SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

MDT

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

ATLAS DE RIESGOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE GENERAL ESCOBEDO, N.L.2014

GGC

ESCOBEDO

Fecha 02 de junio 2015
Versión final
Número de expediente: DNL/01131/2014
Numero de obra: IA-819021985-N13-2014
General Escobedo, Nuevo León.
Gutiérrez Guevara Construcciones, S.A. de C.V.
Fray Antonio Margil de Jesús No.236, Col. El Roble,
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66450,
Tel. (81) 80336563, e-mail: ingcesarg@hotmail.com

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CAPÍTULO I. Introducción y Antecedentes

1.1. Introducción
1.2. Antecedentes
1.3. Objetivo
1.3.1. Objetivos específicos
1.4. Alcances
1.5. Metodología
1.6. Productos finales
1.6.1. Estructurales
1.6.1.1. Falla El Topo
1.6.1.2. Falla Almazán
1.6.2. Pendientes
1.6.2.1. Mapa de peligros en el Cerro del Topo Chico
1.6.2.2. Mapa de riesgos en el Cerro del Topo Chico
1.7. Contenidos del Atlas

CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica
2.1.1. Localización del área de estudio

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía
3.2. Geomorfología
3.2.1. Anticlinal Cerro del Topo Chico
3.2.2. Flanco norte y sur-oriental del Cerro del Fraile y San Miguel
3.3. Geología
3.3.1. Geología regional
3.3.2. Geología del sitio
3.4. Edafología
3.5. Hidrología
3.6. Cuencas y Sub-cuencas
3.7. Clima
3.8. Uso de suelo y vegetación
3.9. Áreas naturales protegidas
3.10. Problemática ambiental

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, proyección de población al 2030, distribución de población, densidad de población pirámide de edades, mortalidad
4.1.1. Dinámica demográfica
4.1.2. Distribución de la población en el municipio de General Escobedo, Nuevo León
4.1.3. Densidad de población
4.1.4. Mortalidad en la población del municipio de General Escobedo, Nuevo León
4.2. Características sociales
4.2.1. Grado de marginación en el municipio de General Escobedo, Nuevo León
4.2.2. Grado de marginación por localidad rural
4.2.3. Población de 60 años y más con algún tipo de discapacidad

4.2.4. Discapacidad de la población por manzana
4.3. Vialidad y transporte
4.4. Principales actividades económicas de la zona
4.4.1. Características de la población económicamente activa
4.5. Reserva Territorial

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural
5.1 Erupciones volcánicas
5.2 Sismos
5.2.1 Definición de sismo
5.2.2 Antecedentes de los sismos registrados en el Estado de Nuevo León
5.3 Tsunamis
5.4 Inestabilidad de laderas
5.4.1. Fallas y fracturas
5.5 Flujos
5.6 Caídos o derrumbes
5.7 Hundimientos y subsidencia
5.8 Agrietamientos
5.9 Estructura cartográfica para zonificación de amenaza por fenómenos geológicos en el municipio de General Escobedo, Nuevo León
5.9.1. Mapa geológico
5.9.2. Mapa de pendientes(Morfométrico)
5.9.3. Mapa de sensibilidad geológica en los cerros del Topo Chico y Cerro San Miguel en el municipio de General Escobedo, Nuevo León
5.9.4. Taludes intervenidos por actividades mineras
5.10 Ondas cálidas y gélidas
5.11 Sequías
5.12 Heladas
5.13 Tormentas de granizo
5.14 Tormentas de nieve
5.15 Ciclones tropicales
5.16 Tornados
5.17 Tormentas de polvo
5.18 Tormentas eléctricas
5.19 Lluvias extremas
5.20 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres
5.21 Vientos

CAPÍTULO VI. Técnicas de mitigación y remediación para la estabilización de taludes y manejo racional de escurrimientos pluviales en zonas de riesgo en diferentes sitios del municipio de General Escobedo, Nuevo León. NIVEL I

6.1. Métodos para disminuir el riesgo
6.2. Memoria de cálculo de los diferentes elementos que conforman el sistema para mitigar los impactos
6.2.1. Memoria de cálculo para determinar la carga en el diseño de anclas para estabilizar taludes. Análisis de un caso: "Prados Monteleón"
6.2.1.1. Introducción
6.2.2 El coeficiente de seguridad resultante
6.2.3 Factor (Fs) de seguridad para cada uno de los taludes(a, b) analizados en el municipio de General Escobedo, N.L. (Análisis de un caso)

6.3 Técnicas de remediación y mitigación para el control y manejo de flujos pluviales en cañadas en el Cerro del Topo Chico
6.3.1 Introducción
6.3.2 Aspectos teóricos

CAPÍTULO VII Conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO VIII. Anexo *

- Glosario de términos
- Bibliografía
- Cartografía empleada
- Ficha de campo
- Memoria fotográfica
- Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas

CAPÍTULO IX. Metadatos **

*NOTA: Este capítulo se encuentra en un archivo por separado con el nombre "**CAPÍTULO VIII_Anexos.doc**"

** NOTA: Este capítulo se encuentra en un archivo por separado con el nombre "**CAPÍTULO IX_Metadatos.xls**"

RESUMEN

A fin de que el Gobierno del Municipio de General Escobedo, N.L. cuente con una herramienta que proporcione información de los peligros y riesgos que pueden causar desastres a nivel municipal; por este motivo la empresa Gutiérrez Construcciones se abocó a desarrollar el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de General Escobedo. Este Atlas, está integrado en un Sistema de Información Geográfica, para establecer mejores políticas, planes y programas de planeación urbana, ordenamiento territorial sustentable y estrategias de prevención, mejorando la toma de decisiones para una efectiva planeación y gestión urbana. Este estudio abarca toda la superficie (207,057 Km^2) del municipio de General Escobedo. La información base para la elaboración de este Atlas, comprende las cartas topográficas escala 1:50,000 del INEGI, con claves G14C15 Hidalgo y G14C16 Apodaca, correspondiente al municipio de General Escobedo, N.L.

El estudio incluye el análisis de peligros por los fenómenos naturales geológicos e hidrometeorológicos, que afectan a la zona de estudio. Para la realización del trabajo se tomó como base la Guía Metodológica para la elaboración del Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación), edición 2004 (SEDESOL y SGM) y la Guía Básica para la Elaboración del Atlas Estatal y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2006). Se registró cada uno de los tipos de peligros, siguiendo una metodología apropiada y adaptada para el área de estudio, basándose en las condiciones del terreno, junto con las necesidades propias de este proyecto.

Para el análisis de peligros geológicos se tomaron en cuenta la litología y estructura geológica, así como la orientación e inclinación de laderas y taludes. La valoración que determina los niveles de peligros se llevó a cabo con el apoyo del personal técnico que labora en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

La identificación y cuantificación de las amenazas que se representan por los peligros geológicos tiene sentido si se pretende minimizar la vulnerabilidad de la población e infraestructuras de la zona. Resulta complejo emitir soluciones generalizadas para la diversidad de situaciones existentes en el municipio, lo recomendable es desarrollar estudios geotécnicos para cada situación particular o, en su caso, zonificar situaciones similares entre sí, para la aplicación de los mecanismos que contribuyan a reducir los riesgos a la población.

Los parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo se realizaron de acuerdo a la normativa que establece el CENAPRED. Con base en la matriz de Riesgos Naturales que se muestra en la tabla No 5.2.4.1 se describen los tipos de riesgos partiendo de la zonificación del municipio en micro-cuencas en General Escobedo, N.L. Cada micro-cuenca ha sido, a su vez, dividida en: zonas de montaña, lomeríos y planicie. A partir de la evaluación obtenida del manejo de 34 variables se logró determinar los tipos de riesgos naturales que se muestran en el plano 32 siendo clasificada la zona de montaña como riesgo alto con una valoración 72.5% como riesgo alto (16 puntos), el riesgo medio representa el 13.6% (4 puntos), el riesgo bajo 9% (2 puntos), Plano 32.

Por otro lado, la autorización de nuevas construcciones, ya sea individuales o de fraccionamientos, deberá estar ligada a la presentación de estudios geotécnicos en los cuales se definan las condiciones de estabilidad de laderas y taludes, tanto en el sitio en particular como en el entorno del mismo. Los estudios geotécnicos deben incluir conclusiones y recomendaciones para la estabilización definitiva de laderas y taludes.

La identificación de diferentes tipos de erosión está basada en fichas técnicas en las que se describen aspectos como la litología, tipo de suelo, fotografías y vegetación asociada, entre otros. Además, se recurrió al análisis de las imágenes satelitales y su interpretación.

Para el análisis de peligros hidrometeorológicos se adaptó la metodología de CENAPRED según las condiciones propias del estudio, escala de trabajo y superficie del área, entre otras. El análisis hidrológico incluyó el análisis de precipitación y su relación con el escurrimiento que se concentra en obras de drenaje y corrientes naturales.

Del análisis de peligros geológicos en dicho municipio se resalta lo siguiente:

El municipio de General Escobedo, es uno de los municipios donde se presentan escenarios desfavorables en cuanto a inestabilidad de laderas. Los volteos se pueden presentar en 40% de su área total en el Cerro del Topo Chico y deslizamientos en 20% en el flanco Norte y Noroeste de esta estructura. En el flanco norte y sur poniente del Cerro Topo Chico se identificó susceptibilidad a desprendimientos por volteo al igual que en el flanco norponiente de esta estructura.

En cuanto a los peligros hidrometeorológicos, se analizaron inundaciones, anegamiento y arrastre. En el estudio de estos peligros están involucradas las siguientes actividades:

a) Analizar imágenes SPOT multi-espectral, con pixeles de 10m y SPOT pancromática con pixeles de 2.5 m.
b) Análisis meteorológico (comportamiento pluvial, distribución geográfica, análisis histórico, cálculo de intensidad, duración y tiempo de retorno IDTR).
c) Delimitación de micro y nanocuencas, cruces entre la red hidrológica y vialidades, perfiles, registro fotográfico y modelación.
d) Desarrollo e integración de la información en un SIG, con Modelo Digital de Elevación, cálculo de pendientes en grados, cálculo de pendientes en porcentaje, redes hidrológicas corregidas y topológicamente verificadas con dirección de escurrimiento aguas abajo y mapa de suelos.

El Plan Rector de Desarrollo Urbano del municipio de General Escobedo, N.L., deberá proveer una organización y estructura vial que además de favorecer el uso y función cotidiana de la ciudad, contemple las vías de desalojo, escape y evacuación de las áreas afectadas por diferentes situaciones de riesgo, por ejemplo en el caso de explosiones, incendios o la llegada de huracanes. En la zonificación para el crecimiento y expansión de la zona estudiada se deberán establecer áreas que, por su ubicación y sus características físicas, sean espacios protegidos que permitan el resguardo de la comunidad, construyendo ahí albergues y refugios. Así mismo, se recomienda, el desarrollo de un programa de reordenamiento urbano, que permita identificar y reubicar usos y usuarios para generar los espacios de desarrollo y seguridad que requeridos. Se concluye que el crecimiento urbano en dicho municipio, requiere una planeación bien definida por parte de las diferentes autoridades municipales, restringiendo aquellas zonas con peligro y riesgo eminente. Este instrumento, el Atlas, es una valiosa herramienta que apoyará las decisiones de la autoridad.

Por otro lado, la autorización de nuevas construcciones, ya sea individuales o de fraccionamientos, deberá estar ligada a la presentación de estudios geotécnicos en los cuales se definan las condiciones de estabilidad de laderas y taludes, tanto en el sitio en particular como en el entorno del mismo. Los estudios geotécnicos deben incluir conclusiones y recomendaciones para la estabilización definitiva de laderas y taludes.

La identificación de diferentes tipos de erosión está basada en fichas técnicas en las que se describen aspectos como la litología, tipo de suelo, fotografías y vegetación asociada, entre otros. Además, se recurrió al análisis de las imágenes satelitales y su interpretación.

El anticlinal del Cerro del Topo Chico se encuentra rodeado por depósitos de abanicos aluviales poco consolidados, en ellos se está deforestando y lotificando para la construcción de nuevos fraccionamientos y desarrollos irregulares, lo que implica la alteración en la estabilidad del suelo, por medio de la erosión, ya que está expuesta a los diferentes agentes naturales.

Las erosiones hídricas laminar moderada y alta son las de mayor predominio en el área con un 32 % cada una de ellas, y es donde actualmente se localizan las nuevas construcciones y, por lo tanto, próximas deforestaciones.

En la porción suroeste del área se registraron zonas de cárcavas, característica de erosión concentrada, donde existen asentamientos irregulares en los cuales se puede observar la socavación de las cárcavas en dirección a las viviendas.

El crecimiento en el municipio de General Escobedo requiere planeación bien definida por parte de las autoridades municipales, restringiendo aquellas zonas con riesgo eminente de que ocurran peligros antrópicos. Es imprescindible no sólo en términos de protección civil, mantener y planear el crecimiento, sino también en culturales y sociales, ya que de éstos emanan las soluciones a la mayor parte de las amenazas y riesgos.

Es complejo emitir recomendaciones generales para la variedad de situaciones que se han identificado en los diversos fenómenos de remoción de masas. Lo más adecuado es desarrollar estudios de riesgo geológico-geotécnico detallados por zonas, aplicando la matriz de riesgos anexa en el informe.

De los estudios que se describen de manera detallada en el CAPÍTULO VI. Técnicas de mitigación y remediación para la estabilización de taludes en zonas de riesgo geológico en diferentes sitios en el municipio de General Escobedo, N.L., NIVEL I; se desprenden las siguientes recomendaciones:

En sitios definidos como de alta susceptibilidad; con pendientes fuertes y litología de intercalaciones de lutitas, areniscas y/o calizas es recomendable realizar actividades que nos permitan mitigar y reducir el nivel de riesgo mediante la aplicación de las siguientes técnicas:

a) Reforestar con vegetación nativa en sitios con estructura masiva.

b) En sitios con fracturamiento denso, mantener libre de vegetación con raíces profundas, ya que facilitan la apertura de las fracturas, contribuyendo a la inestabilidad en la ladera.

c) Realizar un inventario detallado de bloques en las zonas de mayor riesgo por desprendimientos, sobre todo en las partes altas.

d) Demoler aquellos que han perdido sustentabilidad. Hacerlo manualmente o mediante el uso de químicos (Dexpam, Pyroblast, Bristar) evitando explosivos.

e) Anclar aquellos bloques que, por sus dimensiones, sea posible y exista un macizo rocoso que lo soporte.

f) Levantar muros de mampostería y de gaviones para dar apoyo a bloques grandes y medianos.

g) Independientemente del grado de fracturamiento, instalar drenes para evitar sub-presiones que aumenten el grado de inestabilidad de la masa de roca.

Para zonas de susceptibilidad media, se restringirá el uso de malla electrosoldada y concreto lanzado, salvo para el caso de afloramientos de material clástico (lutitas y limolitas de amplio espesor o masivas).

El diseño de taludes con bermas mejora la estabilidad cuando se conforman de materiales de roca suave o granulares poco consolidados; siempre y cuando la masa de roca no tenga una estructura con echados a favor de la pendiente del terreno. Los muros de contención, independientemente de su diseño, serán útiles siempre y cuando se permita el drenado del macizo rocoso.

CAPÍTULO I. Introducción y Antecedentes

1.1. Introducción

El acelerado crecimiento territorial de las ciudades en áreas cuya aptitud del suelo para el asentamiento de población es considerada como inadecuada, tiende a incrementar la vulnerabilidad de las viviendas frente a amenazas de origen natural. A esto hay que agregar que las condiciones socioeconómicas de las familias de escasos recursos; asentadas en áreas carentes de infraestructura, servicios y en viviendas inseguras, son de alta marginalidad, con lo que la combinación de ambos factores incrementa potencialmente las posibilidades de ocurrencia de un desastre. Las autoridades del Municipio de General Escobedo, a través de SEDATU y la Subsecretaría del Desarrollo Urbano y Ordenación del Estado y la SEDESOL, tienen como objetivo proporcionar a las autoridades locales información relevante sobre las zonas de mayor impacto por peligros naturales identificados en dicho municipio.
Con base en los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Urbano 2000-2020 en el municipio de General Escobedo, se destaca la necesidad de normar los asentamientos humanos a los usos y destinos del suelo, las construcciones y el uso de edificaciones.

En materia de prevención de desastres, la Secretaría de Desarrollo Social en el marco del Programa Hábitat ha decidido fortalecer las acciones que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de la población ante la presencia de peligros naturales, con especial énfasis en aquellas que permitan identificar zonas de alto riesgo para la población de las localidades, en particular en zonas localizadas en laderas o montañas, o en barrios y colonias marginadas—frente a una eventual situación de desastre, en el municipio de General Escobedo, N.L.

La información documentada y precisa contenida en el Atlas de Riesgos Naturales del municipio de General Escobedo, N. L. será clave para actuar en el plano preventivo y el fundamento de estrategias de autoprotección orientadas a reducir los costos económicos y sociales, además de pérdidas humanas que pudieran ocurrir a consecuencia de desastres naturales. Al mismo tiempo, este documento hará posible, disminuir el tiempo de respuesta en las labores de apoyo y reconstrucción de daños, como resultado de la interacción entre autoridades, damnificados, socorristas y el resto de la sociedad.

La ubicación de las zonas de riesgos y el nivel de peligro identificado en las diferentes estructuras que conforman el área municipio de General Escobedo, N.L., constituyen los primeros pasos para la consolidación de un sistema de protección civil y del proceso de gestión de riesgos en este importante municipio. Con ellos, se avanza hacia uno de los objetivos sustanciales del Gobierno municipal de General Escobedo encabezado por SEDATU y la SEDESOL que es propiciar el mejoramiento de las condiciones de vida de quienes residen en zonas marginadas, mediante la modificación del Plan de Desarrollo Urbano en la construcción en zonas de cañadas, laderas y montañas.

El presente Atlas está estructurado como una base de datos de campo (geológicos, estructurales, climatológicos e hidrológicos) de peligros y riesgos de la cual se puede analizar y extraer información de utilidad para los futuros planes de desarrollo urbano y de construcción en zonas de cañadas, montaña, laderas y en las partes bajas del área municipal, así como programas de mitigación y de riesgos. El Atlas está basado en el documento “Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad, identificación y zonificación” que propone las bases para integrar, manipular, administrar y modelar la información disponible de riesgos naturales.

1.2. Antecedentes

La frecuencia e intensidad de los desastres provocados por fenómenos naturales y los accidentes de origen humano, impactan de manera directa sobre la población, economía y los ecosistemas. Tradicionalmente, la ingeniería sobre el control del daño se ha limitado a responder a las calamidades ocasionadas por éstos, tomándose pocas medidas preventivas. Al día de hoy, se ha reconocido que la manera más eficiente y económica de manejar los desastres es la prevención y planificación de las respuestas.

La presente propuesta surge como una necesidad por parte del Municipio de General Escobedo, a través del SEDATU, de la Subsecretaría del Desarrollo Urbano y Ordenación del Estado y la SEDESOL después de las diferentes catástrofes derivados de los eventos meteorológicos ocurridos en el Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, N. L., provocados por la depresión tropical Álex en el mes de julio del 2010.

Todos los fenómenos considerados en el informe están ligados a la geodinámica externa, es decir, a procesos modeladores del relieve, mismo que están controlados por accidentes geológicos como fallas y fracturas. De acuerdo con el SGM (1987) los riesgos ligados a la geodinámica externa se asocian a inundaciones, desprendimientos, deslizamientos, subsidencias, expansividad de suelos, carsticidad, inestabilidad de taludes y erosión. En los años de 1987 y 2002, el Área Metropolitana de Monterrey experimentó el embate de dos de ellos: inundaciones provocadas por el huracán Gilberto 1988 y el deslizamiento de bloques en la zona residencial de Olinalá en el flanco suroriental del Anticlinal de Los Muertos. Los eventos meteorológicos ocurridos en el 2005 dejados por el huracán Emily en el mes de julio y las lluvias torrenciales del 14 de octubre del mismo año en el Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, N. L, fueron el detonante para que la falla San Jerónimo se reactivara. El agente motor fue la sobresaturación de los paquetes arcillosos así como los errores cometidos al construir sobre rellenos no compactados. Los antecedentes utilizados para la integración del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de General Escobedo, son los temas elaborados previamente por otras instituciones (SEGOB, 1994; SEGOB, 2000; SEDESOL, 2003a; SEDESOL, 2003b; SEDESOL, 2003c), mapas de riesgos de inundación y de deslizamientos así como técnicas para estabilizar, mitigar y remediar zonas de riesgo, elaborado por personal del Departamento de Geohidrología y Geofísica: Atlas de Riesgos Geológicos en el Área Metropolitana de Monterrey y Región Periférica (2009).

En las fotografías se observa los daños generados por eventos meteorológicos en el mes de mayo del 2015 y condiciones geológicas.

1.3. Objetivo general

Desarrollar el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de General Escobedo, correspondiente a una superficie de 207,057 Km^2. El estudio incluye los fenómenos naturales (hidrometeorológicos y geológicos) que afectan a la zona de estudio. El atlas es una herramienta estratégica que permite la integración de información sobre riesgos de desastres a nivel municipal, en un sistema de información geográfica, que permite establecer mejores políticas y programas de planeación urbana, de ordenamiento territorial sustentable y estrategias de prevención, mejorando la toma de decisiones para una efectiva gestión urbana.

1.3.1. Objetivos específicos

- Integrar, homologar y estandarizar la información existente (municipal, estatal y federal) relativa a cada uno de los fenómenos perturbadores hidrometeorológicos y geológicos, que afectan la zona antes mencionada.
- Diseñar y construir un Sistema de Información Geográfica (SIG) en plataforma ArcGis10.2, para la gestión de riesgos.
- Elaborar mapas de zonificación y escenarios de peligro, conjuntado con la exposición y vulnerabilidad para conformar el nivel de riesgo por municipio y por fenómeno perturbador, mediante metodologías que permitan utilizar los criterios que, a nivel nacional, han definido las instancias con atribuciones en materia de riesgo.
- Instituir un documento fundamental en la prevención, para futuros desarrollos urbanos.
- Integrar, homologar y estandarizar la información existente (municipal, estatal y federal) relativa a cada uno de los fenómenos perturbadores ya mencionados que afectan la zona de estudio.
- Instituir un documento fundamental en la prevención para futuros desarrollos urbanos.
- Dar una visión sintética de los peligros ocasionados por fenómenos naturales y los generados por el hombre así como su impacto sobre la población.
- Facilitar la jerarquización de las zonas de peligro que permita a la autoridad correspondiente elegir prioridades y elaborar estudios a detalle.
- Ejecutar las obras propuestas en las medidas de mitigación.
- Examinar y comparar los problemas en diferentes regiones a fin de establecer una política estatal de prevención.
- Implementación de técnicas para la estabilización de taludes, demolición de bloques, etc.

1.4. Alcances

Se pretende la integración de la información disponible para la determinación de peligros y riesgos naturales (geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos) que se presentan en la zona correspondiente al municipio de General Escobedo y en su entorno geográfico. Dado que dicho municipio comprende el flanco norte y poniente del Cerro del Topo Chico y el flanco sur oriental del Anticlinal del Fraile asociados a zonas montañosas con pendientes muy pronunciadas, estas condiciones favorecen el desarrollo y la evolución de fenómenos perturbadores. Para la realización de este documento se utilizaron los métodos básicos de interpretación de los sensores remotos disponibles, como son las imágenes de satélite, ortofotos, fotografías aéreas de vuelo bajo escala 1:20,000 (2004) y 1:50,000 (2002) y el modelo digital de elevación para extraer información relativa a la expresión regional de los peligros naturales y en la definición de las zonas de riesgos en zonas urbanas o microzonificación. Se utilizaron también los criterios fotogeológicos para definir las zonas de riesgo mitigable y no mitigable, aunado a las propuestas de acciones y programas para disminuir los efectos de desastres en las zonas mitigables.

1.5. Metodología

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de General Escobedo, N.L. de acuerdo al marco geoestadístico de INEGI del 2010 se basa en las actividades de recopilación bibliográfica, cartográfica y en el análisis de la misma con el propósito de utilizar los datos que lleven a la identificación de los peligros naturales, que son aquellos fenómenos cuya ocurrencia en el tiempo y en el espacio han sido cuantificados, cualificados y referidos con base en los desastres de vidas y actividades humanas ocurridos al menos en los últimos 20 años (Bitrán, 2001; Bitrán, et al.,2001).

Para la elaboración del presente Atlas se tomó como base la metodología vigente desarrollada a nivel nacional por la SEDESOL y el SGM denominada "Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación)" edición 2004, y la desarrollada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos".

Se utilizaron métodos básicos de interpretación de los sensores remotos disponibles como son las imágenes de satélite, ortofotos, fotografías aéreas y el modelo digital de elevación; para extraer información relativa a la expresión regional de los peligros causados por fenómenos naturales y

en la definición de las zonas de peligro en zonas urbanas o por urbanizar. Para cada uno de los tipos de peligros se siguió una metodología apropiada y adaptada para el área de estudio según las condiciones del terreno y de las necesidades propias de este proyecto.

Para los peligros geológicos, se tomaron los datos estructurales correspondientes y predominantes en cada uno de los sitios visitados (53), como son: azimut de la dirección de inclinación máxima del plano de discontinuidades (estratificación, fallas y fracturas) y la intensidad o ángulo de inclinación del mismo plano, para ser analizados en este rubro. Para la identificación de cada uno de los datos que se manejan en este estudio, se crearon formatos que contienen la siguiente información: fotografía del sitio, coordenadas, datos estructurales (azimut y echado), tipo de litología, tipo de riesgo (derrumbes, deslizamientos, fallas y fracturas), rosa de fracturas y características del talud, etc.

1.6 Productos finales

- Una capa de información de peligro de inundación a lo largo de los cauces y áreas adyacentes a los mismos.
- Una capa de información de peligro de encharcamiento.
- La identificación de los puntos conflictivos, identificados en función del cruce de la red hidrológica y el equipamiento vial y ferroviario en la zona de estudio.
- Una capa de puntos donde aparece representada la información de salidas de verificación en campo, posibles puntos de peligro, puntos de inundaciones históricas y puntos obtenidos en trabajos previos.
- Ficha descriptivas de cada cuenca.
- En la sección de metodología de este trabajo, se explicará el proceso de obtención y los detalles de cada producto final.

Para cada caso se describe con mayor detalle la metodología utilizada en los capítulos correspondientes. Finalmente, la información expresada en los mapas de peligros y riesgos se integró dentro de un sistema de información geográfica o SIG para el despliegue, la consulta rápida de cada mapa tiene sus propios atributos, de acuerdo a un diccionario de datos. El arreglo ordenado de la información de los mapas y sus atributos definen una base de datos que, en ese sentido, conforma un atlas digitalizado de peligros de las zonas vinculadas a montañas y laderas y zonas bajas en el área correspondiente al municipio de General Escobedo, N.L.

Con base en los trabajos de geología de campo realizados en el Atlas de Riesgos Geológicos en el municipio de General Escobedo, N.L., se estableció el modelo conceptual geodinámico, dicho modelo fue establecido a partir del comportamiento geológico estructural que presenta dicha estructura como del patrón que rige la tectónica del Noreste de México. El análisis de datos de campo ha permitido la elaboración de los mapas geológico, de pendientes, susceptibilidad geológica y de peligros; los cuales fueron la base para la elaboración del Mapa de Riesgos. A partir de dicha información se determinan las siguientes conclusiones:

1.6.1. Estructurales

La toma de 53 datos estructurales en campo nos permitió definir el patrón estructural que rige dicho anticlinal. En dicho plano se muestra un par de fallas de tipo normal. Toda la información geológica, estructural y estratigráfica se encuentra plasmada en el plano geológico.

1.6.1.1. Falla El Topo

Localizada en la parte noroeste de la estructura, su rumbo es W-E franco, los relices de falla se observan en las calizas correspondientes a la Formación Aurora, mientras que los plegamientos se muestran en la Formación Agua Nueva, la cual está aflorando en los cortes realizados para vialidades del Fraccionamiento Serranías entre las calles Sierra Catana y Cerro del Topo.

1.6.1.2. Falla Almazán

Se localiza sobre la avenida Almazán, el rumbo de la falla es NW 30° SE, el desplazamiento medido en campo sobre la avenida Almazán es de 0.60 m. El patrón de fracturamiento que domina en la estructura del Cerro del Topo Chico NE- SW y NW-SE. En las secciones geológicas se observa la secuencia sedimentaria que predomina en el Anticlinal del Topo Chico. El modelo geodinámico que dio lugar a la formación del Anticlinal del Topo Chico, provocó un sistema de diaclasas de tipo ortogonal y conjugado.

1.6.2. Pendientes

Para la zonificación de las áreas de sensibilidad geológica en el área de estudio se tomaron los valores de las cotas de elevación sobre el nivel del mar a partir de 1035.00 m.s.n.m. donde la pendiente es mayor de 35°.

Además de la pendiente, se ha tomado en cuenta la densidad de población para zonificar el área de estudio, esta densidad varía desde 1-73, 74-133,134-202, 203- 340, 341- 822 habitantes por manzana. Mapa de pendientes.

Susceptibilidad geológica

El análisis de la amenaza es una tarea compleja dado que muchos factores pueden jugar un papel importante en la ocurrencia del fenómeno (evento). El análisis requiere de una gran cantidad de información y las técnicas pueden ser variadas para la elaboración del mapa de zonificación de la amenaza por fenómenos, de deslizamiento de bloques en zonas de ladera y de cañadas en el Cerro del Topo Chico, aplicando la metodología de Cantillo (1988), se evaluaron los siguientes parámetros:

a) Presencia de fallas y fracturas.

b) Pendientes mayores de 35%.

c) Tipo de roca.

d) Grado de intemperismo.

e) Invasión de cañadas.

f) Zonas de taludes inestables (pedreras).

g) Nivel de erosión.

La unión de cada uno de los parámetros anteriormente descritos nos permitirá la elaboración del Plano de Susceptibilidad Geológica, en dicho plano se ha logrado detectar que la mayoría de las amenazas están vinculadas con cañadas, deslizamientos de bloques y, en tercer lugar, con pedreras sobre todo aquellas que están invadidas por asentamientos irregulares.

A partir de los factores analizados se logró establecer los siguientes rangos de susceptibilidad en el Cerro del Topo Chico con apego a la normativa del CENAPRED: Muy alto, Alto, Bajo y Nulo. Mapa de susceptibilidad geológica

1.6.2.1 Mapa de peligros en el Cerro del Topo Chico

A partir del análisis estructural y morfotectónico del Cerro del Topo Chico se logró establecer que los peligros en dicha estructura están estrechamente vinculados a laderas, cañadas y pedreras. En el plano de peligros se muestra claramente cada uno de los elementos a que están asociados cada uno de los aspectos morfológicos del Anticlinal del Topo. Ver Mapa de peligros. En la tabla de remediación y mitigación de riesgos por rodamiento de bloques, deslizamiento de taludes y transporte de bloques en zonas de cañada se describen claramente cada uno de los peligros en el Cerro del Topo Chico, a la vez se analiza el problema y la técnica recomendada para la mitigación del riesgo. Mapa de peligros.

1.6.2.2 Mapa de Riesgos en el Cerro del Topo Chico.

Partiendo de la información que se generó en la etapa de diagnóstico y caracterización, se realizó la conceptualización de los modelos, conducentes a la zonificación de aspectos de estabilidad para la toma de decisiones. Se realizaron las siguientes actividades contempladas en el modelo SIG:

Los parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo se realizaron de acuerdo a la normativa que establece el CENAPRED; en la tabla anexa sobre la descripción de los tipos de riesgo detectados en el Cerro del Topo Chico, en zonas de cañadas se logró clasificar los tipos de deslizamiento de bloques; estrechamente vinculados con fracturas y rodamientos, el total de datos analizados fue de (53), de los cuales éstos corresponden a riesgo crítico y alto. En zonas de laderas fueron identificados 13 escenarios relacionados con taludes producto de fracturamiento y volteos, siendo el riesgo identificado como alto y bajo. En zonas de pedreras se identificaron 24 escenarios asociados a fallas, fracturas y volteo, el riesgo identificado en esta zona se clasificó como crítico y alto.

Mapa de pendientes (30%), mapa geológico (20%), inventario de deslizamientos y drenaje (35%) y mapa del uso del suelo (15%) a cada uno de estos planos se le dio un porcentaje de acuerdo a su importancia. Mapa de riesgos.

Para la identificación de los diferentes tipos de erosión se elaboró un formato, el cual contiene la fotografía del sitio e información relacionada con su ubicación, además, tipo de vegetación asociada, cobertura en Km2 y tipo de roca, entre otros parámetros. Dicho formato se llenó con datos obtenidos en campo para, posteriormente, elaborar una base de datos de cada una de las zonas en las que se dividió el área, misma que sirvió finalmente para elaborar el plano de los tipos de erosión que se encuentran en el sitio de estudio En esta sección del proyecto del Atlas de Riesgos Naturales del municipio de General Escobedo; se establecen los criterios para determinar las áreas con peligros hidrometeorológicos. La base para este trabajo es la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales del CENAPRED.

Dentro de los alcances del proyecto es importante mencionar que sólo se estudiaron los peligros de inundación y los de encharcamiento. El análisis del riesgo es un estudio más detallado que requiere más información y un mayor tiempo de trabajo. Las definiciones de estos conceptos se encuentran en el glosario (ver Capítulo VII. Anexos).

El peligro de inundación se analizó en función de las condiciones actuales de la topografía, tipo de suelo y cobertura del suelo. En una zona tan cambiante como el municipio de General Escobedo, la topografía puede ser modificada al construir un puente, una carretera. La cobertura de suelo es modificada al construir en zonas que antes eran matorral o bosque. Estas propiedades del área de estudio tienen una fuerte influencia en el peligro de inundación. Por lo tanto sólo se considerarán las condiciones del presente, no del pasado ni de posibles cambios en el futuro. El presente para este proyecto queda definido para la topografía por los datos LIDAR de diciembre del 2010 y para la cobertura de suelo por las imágenes de satélite SPOT de febrero y marzo del 2010.

1.7. Contenido del Atlas

Con base en los objetivos planteados, el contenido del trabajo incluye los siguientes aspectos: el análisis y diagnóstico de los agentes perturbadores y de los sistemas afectables, recursos humanos, materiales y naturales disponibles que pueden ser afectados. Establecer disposiciones, medidas y acciones en los subprogramas de prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población. Dicho contenido irá apoyado con el siguiente material cartográfico: riesgos hidrometeorológicos (zonas de inundación, encharcamiento, dirección de flujos superficiales, de acuerdo al orden de Strahler, 1964, geológicos (deslizamiento de ladera, pendientes, geológico, derrumbes, fallas y fracturas, hundimientos, geomorfológico y fisiográfico, riesgo geológico (cartografía urbana, población, actividades económicas) sísmico, tsunamis, volcánico, sequías, nevadas, heladas, ciclones etc.

CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escala de representación cartográfica

2.1. Determinación de niveles de análisis y escala de representación cartográfica

Se utilizaron los métodos básicos de interpretación de los sensores remotos disponibles, como son las imágenes de satélite, ortofotos (2004, 2007), fotografías aéreas de vuelo bajo escala 1:40,000 (2004) y 1:50,000 (2002) y el modelo digital de elevación para extraer información relativa a la expresión regional de los peligros naturales y en la definición de las zonas de riesgos en zonas urbanas o microzonificación.

2.1.1. Localización del área de estudio

El municipio de General Escobedo, N.L. limita al norte con los municipios de Abasolo, Hidalgo, El Carmen y Salinas Victoria; al sur y sur oriente con el municipio de Monterrey, al sur poniente con el municipio de San Nicolás de los Garza, N.L., al poniente con Apodaca y al sur poniente y poniente con Villa de García, N.L. Se encuentra entre las coordenadas: 25° 46´- 25° 54´ latitud norte y 100° 16´ – 100° 28´ longitud oeste (hojas de INEGI G14C15, G14C16 Apodaca). Se extiende a lo largo y ancho de una superficie de 207, 057 km^2, con una altitud entre 400 y 2,100 m.s.n.m., la cabecera municipal se encuentra a 510 m.s.n.m. En las figuras 2.1 y 2.1.1 se muestran los límites geográficos y la localización del municipio de General Escobedo, N.L.

El área de estudio correspondiente al Cerro del Topo Chico, está conformado por una estructura dómica con pendientes muy pronunciadas en sus flancos en la figura 3.2.1 se observa que el eje del anticlinal divide los municipios de Monterrey y General Escobedo, N. L.

Figura 2.1.Límite municipal de General Escobedo, N.L.

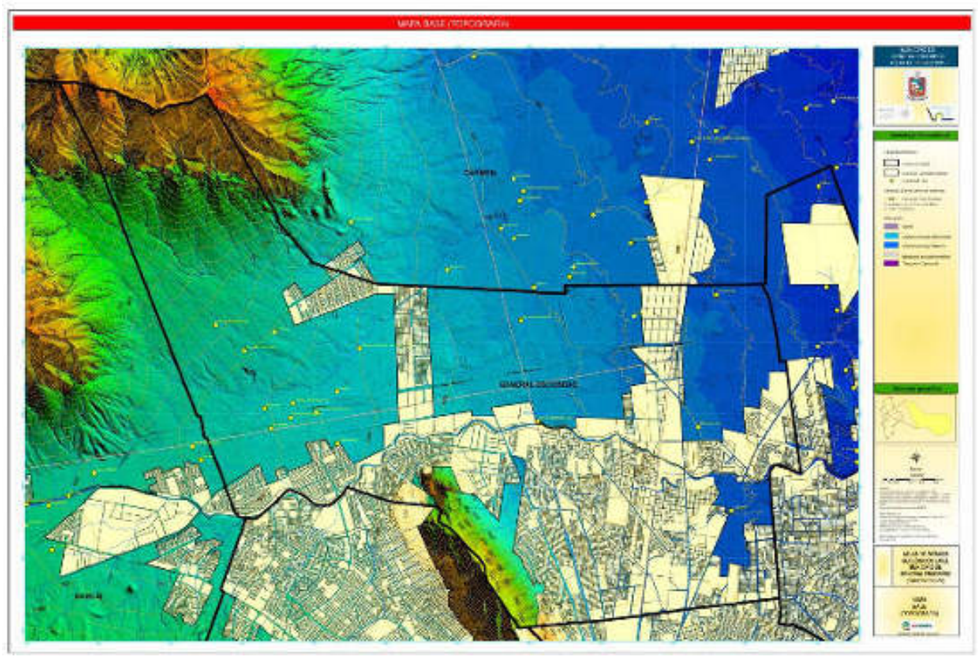
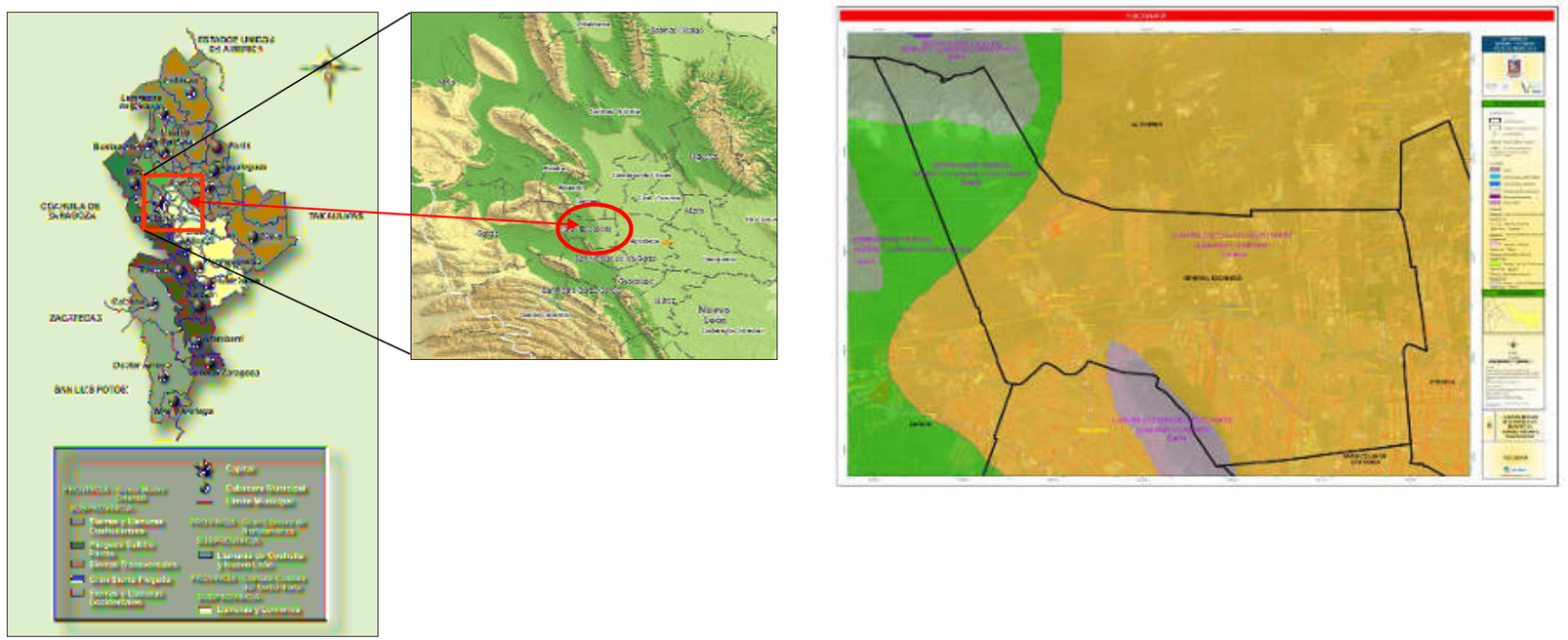


Figura 2.1.1. Localización del área de estudio.

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía

Fisiográficamente, el área correspondiente al municipio de General Escobedo, N.L., se encuentra dentro de la Planicie Costera del Golfo en el borde de las provincias de la Sierra Madre Oriental (al Sur y Oeste) de la Cuencas y Sierras de Coahuila (al Norte y Este) caracterizadas por altas y escarpadas montañas la primera y la segunda por más bajas pero no menos escarpadas, ambas constituidas por sedimentos marinos mesozoicos intensamente plegados por los esfuerzos tectónicos de la Orogenia Laramide. Esta región de la Sierra Madre Oriental cambia su rumbo, formando una amplia curva, de una dirección SSE-NNW a un E-W casi franco. En la figuras 3.1, 3.1a se muestra la ubicación del área de estudio. El Estado de Nuevo León queda comprendido dentro de tres provincias: la Llanura Costera del Golfo Norte, la Sierra Madre Oriental y la Gran Llanura de Norteamérica. Las sub-provincias Llanuras de Coahuila y Nuevo León. Esta sub-provincia en el municipio de Escobedo, ocupa una superficie de 2,390.52.73 Ha y está constituida por sierras de calizas plegadas, la mayoría orientadas de noreste a sur este, escarpadas de dimensiones pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y, específicamente en el sur, se presentan anticlinales alargados con los lomos erosionados. En la entidad hay tres conjuntos estructurales que forman parte del territorio neolonés y son la Sierra de Sabinas Hidalgo, el Potrero de García y la Sierra de Picachos. La sub-provincia Llanuras y lomeríos, abarca una parte del Área Metropolitana de Monterrey y ocupa una superficie de 12,496.91 Ha, está constituida por pequeñas sierras bajas como la sierra de Las Mitras y El cerro del Topo Chico; lomeríos suaves con bajadas y llanuras de extensión considerable. En las figuras 3.1 y 3.1a se muestra la localización del municipio de General Escobedo. En la tabla 1, Fisiografía del municipio de General Escobedo, N.L., se presentan los datos sobre la superficie que ocupan ambas sub-provincias en el municipio de General Escobedo, N.L.



Figuras 3.1 y 3.1a. Fisiografía del Municipio de General Escobedo, N.L.

Tabla 1. Fisiografía del municipio de General Escobedo, N.L.

Descripción		Área Ha	%
Sierras y llanuras coahuilenses	[23]	2390.522	16.05732
Llanuras y lomeríos	[36]	12496.91	83.94268
Total		14887.43	100

3.2. Geomorfología

La morfología del municipio de General Escobedo, N.L., está principalmente constituida por la estructura correspondiente al Cerro del Topo Chico y al flanco sur oriente y norte del Anticlinal del Fraile y la Sierra de San Miguel. Fundamentalmente, es un conjunto de sierras menores de estratos plegados. En estas estructuras el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes plegamientos específicamente en la Sierra del Fraile como producto del diapirismo; en el centro del Potrero de García afloran los yesos y anhidritas correspondientes a la Formación Minas Viejas de edad jurásica, sus echados son muy pronunciados (85°), ondulados paralelos, semejantes a la superficie de una lámina acanalada. Las altitudes de las cumbres en el área correspondiente al municipio en cuestión varían desde los 1200.0 m.s.n.m. en el Cerro del Topo Chico hasta los 2390.00 m.s.n.m. en Picachos correspondiente a la Sierra Madre Oriental, otros picos de interés están en la Sierra de San Miguel. La Sierra del Fraile, San Miguel y el Cerro del Topo Chico son las topomorfas más importantes del municipio de General Escobedo, N.L. En la figuras 3.2a y 3.2b se muestra la morfología de las diferentes topomorfas del área de estudio en los límites con el municipio de Monterrey, García y El Carmen, N.L. En la Tabla 2 se presentan los datos relacionados con la superficie que ocupan cada una de las topomorfas en el municipio de General Escobedo, N.L.

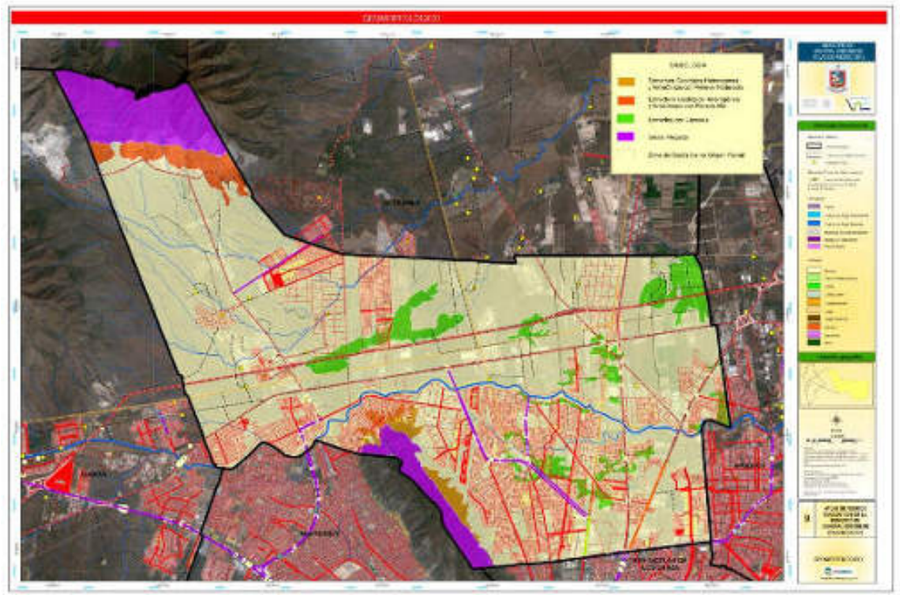


Figura. 3.2a. Geomorfología del área de estudio.

Figura 3.2b. Topomorfas del área de estudio.

Tabla 2. Geomorfología del municipio de General Escobedo N.L.

Descripción	Área	%
	Ha	
Bajada con lomerío	1516.515	2.171255
Lomerío con llanuras	12063.1	0.363607
Sierra plegada	852.603	29.15491
Sierra baja	455.182	0.782634
Total	14887.4	100

3.2.1. Anticlinal Cerro del Topo Chico

El Cerro Topo Chico está conformado por una estructura dómica con pendientes muy pronunciadas en sus flancos. Los tipos de fallas identificados son fallas normales. Las zonas de falla se caracterizan por presentar rocas de baja presión como son lutitas y margas correspondientes a la Formación Agua Nueva, que están expuestas en los diferentes cortes del Fraccionamiento La Sierra, ubicado entre las calles Sierra Catana y Cerro del Topo; en los afloramientos descritos sobre las diferentes unidades geológicas se lograron identificar estructuras microscópicas, como estrías y escalones con los cuales se determinó la actitud estructural de los planos de falla. Las rocas afectadas son de origen sedimentario, son rocas muy deleznables, poco competentes a la deformación, se encuentran afectadas por planos regulares de fallas laterales y normales que favorecen el deslizamiento de bloques. También favorecen la erosión de las rocas, aunado al intemperismo intenso a lo largo de millones de años, formando cañadas angostas y longitudinales que llegan hasta las zonas bajas del Cerro del Topo Chico. Fotografía 3.2.1.

Fotografía 3.2.1. Anticlinal Cerro del Topo Chico.

Con base en el comportamiento morfoestructural que presenta el Anticlinal del Cerro del Topo Chico como a su forma dómica y datos de campo, se establece que dicha estructura está asociada a procesos de diapirismo. Estas estructuras son el resultado de altas presiones locales provocadas por el emplazamiento de yesos y anhidritas correspondientes a la Formación Minas Viejas.

3.3.2. Flanco norte y sur oriental del Cerro del Fraile y San Miguel

La Sierra del Fraile abarca aproximadamente 518 km^2 y presenta los rasgos típicos de las crestas y cuencas que definen a la Provincia Plegada Marginal de Coahuila. Las rocas que formaron estas sierras se elevaron abruptamente a partir de las zonas relativamente planas de la Cuenca de Parras-Sabinas, generando elevaciones de más de 1220 m (Ray, 1961). El punto más alto de la Sierra del Fraile es Picachos con una altura aproximada de 2390 m.s.n.m. En estas estructuras, el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes plegamientos específicamente en la Sierra del Fraile producto del diapirismo. En el centro del Potrero de García, afloran los yesos y anhidritas correspondientes a la Formación Minas Viejas de edad jurásica, sus echados son muy pronunciados (85°).Correspondiente al municipio de García, N.L., está conformado por una estructura curvada de aproximadamente 14 kilómetros de largo, con 3.5 Km de ancho, volcada hacia el SW en su parte central se vuelve más asimétrica con pendientes muy pronunciadas en sus flancos, dicha estructura tiene una orientación NW 65° SE, fotografía 3.3.2.

Fotografía 3.3.2. Vista parcial de la Sierra del Fraile.

3.3. Geología

En este apartado se plantea el mecanismo geodinámico que ha dado lugar a la formación de las estructuras que conforman la tectónica de acortamiento durante el Cretácico Superior y Terciario Inferior en el noreste de México. Esta deformación se manifiesta como plegamientos y cabalgamientos en la corteza superior con dirección de transporte predominante hacia el este-noreste, así como desplazamientos transcurrentes. Localmente se presentan estructuras complejas tales como salientes y vergencias en sentidos diferentes a la dirección general del transporte tectónico. (Eguiluz. A.C., Aranda-García 1991).

El levantamiento actuó en la deformación de las estructuras, generando una geometría de pliegues, producto de un anticlinal recumbente, el cual fue cabalgado al Norte contra el Alto de la Isla de Coahuila. La geometría asociada a pliegues inició su despegue en el nivel salino. La estructura se acuña en aquellos sitios donde los depósitos evaporíticos no están presentes. El mecanismo del modelo de cuña, explica que las contracciones de las capas de material que son desplegadas de su base, tienden a producir una cuña esto se muestra en la figura 3.3. Fisiográficamente, el área de estudio se localiza en la Provincia de la Sierra Madre Oriental; siendo los rasgos estructurales más representativos del municipio de General Escobedo el Anticlinal del Cerro Topo Chico y el flanco suroriental del Cerro de San Miguel. En el plano geológico se presenta de manera descriptiva cada uno de los rasgos estructurales observados en campo; ha sido definida la presencia de dos fallas de primer orden de tipo normal, la primera se localiza en el buzamiento sur-poniente sobre las calles Sierra Catana y Topo Chico; la segunda, en la avenida Almazán.

