I. Marco Teórico

A. Introducción

El Atlas de Riesgo para el Municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León será el instrumento científico-tecnológico que permita la identificación precisa de los diversos peligros existentes en la demarcación, calculando su impacto potencial y contribuyendo a desarrollar programas preventivos que disminuyan la vulnerabilidad de zonas específicas y en su caso, proporcione elementos para la correcta toma de decisiones ante la ocurrencia de una emergencia o desastre. Su actualización permanente se desarrolla a través de estudios para la identificación de riesgos, los cuales serán actualizados al día de hoy, con información de todos los fenómenos perturbadores que afectan al municipio.

El grado de riesgo definido por el territorio está determinado por el grado de vulnerabilidad y exposición producto de su dinámica socio-económica.

El rápido crecimiento urbano de San Nicolás de los Garza lo ha llevado a ser el tercer municipio más poblado de la Zona Metropolitana de Monterrey y es el segundo municipio con menor extensión territorial.

Las condiciones estructurales y geotectónicas sobre las cuales se encuentra asentada la población de San Nicolás de los Garza lo hacen más o menos susceptibles a sufrir daños y pérdidas derivados de la acción de siniestros o desastres, aunado a un elevado flujo de población, insumos y productos que estructuran un territorio económicamente diverso por ende expuesto a la incidencia de fenómenos perturbadores de origen natural y antropogénicos (principalmente de índole químico-tecnológico)

El reconocimiento de los fenómenos perturbadores, su relación con los sistemas expuestos y la estimación de los daños y pérdidas asociados a la incidencia de los mismos es una actividad propia del presente instrumento, fundamental para la definición de acciones y políticas claras en materia de gestión integral de riesgos.

La gestión integral de riesgo de desastres, como política territorial, reconoce que el riesgo es un proceso derivado de la apropiación y manejo del territorio como resultado de las fuerzas y fines económicos-políticos, y, por lo tanto, previsible al identificar y comprender las dinámicas que dan sentido a la actividad económica.

El objetivo de la identificación y estudio del riesgo es reconocer la construcción de este, y buscar reducirlo a través de la generación de políticas enfocadas a la disminución de vulnerabilidad de los sistemas expuestos y en incrementar las capacidades analíticas de aquellos actores enfocados a la planeación territorial.

B. Fundamentación Jurídica

A nivel Federal este instrumento se fundamenta en la *Ley General de Protección Civil* (última reforma DOF 06-11-2020); en su artículo 2 fracc. IV establece que el Atlas Nacional de Riesgos es un: "*Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables".*

Los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo. (art. 19, fracción XXII).

Dichas etapas se detallan en el artículo 10. *La Gestión Integral de Riesgos considera, entre otras, las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador:*

I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos;

II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios;

III. Análisis y evaluación de los posibles efectos;

IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto;

V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos;

VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos, y

VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad.

El artículo 23 establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres se encarga de la integración del Atlas Nacional de Riesgos.

Esta ley señala que el Gobierno Federal, con la participación de las entidades federativas promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro en los Atlas Nacional, de las entidades federativas y **Municipales de Riesgos** de las zonas en el país con riesgo para la población, el patrimonio público y privado, que posibilite a las autoridades competentes regular la edificación de asentamientos. (art.83 párrafo reformado DOF 19-01-2018).

Este mismo artículo señala que las entidades de la federación promoverán en el ámbito de su competencia, que el Atlas Nacional de Riesgos sea de fácil acceso a la población, procurando que su elaboración siga las directrices del CENAPRED (párrafo adicionado DOF 23-06-2017).

Establece en el art. 86 (reformado DOF 19-01-2018), que en el Atlas Nacional de Riesgos y en los respectivos Atlas de las entidades federativas y Municipales de Riesgos, deberán establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Dichos instrumentos deberán ser tomados en consideración por las autoridades competentes, para la autorización o no de cualquier tipo de construcciones, obras de infraestructura o asentamientos humanos.

Por su parte la *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano* (última reforma DOF 06-01-2020), señala en el art. 10 fracc. XXIV que corresponde a las entidades federativas, prevenir y evitar la ocupación por asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, de conformidad con los atlas de riesgo y en los términos de la legislación aplicable.

Así mismo, las entidades federativas, al formular sus programas estatales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano correspondientes, deberán considerar en el marco general de leyes, reglamentos y normas y los planes territoriales de ámbitos territoriales más amplios o que se inscriben en el plan o programa en formulación ***"la congruencia con el atlas nacional de riesgos"*** (art.29 fracc. III inciso f).

De igual manera los planes o programas de Desarrollo Urbano deberán considerar las normas oficiales mexicanas emitidas en la materia, las medidas y criterios en materia de Resiliencia previstos en el programa nacional de ordenamiento territorial y desarrollo urbano y en los **atlas de riesgos** para la definición de los Usos de suelo, Destinos y Reservas. Las autorizaciones de construcción, edificación, realización de obras de infraestructura que otorgue la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) o las entidades federativas y los municipios deberán realizar un análisis de riesgo y en su caso definir las medidas de mitigación para su reducción en el marco de la Ley General de Protección Civil, señalado en el artículo 46 de la LGAHOTDU.

La Ley de Protección Civil del Estado de Nuevo León (última reforma publicada el 11 de Marzo del 2019) señala que es atribución de la Dirección de Protección Civil la identificación de los altos riesgos que se presenten en el Estado, integrando el atlas correspondiente y apoyar a las unidades municipales de protección civil para la elaboración de mapas de riesgos (art.26 fracc. VIII) reformada P.O. 19 de Diciembre de 2018.

Además señala en el apartado de artículos transitorios de los decretos de reformas del presente ordenamiento (art. 2; reformada, P.O. 19 de Enero de 2011) que las disposiciones contenidas se aplicarán a partir de los sesenta días siguientes a la fecha en que se publique **atlas de riesgo** respectivo en el Periódico Oficial del Estado de Nuevo León.

De acuerdo a lo señalado en el art. 10 de la *Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León* (última reforma P.O 20 de Diciembre de 2019) corresponde a la Secretaría del de Desarrollo Urbano formular y difundir los **atlas de riesgo** conforme a las disposiciones de esta ley, así como asesorar a los municipios que lo soliciten en la expedición de las autorizaciones o licencias que se otorgan en las zonas de riesgo (fracc. III), así como prevenir y evitar la ocupación por asentamientos humanos en zonas de alto y muy alto riesgo, de conformidad con los atlas de riesgo estatal y municipal en los términos de la legislación aplicable; a través del dictamen de congruencia o del dictamen de análisis de riesgo; siempre y cuando los riesgos sean no mitigables (fracc. XCIV).

Esta ley señala en su artículo 86 párrafo 3 las zonas de conservación, consolidación, mejoramiento y crecimiento, las cuales, se determinarán zonas de riesgo, conforme al atlas de riesgo municipal, o a falta de éste conforme al atlas de riesgo estatal, desarrollo controlado y de salvaguarda, que deberán tener los predios dentro de su propiedad especialmente en áreas que sean consideradas de seguridad nacional, o áreas e instalaciones en las que se realizan actividades riesgosas y se manejan materiales y residuos peligrosos, así como aquellos en que se requieran establecer por causas naturales o factores socio organizativos para atender contingencias urbanas o ambientales.

Así mismo, el artículo 175 establece que la secretaría en coordinación con las autoridades municipales en materia de desarrollo urbano, están obligados a formular los estudios denominados **atlas de riesgo**, en donde se identifiquen las zonas de riesgo, entendiéndose por estas aquellos que por su ubicación representen peligro debido a factores antropogénicos o naturales, que puedan causar lesiones o daños a las personas o a sus bienes y se clasificarán en cada zona atendiendo a los criterios de riesgo mitigable o riesgo no mitigable. Igualmente de acuerdo con el artículo 176 los **atlas de riesgos** se elaborarán y consultarán conforme al espacio territorial que cubrirán, y se aprobarán mediante acuerdo del Gobernador del Estado, cuando se trate del **atlas de riesgo estatal** y se publicarán en el Periódico Oficial del Estado. Tratándose de los **atlas de riesgo de los municipios**, se aprobarán por los ayuntamientos, ambos atlas estarán a la disposición del público y serán accesibles a través de medios electrónicos.

A nivel municipal el *Reglamento de Protección Civil para el municipio de San Nicolás de los Garza* señala como **atlas municipal de riesgos** que el Sistema Municipal de Protección Civil deberá establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Dichos instrumentos deberán ser tomados en consideración por las autoridades competentes, para la autorización o no de cualquier tipo de construcciones, obras de infraestructura o asentamientos humanos (art. 4).

En el art. 6 fracc. XII hace el siguiente señalamiento con respecto a la definición del Atlas: *"Es el documento en el cual se integra la panorámica de los riesgos actuales y probables a los que están expuestos los habitantes y personas que transiten por la Ciudad de San Nicolás de los Garza así como de sus bienes y el medio ambiente; en él se reunirá la información relativa a los diferentes agentes perturbadores de origen natural, como los geológicos y los hidrometeorológicos y los inducidos por el hombre, como los químicos, los sanitarios y los socioorganizativos que se susciten o exista el riesgo de que se realicen en el marco geográfico del territorio"*

De acuerdo con el artículo 23, fracción VI; el reglamento establece que el Consejo Municipal de Protección Civil tiene la atribución de asesorar a la Dirección Municipal de Protección Civil en la integración, mantenimiento y actualización **del atlas y mapa de riesgos en el municipio**, y las posibles consecuencias que pueden derivarse de cada uno de ellos, a efecto de organizar acciones para eliminar aquéllos, o bien, disminuir el impacto de los mismos en la población y sus bienes. La Dirección Municipal de Protección Civil dentro de lo establecido en el artículo 35 fracción XII debe de identificar los altos riesgos que se presenten en el Municipio, integrando y elaborando el atlas y mapa de riesgos.

