	220	35	
4	84	90	
5	105	47	
6	136	69	

CORTE SUR CASA		
COORDENADAS: E 575773 N 1339176 H 193		
N°	Rumbo	Buzamiento
1	15	69
2	20	76
3	10	80
4	180	70
5	178	63
6	160	81
7	44	77
8	80	65
9	105	82
10	305	89
11	35	63
12	10	81
13	292	90
14	21	56
15	229	81
16	0	49
17	304	71
18	160	70
19	15	57
20	310	80
21	270	71
22	190	77
23	320	79
24	278	83
25	302	81
26	7	78
27	0	75
28	10	82
29	5	87
30	35	82
31	20	70
32	195	80
33	190	80
34	44	60
35	10	84
36	8	75
37	10	90
38	9	82
39	155	86

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

CORTE DETRÁS SEMINARIO			
COORDENADAS			
	ESTE	NORTE	ELEVACION
INICIO	575882	1339358	197
FINAL	575877	1339341	195
N°	Rumbo	Buzamiento	
1	279	35	
2	118	83	
3	270	80	
4	293	88	
5	332	64	
6	60	71	
7	85	60	
8	140	51	
9	195	64	
10	155	43	
11	270	85	
12	230	73	
13	245	84	
14	166	62	
15	165	81	
16	140	68	
17	150	89	
18	0	90	
19	12	67	
20	29	81	
21	51	78	
22	259	79	
23	109	72	
24	151	84	
25	80	67	
26	245	76	

Anexo 3. Perfil Geológico de Trinchera A-A´

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

Anexo 4. Formato de campo utilizado

**ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE FALLAMIENTO SUPERFICIAL Y ZONIFICACIÓN
SÍSMICA**

**Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)
Dirección de Geología Aplicada – Tel: 2492761 Extensiones 119-113**

FICHA DE DATOS BÁSICOS

SITUACIÓN GEOGRÁFICA:

LOCALIZACIÓN: Sector Sur, Distrito III, Municipio de Managua

VÍA DE ACCESO: Pista Suburbana

USO DEL SUELO: Urbano edificado Urbano no edificado Industria e infraestructura
 Cultivos Natural y forestal

MUNICIPIO: Managua

DEPARTAMENTO: Managua

PAIS: Nicaragua

DATOS DEL AREA Y SITUACIÓN CARTOGRÁFICA:

FORMA: Polígono

AREA: 6 km²

COORDENADAS (todos los vértices del área, GPS, Datum WGS 84)

LONGITUD (GEOGRÁFICA):

LATITUD (GEOGRÁFICA):

X_{UTM} (m): 575143

Y_{UTM} (m): 1340595

X_{UTM} (m): 576875

Y_{UTM} (m): 1340589

X_{UTM} (m): 576881

Y_{UTM} (m): 1337162

X_{UTM} (m): 575143

Y_{UTM} (m): 1337149

DATUM: WGS 84

Nº HOJA: III

NOMBRE DE LA HOJA: Managua, 2952

MAPA TOPOGRÁFICO: Si No

Escala: 1:50,000

FOTOGRAFÍAS AERIAS: si

Escala: 1:40,000

Año: Desconocido

Fuente: INETER

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

CORTES: Si No

LOCALIZACIÓN DE LOS CORTES:

Dentro Fuera

CANTIDAD: 12

Dentro Fuera

AFLORAMIENTOS: Si No

LOCALIZACIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS:

Dentro Fuera

CANTIDAD: 12

Dentro Fuera

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

TRINCHERAS: Si No
INVESTIGACIONES GEOFÍSICA: Si No
INVESTIGACIONES GEOTECNICAS: Si No

DATOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

GEOMORFOLOGÍA:

GEOLOGÍA:

COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA

<i>Litología</i>	<i>Espesor</i>	<i>Color</i>	<i>Descripción</i>

DATOS DE TRINCHERA

CANTIDAD: 1 TOTAL METROS: 66.65
TRINCHERA No: 1 CODIGO: A-A´
LOCALIZACIÓN: Barrio San Judas
COORDENADAS GEOGRAFICAS:
EXTREMO W: X_{UTM} (m): 575783 Y_{UTM} (m): 1339233
EXTREMO E: X_{UTM} (m): 578850 Y_{UTM} (m): 1339231
ELEVACIÓN m.s.n.m: 203
DIRECCIÓN: E-O LONGITUD: 66.65
ANCHO (m): 1.5 m PROFUNDIDAD MINIMA: 3 m

**CARACTERIZACION GEOESTRUCTURAL DEL SECTOR SUR DEL DISTRITO III,
MUNICIPIO DE MANAGUA**

PROFUNDIDAD MÁXIMA: 4 m

OCURRENCIA DE FALLA: Si No

DATOS DE FALLA

Mediciones:

ENCONTRADA EN: Barrio San Judas Trinchera Corte Afloramiento

TIPO DE ESTRUCTURA: Falla Fractura Flexura Fractura

Zona de falla

TIPO: Normal Inversa Otro

NOMBRE DE LA FALLA: Falla Inversa

NOMBRE ANTERIOR: Ninguno ORIENTACIÓN TRINCHERA: E-O

RUMBO: N 35°E

PLANO DE FALLA: Si No

ESTADO DE LA SUPERFICIE DE FALLA: Estrías Grietas Otros

FORMA DEL PLANO DE FALLA: Plano Escalonado Listrico

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL: DESPLAZAMIENTO VERTICAL: 9 cm

DESPLAZAMIENTO LATERAL:

CONDICIONES DE LA ROCA O SUELO EN LA ZONA DE FALLA:

Grado de fracturamiento: Alto Medio Bajo

Meteorización: Alta Media Baja

CONDICIONES DEL PLANO DE FALLA: Abierto Con Relleno

CARACTERÍSTICAS DE LAS FRACTURAS: Abiertas Cerradas

MATERIAL DE RELLENO DE LAS FRACTURAS: Carbonato Arcilla Otro

SEPARACIÓN: 1 cm

Descripción de la litología desplazada:

DESPLAZA: si Litología Secuencia litológica

UNIDADES: Lodo Volcánico Las Sierras

FORMACIÓN: Grupo Las Sierras

LITOLOGÍA: Plwt EDAD: Pleistoceno

FALLA GEOLÓGICA PROXIMA: Falla San Judas

Anexo 5. Mapa de Antecedentes del área de estudio