Dicho fallamiento y fracturamiento está asociado a esfuerzos compresivos y de distensión provocando plegamientos y deflexión en el buzamiento de ambas estructuras, la colisión provocó en la estructura del Cerro del Topo Chico un sistema de rupturas en diferentes secciones de dicha estructura, prueba de ello es el plegamiento que se observa en el flanco norte, específicamente en la Colonia 20 de Noviembre y en la nariz sur poniente (Colonia Serranías) rumbo NW 60° SE, formando una falla inversa, en dicho sitio afloran los yesos y anhidritas correspondiente a la Formación Minas Viejas de edad jurásica. En la fotografía 3.3 se observa claramente como el diapirismo deforma y pliega los estratos correspondientes a la Formación Agua Nueva del Cretácico Superior.

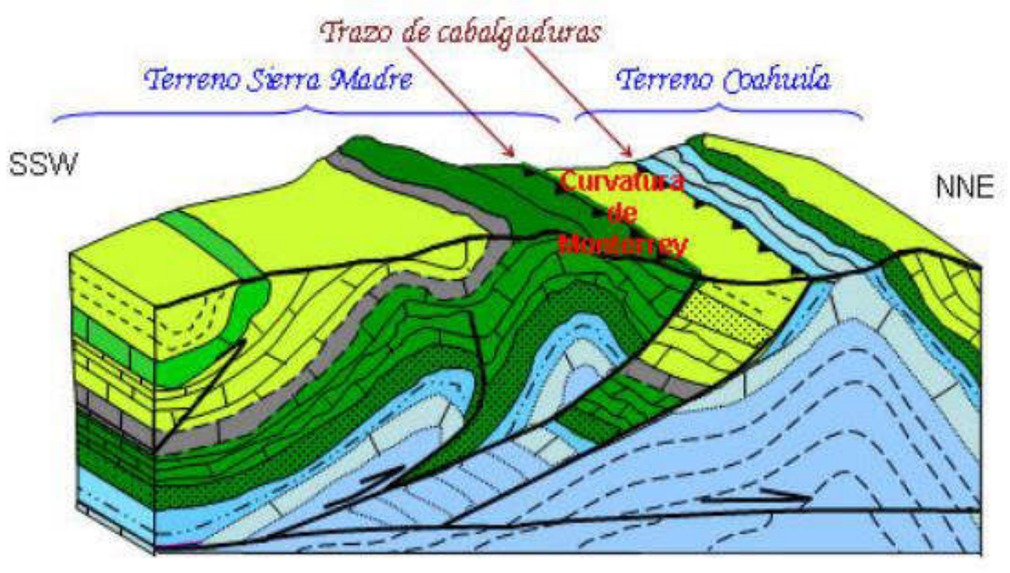


Figura 3.3 Marco tectónico regional del noreste de México.

Fotografía 3.3. Yesos y anhidritas correspondientes a la Formación Minas Viejas del Jurásico Superior.

3.3.1. Geología regional

La Sierra Madre Oriental (SMO) es una cadena continua de pliegues y cabalgaduras, compuesta por una secuencia de rocas carbonatadas y terrígenas del mesozoico que fueron plegadas y cabalgadas por los esfuerzos producto de los empujes provenientes del occidente generados por la Placa del Pacífico sobre la Placa Americana. Dentro de la Sierra Madre Oriental existe una flexión importante denominada Curvatura de Monterrey, región donde la SMO presenta cambios bien marcados en la dirección de sus rumbos a lo largo de su tren estructural.

3.2.2. Geología del sitio

El Cerro Topo Chico, está conformado por una estructura dómica con pendientes muy pronunciadas en sus flancos Los tipos de fallas identificados son fallas normales. Las zonas de falla se caracteriza por presentar rocas de baja presión como son lutitas y margas correspondientes a la Formación Agua Nueva, que están expuestas en los diferentes cortes del Fraccionamiento La Sierra, ubicado entre las calles Sierra la Catana y Cerro del Topo; en los afloramientos descritos sobre las diferentes unidades geológicas se lograron identificar estructuras microscópicas, como estrías y escalones con los cuales se determinó la actitud estructural de los planos de falla. Las rocas afectadas son de origen sedimentario, son rocas muy deleznables, poco competentes a la deformación, se encuentran afectadas por planos regulares de fallas laterales y normales que favorecen el deslizamiento de bloques. También favorecen la erosión de las rocas, aunado al intemperismo intenso a lo largo de millones de años, formando cañadas angostas y longitudinales que llegan hasta las zonas bajas del Cerro del Topo Chico. Figura 3.2.2.1.

Con base en el comportamiento morfoestructural que presenta el Anticlinal del Cerro del Topo Chico como a su forma dómica y datos de campo se establece que dicha estructura está asociada a procesos de diapirismo (figura 3.2.2.2.a) Estas estructuras son el resultado de altas presiones locales provocado por el emplazamiento diapírico; debido a la elevada plasticidad de la sal, la deformación interna de los depósitos salinos en las zonas de cizalla, se traduce en un intenso plegamiento, en forma de fuertes pliegues similares al de los materiales metamórficos (pizarras, esquistos). Ejemplo de dicha estructuras se pueden observar en el Potrero de García, Minas Viejas y la cuenca de La Popa. En la fotografía 3.3 se observa un afloramiento de yesos y *anhidritas* correspondientes a la Formación Minas Viejas del Jurásico Superior y afectan a la Formación Agua Nueva. Las coordenadas UTM del afloramiento son las siguientes: N 2854377; E 362958 a 599 m.s.n.m.

Figura 3.2.2.1. Anticlinal Cerro Topo Chico.

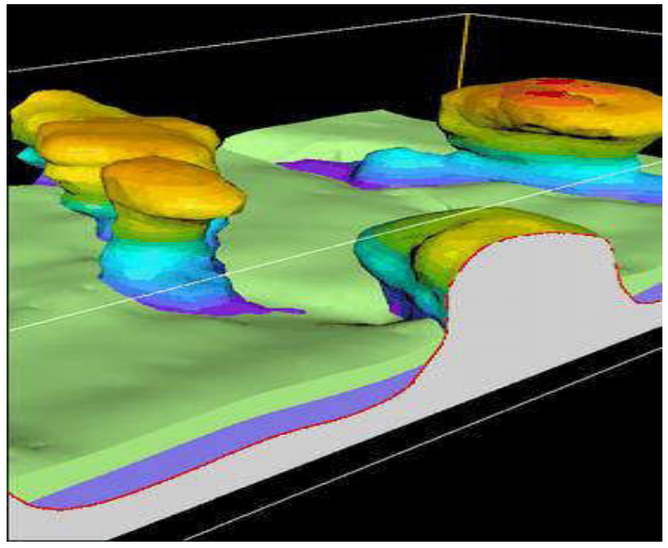


Figura 3.2.2.2a. Modelo geodinámico del Cerro Topo Chico.

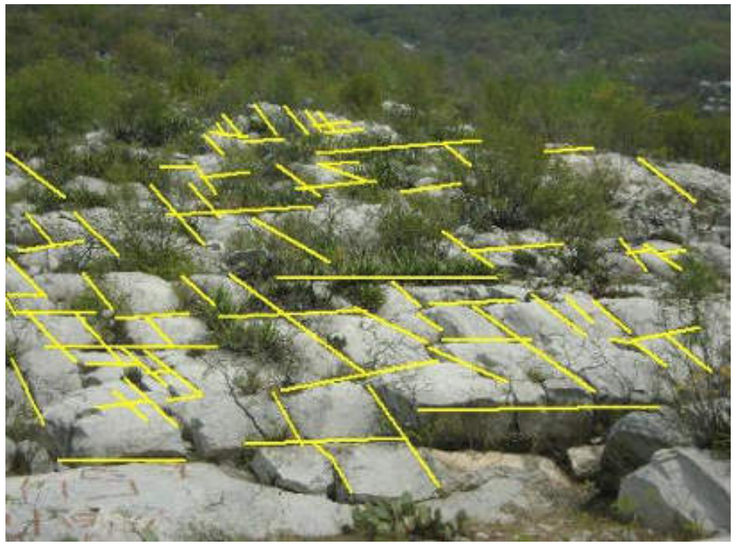


Figura 3.2.2.2b. Sistema de fracturamiento.

3.2.3. Estratigrafía

La estratigrafía del noreste de México está conformada por depósitos de origen marino y continental. En la figura 3.2.3a, se muestra la columna litológica a nivel regional. Las unidades geológicas identificadas en campo en el área investigada de la más reciente a la más antigua son: depósitos de pie de Monte (coluvión, derrubios y aluvión) presentándose una discordancia estratigráfica entre los depósitos del Cuaternario y las formaciones del Cretácico Superior: Méndez, San Felipe y Agua Nueva. En el área de estudio solamente fueron identificadas las siguientes unidades geológicas: Méndez, San Felipe, Agua Nueva, del Cretácico Superior, Cuesta del Cura y Aurora, estás corresponden al Cretácico Inferior y los yesos y Anhidritas correspondientes a la Formación Minas Viejas En las figuras 3.2.3 y 3.2.3a se muestra la geología del sitio así como la columna estratigráfica presente en las diferentes estructuras que conforman el marco geológico estructural del Noreste de México. A continuación se describen cada una de estas unidades, cabe destacar que, para los requerimientos y necesidades del trabajo, se agruparon en tres grandes grupos litológicos: caliza, lutita e intercalaciones de ambas.

Formación Minas Viejas (Oxfordiano). Humphrey y Díaz, 1956

Constituida por una secuencia de depósitos evaporíticos (anhidritas, yesos, halita, etc.), con intercalaciones aisladas de lutitas, calizas y areniscas que subyacen a la caliza Zuloaga en varios anticlinales en los estados de Coahuila y Nuevo León, específicamente en el Anticlinal Minas Viejas así como en el Potrero de Villa de García. En el pozo perforado por la empresa paraestatal de PEMEX Pozo Minas Viejas No 1, se penetró cerca de 3,000.00 m, en esta formación se logra atravesar totalmente la serie de calizas, el paquete de sal fue cortado en su totalidad. A partir de la información del subsuelo se puede inferir que el ancestral Golfo de México formó el elemento paleogeográfico de la Cuenca de Sabinas está subyaciendo sobre depósitos evaporíticos del Jurásico correspondiente a la formación Minas Viejas.

Formación Zuloaga (Oxfordiano - Kimmeridgiano).Burckhard, 1930; Imlay, 1938; Heim, 1940; Humphrey, 1956 en González S. F. y otros, 2004

Aflora en la zona de las minas de yeso San Genaro y Monterrey y en los núcleos de los anticlinales Potrero de García y San Miguel, los ubicados al sur del Cañón de La Huasteca constituyen el núcleo de las estructuras anticlinales mencionadas, además de la del Cerro de La Silla y en el Anticlinal de Los Muertos. Litológicamente la caracteriza una secuencia calcárea; en la base wackestone, packstone y grainstone y en la parte superior mudstone, de color gris que intemperiza en gris claro y café grisáceo, de estratificación gruesa a masiva, lentes de pedernal negro y café rojizo, en su parte media se caracteriza por presentar sedimentos evaporíticos (yesos y anhidrita). Su contacto inferior es transicional con la formación Minas Viejas, el superior es transicional con la formación La Casita. Por posición estratigráfica y los fósiles que contiene se le ha asignado una edad que va del Oxfordiano tardío al Kimmeridgiano inferior. Su ambiente es marino de plataforma, epinerítico de aguas tranquilas.

Formación La Casita (Kimmeridgiano-Tithoniano) Imlay, 1936 en González S. F. y otros, 2004

Está presente en casi todas las estructuras anticlinales que conforman la Curvatura de Monterrey, así como en los anticlinales de Minas Viejas, Potrero de García y del Cerro de La Silla, aflorando en las partes erosionadas constituyendo sus flancos, bordeando el núcleo. Litológicamente consta de lutita fosilífera, gris oscuro a negro, de estratificación delgada a laminar, presentan fisilidad y son deleznables, arenisca cuarzo-arcillosa, gris claro y oscuro, de grano fino a medio, de estratificación delgada, con fracturas selladas por cuarzo, con horizontes de lutita carbonosa, arenisca conglomerática de cuarzo, gris oscuro, conglomerado e intercalación de caliza (mudstone) arcillo-arenosa del mismo color, con esporádicas laminaciones de evaporitas interestratificadas. En estudios de detalle estratigráfico se le ha medido un espesor de 430 m. La edad se les asigna por posición estratigráfica y corresponde al Tithoniano - Kimmeridgiano. Se depositó en un ambiente marino somero a litoral, en condiciones reductoras con alto contenido de materia orgánica.

Formación Taraises (Valanginiano – Hauteriviano) Imlay, 1936 en González S. F. y otros, 2004

Aflora en los flancos de las estructuras de la Curvatura de Monterrey; en la Sierra de San José de Los Nuncios, el Cañón La Escalera, en la Sierra de Arteaga y el anticlinal situado al sur del Cañón de La Huasteca, así como en los anticlinales Potrero de García, San Miguel y Minas Viejas y al sur en El Cerro de La Silla. La constituye caliza (mudstone) areno-arcillosa en capas delgadas a medianas, nodulares y caliza con fracturas rellenas por calcita gris más resistentes de estratificación delgada con lentes de pedernal, en ocasiones se observan ligeramente arenosas con horizontes biógenos, con pelecípodos y bivalvos e intercalaciones de lutita gris de estratificación delgada a laminar con escasos fragmentos biógenos y fracturas rellenas por calcita. En otros trabajos se lograron medir 175 m de espesor. Por su contenido faunístico colectado en otros trabajos se le asigna una edad de Valanginiano a Hauteriviano temprano. Por sus características litológicas y faunísticas se considera que su depósito es de mar abierto con baja energía.

Formación Cupido (Barremiano - Bedouliano) Imlay, 1937 en González S. F. y otros, 2004

Aflora en los flancos de las estructuras de la Curvatura de Monterrey en la Sierra de San José de Los Nuncios, el Cañón La Escalera, la Sierra de Arteaga y el anticlinal situado al sur del Cañón de La Huasteca, así como en los anticlinales Potrero de García, San Miguel y Minas Viejas, en la Sierra de Las Mitras y al sur en el Cerro de La Silla. Litológicamente la integran mudstone, wackestone y packstone, ocasionalmente dolomitizados, gris claro a café claro, con miliólidos (foraminíferos plantónicos) y bioclastos con escasos peletoides e intraclastos con nódulos de óxido de fierro, en capas gruesas a masivas, esporádicamente presentan ligera dolomitización gris a café claro con vetillas y fracturas selladas por calcita (grietas de tensión) y abundantes oquedades de disolución. A esta unidad se le han medido 750 m de espesor en trabajos de detalle estratigráfico realizados para otros fines. Su contacto inferior es concordante cubriendo a la formación Taraises y le sobreyace la Formación La Peña en igual forma. Con base en asociación faunística colectada en otros trabajos se le asigna una edad Barremiano - Bedouliano. Las rocas de la formación Cupido son características de un ambiente de plataforma.

Formación La Peña (Aptiano "Gargaciano") Imlay, 1936 en González S. F. y otros, 2004

Aflora en los flancos de las estructuras de la Curvatura de Monterrey; en la Sierra de San José de Los Nuncios, el Cañón de La Escalera y en la Sierra de Arteaga y el anticlinal situado al sur del Cañón de La Huasteca, Potrero de García, San Miguel y Minas Viejas, en la Sierra de Las Mitras y al sur en la del Cerro de la Silla. Presentan dos miembros, el inferior es caracterizado por caliza arcillosa en capas delgadas a medianas ocasionalmente intercaladas con lutita y limolita calcárea con bandas de pedernal. El miembro superior lo conforman intercalaciones de caliza y lutita con abundantes amonitas del género Dufrenoya sp. Posteriormente Humprey 1946, propuso que la formación La Peña se restringiera exclusivamente a la porción superior de la secuencia descrita originalmente. Litológicamente está constituida por intercalaciones de mudstone arcilloso color gris a gris claro, con escasos fragmentos de amonitas. La base presenta cuerpos de lutita de estratificación laminar gris claro a violáceo, con esporádicas intercalaciones de estratos delgados de mudstone arcilloso de gris claro, con abundantes fragmentos de amonitas. El espesor promedio de esta unidad es de 25 m en el área estudiada. Sobreyace en forma concordante a la formación Cupido y de igual forma subyace a la formación Tamaulipas superior. Durante el trabajo de campo solo se encontraron fragmentos de amonitas, en otras áreas se ha reportado otras especies que en conjunto determinan una edad de Aptiano superior. Se considera de un ambiente de depósito marino de mar abierto somero con abundante materia orgánica.

Formación Aurora (Albiano inferior medio) Burrows, 1910 en González S. F. y otros, 2004

Aflora en los flancos de las estructuras de la Curvatura de Monterrey en la Sierra de San José de Los Nuncios, el Cañón de La Escalera y en la Sierra de Arteaga y el anticlinal situado al sur del Cañón de La Huasteca, Potrero de García, San Miguel y Minas Viejas, en la Sierra de Las Mitras, y en el anticlinal Topo Chico y al sur en del Cerro de La Silla. Consiste litológicamente de una secuencia de caliza; wackestone, packstone y grainstone de estratificación masiva, con nódulos y bandas de pedernal gris, con macrofauna de rudistas (caprínidos y toucacias) y microfauna de miliólidos así como fragmentos de algas. Su espesor en el área es aproximado de 300 m. Su contacto inferior es concordante con la cima de la formación La Peña, al igual que el superior bajo la formación Cuesta del Cura. Por el conjunto faunístico que se le ha encontrado en otros trabajos y por posición estratigráfica se le asigna una edad de Albiano inferior a medio. Esta formación se depositó en ambiente marino de plataforma externa.

Formación Cuesta del Cura (Albiano Superior – Cenomaniano) Imlay, 1936

Aflora en los flancos de las estructuras de la Curvatura de Monterrey en: la Sierra de San José de Los Nuncios, el Cañón de La Escalera y la Sierra de Arteaga y en el anticlinal situado al sur del Cañón de La Huasteca, así como en los anticlinales Potrero de García, San Miguel y Minas Viejas, en la Sierra de Las Mitras y al sur en el Cerro de La Silla. Litológicamente está representada por caliza; mudstone con bandas y lentes de pedernal negro, dispuestas en capas delgadas a medianas, con estratificación ondulante "boudinage" con intercalaciones de mudstone arcilloso con microfósiles pelágicos, en el área los espesores varían de 75 a 175 m. Las rocas de la formación Cuesta del Cura descansan sobre las rocas de la formación Aurora en contacto concordante transicional, una relación similar presenta en la cima donde sus sedimentos pasan a la formación Indidura o Agua Nueva. Por su contenido faunístico detectado en otros trabajos y su posición estratigráfica se le ha asignado una edad de Albiano superior - Cenomaniano. Por las características descritas se considera que se depositó en un ambiente de mar abierto, en condiciones de baja energía.

Formación Agua Nueva (Turoniano) Stephenson, 1921 y Muir, 1934 en González S. F. y otros, 2004

Está distribuida en la parte nororiental de la curvatura de Monterrey hacia el poniente cambia de facies a la Formación Indidura, en el Cañón de La Huasteca, al sur de Garza García, en la Sierra del Cerro de La Silla, en El Álcali, al sur de las sierras de las Mitras y San Miguel, y en el anticlinal de Topo Chico. Está constituida por caliza; mudstone y wackestone arcillosos, gris oscuro, que intemperiza a pardo amarillento, en capas de estratificación delgada, con nódulos y bandas de pedernal, lutita calcárea y carbonosa gris oscuro laminares con cuerpos de marga bentonítica y capa de bentonita. Se han reportado espesores hasta de 200 m para esta unidad. Se encuentra descansando en contacto transicional sobre las rocas de la formación Cuesta del Cura su cima guarda la misma relación pero cubierta por la formación San Felipe. Con base en la asociación faunística, que en ella se ha colectado en otros trabajos, se le atribuye una edad de Turoniano. Sus características litológicas sugieren que su depósito se llevó a cabo en un ambiente de cuenca.

Formación San Felipe (Senoniano "Coniaciano – Santoniano") Jeffrey, 1910 en Muir, 1936 en González S. F. y otros, 2004

Se encuentra distribuida en una mínima parte hacia el extremo noroccidental del área, pero a partir del en el flanco norte del Anticlinal de Los Muertos cerca del poblado de Garza García al NE aparece en los flancos de las estructuras sobre todo en la armada en la Sierra del Cerro de La Silla y su prolongación al NW, así como en el Anticlinal Higueras. Litológicamente es muy homogénea la caracterizan caliza; mudstone y wackestone arcillosos con horizontes bentoníticos gris claro y gris verdoso, en capas de espesor delgado, con escasos nódulos de pedernal. Son abundantes las intercalaciones de bentonita y de lutita bentonítica. Su espesor es variable se le han medido un poco más de 300 m. Los contactos inferior y superior de esta formación son concordantes transicionales sobre la formación Agua Nueva y bajo la formación Méndez, respectivamente. Por posición estratigráfica y contenido faunístico colectado en otros trabajos, se le ubica en el Coniaciano – Santoniano. Los sedimentos de esta formación, evidencian un ambiente de depósito de mar abierto.

Formación Méndez (Senoniano "Campaniano – Maastrichtiano") Jeffreys, 1910 en Muir, 1936 en González S. F. y otros, 2004

Distribuida a partir del flanco noreste del Anticlinal de Los Muertos hacia el NW, está aflorando en todo el sector central y noreste del área. Litológicamente está representada por una secuencia homogénea de lutita calcárea gris oscuro que intemperizan en gris pardo amarillento y bentonita, marga gris, gris verdoso y rojizo, con intercalaciones de lutita en partes bentonítica y de capas delgadas de bentonita, así como de algunas areniscas y mudstone gris oscuro. El contacto inferior de esta unidad es, en general, normal transicional sobre la formación San Felipe; el contacto superior no fue observado. Su edad está bien controlada por posición estratigráfica y la asociación faunística colectada y reportada en otros trabajos corresponde al Campaniano - Maastrichtiano. El ambiente sedimentario de esta formación es marino de cuenca.

Conglomerado (Terciario Neógeno)

Con esta nomenclatura se está definiendo las unidades denominadas Conglomerado Reynosa y Conglomerado Neógeno, los afloramientos en la carta están en la porción sureste, sur y noreste. Es un conglomerado constituido por fragmentos de caliza, arenisca, los fragmentos varían de angulosos y subredondeados, incluidos en una matriz arcillo – arenosa. El espesor de la unidad varía entre 10 y 20 metros. La unidad se encuentra sobreyaciendo en forma discordante a la formación Méndez y a la vez se encuentra cubierta por limo y arcilla, con base a su posición estratigráfica se le asigna una edad Plioceno. El origen de estos sedimentos es continental, depositados por ríos y arroyos caudalosos, sobre la superficie del Mioceno en forma de abanicos deltaicos.

Travertino (Cuaternario Pleistoceno)

Son depósitos continentales lacustres, están localizadas en las, zonas de San José Patagalana, Cola de Caballo, Rayones, es una roca carbonatada depositada en un medio lacustre, el espesor varía de 0.40 m hasta 8.0 m, otras veces constituye cuerpos irregulares cavernosos. Se le asigna una edad del Pleistoceno, se correlaciona con la parte superior del Conglomerado Mayran. Los depósitos de travertino son debido a procesos de precipitación de la calcita por evaporación del agua de manantiales, ríos o arroyos. La caliza lacustre es originada por precipitación química en cuencas lacustres sedimentarias continentales, dichas cuencas rejuvenecieron por efectos de fallamiento y plegamiento suave posterior a su depósito.

Depósitos no consolidados (Cuaternario Holoceno)

Estos depósitos se encuentran llenando los valles y se originaron por la acción de los agentes erosivos sobre las estructuras plegadas y están compuestos por gravas, arenas, limos, arcillas y material lacustre, este último son depósitos de sales. Del total de los 207.057 Km^2 que ocupa la superficie correspondiente al municipio de General Escobedo, 133.38 Km^2 (13,338.28 Ha) son depósitos de aluvión reciente y de pie de monte, esto representa el 89.59424% del total. Los depósitos de rocas consolidadas representan el 10.40576%(73.7Km^2, 1549.15 Ha) y se localizan en las estructuras anticlinales del Cerro del Topo Chico, El Fraile y San Miguel.

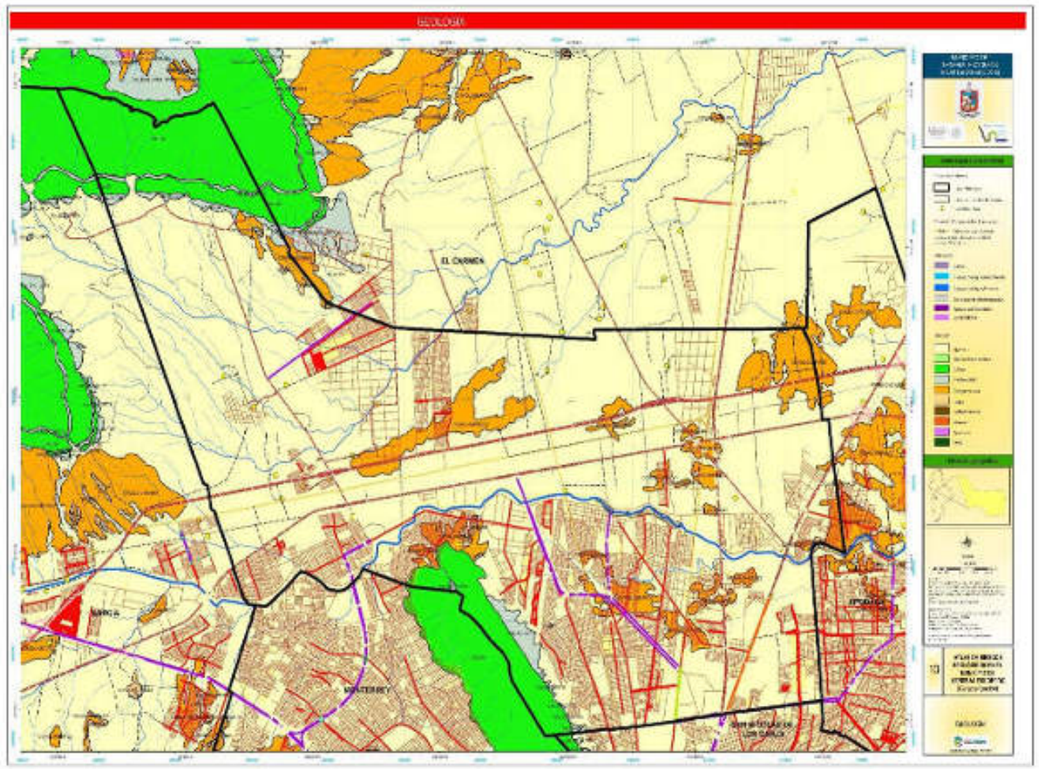


Figura 3.2.3. Plano geológico de municipio de General Escobedo, N.L.

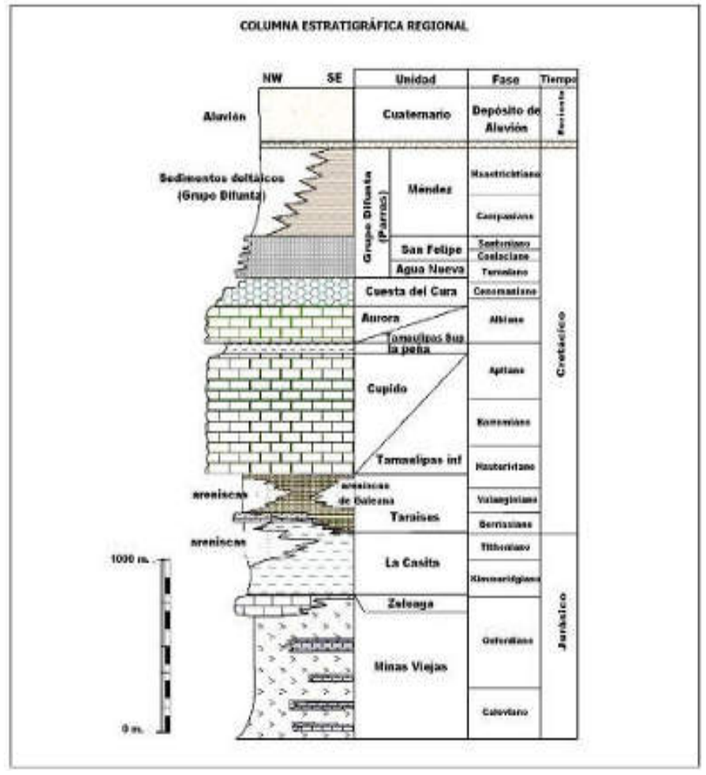


Figura 3.2.3a. Estratigrafía del Noreste de México. (Michalzik, 1988).

Tabla 3. Geología en el municipio de General Escobedo, N.L.

Descripción	Área Ha	%
Suelo-Aluvión [al]	13338.28	89.59424
Caliza [cz]	1549.15	10.40576
Total	14887.43	100

3.4. Edafología

El tipo de suelos que predominan en la parte correspondientes a la Sierra Madre Oriental están asociados a Castañozem lúvico (Kl) el cual cubre una superficie de aproximadamente 4575.50 Ha y representa el 30.73% del municipio en cuestión. Feozem calcárico (Hc) cubre un área de 5454.42 Ha. Litosol (l) 595.22Ha. Rendzina (E) (4030.16 Ha). Vertisol pélico (Vp) 232.11 Ha. En la Tabla 4 y en la figura 3.4, se muestran los diferentes tipos de suelo presentes en el área de estudio así como: el porcentaje de suelos dominantes en dicho municipio: Castañozom lúvico representa el 30.73% del área. El Rendzina le corresponde el 27.07%. Feozen le corresponde el 36.64%. Litosol se encuentra presente y representa el 4%. El Vertisol pélico le corresponde el 1.56% del área total del municipio de General Escobedo, N.L. En sí estos son los suelos dominantes en el área de estudio. Tabla 4. Edafología del municipio de General Escobedo, N.L.

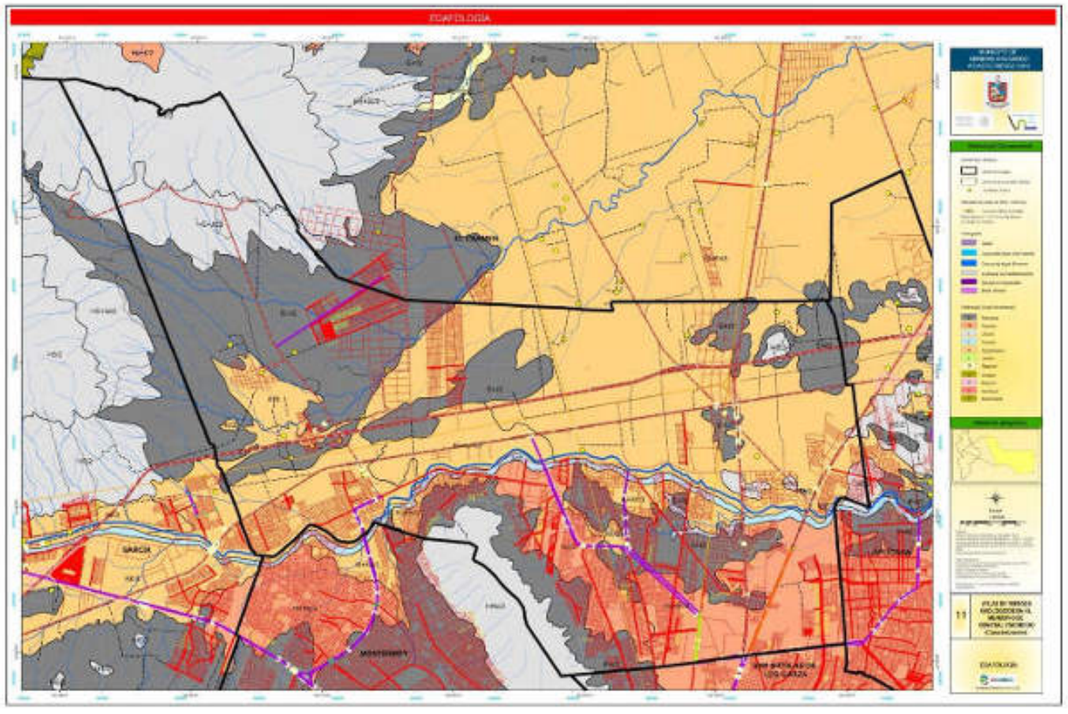


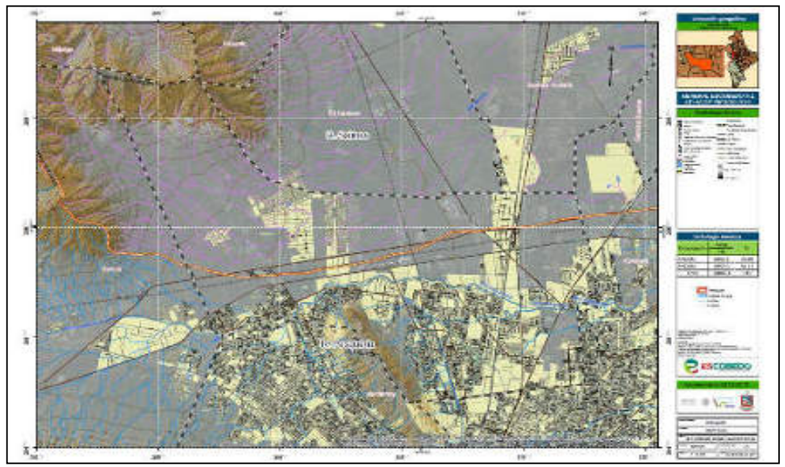
Figura 3.4. Tipos de suelo predominantes en el municipio de General Escobedo, N.L.

Tabla 4. Edafología en el municipio de General Escobedo, N.L.

Tipo de suelo	Descripción	Área Ha	%
Castañozem lúvico [Kl]	Son suelos de color castaño pardo de climas semisecos. Tienen una superficie oscura gruesa, rica en materia orgánica, se pueden presentar presencia de material calcáreo o yesos en alguna sección del suelo tal es el caso en el municipio de Escobedo, Nuevo León. Sus propiedades físicas son: profundidad 125cm. Color castaño pardo. Espesor 30cm. Textura fina. Forma bloques subangulares. Desarrollo moderado. Tamaño fino. Reacción al HCL débil. Color 10YR6/2. Húmedo 710YR4/2. Contenido de arcilla (56%). Limo (24%). Arena (20%). Conductividad eléctrica < 2. PH (7.9). M.O (1.6%). C.IC.T (29.0). Saturación de base 100%. Na (0.3). Saturación de Na < 15. K 0.3. Ca (28.8) Mg (2.8).	4575.5029	30.734
Feozem calcárico [Hc]	Son suelos con cierto contenido de cal con una profundidad < 50cm Espesor 35cm. Textura fina. Forma bloques subangulares. Desarrollo moderado. Tamaño medio. Reacción al HCL débil. Color 7.5YR4/2. Húmedo 7.5YR3/1.5. Contenido de arcilla (38%). Limo (32%). Arena (30%). Conductividad eléctrica < 2. PH (7.9). M.O (3.6%). C.IC.T (20.0). Saturación de base 100%. Na (0.1). Saturación de Na < 15. K (1.1). Ca (25.6) Mg (3.3).	5454.4258	36.63779
Litosol [l]	Suelos poco desarrollados, que una vez mezclados los primeros 30 cm, no presentan ningún horizonte diagnóstico subsuperficial y que posean un contacto lítico a 30 cm o menos de profundidad y por encima un horizonte ócrico, melánico o úmbrico. Espesor 13cm. Textura fina. Forma bloques subangulares. Desarrollo moderado. Tamaño medio. Reacción al HCL débil. Color 7.5YR5/3. Húmedo 7.5YR3/3. Contenido de arcilla (44%). Limo (30%). Arena (26%). Conductividad eléctrica < 2. PH (7.5). M.O (7.2%). C.IC.T (25.0). Saturación de base 100%. Na (0.1). Saturación de Na < 15. K (0.4). Ca (24.9) Mg (2.3). P (8.0).	595.22205	3.998152
Rendzina [E]	Tipo de suelo obscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza. Suelo intrazonal de escasa evolución y desarrollado sobre sustrato rocoso calizo, con propios de las zonas secas. Espesor 40cm. Textura fina. Forma bloques subangulares. Desarrollo moderado. Tamaño FINA. Reacción al HCL débil. Color 7.5YR5/2.5. Húmedo 7.5YR4/3. Contenido de arcilla (16%). Limo (26%). Arena (58%). Conductividad eléctrica < 2. PH (7.7). M.O (12.4%). C.IC.T (20.5). Saturación de base 100%. Na (0.1). Saturación de Na < 15. K (0.4). Ca (23.1) Mg (3.1). P (3.9).	4030.1641	27.07092
Vertisol pélico [Vp]	Son suelos muy arcillosos en cualquier capa localizada a menos de 50cm de profundidad en época de secas presentan agrietamiento. Espesor 65cm. Textura fina. Forma masiva. Desarrollo moderado. Tamaño fina. Reacción al HCL débil. Color 7.5YR4/1.5. Húmedo 7.5YR3/1. Contenido de arcilla (40%). Limo (22%). Arena (38%). Conductividad eléctrica < 2. PH (7.9). M.O (4.5%). C.IC.T (26.5). Saturación de base 100%. Na (0.2). Saturación de Na < 15. K (0.8). Ca (25.5) Mg (1.4). P (2.7).	232.11526	1.559136
	Total	14887.4	100

3.5. Hidrografía

En el municipio de General Escobedo y su área de influencia, comprendida por la ladera del Cerro del Topo Chico, se ha observado que una gran cantidad de cañadas han sido interrumpidas por el trazo de avenidas, sin contar con las obras hidráulicas capaces de permitir la continuidad del flujo, por lo que las aguas de lluvia fluyen principalmente por las avenidas pavimentadas; para posteriormente bajar por cañadas que no tienen la capacidad hidráulica para el manejo adecuado de los escurrimientos pluviales. Esto ha llevado a la erosión prematura de taludes y a la formación de cárcavas en sitios donde no hubiera sucedido en forma natural con la velocidad actual. Este plano contiene el siguiente tema principal: ríos y arroyos localizados en el área de estudio, clasificados de acuerdo a su orden de corriente, además se agrega los temas de canevá, cuadrícula ITRF92, cuadrícula NAD 27, gradícula, líneas de conducción de agua, localidades y poblados, líneas eléctricas, tanques de agua, traza urbana del año de 1993 (calles), carreteras, terracería, ferrocarril, curvas de nivel, estaciones eléctricas, lagos y cuerpos de agua, límite geoestadístico municipal y límite de zona urbana del año de 1993. Los principales ríos y arroyos intermitentes que drenan la zona de estudio son El Río Pesquería el cual cruza el municipio de poniente a oriente el Arroyo San Martín que nace en el municipio de Monterrey y descarga al río Pesquería en el municipio de General Escobedo, en la figura 3.5. Se muestra el drenaje superficial.



Año	m³/seg
1976	390
1977	116
1978	69.3
1979	6.863
1980	60.16
1981	62.87
1982	65.41
1983	37.12
1984	66.11
1985	98.3
1986	477.284
1987	107.163
1989	4.734
1990	54.734
1991	177.84
1992	18.913
1995	496.415
1996	307.84
1997	113.01
1998	48.432
1999	112.911
2000	120.049
2001	579.273
2002	77.67
2003	57.571
2004	44.512
2005	480.233
2006	480.24
2007	73.138

Al municipio de General Escobedo lo cruza de Poniente a Oriente su único escurrimiento perene, llamado "Río Pesquería", el cual constituye la mayor fuente del Río San Juan, que a su vez es el segundo afluente de importancia del Río Bravo, la Comisión Nacional del Agua a través de su Organismo de Cuenca Río Bravo reporta los siguientes datos como los gastos máximos anuales medidos en su estación hidrométrica el Canadá, ubicada actualmente sobre el río Pesquería en la margen izquierda aguas abajo del puente de la carretera a Nuevo Laredo Tamaulipas. (25° 48'04.41N, 100°, 16' 34.18" O) (CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, 2014).

Sus principales escurrimientos intermitentes son el arroyo potrerillo en la zona norte de la cabecera municipal, el arroyo las encinas, así como el arroyo San Miguel proveniente de la sierra del mismo nombre.

Tabla 5. Características del Municipio de General Escobedo N.L. en su región hidrológica. (CONAGUA, Regiones hidrológicas

Descripción	Área Ha	%
RH24Bc	6832,4	46
RH24Bd	8055,0	54
Total	14887,4	100

Figura 3.5. Hidrología superficial del municipio de General Escobedo, N.L.

3.6. Cuencas y sub-cuencas

Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas, que a su vez se agrupan en las 13 regiones hidrológicas administrativas (RHA) (CONAGUA, Regiones hidrológicas, 2014). El territorio municipal se encuentra ubicado dentro de la región hidrológica administrativa (RHA) 24 Bravo-Conchos dentro de la Cuenca Río Bravo-San Juan clave B y lo comprenden dos sub-cuencas exorreicas; la sub-cuenca del Río Pesquería clave c, con un 54% de su territorio y la sub-cuenca del Río Salinas clave d, con un 46% de su territorio. Tabla 6. Características de la región hidrológica. (CONAGUA, Regiones hidrológicas, 2014).

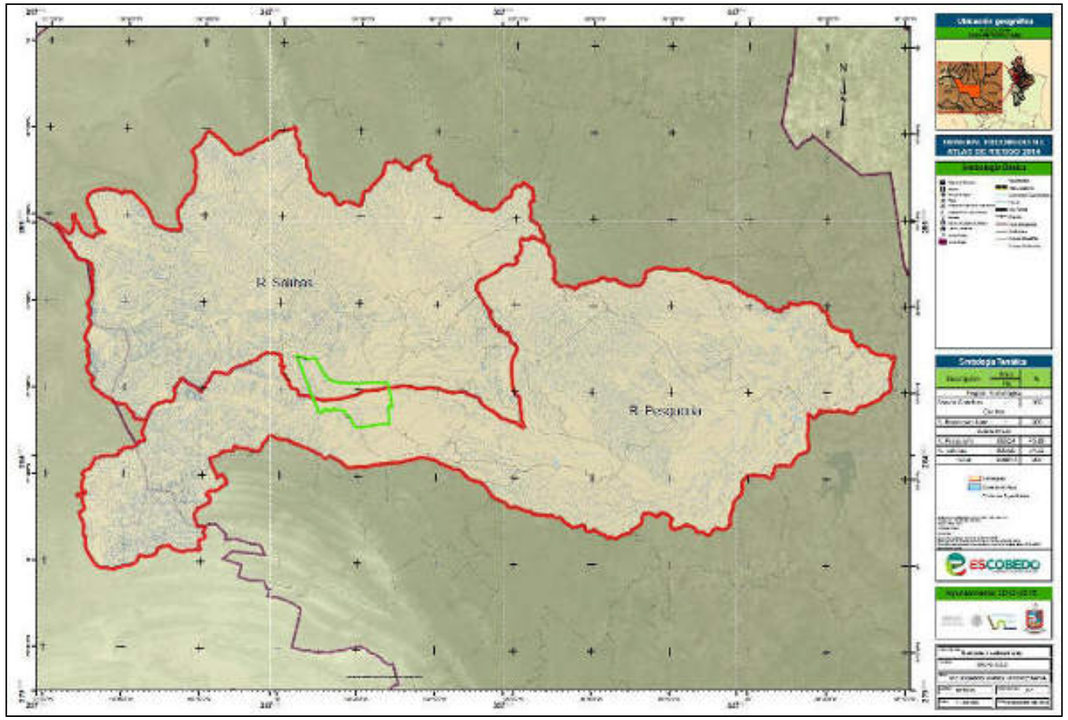


Figura 3.6. Cuencas y sub-cuencas del municipio de General Escobedo, N.L.

Tabla 6. Características de la región hidrológica. (CONAGUA, Regiones hidrológicas, 2014)

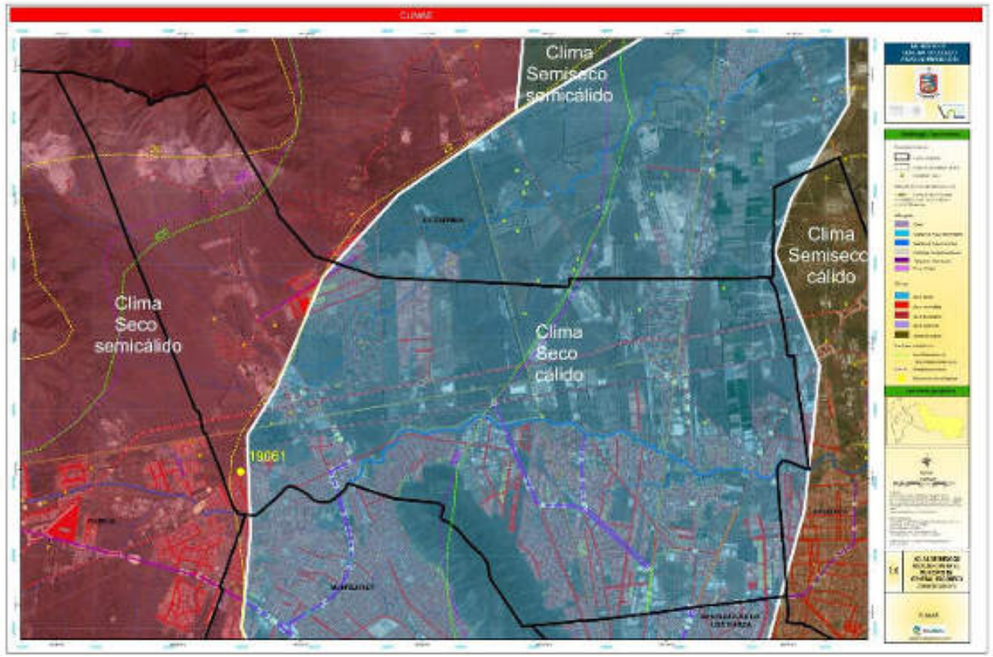
Nombre de región hidrológica	Extensión territorial continental (km2)	Precipitación normal anual 1971-2000 (mm)	Escurrimiento natural medio superficial interno (hm3/año)	Importaciones (+) o exportaciones (-) de otros países (hm3/año)	Escurrimiento natural medio superficial total (hm3/año)	Número de cuencas hidrológicas
24. Bravo-Conchos	229 740	453	5 588	-432	5 156	37

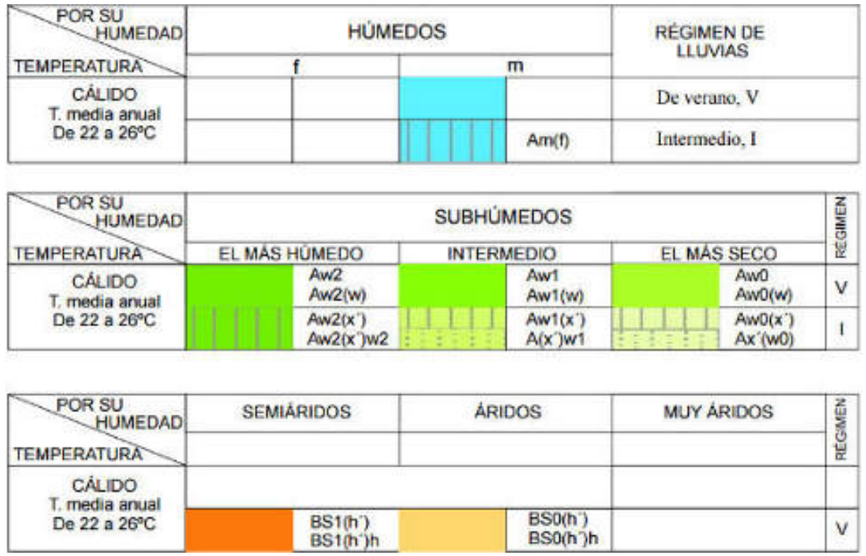
Tabla 6a. Región hidrográfica Municipio de General Escobedo, N.L.

Descripción	Area Ha	%
Río Pesquería **RH24Bc**	6832,4	46
Río Salinas **RH24Bd**	8055,0	54
Total	14887,4	100

3.7. Climatología

El municipio de General Escobedo, N. L. presenta una distribución climática muy compleja, entre los diversos tipos de climas que se encuentran aquí están seco semicálido (3795.239 Ha), seco cálido (11087.6 Ha) y semiseco cálido(4.59 Ha). Estas variaciones de temperaturas ocasionadas por la existencia de cadenas montañosas, producen un efecto de condensación que, a la vez, genera lluvias orográficas que se concentran en la vertiente este de la sierra, mientras que en la vertiente oeste se presenta un fenómeno que se conoce como sombra orográfica. En la figura 3.7, se describen los diferentes tipos de clima que predominan en el municipio de General Escobedo, N.L. La precipitación media anual en la zona de estudio oscila entre 800-1200 mm/año. El 74% de área le corresponde al clima seco cálido, el 25.5% corresponde al clima seco semicálido y el semiseco cálido representa el 0.5% respectivamente.





POR SU HUMEDAD / TEMPERATURA	HÚMEDOS				RÉGIMEN DE LLUVIAS
	f		m		
CÁLIDO T. media anual De 22 a 26°C					De verano, V
				Am(f)	Intermedio, I

POR SU HUMEDAD / TEMPERATURA	SUBHÚMEDOS						RÉGIMEN
	EL MÁS HÚMEDO		INTERMEDIO		EL MÁS SECO		
CÁLIDO T. media anual De 22 a 26°C		Aw2 Aw2(w)		Aw1 Aw1(w)		Aw0 Aw0(w)	V
		Aw2(x´) Aw2(x´)w2		Aw1(x´) A(x´)w1		Aw0(x´) Ax´(w0)	I

POR SU HUMEDAD / TEMPERATURA	SEMIÁRIDOS		ÁRIDOS		MUY ÁRIDOS	RÉGIMEN
CÁLIDO T. media anual De 22 a 26°C						
		BS1(h´) BS1(h´)h		BS0(h´) BS0(h´)h		V

Figura 3.7. Climas predominantes en el municipio de General Escobedo, N.L.

Tabla 7. Clima del Municipio de General Escobedo N.L.

Descripción	Área Ha	%
Seco semicálido [BS0hw]	3795.239	25.5
Seco cálido [BS0(h´)hw]	11087.6	74
Semiseco cálido [BS1(h´)hw]	4.588455	0.5
Total	14887.43	100

3.8. Uso de suelo y vegetación

El uso del suelo en el municipio de General Escobedo está distribuido de la siguiente manera: agricultura de riego (11.46%, 1705.52 Ha), agricultura de temporal (29.85%, 4444.11 Ha), zona urbana (16.90%, 2515.40 Ha). El tipo de vegetación predominante se divide en: matorral submontano (32.77%, 4877.46 Ha), pastizal inducido (7.53%,1121.03 Ha), bosque de encinos (0.55%,81.40 Ha), bosque de pinos (0.96%, 142.51 Ha). En la Tabla 8 se presenta la información relacionada con el uso del suelo y vegetación.

El tipo de vegetación dominante en este tipo de suelos son: bosques de encinos, bosques de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de pino, bosque de juníperos, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, chaparral, pastizal natural y pastizal inducido. En la figura 3.8, se describen de forma detallada cada uno de los tipos de vegetación presentes en el área de estudio.

Presenta ocho tipos de vegetación: matorral micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de pino y otros tipos de vegetación como pequeñas unidades de pastos y vegetación halófila. Lo más sobresaliente de este sitio es la presencia de una comunidad de gran interés fitogeográfico: palmares de Braheaberlandieri, especie en estatus especial.

Las características de la zona definen pendientes sumamente variables, encontrándose valores de 0 a 1 % en la parte interna de la Sierra, hasta valores de más de 170% en ciertas partes de la sierra en donde los sedimentos marinos se encuentran en posición vertical. La compleja orogenia de la sierra y el prolongado periodo de erosión han creado una gran variedad de condiciones de orientación de laderas, las cuales reciben diferentes intensidades de iluminación solar a lo largo del día.