Para la prevención de accidentes se establece en el artículo 76, fracción IV que la comunidad podrá solicitar el monitoreo continuo a la Dirección Municipal de Protección Civil si la zona habitacional está considerada como zona de riesgo en el **atlas de riesgo del municipio**.

C. Antecedentes

El municipio de San Nicolás de los Garza forma parte de la zona metropolitana de Monterrey limita al norte con General Escobedo y Apodaca; al sur con Guadalupe y Monterrey, al oeste con Monterrey y con General Escobedo. Ha sido afectado por diversos fenómenos hidrometeorológicos que generan daños tanto a bienes expuestos como al sector agrícola y ganadero; los cuales se encuentran dentro de las principales actividades económicas del municipio

En los últimos años San Nicolás de los Garza ha presentado 28 declaratorias de emergencia o desastre relacionadas con fenómenos de origen hidrometeorológico, siendo las fuertes lluvias y vientos los que mayormente han afectado a este municipio.

Tabla 1.1. *Declaratorias en San Nicolás de los Garza 2010-2020*

Tipo de declaratoria	Clasificación del Fenómeno	Tipo de Fenómeno	Fecha de publicación	Observaciones
Desastre	HM	Lluvias	24/07/2002	Lluvia Atípica
Desastre	HM	Lluvias	29/10/2003	Lluvia Atípica
Desastre	HM	Lluvias	07/05/2004	Lluvia Atípica e Impredecible
Desastre	HM	Lluvias	24/08/2004	Lluvia Atípica e Impredecible
Desastre	HM	Lluvias	17/09/2004	Lluvias Atípicas e Impredecibles
Emergencia	HM	Ciclón Tropical	29/07/2005	Ciclón Tropical "Emily"
Desastre	HM	Ciclón Tropical	10/08/2005	Lluvia y Vientos Extremos por el Huracán "Emily"
Desastre	HM	Lluvias	10/11/2005	Lluvias Extremas
Desastre	HM	Lluvias	03/08/2007	Lluvias Extremas e Inundaciones
Desastre	HM	Lluvias	24/10/2011	Lluvia severa
Contingencia Climatológica	HM	Sequía	23/11/2011	Desastre Sagarpa
Contingencia Climatológica	HM	Sequía	03/05/2013	Desastre Sagarpa
Desastre	HM	Lluvias	01/10/2013	Huracán Ingrid
Desastre	HM	Lluvias	16/10/2013	Lluvia severa e inundaciones fluviales y pluviales
Emergencia	HM	Nevadas, Heladas, Granizadas	21/12/2001	Heladas, Nevadas y Bajas Temperaturas

Tipo de declaratoria	Clasificación del Fenómeno	Tipo de Fenómeno	Fecha de publicación	Observaciones
Emergencia	HM	Heladas	08/02/2016	Helada severa provocada por el Frente Frío No. 34 y por la octava Tormenta Invernal
Desastre	HM	Lluvias	25/10/2000	Lluvias atípicas e impredecibles, e inundaciones causadas por los remanentes del ciclón tropical Keith
Desastre	HM	Sequía	17/04/2000	Sequía prolongada y atípica de septiembre de 1999 a febrero de 2000.
Desastre	HM	Lluvias	05/10/2001	Lluvias atípicas e impredecibles
Desastre	HM	Lluvias	14/10/2002	Lluvias atípicas e impredecibles
Desastre	HM	Lluvias	14/10/2002	Lluvias atípicas e impredecibles
Desastre	HM	Lluvias	06/12/2002	Lluvias atípicas e impredecibles
Emergencia	HM	Heladas	29/01/2014	Emergencia Extraordinaria por helada severa por los frentes fríos No. 27, 28 y 29
Emergencia	HM	Lluvias, Ciclón Tropical	08/07/2010	Lluvias severas, inundaciones y fuertes vientos ocasionados por el Huracán Alex
Desastre	HM	Lluvias, Ciclón Tropical	09/07/2010	Lluvias severas, inundaciones y fuertes vientos ocasionados por el Huracán Alex
Desastre	HM	Lluvias	20/09/2019	Lluvia severa e inundación pluvial y fluvial
Emergencia	HM	Lluvias	07/08/2020	Lluvia severa, inundación fluvial y pluvial
Desastre	HM	Lluvias	07/08/2020	Lluvia severa, inundación fluvial y pluvial. Huracán Hanna

Fuente: *Sistema de Consulta de Declaratorias, Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED 2020.*

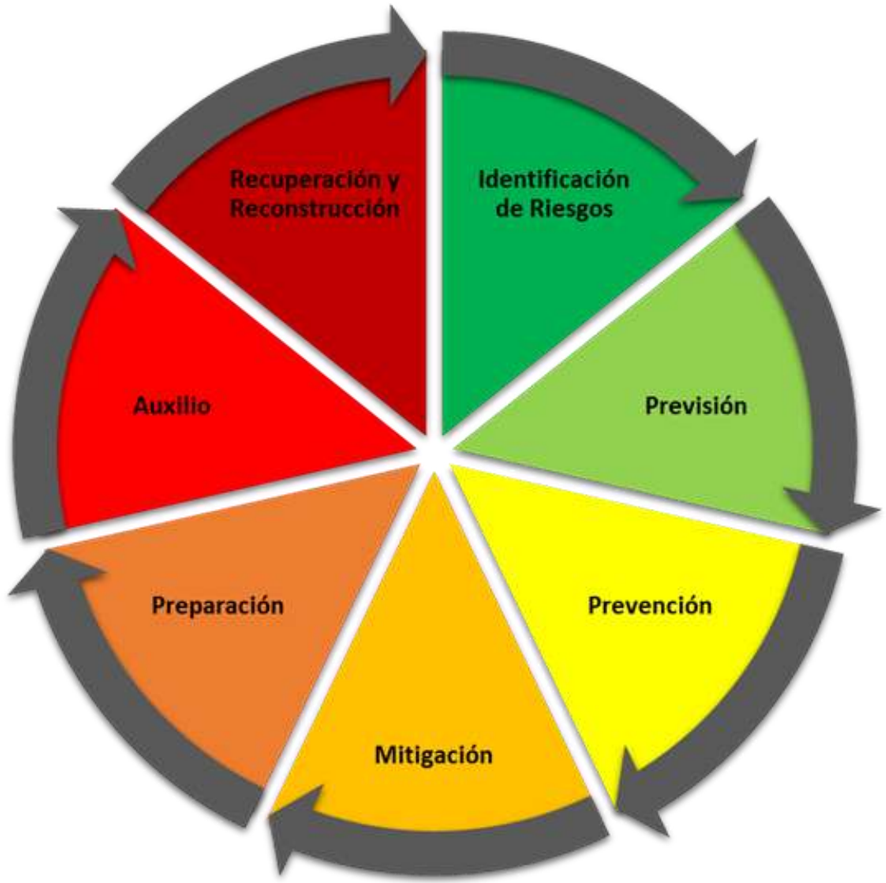
Pese a lo anterior, y derivado de la presencia de materiales geológicos sedimentarios calcáreos, no pueden descartarse los fenómenos de origen geológico como potenciales perturbadores a los sistemas expuestos, lo que, en el presente instrumento se aborda a través de la verificación en campo de aquellos incidentes reportados por la Dirección de Protección Civil y Bomberos para determinar los mecanismos de actuación de estos procesos y en su defecto, establecer estrategias de mitigación de riesgos.

Sin embargo, en la actualidad, se han multiplicado intensamente las fuentes de trabajo. En las cuales destacan las industrias relacionadas con la producción de acero, automotriz, química, alimentos, así como a un gran desarrollo comercial y de servicios. A San Nicolás se le considera el quinto municipio industrial de nuestro país. Por lo que es importante evaluar los fenómenos de origen químico-tecnológicos.

D. Objetivos

El Atlas de Riesgos es el insumo básico para la Gestión Integral de Riesgos (GIR), pues es un instrumento de planeación encaminado a reconocer la construcción del riesgo y sus expresiones territoriales con el objetivo de definir estrategias, tanto territoriales como de política pública en materia de reducción y mitigación de riesgos.

Figura 1.1. *Fases de la Gestión Integral de Riesgos*



Como parte de la Gestión Integral de Riesgos, los Atlas son instrumentos que dirigen los esfuerzos de las entidades gestoras del territorio y los procesos sociales, pues participan en todas las fases de la GIR, directa o indirectamente, al proveer del conocimiento técnico necesario para garantizar la efectividad de las acciones encaminadas a la reducción de riesgos en las fases de previsión, prevención y mitigación. De igual manera los atlas ayudan a integrar una red de capacidades en la fase de preparación que permita una respuesta inmediata y efectiva en caso de emergencias de desastres, y una vez en la fase de auxilio, aportan herramientas tácticas básicas para administrar de manera óptima y contundente la emergencia.

Como instrumento ejecutivo, el Atlas es una herramienta que integra los tres niveles de la Dirección de Protección Civil y Bomberos, de facto como un instrumento estratégico el cual define los planes de acción y políticas de reducción de riesgos, pero también un instrumento táctico-operativo que se integra en los protocolos y procedimientos de la dirección al identificar la vulnerabilidad y peligros inherentes al territorio y por ende, presente en todas las acciones del municipio.

Considerando lo anterior, el Atlas debe ser visto no como un fin, sino como un medio que debe integrarse en el quehacer cotidiano del municipio y sus procesos tanto administrativos como ejecutivos y que coadyuve en cualquier decisión territorial.