En el área natural para la conservación ecológica Sierra El Fraile y San Miguel es muy interesante por su diversidad de ecosistemas e interacción de elementos en zonas de ecotonos; presenta ocho tipos de vegetación siendo el más extenso el matorral submontano (Fotografías 3.4).

Fotografías. 3.4. Tipo de vegetación predominante el municipio de General Escobedo, N.L.

Matorral desértico rosetófilo

Este tipo de vegetación se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de cerros de origen sedimentario. Dominan en el estrato medio de 0.50 m las plantas con hojas dispuestas en roseta como magueyes, sotoles, guapillas y lechuguillas, además de este estrato existe otro superior de 1.50 m, e inferior de menos de 0.30 m. SEDUOP (1999).

Matorral desértico micrófilo

Comunidad caracterizada por elementos arbustivos de hojas pequeñas que se encuentran generalmente en terrenos aluviales en zonas áridas y semiáridas del norte del país. INEGI, (1990).

Matorral submontano

Este matorral como su nombre lo dice de pie de monte, presenta una mayor diversidad que los otros tipos de vegetación, en su estructura vertical se observan tres estratos altitudinales: Superior de 2.00 m, medio de 1.00 m e inferior de menos de 0.40 m. SEDUOP (1999). El clima para este tipo de vegetación es un (A)Cx'wo Semicálido subhúmedo y se distribuye entre la cota 440 a los 2100 m, Valdez, T. V. (1981

Este tipo de comunidad se encuentra formada principalmente por elementos inermes y caducifolios por un breve periodo del año; se encuentra generalmente entre los límites de matorrales áridos, bosques de encino y selva baja caducifolia, principalmente en las partes bajas de ambas vertientes de la Sierra Madre Oriental, en su porción septentrional. INEGI (1990).

Bosque de Encino, Pino, Encino-Pino y Pino-Encino

Vegetación predominantemente arbórea de regiones templadas. Son característicos tres estratos: Superior de 6 a 10 m, medio de 0.80 – 1.50 m e inferior de menos de 0.50 m. SEDUOP (1999). En México es frecuente ver que, al ir ascendiendo una serranía o al avanzar de una zona seca a otra más húmeda, aparecen, en primer término, los bosques de Quercus y más tarde los de Pinus. Rzedowski (1978).

En Nuevo León, éstos tipos de vegetación se localizan en la Sierra Madre y en las partes más elevadas de las serranías situadas al norte del estado en una altitud comprendida entre 1500 y 2800 m.s.n.m. en el barlovento y entre 2500 y 3000 m.s.n.m. en el sotavento con un suelo café forestal con abundante materia orgánica. El clima es frío subhúmedo con una temperatura anual promedio entre 9.5 y 13 C0 y una precipitación de 1200 a 1800 mm. Son bosques medianos, con árboles dominantes de 10 a 15 m de altura. Otros tipos de vegetación. Vegetación halófila y Pastizales SEDUOP (1999).

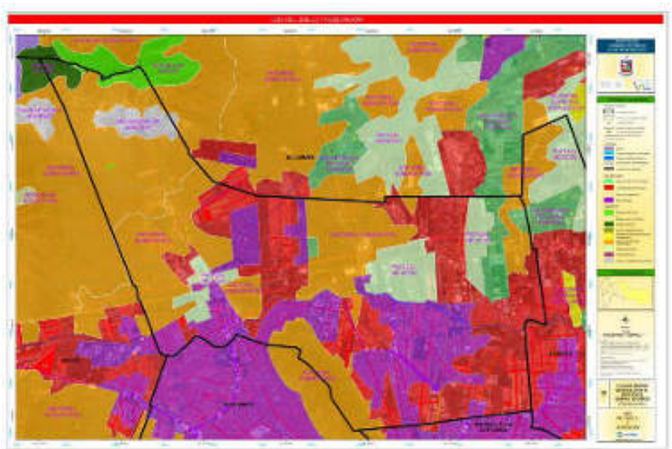


Figura 3.8. Uso del suelo y vegetación en el municipio de General Escobedo, N.L.

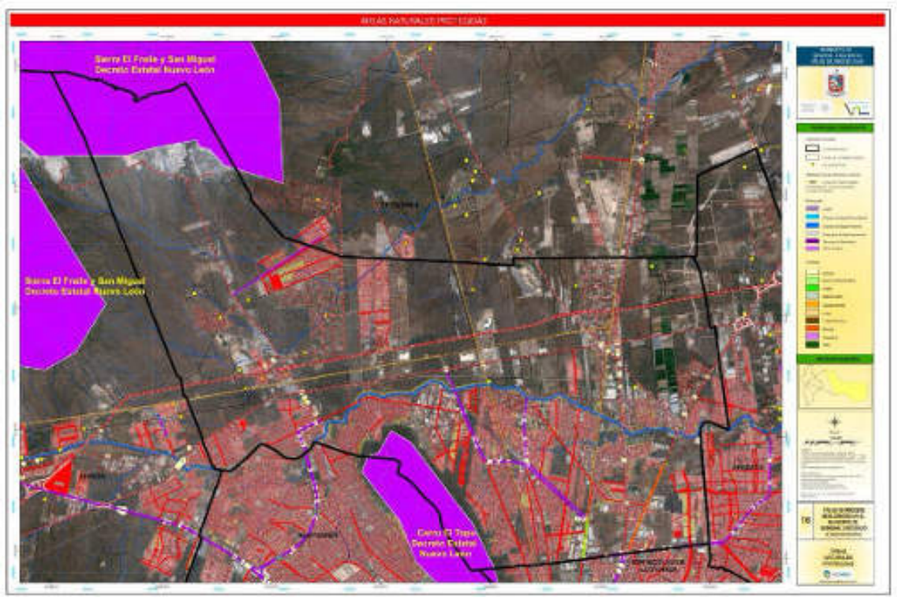
Tabla 8. Uso de suelo y vegetación del municipio de General Escobedo, N.L.

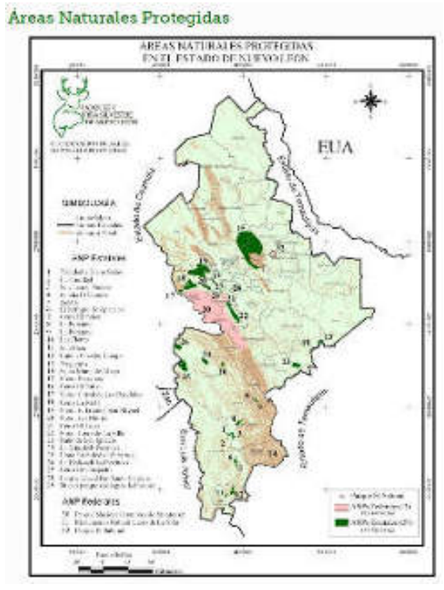
Descripción		Área Ha	%
Agricultura de riego	[RA]	1705,52	11,45611
Agricultura de temporal	[TA]	4444,11	29,85142
Área urbana [AU]		2515,40	16,89614
Bosque de encino	[BQ]	81,40	0,546801
Bosque de pino	[BP]	142,51	0,95722
Matorral submontano [MSM]		4877,46	32,76226
Pastizal inducido	[PI]	1121,03	7,530048
Total		14887,43	100

3.9. Áreas naturales protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas son una herramienta importante en la conservación de los recursos naturales y los servicios ambientales a nivel mundial. En Nuevo León actualmente representan una superficie de 157,723.23 hectáreas del territorio estatal. El 21 de noviembre del 2000 se hizo la declaratoria de veintitrés áreas naturales protegidas con el carácter de zonas sujetas a conservación ecológica en el Estado de Nuevo León. Dentro de este sistema de áreas naturales protegidas se encuentra el área denominada Sierra "El Fraile y San Miguel", la cual forma parte de la Sierra Madre Oriental, en los Municipios de García, Abasolo, Hidalgo, General Escobedo, El Carmen y Mina, presenta una superficie de 23, 506.36 hectáreas (235.06Km^2). De esta superficie al municipio de Escobedo le corresponden 57.93 Km^2. el área del Fraile y San Miguel representan el 81.13% (47 km^2, 4700 Ha) mientras que la parte que le corresponde al municipio de General Escobedo el Cerro del Topo Chico, es de 1093.30 hectáreas (10.93 Km^2). En la Tabla 9 se presenta el área correspondiente a las zonas protegidas, en ella se muestra la superficie de cada una de las áreas protegidas así como: el porcentaje que le corresponde a cada una de ellas. En la figura 3.8., se muestra la localización del área natural protegida. La superficie ocupada por el Área natural protegida en el municipio de General Escobedo Nuevo León representa el 27% de la superficie total de dicho municipio. En la figura 3.9ª se muestran los 23 sitios de áreas naturales protegidas en el Estado de Nuevo León.

El Área Natural Protegida (ANP) Sierra "El Fraile y San Miguel" se encuentra localizada entre los 100°39´42" y 100°23´54" de longitud Oeste y los 25°48´52" y 25°58´03" de Latitud Norte. Limita al norte con los municipios de Mina e Hidalgo, al sur y al oeste con el municipio de Villa de García y al este con los municipios de General Escobedo, Carmen y Abasolo (Figuras 3.9, 3.9a).





Figuras.3.9, 3.9a. Áreas naturales protegidas en el municipio de General Escobedo.

Tabla 9. Áreas naturales protegidas del municipio de General Escobedo, N.L.

Descripción	Área Ha	%
Área El Fraile y San Miguel	4700	81.13
Cerro del Topo Chico	1093.30	18.87
Total	5793.33	100

El principal objetivo de esta área natural protegida es el conservar la biodiversidad y mantener los beneficios que el área presta a su entorno, mediante servicios ecológicos como captación de agua, control de riesgo de inundaciones, belleza escénica, control de erosión, regulación de clima, control de plagas, polinización y otros. Fotografía 4.

El área natural protegida Sierra "El Fraile y San Miguel", se localiza al noroeste de la ciudad de Monterrey, capital del Estado de Nuevo León. Es una elevación montañosa constituida por dos estructuras anticlinales paralelas con una altitud que varía de los 680 a los 2,300m m.s.n.m. Su clima es semicálido-subhúmedo, con lluvias de verano de humedad media (ACW1) y de 400 a 600 mm de precipitación promedio anual.

En el área natural para la conservación ecológica Sierra El Fraile y San Miguel es muy interesante por su diversidad de ecosistemas e interacción de elementos en zonas de ecotonos; presenta ocho tipos de vegetación siendo el más extenso el matorral submontano, fotografía 3.9.

Fotografía 3.9. Acceso al Potrero de García.

3.10. Problemática ambiental

El acelerado crecimiento territorial de las ciudades, en áreas cuya aptitud del suelo para el asentamiento de población es considerada como inadecuada, tiende a incrementar la vulnerabilidad de las viviendas frente a amenazas de origen natural y antrópico. Si a lo anterior, agregamos que las condiciones socioeconómicas de las familias de escasos recursos asentadas en áreas carentes de infraestructura, servicios y en viviendas inseguras, son de alta marginalidad, la combinación de ambos factores incrementa potencialmente las posibilidades de ocurrencia de un desastre. El Gobierno del Municipio de General Escobedo, Nuevo León y SEDATU, en colaboración con la Universidad Autónoma de Nuevo León a través del Departamento de Geohidrología y Geofísica presentan el Atlas de Riesgos Naturales del municipio de General Escobedo, N.L. La finalidad de dicho documento es la de proporcionar a las autoridades locales información relevante sobre las zonas de mayor impacto por peligros Naturales identificados en la ciudad.

Con base en los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2020 en materia de prevención de desastres, la Secretaría de Desarrollo Social en el marco del Programa Hábitat ha decidido fortalecer las acciones que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de la población ante la presencia de peligros Naturales con especial énfasis en aquellas que permitan identificar zonas de alto riesgo para la población de las localidades, en particular en aquellas zonas localizadas en barrios y colonias marginadas; frente a una eventual situación de desastre, en el municipio de General Escobedo, Nuevo León.

La información documentada y precisa contenida en el Atlas de riesgos Naturales del municipio de General Escobedo, N.L., será clave para actuar en el plano preventivo y el fundamento de estrategias de autoprotección orientadas a reducir los costos económicos y sociales, además de pérdidas humanas que pudieran ocurrir a consecuencia de desastres naturales. Este documento hará posible, al mismo tiempo, disminuir el plazo requerido para iniciar las labores de apoyo y reconstrucción de daños, resultado de la interacción entre autoridades, damnificados, socorristas y el resto de la sociedad.

La ubicación de las zonas de riesgo y el nivel de peligro identificados en las diferentes estructuras, que conforman el área correspondiente al municipio de General Escobedo, Nuevo León constituyen los primeros pasos para la consolidación de un sistema de protección civil y del proceso de gestión de riesgos en esta entidad federativa. Con ellos se avanza hacia uno de los objetivos sustanciales por parte de SEDATU y la SEDESOL: propiciar el mejoramiento de las condiciones de vida de quienes residen en las áreas marginadas de dicho municipio, mediante la modificación del plan de desarrollo urbano de construcción en zonas de laderas y montañas.

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente, aunque en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un desastre, figura 3.9. Así, un movimiento del terreno provocado por un sismo no constituye un riesgo por sí mismo. Si se produjo en una zona deshabitada, no afectaría ningún asentamiento humano y por tanto, no produciría un desastre.

En términos cualitativos, se entiende por riesgo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores. En el esquema siguiente se muestran las diferentes fases del riesgo. En la figura 3.9 se muestra la información de campo relacionada con cada una de las variables que intervienen en el Atlas de Riesgos Naturales en el municipio de General Escobedo, N.L.

Figura 3.9. Esquema de riesgo.

Un atlas de riesgo es una herramienta para la prevención y atención tanto de accidentes como de desastres naturales que debe ser desarrollado en cada comunidad del país. El principal resultado del atlas de riesgo es un programa de manejo y estimación de riesgos (geológicos, hidrológicos, químicos, volcánicos, sísmicos, entre otros) que será implementado por las autoridades estatales y municipales en coordinación con la autoridad correspondiente de Protección Civil. Para desarrollar los mapas de riesgo, es necesario identificar y ubicar los peligros, así como determinar la población expuesta. En las fotografías anexas se presentan los diferentes tipos de riesgos identificados en el municipio de general Escobedo, N.L.

FORMATO EROSIÓN HIDRICA

Proyecto: Atlas de riesgos naturales Escobedo **Brigada:** 1 **Fecha:** 24/01/2015

Integrantes de brigada: Dr. J. Rodríguez, Ing. I. Navarro, Ing. C. Peñaloza, Ing. G. Rojas, Ing. D. Jiménez, Ing. E. Ibarra

Ubicación: Lomas de Antlán (Fomerrey 153) Calle Los Cristales **Fotografía No.** IMG_2125

Coordenadas UTM X: 366328 Y: 2850557 **Clave:** FEH 01

Fotografía

Afectación a infraestructura						
	X	Habitacional	X	Vialidad	X	Otros. Tanque y caseta

Observaciones Las casas se ven afectadas por el escurrimiento de agua, existen construcciones dentro de la cañada, hay casas y un tanque de agua, la caseta se encuentra socavada. losa fracturada.

Tipo de sistema			Fuente		
	X	Afectados (natural)		X	Campo
		Perturbadores (antropogénico)			Gabinete

Fenómeno: Geológico **Intensidad:** Alta

Figura 3.9a. Fenómeno geológico. Intensidad alta, agente perturbador (Erosión Hídrica)

FORMATO DERRUMBES

Proyecto: Atlas de riesgos naturales de Escobedo **Brigada:** 1 **Fecha:** 05/02/2015

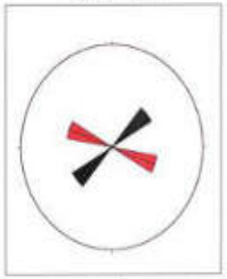
Integrantes de brigada: Dr. J. Rodríguez, Ing. C. Peñaloza, Ing. G. Rojas, Ing. D. Jiménez, Ing. E. Ibarra

Ubicación: Colonia Serranías 2do sector. Entre calle Titanio con Sierra Nacatas **Fotografía No.** 20145020S_124405

Coordenadas UTM X: 363089 Y: 2854508 **Clave:** FTDR 11

Fotografía

Rosa de fracturas



	Fallas		Estrato	
Azimut	**Echado**	**Azimut**	**Echado**
115°	76°	42°	31°
281°	90°	51°	37°

Pendiente(°):

Litología: Material aluvional con brechas y material calcáreo

Formación geológica: Fm. Agua Nueva / Aluvión

Observaciones: Material muy alterado, fragmentos de roca desprendidos, zona de dislocación, se observaron socavaciones.

Sitios de interés geológico: **Desarrollo habitacional:** Si

Tipo de sistema			Fuente:		
	X	Afectados (natural)		Campo	X
		Perturbadores (antropogénico)		Gabinete	

Fenómeno: Geológico **Intensidad:** Alta

Figura3.9b. Fenómeno geológico. Intensidad alta, agente perturbador (Derrumbes)

FORMATO DESLIZAMIENTO

Proyecto: Atlas de riesgos naturales de Escobedo **Brigada:** 1 **Fecha:** 10/02/2015

Integrantes de brigada: Ing. G. Rojas, Ing. D. Jiménez, Ing. E. Ibarra

Ubicación: Fraccionamiento Lomas de San Genaro **Fotografía No.** IMG_2427

Coordenadas UTM: X: 365495 Y: 2852319 **Clave:** FTDES 06

Fotografía

Pendiente(°): **Altura del corte (m):** **Azimut del corte:**

Litología: Fm. Aurora **Longitud del corte (m):** **Desarrollo habitacional:** No

Tipo de riesgo: Desprendimiento de rocs Fm. Aurora

Observaciones: Paleodeslizamiento. Presenta riesgo de desprendimiento del material en fenómenos extraordinarios

Tipo de sistema:			Fuente		
	X	Afectados (natural)		Campo	X
		Perturbadores (antropogénico)		Gabinete	

Fenómeno: Geológico **Intensidad:** Alta

Figura3.9c. Fenómeno geológico. Intensidad alta agente perturbador (Deslizamiento)

CAPÍTULO IV. Características de los elementos sociales, económicos y demográficos

4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población

La figura 4.1 corresponde al Plano 17 donde se presentan los diferentes atributos que lo conforman, las zonas con menor densidad poblacional corresponden al color verde en el que muestra una población que oscila de 0 -867 habitantes y corresponden al flanco nororiental y oriental del Cerro del Topo y la parte oriental limítrofe con el municipio de Apodaca. En la zona correspondiente a la nariz del Anticlinal del Topo Chico se observa mayor hacinamiento, la cual es de 555 habitantes y disminuye hacia el flanco nororiental donde está es de 403 habitantes aumentando hacia la margen izquierda del Río Pesquería a 787, la población corresponde a asentamientos irregulares. La mayor densidad poblacional se localiza en la cara norte del Cerro del Topo Chico. La población rural en el municipio de General Escobedo está muy dispersa, los puntos de color rojo son los que representan la mayor población rural, siendo éstos los siguientes: Monclova Primer Sector con 1667 habitantes, Monclova Segundo Sector con 1177, Buena Vista con 1833 y Unión Agropecuaria con 1014.

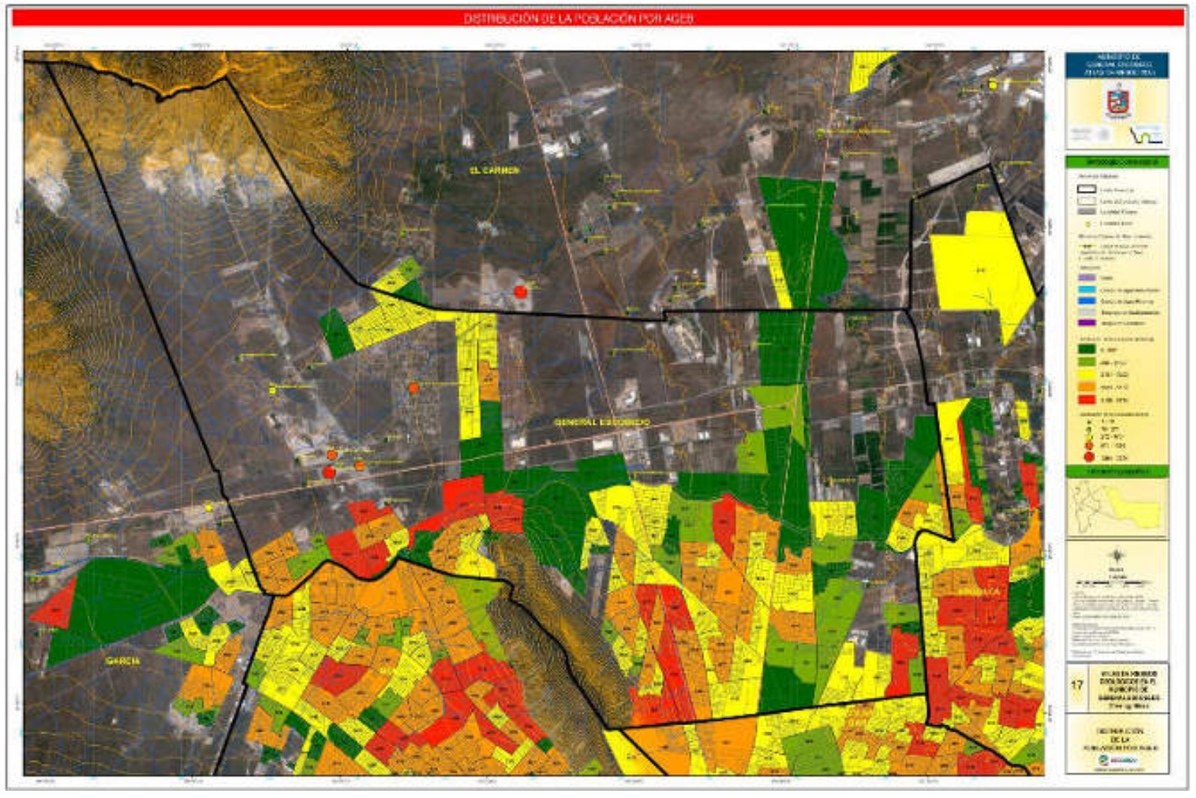


Figura 4.1. Plano 17. Distribución de la población por AGEB. General Escobedo, N.L.

4.1.1. Dinámica demográfica

- Proyección de población (CONAPO) 2005 – 2020

La población del Municipio de Escobedo en el año de 1940 apenas alcanzaba los 1,648 habitantes, en 1950 alcanzó los 2,066, con un incremento porcentual del 20.23%; en 1960 los datos estadísticos nos indican 1,824 habitantes, con un retroceso del 13.26%; en 1970 la población se estimó en 10,688 habitantes con un crecimiento del 486%, para 1980 alcanzó aproximadamente 20,000 habitantes, en 1982 el Municipio contaba con 28,000 habitantes, cuatro años más tarde, en 1986, casi se logra doblar la población alcanzando los 59,000 habitantes; según datos del Plan Parcial de Desarrollo Urbano de mayo de 1991, la población se estimó en 152,641 habitantes; en 1992 ascendió a 193,349; para la fecha cuando se aprobó el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de noviembre de 1993, la población era de 287,425 habitantes. Actualmente, y de acuerdo con el último censo (2010) de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, el municipio cuenta con 310,291 habitantes. INEGI 2010.

Las gráficas muestran una proyección de la población del año 2010 al año 2030, en donde se puede observar que la población aumenta actualmente hasta llegar a un total de 396,692 habitantes en el último año proyectado de acuerdo a los datos del CONAPO. En la figura 4.1.1 se muestra la población total del municipio de General Escobedo, N.L. Las expectativas de crecimiento futuro para Escobedo, según datos estadísticos, para el año 2030 serán 508,307 habitantes aproximadamente. La mayor densidad de población por Km^2 se localiza en la parte norponiente y oscila de 17046- 35,669 habitantes. Plano 18. (Figura 4.1.1)

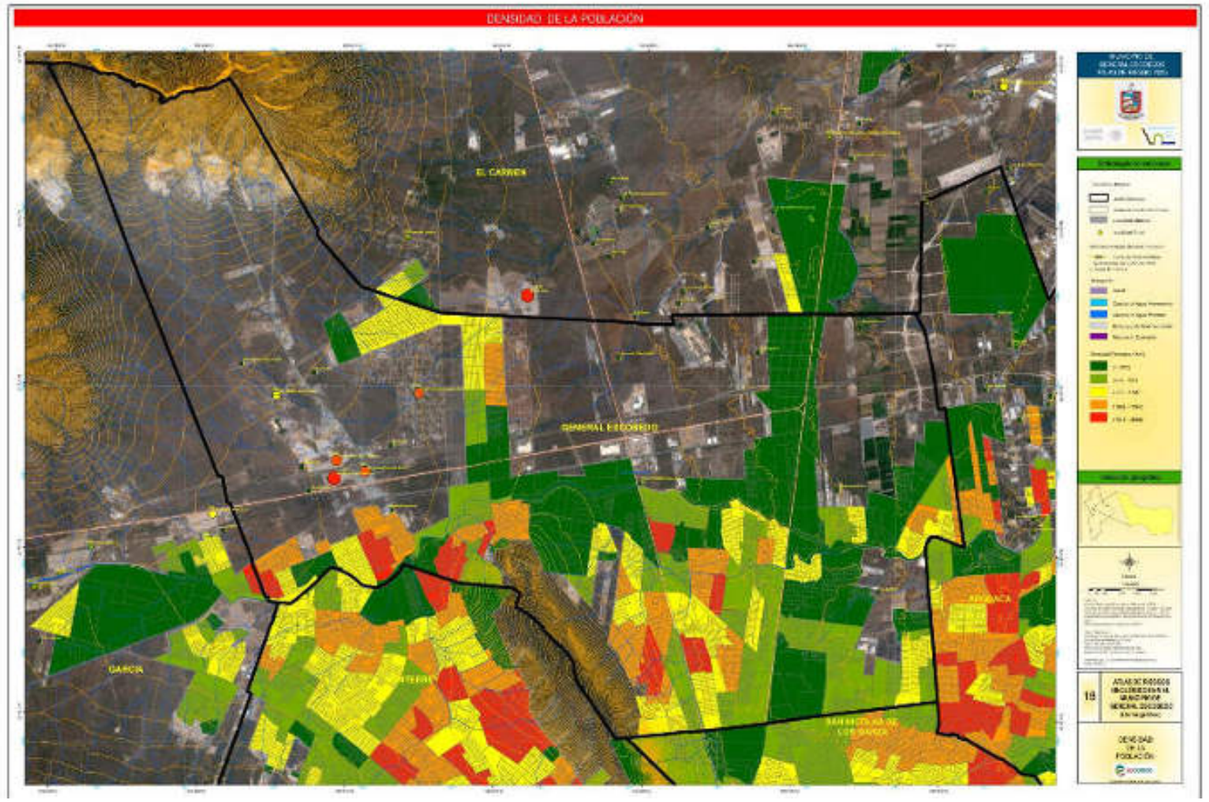


Figura 4.1.1. Plano 18. Número de habitantes en el municipio de General Escobedo, N.L.

Cabe resaltar, que si bien la tendencia para el crecimiento poblacional estimado no se cumplió, la razón primordial obedece a que el pronóstico fue realizado con base en la superficie con la que originalmente contaba el municipio de 19,100 hectáreas, sin embargo en el año 2001, el H. Congreso de Nuevo León mediante Decreto Núm. 93 publicado en el Periódico Oficial del Estado de fecha 05 de noviembre de 2001, determinó los límites territoriales entre los municipios de General Escobedo y Monterrey, con lo cual una gran parte del sector sur poniente del municipio, en donde hoy se localiza el sector conocido como la Alianza y Solidaridad con una extensión densamente poblada de casi 3,063 habitantes. En la figura 4.1.1a se muestra la población total del municipio de General Escobedo, N.L. De acuerdo al último censo poblacional realizado por INEGI y las expectativas de crecimiento (CONAPO) 2010- 2030. Las gráficas muestran una proyección de la población del año 2010 al 2030, en donde se puede observar que la población aumenta actualmente hasta llegar a un total de 396,692 habitantes en el último año proyectado de acuerdo a los datos del CONAPO. En la figura 4.1.1a., se muestra la población total del municipio de General Escobedo, N.L. Las expectativas de crecimiento a futuro para el municipio de Escobedo, según datos estadísticos, para el año 2030 serán de 508,307 habitantes aproximadamente. La mayor densidad de la población por Km^2 se localiza en la parte norponiente y oscila de 17,046- 35, 669 habitantes. Plano 4.1.1

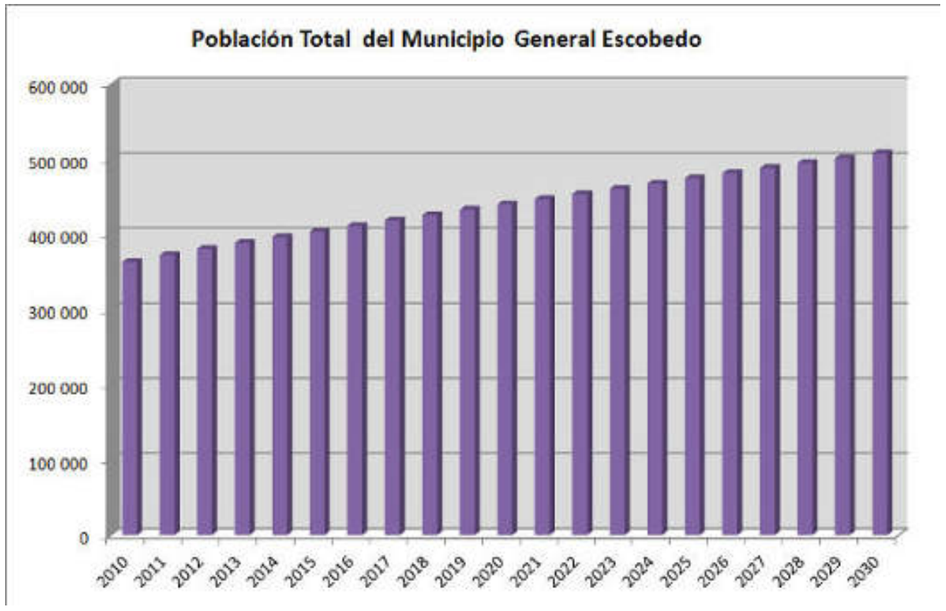


Figura 4.1.1a. Población estimada para el 2030 en el Municipio de General Escobedo, N.L.

4.1.2. Distribución de la población en el municipio de General Escobedo, Nuevo León

- Población por género

Haciendo una observación de los siguientes gráficos figura 4.1.2a y 41.2b se observa que la distribución por sexo de la población se encuentra en equilibrio, ya que los hombres representan un 50.04% y las mujeres el 49.96%, dando una relación entre hombre-mujer de por cada 102 hombres hay 100 mujeres en el municipio.

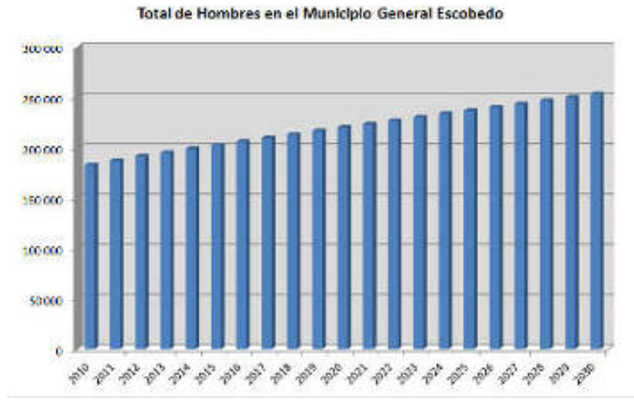


Figura 4.1.2a, 4.1.2b. Las gráficas muestran la distribución de la población total de habitantes de acuerdo al género.

- Población por edad en el municipio de General Escobedo, N.L. En las gráficas se observa un incremento en la población de jóvenes.

Se muestran en las figuras 4.1.2c, 4.1.2d, 4.1.2e las tres categorías de población con respecto a su edad: Infantes, adolescentes y adultos y por último adultos en tercera edad.

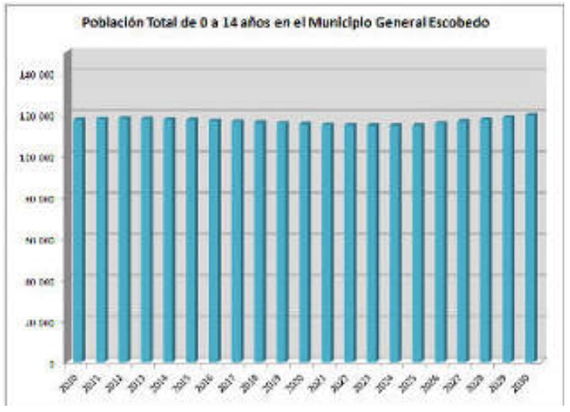


Figura 4.1.2c. Gráfico de infantes y su evolución de crecimiento en el periodo del 2010 al 2030.

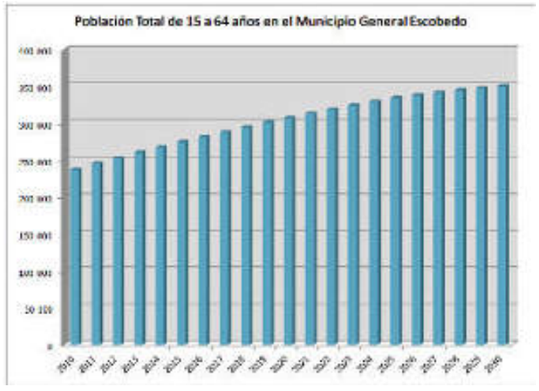


Figura 4.1.2d. Gráfico de adolescentes y adultos activos en su evolución de crecimiento en el periodo del 2010 al 2030.

Figura 4.1.2e. Gráfico de adultos en tercera edad en su evolución de crecimiento en el periodo del 2010 al 2030.

4.1.3. Densidad de la población

La densidad poblacional en el municipio de General Escobedo, Nuevo León, es de 2370.4 hab/km^2 haciendo una recopilación de los porcentajes de acuerdo al sexo que es del 50.96% de hombres y el49.04% de mujeres para después hacer una ponderación de las edades que se tiene, es posible obtener la gráfica de densidad en forma piramidal. La figura 4.1.3 presenta el comportamiento de la población para el 2030.

Haciendo una comparativa del crecimiento poblacional basados en los datos obtenidos del CONAPO en cuanto al estado, la zona conurbada de monterrey y el municipio de General Escobedo se tiene que la tasa de crecimiento cada 10 años es del 1% esto es analizando los datos proyectados hacia el 2030 que para el estado se tendría una población de 5.3 millones, esta relación se expresa en el gráfico de la figura 4.1.3.a.

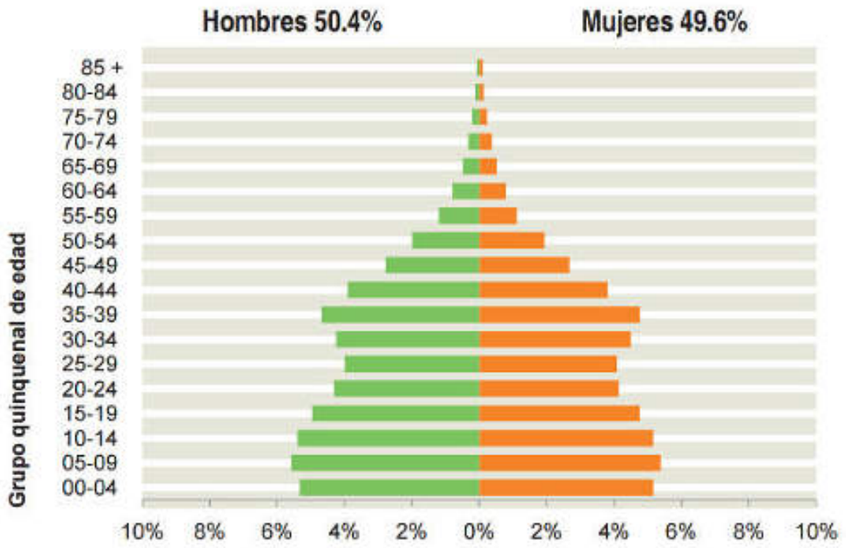


Figura 4.1.3. Gráfico de distribución de la población.

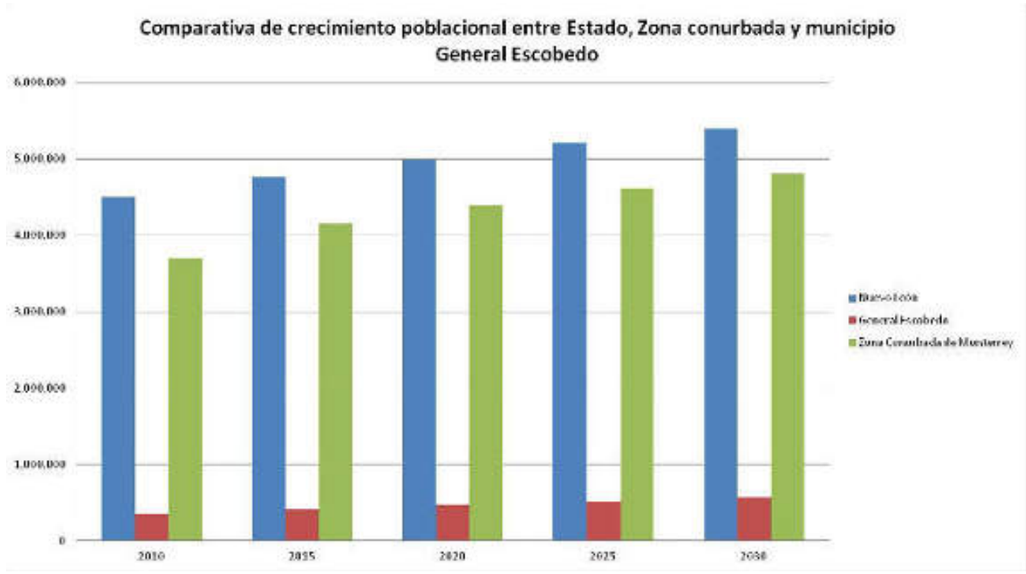


Figura 4.1.3a. Comparativo del crecimiento poblacional.

4.1.4. Mortandad en la población del municipio de Gral. Escobedo, N.L.

Basándose en la media poblacional en el municipio que es de 24 años y el apoyo en datos estadísticos, la tasa de mortalidad es de 18.4 marcando un bajo nivel de mortandad en el municipio (INEGI 2010) Figura (4.1.4a, 4.1.4b, 4.1.4c). En ese sentido, es también observable en las gráficas de hijos muertos y del número de nacimientos en el municipio.

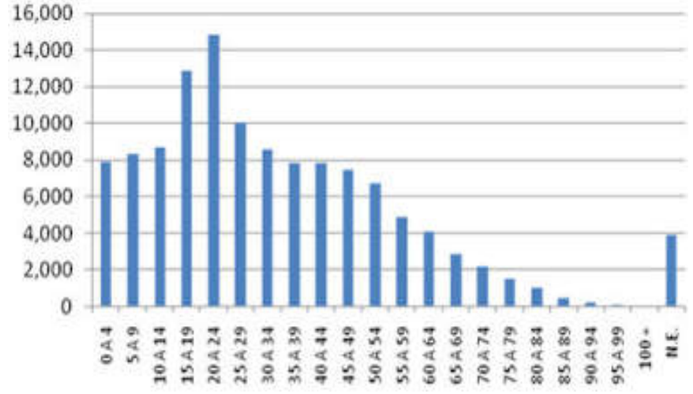


Figura 4.1.4a Gráfica de mortalidad en el municipio

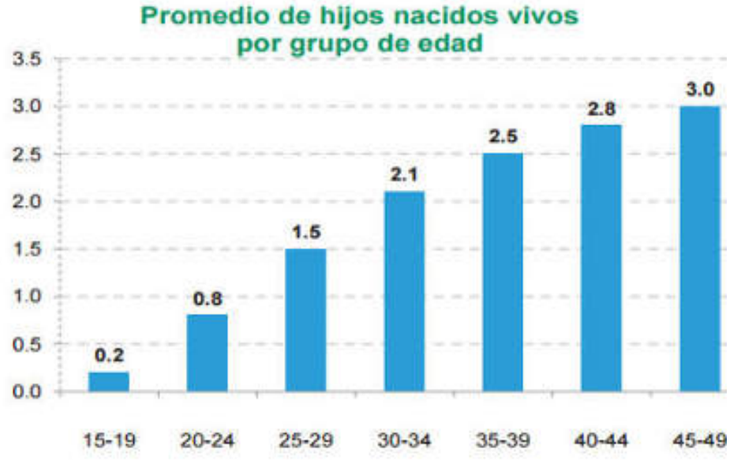


Figura 4.1.4b Promedio de hijos nacidos vivos por grupo de edad en el municipio

Figura 4.1.4c Promedio de hijos fallecidos por grupo de edad en el municipio

En el Plano 19 se muestra la densidad de poblacional por manzanas, observándose una mayor hacinamiento poblacional en la parte norte y sur oriental del Cerro Topo Chico y centro del municipio de General Escobedo. La información sobre la distribución poblacional por manzanas se muestra en la tira marginal del plan. Plano 19 (figura 4.1.4.). Las zonas con mayor densidad poblacional por manzanas corresponden al flanco norte y norponiente del Cerro del Topo Chico y las márgenes derecha e izquierda del Río Pesquería.

En el Plano 37. Figura 4.1.4.1 se presentan las condiciones de vivienda, para la elaboración de dicho plano se manejaron seis indicadores que son:

a). Censo General de Población y Vivienda (2010). b). Paredes de lata o materiales de desecho con techos de lata, pisos de tierra o cascote suelto. c). Hogares con más de 2.5 personas por habitación utilizada para dormir. d). Hogares que no cuentan con ninguna fuente de energía. e) Hogares que utilizan para beber y cocinar con agua de aljibes, cachimbas u otros como arroyo, ríos etc. f) Hogares sin servicio sanitario, carentes de drenaje sanitario, sin sistema de evacuación o servicio sanitario sin descarga instalada. Las zonas con mayor marginación corresponden al color rojo donde su porcentaje es alto oscila entre 62.100% le continúa el color amarillo con un porcentaje entre 8.9- 30%.

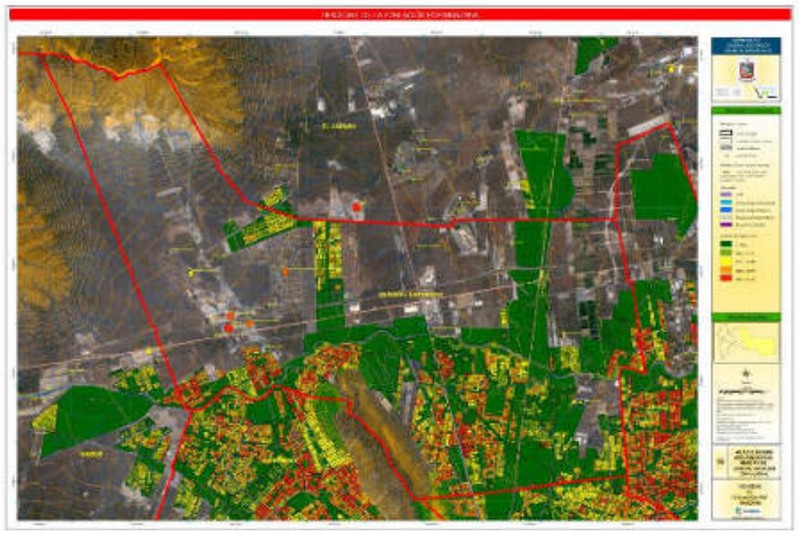


Figura 4.1.4.Plano 19. Densidad de población por manzana.

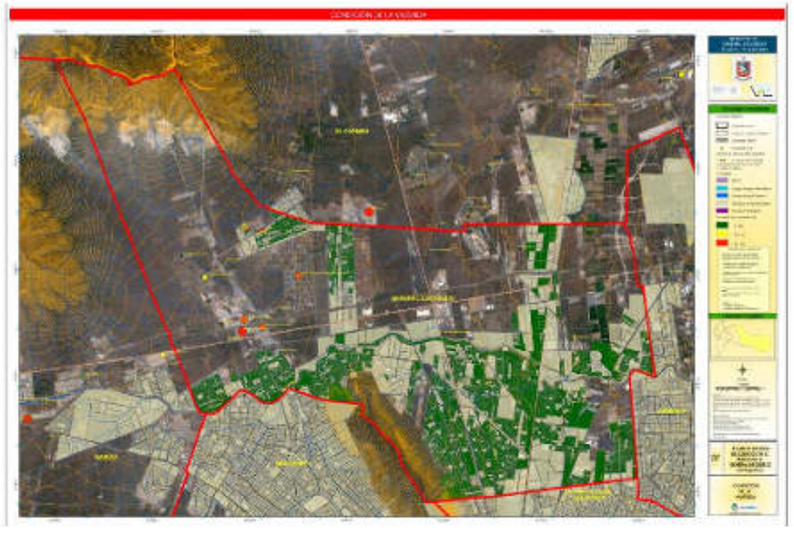


Figura 4.1.4.1. Plano 37 .Condición de vivienda en Escobedo, N.L.

4.2. Características sociales (escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, equipamiento y desarrollo)

- Escolaridad

El número de escuelas en el municipio es de 320, de diferentes niveles, excepto la profesional, sin embargo, al formar parte del área metropolitana, los jóvenes tienen acceso a la educación profesional en ciudades metropolitanas. En la Tabla 10a. Se presenta el número de escuelas dependiendo del nivel de escolaridad. Tabla 10b. Nivel de escolaridad y en la Tabla 10c es mostrado el índice de analfabetismo a nivel municipal.

Tabla 10a Número de centros educativos en el municipio de General Escobedo.

Educación	Gral. Escobedo
Total de escuelas en educación básica y media	320
Escuelas en preescolar, 2010	138
Escuelas en primaria, 2010	127
Escuelas en secundaria, 2010	43
Escuelas en profesional técnico, 2010	1
Escuelas en bachillerato, 2010	11
Escuelas en formación para el trabajo, 2010	8

Tabla 10b .Grado promedio de escolaridad en General Escobedo, N.L.

Educación	Gral. Escobedo
Tasa de alfabetización de las personas de 15 a	99.4
Tasa de alfabetización de los hombres de 15 a	99.3
Tasa de alfabetización de las mujeres de 15 a 2	99.6
Índice de aprovechamiento en bachillerato, 201(	55.4
Índice de aprovechamiento en primaria, 2010	97.8
Índice de aprovechamiento en secundaria, 2010	82.3
Índice de retención en bachillerato, 2010	94.1
Índice de retención en primaria, 2010	97.6
Índice de retención en secundaria, 2010	96.3

Tabla 10c. Se presenta el índice de alfabetismo por edades en el municipio de General Escobedo, N.L. Información de INEGI 2010.

DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN
Población de 15 años y más analfabeta	4,791.00
Población masculina de 15 años y más analfabeta	2,151.00
Población femenina de 15 años y más analfabeta	2,640.00
Población de 15 años y más sin escolaridad	6,685.00
Población masculina de 15 años y más sin escolaridad	3,174.00
Población femenina de 15 años y más sin escolaridad	3,511.00
Población de 15 años y más con primaria incompleta	17,256.00
Población masculina de 15 años y más con primaria incompleta	8,167.00
Población femenina de 15 años y más con primaria incompleta	9,089.00
Población de 15 años y más con primaria completa	33,653.00
Población masculina de 15 años y más con primaria completa	15,167.00
Población femenina de 15 años y más con primaria completa	18,486.00
Población de 15 años y más con secundaria incompleta	14,094.00
Población masculina de 15 años y más con secundaria incompleta	7,618.00
Población femenina de 15 años y más con secundaria incompleta	6,476.00
Población de 15 años y más con secundaria completa	76,161.00
Población masculina de 15 años y más con secundaria completa	38,829.00
Población femenina de 15 años y más con secundaria completa	37,332.00
Población de 18 años y más con educación pos-básica	81,596.00
Población masculina de 18 años y más con educación pos-básica	42,605.00
Población femenina de 18 años y más con educación pos-básica	38,991.00
Grado promedio de escolaridad	9.39
Grado promedio de escolaridad de la población masculina	9.53
Grado promedio de escolaridad de la población femenina	9.24

CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA INEGI 2010

Educación	Gral. Escobedo
Población de 6 y más años, 2010	307,544
Población de 5 y más años con primaria, 2010	99,888
Población de 18 años y más con nivel profesional, 2005	20,282
Población de 18 años y más con posgrado, 2010	2,249
Grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años, 2010	9
Alumnos egresados en preescolar, 2010	6,829
Alumnos egresados en primaria, 2010	6,922
Alumnos egresados en secundaria, 2010	4,608
Alumnos egresados en bachillerato, 2010	1,582
Personal docente en preescolar, 2010	766
Personal docente en primaria, 2010	1,641
Personal docente en secundaria, 2010	1,051
Personal docente en profesional técnico, 2010	6
Personal docente en bachillerato, 2010	245
Personal docente en Centros de Desarrollo Infantil, 2010	20
Personal docente en formación para el trabajo, 2010	67
Personal docente en educación especial, 2010	98

4.2.1. Hacinamiento

En el plano 38 se observa que las áreas con mayor hacinamiento en el municipio de General Escobedo, N.L., se localizan al norte, norponiente en los límites con el municipio de Salinas Victoria, parte norponiente y norte del Cerro del Topo Chico, margen derecha del Río Pesquería al norponiente y poniente del municipio en los límites con el municipio de Apodaca. El criterio para determinar la existencia de hacinamiento en el municipio, se tomó a partir del número de personas por cuarto y por dormitorio, siendo el umbral adoptado con mayor frecuencia de 2.5 personas. En el Plano 38 se representan las zonas con mayor hacinamiento están representadas de color rojo y oscilan de 62-100, le sigue el color marrón de 42-61 continuando con el color amarillo cuyo hacinamiento es de 26-41 personas. Figura 4.2.1.

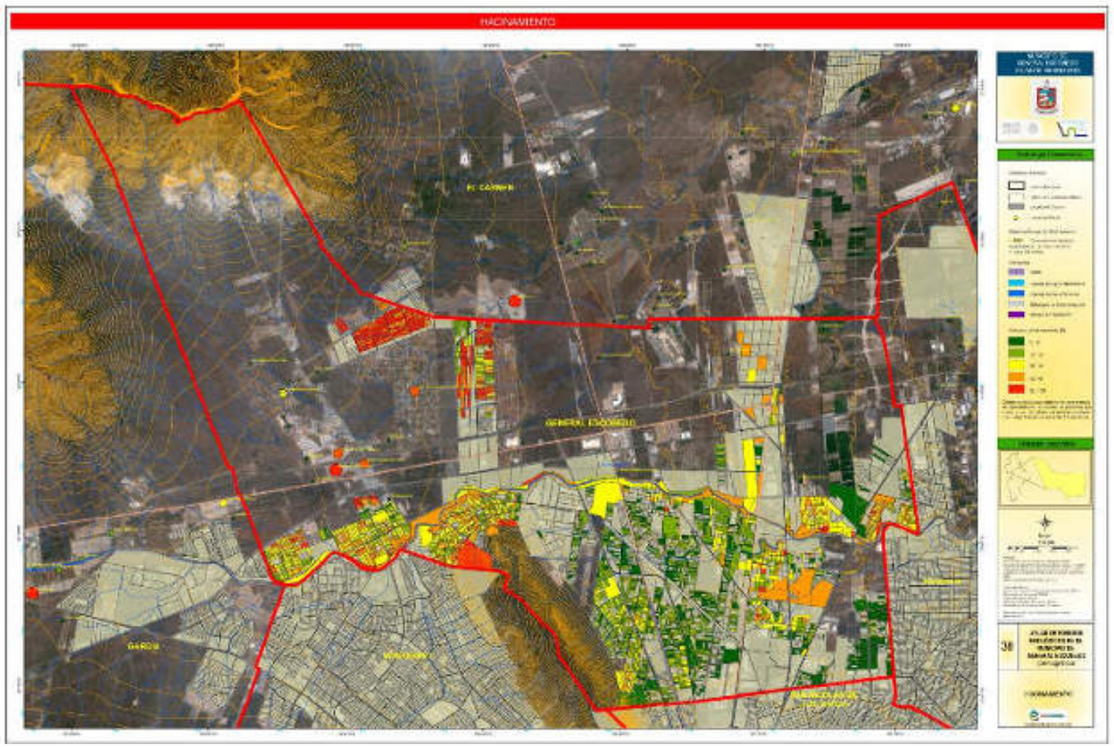


Figura 4.2.1. Plano de Hacinamiento en el municipio de General Escobedo.

4.2.2 Grado de marginación en el municipio de General Escobedo, Nuevo León

- Contexto Social de Escobedo

De acuerdo con la evaluación del CONEVAL en 2010, el 21.9 %de la población de Escobedo vive en condiciones de pobreza moderada y el 2.2 %en pobreza extrema. El municipio ocupa el 2° lugar en el estado, con mayor número de personas en pobreza (85,406 personas, es decir el 24.2% de su población).

Así mismo ocupa el 2° lugar en el estado con mayor porcentaje de personas en pobreza extrema (7,811 personas, es decir el 2.2% del total de su población).

De las 10 localidades con población mayor a 1,000 habitantes con mayor rezago en el Estado, tres de ellas pertenecen al municipio (Unión Agropecuarios Lázaro Cárdenas del Norte, Monclova 1er. sector; Monclova 2do. Sector) En el Plano 20 se muestra el nivel de marginación, localizándose las zonas con mayor índice en la nariz del Anticlinal del Cerro del Topo Chico, margen izquierda del Río Pesquerías y norte del municipio de General Escobedo, Nuevo León. El censo realizado por INEGI en el 2010 muestra una relación directa de marginación con los desarrollos irregulares y el nivel de educación, estando distribuidos en las estribaciones del Cerro Topo Chico y parte este y norte del municipio. En el Plano 20. Figura 4.2.2., se muestran los datos relacionados con el tema además en la tabla 4.2.1 se presenta la información publicada por INEGI 2010.

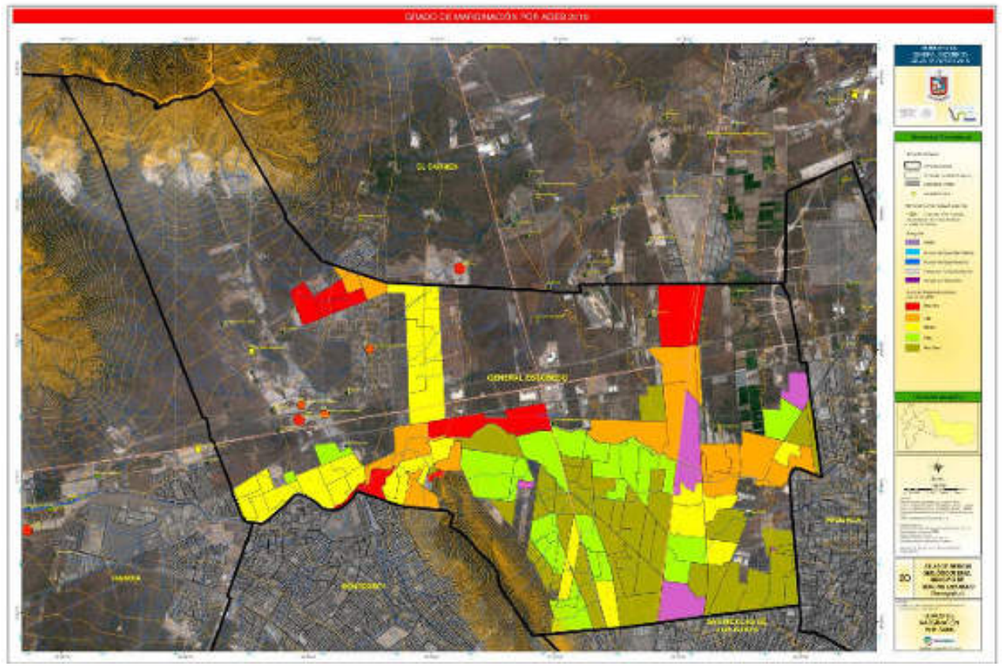


Figura 4.2.2. Plano 20. Grado de marginación en el municipio de General Escobedo, N.L.

En las Tablas 11a y 11b se presentan los datos de marginación de la población en el municipio de General Escobedo, N.L., así como el porcentaje de la población, número de personas, promedio de carencias sociales como indicadores de pobreza en México Censo INEGI 2010. CONEVAL.

Tabla 11a. Índice de marginación tomando indicadores socioeconómicos.

INDICE DE MARGINACIÓN	
CONCEPTO	VALOR
Población total	357,937
% de Población de 15 años o más analfabeta	2.02
% de Población de 15 años o más sin primaria completa	9.92
% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado	0.25
% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	0.25
% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	2.65
% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	37.51
% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	3.31
% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes	1.53
% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	14.18
Índice de marginación	-1.7956
Grado de marginación	Muy bajo
Índice de marginación escala 0 a 100	7.38316
Lugar que ocupa en el contexto nacional	2,415
FUENTE: Cuadro B.0. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en el contexto nacional por municipio, 2010.	

Tabla 11b. Medición municipal de la pobreza 2010. Fuente CONEVAL

MEDICIÓN MUNICIPAL DE LA POBREZA 2010

Porcentaje de la población, número de personas, número promedio de carencias sociales en los indicadores de pobreza, México, 2010

19021 Gral. Escobedo, 19 Nuevo León

Indicadores	Porcentaje	Número de personas	Número promedio de carencias
Pobreza			
Población en situación de pobreza	24.2	85,406	2.1
Población en situacion de pobreza moderada	21.9	77,595	1.9
Población en situación de pobreza extrema	2.2	7,811	3.7
Población vulnerable por carencias sociales	28.5	100,864	1.7
Población vulnerable por ingresos	9.9	35,129	–
Población no pobre y no vulnerable	37.4	132,156	–
Privación social			
Población con al menos una carencia social	52.7	186,270	1.8
Población con al menos tres carencias sociales	10.4	36,679	3.5
Indicadores de carencia social			
Rezago educativo	13.0	45,962	2.2
Acceso a los servicios de salud	20.1	71,081	2.5
Acceso a la seguridad social	33.6	118,948	2.1
Calidad y espacios de la vivienda	8.0	28,185	2.9
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	2.6	9,058	3.3
Acceso a la alimentación	20.2	71,295	2.4
Bienestar económico			
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	6.5	23,154	2.1
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	34.1	120,535	1.5

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social CONEVAL

4.2.3. Grado de marginación por localidad rural

El nivel de marginación rural en el municipio de General Escobedo, Nuevo León se encuentra localizado en la parte central de la cabecera municipal, siendo los puntos más críticos con población mayor a 1,000 habitantes, tres de ellas pertenecen al municipio de General Escobedo,(Unión Agropecuarios Lázaro Cárdenas del Norte, Monclova 1er sector; Monclova 2do. Sector). Plano 21. Figura 4.2.3.

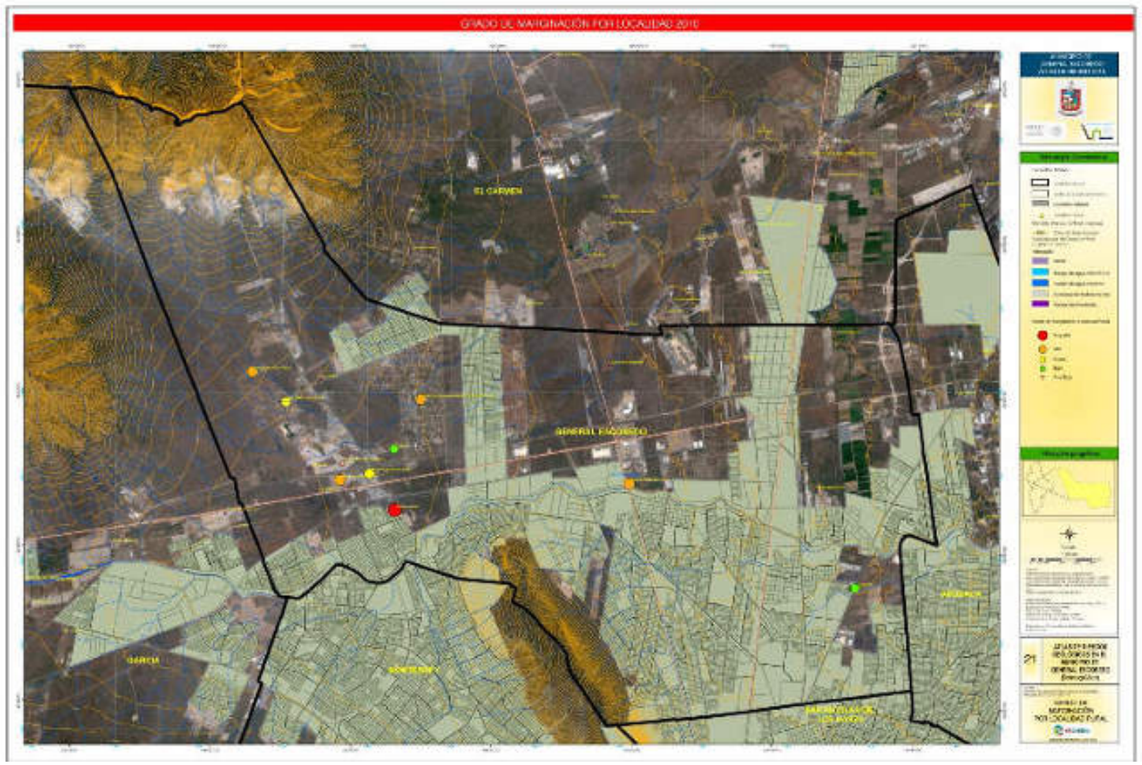


Figura 4.2.3. Plano 21. Grado de marginación por localidad rural.

4.2.4. Población de 60 años y más con algún tipo de discapacidad.

La población con discapacidad de 60 años y más se localiza en las márgenes del Río Pesquería y en la parte noroeste del Cerro del Topo Chico, al noroeste en los límites con el municipio de Monterrey, parte norte en los límites con El Carmen y Salinas Victoria. En el Plano 22 se describe de manera sistemática cada uno de los atributos que lo conforman, los sitios relacionados con este parámetro tanto en el área municipal como rural. La información fue tomada de CONAPO INEGI 2010. Figura 4.2.4.

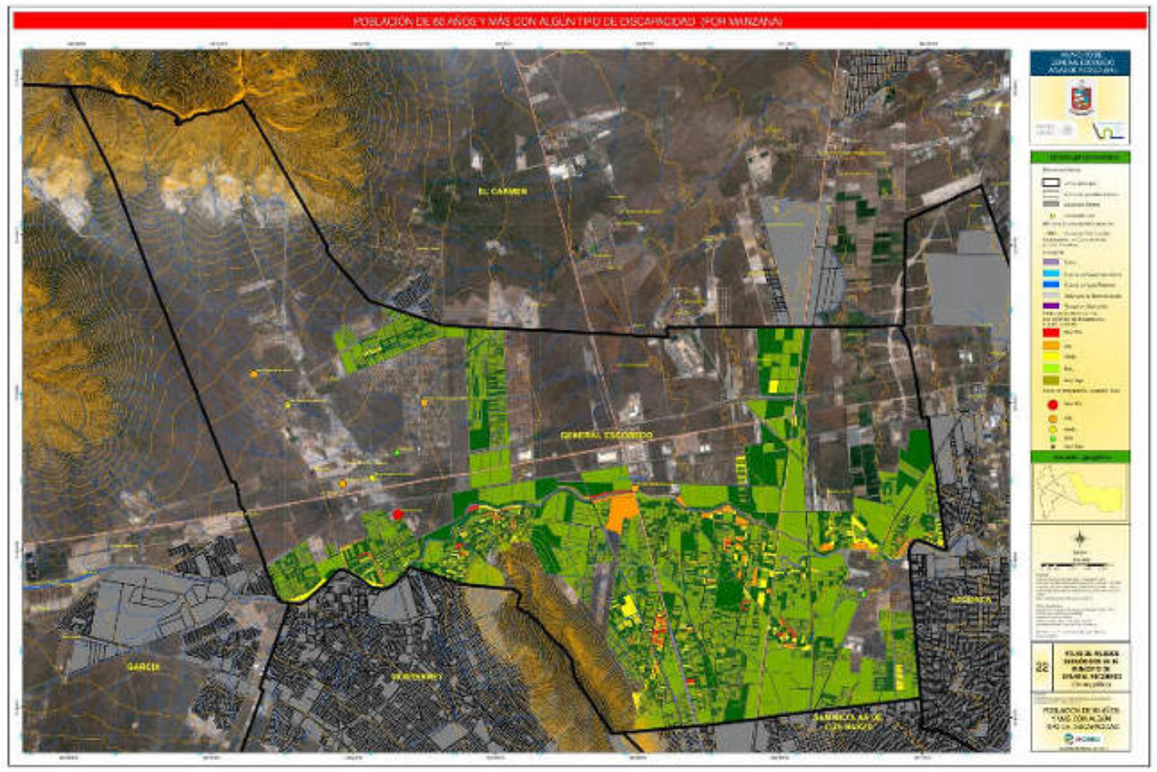


Figura 4.2.4. Plano 22. Población de 60 años y más con algún tipo de discapacidad.

4.2.5 Discapacidad de la población por manzana

La población con discapacidad por manzanas en el municipio de General Escobedo, Nuevo León, de acuerdo al Censo General de Población por Vivienda en el 2010.

Se encuentra localizada en la margen derecha e izquierda del Río Pesquerías, en el flanco norponiente del Cerro del Topo Chico, en los límites con Monterrey, la parte sur oriental y nororiental. El color rojo muestra la ubicación de cada una de las manzanas con estos atributos su número oscila entre 18- 46 manzanas en los sitios descritos anteriormente. El color marrón al igual que el anterior se ubica en los mismos sitios anexándose otros como en el centro del municipio sus valores varían de 9 a 17 manzanas. Los de color amarillo, también se encuentran dentro del mismo enjambre su relación oscila entre 1 y 8 manzanas, el color verde por cuestiones estratégicas se reserva por confidencialidad debido al flagelo que azota el país que es la inseguridad. En el Plano 23 se describe de forma detallada cada uno de los datos como la ubicación. Plano 23. Figura 4.2.5.

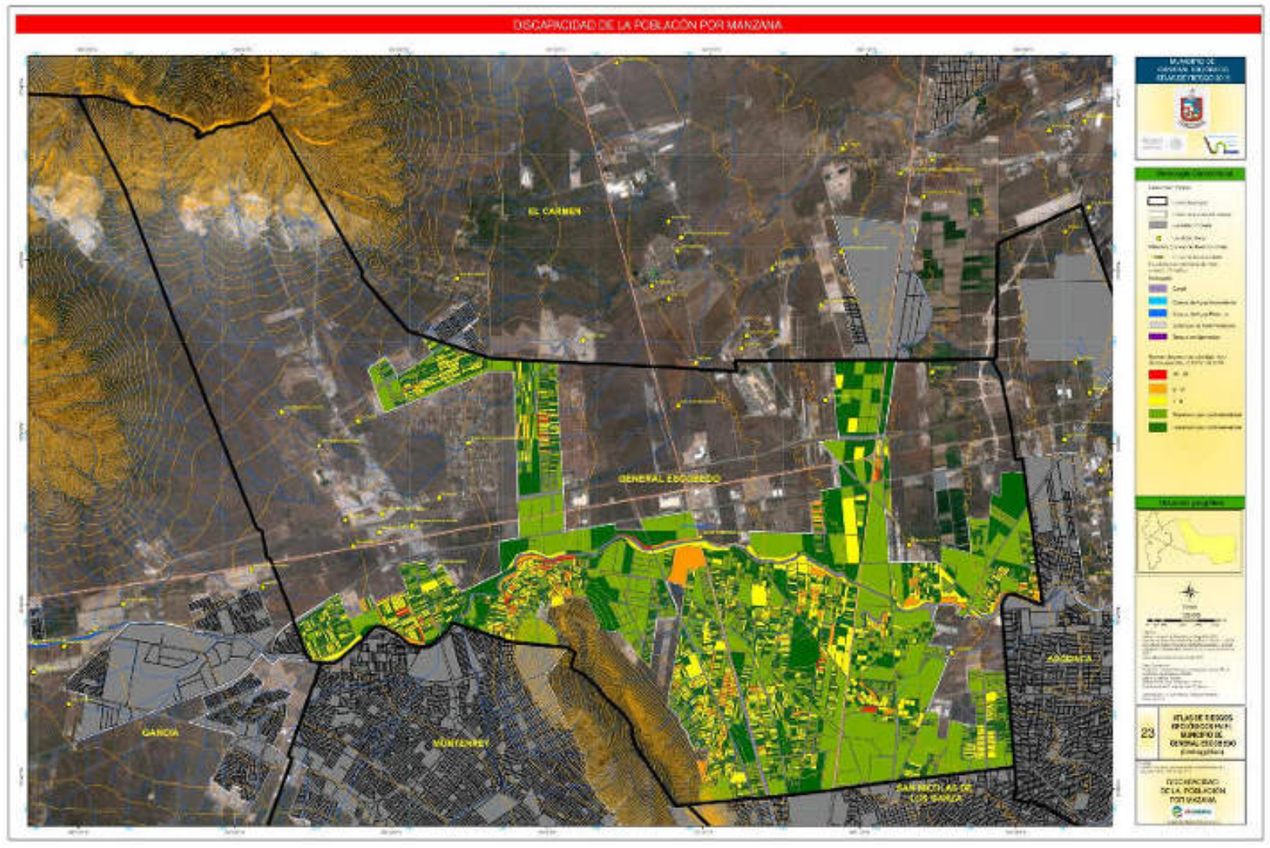


Figura 4.2.5.Plano 23. Discapacidad de la población por manzanas.

4.3. Vialidad y transporte

Un sistema vial efectivo, es aquel que sostiene el flujo vehicular, geometría adecuada y contiene los señalamientos necesarios para que tanto conductores como peatones puedan dirigir sus pasos con la información adecuada, así como las prevenciones y restricciones de protección. Plano 5 Infraestructura.

El transporte de un lugar a otro de manera rápida, eficiente y segura es indispensable, si a necesidades se refiere, es por ello, que las condiciones de la vialidad y el transporte en una ciudad son factores detonantes y representativos de la calidad de vida de su población. Las normas de vialidad, desde el punto de vista del desarrollo urbano para los futuros desarrollos, deberán ser aquellas que establece la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León en su Título Séptimo De la Zonificación, Usos y Destinos del Suelo y Estructuración de los Centros de Población, Capítulo IV denominado "de las vías públicas". Así mismo y tomando en consideración que Escobedo forma parte de la zona conurbada del Área Metropolitana de Monterrey, el aspecto de la vialidad deberá tratarse de forma integral con el resto de los demás municipios conurbados y de conformidad con el Plan Metropolitano 2000-2021 de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey. En cuanto al transporte público, se cuenta con la Línea 2 del sistema Metrorrey que une la parte Sur del municipio de Escobedo con el resto del área metropolitana, complementado con el sistema Transmetro. Así mismo, se tiene contemplado la introducción de nuevas rutas de transporte urbano que otorguen servicio en la periferia del territorio, Fomentando con ello el uso del sistema del transporte colectivo sobre el de auto individual con finalidades específicas de reducción de costos y contaminación ambiental. En la figura 4.3 se muestra las infraestructura de transporte del municipio de General Escobedo, N.L.

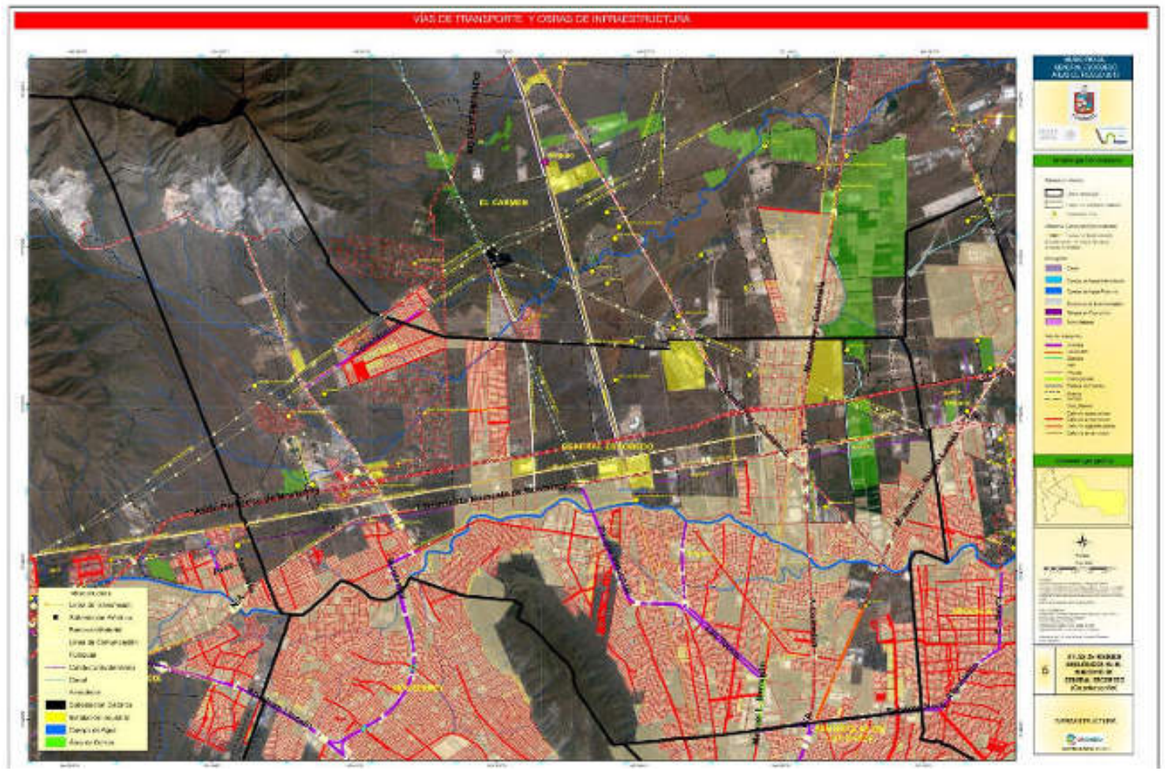


Figura 4.3. Vialidad y transporte del municipio de General Escobedo, N.L.

4.3.1. Equipamiento urbano

Se entiende por equipamiento urbano, el conjunto de edificios e instalaciones en las que se prestan los servicios para atender las necesidades básicas de la población que les permiten alcanzar un nivel de vida digno y adecuado; se trata de usos complementarios al habitacional y se dividen en educación, salud, recreación, comercio, servicios municipales y asistencia social. Estas instalaciones son centros de trabajo que generan una importante actividad y tienen un impacto significativo en la sociedad. Por su acelerado crecimiento, en el municipio de Escobedo este aspecto juega un papel importante.

El equipamiento urbano se clasifica en función de su grado de cobertura, existen instalaciones que tienen una influencia a nivel metropolitano, concentrando un importante número de trabajadores y usuarios. Dentro de este nivel se encuentran los Planteles Educativos de Nivel Superior, Hospitales de Especialidades, Teatros, Auditorios, Museos, Parques Urbanos y Cementerios entre otros, existen equipamientos de cobertura menor que prestan servicios a un grupo de barrios o a zonas específicas dentro del territorio municipal, como son plazas, parques, cancha polivalentes, bibliotecas, CENDIS, entre otros.

El municipio de Escobedo al formar parte del Área Metropolitana de Monterrey, comparte mucha instalaciones de equipamiento y servicios con los municipios aledaños, especialmente con San Nicolás y Apodaca; sin embargo el crecimiento demográfico que ha registrado y las expectativas a futuro suponen un importante crecimiento de la población, lo que implicará incrementos en materia de equipamientos; la evolución de la población llevará al establecimiento de nuevos equipamientos que atienden las futuras necesidades. Es importante pensar en la instalación de más equipamiento educativo a nivel medio y superior así como en la redensificación de algunas zonas de la ciudad que estén perdiendo población. Figuras 4.3.1(a, b, c, d). Equipamiento urbano

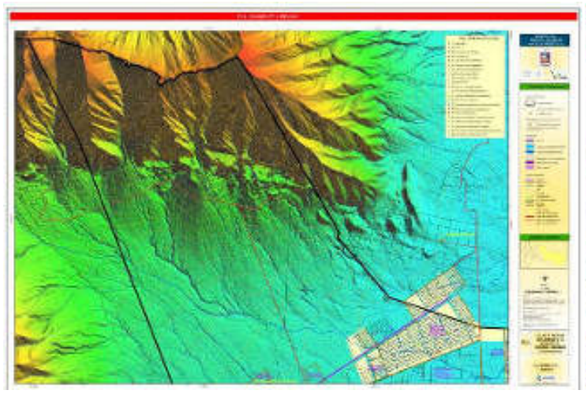


Figura 4.3.1a Plano A. Equipamiento urbano.

Figura 4.3.1b. Plano B. Equipamiento urbano.

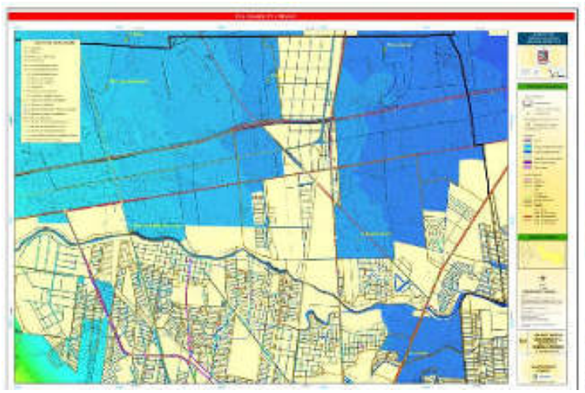
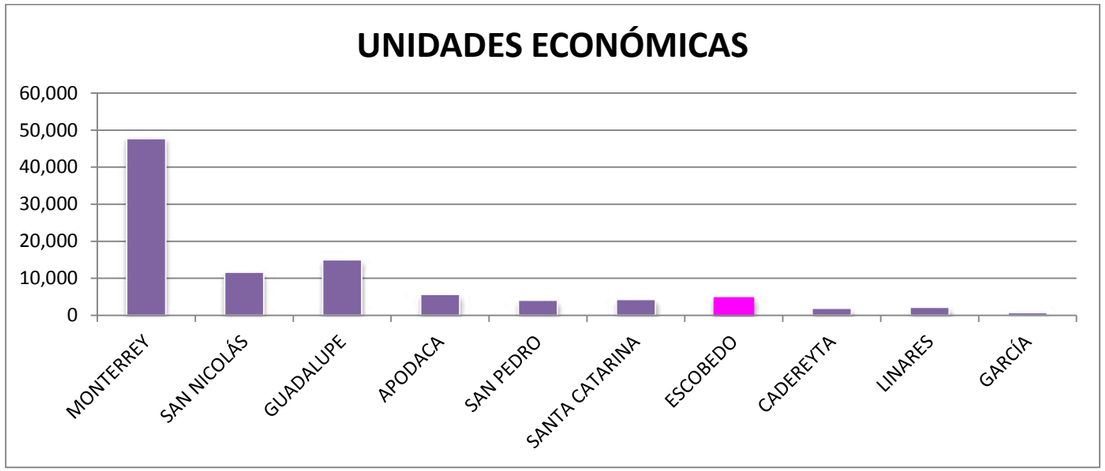


Figura 4.3.1c Plano C. Equipamiento urbano.

Figura 4.3.1d. Plano D. Equipamiento urbano.

4.4. Principales actividades económicas de la zona

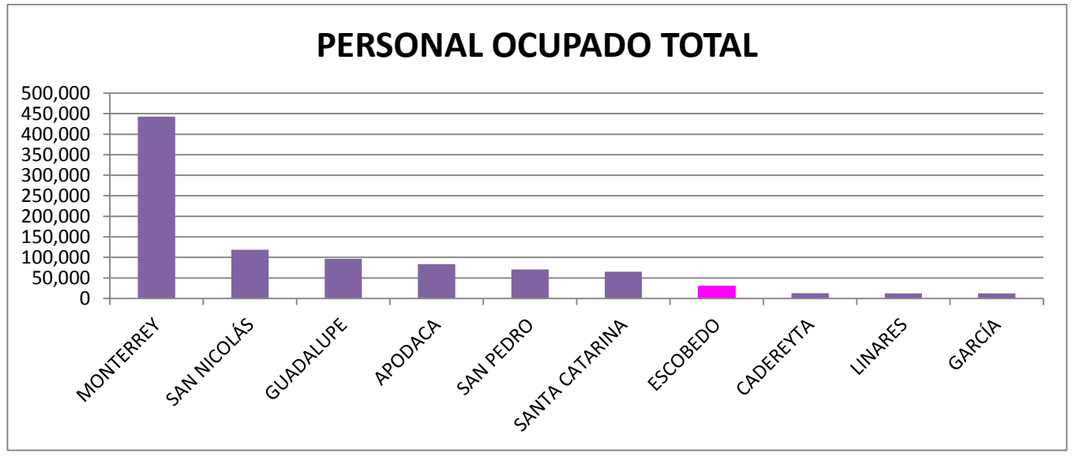
4.4.1. Características de la población económicamente activa



MUNICIPIOS	UNIDADES ECONÓMICAS
TOTAL NUEVO LEÓN	110,163
MONTERREY	47,736
SAN NICOLÁS	11,629
GUADALUPE	14,966
APODACA	5,664
SAN PEDRO	4,087
SANTA CATARINA	4,276
ESCOBEDO	**4,723**
CADEREYTA	1,904
LINARES	2,165
GARCÍA	778
SUBTOTAL	97,928
RESTO DE MUNICIPIOS	12,235

Las gráficas muestran la relación que tiene el municipio de General Escobedo con otros municipios del área metropolitana y sus alrededores con respecto a sus unidades económicas. Información obtenida de INEGI 2010. CONAVI.

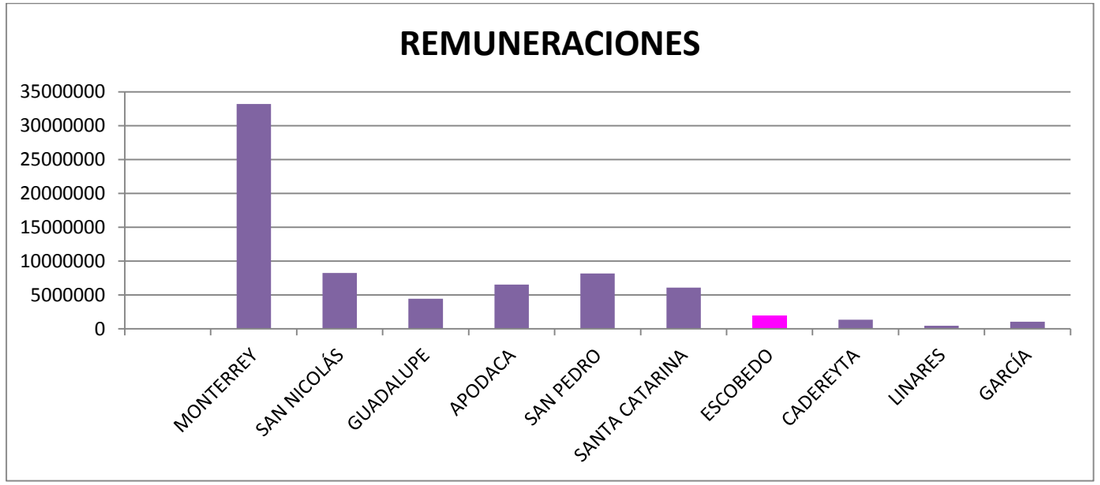
- Personal ocupado



MUNICIPIOS	PERSONAL OCUPADO TOTAL
TOTAL NUEVO LEÓN	1,008,854
MONTERREY	442,650
SAN NICOLÁS	118,420
GUADALUPE	96,587
APODACA	83,518
SAN PEDRO	70,394
SANTA CATARINA	65,268
ESCOBEDO	**30,840**
CADEREYTA	12,990
LINARES	12,236
GARCÍA	12,176
SUBTOTAL	945,082
RESTO DE MUNICIPIOS	63,772

Las gráficas muestran la relación del municipio de General Escobedo, N.L., con otros municipios del Área Metropolitana y sus alrededores con respecto al personal ocupado de acuerdo al número de habitantes.

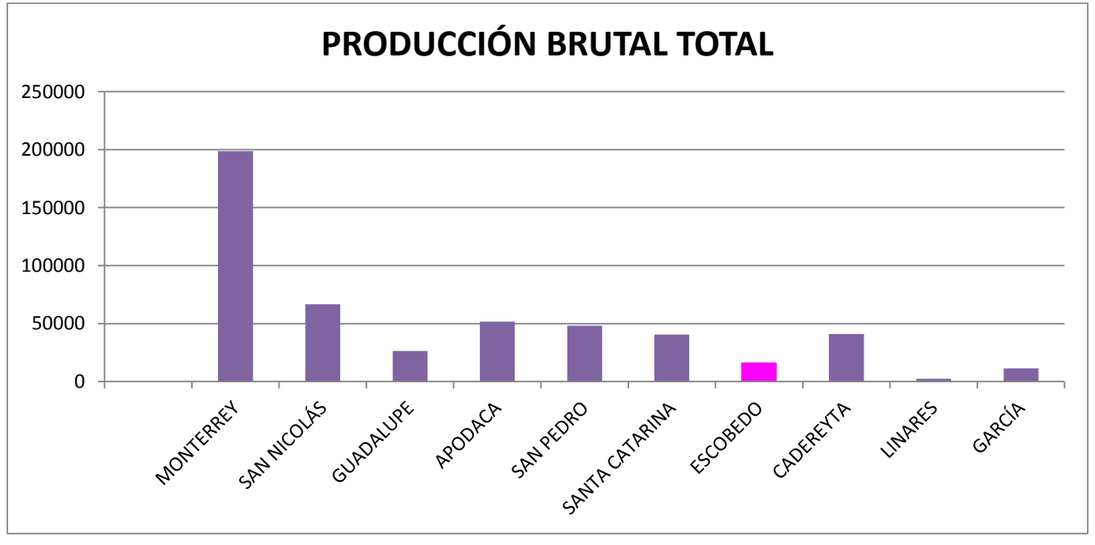
- **Remuneraciones**



MUNICIPIOS	REMUNERACIONES (Miles de pesos)
TOTAL NUEVO LEÓN	**74,441,924**
MONTERREY	33,192,104
SAN NICOLÁS	8,246,661
GUADALUPE	4,438,114
APODACA	6,537,776
SAN PEDRO	8,173,696
SANTA CATARINA	6,085821
ESCOBEDO	**1,929,143**
CADEREYTA	1,332,636
LINARES	435,746
GARCÍA	1,026,610
SUBTOTAL	71,398,307
RESTO DE MUNICIPIOS	3,043,617

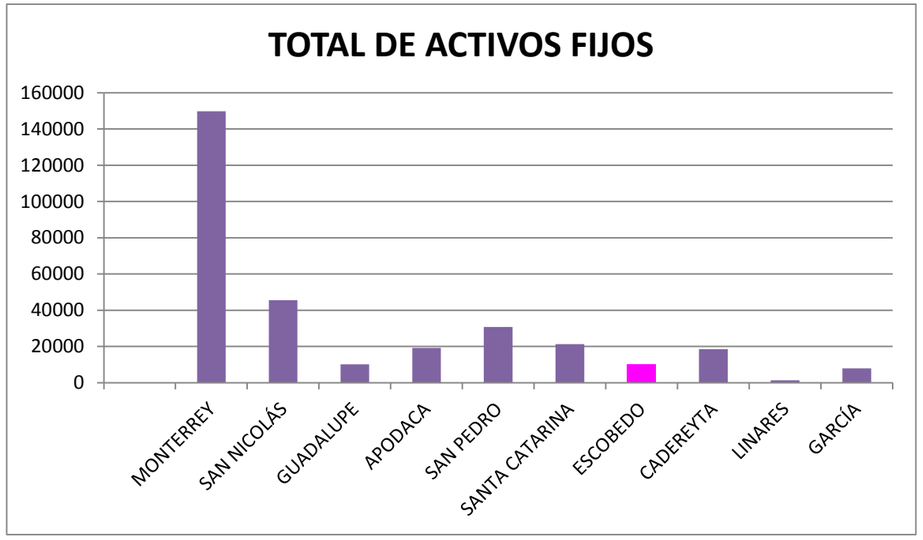
Las gráficas muestran la relación del municipio de General Escobedo con otros municipios del Área Metropolitana y sus alrededores con respecto a las remuneraciones en miles de pesos.

- Producción bruta total



MUNICIPIOS	PRODUCCIÓN BRUTAL TOTAL (Miles de pesos)
TOTAL NUEVO LEÓN	**528,069.974**
MONTERREY	198,652.556
SAN NICOLÁS	66,616.620
GUADALUPE	26,270.454
APODACA	51,716.669
SAN PEDRO	48,211.494
SANTA CATARINA	40,614.972
ESCOBEDO	**15,823.080**
CADEREYTA	40,947.520
LINARES	2,370.639
GARCÍA	11,377.413
SUBTOTAL	502,511.417
RESTO DE MUNICIPIOS	25,558.557

Las gráficas muestran la relación del municipio de General Escobedo, con otros municipios del Área Metropolitana y sus alrededores con respecto a la producción bruta total en miles de pesos.



MUNICIPIOS	TOTAL DE ACTIVOS FIJOS (Miles de Pesos)
TOTAL NUEVO LEÓN	330,733.822
MONTERREY	149,792.387
SAN NICOLÁS	45,501.156
GUADALUPE	10,130.067
APODACA	19,204.053
SAN PEDRO	30,696.668
SANTA CATARINA	21,220.658
ESCOBEDO	**10,165.859**
CADEREYTA	18,511.552
LINARES	1,309.772
GARCÍA	7,858.054
SUBTOTAL	314,390.226
RESTO DE MUNICIPIOS	16,343.596

Las gráficas muestran la relación del municipio de General Escobedo, con otros municipios del Área Metropolitana y sus alrededores con respecto al total de activos fijos en miles de pesos.

4.5. Reserva Territorial

Cabe resaltar que, si bien la tendencia para el crecimiento poblacional estimado no se cumplió, la razón primordial obedece a que el pronóstico fue realizado con base en la superficie con la que originalmente contaba el municipio de 19,100 hectáreas, sin embargo en el año 2001, el H. Congreso de Nuevo León mediante Decreto Núm. 93 publicado en el Periódico Oficial del Estado de fecha 05 de noviembre de 2001, determinó los límites territoriales entre los municipios de General Escobedo y Monterrey, con lo cual una gran parte del sector sur poniente del municipio, en donde hoy se localiza el sector conocido como la Alianza y Solidaridad con una extensión densamente poblada de casi 3,063. En el Plano 40 de Reserva Territorial se presentan los programas de desarrollo a corto, mediano y largo plazo en el municipio de General Escobedo, N.L., observándose una tendencia de zonas de crecimiento industrial no contaminantes hacia el norte y noroeste del municipio. El uso comercial coincide con el desarrollo industrial; el crecimiento posee una tendencia al norte del Río Pesquería en su margen derecha y parte central del municipio. En lo que corresponde al uso habitacional, está concentrado al noroeste y este del cerro del Topo Chico y sureste del municipio. La parte no apta (mala) se localiza en el centro, este, suroeste y sureste. Ver Plano 40. Figura 4.5.

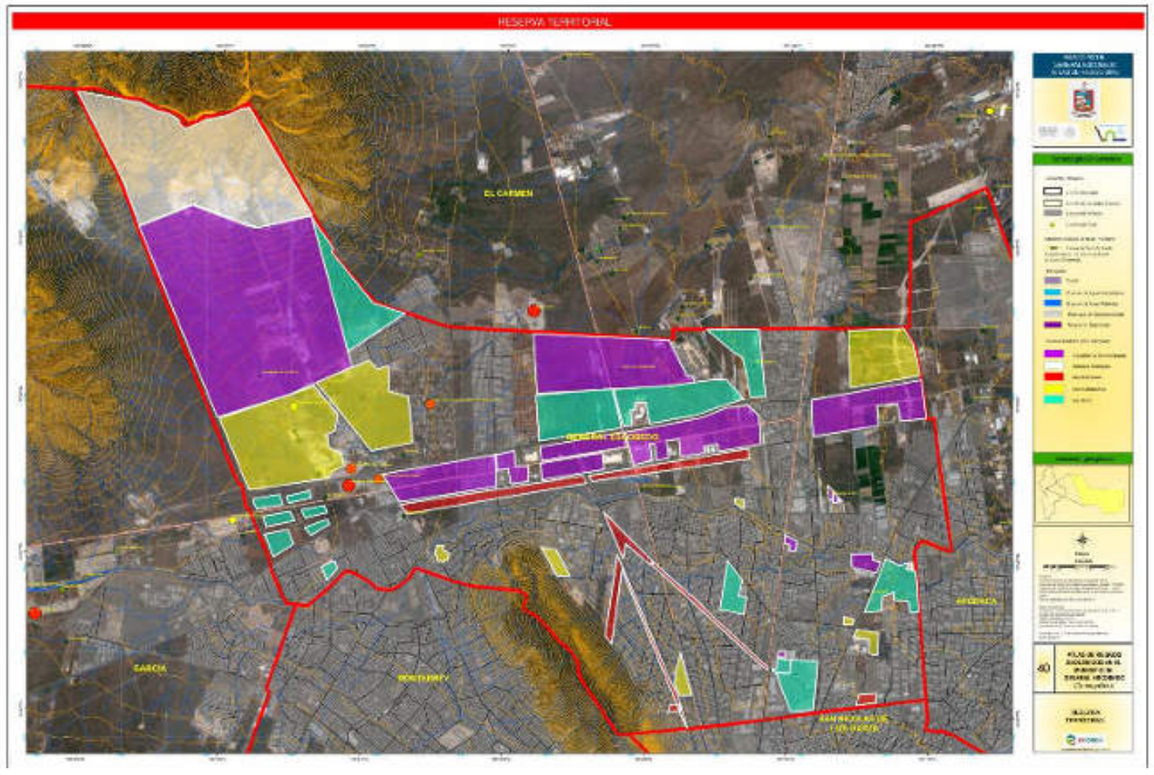


Figura 4.5. Plano 40. Reserva territorial del municipio de General Escobedo, N.L.

Capítulo V. Identificación de riesgos, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural

El municipio de General Escobedo presenta características propias por su ubicación geográfica, distribución morfológica y geología asociada a las diferentes unidades litoestratigráficas que afloran, que lo hace ser vulnerable a los peligros por fenómenos geológicos. Estos se presentan de manera natural, sin embargo, algunos de estos procesos son acelerados por factores antropogénicos.

En este municipio, es posible la presencia de eventos de volteos y deslizamientos, sobre todo porque existen grandes concentraciones de población asociadas a sitios de alto riesgo, los volteos constituyen el 40 % del área total y un 20% se asocia a los deslizamientos predominando éstos, en el flanco sureste y al norte del Cerro del Topo Chico y en las márgenes del Río Pesquería. Los volteos en la porción norte, noreste y nor-poniente del Cerro del Topo Chico. En cuanto a los escenarios, se refiere al 60 % que corresponden a aquellos que requieren atención inmediata sobre todo en el área del Cerro del Topo Chico y en las márgenes del Río Pesquería. En la Sierra del Fraile y el Cerro de San Miguel la densidad de población es muy baja, dentro de los límites correspondientes al municipio, por lo tanto el nivel de riesgo es bajo.

5.1. Erupciones volcánicas

Uno de los fenómenos naturales más espectaculares es la actividad volcánica, proceso global presente en grandes zonas lineales del piso oceánico y de la tierra firme. En el caso de tierra firme se tiene un registro veraz de las erupciones que se producen todos los años, pero al igual que los sismos, la gran mayoría son de pequeña magnitud o solo son exhalaciones. Incluso las erupciones de mediana intensidad, como las del Popocatépetl (1994-2012), las de Pacaya (Guatemala) de los últimos 20 años y otros volcanes, no han sido causa de desastres. Existen reportes de tragedias como las del Vesubio, que destruyó Pompeya y Herculano (79 D.C.) y la del Pelée en Martinica (1902). El Santa Helena (1980), en el noroeste de los Estados Unidos, representa una de las erupciones más poderosas del siglo XX, sin embargo, ocasionó muy pocas víctimas.

Las condiciones geodinámicas prevalecientes en la actualidad permiten considerar que el riesgo por erupciones volcánicas en el Estado de Nuevo León, específicamente en el municipio de General Escobedo, sea prácticamente inexistente. El último evento volcanogénico ocurrido en el noreste de México se remonta a aproximadamente 50 millones de años atrás; como testigos de este evento se localizan al norte de la Ciudad de Monterrey el Cerro del Imán y Cerro Candela, ambos ubicados en el Estado de Coahuila y, dentro del Estado de Nuevo León, el Cerro Colorado en el municipio de Lampazos de Naranjo, hacia el noreste del Área Metropolitana de Monterrey se encuentra el Cerro Picachos. En el plano No. 35 se muestra que el municipio de General Escobedo se encuentra muy distante del Cinturón Volcánico Mexicano por lo que se puede aseverar; que no presenta riesgo por erupciones volcánicas, figura 5.4.

Figura 5.1. Localización de aparatos volcánicos en la República Mexicana.

5.2. Sismos

Los sismos son fenómenos naturales generados por efectos tectónicos, volcánicos o actividades humanas. Las causas que dan lugar a la sismicidad en la parte noreste de México, están asociadas a estructuras paleo tectónicas, como a acciones humanas que modifican los esfuerzos en las rocas y las presiones en los fluidos cercanos a la superficie.

El territorio mexicano se encuentra dividido en cinco placas tectónicas: Americana, Caribe, Cocos, Pacífico y de Rivera. El movimiento relativo entre estas placas ocasiona uno de los peligros sísmicos y volcánicos más altos del mundo. Esta peligrosidad sísmica llevó al gobierno de Porfirio Díaz a fundar el Servicio Sismológico Nacional (SSN), el 5 de septiembre de 1910. La red sísmica operada por el SSN se consolidó entre los años de 1910 y 1923 (Figura 5.1.2, 5.1.2a). Esta red, una de las más avanzadas en el mundo, permitió localizar sismos en todo la república con magnitudes mayores o iguales a 6.0. Una magnitud mucho menor a la permitida por la red sísmica mundial, que podía registrar sismos en cualquier parte del mundo siempre y cuando su magnitud fuese mayor a 6.8.

5.2.1. Definición de sismo

Se denomina sismo, seísmo o terremoto a las sacudidas o movimientos bruscos del terreno generalmente producidos por disturbios tectónicos o volcánicos. En algunas regiones de América se utiliza la palabra temblor para indicar movimientos sísmicos menores y terremoto para los de mayor intensidad. Un terremotos una reorganización de la corteza como consecuencia de un choque de placas. A este le siguen los temblores terrestres de menor intensidad acaecidos con cierta distancia temporal entre ellos. En la porción central de México se generan los sismos por el proceso de subducción de la Placa de Cocos. La placa inicia un proceso de fricción cuando se mueve debajo de la porción continental, ya que se desliza debajo de esta zona; el choque y la fricción forman plegamientos y fracturas en la zona de la corteza. En la figura 5.2.1, se presenta la distribución de las diferentes placas del planeta. En el noroeste de México por otro lado, los sismos ocurren por la transcursión de una placa respecto a otra, como sucede en la península de Baja California que se está moviendo y separando de la porción continental en dirección noroeste. Así mismo, la península se está separando, en la boca del golfo, la velocidad de separación es mayor que la que se presenta en su punto de unión con el continente, lo cual produce el intenso fenómeno de fallamiento. Figura 5.2.1a. Primeras estaciones sísmicas en México.

Figura 5.2.1. Distribución de las placas tectónicas.

Figura 5.2.1a. Primeras estaciones sísmicas en México.

5.2.2. Antecedentes de los sismos registrados en el Estado de Nuevo León

Hace exactamente 167 años, el 28 de abril de 1841 se sintió en Monterrey un fuerte temblor, aunque de corta duración. Según las crónicas de ese tiempo se decía del sonido: "como muchos carruajes que vienen de lejos", el cual parecía que venía del oriente pasó por Monterrey y siguió al poniente, hacía Santa Catarina. Este temblor se sintió también en Linares, Galeana, García y otros pueblos. En Monterrey ya se había sentido temblores en 1795, en 1831 y en 1838. Santiago Roel Melo en su libro "Nuevo León, Apuntes Históricos" registra también uno muy leve en 1911. En años posteriores se han producido otros temblores hacia Montemorelos, Rayones y Galeana, afortunadamente tenues y sin consecuencias. A las 21:45 horas del 15 de noviembre de 1991 se registra un movimiento telúrico en Monterrey de 2 o 3 grados en la escala de Richter.

Los sismos no son un fenómeno frecuente en el área, al menos con magnitudes que pudieran afectar, por si mismos a la población o a la infraestructura. Sin embargo, se ha documentado su existencia, cabe mencionar que la primera estación sismológica el Estado de Nuevo León se instaló en el Cerro del Obispado el 7 de julio de 1913, aunque la información que generada no se ha podido rescatar y hasta hoy no se cuentan con esos registros históricos, pero existen reportes de sismos en 1795, 1831 1838 y 1911. En la tabla 12 se describen los diferentes sismos reportados en el Estado de Nuevo León.

Tabla 12. Datos sísmicos reportados en el Estado de Nuevo León (Rodríguez Martínez JM., 2014).