Figura 1.2. *Niveles de ejecución en la Gestión Integral de Riesgos*

El objetivo del Atlas de Peligros y Riesgos en la planeación territorial es la identificación de zonas detractoras del desarrollo socio-territorial del municipio y de prácticas espaciales que alteran el comportamiento físico del territorio. Es un estudio que evalúa la relación urbana-económica con el ámbito físico-geográfico, que identifica la exposición y vulnerabilidad de las dinámicas humanas, así como la amenaza latente que existe en sus procesos industriales y que establece una relación de causalidad que se interpreta a partir del concepto de riesgo.

E. Nivel de Análisis

En este apartado se definirán los alcances teórico-metodológicos que van a definir los insumos, procesos y parámetros de medición para la definición cartográfica de los fenómenos perturbadores abordados en el presente estudio, vale la pena mencionar que los fenómenos perturbadores pueden analizarse conforme a su contenido teórico y metodológico en tres niveles principalmente:

Amenaza
Fenómeno natural que **puede** tener un efecto negativo tanto en humanos como en el ecosistema. El enfoque de la amenaza es exclusivamente sobre las características de incidencia del fenómeno natural, ante la falta de evidencia o indicadores claros sobre su acción e intensidad sobre el territorio bajo estudio.

Susceptibilidad
Condiciones **latentes** susceptibles de materializarse en un fenómeno perturbador en el futuro. Pueden tener diferentes orígenes: natural o antropogénico. La susceptibilidad es un elemento que permite valorar el papel del territorio en el desarrollo de los diferentes fenómenos perturbadores, principalmente por la presencia de uno o más factores condicionantes los cuales se encuentran inherentemente asociados al territorio.

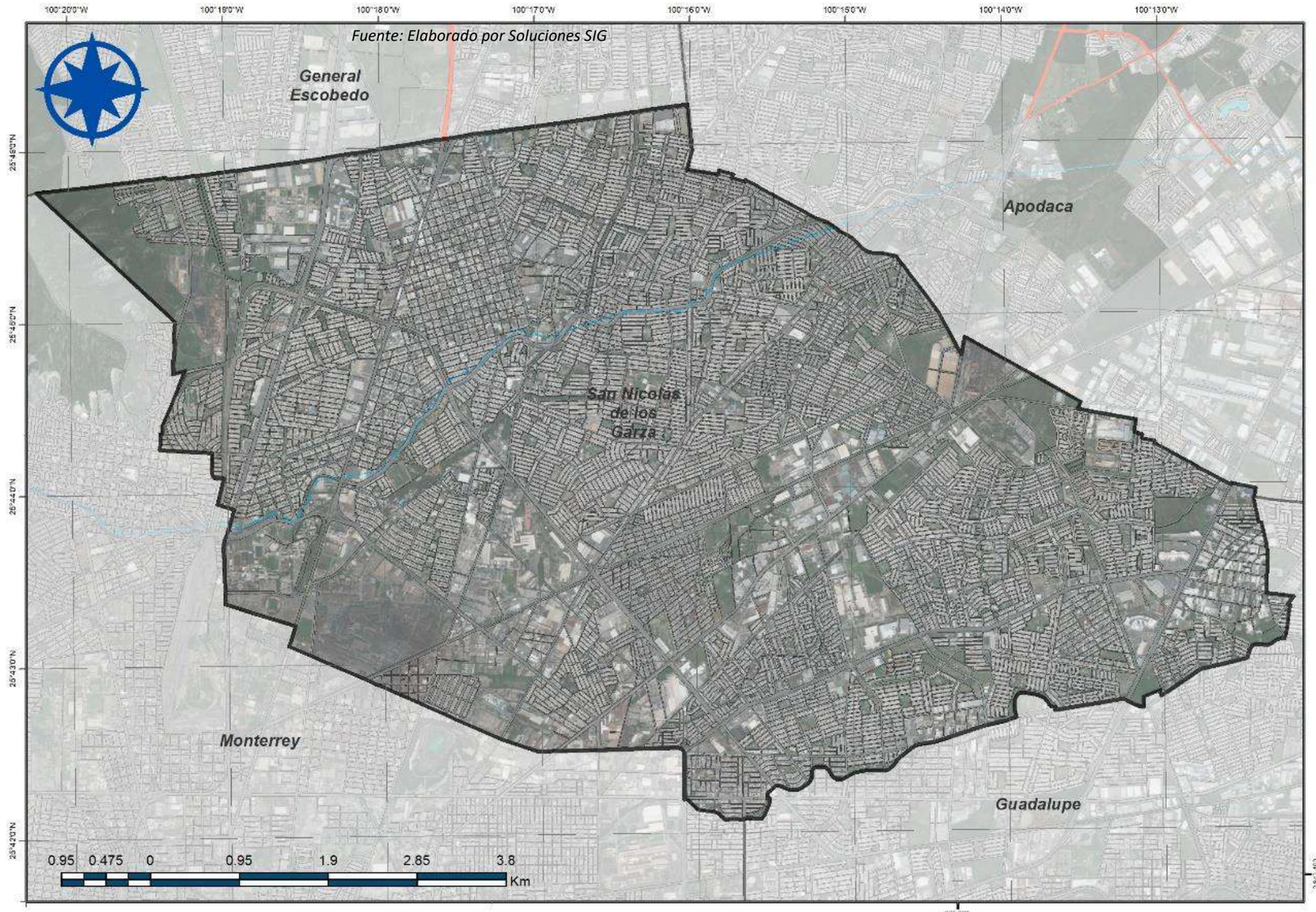
Peligro
Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta **intensidad**, durante un cierto **periodo** y en un **sitio** determinado. El peligro se construye a partir de la evaluación de los elementos condicionantes y desencadenantes, así como del conocimiento de la intensidad de un evento natural y su relación con el daño o afectación directa sobre los sistemas expuestos del territorio.

Considerando las fuentes de información disponibles, los métodos existentes para abordar los diversos fenómenos perturbadores, y los antecedentes de incidencia de fenómenos en el territorio se exponen a continuación los niveles de análisis por fenómeno perturbador que van a regir el desarrollo de los apartados subsecuentes del Atlas de Riesgos.

Tabla 1.2. *Nivel de análisis por fenómeno perturbador.*

FENÓMENOS PERTURBADORES	NIVEL DE ANALISIS	
I. Fenómenos Geológicos	a) Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)	AMENAZA
	b) Licuación de suelos	NO APLICA
	c) Sismos	AMENAZA
	d) Tsunamis	NO APLICA
	e) Erupciones Volcánicas	NO APLICA
	f) Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno.	AMENAZA
II. Fenómenos Hidrometeorológicos	a) Ciclón tropical (marea de tormenta, oleaje, vientos y lluvias)	AMENAZA
	b) Inundaciones pluviales	SUSCEPTIBILIDAD
	c) Inundaciones fluviales	SUSCEPTIBILIDAD
	d) Inundaciones costeras	NO APLICA
	e) Inundaciones lacustres	NO APLICA
	f) Tormentas de nieve	SUSCEPTIBILIDAD
	g) Tormentas de granizo	AMENAZA
	h) Tormentas eléctricas	AMENAZA
	i) Tormentas de polvo	NO APLICA
	j) Sequías	SUSCEPTIBILIDAD
	k) Ondas cálidas	SUSCEPTIBILIDAD
	l) Ondas gélidas	SUSCEPTIBILIDAD
	m) Heladas	SUSCEPTIBILIDAD
	n) Tornados (Vientos fuertes)	AMENAZA
III. Fenómenos Químico-Tecnológicos	a) Almacenamiento de sustancias peligrosas	SUSCEPTIBILIDAD
	b) Autotransporte y transporte ferroviario desustancias peligrosas	INVENTARIO
	c) Transporte por ductos	SUSCEPTIBILIDAD
	d) Incendios forestales	SUSCEPTIBILIDAD
IV. Fenómenos Sanitario-Ecológico	a) Contaminación del suelo, aíre y agua	AMENAZA
	b) Epidemias y plagas	SUSCEPTIBILIDAD
V. Fenómenos Socio-Organizativos	f) Demostraciones de inconformidad social	INVENTARIO
	g) Concentración masiva de población	INVENTARIO
	h) Terrorismo	INVENTARIO
	i) Sabotaje	INVENTARIO
	j) Vandalismo	INVENTARIO
	k) Accidentes aéreos	INVENTARIO
	l) Accidentes marítimos	NO APLICA
	m) Accidentes terrestres	INVENTARIO
	n) Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica	SUSCEPTIBILIDAD

F. Mapas Base



Mapa Base

AR-00

Leyenda Temática

Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....**1:42,000**
Proyección.....CCL
Datum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Meridiano central.....-102.0
Paralelo estándar 1...17.5
Paralelo estándar 2...29.5
Latitud de Origen.....12.0
Falso Este.....2,500,000
Falso Norte.....0

Referencias Bibliográficas

Simbología

Límites
- Límite estatal
- Límite municipal
- Límite San Nicolás de los Garza
- Límite manzanas urbanas

Cuerpos de agua
- Arroyo

Sistema de Asentamientos
- Rural
- Urbano

Red vial
- Carretera, Estatal

Atlas de Peligros y Riesgos San Nicolás de los Garza 2020

SOLUCIONES SIG

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA GOBIERNO DE LA CIUDAD

G. Diagnóstico

a) Caracterización de los elementos del medio natural.

(1) Fisiografía

La fisiografía engloba el estudio, descripción y clasificación de las geoformas del terreno, aunando aspectos de geomorfología, geología, clima pasado y actual, hidrología, aspectos bióticos (incluida la actividad humana), sólo si estos condicionen las características edafológicas de tales formas, o en su defecto la aptitud para uso y manejo (Serrato Pedro, 2009).