Fecha	Lugar	Tipo de movimiento	Magnitud Richter	Equivalencia de la energía TNT	Daños y afecciones	Causa	Ref. Bibliográfica
1795	Monterrey, N.L.	Sismo	2.3.	6 Kg. Explosión tanque de gas	No se tiene evidencia	Desconocida	-
1831	Monterrey, N.L.	Sismo	2.3	6 Kg. Explosión de un tanque de gas	No se tiene evidencia	Desconocida	-
30/08/1838	Montemorelos, N.L.	Sismo	2.3.	6 Kg. Explosión de una tanque de gas	No se tiene evidencia	Desconocida	-
7,8,12/01/1880	Mier y Noriega, N.L.	Sismo	2.3.	6 Kg. Explosión de un tanque de gas	Daños en edificios, iglesia	Desconocida	García Acosta, Suárez y Reynoso (1996)
24/10/1909	Montemorelos, N.L.	Sismo	3.0	181 Kg. Explosión de una planta de gas	Daños leves	Disolución de domos salinos	Rodríguez Cabo (1946)
1944	Montemorelos, N.L.	Sismo	3.0	181 Kg. Explosión de una planta de gas	Daños leves	Disolución de domos salinos	Rodríguez Cabo (1946)
21/10/1911 03/12/1911	Monterrey, N.L.	Sismo	3.0	181Kg. Explosión de una planta de gas	No presentó	Disolución de domos salinos	Santiago Roel Melo. Libro Nuevo León Apuntes Históricos
28,29/ 04/ 1941	Santa Elena, Coahuila	Sismo	4.5	32 Ton. Tornado	Pérdidas humanas	Explotación de minas de sulfuros diseminados(plomo, plata, zinc, cobre)	García Acosta y Suárez y Reynoso, (1996)
16/11/1981	Villa de García, N.L.	Sismo	3.6	455 Kg. Explosión de una Mina	No presentó	Disolución de domos salinos Cañón de Villa de García. Industrias El Álcali.	Montalvo-Arrieta (2009), Leal Ríos(2001)
15/11/1991	Monterrey, N.L.	Sismo	3.0	181Kg. Explosión de una planta de gas	No presentó	Disolución de domos salinos Cañón de Villa de García. Industrias El Álcali	Milenio Diario
06/04/2004	General Terán, Montemorelos, N.L.	Sismo	3.9	6Ton. Bomba atómica de baja potencia	Leves	Extracción de hidrocarburos en los bloques Cuervito, Reynosa-Monterrey, Cuenca de Burgos	Sistema Sismológico Mexicano (SSM)
20,21/06/2009	Galeana, N.L.	Sismo	3.5,3.7	455 Kg. Explosión de una Mina	Daños leves a infraestructura, específicamente la iglesia.	Sobre explotación de acuíferos zona papera, explotación de minas de barita, mediante el sistema de fosas y pilares en la Huicha	Montalvo-Arrieta (2009), Leal Ríos(2001)
15/06/2010	General Terán, Montemorelos, N.L.	Sismo	3.4	455 Kg. Explosión de una Mina	No presentó	Sobre explotación de acuíferos zona papera	Ramos-Zúñiga, (2012)
13/08/2010	General Terán, Montemorelos, N.L.	Sismo	3.8	455 Kg. Explosión de una Mina	No presentó	Sobre explotación de acuíferos zona papera	Montalvo-Arrieta (2009), Leal Ríos(2001)
01/09/2011	General Terán, Montemorelos, N.L.	Sismo	3.6	455 Kg. Explosión de una Mina	No presentó	Sobre explotación de acuíferos zona papera. Estado de Coahuila	Montalvo-Arrieta (2009), Leal Ríos(2001)
10/06/ 2013	Saltillo, límite entre estados Coah-N.L.	Sismo	3.5.	455 Kg. Explosión de una Mina	Leves	Sobre explotación de acuíferos zona papera, Estado de Coahuila	Milenio Diario
18/06/ 2013	Montemorelos, N.L.	Sismo	3.5.	455 Kg. Explosión de una Mina	No presentó	Sobre explotación de acuíferos zona papera, Estado de Coahuila	Milenio Diario
25/06/2013	Matehuala, SLP.	Sismo	2.3	6Kg. Explosión de un tanque de gas	No presentó	Sobre explotación de acuíferos, zona papera, Coahuila, y Graben, Valle de Reyes, S.L.P.	Milenio Diario
26/11/2013	Cadereyta, Jiménez, N.L.	Sismo	4.5	32 Ton. Tornado	Fracturas leves	Extracción de hidrocarburos en los bloques Cuervito, Reynosa-Monterrey	Milenio Diario

En el marco de la geología estructural y de la inestabilidad de laderas, la actividad sísmica, por mínima que sea, cobra gran relevancia, ya que éstos pueden desencadenar problemas mayores al afectar macizos rocosos inestables en zonas designadas como de alto riesgo. De aquí la necesidad de que se realice un trabajo de mayor detalle en esta área del conocimiento y que se considere como un elemento clave para el diseño de obras de mitigación así como modificar y actualizar la normativa de construcción en el Estado de Nuevo León ante la presencia de éstos fenómenos.

A pesar de que el Estado de Nuevo León se encuentra en una zona asísmica se puede observar que la mayoría de los sismos están localizados en la Placa del Pacífico, Placa de Cocos y el Cinturón Volcánico Mexicano, en el Plano No. 33 se muestra que el municipio de General Escobedo, N.L. se encuentra dentro de una zona asísmica. Figura 5.2.2.

Los microsismos reportados los días 20 y 21 de mayo en el municipio de Montemorelos, N.L., están asociados con eventos antropogénicos provocados por una sobreexplotación de los acuíferos en rocas calcáreas, los que, al dejar espacios vacíos generan un reacomodo de las capas provocando asentamientos diferenciales similares a los que se presentan en el Valle de México. La profundidad de los focos, según el Sistema Sismológico Mexicano, oscila entre 10 y 5 kilómetros, este parámetro responde al espesor total de los diferentes depósitos que conforman la secuencia sedimentaria en el noreste de México, el cual es de aproximadamente 7.5 Km.

Según el reporte de la Red Sísmica Mexicana, el fenómeno se comportó como un movimiento de tipo trepidatorio, el cual responde a eventos de subsidencia, posiblemente asociado con la disolución de los yesos y anhidritas correspondientes a la formación Minas Viejas del Jurásico Inferior. (Milenio 24 de mayo de 2012), figura 5.2.2a.

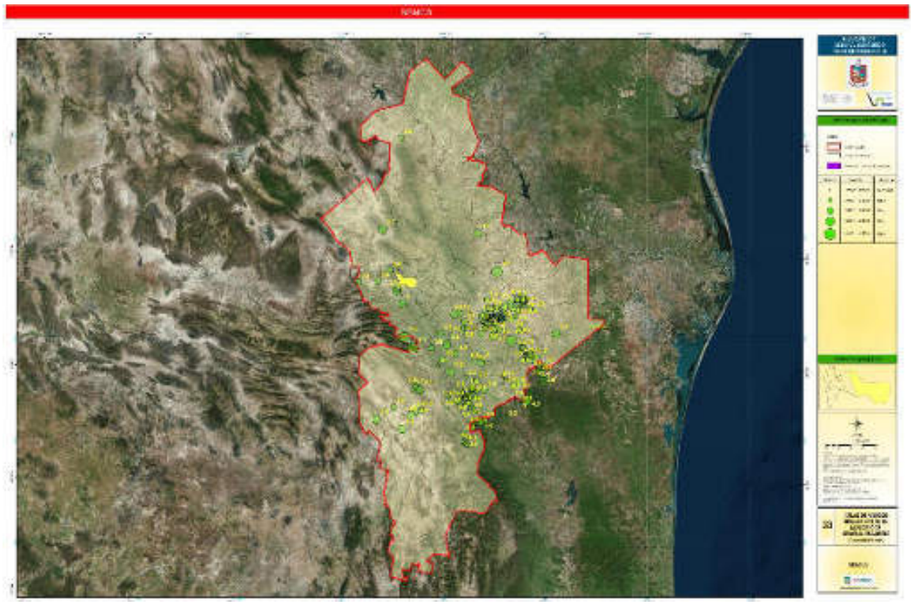


Figura.5.2.2.Plano 33. Localización de sismos en el estado de Nuevo León.

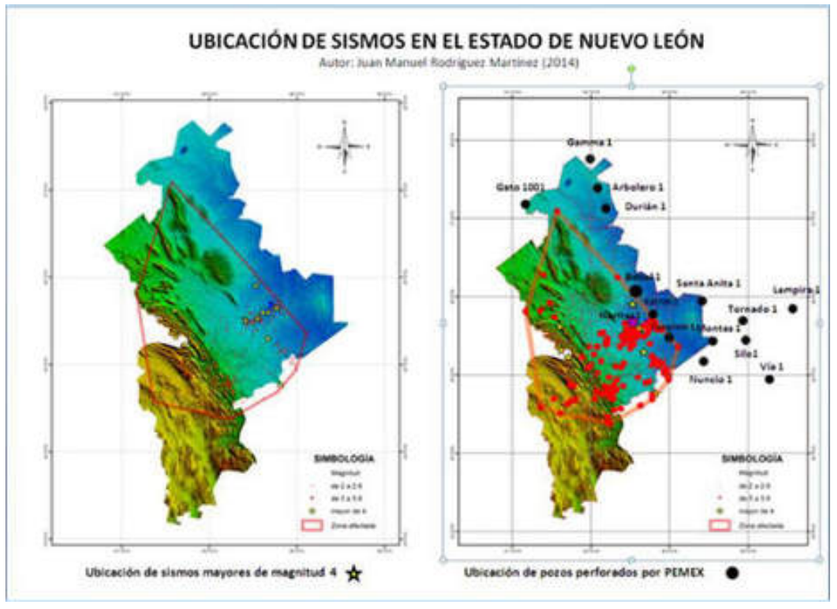


Figura 5.2.2a.Sismos registrados en Nuevo León del 2006-2014.

De acuerdo a su comportamiento, no existe una relación con las fluctuaciones aleatorias en la tasa de sismicidad natural. En la figura 5.2.2b se muestra la distribución de los sismos en el Estado de Nuevo León, tomando en cuenta su magnitud la intensidad y la cantidad de eventos por año. Con respecto a los datos de magnitud, epicentro y profundidad de los focos, dichos parámetros responden a la profundidad de la capa (play) que se está explorando, para poder corroborar las posibles reservas en la Formación Agua Nueva, es necesario probar los intervalos de interés para confirmar que existen volúmenes rentables de este tipo de gas (gas shale). La secuencia y la frecuencia con que se repiten estos fenómenos, en base a información internacional como a los casos reportados en la Unión Americana específicamente en los estados de Oklahoma, Colorado, Pensilvania, Texas, Ohio y Arkansas, así como en algunos países europeos como España e Inglaterra, entre otros. Son tantas las evidencias, que no es posible seguir negando la presencia de microsismos en el estado de Nuevo León relacionados con el fracturamiento hidráulico.

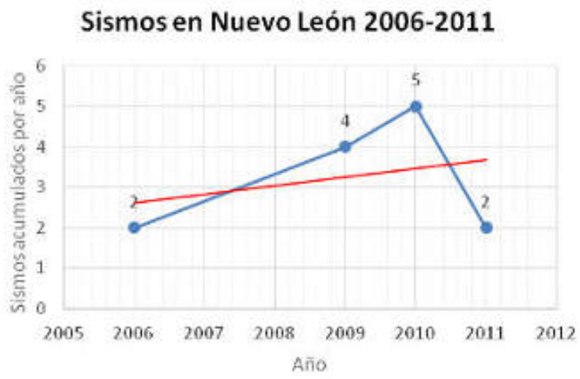
En lo que corresponde al municipio de General Escobedo, N.L. solamente se han registrado 4 sismos en sus límites con los municipios de Hidalgo, El Carmen y García, N.L. El origen de estos sismos puede ser inducido por acciones humanas que modifican los esfuerzos en las rocas y las presiones en los fluidos cercanos a la superficie. Estas acciones incluyen: extracción de agua (o su inyección para almacenamiento o para recuperación secundaria de hidrocarburos), gas, petróleo, efluentes o líquidos residuales; explotación minera o de canteras, disolución de domos salinos, fracturamiento inducido (*fracking*) aplicación de sobrecargas en la superficie mediante grandes cuerpos de agua (reservorios). En la tabla 13 se muestra la localización de epicentros de sismos con Mc ≥ 4.0 ubicados en el Estado de Nuevo León, México durante el periodo del 7 de octubre de 2013 al 18 de marzo de 2014. Fuente Servicio Sismológico Mexicano (2014).

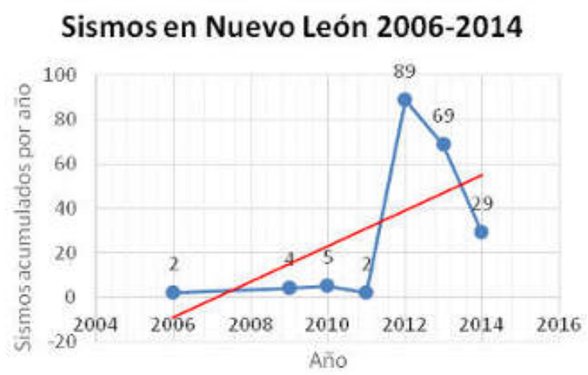
Se confirma el origen humano inducido intencionado del terremoto 4.5 (el mayor terremoto inducido por el hombre en el Estado de Nuevo León, fue el día 26 de noviembre del 2013, las consecuencias a la población asociados a estos eventos se muestran en las fotografías 5.2.2a y 5.2.2b que muestran daños a infraestructuras en los poblados aledaños.

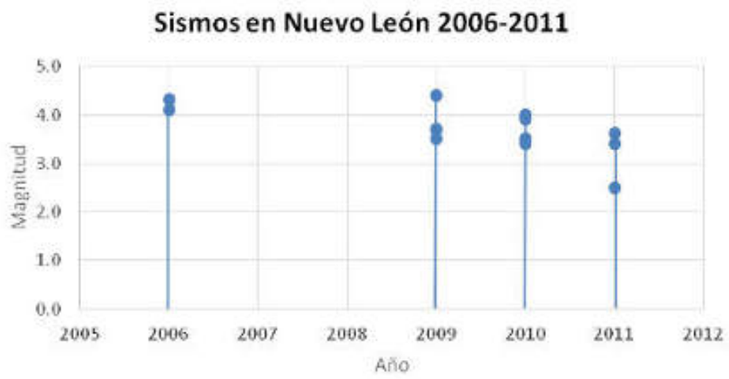
Fotografías 5.2.2a y 5.2.2b Se muestran los daños generados por los sismos provocados por fracturamiento hidráulico en los municipios de China, General Terán y Los Ramones en el Estado de Nuevo León, México.

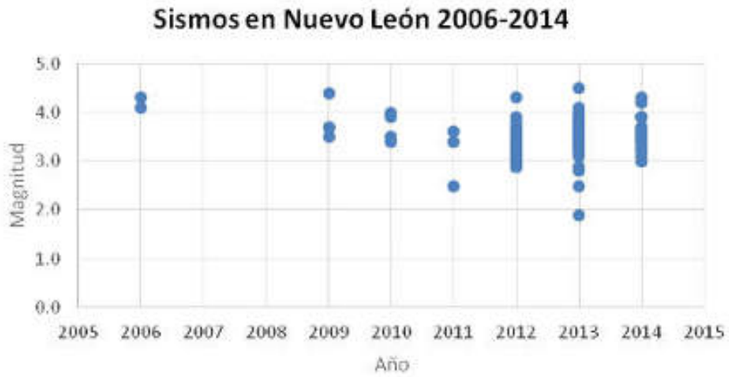
Tabla 13. Localización de epicentros de sismos con Mc ≥ 4.0 ubicados en el Estado de Nuevo León, México. Fuente Servicio Sismológico Mexicano.

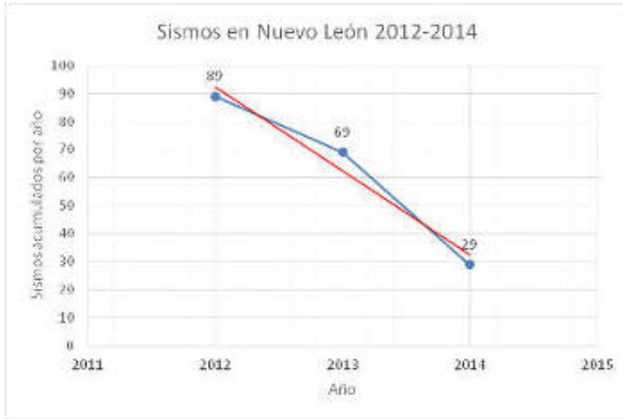
FECHA	HORA LOCAL	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	PROFUNDIDAD KM	MAGNITUD
2013-10-07	00:03:39	25.91	-99.47	16	4.1
2013-11-25	16:25:56	25.53	-99.45	10	4.0
2013-11-26	*01:13:58*	*25.65*	*-99.23*	*15*	*4.5*
2013-11-29	20:23:49	25.6	-99.33	20	4.0
2013-12-22	05:52:26	25.6	-99.39	20	4.0
2014-03-02	11:30:16	25.52	-99.59	5	4.3
2014-03-05	08:40:32	25.5	-99.59	3	4.2
2014-03-11	08:28:41	25.51	-99.67	5	4.0
2014-03-18	17:41:58	25.45	-99.6	1	4.2











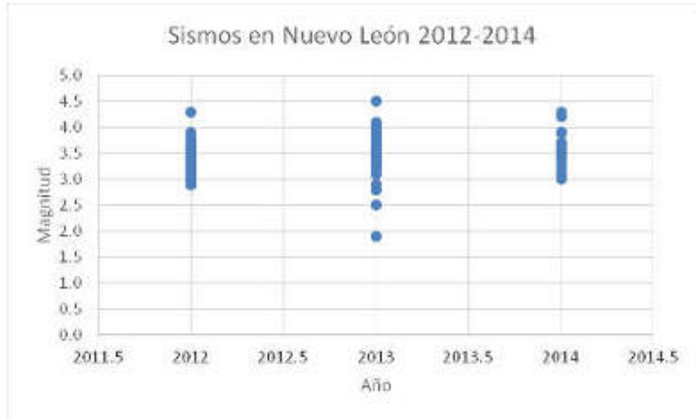


Figura 5.2.2b. Los sismos en el Estado de Nuevo león se disparan en el año 2012 con un total de 89, en el 2013 con 69 y 29 en el 2014, dando un total de 200. Fuente: Juan Manuel Rodríguez Martínez, 2014.

5.3. Tsunamis o maremotos

Los maremotos son generados tanto por erupciones volcánicas submarinas como por masivos deslizamientos de tierra que caen al mar. Si se produce un gran deslizamiento en la tierra bajo el océano, se crea una columna de agua que gana velocidad y altura a medida que se acerca a la costa. En aguas profundas, un maremoto puede tener hasta 200 kilómetros de ancho, pero sólo 0,5 metros de altura. A medida que viaja en dirección a la costa y las aguas menos profundas, puede alcanzar más de 700 Km/h de velocidad, tan rápido como un avión jet, figuras 5.3., 5.3.a.

Tsunami es una palabra japonesa -tsu (津): 'puerto' o 'bahía', y nami (波): 'ola', literalmente significa 'ola de puerto- que se refiere a maremoto -del latín mare 'mar' y motus 'movimiento'-. El uso de este vocablo en los medios de comunicación se generalizó cuando los corresponsales de habla inglesa emitían sus informes acerca del maremoto que se produjo frente a las costas de Asia el 25 de diciembre de 2004 en el océano Índico. La razón es que en inglés no existe una palabra para referirse a este fenómeno, por lo cual los anglohablantes adoptaron tsunami como parte de su lenguaje pero la denominación correcta en castellano no es tsunami.

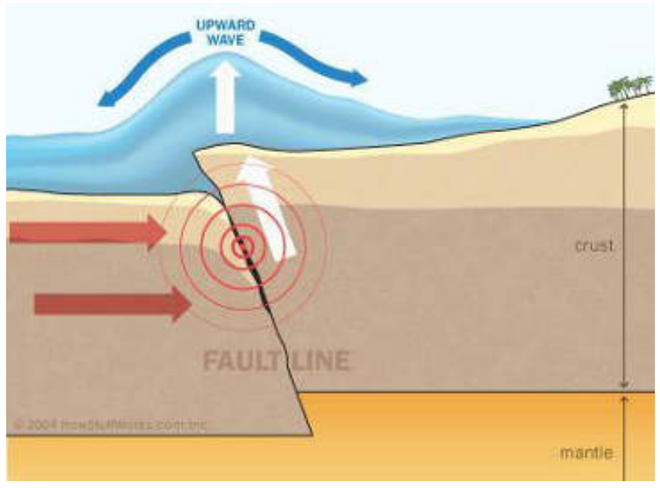


Figura 5.3. Origen de un tsunami.

Figura 5.3a Etapas que dan lugar a la formación de un tsunami.

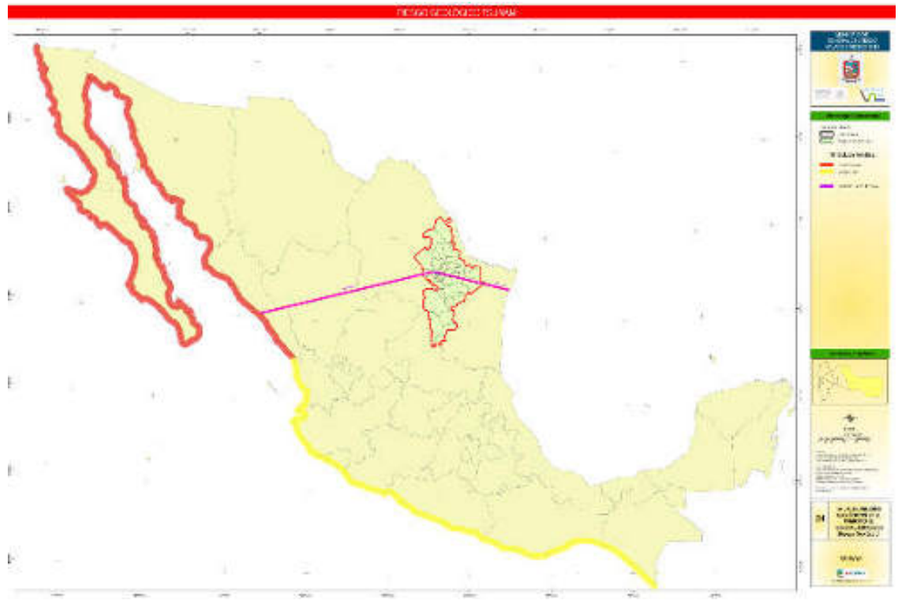


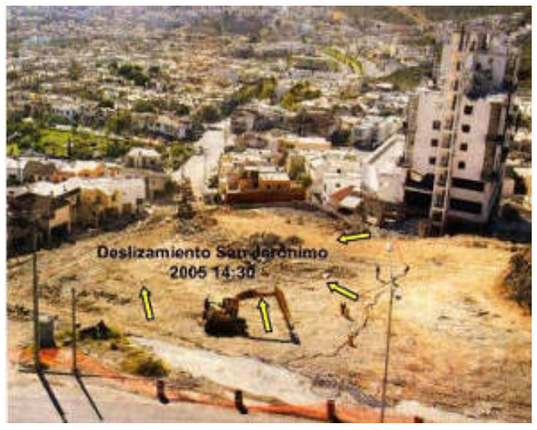
Figura 5.3b Plano 34. Localización del municipio de General Escobedo con respecto a las líneas de costa de nuestro país.

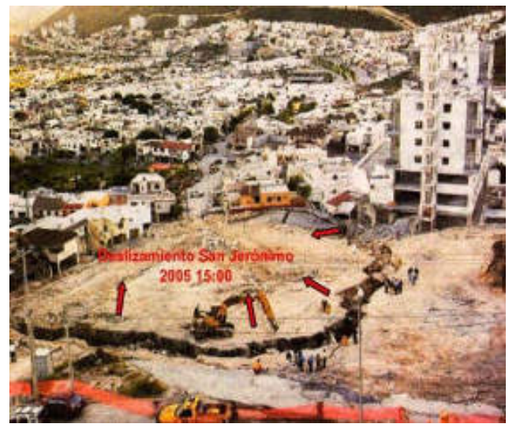
A partir de los esquemas mostrados en el documento correspondiente al parágrafo 5.1.3. (tsunami o maremoto) del contenido del Atlas de Riesgos Naturales del municipio de General Escobedo, N.L., es posible aseverar que dicho municipio está lejos de las líneas de conjunción de placas que son las causantes de la generación de este tipo de eventos. La distancia aproximada de la cabecera municipal del General Escobedo, N.L., al Océano Pacífico es de 702 km y al Golfo de México es de 300 Km Plano 34. Figura 5.3b se muestra la ubicación del municipio de General Escobedo, distante también de la costa correspondiente al Golfo de México. Para que pueda ocurrir un evento de este tipo se requiere que ocurra un cambio de polaridad en el planeta o el impacto de un meteorito.

5.4. Inestabilidad de laderas

Los factores que propician los problemas de inestabilidad de laderas se dividen en internos y externos y tienen que ver de forma directa o indirecta con los esfuerzos cortantes actuantes y resistentes que se desarrollan en la superficie del deslizamiento. En pocas ocasiones dichos factores se combinan, resultando difícil distinguir la influencia de cada uno de ellos. Los cambios en el ambiente y las perturbaciones al entorno natural por actividades humanas son causas que también pueden desencadenar inestabilidad de laderas. El peligro por inestabilidad se clasifica como deslizamientos de laderas en tres grandes grupos: caídos o derrumbes, deslizamientos y flujos (CENAPRED, 2006). Los deslizamientos de laderas definidos en la guía de CENAPRED (2006), enriquecidos con la clasificación de EPOCH, 1993 (en Alcántara, 2000), se subdividen de acuerdo con los materiales formadores, los cuales pueden ser rocas, detritos o derrubios y suelos, desprendimientos, vuelcos, derrumbes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos (Alcántara, 2005).

Los procesos de remoción en masa, son peligros derivados de la inestabilidad de laderas, su clasificación es vasta y puede ser muy compleja. Es uno de los fenómenos más frecuentes en la naturaleza, debido a la escala de su ocurrencia y al no restringirse a un material o causa específica. Principalmente se registra en sitios donde hay pendientes en el terreno y actúa al conjugarse con otros factores naturales o inducidos. El elemento mecanismo primordial de estos peligros es la gravedad, en orden de importancia el siguiente elemento a considerar es el tipo de material involucrado y posteriormente las condiciones del terreno (morfología, cubierta vegetal, agua, etc.). En las fotografías (5.4a, 5.4b) se muestran eventos relacionados con remoción de masas provocadas por el Huracán Gilberto en 1988. Para los propósitos y alcances de este estudio, se utiliza una clasificación simplificada, que permite un manejo de los conceptos, toda vez que a partir de estos es que se llevará a cabo el modelado detallado de estos peligros en el área de interés. Los peligros específicos que existen en la zona de estudio están asociados con diferentes parámetros como son: tipo de roca, pendiente, tipo de vegetación, erosión, grado de cohesión del material, fracturamiento de la roca y nivel de saturación del estrato deslizante. (FTDES-01, FTDES-02, FTDES-03, FTDES -04, FTDES-05).Total de casos levantados en campo, sobre este tipo de evento: 53. Las figuras 5.4a y 5.4b corresponden al modelo digital de elevación y el mapa de pendientes en el municipio de General Escobedo, N.L.





Fotografía 5.4a y b. Remoción de masas provocada por el Huracán Emily en 2005.

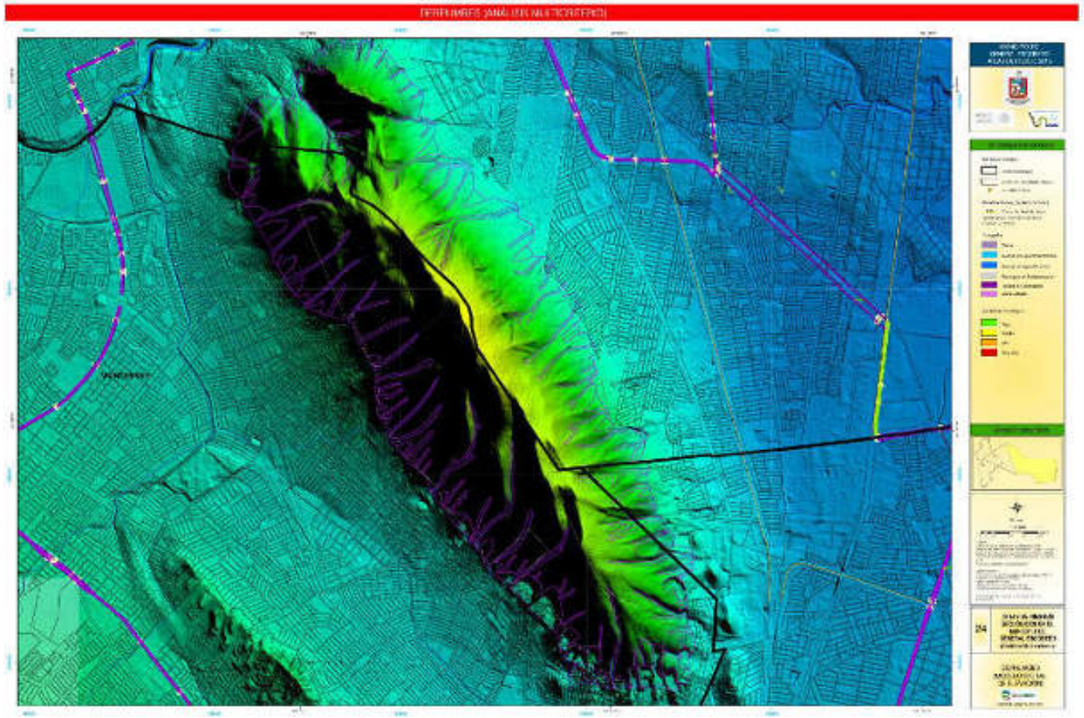


Figura 5.4a. Plano 24. Modelo digital de elevación.

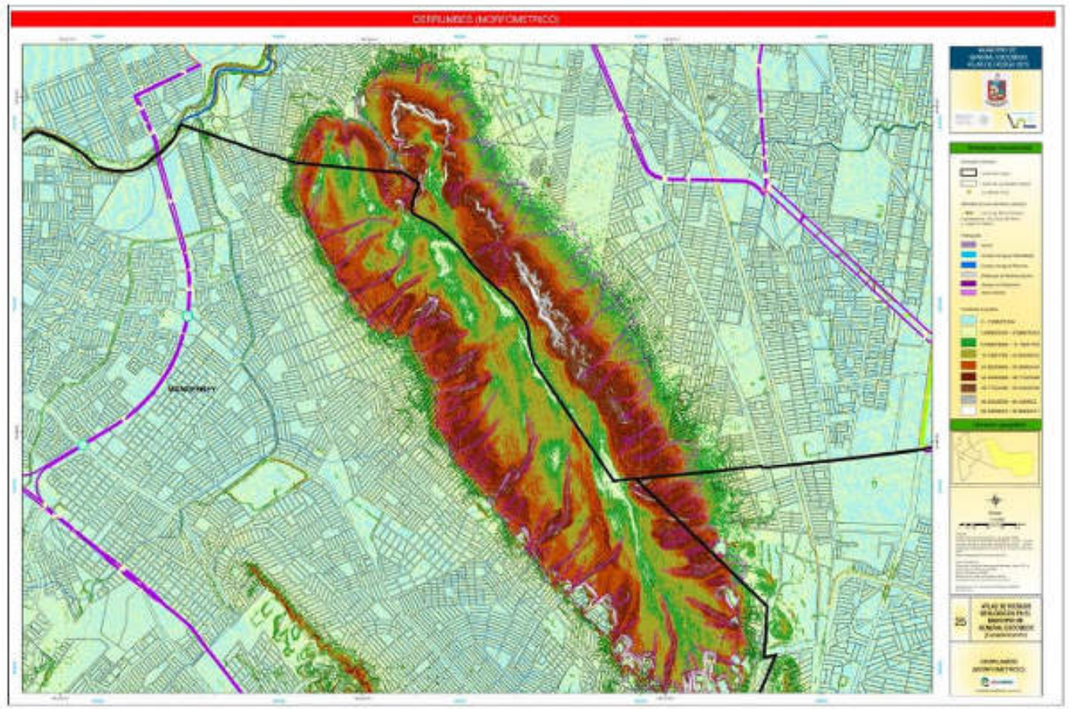


Figura 5.4b. Plano 25. Mapa de pendientes.

5.4.1 Fallas y fracturas

Para la elaboración del plano de fallas y fracturas fueron realizados 53 puntos de verificación, donde se tomaron datos estructurales a discontinuidades de fracturamiento y estratificación, los cuales forman bloques tabulares de dimensiones considerables ubicados al pie del Cerro del Topo Chico, en la Colonia 20 de Noviembre, márgenes del Río Pesquería. La pendiente del terreno va de los 15° a 85°, además existen diversos cortes o taludes realizados en las faldas de la sierras que circundan a dicho municipio (Cerro del Topo Chico y el flanco sur oriental del Cerro de San Miguel)), dichos cortes presentan alturas que van de 5 a 25 m e inclinaciones de talud de 65° a 75° para construir viviendas o vías de comunicación. Por lo anterior de los sitios verificados se consideran de importancia para monitoreo continuo los siguientes: (FFF01, FFF-02, FFF-03, FFF-04) entre otros. Como resultado de la integración de todo lo anterior, enseguida se mencionan los tipos de mecanismos así como escenarios relevantes para este municipio, figuras 5.4.1 y 5.4.1a.

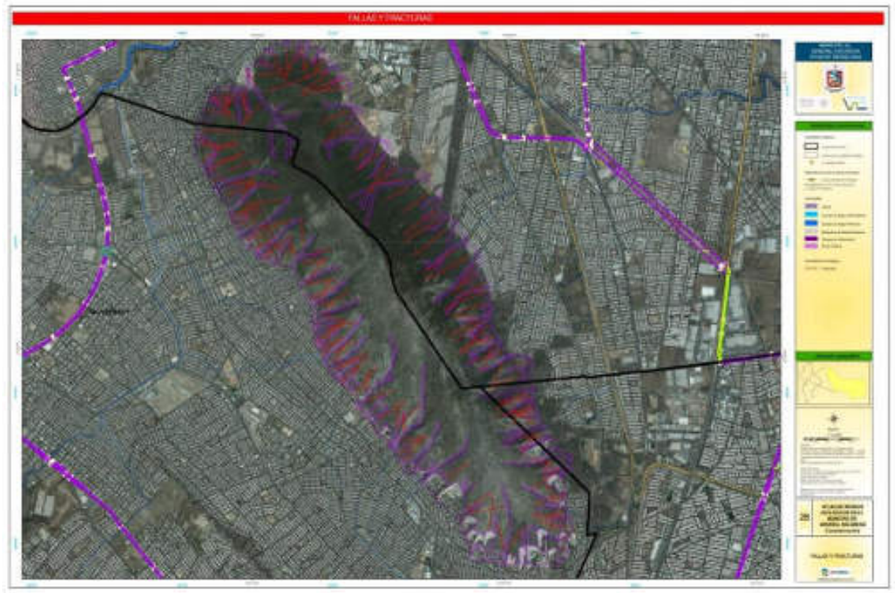


Figura 5.4.1. Plano de fallas y fracturas. Cerro del Topo Chico.

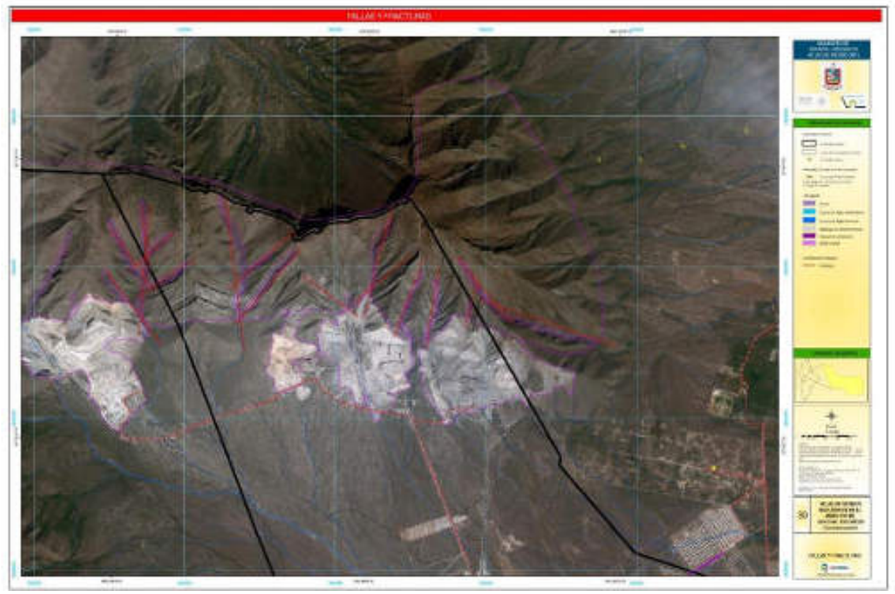


Figura 5.4.1a. Sierra del Fraile y San Miguel.

El patrón de fracturamiento predominante en el área de estudio, tiene un rumbo preferencial NW-SE y SW-NE. Las brecha sedimentaria está estrechamente asociada a fallas de tipo normal con rumbo NW-SE, dando lugar a fallas escalonadas, en dicho plano se muestra una densidad muy grande de sitios verificados en campo relacionadas con las siguientes topomorfas: Cerro del Topo Chico y el flanco norponiente del Cerro San Miguel. La disposición geológico estructural de fracturas con rumbo Norte- Sur y Sur- Norte ante los cortes paralelos a estos rumbos son vulnerables a las vialidades, cada vialidad que hayan trastocado el rumbo de la capa con valores de azimut 0°- 21o, genera valores en los ángulos diferenciales menores lo que hace que estos cortes estén expuestos a un mayor riesgo de deslizamiento.

A medida que los valores del ángulo diferencial se acercan a 90° la situación tiende a ser más estable que cuando éstos tienden a 0°, sin embargo cuando el valor del ángulo diferencial es cero la situación recupera su estabilidad ya que no existe diferencia entre la inclinación de la ladera y la estratificación.

La pendiente del talud es de suma importancia, sobre todo en zonas abruptas, mayores a 30°, donde los efectos gravitatorios se intensifican propiciando situaciones inestables de los macizos rocosos involucrados en una ladera (figuras 5.4.1b, 5.4.1c, 5.4.1d), desde luego, no todas las áreas con pendientes fuertes son susceptibles a los desprendimientos.

Enmarcada la zona de pendiente, donde los desprendimientos son más factibles, así como la disposición de estratos. El ángulo diferencial es la relación angular existente entre la inclinación del talud (pendiente) y la inclinación de la principal discontinuidad (estratificación, falla, fractura, etc.), en este caso la estratificación. Este factor, junto con el ángulo entre rumbo de ladera y rumbo de echado de la capa, ayudan a conocer el arreglo geométrico de una ladera, facilitando la evaluación de susceptibilidad de ésta a los peligros de remoción de masas (PRM).

En el área de estudio ocurren dos tipos de desprendimientos: falla por volteo y falla plana. Para obtener mejores resultados en el modelado del mapa de susceptibilidad se evaluaron por separado la condiciones que representan situaciones estables o inestables para cada caso.

El riesgo geológico deriva de la acción habitual de los procesos naturales, los cuales pueden ocurrir con distintas magnitudes. En su ocupación, el ser humano ha creado estructuras y estrategias para evitar o, al menos, minimizar el impacto de estos procesos, de manera que solamente haya pérdidas cuando éstos se manifiesten con magnitudes extraordinarias. El concepto de riesgo se refiere a la cantidad de pérdidas potenciales debidas a procesos naturales. Cuantitativamente, el riesgo(R) viene dado por el producto entre la peligrosidad (P), la vulnerabilidad (V) de los elementos (bienes) expuestos y el costo de los mismos(C).

$$R = P \times V \times C$$

Los parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo se realizaron de acuerdo a la normativa que establece el CENAPRED. Con base en la elaboración de los planos de riesgos (24,25,26,27,28,29,30,31,32 y 39)en cada uno de ellos se describen los tipos de riesgos partiendo de la zonificación del municipio de General Escobedo, N.L. Cada una de las microcuencas es, a su vez, dividida en: zonas de montaña, lomeríos y planicie. A partir de la evaluación obtenida del manejo de los diferentes atributos se logró determinar los tipos de riesgos naturales que se muestran en el Plano 39 de vulnerabilidad, siendo clasificada la zona de montaña como riesgo muy alto, alto, medio y bajo, tomando en cuenta las siguientes variables: intensidad de fracturamiento, número de personas con alguna discapacidad, hacinamientos por manzana, presencia de bloques de rocas sueltas y número de personas por manzana.

En el área de estudio ocurren dos tipos de desprendimientos: falla por volteo y falla plana. Para obtener mejores resultados en el modelado del mapa de susceptibilidad se evaluaron por separado la condiciones que representan situaciones estables o inestables para cada caso.

Para los desprendimientos por falla plana, el ángulo diferencial será obtenido a partir de la diferencia entre el valor en grados de la pendiente del talud y la discontinuidad. De esta forma el rango de valores de ángulo diferencial a considerar es de 0° a -90°, esto significa que el ángulo de la pendiente es mayor que el ángulo del echado de la discontinuidad, lo que favorece la ocurrencia de este tipo de desprendimiento, Para efectuar esta interpretación se considera el echado de la capa 47° NE y los 72° NE de la pendiente de talud o ladera según sea el caso, se realiza la diferencia considerando como principal el dato de la capa o discontinuidad a la que se refiera, en el caso que se muestra se trata de un dato de estratificación en una secuencia de arenisca y caliza delgada, el resultado final es de -15°, lo que demuestra la existencia de deslizamientos por falla plana (figura 5.4.1, 5.4.1a), la característica principal de este tipo de deslizamiento es que siempre se van a encontrar en la misma dirección tanto de la capa como del talud.

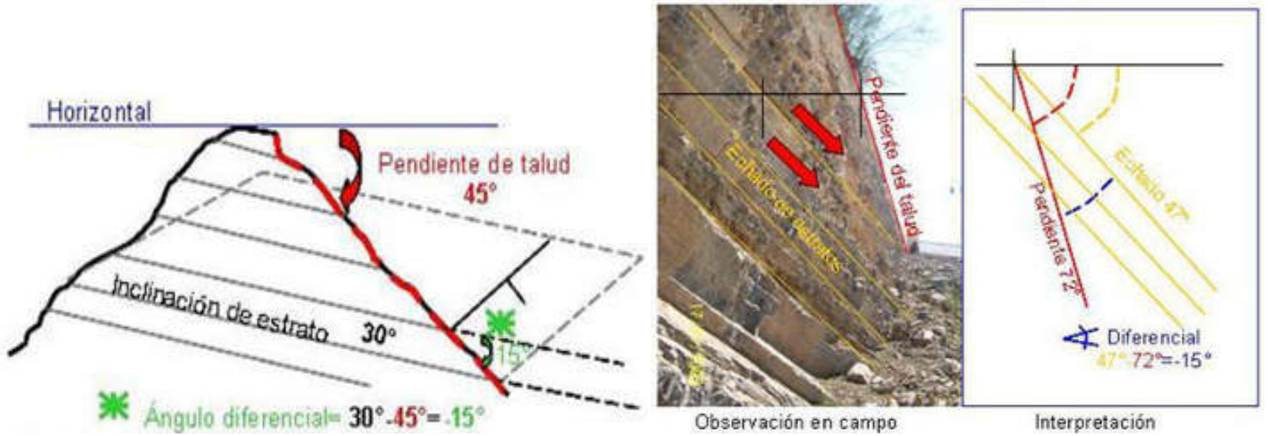
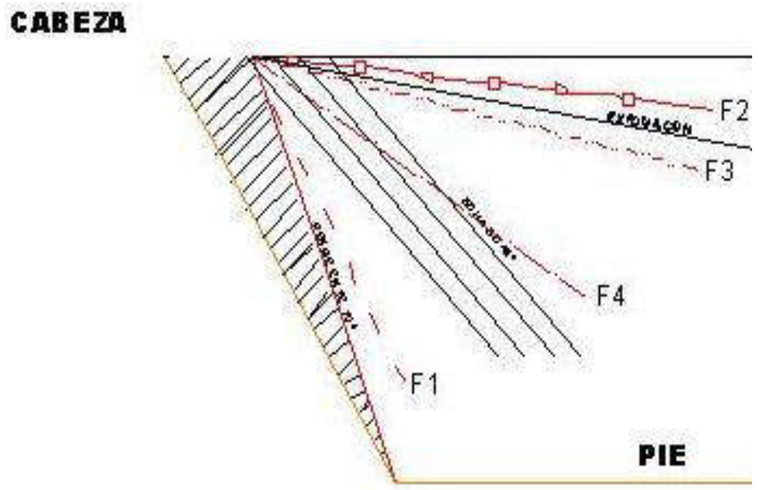


Figura 5.4.1b. A la izquierda, esquema del manejo de datos para determinar el ángulo diferencial; al centro, discontinuidades (amarillo) y pendiente de ladera (rojo); al lado derecho, en la interpretación, ángulos de cada una de ellas, para la obtención del ángulo diferencial que determina la inestabilidad por falla planar.



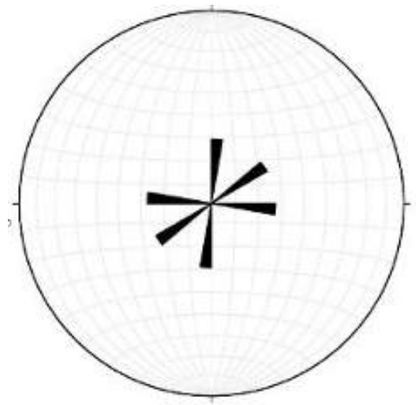


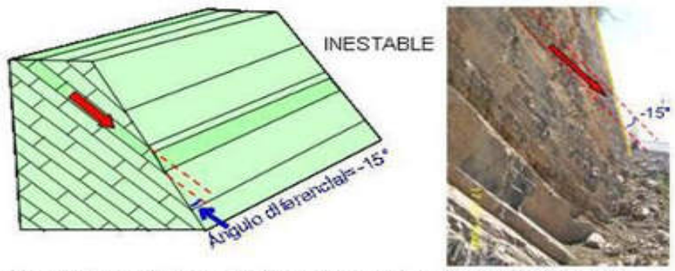
Figura 5.4.1c. Detalle de fracturamiento típico que se presentan en la zona. En el centro, fotografía de ladera donde se observa el sistema de fracturas que se deslizarán sin una obra de mitigación adecuada. A la derecha, la rosa de fracturas correspondiente al talud analizado.

El ángulo entre rumbo de ladera y rumbo de echado de la discontinuidad es un factor de suma importancia para conocer el arreglo geométrico de los elementos que conforman una ladera y la probabilidad de que estos generen un PRM. A diferencia del ángulo diferencial, el cual es un ángulo vertical, el ángulo entre rumbo de ladera y rumbo del echado, es un ángulo horizontal que se mide con respecto al norte geográfico.

El ángulo entre rumbos es entonces, la relación angular que existe entre la dirección de buzamiento de ladera y la dirección de buzamiento de estratos, de esta forma, el ángulo ente rumbos puede adoptar valores desde 0° hasta 360°, en donde las situaciones que estos valores reflejan pueden o no influir en la ocurrencia de un desprendimiento.

La dirección del buzamiento de ladera se mide con respecto al norte geográfico y puede ser de 0° a 360° o utilizando los cuadrantes generales NE, SW, NW y SE, este dato siempre va a corresponder a la horizontal, en el ejemplo se está considerando 15° o 15° NE, según se aplique. El caso de la intensidad del buzamiento de ladera en general está referido a la vertical. Para que pueda suceder un desprendimiento de este tipo el ángulo de la discontinuidad debe estar en contra del corte de la pendiente de talud, figuras 5.5.1e. 5.4.1f.

Para la evaluación del ángulo entre rumbos es necesario agrupar los valores azimutales de las direcciones de buzamiento de ambos, ladera y estratos, en intervalos de 45°, de esta forma se obtienen ocho direcciones preferenciales que pueden ser comparadas entre sí con la finalidad de conocer su comportamiento y la influencia de éste en los PRM. Luego, la relación angular entre la ladera y los estratos puede ser: 1) Paralelos a favor, esto es, que tanto la ladera como los estratos se inclinan en la misma dirección y sin diferencia angular, 2) Oblicuos a favor, donde ambos elementos buzan con direcciones a 45° entre sí, 3) Perpendiculares, situación en la que existe un ángulo horizontal de 90° entre ambos, 4) Oblicuos en contra, donde la diferencia angular de dirección de buzamiento es de 135° y 5) Paralelos en contra, donde la diferencia de direcciones de buzamiento es de 180°.



Bloque diagramático explicativo, como se visualiza en campo de una situación inestable

Los casos mas frecuentes y característicos de condiciones estables estratificación subhorizontal con talud semiperpendicular y subvertical con talud paralelo

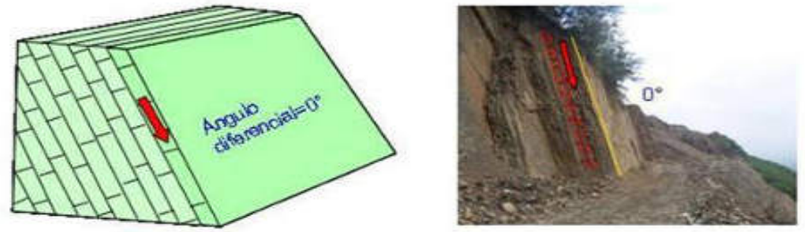


Figura. 5.4.1d. Ejemplos esquemáticos e imágenes de las situaciones inestables y estables de la zona. Para los desprendimientos por volteo, el ángulo diferencial se determina considerando tanto el ángulo de pendiente de talud como de la discontinuidad, los valores se suman para, posteriormente, restarlo a 180 grados.

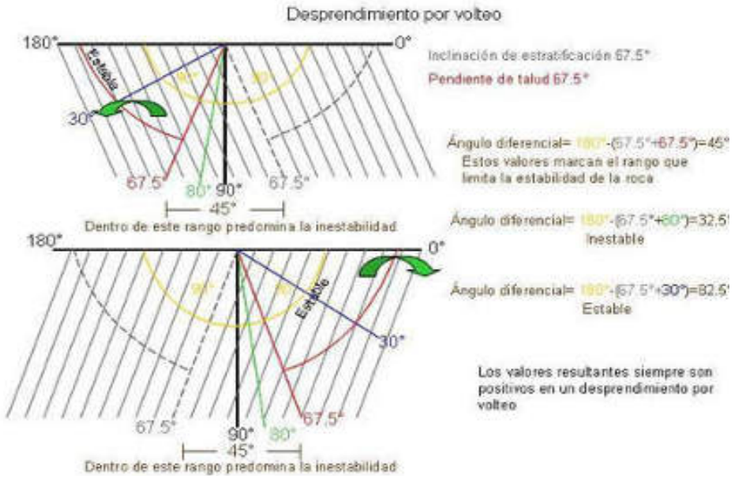


Figura 5.4.1e. Explicación de la obtención del ángulo diferencial para los desprendimientos por volteo. De esta forma, el rango de valores a considerar para el desprendimiento por volteo es de 0° a 90°, en el que, cuando los valores se acercan a cero la situación es más inestable y puede ocurrir el desprendimiento, a medida que los valores son cercanos a 90° la situación se vuelve más estable.

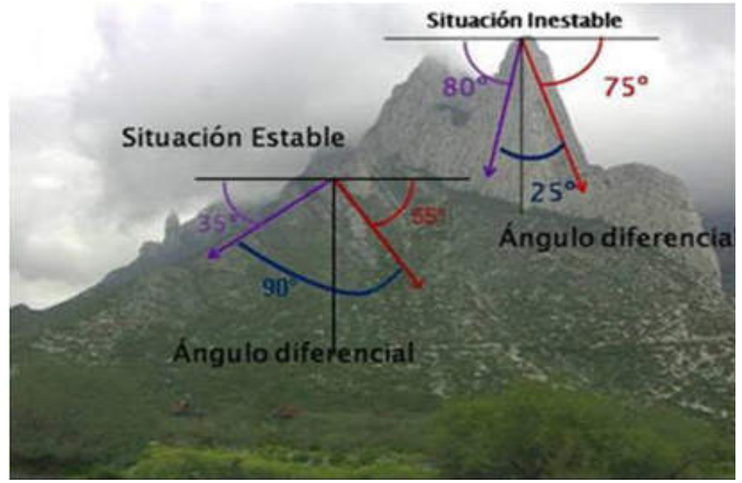


Figura 5.4.1f. Cañón de La Huasteca. A la derecha, situación inestable para desprendimientos por volteo, tanto la pendiente, como la estratificación tienen una fuerte inclinación, lo que hace que el ángulo diferencial; sea pequeño hacia la izquierda, el ángulo diferencial se vuelve estable si su valor es de 90°.

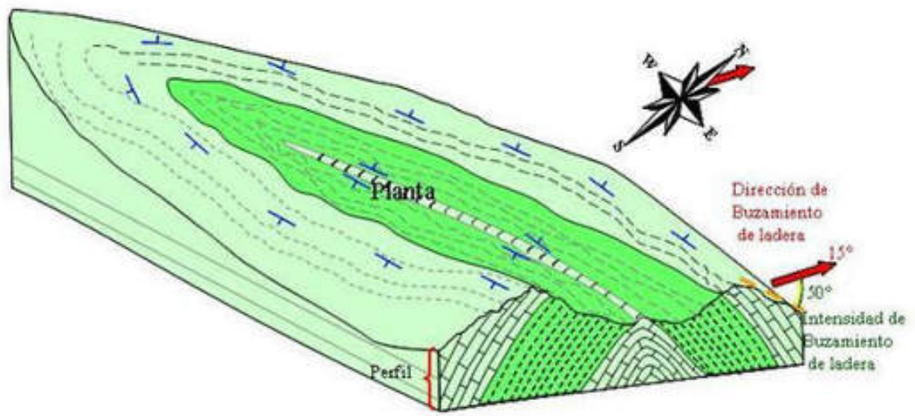


Figura 5.4.1g. Bloque diagramático que representa la dirección e intensidad de buzamiento de la ladera.

5.5. Flujos

Las características de este tipo de deslizamiento es que se registran en época de lluvia, en zonas donde se encuentran almacenamientos de agua o jales mineros. Por las condiciones de este terreno es poco factible que se presente este tipo de deslizamiento en el municipio de General Escobedo, Nuevo León, no es muy común la mayoría de los casos están asociados a erosión hídrica. En la fotografía 5.5., se muestra un caso típico de este evento.

Fotografía 5.5. Las casas se ven afectadas por los escurrimientos pluviales, existen construcciones dentro de la cañada, en la parte alta se localiza un tanque de agua, de 3000m^3 la caseta del tanque se encuentra socavada, y la losa esta fracturada. Este evento está relacionado con erosión hídrica. Ficha técnica (FEH-01, Lomas de Aztlán Fomerrey 153. Calle los Cristales).

5.6. Caídos o derrumbes

Los derrumbes se generan por la presencia de materiales sueltos alojados en sitios de pendientes mayores a los 45°, pueden estar constituidos por fragmentos del tamaño de arenas a bloques de hasta 2 ó 3 metros. El volteo se trata de un desprendimiento de material rocoso con pendientes sub-verticales, los volteos pueden ser por gravedad y flexión, fotografías 5.6a, 5.6b.5.6c y 5.6d.

En la base y la inclinación del talud son clara evidencia de la inestabilidad y alto riesgo. En la colonia Pedregal San Agustín las rocas han respondido en gran parte a los fenómenos de erosión y actuado de alguna manera para propiciar los desprendimientos de bloques por falla plana.

Fotografía 5.6.1a, b El fracturamiento separa un bloque con alta posibilidad de deslizamiento. Los bloques desprendidos de calizas correspondientes a la Formación Aurora, tienen la característica de ser muy susceptibles al intemperismo y a la erosión por lo tanto es factible a los deslizamientos e incluso a los derrumbes. (FTDES-05, FTDES-06, FTDES 13, FTDES 15, FTDES-20).

Fotografía 5.6.1c, 5.6d. La posición vertical, dimensión y fracturamiento del bloque, así como el grado de erosión e intemperismo.

5.7. Hundimientos y subsidencias

Se caracteriza por depresiones en el terreno, originados principalmente por colapso producto de la disolución de carbonatos, componente principal de las rocas que afloran en la región las cuales al contacto con el agua tienden a disolverse formando cavidades en la superficie (dolinas, uvalas y poljés) y en interior de las estructuras plegadas llegan a formar cavidades, la más famosa por estos lugares son las Grutas de García, también hay innumerables cuevas y oquedades que patentan este hecho, éstas cavidades son importantes porque en ocasiones generan hundimientos por el desplome de sus techos. En el área correspondiente al municipio de General Escobedo no ha sido detectado algún sitio que presente este tipo de fenómeno.

5.8 Agrietamientos

Según el CENAPRED, el agrietamiento del terreno es la manifestación superficial, y en ocasiones a profundidad, de una serie esfuerzos de tensión y distorsiones que se generan en el subsuelo debido a las fuerzas y deformaciones inducidas por el hundimiento regional, la desecación de los suelos, los deslizamientos de laderas, la aplicación de sobrecargas, la ocurrencia de sismos, la presencia de fallas geológicas, la licuación de suelos, la generación de flujos subterráneos, las excavaciones subterráneas, entre otros. Se trata de un fenómeno que difícilmente podría ocurrir de manera espontánea, por lo que su origen siempre está ligado a otro fenómeno que lo detona. Así como también son fenómenos difíciles de predecir debido a que su determinación requiere del conocimiento preciso de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del conocimiento del nivel freático y de su variación con el tiempo y de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno, entre otras. . En el área correspondiente al municipio de General Escobedo no ha sido detectado algún sitio que presente este tipo de fenómeno.

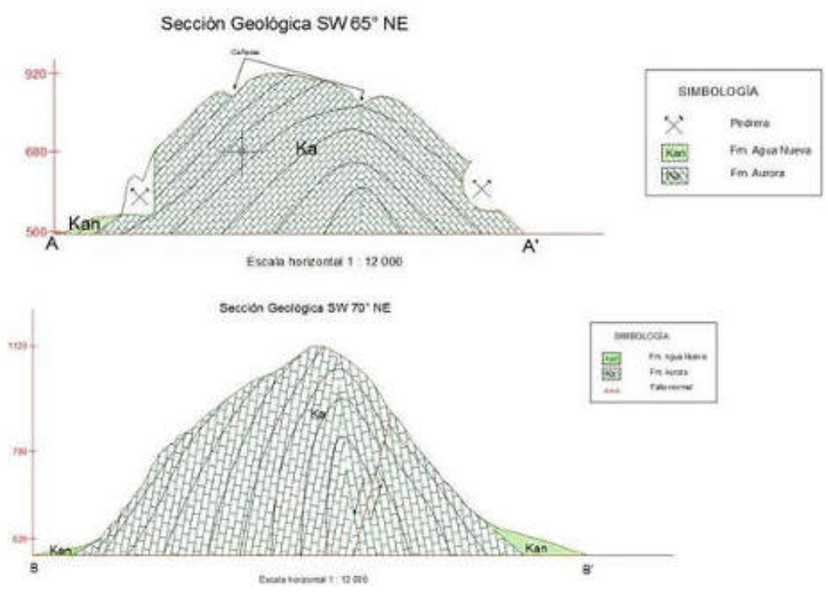
5.9. Estructura cartográfica para zonificación de amenaza por fenómenos geológicos en el municipio de General Escobedo, N.L.

Los peligros geológicos y geomorfológicos son aquellos generados por las fuerzas de la naturaleza en el interior o en la superficie terrestre (Ordaz, 1996; Oropeza, *et al.*, 2001). Su origen está determinado por procesos naturales de tipo endógeno, son aquellos que tiene lugar en el interior de la Tierra, dan lugar a fenómenos como sismos, tsunamis y volcanes. Los de tipo exógeno que se presentan en la superficie terrestre debido a las acciones del aire, el sol, la lluvia, la vegetación, el relieve, la pendiente del terreno y otros factores que contribuyen como el tipo de rocas (Lundgren, 1973).

La identificación de los peligros naturales se ha llevado a cabo mediante una metodología que ha permitido determinar la ubicación y las características de los eventos naturales aislados, su agrupación en un mapa temático que contiene atributos descriptivos únicos de cada tema, que describen a los elementos espaciales representados; su ordenamiento dentro de un sistema de información geográfica ha llevado a la definición de una base de datos de peligros naturales para su consulta y despliegue de una forma rápida y sencilla. Comprende los temas de: peligros y riesgos por fallas y fracturas geológicas, erosión, deslizamientos, flujos de lodo. La identificación de los peligros como eventos o fenómenos individuales y aislados ha permitido la interpretación y regionalización de zonas de riesgo mitigables y no mitigables.

5.9.1. Mapa geológico

Mediante el trabajo de cartografía se identificaron las diferentes unidades que componen el área de estudio debido a que cada una de ellas ofrece propiedades geomecánicas particulares. El área de estudio correspondiente al Cerro del Topo Chico, está conformado por una estructura abovedada con pendientes muy pronunciadas en sus flancos. En la figura 5.9.1. se muestra detalladamente cada uno de los rasgos estructurales que conforman el Anticlinal del Cerro del Topo Chico, la toma de 53 datos estructurales en campo permite definir el patrón estructural que rige dicho anticlinal. En dicho plano se muestra un par de fallas normales de primer orden, en las secciones geológicas se observa claramente cada una de ellas. Figuras 5.9.1, 5.9.1a y 5.9.1b.



Figuras 5.9.1. Secciones geológicas Cerro del Topo Chico.

Figura 5.9.1a. Plano geológico del Cerro del Topo.

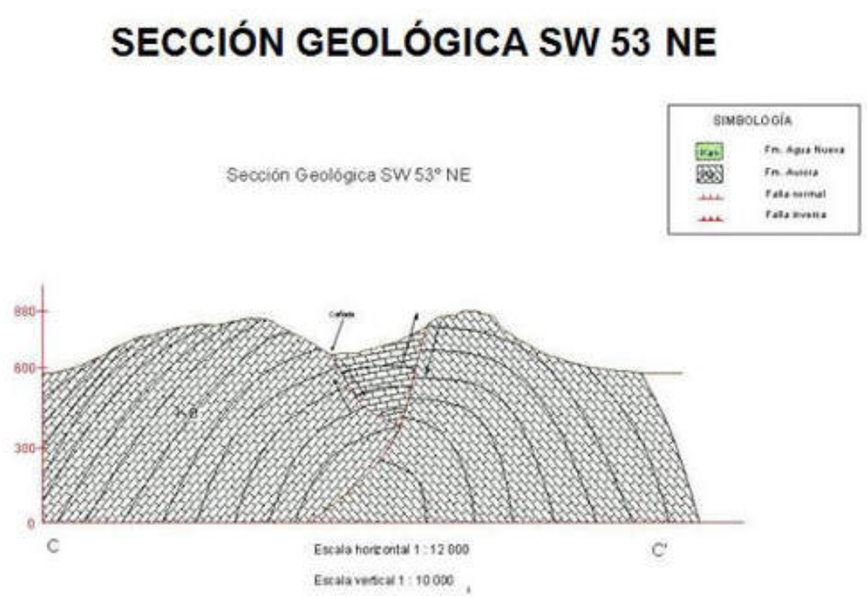


Figura 5.9.1b. Sección C- C´.

La Falla El Topo localizada en la parte noroeste de la estructura, su rumbo es W-E franco, los relices de falla se observan claramente en las calizas correspondientes a la Formación Aurora, mientras que los plegamientos se muestran claramente en la Formación Agua Nueva, la cual está aflorando en las excavaciones realizadas en el Fraccionamiento Serranías entre las calles Sierra Catana y Cerro del Topo. El patrón de fracturamiento que domina en la estructura del Cerro del Topo Chico NE- SW y NW-SE. En las secciones geológicas se observa la secuencia sedimentaria que predomina en el Anticlinal del Topo. Chico.

El modelo geodinámico que dio lugar a la formación del Anticlinal del Topo Chico provocó un sistema de diaclasas de tipo ortogonal y conjugadas. En función del ángulo diedro que formen las distintas familias, podemos clasificar los sistemas en ortogonales (diedro 90°) o en conjugados (si el valor del diedro se sitúa entre 30° y 60°), como se muestra en las fotografías anexas. No hay una regla que determine cuál es el espaciado mínimo o máximo para considerar sistemáticas a una serie de diaclasas, pero por lo general se admite que deben de estar lo suficientemente juntas como para poder ver varias de ellas en el mismo afloramiento. Ver Plano geológico. En las fotografías 5.9.1a, 5.9.1b y figura, 5.9.1d se muestra el patrón de fracturamiento dominante en el Anticlinal del Cerro del Topo Chico.

Fotografías 5.9.1a y b. Figura, 5.9.1d. Sistemas de fracturas presentes en el área.

Los estratos superficiales son los más expuestos a los efectos del intemperismo, estas capas muestran tres planos de discontinuidad principalmente, dos de ellos corresponden al fracturamiento mostrado en el estereograma de la figura 5.19c el cual denota un ángulo de abertura entre estos planos de 95° promedio, la tercer discontinuidad es el plano de estratificación que es paralelo al plano de la pendiente del Cerro del Topo Chico, en la parte correspondiente al municipio de General Escobedo, N.L.

El desprendimiento y rodamiento de los bloques depende de los procesos geológicos de desintegración y de las acciones antrópicas sobre el área. La roca como ya se comentó, fractura en dos direcciones preferenciales, estas fracturas se rellenan con suelo, el cual da origen al crecimiento de vegetación, la respiración de la raíces produce la acumulación de CO_2 en el suelo, que a su vez este, en combinación con el agua de lluvia, produce los ácidos carbónicos que disuelven el carbonato de calcio de la roca caliza (carsticidad), ensanchando así la fractura, este ensanchamiento es favorecido por la acción mecánica de las raíces de los arbustos que crecen en la zona, posteriormente El desprendimiento y rodamiento de los bloques depende de los procesos geológicos de desintegración y de las acciones antrópicas sobre el área.

5.9.2. Mapa de derrumbes asociado a pendientes

La altimetría comprende la información que describe el relieve de la superficie terrestre y está definida por las curvas de nivel. Para la zonificación de las áreas de sensibilidad geológica en el área de estudio se tomaron los valores de las cota de elevación sobre el nivel del mar a partir de 1035.00 m.s.n.m. donde la pendiente es mayor de 35°. El método para la realización del mapa de pendientes ha sido el de intervalos móviles de DENNESS (1976), basado en la separación entre curvas de nivel, mediante la utilización de una regleta graduada. En la tabla 14 se representan los valores obtenidos para la estructuras del Cerro del Topo Chico y Cerro de San Miguel; los valores con mayor pendiente se localizan en los flancos de las estructuras. En las figuras 5.9.2 y 5.9.2a se observan los planos de derrumbes siendo el parámetro principal la pendiente relacionada con la densidad de población.

Además de la pendiente, otro parámetro que se tomó en cuenta para zonificar el área de estudio; fue la densidad de población la cual varía desde 0-5535, 5536- 14716, 14717- 24064, 24065- 32871, 32872- 81237 habitantes por Km^2.

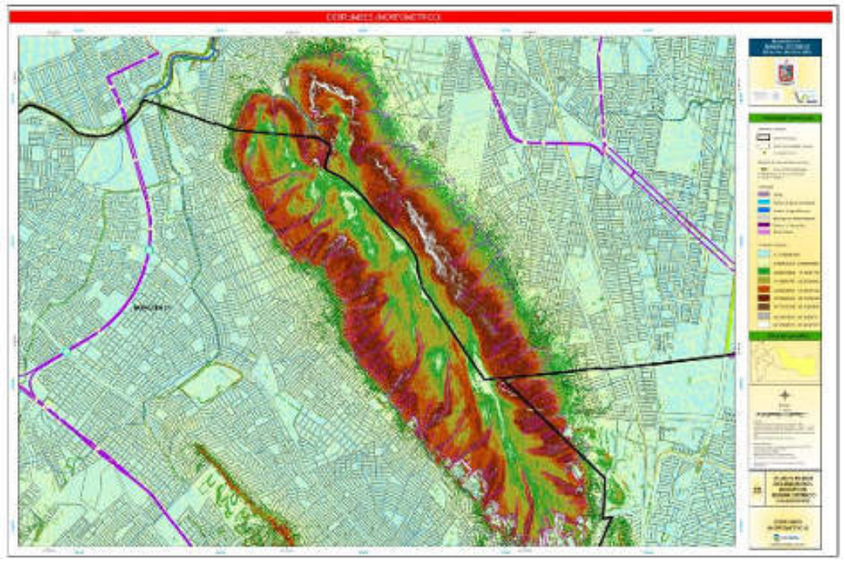


Figura 5.9.2 Derrumbes según pendiente en Cerro Topo Chico.

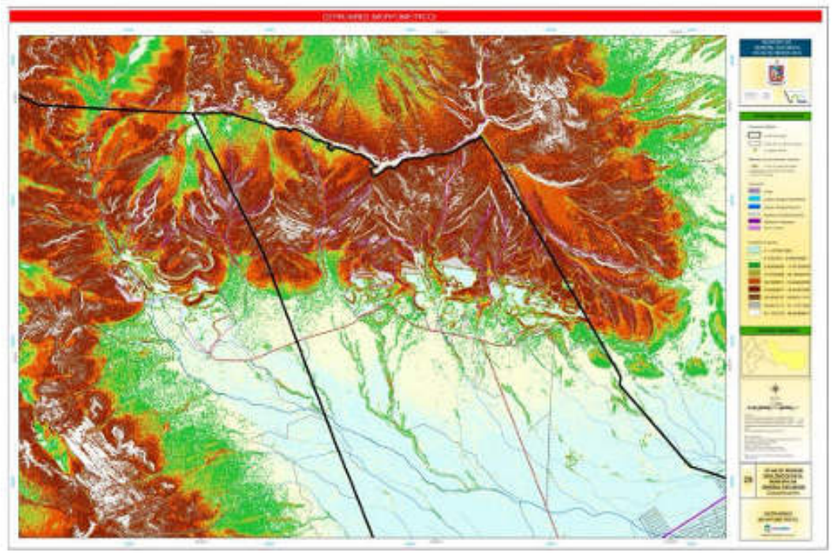


Figura 5.9.2a. Derrumbe según pendientes en Cerro San Miguel.

Tabla 14. Rangos de oscilación de las pendientes en los cerros El Fraile- San Miguel y Topo Chico.

Rango	Grados	Porcentaje
1	0.00-10.00	22.2
2	11-20	44.4
3	21- 30	66.6
4	31 - 40	88.8
5	41-59	133.3
6	60-85	188.88

En el plano 32 relacionado con derrumbes a partir de análisis multicriterios, se establece que, a partir de la elaboración de los planos de pendientes, se encuentra una relación directa mediante tres variables (deslizamiento, vivienda e intensidad del fenómeno). En la tira marginal del plano se describen de manera detallada cada uno de los eventos geológicos analizados en campo en el municipio de General Escobedo, N.L. Los deslizamientos, los derrumbes y la erosión hídrica la mayor parte de ellos son de intensidad alta. Figura 5.9.2b.

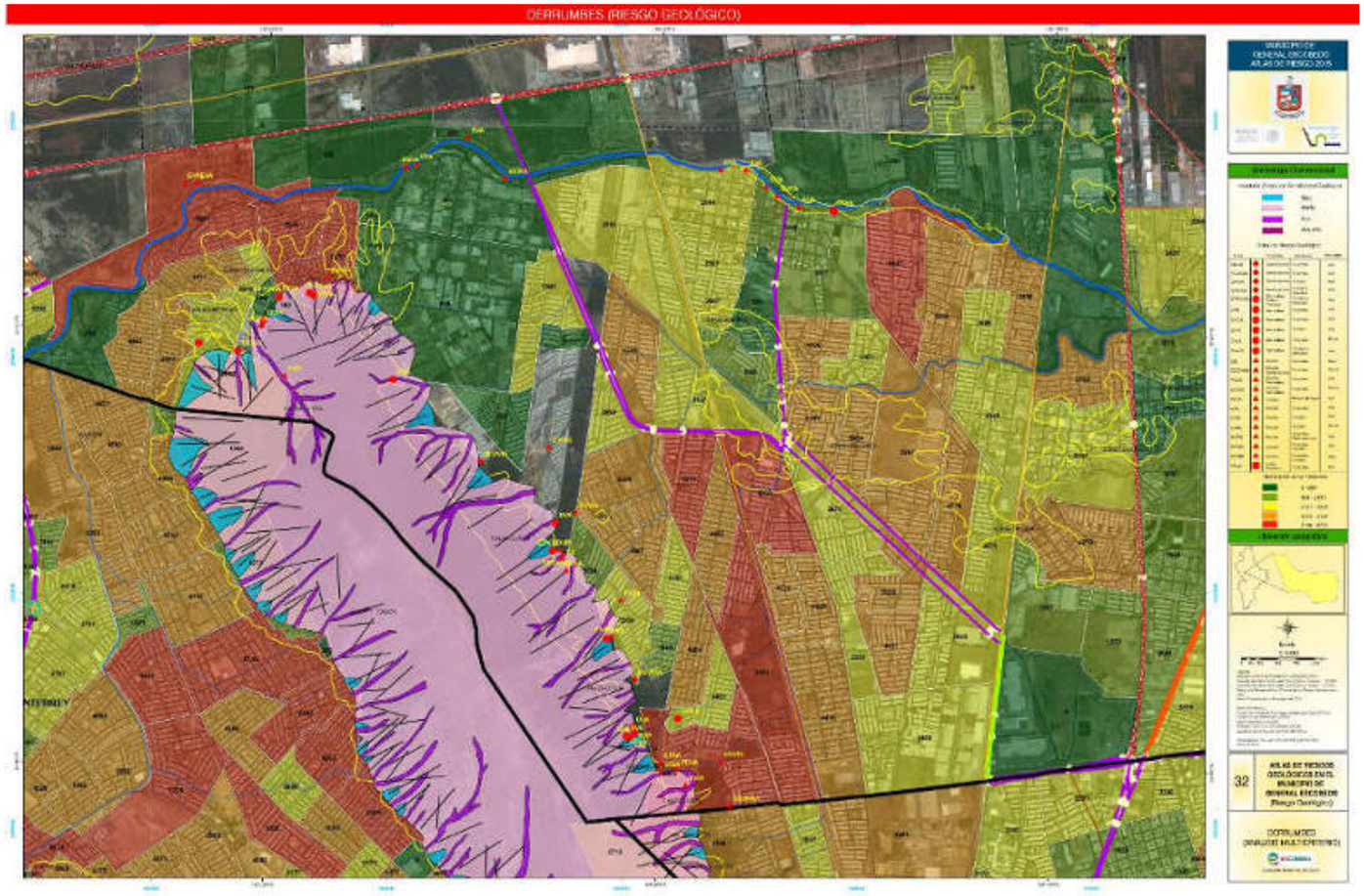


Figura 5.9.2b.Plano 32. Derrumbes análisis multicriterios.

5.9.3 Mapa de sensibilidad geológica en los cerros del Topo Chico y San Miguel en el municipio de General Escobedo, N.L.

El análisis de la amenaza es una tarea compleja dado que muchos factores pueden jugar un papel importante en la ocurrencia del fenómeno (evento). El análisis requiere así, de una gran cantidad de información y las técnicas pueden ser variadas para la elaboración del mapa de zonificación de la amenaza por fenómenos de deslizamiento de bloques en zonas de ladera y de cañadas en el Cerro del Topo Chico, aplicando la metodología de Cantillo (1988).,se evaluaron los siguientes parámetros:

a) Presencia de fallas y fracturas
b) Pendientes mayores de 35%
c) Tipo de roca
d) Grado de intemperismo
e) Invasión de cañadas
f) Zonas de taludes inestables (pedreras)
g) Nivel de erosión

La unión de cada uno de los parámetros anteriormente descritos permite la elaboración del Plano de Sensibilidad Geológica, en dicho plano se ha logrado determinar que la mayoría de las amenazas están vinculadas con cañadas, deslizamientos de bloques y, en tercer lugar, con pedreras; sobre todo aquellas que están invadidas por posesionarios. A partir de los factores analizados se han establecido los siguientes rangos de susceptibilidad en el Cerro del Topo Chico y en el Cerro de san Miguel con apego a la normativa que establece el CENAPRED 2014: Muy alto, Alto, Medio y Bajo. Figuras 5.9.3 y 5.9.3a.

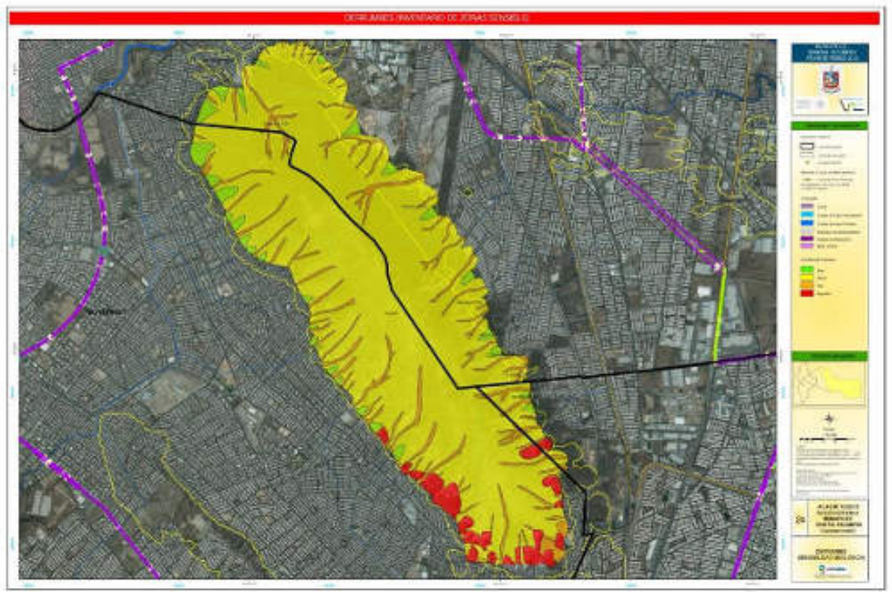


Figura 5.9.3. Sensibilidad geológica Cerro del Topo Chico.

Figura 5.9.3a. Sensibilidad geológica Cerro de San Miguel.

5.9.4. Mapa de riesgos geológicos en el Cerro del Topo Chico

Los peligros geológicos y geomorfológicos son aquellos generados por las fuerzas de la naturaleza en el interior o en la superficie terrestre (Ordaz, 1996; Oropeza, *et al.*, 2001). Su origen está determinado por procesos naturales de tipo endógeno y exógeno, los primeros tiene lugar en el interior de la tierra, están asociados con sismos, tsunamis y volcanes. Los de tipo exógeno que se presentan en la superficie terrestre debido a las acciones del aire, el sol, la lluvia, la vegetación, el relieve, la pendiente del terreno y otros factores que contribuyen como el tipo de rocas (Lundgren, 1973).

La identificación de los peligros naturales se ha llevado a cabo mediante una metodología que ha permitido determinar la ubicación y las características de los eventos naturales aislados, su agrupación en un mapa temático que contiene atributos descriptivos únicos de cada tema, que describen a los elementos espaciales representados; su ordenamiento dentro de un sistema de información geográfica ha llevado a la definición de una base de datos de peligros naturales para su consulta y despliegue de una forma rápida y sencilla. Comprende los temas de peligros y riesgos por fallas y fracturas geológicas, erosión, deslizamientos, flujos de lodo. La identificación de los peligros como eventos o fenómenos individuales y aislados ha permitido la interpretación y regionalización de zonas de riesgo mitigables y no mitigables.

A partir del análisis estructural y morfotectónico del Cerro del Topo Chico se logró establecer que los peligros en dicha estructura están estrechamente vinculados a laderas, cañadas y pedreras. En el Plano 36 de Riesgos Geológicos se muestra claramente cada uno de los elementos a que están asociados cada uno de los aspectos morfológicos del Anticlinal del Topo Chico. Ver Mapa de Riesgos. En la tabla 5.24., de remediación y mitigación de riesgos por rodamiento de bloques, deslizamiento de taludes y transporte de bloques en zonas de cañada se describen claramente cada uno de los peligros en el Cerro del Topo Chico, a la vez se analiza el problema y la técnica recomendada para la mitigación del riesgo. Figura 5.9.4.

En dicho plano se plasman las áreas con alto riesgo geológico, el cual incorpora consideraciones socio-económicas, y se define como las pérdidas potenciales debido a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras). Para la evaluación del riesgo se tomó en cuenta la densidad de población que está sujeta a este tipo de evento, el cual puede ser expresado por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costos y exposición y se puede expresar de la siguiente manera: R = P x V x C.

En la tira marginal se describen de forma detallada cada uno de los conceptos manejados para la elaboración de este plano: Clave, Fenómeno, Afectación e Intensidad. Otro dato importante es la distribución de la población a partir del nivel de riesgo. 0-867, 868-2150, 2151- 3522, 3523- 5137, 5138- 8751. Estando bien ubicadas las zonas de riesgo y de sensibilidad geológica (Baja, Media, Alta y Muy Alta). Ambos planos responden a zonas habitacionales de bajos recursos así como a infraestructura precaria en el tipo de vivienda, la mayor parte está relacionada con desarrollos irregulares.

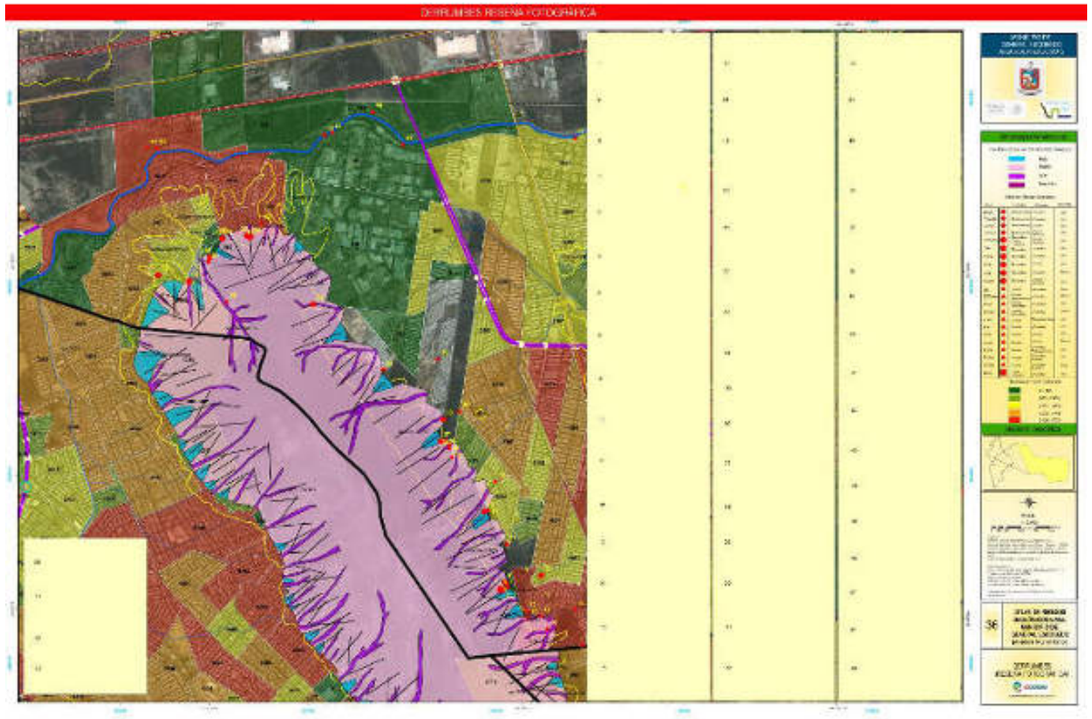


Figura 5.9.4. Plano 36. Riesgos geológicos en el Cerro del Topo Chico.

El riesgo geológico deriva de la acción habitual de los procesos naturales, los cuales pueden ocurrir con distintas magnitudes. En su ocupación el ser humano ha creado estructuras y estrategias para evitar o al menos minimizar el impacto de estos procesos, de manera que solamente haya pérdidas cuando éstos se manifiesten con magnitudes extraordinarias. El concepto de riesgo se refiere a la cantidad de pérdidas potenciales debidas a procesos naturales. Cuantitativamente, el riesgo(R) viene dado por el producto entre la peligrosidad (P), la vulnerabilidad (V) de los elementos (bienes) expuestos y el costo de los mismos(C). R = P x V x C.

Partiendo de la información que se generó en la etapa de diagnóstico y caracterización, se realizó la conceptualización de los modelos, conducentes a la zonificación de aspectos de estabilidad para la toma de decisiones.

Los parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo se realizaron de acuerdo a la normativa que establece el CENAPRED; en la (Tabla 14) se describen los tipos de riesgo detectados en el Cerro del Topo Chico y Cerro de San Miguel: en zonas de cañadas se logró clasificar los tipos de deslizamiento de bloques estrechamente vinculados con fracturas y rodamientos; el total de escenarios analizados fue de 53, de los cuales éstos corresponden a riesgo muy alto y alto. En zonas de laderas fueron identificados 26, en cañadas 24 escenarios relacionados con taludes producto de fracturamiento y volteos, siendo el riesgo identificado como alto y bajo. En zonas de pedreras se identificaron 3 escenarios asociados a fallas, fracturas y volteo, el riesgo identificado en esta zona se clasificó como alto. Ver plano de Riesgos. Tabla 15. Tipos de riesgos geológicos detectados en el municipio de General Escobedo, N.L.

Tabla 15. Tipos de riesgos determinados en el municipio de General Escobedo, N.L.

Tipo de escenario	Casos analizados	Deslizamientos							Clasificación de riesgos				Técnicas de remediación
		Bloques				Taludes							
		Falla	Fracturas	Rodamiento	Volteo	Falla	Fractura	Volteo	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Cañadas	24		x	x					x	x			Cajas disipadoras de energía, muros flexible a base de llantas de desecho
Laderas	26			x			x	x		x	x		Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast
Pedreras	3	x	x					x	x	x			Anclaje según lo amerite el caso

Mapa de Pendientes (30%). Mapa Geológico (20%), Inventario de deslizamientos y drenaje (35%) y mapa del uso del suelo (15%) a cada uno de estos planos se le dio un porcentaje de acuerdo a su importancia e impacto sobre cada escenario, tal como se observa en la tabla 16. Partiendo de la información que se generó en la etapa de diagnóstico y caracterización, se realizó la conceptualización de los modelos, conducentes a la zonificación de aspectos de estabilidad para la toma de decisiones y se muestran en la Tabla 16.

- Diseño de base de datos
- Ajuste de la información digital
- Análisis y modelamiento
- Evaluación e interpretación de los resultados

Tabla 16.Parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO
Relieve	Mapa de Pendientes	30%
Tipo de material	Mapa Geológico	20%
Procesos de degradación existentes	Inventario de deslizamientos y drenaje	35%
Susceptibilidad por efectos antrópicos	Mapa del uso del suelo	15%

Los procesos de degradación de los taludes rocosos (vulnerabilidad), se presentan como depósitos en la base de los escarpes rocosos (crestas) del macizo rocoso correspondiente a la Formación Aurora los cuales se encuentran presentes en toda el área del Cerro del Topo Chico, especialmente se muestran claramente en las zonas de las cañadas, los cuales se ven afectados por fenómenos como la meteorización, la existencia de una “cara libre” donde se presenta intensa fracturación y diaclasamiento.

A partir del modelo estructural del Cerro del Topo Chico, basado en información de campo, levantamiento de secciones geológicas apoyadas con imágenes de satélite y descripción de afloramientos, en la estructura correspondientes al Anticlinal del Topo Chico, se logró definir la presencia de una par de fallas de tipo Normal, dicho fallamiento y fracturamiento está asociado a esfuerzos compresivos y de distensión provocando plegamientos y deflexión en el buzamiento de la estructura, la colisión provocó en la estructura del Cerro del Topo Chico un sistema de rupturas en diferentes secciones de la sierra, prueba de ello es el plegamiento que se observa a la altura de las calles Sierra Catana y del Topo. Figura. 5.9.4a.

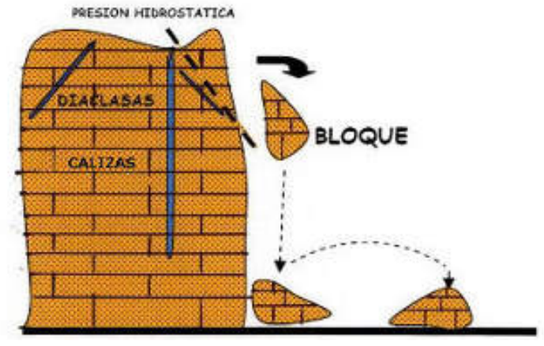


Figura. 5.9.4a. Degradación del macizo rocoso en el Cerro del Topo Chico.

5.9.4.1. Taludes intervenidos por actividades mineras

Por lo general se encuentran en frentes de canteras ya sean activas o abandonadas debido a que las actividades extractivas han modificado el talud donde se observan sobre empinamientos, fracturas, grietas de diversos tipos, bloques casi sueltos, estratos en grado variable de meteorización.

5.9.4.2. Mecanismos de falla del terreno

Se establecieron los siguientes factores principales:

- Pérdida de soporte del terreno por excavación y remoción de materiales en la parte inferior de la ladera, debido a la explotación de canteras.
- La acción de agua superficial, en forma de incrementos de las presiones de los poros, fuerzas de infiltración por flujo paralelo al talud, aumento del peso unitario por saturación y ablandamiento de los suelos arcillosos.
- La pendiente topográfica y el buzamiento promedio general, favorables al movimiento de las masas susceptibles a deslizarse.
- La degradabilidad de los materiales presentes en el área provocados por procesos de meteorismo tanto químico como físico en formaciones rocosas de origen calcáreo.
- Acción antrópica: Exploración de canteras, construcción de casas, caminos, en procesos que pueden abarcar excavaciones que conllevan a pérdidas de soporte, sobrecargas y aporte de agua al terreno. Figuras 5.9.4.2, 5.9.4.2a, 5.9.4.2b, 5.9.4.2c, 5.9.4.2d, 5.9.4.2e, 5.9.4.2f y 5.9.4.2g. Planos 24, 25, 26, 27, 28, 29 30 y 31.

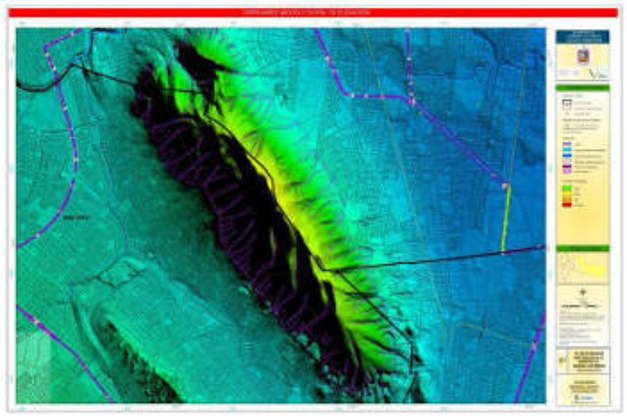


Figura 5.9.4.2 Plano 24. Derrumbes modelo digital de elevación.

Figura 5.9.4.2a. Plano 25. Pendientes Cerro del Topo Chico.

Figura 5.9.4.2b.Plano 26. Fallas y Fracturas Cerro Topo Chico.

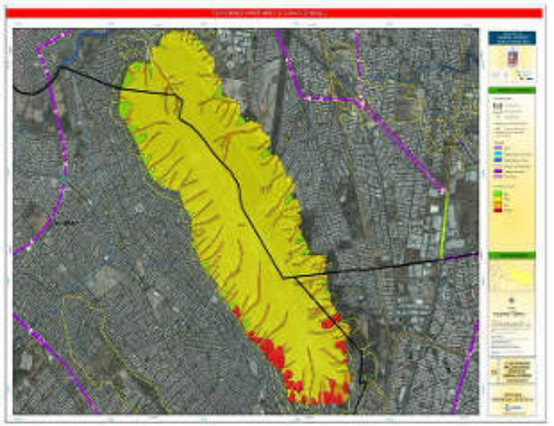


Figura 5.9.4.2c Plano 27. Sensibilidad geológica.

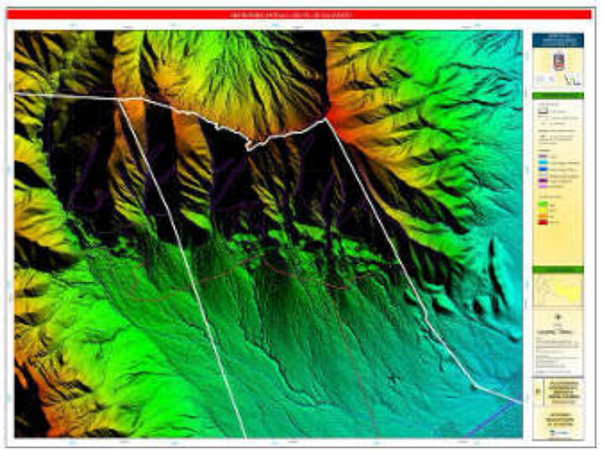


Figura 5.9.4.2d. Plano 28. Modelo digital de elevación.

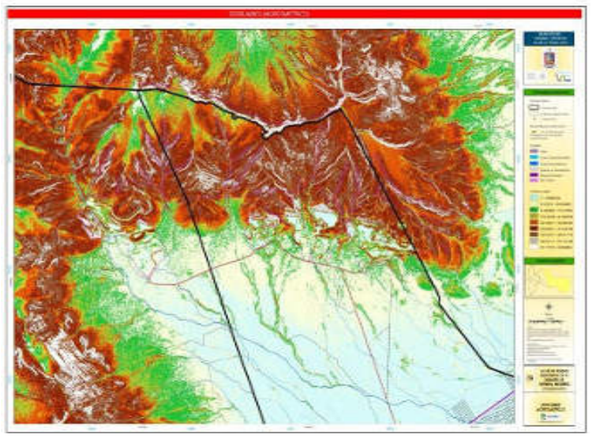


Figura 5.9.4.2e Plano 29.Pendientes Cerro San Miguel.

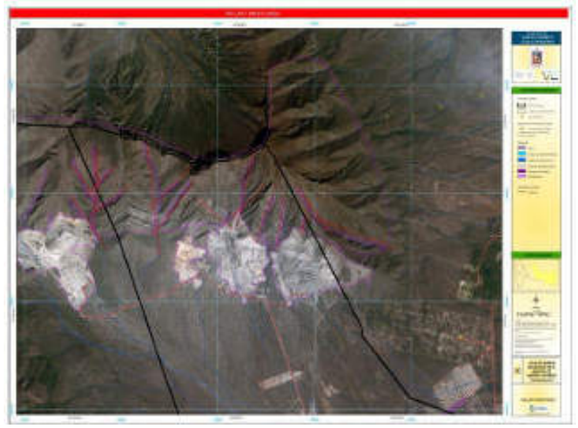


Figura 5.9.4.2f. Plano 30 Fallas y Fracturas Cerro San Miguel.

Figura 5.9.4.2g. Plano 31. Sensibilidad geológica.

5.9.5. Vulnerabilidad

En la elaboración del plano de vulnerabilidad mediante análisis multicriterios se contemplaron 5 variables que son: a) Intensidad de fracturamiento del macizo rocoso. b) Número de personas con algún tipo de discapacidad. c) Hacinamiento por manzana en %. d) Número de personas por manzana. e) Presencia de bloques sueltos de roca.

A partir de estos atributos se elaboró el Plano de vulnerabilidad, en él se plasman los sitios con color rojo relacionados con la intensidad del fracturamiento del macizo rocoso, el cual de acuerdo al análisis se le dio un ponderado de riesgo alto. El número de personas con algún tipo de discapacidad, se encuentra muy aislada en el municipio de Escobedo, su dispersión se localiza en la parte central y oriente de éste. El hacinamiento como otra variable se encuentra ubicada al noreste, norte y norponiente del municipio, el hacinamiento en % por manzana oscila entre 61.3- 100%. Este hacinamiento corresponde a zonas marginadas. La presencia de bloques en lo que corresponde al anticlinal del Cerro Topo chico es baja, aunque su fracturamiento es intenso, los bloques están calzados, la vegetación de la zona los protege de la erosión. La densidad de personas por manzana oscila entre 2151- 3522 y le corresponde el color amarillo, las áreas de color marrón su densidad de habitantes por manzana es mayor y varía entre 3523-5137 personas. En la figura 5.9.5. se muestra el Plano de vulnerabilidad.

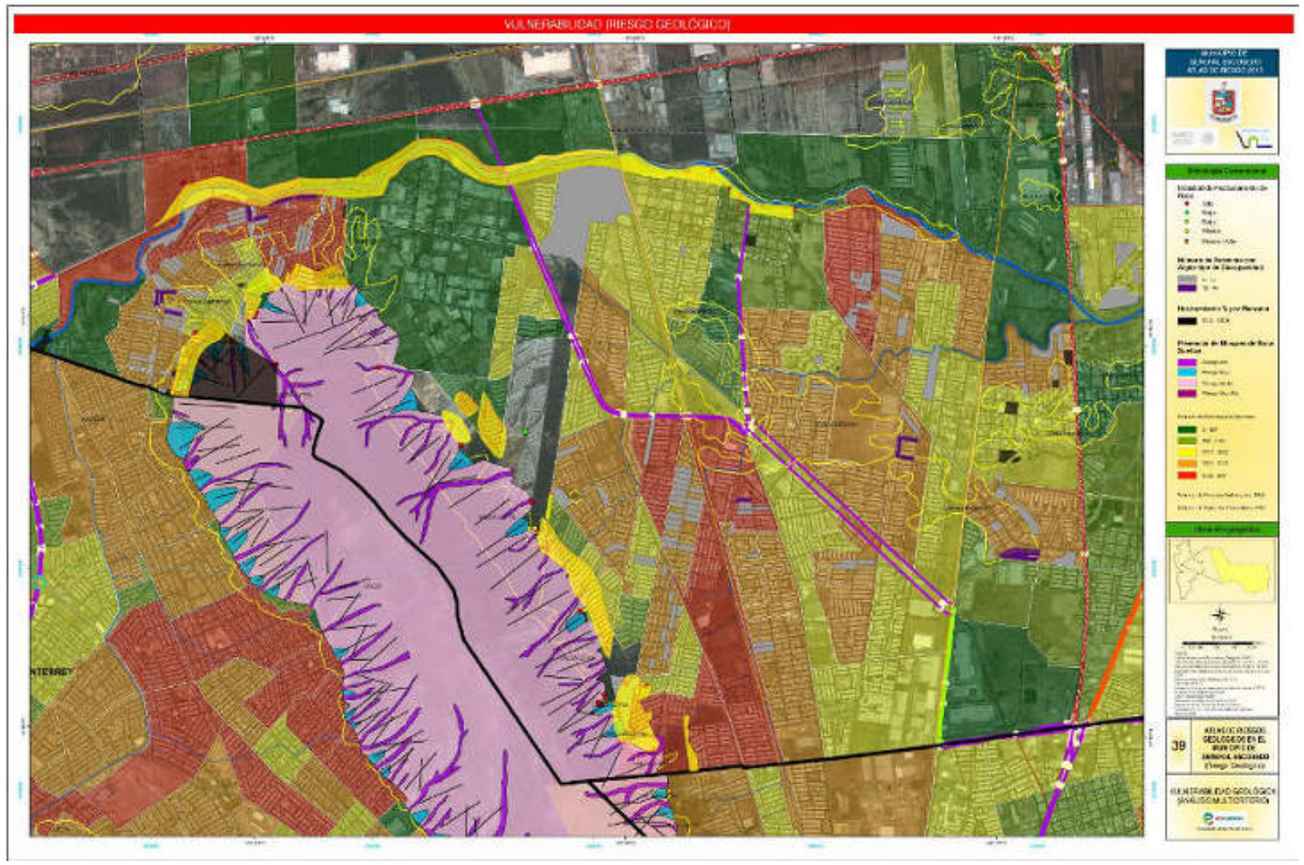


Figura 5.9.5. Plano 39.Vulnerabilidad en el municipio de General Escobedo, N.L.

5.10. Ondas cálidas y gélidas

Son las variaciones opuestas de temperatura que originan el aumento o descenso de la misma y repercutiendo en las actividades normales del habitante de tal o cual zona. Para el municipio de Escobedo, los registros de las estaciones climatológicas más cercanas a la zona, es decir, la estación 19004 y 19052, han reportado temperaturas máximas mensuales que oscilan en registro histórico entre 39-42°C.

El mapa de isolineas representado en la figura 5.10, muestra la distribución espacial de las temperaturas máximas que se han presentado en el territorio municipal de General Escobedo Nuevo León, elaborado a través de la interpolación de los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas, representativas y que cumplían con un mínimo de registro de datos de 30 años. Como se puede observar en la figura 5.10, la zona poniente del municipio registra un diferencial de 1° C mayor de temperatura en relación a la zona oriente.

Tabla 17. Vulnerabilidad por altas temperaturas		
Temperatura	Designación	Vulnerabilidad
>35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconsciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.

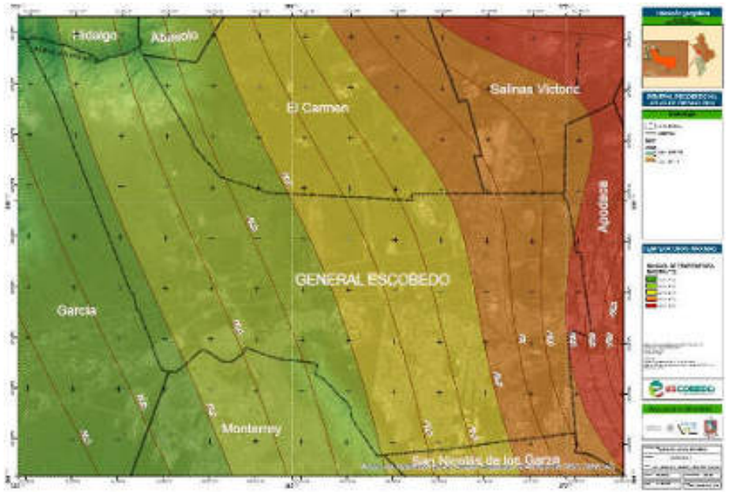


Figura 5.10. Temperaturas máximas.

Las ondas gélidas asociadas a bajas temperaturas representadas en isolineas en la figura 5.10, corresponde a la interpolación de los datos de las estaciones aledañas más cercanas y que cumplen con los requisitos para su mapeo, como se puede observar, las temperaturas mínimas presentadas en la zona se encuentran en el orden de 1.5° C a 0.6 °C, sin embargo es importante mencionar que en días particulares las temperaturas en el municipio si descendieron de los 0°C.

El frío intenso causa severa morbilidad y mortalidad de importancia en la salud pública, para ello es conveniente identificar cuáles son aquellas enfermedad que de forma directa son las causantes de los decesos durante el invierno, entre ellas se encuentran la hipotermia, la congelación, el dolor de cabeza, los padecimientos de las vías respiratorias, la urticaria del frio, los ataques cardiacos, la intoxicación de monóxido de carbono y las quemaduras. (Martín Jiménez Espinosa) Con los datos obtenidos a partir del nivel uno se ajustó una distribución de probabilidades de ocurrencia de valores extremos para cada una de las variables, Las siguientes imágenes muestran los mapas de peligro asociados a distintos periodos de retorno. Con los datos obtenidos a partir del nivel uno se ajustó una distribución de probabilidades de ocurrencia de valores extremos para cada una de las variables, Las siguientes imágenes muestran los mapas de peligro asociados a distintos periodos de retorno. Figuras 5.10a hasta la 5.10j.

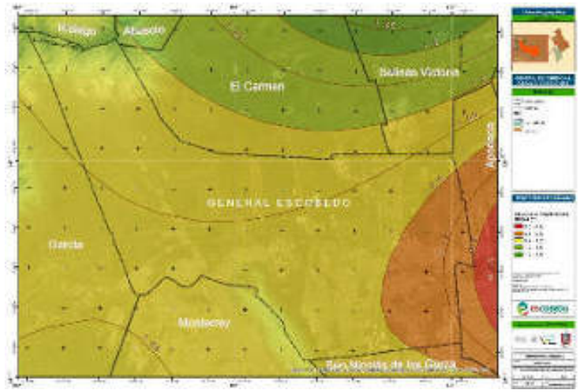


Figura 5.10a. Temperaturas mínimas.

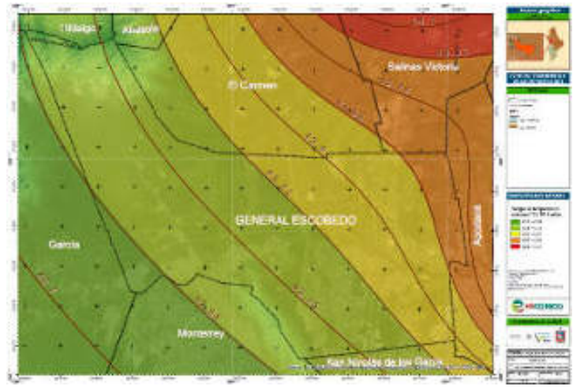


Figura 5.10b. Peligro ondas cálidas TR 5 años.