De acuerdo con el Instituto de Estadística y Geografía (INEGI), la cual considera aspectos que propone Quiñones (1987) la República Mexicana se divide en 15 provincias fisiográficas: Península de Baja California, Llanura Sonorense, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte, Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre Oriental, Mesa Centro, Grandes Llanuras de Norteamérica, Llanura Costera del Golfo Norte, Sierra Madre del Sur, Llanura Costera del Golfo Sur, Península de Yucatán, Sierra de Chiapas y Guatemala, Cordillera Centroamericana y Eje Neovolcánico (Lugo y Córdoba, 1991).

El territorio municipal San Nicolás de los Garza se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica:

Planicie Costera del Golfo (PCGM): Esta provincia se encuentra en de los estados de Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo y Veracruz. Limita al Este con el Golfo de México, al Oeste con la Sierra Madre Oriental, al Sur con el Cinturón Volcánico Mexicano y al Norte con la Provincia de las Grandes Llanuras de Norteamérica (Lugo Hubp, 1990). En la porción norte (Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí) predomina un relieve de superficies planas que principalmente está inclinadas hacia al oriente, estas fueron originadas por acumulación fluvial y marina. También, están presentes superficies onduladas y de lomeríos, formadas por la erosión de las capas del Oligoceno y Neógeno. Localmente hablando también existen montañas, como la Sierra de Tamaulipas (López Ramos, 1982; Lugo Hubp, 1990), la cual, cambia su dirección de plegamiento N-S a E-W y se encuentra localizada en la zona denominada “Curvatura de Monterrey”.

Figura 1.3*. Provincias Fisiográficas.*

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG. (Modificado de INEGI)*

Así mismo, el municipio de San Nicolás de los Garza se localiza en la siguiente Subprovincia Fisiográfica:

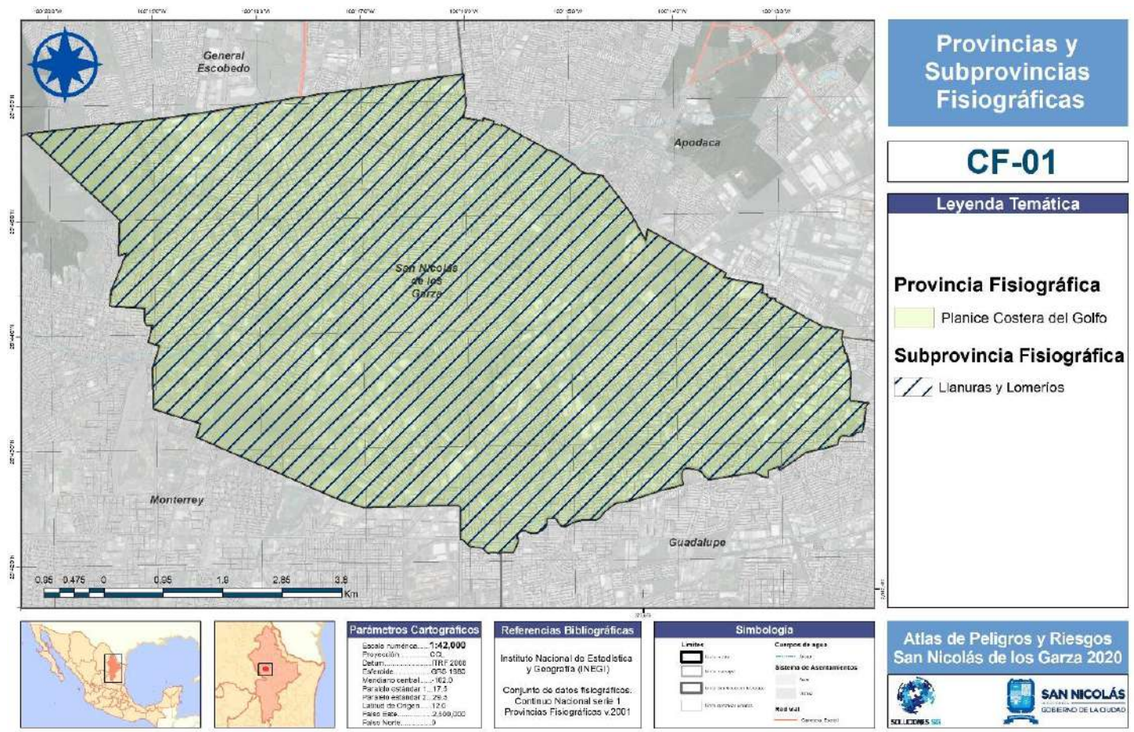
Llanuras y Lomeríos: Se caracteriza principalmente por sus extensas llanuras interrumpidas por lomeríos, en los que los materiales dominantes son sedimentos arcillosos y arenosos, de edades que van del Cretácico al Terciario. En la porción norte de Tamaulipas existen afloramientos de rocas basálticas, en forma de extensas coladas de lava que presentan morfología general de mesetas y otras forman pequeños lomeríos (CONAGUA, 2018). Se extiende desde el límite estatal con Tamaulipas hasta Nautla al sur. El rango altitudinal va desde el nivel del mar, en la zona de planicies bajas, hasta los 350 m en la de lomeríos y local y excepcionalmente, alcanza los 1 300 m en las sierras aisladas como la de Tantima. Limita al oeste con la Sierra Madre Oriental y al sur con el Cinturón Neovolcánico Transversal, los cuales constituyen importantes barreras orográficas (Geissert-Kientz, 1999).

Tabla 1.3. *Superficie de Provincias y Subprovincias para el municipio San Nicolás de los Garza.*

Provincia	Subprovincia	Área (ha)	Porcentaje
Planicie Costera del Golfo (PCGM)	Llanuras y Lomeríos	156,429.40	100%
Total		156,429.40	100%

Fuente*: INEGI y Prontuario de San Nicolás de los Garza.*

Mapa 1.1*. Provincias y Subprovincias Fisiográficas.*



Fuente*: INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional Serie I Provincias Fisiográficas v. 2001*

(2) Geomorfología.

La geomorfología como ciencia estudia el relieve, contribuye al conocimiento de los procesos exógenos del pasado y presente, y sus manifestaciones a lo largo de la superficie terrestre. La geomorfología terrestre permite visualizar la diversidad territorial de los aspectos del relieve y relacionarlos con otros factores. (Kientz, 1999).

Los rasgos geomorfológicos que se presentan en una región guían en gran medida el uso de los recursos naturales, ubicación de los asentamientos humanos y las principales actividades de la población.

El municipio de San Nicolás de los Garza se encuentra a una altura de 512 metros sobre el nivel del mar. La mayor parte de la extensión territorial es casi plana y con pendientes mínimas. Presenta en su mayoría, el 95 %, pendientes en el rango de 0° a 0.2°; 4% del territorio se conforma por pendientes en el rango de 3° a 7°, y finalmente el 1 % de la superficie territorial presenta pendientes de 8° a 15°.

De esta forma la única elevación importante en San Nicolás de los Garza, es el Cerro del Topo Chico, ubicada al poniente del municipio en el límite con Monterrey.

El sistema de topoformas que representan al municipio es el siguiente:

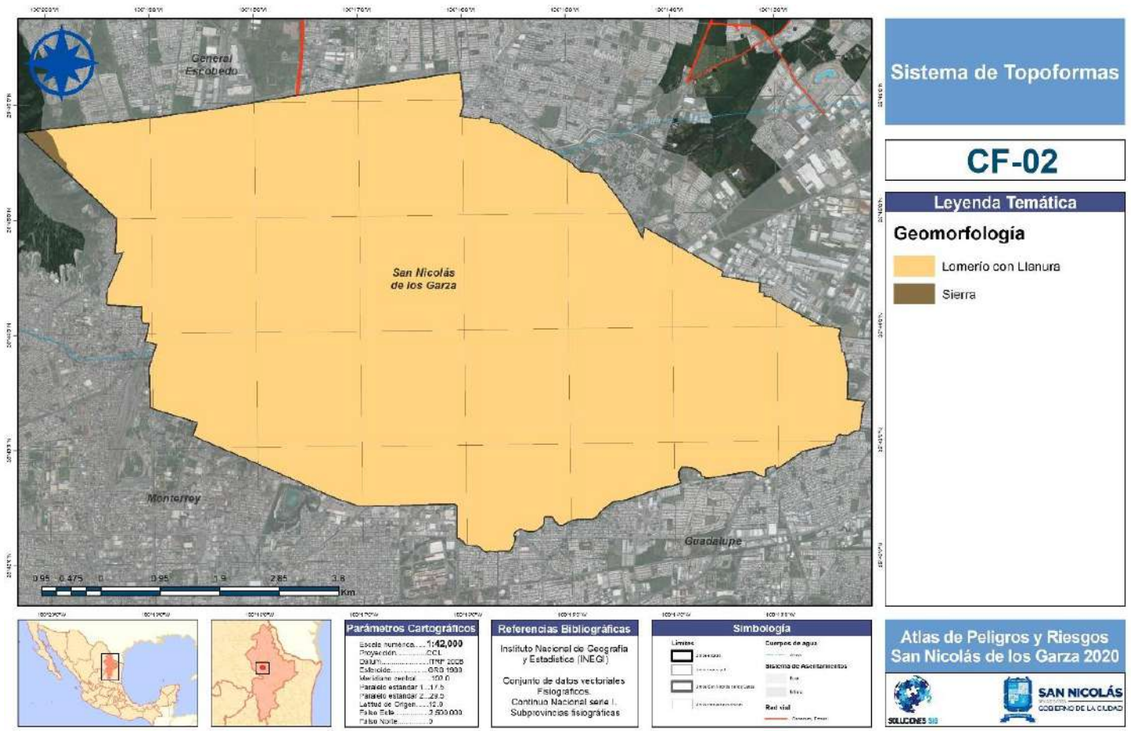
- Lomerío con llanura 99.7%, representa la mayor porción del territorio
- Sierra 0.3%, la encontramos al poniente del municipio, presenta un grado de deterioro importante derivado de actividades de extracción de materia prima para la elaboración de concreto.