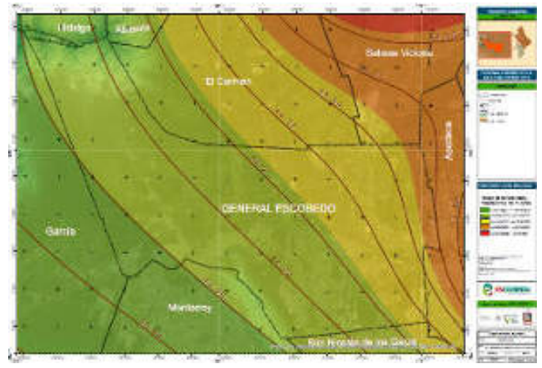


Figura 5.10c. Peligro onda cálida TR 10años.

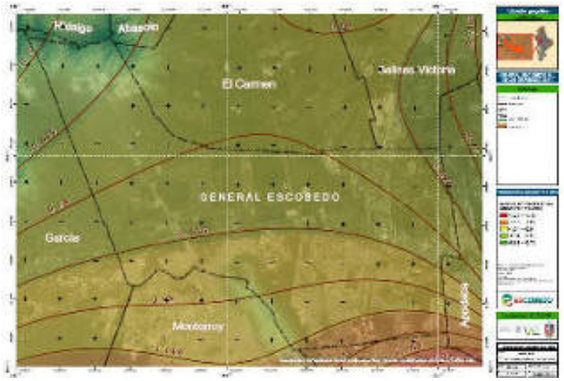


Figura 5.10d. Peligro ondas cálidas TR 25 años.

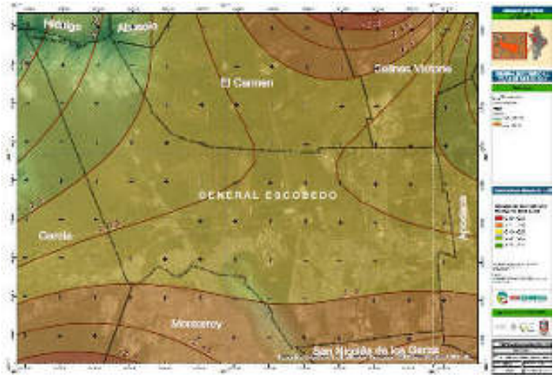


Figura 5.10e. Peligro ondas cálidas TR 50 años.

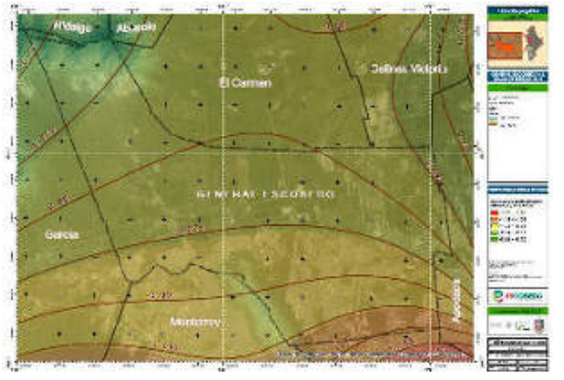


Figura 5.10f. Peligro ondas gélidas TR 5 años.

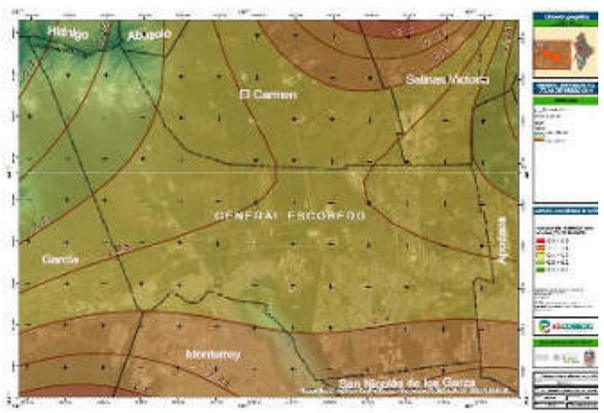


Figura 5.10g. Peligro ondas gélidas TR 10 años.

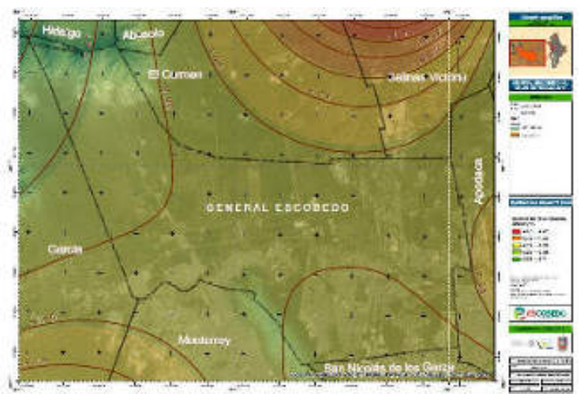


Figura 5.10h. Peligro ondas gélidas TR 25 años.

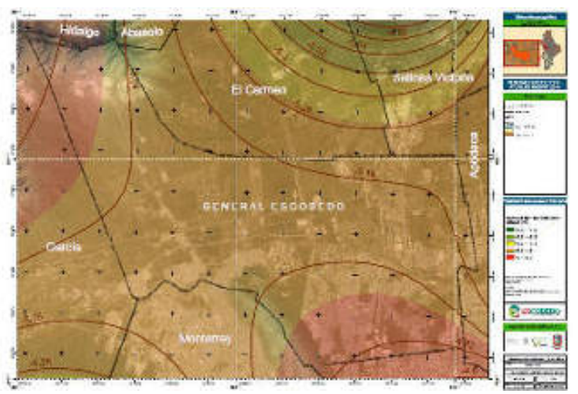


Figura 5.10i. Peligro ondas gélidas TR 50 años.

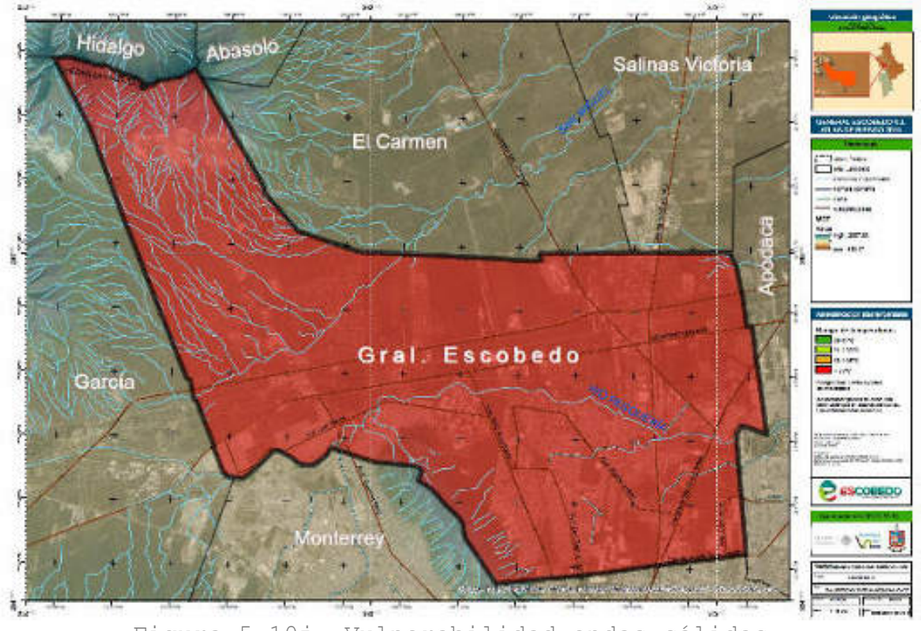


Figura 5.10j. Vulnerabilidad ondas cálidas.

5.11. Sequías

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Cada vez con mayor frecuencia se presentan en el mundo y es considerado uno de los fenómenos naturales que más daños causan en lo que se refiere al aspecto económico ya que grandes hectáreas de cultivos se pierden por las sequías y numerosas cabezas de ganado mueren durante las mismas. La magnitud, duración y severidad de una sequía se pueden considerar como relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas, es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aun habiendo carencia total del agua, la sequía y su presencia son discutibles desde un punto de vista de sus efectos. (CENAPRED, Sequías, 2014).

A continuación se muestra una imagen de actualización de la intensidad de sequía en los distintos estados de la República Mexicana, como es evidente, en las últimas fecha, Nuevo León no presenta un grave impacto por este fenómeno, sin embargo, es importante considerar que el estado ha sido gravemente azotado por sequía en años anteriores, por lo tanto, es un factor de consideración para proyecciones futuras. (Figuras 5.11, 5.11a, 5.11b y 5.11c).

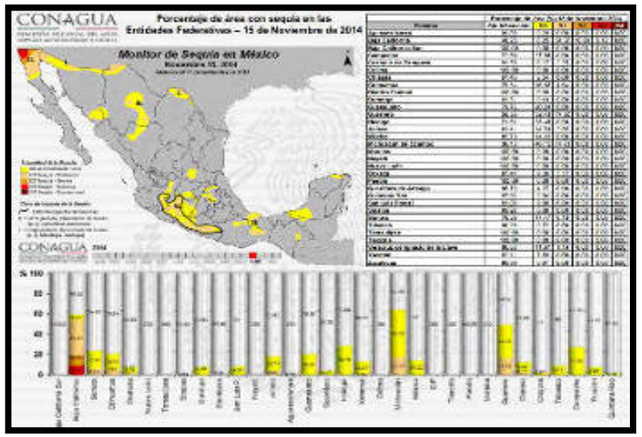


Figura 5.11 Sequía en México.

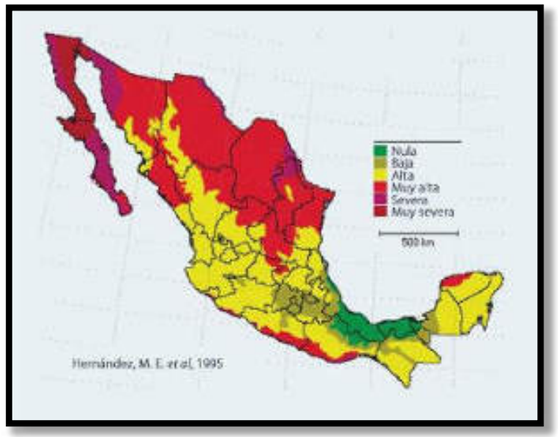


Figura 5.11a. Mancha según registro histórico de sequía en México.

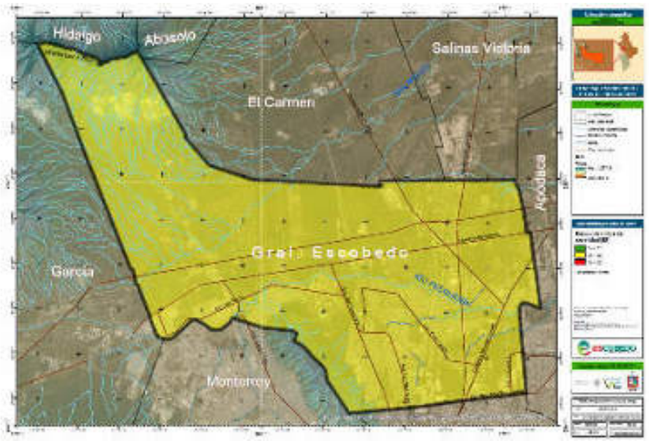


Figura 5.11b. Vulnerabilidad por índice de aridez.

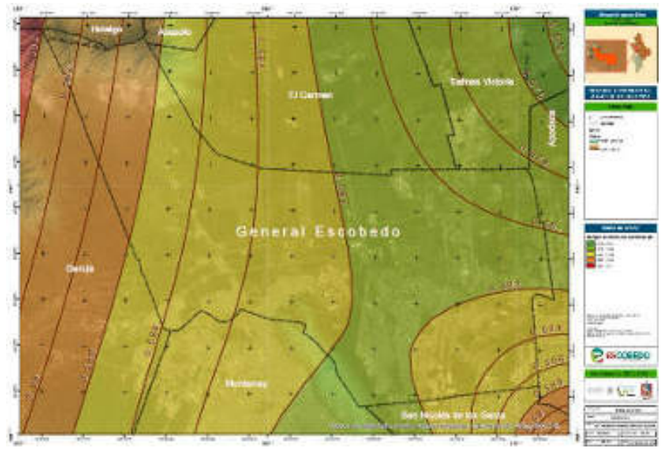


Figura 5.11c.Índice de aridez.

5.12. Heladas

Respecto a los registros históricos de las estaciones cercanas a los límites del municipio, no se han reportado temperaturas inferiores a los 0°C como promedio mensual, ni alturas de nieve en particular sobre el municipio de Escobedo, por lo tanto, ha sido considerado por años zona sin nevadas. En días particulares de años próximos se han presentado casos de descenso de temperatura inferiores al límite presentado originando heladas que si bien, no se extienden por largos periodos. (Figuras 5.12, 5.12a y 5.12b).

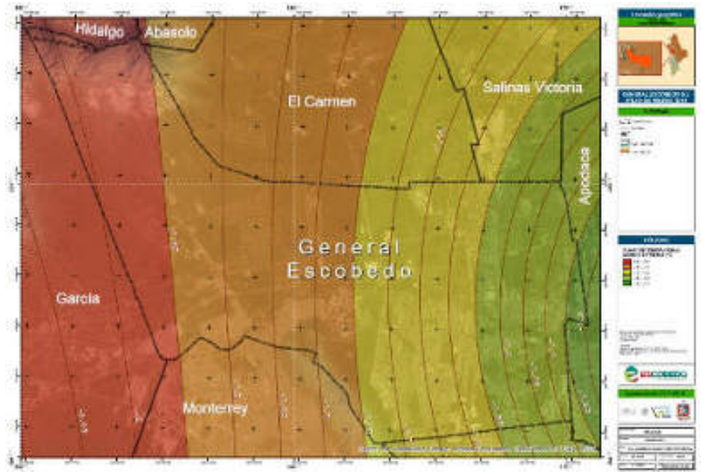


Figura 5.12. Peligro de heladas.

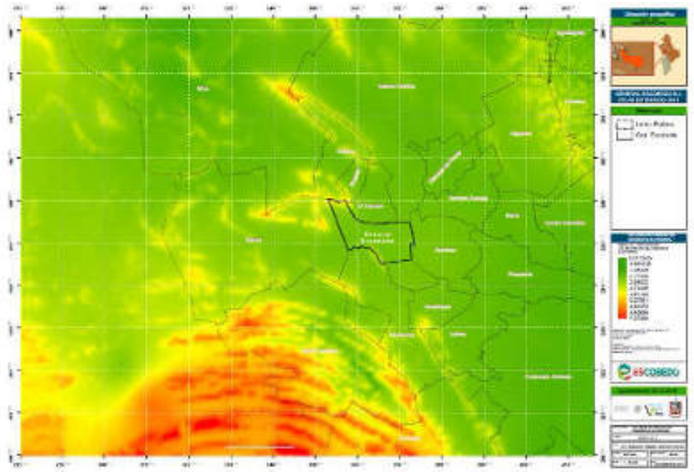


Figura 5.12a. Peligro de heladas en función del gradiente altitudinal.

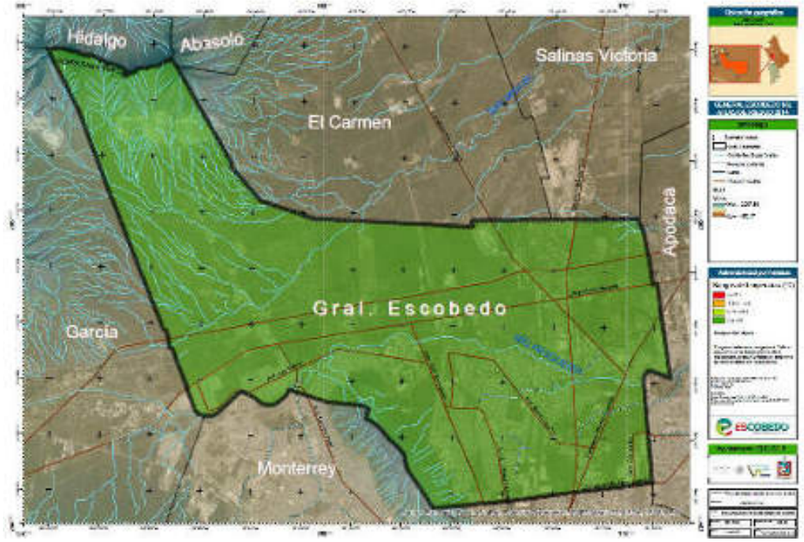


Figura 5.12b. Vulnerabilidad por heladas.

5.13. Tormenta de granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

Durante el periodo de 1979-1988, según registros de la Comisión Nacional del Agua, los estados que sufrieron más daños en la agricultura fueron: Guanajuato (109, 767 Ha), Chihuahua (56,355 Ha), Tlaxcala (51,616 Ha), Nuevo León (37,837 Ha) y Durango (35,393 Ha). Asimismo, dentro de estos registros se estimó una población expuesta mayor a los 6 millones de habitantes.

En la actualidad es conocido que el estado de Nuevo León aun cuando se hace presente este tipo de fenómeno climatológico, no es de suma relevancia para ser considerado una zona expuesta al impacto del mismo.

Para el municipio de Escobedo, las estaciones climatológicas próximas al límite municipal reportaron para un registro histórico desde el año 1964 y hasta el 2011, 10 días con presencia de granizo en los diversos meses de los mismos años concluyendo que efectivamente la zona no está directamente expuesta al impacto de este fenómeno. Figura 5.13.

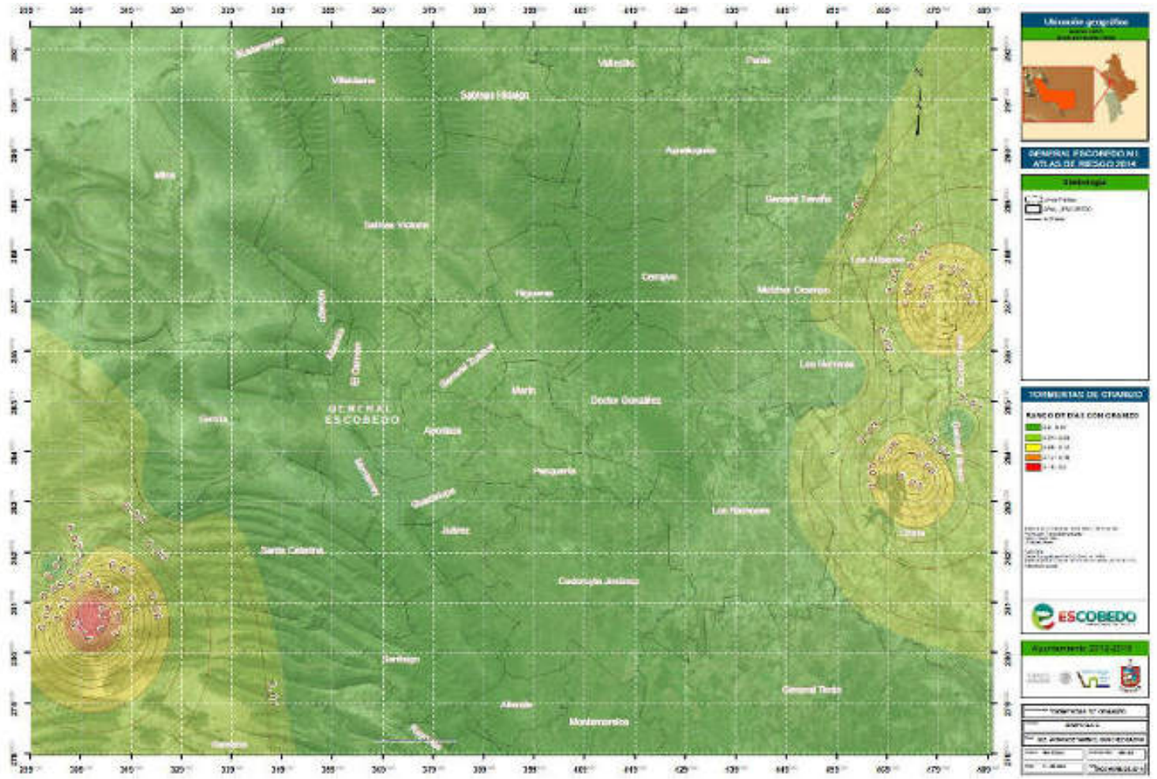


Figura 5.13. Se representa el ciclo de heladas.

5.14. Tormenta de nieve

Las nevadas, también conocidas como tormentas de nieve, son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Los copos de nieve tienen diferentes formas y tamaño, ello depende de la temperatura y humedad de la atmósfera, aunque todos presentan estructuras hexagonales, ver imagen, debido a la manera en cómo se agrupan las moléculas de oxígeno e hidrógeno al congelarse el agua.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno.

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. Se han registrado nevadas que han afectado a las ciudades del centro del país. Eventualmente pueden formarse nevadas en el altiplano de México por la influencia de las corrientes frías provenientes del norte del país. Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes como el Pico de Orizaba, Popocatépetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca; también en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León y, en menor frecuencia, en la zona del Bajío. Por tal motivo, la presencia de nevadas en el Municipio de Escobedo es de muy baja probabilidad que ocurran.

5.15. Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es un remolino gigantesco que cubre cientos de miles de kilómetros cuadrados y tiene lugar, primordialmente, sobre los océanos tropicales. Cuando las condiciones oceánicas y atmosféricas propician que se genere un ciclón tropical, la evolución y desarrollo de éste puede llegar a convertirlo en huracán. El estado de Nuevo León en su registro histórico ha estado sujeto a diversos fenómenos de consideración que han originado desastres en municipios pertenecientes al mismo. La zona metropolitana de Monterrey, entre ésta, el municipio de Escobedo han sido zona de impacto en los últimos años de ciclones tropicales.

Dentro de los ciclones tropicales o huracanes más importantes presentados en los últimos años se encuentras: ciclón Tropical, 1988, ciclón Tropical, 2010, ciclón Tropical, 2013.Figura 5.15.

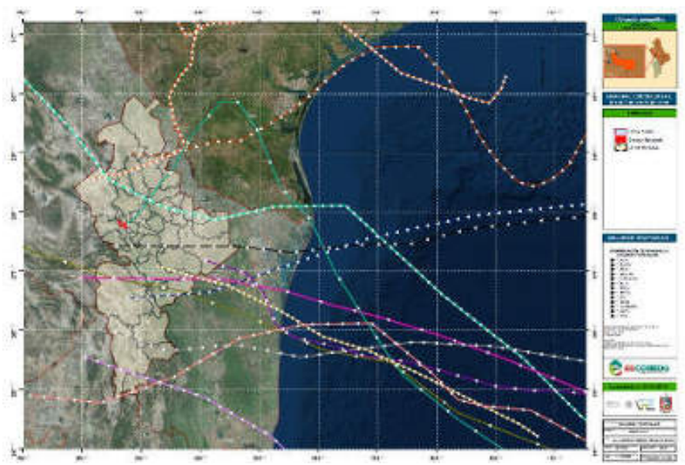


Figura 5.15. Ciclones tropicales que han llegado al Estado de Nuevo León.

5.16. Tornados

Un tornado es una perturbación atmosférica, que se produce a raíz de una rotación de aire de gran intensidad y poca extensión territorial, que se prolonga desde la base de una nube madre, conocida como Cumulonimbos. Una característica es la baja presión atmosférica en el centro de la tormenta y enorme velocidad del viento.

Los tornados se producen generalmente en la zona de transición entre las masas de aire polar y tropical, entre los 20° y 50° de latitud, a ambos lados del ecuador, siendo poco frecuentes en latitudes mayores de 60°, donde el aire no contiene la humedad y la temperatura necesaria para la formación de este fenómeno.

El municipio de Gral. Escobedo, presenta una temperatura media anual que fluctúa entre los 22 y 24°C, y una precipitación anual que oscila entre los 400 y 600 mm presentando sequía de medio verano, debido a la condición de canícula que es la temporada menos lluviosa. Debido a estos factores y la influencia de vientos secos en la zona, la humedad que presenta es bastante baja; por tal motivo, los tornados es un fenómeno bastante distante a presentarte aunado a que no se tiene registro de formación e impacto de un tornado, ello debido a los distintos lomeríos del municipio que juegan un papel importante en la formación o próxima disipación del fenómeno.

5.17 Tormentas de polvo

Este fenómeno se forma en regiones secas, cuando se presenta un incremento en la velocidad del viento, las partículas que se encuentran sobre el suelo son impulsadas hacia arriba, llenando así el aire con partículas finas de polvo, normalmente los terrenos donde se producen estos movimientos de partículas no suele existir velocidad alguna.

Las tormentas de polvo severas pueden reducir la visibilidad a cero, imposibilitando la realización de viajes, y llevarse volando la capa superior del suelo, depositándola en otros lugares. La sequía y, por supuesto, el viento contribuyen a la aparición de tormentas de polvo, que empobrecen la agricultura y la ganadería. El polvo recogido en las tormentas puede trasladarse miles de kilómetros: las tormentas de arena del Sahara influyen el crecimiento del plancton en el oeste del Océano Atlántico y, según algunos científicos, son una fuente importante de minerales escasos para las plantas de la selva amazónica. Las tormentas de polvo pueden observarse a menudo en fotografías tomadas desde satélites. Cuando el polvo en suspensión es arrastrado por fuertes corrientes de aire hacia otros lugares y llueve, se dice que llueve barro, porque todo se llena de gotitas de barro que se secan, y acaban ensuciándolo todo.

Por lo tanto, para la formación de una tormenta de polvo es necesario que un frente o sistema frontal entre en una zona con una superficie cálida y árida. Cuando el frente de aire más frio va desplazando el aire cálido existente, el gradiente de presión se incrementa, lo que conlleva un aumento de la velocidad en las rachas de viento (entre 80-160 km/h).

En el municipio de Gral. Escobedo, El clima se puede situar entre los climas secos, asociado al tipo de vegetación de los matorrales espinosos y desérticos. La mayor parte del territorio está catalogado como sub-tipo seco cálido con lluvias en verano. Las velocidades de viento presentadas oscilan entre 24 – 26 km/h, por tales factores es poco probable que este fenómeno se presente.

5.18. Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son descargas eléctricas que saltan entre nubes de tormenta, o bien entre una nube y el suelo, se presenta con relámpagos (explosión de luz en el cielo). La presencia de lluvias acompañadas de tormentas eléctricas no es ajena al municipio de Escobedo y en general de la zona metropolitana de Monterrey. En el mismo municipio no se tiene registro de daños considerables provocados por tormentas eléctricas; aunque son presentes han sido de menor impacto. Figura 5.18.

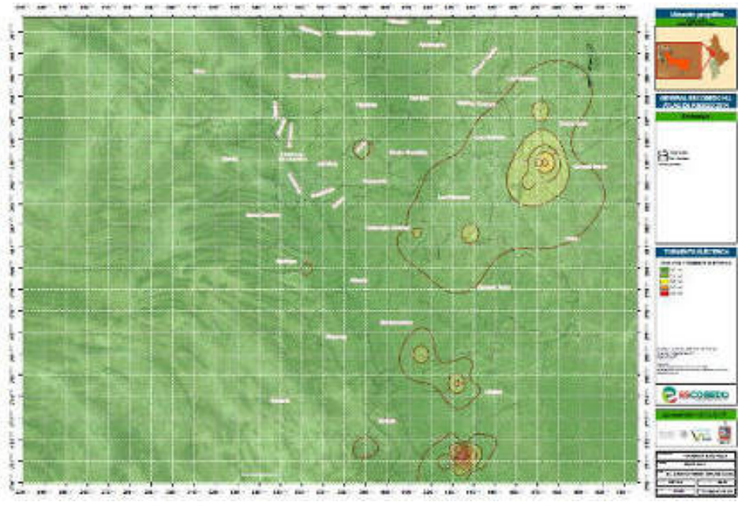


Figura 5.18. Días con tormentas eléctricas.

5.19. Lluvias extremas

Son el origen principal de hundimientos, deslaves o derrumbes en la zona. Según datos de las estaciones climatológicas cercanas al municipio de Escobedo, en su registro histórico se han presentado lluvias máximas a 24 horas de hasta 253 mm para 1988 y 280 mm para el año de 2010. En registros de lluvias máximas mensuales se tiene registro de hasta 489 mm. Es de importancia mencionar que durante los ciclones tropicales mencionados con anterioridad no se han presentado intensidades tan altas, si se han prolongado las tormentas lo que conlleva a los daños conocidos. Se menciona como lluvias extremas, los huracanas "Gilberto", "Alex" e "Ingrid". Por dichos antecedentes y fuertes lluvias en tiempo más recientes, el municipio está expuesto a los efectos de las precipitaciones. Figuras 5.19, 5.19a, 5.19b. 5.19c y 5.19d.

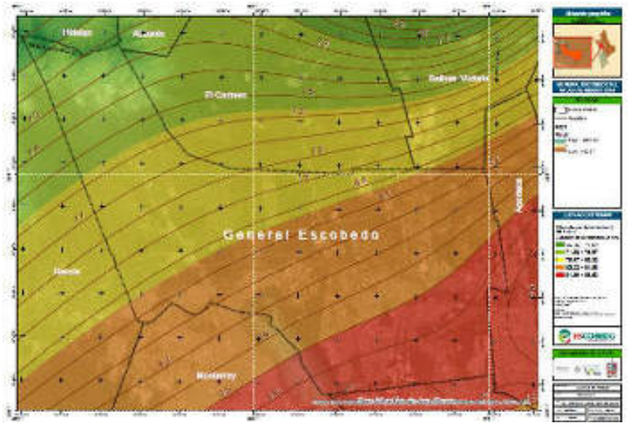


Figura 5.19. Lluvias extremas TR 5 años.

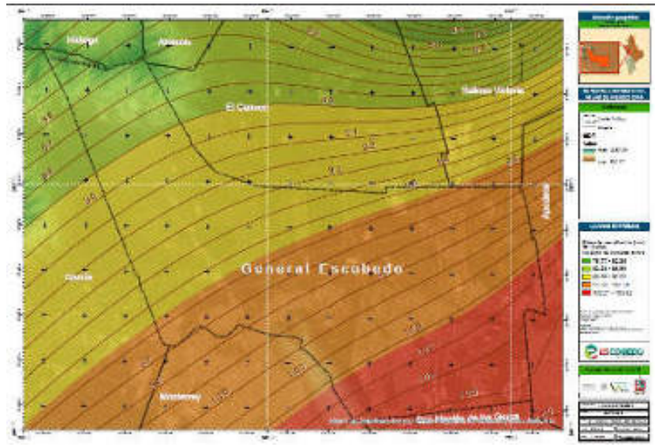


Figura 5.19a. Lluvias extremas TR 10 años.

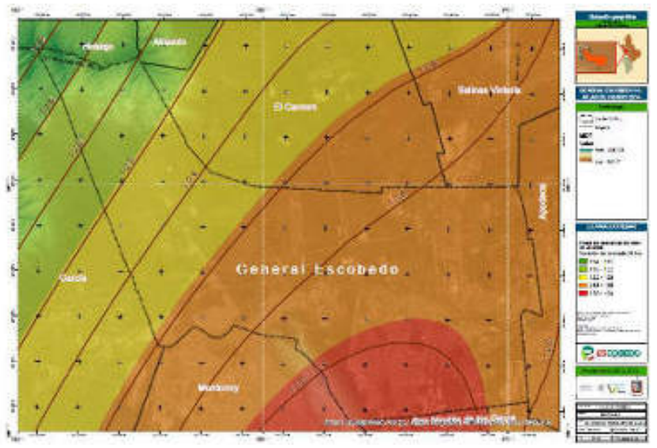


Figura 5.19b. Lluvias extremas TR 25 años.

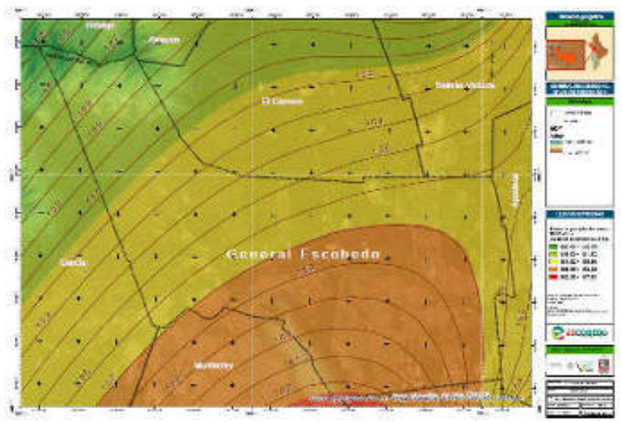


Figura 5.19c. Lluvias extremas TR 50 años.

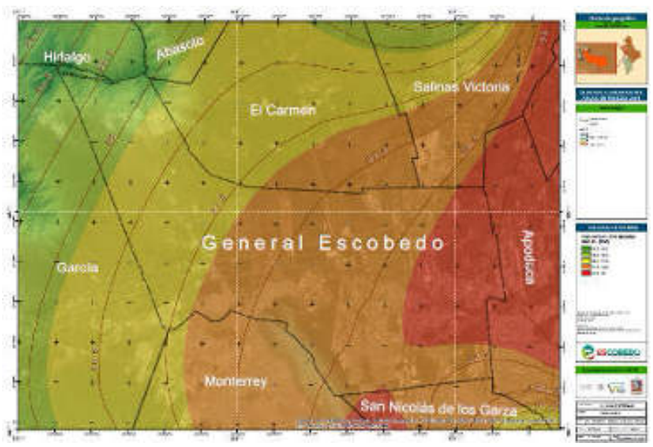


Figura 5.19d Precipitación máxima anual.

5.20. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres

Por el municipio atraviesa el Río Pesquería y arroyo potrerillos, el arroyo las encinas y el arroyo san miguel por tales razones y en condiciones de alta precipitación de lluvia, dichos escurrimientos han presentado desbordamientos que inciden sobre el área urbano del municipio y con ella afecta al desarrollo del mismo al concentrarse sobre vialidades importantes y fraccionamientos. En años recientes se ha iniciado la construcción de obras que permitan el correcto desalojo del agua y la prevención de desastres. La zona no presenta inundaciones debido a costas o lagos, debido a la ausencia de los mismos en el municipio. Figuras 5.20, 5.20a, 5.20b, 5. 20c, 5. 20d, 5. 20e, 5. 20f, 5. 20g, 5. 20h y 5. 20i.

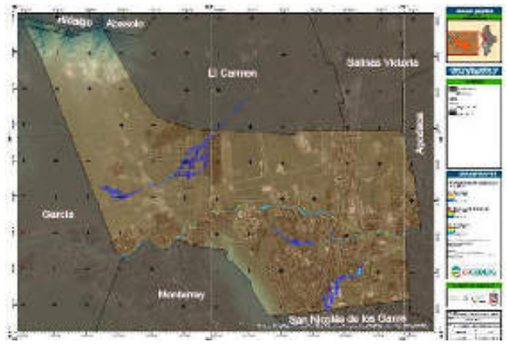


Figura 5.20. Mancha de inundación TR 2 años.

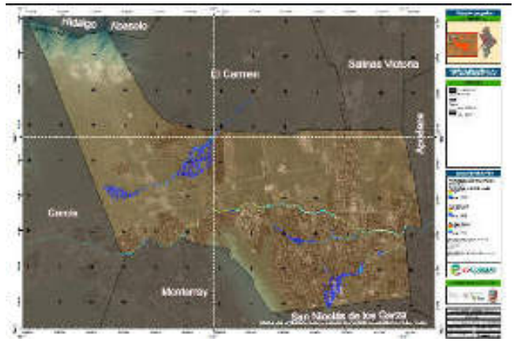


Figura 5.20a. Mancha de inundación TR 5 años

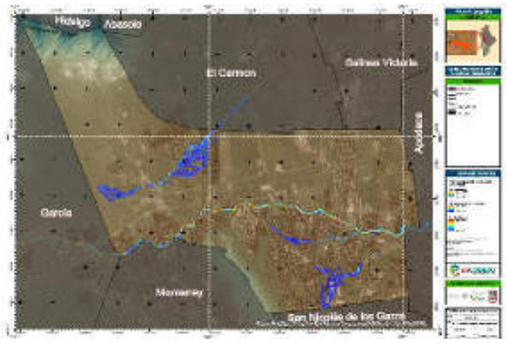


Figura 5.20b. Mancha de inundación TR 20 años.

Figura 5.20c. Mancha de inundación TR 50 años.

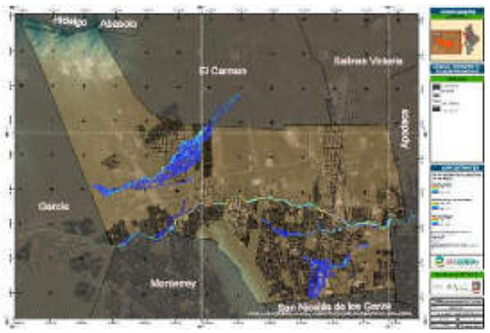


Figura 5.20d. Mancha de inundación TR 100 años.

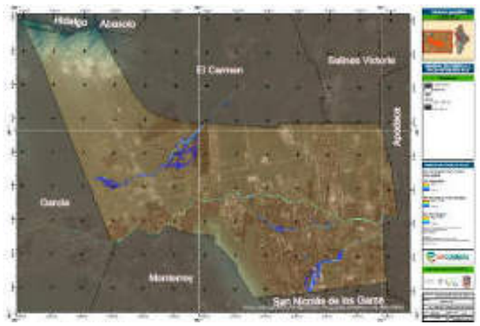


Figura 5.20e. Velocidades de flujo TR 2 años.

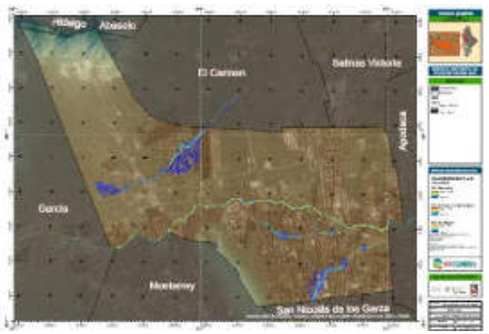


Figura 5.20f. Velocidades de flujo TR 5 años.

Figura 5.20g. Velocidades de flujo TR 20 años.

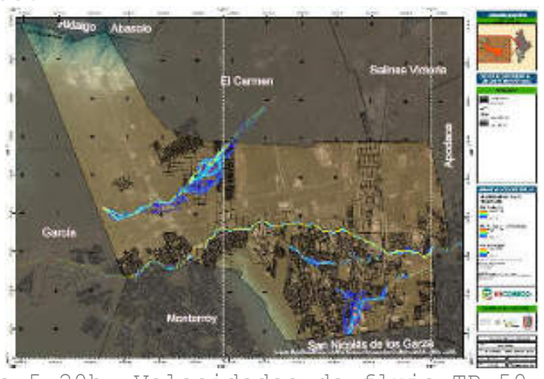


Figura 5.20h. Velocidades de flujo TR 50 años.

Figura 5.20i. Velocidades de flujo TR 100 años.

5.21. Vientos

El viento es un elemento climatológico definido como "el aire en movimiento" y se describe por dos variables, velocidad y dirección. Los datos que se obtienen por la medición de estos parámetros se grafican en una rosa de vientos. (SEMARNAT). Los valores de mayor velocidad del viento se presentaron en épocas de verano, observándose una drástica disminución de estos valores en invierno. Figuras 5.21 y 5.21a.

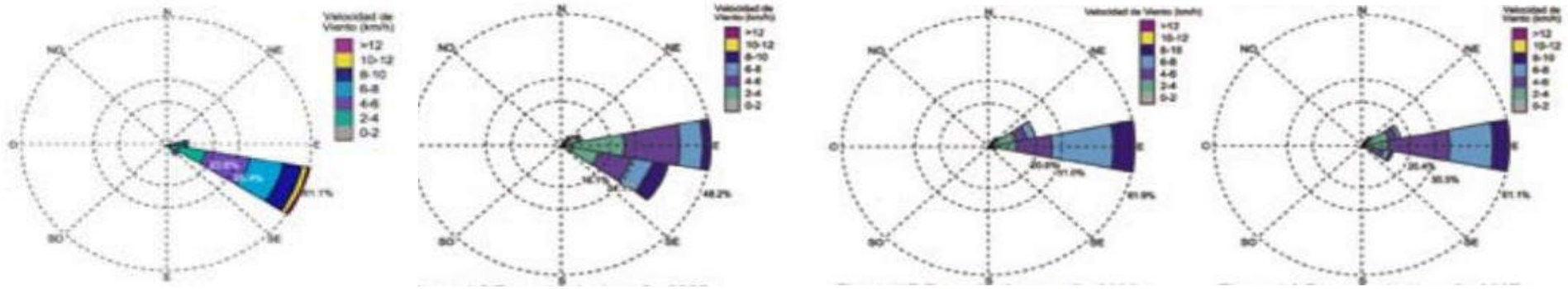


Figura 5.21. Rosa de vientos 2004, 2005, 2006 y 2007. (SIMA, 2014).

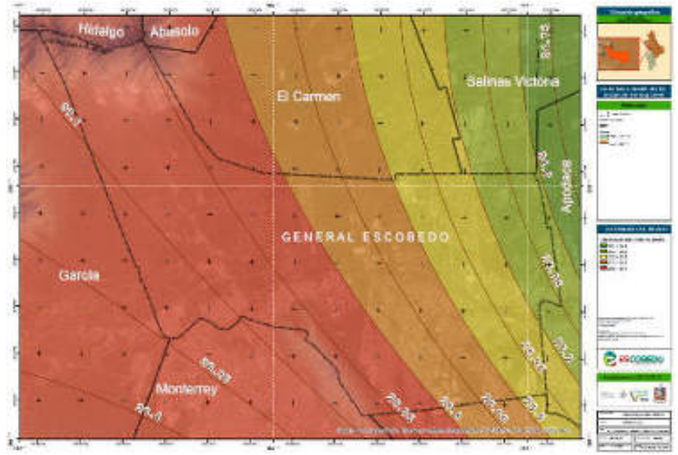


Figura 5.21a. Velocidad del viento en el municipio de Escobedo.

Los indicadores de vulnerabilidad para vientos mayores a 10 m/s causan destrozos en cultivos agrícolas, ya que se doblan o rompen y muchos de los frutos caen, decreciendo la cantidad y calidad de los productos, se pueden dañar las viviendas construidas con materiales endebles en techos o paredes, las redes de comunicación, los árboles (SIMA, 2014) y los espectaculares etc.

Eventos eólicos

Fecha	Estado	Municipio	Velocidad del viento	Efectos	Observaciones
24/01/2012	Nuevo León	General Escobedo	70 km/h	Falta de energía eléctrica, decenas de árboles y panorámicos caídos.	El fenómeno fue ocasionado por el ingreso del frente frio número 36 a la región.

Fuentes periodísticas; sdpnoticias.com

CAPÍTULO VI. Técnicas de mitigación y remediación para la estabilización de taludes y manejo racional de escurrimientos pluviales en zonas de riesgo en diferentes sitios del municipio de General Escobedo, N.L. NIVEL I

6.1 Métodos para disminuir el riesgo

- Prevención. La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención es responsabilidad del estado, mediante legislación y un sistema de prevención que permita reducir los riesgos de deslizamientos.
- Control. Método tendiente a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.
- Elusión de amenaza. Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riego sean expuestos a la amenaza de deslizamiento.
- Estabilización. Comprende las medidas preventivas para evitar el deslizamiento de un talud o de una masa de tierra. Esta medida comprende los siguientes factores: Seleccionar los sistemas adecuados, diseñar el sistema, instrumentación y control para su monitoreo.

Los resultados obtenidos en los diferentes estudios han permitido establecer criterios para la implementación de técnicas de remediación y mitigación en cada uno de lostipos de riesgos geológicos determinados en el municipio de General Escobedo, N.L. los cuales se presentan en la Tabla 18.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Geológicos				
Deslizamiento de taludes	Colonia Fomerrey 36. Coordenadas UTM: X: 366112 Y: 28508102 Clave: FTDES_001 Fotografía No. IMG_2056	Desprendimientos de bloques, producto de disolución, formando cavidades cársticas, huellas de karren, fracturamiento intenso y fracturas por compresión estilolitas.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast, Bristar	Las zonas con mayor peligro de deslizamiento de bloques están habitadas por gente de escasos recursos (desarrollos irregulares). Alto índice de marginidad. El tipo de vivienda es a base de láminas, materiales de desecho etc. Hacinamiento alto y alta densidad de población por manzanas.
Deslizamiento de talud	Lomas de Aztlán (Fomerrey 153) Calle Prof. Miguel F. Martínez y Loma. Coordenadas UTM: X: 366479 Y: 2850934 Clave: FTDES 05 FTDES_001 Fotografía No. IMG_2115	Rocas arcillosas altamente intemperizadas, la zona presenta socavación alto índice de saturación; riesgo de desprendimientos de bloques.	Recostar el talud, eliminando la cachucha, posteriormente colocar malla triple torsión sujetada con escarpias de varillas de ½" Ø con una longitud de 0.45m. Concreto lanzado gunite con un espesor de 8 cm.	En sitio descrito se encuentra una cancha deportiva donde practican deporte los jóvenes, además se encuentran casas, la carretera pasa por encima del talud. Intensidad Alta.
Deslizamiento de talud	Ubicación: Colonia 20 de Noviembre. Coordenadas UTM: X: 366473 Y: 2850499 Clave: FTDES 06 Fotografía No. 20150124_133801	La lutita se encuentra altamente intemperizada. Las calizas están fracturadas, existen la presencia de bloques que están por desprenderse. Intensidad Alta	Perfilar el talud, posteriormente estabilizarlo mediante anclaje activo.	Observaciones: Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.
Deslizamiento de bloques	Ubicación: Sin nombre de Colonia 6. Entre Calles Maple y Manzano. Fotografía No. IMG_2278. Coordenadas UTM: X: 365873 Y: 2851612 Clave: FTDES 07	Deslizamientos de bloques a menos de 100 metros de las viviendas. Los bloques corresponden a la Formación Aurora.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar.	Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.

Deslizamiento de bloques	Ubicación: Sin nombre de Colonia 6. Entre Calles Maple y Manzano. Fotografía No. IMG_2278. Coordenadas UTM: X: 365873 Y: 2851612 Clave: FTDES 07	Deslizamiento de bloques desplazados a una distancia de aproximadamente a 100 metros de las viviendas. Los bloques corresponden a la Formación Aurora.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar.	Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.
Pedrera	Ubicación: Fraccionamiento Pedregal San Agustín. Fotografía No. 20150129_154837. Coordenadas UTM: X: 364055 Y: 2853811 Clave: FTDES 08	Pedrera. Sitio de extracción de material, junto a campo de Tiro, afectación al fraccionamiento, bloques desprendidos.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar Clausurar la pedrera.	En la parte baja de la pedrera se encuentra un desarrollo habitacional de nivel media a alta. Por lo cual se recomienda cambiar el sitio de tiro a otro lugar donde no genere problemas de seguridad.
Deslizamiento de bloques	Ubicación: Colonia Pedregal del Topo Chico. Fotografía No. 20150205_121608. Coordenadas UTM: X: 363344 Y: 2854544 Clave: FTDES 09	Observaciones: Bloques desprendidos, fenómeno de reptación. Formación Aurora.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar Clausurar la pedrera.	Parte de esta colonia se encuentran a las faldas del cerro, existe mucha humedad en la zona, estos derrumbes de bloques afectan de manera directa a las casas, aunado a esto las casas se encuentran en muy mal estado. Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%.
Reptación de bloques	Ubicación: Colonia Pedregal del Topo Chico. Fotografía No. 20150205_122634 Coordenadas UTM: X: 363389 Y: 2854529 Clave: FTDES 10	Reptación de bloques, Formación Aurora.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar.	Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.
Deslizamiento de talud	Ubicación: Colonia Serranías 2do sector. Entre calle Titanio con Sierra Nacatas. Fotografía No. 20150205_125350 Coordenadas UTM: X: 363089 Y: 2854508 Clave: FTDES 11	Observaciones: Material muy alterado, fragmentos de roca desprendidos, zona de dislocación que se encuentra muy intemperizada.	Recostar el talud, asegurar la desintegración del material arcilloso mediante la colocación de una malla triple torsión sujetada con escarpias y concreto lanzado (gunite).8 cm de espesor.	Desarrollo habitacional de casas de interés social, se cuenta con todos los servicios.
Deslizamiento de talud	Ubicación: Colonia Santa Lucia. Fotografía No. 20150205_132711 Coordenadas UTM: X: 362954 Y: 2854311 Clave: FTDES 12	Deslizamiento de talud, Formación Agua Nueva.	Recostar el talud, asegurar la desintegración del material arcilloso mediante la colocación de una malla triple torsión sujetada con escarpias y concreto lanzado (gunite)con 8 cm de espesor.	Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.
Deslizamiento de bloques	Ubicación: Fraccionamiento Lomas de San Genaro. Fotografía No. IMG_2436 Coordenadas UTM: X: 365464 Y: 2852362 Clave: FTDES 15	Reptación de bloques, Formación Aurora.	Desintegración de bloque mediante productos químicos. Dexpam, Pyroblast. Bristar.	Desarrollos irregulares. Zonas de alta marginidad, hacinamiento elevado 61.3-100%. Alta densidad de población por manzanas, el tipo de casas están construidas con desechos de materiales, carecen de servicios sanitarios y eléctricos etc.
Erosión hídrica	Ubicación: Lomas de Aztlán (Fomerrey 153) Calle Los Cristales Fotografía No. IMG_2125 Coordenadas UTM X: Y: X: 366328 Y: 2850557 Clave: FEH_001	Cañada invadida por desarrollos habitacionales, pendiente muy pronunciada.	Encauzar los escurrimientos pluviales, mediante la construcción de cajas disipadoras de energía, toboganes etc.	Las casas se ven afectadas por el escurrimiento de agua, existen construcciones dentro de la cañada, hay casas y un tanque de agua, la caseta del tanque se encuentra socavada, y la losa esta fracturada.

Para el control de escurrimientos pluviales en zonas de cañadas fueron diseñadas cajas disipadoras de energía y de control de sedimentos, las cuales se muestran; en los trabajos anexos en dicho capítulo. Tabla 19. Riesgos meteorológicos.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES			
FENÓMENOS/RIESGOS	**UBICACIÓN**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIÓNES**
Hidrometeorológicos			
Inundaciones	Río Pesquería, Colonia Fomerrey 193	Se recomienda realizar un estudio hidrológico hidráulico a detalle del tramo crítico del río pesquería entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84 14N: 359980.65m E, 2853636.75m N y 360986.00 m E, 2854173.00 m N. Esto para evaluar la posibilidad de ampliación del cauce o en su defecto colocación de bordo de protección sobre la margen izquierda del río.	Este desbordamiento podrá suceder en eventos extraordinarios asociados a periodos de retorno mayores a 100 años, debido al estrechamiento en su sección transversal y a la gran cantidad de escombros depositados en el lugar.
Inundaciones	Arroyo San Miguel	Se recomienda realizar un estudio hidrológico hidráulico a detalle del tramo crítico del Arroyo Sán Miguel entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84 14N: 358019.00 m E, 2856019.00 m N y 362994.00 m E, 2859630.00 m N. Esto para evaluar la posibilidad de ampliación del cauce.	Debido a las condiciones fisiográficas del cauce del arroyo San Miguel, no cuenta con una berma bien definida, por lo que a la altura de la colonia Unión de Agropecuarios del Norte, se pierde entre las manzanas, por lo que se deberá considerar la ubicación de dicho cauce para que futuros desarrollos en la zona consideren la ubicación del cauce natural.
Inundaciones	Arroyo El Soldado	Se recomienda realizar un estudio hidrológico hidráulico a detalle del tramo crítico del Arroyo El Soldado entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84 14N: 365940.00 m E, 2852271.00 m N y 372729.00 m E, 2853386.00 m N Esto para evaluar la posibilidad de ampliación del cauce.	El cauce principal del arroyo El Soldado proviene de la parte alta del cerro del topo chico, cruzando la colonia Santa Julia, Provileón (Alfonso Martínez Domínguez), y hacienda del topo hasta desembocar en una caja retenedora de sedimentos aguas debajo de las vías del ferrocarril, para después conectarse a un drenaje pluvial existente, el cual cambia a superficie libre en la Avenida las Torres, en la Colonia de Nuestra Señora de Fátima vuelve a ser subterráneo, saliendo a superficie libre aguas debajo de la colonia La Loma. A este cauce se conecta su afluente principal, los Pinos.
Inundaciones	Arroyo Potrerillos y Las Encinas y	Se recomienda realizar un estudio hidrológico hidráulico a detalle del tramo crítico del Arroyo Potrerillos y Las Encinas entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84 14N: Las Encinas; 367583.00 m E, 2855170.00 m N y 369080.00 m 2853986.00 m N y el Arroyo potrerillos; 365594.00 m E, 2854563.00 m N y 370498.00 m E, 2854228.00 m N, en su confluencia con el río Pesquería. Esto para evaluar la posibilidad de ampliación del cauce.	Su cauce principal inicia en la plaza principal del municipio, atravesando las colonias: Mira Vista residencial, Jardines del Canadá, Praderas de Topo Grande, hasta desembocar en el río Pesquería.
Inundaciones	Todos los cauces mencionados anteriormente	Mantenimiento preventivo y correctivo.	Limpieza, la cual se desarrollará para retirar el azolve, la vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en los cauces con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, la Limpieza se efectuará habitualmente antes de la temporada de lluvias o cada vez que el azolve ocupe más de un tercio de su profundidad.