***Tabla 1.4**. Sistema de Topoformas.*

Sistema de Topoforma	*Área (ha)*	*Porcentaje*
Lomerío con llanura	*6,064*	*99.70%*
Sierra	*19*	*0.30%*
Total	*6,083*	*100%*

***Fuente:** INEG, 2001*

***Mapa 1.3.** Sistema de Topoformas*



***Fuente:** INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I, Subprovincias Fisiográficas.*

(3) Geología

Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra (Tarbuck y Lutgens, 2005). Estudia la constitución y propiedades de los materiales que componen la Tierra, su distribución y los distintos procesos que la formaron y alteraron a través de millones de años, el avance y retroceso de los mares, la erosión de las rocas, el depósito de sedimentos, y la formación de cadenas montañosas. Distintos estudios han contribuido en aspectos sobre la evolución Geológica de México.

El municipio de San Nicolás de los Garza se encuentra dentro de la provincia geológica de la República Mexicana “Llanura Costera del Golfo del Norte”. Esta provincia puede dividirse en diferentes zonas de acuerdo a sus características estructurales. En la zona centro-norte se encuentra el Golfo de Sabinas donde se reconocen pliegues anticlinales y sinclinales orientados preferentemente al NW-SE; estos pliegues están conformados por rocas sedimentarias. Estas secuencias están conformadas por evaporitas del Jurásico-Superior y se encuentran intercaladas por lutitas, areniscas y calizas. La cuenca de Parras es una depresión topográfica que se localiza en la zona centro-occidental de esta provincia. En ella se identifican estructuras sinclinales simétricos con orientación paralela a Napa de Parras, la cual se ubica dentro de la Sierra Madre Oriental. Esta cuenca fue definida por Imlay en 1936 como una secuencia de lutitas carbonosas con intercalaciones de areniscas del Jurásico-Superior. En la zona norte-occidental se encuentra la Isla de Coahuila está presenta una forma semicircular y refleja la presencia de un posible cuerpo batolítico y la zona sur occidental (Sector Transverso) está constituida por una serie de anticlinales

y sinclinales orientados en sentido E-W y una cabalgadura en su parte frontal. Por otra parte, durante el Terciario Inferior se acumularon conglomerados polimícticos y oligomícticos mal consolidados y en los valles se depositaron aluviales y coluviales (Carta Geológica del SGM "Monterrey G14-7" a escala 1: 250,000).

Por la falta de cartografía en el territorio de San Nicolás de los Garza. La geología tuvo que basarse en Carta Geológica-Minera Monterrey G14, escala 1:250,000. Donde la litología está conformada por diferentes secuencias con edades que van desde el Jurásico-Inferior al Holoceno. La Formación Minas Viejas es la secuencia más vieja y consiste en estratos de yeso y caliza. Discordantemente y sobreyaciendo se encuentra un paquete de rocas jurásicas-calcáreas-marinas representadas por las formaciones Olvido, Zuloaga La Gloria y la Casita. Durante el Cretácico Inferior y Superior se despositaron rocas calcáreas principalmente calizas micríticas y lutitas arcillosas y margas. Cabe destacar que durante el Terciario intrusivos de composición granítica-monzonítica y pórfido-dacítico cortan la cubierta de rocas sedimentarias (Jurácico-Cretácico) y rocas extrusivas (Terciario). Por último, las rocas del Terciario y Cuarternario están representadas por conglomerados polimícticos y olimícticos mal consolidados, en la zona de los valles se depositaron materiales coluviales y aluviales donde las condiciones permitieron que se formaran depósitos lacustres y travertinos.

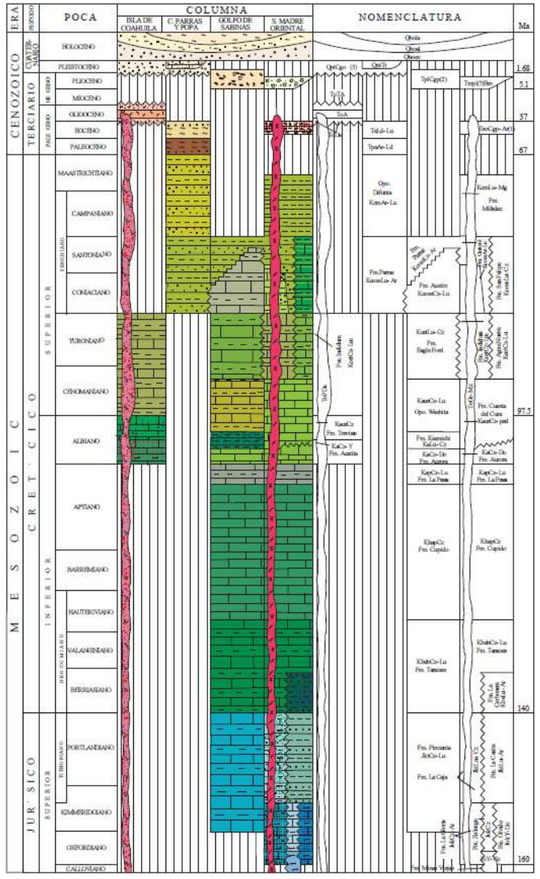
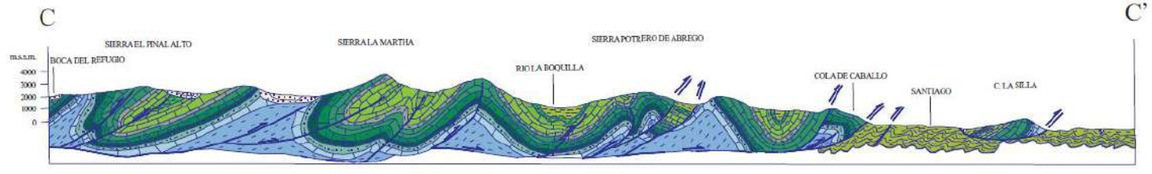


Figura 1.4. *Columna estratigráfica del territorio de Monterrey.* ***Fuente:*** *Carta Geológica del SGM a escala 1: 250,000.*

Hablando estructuralmente algunos autores asumen que los pliegues del noreste de México son el resultado de la combinación de un despegue con dirección suroeste-noreste y de esfuerzos de cizalla donde las fallas La Babia y San Marcos se reactivaron durante el Terciario Temprano, provocando un giro de los anticlinales en el Golfo de Sabinas. Las fallas que se han reconocido en la región son inversas claramente expuestas en la Sierra Madre Oriental con orientación preferencial SE-NW.

Figura 1.5. *Sección Geológica del área cercana al municipio de San Nicolás de los Garza.*



Fuente: *Carta Geológico-Minera Monterrey G14-7, escala 1: 250,000, Servicio Geológico Mexicano (SGM) ,2008*

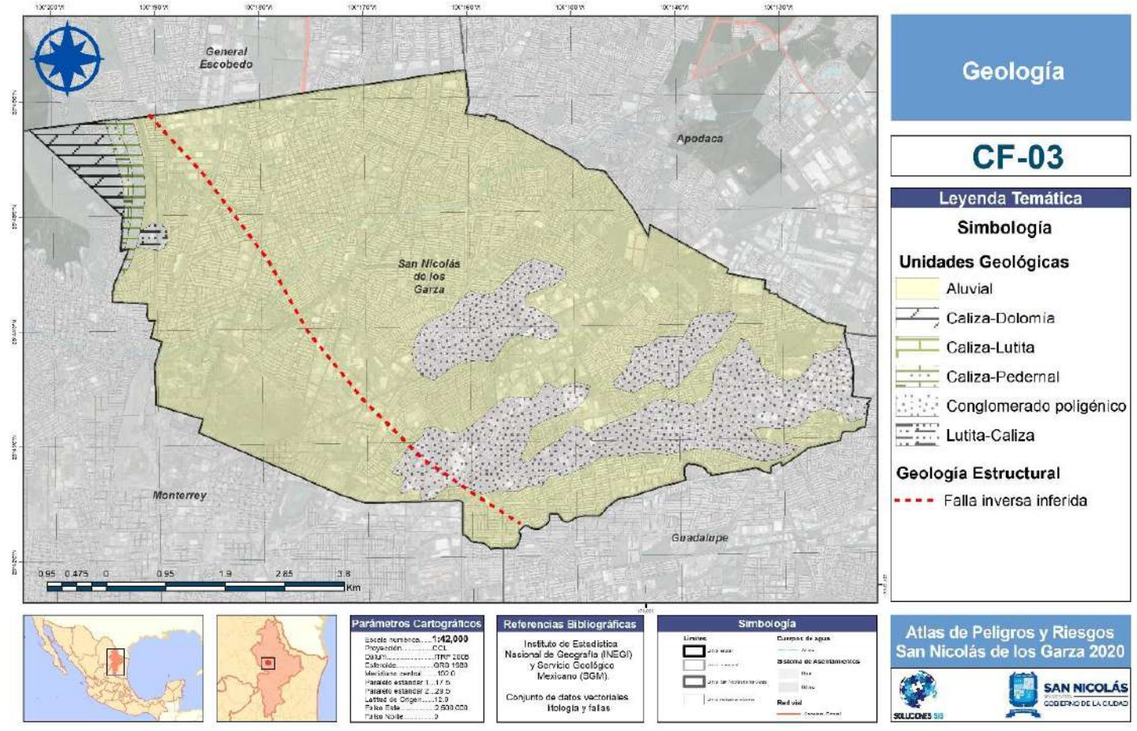
Tabla 1.5*. Litología del municipio de San Nicolás de los Garza*

Era	Periodo	Litología	Roca	Área	Porcentaje
Cenozoico	Cuaternario	Aluvial	Sedimentaria	145,748.68	93.1721%
	Terciario	Conglomerado	Sedimentaria	259.45	0.1658%
		Conglomerado	Sedimentaria	8,626.04	5.5143%
Mesozoico	Cretácico	Caliza	Sedimentaria	1,573.20	1.0005%
		Caliza-Lutita	Sedimentaria	158.95	0.1016%
		Lutita	Sedimentaria	63.08	0.004%
Total				156,429.40	100%

Fuente*: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).*

Para la realización del mapa geológico de San Nicolás de los Garza se utilizó la cartografía Geológico-Minera del SGM (Servicio Geológico Mexicano) escala 1:250,000 (Monterrey G14-7) Topográficas de INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía) escala 1: 250,000 (Monterrey G1407) y escala 1: 50,000 (Monterrey G1426, Apodaca G1416, Hidalgo G1415 y Garza García G1425), así como recorridos de campo.

Mapa 1.4. *Geología*



Fuente: *INEGI y SGM, Conjunto de datos vectoriales de fallas y fracturas, litología, minas. 2000, 2005.*

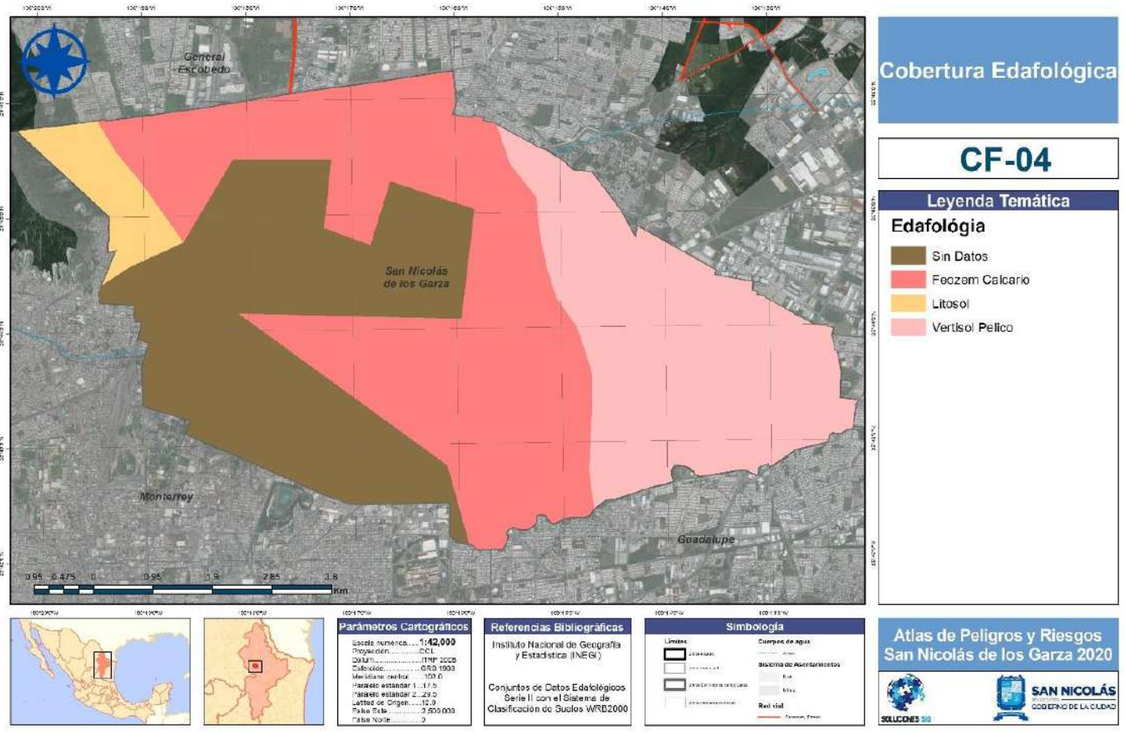
(4) Edafología.

La Edafología se encarga del estudio del suelo, si bien, el suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, soporta la cubierta vegetal natural y gran parte de las actividades humanas, el origen del suelo se debe a la interacción de distintos factores en el ambiente (INEGI, 2008). La Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, 2014) de la FAO-UNESCO desarrolló una leyenda supranacional, que se ha utilizado como un sistema internacional de clasificación de suelos con unidades amplias, por lo que se ha reconocido como el primer sistema de clasificación internacional, dónde gran mayoría de los suelos clasificados han podido ser ajustados a sus descripciones de campo.

Los suelos predominantes en San Nicolás de los Garza, son los típicos del tipo semiárido. En la pequeña porción montañosa correspondiente al Cerro del Topo Chico, encontramos suelos muy someros del tipo Litosol, en la zona de pie de monte suelos del tipo Redzina.

En la mayor parte del territorio encontramos suelos expansivos del tipo Feozem calcárico y castañozem con pequeñas áreas de fluvisol. Estos suelos son profundos y de drenaje deficiente, con textura arcillosa, no promueven la infiltración y son suelos con capacidad de compactación superficial y deformaciones por agua.

Mapa 1.5. *Cobertura Edafológica*



Fuente: *INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos. Serie ll Sistema con el sistema de Clasificación de Suelos WRB2000.*

(5) Hidrografía e hidrogeología

Hidrografía

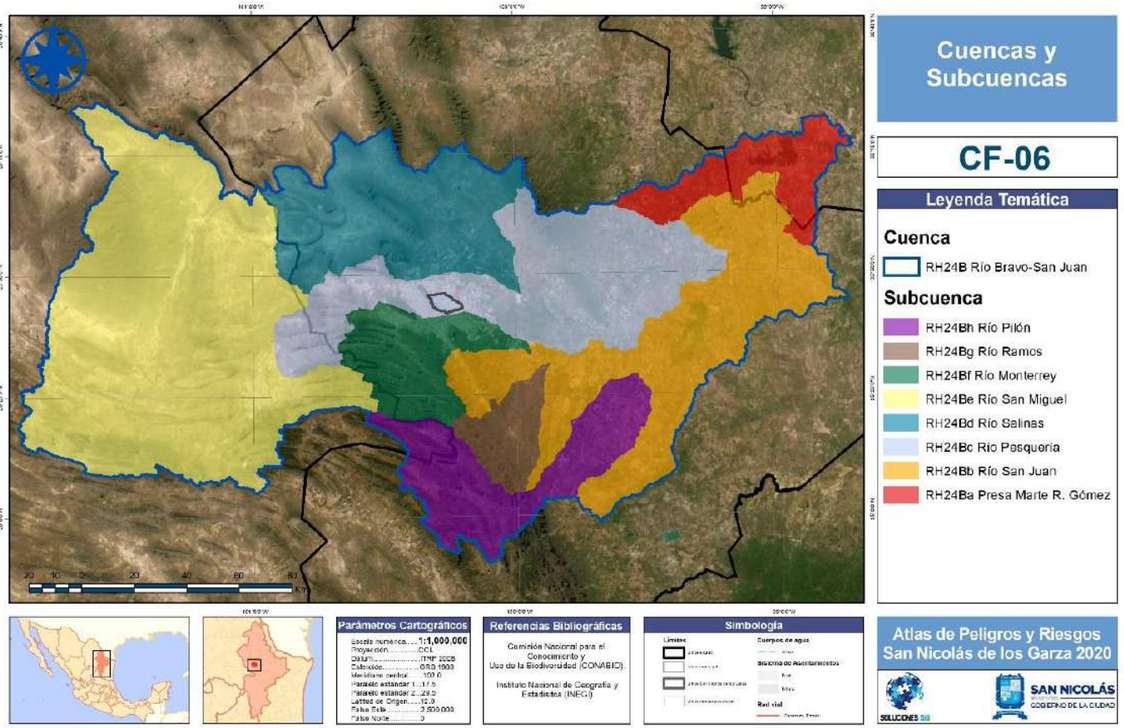
El municipio de San Nicolás de los Garza se encuentra ubicado en la región hidrológica RH24 Bravo Conchos (100%) en la cuenca Bravo-San Juan y subcuenca R. Pesquería donde sus corrientes son intermitentes y no hay cuerpos de agua disponibles (Prontuario)

La Cuenca del Río Bravo se comparte con Estados Unidos, por lo que considera una de las más complejas del país. Por el tipo de clima que se presenta en la región la escasez de agua es una preocupación y problemática ambiental, ya que, el crecimiento de la población aumenta principalmente en el sector agrícola en ambos países. Esta cuenca cubre un área de drenaje de aproximadamente 33 000 km^2, en los estados de Coahuila (40%), Nuevo León (57%) y Tamaulipas (3%) (INEGI, 1986). El sistema hídrico de la cuenca del río San Juan tiene su origen en el arroyo La Chueca, el cual corre en dirección sudeste hasta llegar a la presa Rodrigo Gómez (La Boca) y, de aquí, continúa con el nombre de San Juan (INEGI, 1986) hasta su desembocadura en el río Bravo en Camargo, Tamaulipas.