Para la estabilización de los taludes en cada sitio, se aplicaron las técnicas adecuadas tomando en cuenta las características de las rocas de corte así como: de las cuñas críticas que se pueden formar durante el perfilaje del talud; dentro de las técnicas de remediación y mitigación para estabilizar los taludes se pueden citar las siguientes: anclas (pasivas y activas), micropilotes, muros armados, de gaviones, concreto lanzado, colocación de malla triple torsión sujetada con escarpias. Para la demolición de bloques se aplicaron técnicas de desintegración a base de productos químicos como: Pyroblast, Dexpam, Bristar, etc. En la tabla 20., se presentan las técnicas de control para mitigar y remediar la remoción de masas.

Tabla 20. Estructuras de control de masas en movimiento.

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas, rápidas de construir	Se requiere un espacio grande a mitad del talud.
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar los escurrimientos pluviales.	Los cantos fácilmente pasan por encima de ellas, se les debe dar mantenimiento continuo.
Estructuras de retención	Funcionan como cajas para el control de sedimentos.	Se pueden requerir estructuras costosas, se debe de dar mantenimiento frecuente
Cubiertas de protección	Son unos de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas.

- Estructuras de contención o anclaje

La finalidad de una estructura es la de resistir el empuje de las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento fotografías (6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4).

Fotografía 6.1.1 Anclaje Activo

Fotografía 6.1.2 Muros rígidos de contención

Fotografía 6.1.3 Cajas disipadoras de energía y control de sedimentos

Fotografía 6.1.4 Bermas para estabilizar taludes

6.2. Memoria de cálculo de los diferentes elementos que conforman el sistema para mitigar los impactos

La memoria de cálculo que se presenta para los diferentes elementos que resolverán la problemática que conforman los diversos impactos provocados por los fenómenos geológicos, tanto naturales como los ocasionados por la urbanización.

6.2.1. Memoria de cálculo para determinar la carga en el diseño de anclas para estabilizar taludes. Análisis de un caso: "Prados Monteleón"

6.2.1.1 Introducción

El objetivo de esta propuesta es presentar el procedimiento de diseño para el anclaje en los diferentes cortes a realizar en el nuevo proyecto de desarrollo en el Fraccionamiento Prados / Monte León, en el flanco norte del Cerro de Las Mitras.

El mecanismo básico de un anclaje consiste en transferir las fuerzas de tracción que se generan en las inclusiones hacia el suelo o la roca a través de la resistencia movilizada en la interface entre el anclaje y el material que le rodea (bulbo), de esta manera un sistema de anclas en una estructura permite aumentar la seguridad contra el tiro vertical, el vuelco o el desplazamiento a lo largo de la superficie de falla.

El análisis más común que se utiliza en un sistema de anclas en un talud se basa en dos métodos:

I. Método de la teoría de la elasticidad
II. Método empírico basado en reglas sobre esfuerzos triaxiales

- Análisis por tensión de anclas

El diseño sobre el análisis de un sistema de anclaje incluye los siguientes parámetros:

a) Profundidad
b) Espaciamiento
c) Diámetro del ancla
d) Carga del ancla

- Carga del ancla: la carga postensada de las anclas es determinada para evaluar el coeficiente de seguridad requerido por la estructura. El procedimiento para determinar la fuerza necesaria requerida en el ancla se puede consultar en la Norma EM-1110-1-2908. 30. Nov.1994.
- Profundidad: la profundidad del ancla depende del tipo de roca. La profundidad esta en relación con la longitud de la misma. La profundidad de las anclas fue determinada aplicando la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{(Fs)(F)}{C\gamma}}$$

Donde

D = profundidad requerida por el ancla.

Fs = factor de seguridad.

C = grado de cohesión del cuerpo rocoso.

F = fuerza requerida del ancla para estabilizar.

γ= densidad del material en ton/m3

- Calculo de la carga de las anclas:

$$D = \frac{(Fs)(F)}{\delta\, Is}$$

$$F = \frac{(D)\delta(Is)}{Fs} = \frac{(15)(1.8)(1.5) = 36.64\, ton/m^2}{1.11}$$

Aplicando el método de Taylor, se determinó el coeficiente de seguridad de un talud de 4.5 m. de altura con una inclinación de 60° en un terreno, con una cohesión de 7 ton/m2 y un γ=1.8 ton/m3. La carga y la cohesión del material fueron calculadas mediante análisis de núcleos de barrenos perforados en el mismo tipo de roca, dicha pruebas fueron realizadas en el laboratorio de mecánica de rocas del Instituto de Ingeniería Civil de la UANL, como las que afloran en el Fraccionamiento Dinastía (Formación Agua Nueva).

El coeficiente de seguridad determinado para la zona de Dinastía se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Nc = \frac{c*}{\delta H} = \frac{C/_{Fs}}{(1.8)(4.5)} = \frac{1/_{2}}{(1.8)(4.5)} = \frac{0.5}{8.1} = 0.0617$$

El punto mediante el diagrama de Taylor queda en la zona "A", el círculo crítico de pie queda por debajo del talud. 28° si se introduce en el ábaco de Taylor, este valor y el ángulo del talud que es de 60° se obtiene un ángulo de rozamiento para el equilibrio límite de Ø* 28.

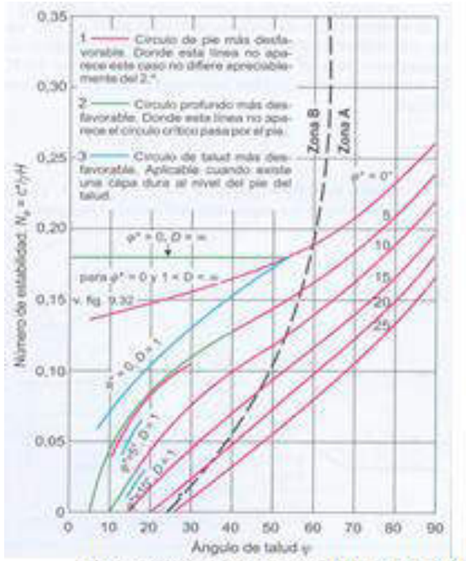


Diagrama de Taylor (1961)

6.2.2. El coeficiente de seguridad resultante

$$F\emptyset = \frac{Tg\emptyset}{Tg\emptyset *} = \frac{Tg60°}{Tg28°} = \frac{1.732}{0.531} = 3.26$$

$$Tg\emptyset * = \frac{Tg\emptyset}{F\emptyset} = \frac{1.732}{3.26} = 0.5312 = 27.98°$$

Si se requiere saber la inclinación del talud con un coeficiente de seguridad de Fs = 3.26 y una altura de 4.5 m. En el terreno del fraccionamiento Dinastía se aplicó el mismo planteamiento que se utilizó en el ejemplo anterior.

$$Nc = \frac{1/_{3.26}}{(1.8)(4.5)} = \frac{0.306}{8.1} = 0.037$$

$$Tg\emptyset * = \frac{Tg\emptyset}{F\emptyset} = \frac{Tg60°}{3.26} = \frac{1.732}{3.26} = 0.5312 = 27.58°$$

Ø* = 27.58° ángulo de rozamiento para obtener el equilibrio de fricción.

La ecuación que se utilizó para determinar la profundidad de las anclas en el proyecto Prados/Monte León fue la siguiente:

$$D = \frac{(Fs)(F)}{\delta\, Is} = \frac{(2)(12.15)}{(1.8)(1.5)} = 9.0\, m$$

El esfuerzo a la cortante en el anclaje fue calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$\tau_a = \frac{T}{\pi * dh * lb}$$

Donde:

T.- fuerza de tensión de diseño
dh .- Diámetro del barreno
τa.- Esfuerzo de cortante permitida
lb.- Longitud del bulbo

$$\tau_a = \frac{T}{\pi * dh * lb} = \frac{40 ton}{(3.1416)(3.5)(3)} = \left(47.78\, ton/_{m^2}\right)\frac{\left(\frac{1000\, kg}{1x10^6 mm^2}\right)}{0.101} = 0.48 \text{ MPA}$$

Nuestra roca cae dentro de las lutitas duras ver tabla 21 (Littlejohn y Bruce, 1975).

En la tabla 21 se muestran algunos valores del esfuerzo cortante permitido para anclajes en rocas.

TIPO DE ROCA	Resistencia al cortante para diseño de anclajes (MPA)
Dura	1.05- 1.40
Media	0.7- 1.05
Débil	0.35- 0.7
Granito, basalto	0.55- 1.0
Caliza dura	**0.45- 0.70**
Caliza blanda	0.35- 0.45
Lutitas duras, pizarras	0.30- 0.45
Lutitas débiles	0.05- 0.30
Areniscas	0.05- 0.07
Rocas fisuradas	0.05 -0.07
Concreto	0.45 – 0.90

6. 2.3. Factor (Fs) de seguridad para cada uno de los taludes(a, b) analizados en el municipio de General Escobedo, N.L. (Análisis de un caso).

- Memoria de cálculo para determinar el (Fs) en cada uno de los taludes analizados sobre la zona de pedreras del Cerro del Topo Chico.

  Datos de campo para calcular el (Fs) en el talud "A".

  Datos:

  Altura del talud (H).- 15.00 m.

  Ψt = 60o
  Ψp = 30o
  Z = 10.00m
  Zw = 6.00 m
  C' =45.50 kPa
  Φ = 30°
  Y = 25.14 k N/M3
  Y_w =9.81 k N/M3

Solución del Factor de Seguridad para el Talud "A"

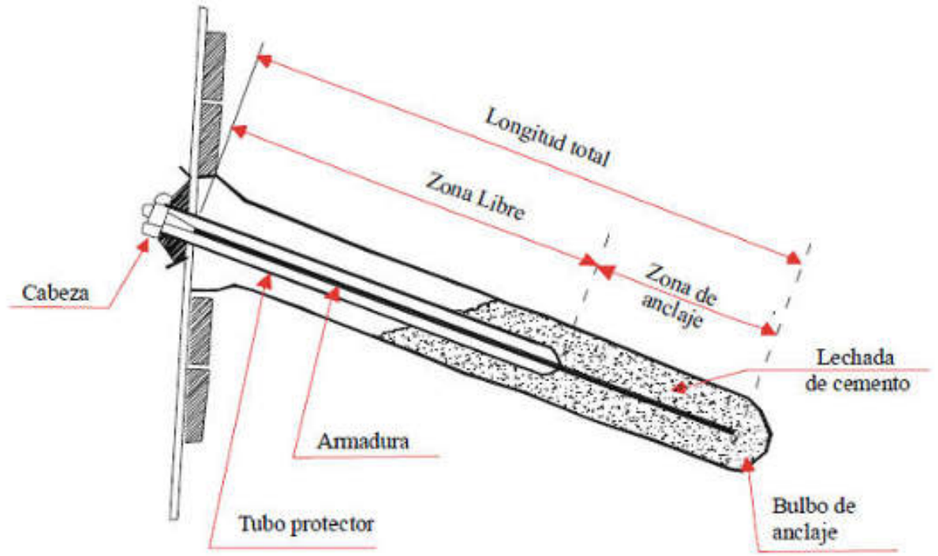


Figura 6.2.3 Detalle de tirante.

Fotografía 6.2.3a Talud correspondiente a pedrera en el Cerro del Topo Chico.

A= $= \frac{15-10}{15-10} = \frac{5}{0.5} = 10.00$ m

A= 10.00 m

$$U = \frac{1}{2} \gamma_\omega \cdot Z_w \left(\frac{H-Z}{\text{Sen } \Psi_p}\right) = \frac{1}{2} (9.81) (6.00) \left(\frac{15-10}{15-10}\right) =$$

$$U = \frac{1}{2} (9.81) (6.00) \left(\frac{5}{0.5}\right) = 294.3 \text{ k N/M}$$

U= 294.3 k N/M

$$V = \frac{1}{2} \gamma_\omega (Zw)^2 = \frac{1}{2} (9.81) (6.00)^2 = 176.58 \text{ K N/M}$$

V= 176.58 k N/M

$$W = \frac{1}{2} \left\{ (8 H^2) \left[\frac{1 - \left(\frac{Z}{H}\right)^2}{\text{tg } \Psi_p} - \frac{1}{\text{tg } \Psi_t} \right] \right\}$$

$$W = \frac{1}{2} (25.14)(15)^2 \left[\frac{1 - \left(\frac{10}{15}\right)^2}{\text{tg } 30º} - \frac{1}{\text{tg } 60º} \right]$$

$$W = \frac{1}{2} (25.14)(225) \left[\frac{1 - 0.44}{0.577} - \frac{1}{1.73} \right]$$

$$W = \frac{1}{2} (5656.5) (0.970 - 0.578) =$$

$$W = \frac{1}{2} (5656.5) (0.392) = 1108.674 \text{ k N/M}$$

W= 1108.674 k N/M

$$Fs = \frac{CA + (W \text{ Cos } \Psi_p - U - V \text{ Sen } \Psi_p) (\text{tg } \Phi)}{W \text{ Sen } \Psi_p + U. \text{ Cos } \Psi_p}$$

$$Fs = \frac{(45.50) (10.0) + (1108.674) \text{ Cos } 30º) - \left[294.3 - \left[(176.58) (\text{Sen } 30º)\right] (\text{tg } 30º)\right]}{(1108.674) (\text{Sen } 30º) + (176.58) (\text{Cos } 30º)}$$

$$Fs = \frac{(455) + (960.14) - 382.59}{707.257} = \frac{788.44}{707.257} = 1.11$$

Factor de Seguridad (F_S) = 1.11

6.3 TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL CONTROL Y MANEJO DE FLUJOS PLUVIALES EN CAÑADAS EN EL CERRO DEL TOPO CHICO

6.3.1 Introducción

Los suelos, así como otros materiales tienen un ángulo de reposo propio; para lograr una pendiente mayor que la proporcionada por dicho ángulo se requiere de algún tipo de muro o soporte que evite el deslizamiento; con este fin se emplean comúnmente los muros de retención o sostenimiento.

Tratándose de muros de poca altura, la práctica consiste en emplear métodos empíricos para determinar el empuje de tierra. Tratándose de muros elevados que constituyen la parte principal de una construcción, se justifica por las economías que resultan, el recurrir a un estudio más completo del suelo y a un análisis más detallado de las cargas.

Durante los eventos de lluvia en el Área Metropolitana de Monterrey, una gran cantidad de agua fluye hacia las avenidas generando grandes inundaciones en las diferentes vialidades de la ciudad la fuerza tractiva de la corriente sobre el lecho de las cañadas produce el desprendimiento y arrastre de bloques y partículas de suelo de pequeño y gran tamaño.

En consecuencia de las grandes velocidades y los objetos transportados por el fenómeno provocan socavación del cauce y grandes destrozos a su paso dañando infraestructura subterránea (ductos); ocasionando pérdidas económicas para el país, así como inseguridad a la población.

La regulación de estos eventos a través de la construcción de obras hidráulicas no sólo permite un mejor control de los torrentes de agua, también el manejo integral de este recurso, canalizándolo a su vez, hacia actividades de irrigación. En la práctica se diseñan presas de distintos tipos de material, concreto, mampostería y enrocamiento, el cual se define por las condiciones particulares de cada sitio, constructivas, accesos, geología, etc.

Sin embargo e independientemente del tipo de materiales con el que ha de ser proyectada la obra, dicha estructura debe ser diseñada de tal forma que resista los esfuerzos que la corriente produce en el momento de un evento extraordinario.

Es importante destacar que el presente trabajo se enfoca al diseño de muros de gavión como una alternativa en el control de avenidas y retención de sólidos de los escurrimientos que bajan de las laderas del Cerro del Topo Chico y descargan sobre las diferentes vialidades del área metropolitana de la ciudad de Monterrey, N. L. generando, por ende, inundaciones y encharcamientos ocasionando, daños a la comunidad y a la infraestructura terrestre vial de la ciudad.

6.3.2. Aspectos teóricos

La construcción de presas de gaviones, implica la necesidad de un estudio minucioso que determinen el diseño adecuado de la obra y que a su vez cumpla con los objetivos que las normas de construcción demanden y de la utilidad que se les pretenda dar.

El diseño de las presas de gaviones tiene por objeto conocer el dimensionamiento más adecuado de los tendidos que forman el cuerpo de la obra y la estabilidad de los mismos.

Para el diseño de la presa básicamente se consideran los siguientes puntos:

1. Determinar las secciones transversales del cauce donde se desea llevar a cabo la construcción.
2. Determinar la curva de áreas y capacidades con el fin de cuantificar los volúmenes de agua y sedimentos que serán almacenados aguas arriba de la presa.
3. Estimar el escurrimiento máximo que tiene lugar en la cuenca del río (área de recepción) a fin de diseñar la capacidad máxima del vertedor.
4. Diseñar el vertedor a fin de satisfacer la capacidad de descarga del escurrimiento máximo.
5. Considerar los empotramientos máximos permisibles en ambas márgenes del cauce.
6. Proporcionar un colchón amortiguador a fin de evitar el golpe de la caída del agua sobre el piso aguas abajo de la obra en el momento de verterse las aguas.

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los trabajos de geología de campo realizados en el Proyecto Cerro del Topo Chico se ha logrado determinar el comportamiento geológico estructural del sitio investigado, la conformación y análisis de datos de campo ha permitido la elaboración de los diferentes mapas (geológico, de pendientes, susceptibilidad geológica y de peligros) los cuales han sido el eje en la elaboración del Mapa de Riesgos. A partir de dicha información ha sido posible determinar las siguientes conclusiones:

A. Estructurales

La toma de 263 datos estructurales en campo nos permitió definir el patrón estructural que rige dicho anticlinal. En dicho plano se muestra un par de fallas normales de primer orden.

Falla El Topo localizada en la parte Noroeste de la estructura, su rumbo es W-E franco, los relices de falla se observan claramente en las calizas correspondientes a la Formación Aurora, mientras que los plegamientos se muestran claramente en la Formación Agua Nueva, la cual está aflorando en las excavaciones realizadas en el Fraccionamiento Serranías entre las calles Sierra Catana y Cerro del Topo.

Falla Almazán se localiza sobre la avenida Almazán, el rumbo de la falla es NW 30o SE, el desplazamiento medido en campo sobre la avenida Almazán es de 0.60 m. El patrón de fracturamiento que domina en la estructura del Cerro del Topo Chico NE- SW y NW-SE. En las secciones geológicas se observa la secuencia sedimentaria que predomina en el Anticlinal del Topo Chico.

El modelo geodinámico que dio lugar a la formación del Anticlinal del Topo Chico provocó un sistema de diaclasas de tipo ortogonal y conjugadas.

B. Pendientes

Para la zonificación de las áreas de sensibilidad geológica en el área de estudio se tomaron los valores de las cota de elevación sobre el nivel del mar a partir de 1035.00 m. s. n. m. donde la pendiente es mayor de 35%.

Además de la pendiente otro parámetro que se tomó en cuenta para zonificar el área de estudio fue la densidad de población la cual varía desde 1-73, 74- 133,134-202, 203- 340, 341- 822 habitantes por manzana.

C. Susceptibilidad geológica

El análisis de la amenaza es una tarea compleja dado que muchos factores pueden jugar un papel importante en la ocurrencia del fenómeno (evento). El análisis requiere así de una gran cantidad de información y las técnicas pueden ser variadas para la elaboración del mapa de zonificación de la amenaza por fenómenos de deslizamiento de bloques en zonas de ladera y de cañadas en el Cerro del Topo Chico, aplicando la metodología de Cantillo (1988).,se evaluaron los siguientes parámetros:

a) Presencia de fallas y fracturas
b) Pendientes mayores de 35%
c) Tipo de roca
d) Grado de intemperismo
e) Invasión de cañadas
f) Zonas de taludes inestables (pedreras)
g) Nivel de erosión

La unión de cada uno de los parámetros anteriormente descritos nos permitió la elaboración del Plano de Susceptibilidad Geológica, en dicho plano se logró detectar que la mayoría de las amenazas están vinculadas con cañadas, deslizamientos de bloques y en tercer lugar con pedreras sobre todo aquellas que están invadidas por posesionarios.

A partir de los factores analizados se logró establecer los siguientes rangos de susceptibilidad en el Cerro del Topo Chico con apego a la normativa internacional: Muy alto, Alto, Medio y Bajo.

D. Mapa de peligros en el Cerro del Topo Chico

A partir del análisis estructural y morfotectónico del Cerro del Topo Chico se logró establecer que los peligros en dicha estructura están estrechamente vinculados a laderas, cañadas y pedreras. En el plano de peligros se muestra claramente cada uno de los elementos a que están asociados cada uno de los aspectos morfológicos del Anticlinal del Topo. Ver Mapa de peligros. En la tabla de remediación y mitigación de riesgos por rodamiento de bloques, deslizamiento de taludes y transporte de bloques en zonas de cañada se describen claramente cada uno de los peligros en el Cerro del Topo Chico, a la vez se analiza el problema y la técnica recomendada para la mitigación del riesgo.

E. Mapa de Riesgos en el Cerro del Topo Chico

Partiendo de la información que se generó en la etapa de diagnóstico y caracterización, se realizó la conceptualización de los modelos, conducentes a la zonificación de aspectos de estabilidad para la toma de decisiones. Se realizaron las siguientes actividades contempladas en el modelo SIG:

Parámetros de ponderación para la elaboración del Mapa de Riesgo fueron los siguientes:

Mapa de Pendientes (30%). Mapa Geológico (20%), Inventario de deslizamientos y drenaje (35%) y mapa del uso del suelo (15%) a cada uno de estos planos se le dio un porcentaje de acuerdo a su importancia

F. Memoria y diseño de cálculo en el sistema de anclaje en los taludes de las pedreras en el Cerro del Topo Chico

A partir de los datos obtenidos al calcular los diferentes parámetros para la selección del tipo de ancla se concluyó lo siguiente:

Para la estabilización de los taludes en el Proyecto Cerro del Topo Chico se recomienda realizar y tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Anclajes activos (torones) para controlar el deslizamiento del macizo rocoso a lo largo del plano de estratificación o fractura.
- La tensión recomendada para cada ancla (torón) es de 40 Toneladas.
- El diámetro de los torones deberá ser de 5/8” para ello se recomiendan 3 torones.
- Diámetro de la perforación 31/2 “.
- La longitud de las anclas serán de 15.00 m.
- Longitud del bulbo deberá de ser de 1/3 de la longitud del ancla, 5m.
- Toda ancla debe diseñase para un factor mínimo de seguridad de 1.11 esta debe de diseñarse para una carga de 150% de lo requerido.
- Dimensiones del dado 0.20 m x0.60 m.
- La lechada deberá ser una mezcla de cemento Portland ordinario y agua en una relación agua cemento que varía entre 0.4 a 0.5.
- El esfuerzo a la cortante en el anclaje es de 0.48 MPA.
- El coeficiente de seguridad resultante 3.26

CAPITULO VIII ANEXOS

- Glosario de términos

Acceso a la información geográfica: políticas, normas, mecanismos o formas utilizadas por la Unidad Administrativa o por el Estado para que los usuarios de los datos y productos generados por ésta, puedan ser obtenidos por sus usuarios reales y potenciales, internos y externos. Ejemplo: uso de internet, a través de agencias de ventas, por convenio o contrato, a través de nodos de Clearinghouse, etc.

Adquisición o captura de datos o de información geográfica: Compilación de datos e información geográfica mediante la aplicación de métodos directos o indirectos, sobre la base de una determinada tecnología Ejemplos: Trabajos directos de campo, interpretación aerofotográfica o satelital, investigación sobre el terreno, estudios e investigaciones geográficas, muestreos de campo, levantamientos batimétricos, meteorológicos, hidrográficos, topográficos y geodésicos, recopilación de información documental diversa, procesos de conversión digital, etc.

Aguas continentales: Datos e información geográfica de cualquier índole que se refiera al agua localizada en el subsuelo, el suelo o la superficie terrestre. Ejemplo: Lagos, lagunas ríos, arroyos, corrientes, superficiales o subterráneos, pozos de agua, manantiales, contaminación de las aguas, etc.

Albedo: Relación entre el total de radiación solar electromagnética que cae sobre una superficie y la cantidad que se refleja. Se expresa como por ciento.

Alisios: Vientos que soplan de manera relativamente constante en verano. Circulan entre los trópicos desde los 30°-35° de latitud hacia el ecuador.

Altimetría: Parte de la topografía que trata de la medida de las alturas.

Anticiclón: Zona de alta presión, estacionaria o variable; se manifiesta en un tiempo claro, seco y viento débil. Es característico de los trópicos.

Anticlinal: Pliegue de convexidad hacia arriba, de tal modo que los estratos más antiguos ocupen su núcleo, tienen una cresta y dos ramas inclinadas, llamadas flancos que descienden hacia senos contiguos, donde pueden formarse los pliegues inversos en forma de cuenco, o sinclinales.

Arcilla: Suelo o roca sedimentaria, plástica y tenaz cuando se humedece. Se endurece permanentemente cuando se cuece o calcina.

Área de la cuenca: Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.

Área Geográfica Estatal: Espacio geográfico que se localiza en una misma entidad federativa y que incluye dos o más municipios vecinos.

Área Geográfica Regional: Espacio geográfico que se localiza en dos o más entidades federativas vecinas. Se dice también de aquellas regiones que presentan características geográficas uniformes con respecto a un determinado criterio (clima, fisiografía, geología, etc.).

Área Geográfica Municipal: Espacio geográfico ubicado en un mismo municipio y que comprenda dos o más localidades próximas, sin discontinuidades.

Área Geográfica Local: Espacio geográfico relativo a una localidad y su entorno inmediato.

Arena: Material granular de un tamaño que oscila entre 0.06 mm y 2 mm.

Atmósfera: Datos e información geográfica referidos al medio atmosférico nacional. Ejemplo: Climas, precipitación, temperatura, humedad, vientos, ciclones, huracanes, nevadas, contaminación del aire, etc.

Buzamiento: Inclinación de un filón o de una capa del terreno.

Cabalgamiento: Conjunto de capas rocosas de edad más antigua que se superponen sobre otras de edad más moderna por efecto de presiones laterales. El resultado, por tanto, es una discordancia estratigráfica.

Caliza: tipo común de roca sedimentaria, compuesta por calcita (carbonato de calcio, $CaCO^3$).

Canevá: La red de meridianos y paralelos en un mapa.

Carsticidad: Proceso químico que forma diferentes tipos de relieve originados por la disolución de las rocas por las aguas meteóricas cargadas de gas carbónico.

Cartografía: Ciencia y arte de hacer mapas y cartas.

Cartografía Base: Colección de mapas y cartas empleadas como fuentes.

Catastro: Registro público o levantamiento que define los límites de la propiedad.

Cauce: Zona por la que corre un río o arroyo. Canal por el que circula el agua de una corriente. En el cauce de un río se distinguen el fondo y las paredes. En las avenidas, el agua puede rebasar el cauce y ocupar el lecho de inundación.

Ciclo hidrológico: Ciclo del movimiento del agua de la atmósfera a la tierra por precipitación y su retorno a la atmósfera por intercepción, evaporación, infiltración, percolación, almacenamiento, transpiración, etc.

CCL, proyección: Cónica Conforme de Lambert, es una proyección cartográfica cuya concepción geográfica es de tipo cónico desarrollable.

Clasificadores de Información Geográfica: Sistemas que permiten la organización conceptual y ordenamiento de los datos e información geográfica con arreglo a determinados criterios establecidos, a fin de facilitar su procesamiento y uso posterior por parte de los usuarios.

Clearinghouse: Término en Inglés que denota la integración de Metadatos en un nodo de Internet con norma específica para ponerlo accesible a los interesados.

Corriente o cauce principal: Es la corriente o cauce que nace desde el punto más lejano de la cuenca y pasa por el punto de salida.

Cuenca: Es una zona de la superficie terrestre donde, si fuera impermeable, las gotas de lluvia que caen sobre ella tendrían a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Dato geográfico: Unidad básica de información geográfica, caracterizada por tener una ubicación en el espacio con respecto a un determinado sistema de referencia, y por uno a más atributos asociados.

Deflexión: Desviación de una dirección.

Deleznables: Resbaladizo, escurridizo.

Deslizamiento: Variedad de formas y procesos de remoción en masa, los cuales involucran el transporte gravitacional a una velocidad moderadamente rápida a rápida, de un cuerpo de suelos o roca, ladera abajo, la cual no siempre ocurre sobre una superficie de deslizamiento.

Diaclasa: Plano de discontinuidad, de fractura o separación en la roca, que se caracteriza porque el movimiento relativo de los bloques es una separación, pero no hay desplazamiento de un bloque respecto a otro a lo largo del plano de rotura. Las diaclasas aparecen generalmente en grupos denominados sistemas y pueden estar rellenas de calcita u otros minerales.

Difusión de Información Geográfica: Acciones y formas empleadas para publicitar los datos e información geográfica y facilitar su distribución y conocimiento por parte de los usuarios. Ejemplos: difusión mediante ventas, donaciones, intercambio, suscripciones, publicidad en medios, promociones, eventos, etc.

Equipamiento informático: Es el parque de infraestructura computacional con que cuentan los generadores de información geográfica. Ejemplo: Graficador de plumas, graficador de inyección, impresora, servidor, estación de trabajo, computadora personal, etc.

Equipamiento geográfico: Conjunto de equipos, máquinas, herramientas y dispositivos específicos empleados en la generación de información geográfica. Ejemplo: Distanciómetros, equipos GPS, estaciones totales, equipo fotogramétrico, prensas litográficas, laboratorios diversos, etc.

Erosión: Proceso de naturaleza física y química que desgasta y destruye continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre; incluye el transporte de material pero no la meteorización estática. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal.

Escarpe: Corresponde a los saltos o pendientes visibles en las fracturas recientes de la corteza terrestre.

Espejo de falla: Superficie de roca pulida y estriada formada por el rozamiento a lo largo de un plano de falla.

Estrías: Indicadores más confiables de fallas, que se forman a causa del movimiento relativo en las rocas. El sentido se puede determinar por la dirección preferencial de las estrías.

Expansividad de suelos: Que tiende a extenderse o dilatarse, ocupando mayor espacio.

Falla: Es una línea de fractura a lo largo de la cual una sección de la corteza terrestre se ha desplazado con respecto a otra. El movimiento responsable de la dislocación puede tener dirección vertical, horizontal o una combinación de ambas. Son fallas normales si el plano no es perpendicular pero el desplazamiento ha tenido un componente vertical, las rocas de un lado aparecerán posadas sobre las del otro. A veces, además de producirse este movimiento ascendente también se desplazan los bloques horizontalmente, es el caso de las fallas de desgarre o en cizalla.

Fisiografía: Ciencia cuyo objeto es la descripción de la Tierra y de los fenómenos localizados en ella.

Flanco: En un pliegue, cada uno de sus lados.

Formatos (para captura de la información geográfica o para su procesamiento): Documentos estructurados para capturar datos e información geográfica de una manera estandarizada o para su procesamiento. Se dice también de los formatos de datos referidos a presentaciones vectoriales, ráster y alfanuméricas en el medio digital.

Fracking: Fracturamiento inducido mediante inyección de agua a altas presiones para fracturar la roca y extraer el gas shale.

Gasto: Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal.

Gateway: Nodo de Web donde residen Metadatos.

Geodesia: Ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra o de partes importantes de ella, y con la que pueden obtenerse datos que permiten fijar con exactitud los puntos de control, que constituyen la base estructura y fundamental de las cartas y mapas.

Georadar: Es una técnica no destructiva orientada al estudio del subsuelo superficial y que se fundamenta en la capacidad de las ondas de radar de baja frecuencia (10 MHz - 2,5 GHz) para propagarse a través de medios poco conductivos.

Gravas: el término se refiere al material granular entre los 2 y los 60mm.

Hidrografía: Ciencia que estudia el agua (H2O) de la Tierra en sus aspectos físico, químico biológico estático y dinámico.

Hidrograma: Representación gráfica de la variación continúa del gasto en el tiempo, el área bajo la curva de esta grafica es el volumen de agua que ha escurrido durante el lapso entre dos instantes.

Hidrología: Ciencia que trata de las propiedades, distribución, existencia y circulación del agua; específicamente, el estudio del agua en la superficie de la tierra, en el suelo, estratos rocosos y en la atmósfera, particularmente en relación con los procesos de evaporación y precipitación".

Humedad absoluta: Masa de agua contenida en la unidad de volumen de aire húmedo.

Infraestructura: Datos e información geográfica que se refieren a cualquier obra hecha por el hombre ubicada en alguno de los 6 ámbitos geográficos generales del territorio nacional incluyendo la Zona Económica Exclusiva. Ejemplo: Carreteras, localidades, puentes, presas, tendidos eléctricos, redes de comunicación telefónica, faros, puertos, límites político administrativos, demarcaciones geográficas de cualquier tipo, plataformas petroleras, etc.

Información Complementaria: Gráficas, mapa, datos, información geográfica o estadística empleados para auxiliar y mejorar la comprensión de un producto geográfico, ampliando y enriqueciendo su contenido. Ejemplo: Registros climatológicos, muestras de laboratorio, fotografías ilustrativas, documentos alusivos, etc.

Información Geográfica: Conjunto de datos, símbolos y representaciones organizados para conocer y estudiar las condiciones ambientales y físicas del territorio nacional, la integración de ésta en infraestructura, recursos naturales y la zona económica exclusiva.

Información Geográfica Analógica: Todo rasgo geográfico representado con normas cartográficas para su integración en un mapa impreso a cierta escala. Ejemplo: Toda la cartografía elaborada por métodos tradicionales y comúnmente con formas de presentación impresa en papel.

Información Geográfica Digital: Todo rasgo geográfico con ubicación geográfica, representado digitalmente y codificado para su identificación según una convención determinada. Ejemplo: Cartografía digital, ortofotos digitales, registros toponímicos digitales, archivos DXF, archivos en formato ASCII, etc.

Información georeferenciada: Cualquier tipo de información que pueda ser ubicada mediante un conjunto de coordenadas geográficas con respecto a un determinado sistema de referencia.

Inundación: De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es "aumento de agua por arriba del nivel normal del cauce. Aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o del mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y generalmente daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Isotermas: Línea trazada en un mapa o una carta que conecta a los puntos que tienen la misma temperatura en un momento dado o durante un período especifico.

Isoyetas: Línea que une puntos de la superficie de la tierra de igual precipitación.

Landsat: Satélite artificial (EEUU) que recoge, registra y transmite imágenes digitales de la Tierra. Tiene un sistema de escaneo multiespectral (MSS) de cuatro bandas (0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8 y 0.8- 1.1 micras) con una resolución nominal de 80 m. Cuenta con el mapeador temático (thematic, mapper) con una resolución de 30 m y siete canales: 1: 0.45-0.52, 2: 0.52-0.60, 3: 0.63-0.69, 4: 0.76-0.90, 5:1.55-1-75, 6: 10.4-12.5, 7: 2.08-2.46 (micras)

Latitud: Posición norte-sur medida como el ángulo entre (la normal a) el punto y el plano del ecuador.

Levantamiento Geodésico: Conjunto de procedimientos y operaciones destinados a determinar las posiciones relativas tridimensionales de puntos sobre la superficie terrestre, inclusive su campo gravimétrico, tomando en consideración la curvatura terrestre.

Limos: Partículas con un tamaño de grano medio entre el de las arenas y las arcillas.

Lístrica: Tipo de falla en conjunto próxima a la horizontal, de superficie en forma de cuchara con la concavidad hacia arriba.

Localización Geográfica del Riesgo: Ubicación de cada riesgo detectado o inventariado sobre un plano en donde se especifican sus coordenadas, la geografía del entorno e infraestructura.

Longitud: Posición este-oeste. Se define como el ángulo entre el plano del meridiano local y el plano del meridiano de referencia.

Lutitas: Roca sedimentaria de grano muy fino compuesta de minerales de arcilla y otros materiales muy finamente divididos. Estas rocas están caracterizadas por una fisilidad de plano de estratificación muy marcada.

Lixiviado: Eliminación selectiva de componentes solubles de una masa de suelo o roca por la acción de aguas percolantes.

Llovizna: Este fenómeno corresponde a un tipo de precipitación que se diferencia de la lluvia, porque se compone de gotas cuya mayoría es de diámetro inferior a 0.5mm. La llovizna no se ve caer, sus elementos parecen flotar en el aire y no producen ondas en los charcos. Proviene de nubes de tipo estratos.

Lluvia: fenómeno atmosférico producido por la condensación de las nubes. Consiste en la precipitación de gotas de agua líquida o sobre enfriada, cuyo diámetro es mayor a los 0.5 milímetros. Generalmente las gotas de agua líquida, al chocar con los objetos, se aplastan esparciéndose, mojando rápidamente el área del impacto y, tratándose de gotas grandes, produciendo salpicaduras.

Marga: Roca compuesta de carbonato de calcio amorfo, con contenidos de arcilla y arena en diversas proporciones, caracterizada por el ingrediente predominante.

Mercator, proyección: Proyección de Mercator, basada en un cilindro desarrollable, la más comúnmente empleada en la cartografía marina.

Metadato: Información que describe en forma resumida la información o características de un dato.

NAD: (North American Datum) Datum Norteamericano (es el que se usa en México).

Normatividad: Disposiciones de carácter técnico que tiene como propósito establecer estándares o lineamientos para decidir la generación de productos geográficos, y para uniformar dicha información en cualquiera de sus procesos de captura, organización, procesamiento, mantenimiento, representación, transferencia, difusión, manejo y acceso de los datos, así como productos geográficos. Ejemplo: Sistemas de referencia geodésica, escalas, formatos, glosarios, normas técnicas referentes a cualquier materia geográfica, sistemas de clasificación climática o de suelos, etc.

Orografía: Descripción del relieve montañoso.

Parteaguas: Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

Periodo de retorno: Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud.

Pluviógrafo: Instrumento para medir la altura de agua de precipitación en un punto, cuenta con un mecanismo para producir un registro continuo de la precipitación.

Pluviómetro: Instrumento para medir la altura de agua de precipitación en un punto, indicando la cantidad de lluvia acumulada en 24 horas, sin definir su patrón durante la tormenta.

Procesamiento de Información Geográfica: Organización, integración, estructuración y tratamiento de información geográfica mediante métodos analógicos o digitales aplicados a los datos e información capturada.

Productos Geográficos: El resultado final de la ejecución de un proyecto geográfico previamente concebido. Ejemplo: Un estudio hidrológico, un mapa, una serie cartográfica, una base de datos, etc.

Propietario de Información Geográfica: Aquella persona, empresa, institución o dependencia etc. reconocida como tal a través de un certificado de registro emitido por autoridad competente. (Instituto Mexicano de Derechos de Autor y/o Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial).

Proyecto Geográfico: Conjunto de documentos, escritos, diseños y cálculos que definen en forma integrada una propuesta de hacer algo en materia de geografía y que a partir de ello habrá de crearse. Ejemplo: Un proyecto de estudio o investigación geográfica, el proyecto de un mapa o una serie cartográfica, el proyecto de conformación de una base de datos geográfica, etc.

Radargrama: Similar a los registros clásicos de sísmica de reflexión, pero con la gran diferencia de que, en el caso del radar, la propagación de las ondas está condicionada por las características electromagnéticas del medio de propagación.

Registros oficiales de información geográfica: Datos e información geográfica contenida en Registros Administrativos constituidos por una disposición jurídica, que tengan el atributo de la trascendencia legal, en virtud de que los actos registrados fueron realizados por un órgano o autoridad competente. Ejemplo: Los datos capturados en el Registro Agrario Nacional, los nombres geográficos normalizados, los límites político administrativos. etc.

Representación de Información Geográfica: Cualquier forma utilizada para presentar los datos e información geográfica sobre cualquier material y medio, sea éste analógico o digital.

Símbolos de Información Geográfica: Gráficos convenidos para representar un rasgo geográfico. Ejemplo: Símbolos de la carta topográfica.

Sinclinal: Tipo de pliegue en el que los estratos adoptan una forma cóncava vistos desde arriba, el cual contiene rocas estratigráficamente más jóvenes en el núcleo.

Sismo: Se denomina sismo, seísmo o terremoto a las sacudidas o movimientos bruscos del terreno generalmente producidos por disturbios tectónicos o volcánicos.

Subsidencia: Hundimiento progresivo, durante un periodo bastante largo, del fondo de una cuenca sedimentaria, que permite la acumulación de grandes espesores de sedimentos.

Subsuelo: Datos e información geográfica referidos al estrato inmediatamente por debajo de la superficie terrestre, a profundidades variables después de las inmediatas que corresponden a la Edafología. Ejemplo: Geología estructural profunda, tectónica, minería subterránea, etc.

Suelo: Datos e información geográfica referente al estrato donde se sustenta la vegetación y es originada por la interacción del clima sobre la roca madre. Ejemplo: Edafología, uso del suelo, Vegetación, contaminación ambiental, etc.

Sustrato: Estrato que subyace a otro y sobre el cual puede influir.

Tratamiento de la Información Geográfica: Conjunto de operaciones realizadas sobre los datos e información geográfica con arreglo a determinados criterios, metodologías y normas, a fin de obtener un cierto producto geográfico.

Tsunami: Los Tsunami son generados tanto por erupciones volcánicas submarinas como por masivos deslizamientos de tierra que caen al mar

Vuelco o desplome: Se definen como la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje o pivote determinado por su centro de gravedad. Su movimiento es hacia delante o hacia la parte externa, por lo cual involucra inclinación o basculamiento.

UTM, Proyección: Universal Transversal de Mercator, es una proyección cartográfica cuya concepción geográfica es de tipo cilíndrico desarrollable.

- Bibliografía
  - Irasema Alcántara Ayala, Alonso Echavarría Luna, Carlos Gutiérrez M. Leobardo Domínguez M. e Ignacio Noriega Rioja. Serie Fascículos Inestabilidad de Laderas septiembre 2005 SEGOB CENAPRED.
  - Ayala, C. F. J., 2002a. Introducción al análisis y gestión de riesgos. Riesgos naturales, ed. Ariel, pp.133-135.
  - Ayala C. F. J. 2002b. Introducción a la matemática probabilística del riesgo. Riesgos naturales, Ed. Ariel, pp. 147-148.
  - Ana María Lizeth Caballero García, Tesis de Licenciatura. "Los flujos de escombros de Motozintla, Chiapas ocurridos en Septiembre de 1998: Estratigrafía, Granulometría y Mecanismos de Emplazamiento" IPN, México D.F. 2002.CENAPRED, 2004.-
  - Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales de Peligros y Riesgos. Consejo de Recurso Minerales. Informe de la Carta Geológica Minera. Escala 1: 250,000, Carta Monterrey G14-7, Estado de Coahuila, Nuevo león y Zacatecas. Agosto del 2000.
  - Periódico oficial Monterrey, Nuevo León, 2003.- Plan parcial de desarrollo urbano sustentable Cañón del Huajuco Monterrey 2002-2020. Lunes 03 febrero de 2003
  - Raiz E., 1964. Physiographic Provinces.
  - SEDESOL-COREMI, 2004. Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad, identificación y zonificación, 101 p.
  - SEMARNAT, 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996.
  - SEGOB, 1993. Guía técnica para la preparación de mapas de ubicación geográfica de riesgos. Sistema Nacional de Protección Civil.
  - Sociedad Internacional de Especialistas en Erosión, Edafología y Geomorfología 2006.- Clasificación por nivel y clase de los peligros por erosión, unidades de suelo y unidades geomorfológicas – Seminario Internacional de Peligros por Erosión, Agosto de 2006 – Barcelona, España.
- Geológica
  - Aguilar H. 1976.- III Simposium De Geología De Subsuelo Zona Noreste. Reynosa Tamaulipas. Mayo 1976.
  - Alcántara-Ayala, I. (2006). Stripping off the invisibility cloak of landforms and processes: A taste of the tropical flavour of geomorphology, Singapore Journal of Tropical Geography, 27, 2, 128-130.
  - Andrea L.LL., Andrews J. M. (2013) Modeling seismicity rate changes in Oklahoma and Arkansas: possible signatures of induced seismicity. US geological survey, Menlo Park, Ca.
  - Austin A. H., Toth CH., Baker E. (2013) Probabilistic seismic hazard assessment and observed ground motions for the Arcadia, Oklahoma, Dam site.
  - Bartolini C., Buffler. R.T., Cantu Ch. A., 2001.- The Western Gulf of Mexico Basin, Tectonics, Sedimentary Basins, And Petroleum Systems. The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
  - Backer C. L. (1971).- Geologic Recconaissance in the Eastern Cordillera of Mexico. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 131.
  - Carrillo Bravo, J. (1971).- La Plataforma de Valles-San Luis Potosí. Asoc. Mex. Geol. Petrol., Bol. vol. XXIII, Nos. 1-6.
  - Charleston, S. (1974). Stratigraphy, Tectonics and Hydrocarbon potential of the Lower Cretaceous, Coahuila Series; Coahuila, México.
  - De Cserna, Z. (1956).--Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México entre Torre6n y Monterrey. Congr. Geol. Internal., XXa. México.
  - Eguiluz. A.C., Aranda-García. (1991). Interpretación geológica y geográfica de la curvatura de Monterrey, en el noreste de México. Revista de Ingeniería Petrolera. Vol. 31. p 25-39.
  - Eguiluz de A. S., Aranda G. M., Marret. R. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V. LIII. Pág. 1-26.
  - Eguiluz. A.C., Aranda-García y Marret. (2002). Tectónica Cenozoica del noreste de México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XXXVI. p (43-62).
  - Ferrer, M. (1992). Estabilidad de taludes en roca. Monografía No.12. Universidad Complutense de Madrid, España.
  - Gary G.G., Chris A. J., (1995).Structural and Tectonic Evolution of the Sierra Madre Oriental, whit emphais on the Saltillo- Monterrey Corridor. Memorias de la Convención Anual de la Asociación Americana de Geólogos petroleros. Houston, TX.
  - González de Vallejo. L.I. (2004). Ferrer M., Ortuño L. Oteo, C (2002). Ingeniería geológica. La estabilidad de taludes y desmontes en el entorno de las obras lineales andaluzas. IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Granada, España. Vol. III, pp.1073-1113. Editorial Person. Madrid, España.
  - Keranen. K.M., Savage H.M., Abers G.A., Cochran .E.S. (2013) Potentially induced earthquakes in Oklahoma, USA: links between wastewater

injection and the 2011 Mw 5.7 earthquake sequence. U.S. Geological Survey, 525 S. Wilson Avenue, Pasadena, California 91106, USA.
- Rodríguez M.JM., Kalashnikov E., Arriaga D. de L. L.E. 2015. Sismicidad inducida por el fracking en el estado de Nuevo León. VI. Congreso Internacional de Geología, Bucaramanga, Colombia del 24 de agosto al 1 de septiembre. Ponente.
- Rodríguez M. J.M., (2014) Sismicidad en el Estado de Nuevo León, México. Periódico El Regio. com. Enero de 2104.
- Rodríguez M.J.M., Ferriño Fierro A.L., 2005. Atlas de Riesgo Geológico e Hidrometeorológico del Área Metropolitana de Monterrey.
- Rodríguez M.J.M., Yutsis V. Arriaga L.E., Sánchez La B.D., 2005. La Falla de San Marcos en la conjunción entre los valles de Cuatro Ciénegas y El Hundido, en el Estado de Coahuila, México, Análisis Gravimétrico. Congreso Internacional de Tectónica, Moscú Rusia Febrero 2005.
- Rodríguez M. JM., Bermúdez C. JE., Valero A. JA. 2012. Atlas de riesgos naturales y antropogénicos del municipio de San Pedro Garza García, N.L.
- Suárez D. J. (2002). Estabilización de taludes en climas tropicales y húmedos. Universidad de Bucaramanga, Colombia.
- Uriel, S. (1991). Corrección de taludes en roca. Curso sobre estabilidad de taludes. CEDEX. Madrid, España.
- Wei. G.B., Frohlich C., (2013) Gas injection may have triggered earthquakes in the Cogdell Oil Field, Texas. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 10083, China; and Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, Austin, TX 78758-4445.
- Zwanzinger.J.A., 1976. Geología Regional del sistema sedimentario Cupido. III Simposium de geología de subsuelo Zona Noreste, Reynosa, Tamaulipas. Pág. 134-159. Mayo 1976.

- Hidrometeorológica
  - American Meteorological Society 2008 Glossary of Meteorology. http://amsglossary.allenpress.com/glossary.
  - Aparicio Mijares, Francisco Javier, 1996, Fundamentos de Hidrología de Superficie, Limusa Editores, Pág. 151.
  - Atlantic Oceanographic & Meteorological Laboratory. 2008. Frequently Asked Questions.
  - http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/G1.html
  - Callow John C., Kimberly P. Van Niel, Guy S. Boggs, 2007, How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis?, Journal Of Hydrology, Issue 332, pags 30-39
  - Campos, A.D. 1990 Procedimiento para obtener curvas de I-D-T a partir de registros pluviométricos.
  - Campos Aranda, D.F. 1998. Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México.
  - CENAPRED / SEGOB, 2006, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Hidrometeorológicos), CENAPRED, Av. Delfín Madrigal #665, Deleg. Coyoacán, México, D.F., pág. 15
  - CNA 2005. Climatic Computer Program. Comisión Nacional del Agua (CD)
  - Conservation Engineering Division. 1986. Urban hydrology for small watersheds. Natural Resources
  - Conservation Service, USDA, Technical Release 55. 162pags. CSIRO Mathematical and Information Sciences. 2005. Terrestrial mapping & Monitoring, mapping waterlogging. http://www.cmis.csiro.au/RSM/casestudies/flyers/water/index.htm
  - Curie, F. S. Gallard, A. Ducharne, H. Bendjoudi. 2007. Geomorphological methods to characterize wetlands at the scale of the Seine watershed. Science of the total environment 3675(1-3) 59-68.
  - Doswell, C.A. III 2000 Severe Convective Storms, An Overview. The American Meteorologic.

Nombre de la empresa.

Gutiérrez Guevara Construcciones. S.A de C.V.

Responsable del Proyecto: Juan Manuel Rodríguez Martínez. Ph. D. en Ciencias Geológicas

MC. Lilia Evangelina Arriaga Díaz de León

Ing. Iris Aleida Navarro Soto

Ing. Catherine Anginelly Peñaloza Méndez

Ing. Gabriela Juliett Rojas Rondón

Ing. Esteban Ibarra Macías

Ing. Fernando David Jiménez Briones

Biol. Javier Eugenio Bermúdez Cerda