El drenaje superficial está compuesto por los ríos Salinas, Pesquería, Santa Catarina, San Juan, Ramos y Pilón. Los ríos nacen en la parte occidental de la cuenca dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, éstos drenan hacia la dirección del río Bravo. La cuenca se encuentra dentro de las tres provincias fisiográficas del estado de Nuevo León; la Gran Llanura de Norteamérica, la Llanura Costera del Golfo Norte y la Sierra Madre Oriental; en cuanto a la parte de la Sierra Madre Oriental el parteaguas principal nace de ella y en la parte noreste y noroeste su parteaguas es correspondiente por lomeríos de baja altura (INEGI, 1978). Así mismo el río San Juan es un escurrimiento continuo y se considera de mayor importancia por las zonas urbanas localizadas en su cuenca. A 58 Km de la presa Falcón desemboca el Río Bravo y cabe destacar que por su ubicación la cuenca presenta o se encuentra expuesto por frecuentes perturbaciones ciclónicas del golfo de México. Su régimen es irregular y se conforma por los siguientes arroyos: Salinas, Pesquería, Santa Catarina, Ramos, Pilón y Mohino.

El análisis de escurrimiento presenta un rango promedio en el área de 5.0 0 /0 derivado de los estudios hidrológicos del INEGI. De acuerdo con la precipitación anual de 300 mm y dado que se tiene un área de 12 200 Km2 se espera un volumen de 183 millones de m3. Sin embargo, este dato no debe ser determinativo, ya que hay una variación significativa de las lluvias en la zona por las influencias meteorológicas del golfo (Región Hidrológica Bravo-Conchos).

Mapa 1. 6. *Cuencas y Subcuencas*



Fuente: *INEGI, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*

(6) Clima, temperatura y lluvia

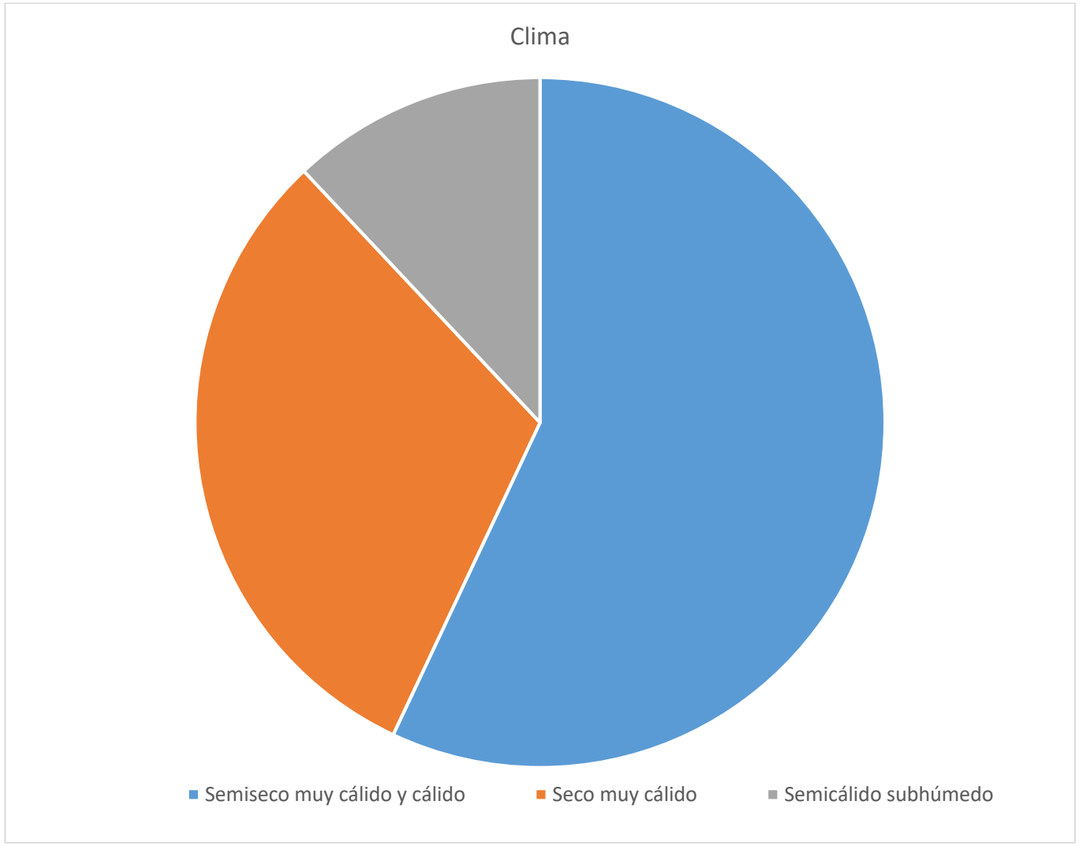
En la zona centro del territorio de Nuevo León cercano a la Sierra Madre Oriental se tiene un clima cálido. Por otra parte, el territorio municipal de San Nicolás de los Garza tiene una tendencia de incremente de temperatura por algunos factores existentes en él. Como, por ejemplo: su relativa centralización en una gran superficie urbanizada, la gran concentración de industrias y vehículos automotores en circulación que producen un efecto de "isla de calor". Las zonas urbanizadas y la falta de zonas arboladas y cuerpos de agua impiden la reducción de temperaturas promedio e incremento de humedad ambiental lo que reduce las condiciones de confort en las partes centrales, norte y noreste del área metropolitana de Monterrey y específicamente del municipio de San Nicolás de los Garza (Plan de desarrollo municipal 2015-2018).

Tabla 1.6. *Climas de San Nicolás de los Garza.*

Tipo de clima	Porcentaje
Semiseco muy cálido y cálido	57%
Seco muy cálido	31%
Semicálido subhúmedo	12%
Total	100%

Fuente: *Prontuario de San Nicolás de los Garza, 2009*

Figura 1.6. *Porcentaje de clima existente en San Nicolás de los Garza*

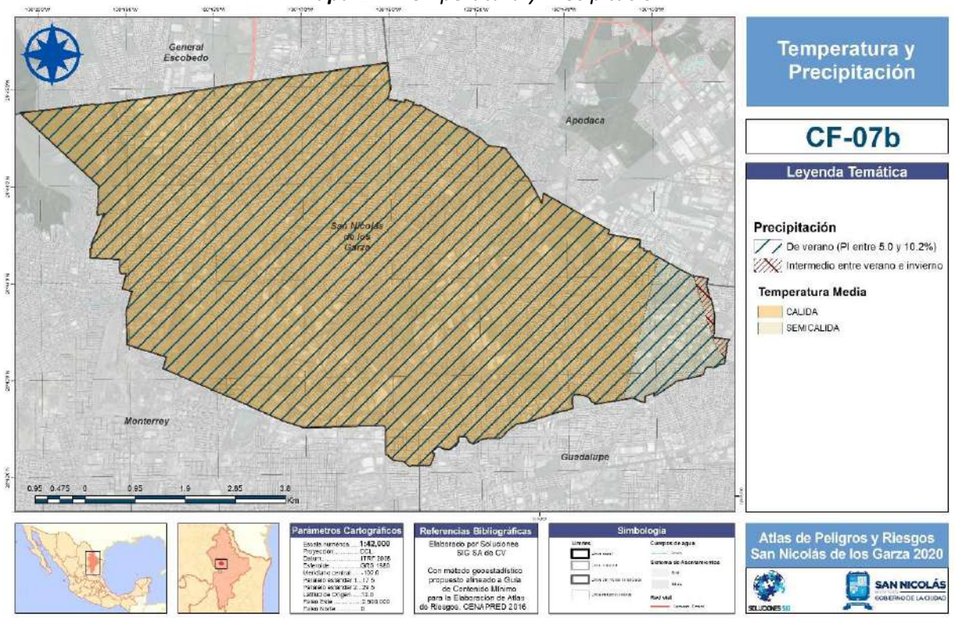


Fuente: *Soluciones SIG SA de CV, 2020, con datos del Prontuario de San Nicolás de los Garza, 2009*

Por otra parte, la temperatura promedio en San Nicolás de los Garza es 22.2 °C. El mes más caluroso del año con un promedio de 28.4 °C de julio. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en enero, cuando está alrededor de 14.1 °C.

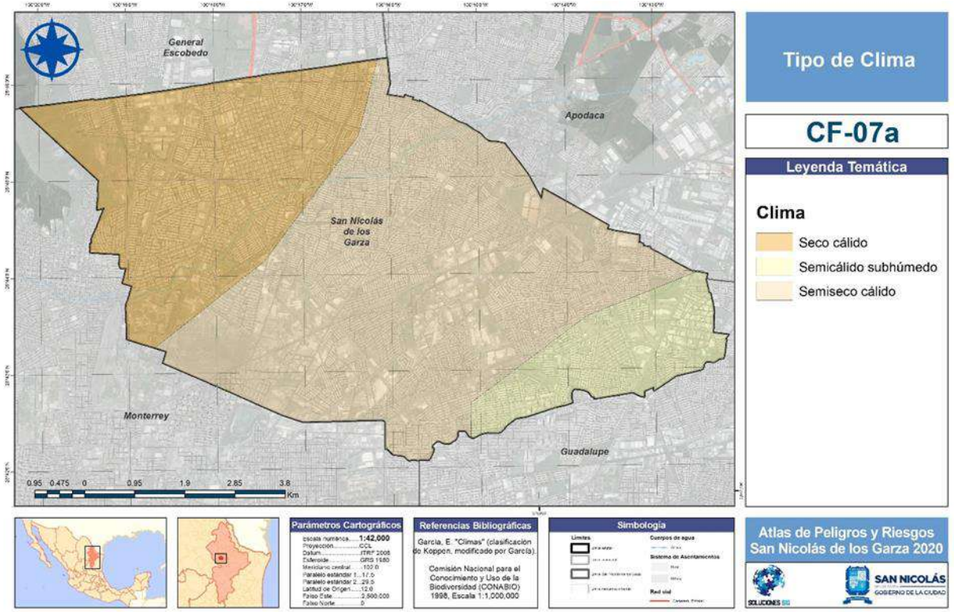
Su precipitación aproximada es de 578 mm. La precipitación pluvial es bastante escasa, la medida general oscila entre los 300 y 600 milímetros por año. La precipitación pluvial total anual en San Nicolás de los Garza fluctúa entre los 300 y 500 milímetros y la mayor presencia de lluvias se da en el mes de septiembre, con un intervalo de 80 a 90 milímetros. (Plan de desarrollo municipal 2015-2018).

Mapa 1.7. *Temperatura y Precipitación*



Fuente*: García E, 'Climas' (Clasificación Koppen, modificado por García) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Escala 1: 1,000,000, 1998.*

Mapa 1. 8. *Tipos de Clima*



Fuente: *García E, 'Climas' (Clasificación Koppen, modificado por García) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1998, Escala 1: 1, 000,000.*

(7) Uso de suelo y vegetación.

A la forma en la que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se le conoce como "uso del suelo". En México, la evaluación más reciente del uso del suelo corresponde a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (INEGI, 2017), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esta carta describe 69 usos del suelo existentes en el año 2014.

De las 6, 083 hectáreas de superficie de san Nicolás; 5, 479 hectáreas cuentan con algún grado de urbanización. Estas son ocupadas principalmente por zonas industriales y habitacionales; debido a esto existen zonas de frecuente incompatibilidad de usos que **genera problemas o inconformidades a la población.**

Tabla 1.7. *Usos de suelo del municipio.*

Uso de Suelo	Área (ha)	Porcentaje
Área urbana	4,530	74%
Área por urbanizar	1,509	25%
Área no urbanizable	44	1%
Total	6,083	100%

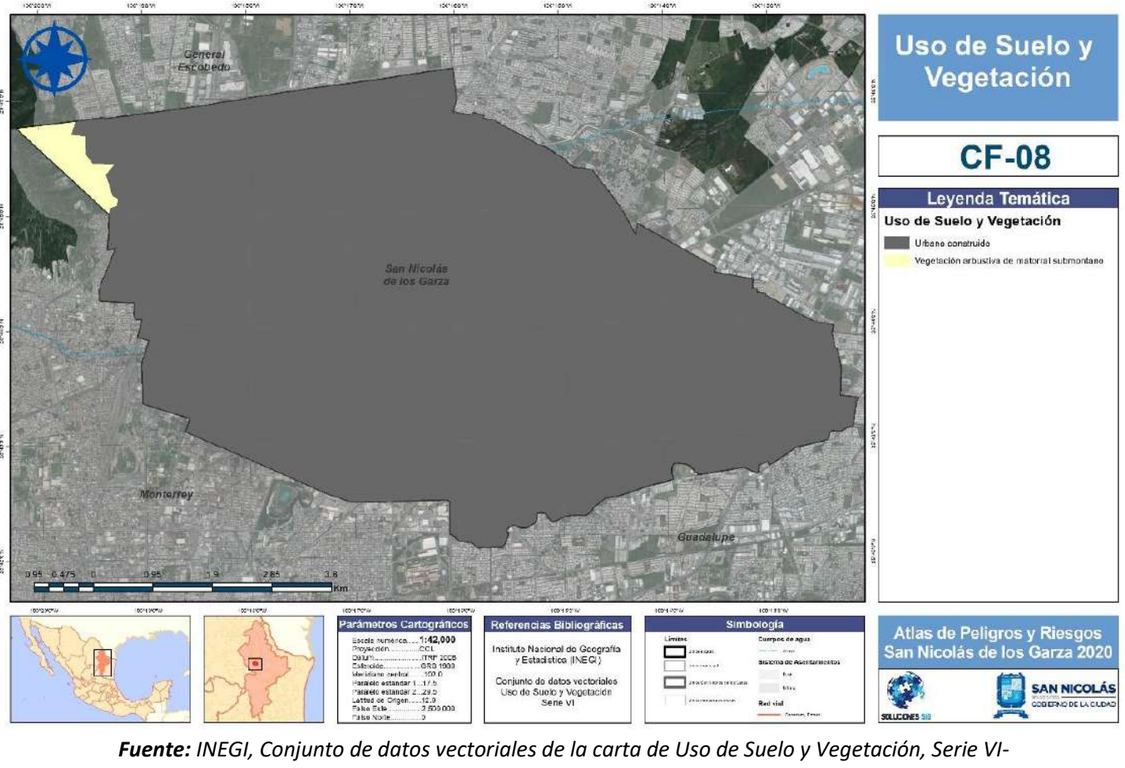
Fuente: *INEGI*

Derivado del rápido crecimiento urbano del municipio, actualmente existen muy pocos espacios que contengan la vegetación originaria del municipio. La vegetación que predomina en San Nicolás de los Garza es la esteparia arbustiva, con ejemplares como el mezquite, chaparro prieto, huizache, nopal y granjeno.

En las laderas del Cerro del Topo Chico existen algunos manchones de matorral Submontano, predominando las especies micrófilas y subespinosa.

La zona correspondiente a la llanura aluvial, donde se extiende gran parte de la zona urbana de San Nicolás, estuvo anteriormente ocupada por matorral espinoso cuyas especies más conocidas son mezquite, huizache y retama.

Mapa 1. 9. *Uso de Suelo y Vegetación Serie VI*



Fuente: *INEGI, Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VI-*

(8) Áreas naturales protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son grandes zonas naturales que no han sido significativamente afectadas por la actividad humana, o que han sido rescatadas del embate de esta. En estos sitios se resguarda el equilibrio ecológico y la diversidad genética y biológica.

A continuación, se describe categorías de áreas naturales protegidas de carácter federal decretadas por el Diario Oficial de la Federación a través de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, con su última reforma en junio de 2018, en dicho documento señala cada categoría:

• **Reservas de la biósfera**: actualmente las reservas de la biósfera constituyen la categoría más importante en el sistema de áreas protegidas del país por su amplitud y versatilidad en el diseño del manejo de estas. Se establecen reservas de la biósfera en lugares que representen la diversidad de ecosistemas del país. También se toma en cuenta la representatividad en cuanto a la diversidad biológica y la presencia de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Es posible la presencia de asentamientos humanos dentro del área protegida, toda vez que estuvieran establecidos previamente a la declaratoria del área, debido a que la tenencia de la tierra no se modifica.

• **Parques nacionales:** se establecen en sitios con ecosistemas que tengan principalmente belleza escénica, valor histórico, científico, educativo, recreacional, que conserven flora y fauna especial y, sobre todo, que tengan aptitud para el desarrollo turístico. En cuanto a su zonificación, puede haber zonas núcleo de protección y de uso restringido, y zonas de amortiguamiento con subzonas de uso tradicional, de uso público y de recuperación.

• **Monumentos naturales**: se establece en sitios puntuales que contienen elementos naturales con un valor excepcional de tipo estético, histórico o científico. En estos casos hay un régimen de protección absoluta; es decir, no se permite ningún tipo de aprovechamiento de tipo extractivo. Estos sitios, al ser puntuales, no cuentan con la superficie que se requeriría para ser incluidos en otras categorías de manejo. La zonificación permite zonas núcleo de protección y uso restringido y zonas de amortiguamiento de uso público y de recuperación.

• **Áreas de protección de recursos naturales**: esta es una categoría no muy precisa en su definición, incluye áreas que no queden comprendidas en otra de las categorías previstas en el artículo 46 de la LGEEPA. Es decir, cualquier área dedicada a la preservación y protección de suelos, cuencas, aguas y recursos naturales de terrenos forestales, mientras no estén en alguna otra categoría de área natural protegida.

• **Áreas de protección de flora y fauna**: a diferencia de las otras ANP, para esta categoría la propia LGEEPA establece que se deben tomar en cuenta los criterios y disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables (DOF, 2013). El enfoque principal de estas ANP es hacia la conservación de especies. El objetivo es conservar los hábitats donde viven, se desarrollan y evolucionan las especies de flora y fauna silvestres.

• **Santuarios**: los santuarios son áreas que, aunque no necesariamente son tan puntuales como los monumentos naturales, se destacan por mantener una alta riqueza de especies o especies de distribución restringida en sitios delimitados. Ello incluye cañadas, relictos, cuevas, cenotes, caletas y otras unidades geográficas específicas. La zonificación incluye zonas núcleo de protección y de uso restringido, y zonas de amortiguamiento de uso público y de recuperación.

• **Áreas protegidas no federales**: predios particulares, ya sean privados, ejidales o comunales, pueden ser destinados voluntariamente a la conservación cuando cumplan con las características de alguna de las categorías de conservación de nivel federal o provean servicios ambientales.

Así mismo, la Gaceta Oficial del Distrito Federal a través de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (publicada el 13 de enero de 2000) reformada en septiembre de 2017, considera áreas naturales protegidas de régimen estatal, caracterizadas por;

Zona sujeta a conservación ecológica: aquellas que contienen muestras representativas de uno o más ecosistemas en buen estado de preservación y que están destinadas a proteger los elementos naturales y procesos ecológicos que favorecen el equilibrio y bienestar social.

Zona de protección hidrológica y ecológica: se establecen para la protección, preservación y restauración de sistemas hídricos naturales, así como su fauna, flora, suelo y subsuelo asociados.

Los refugios de vida silvestre: constituyen el hábitat natural de especies de fauna y flora que se encuentran en alguna categoría de protección especial o presentan una distribución restringida.

Reserva ecológica comunitaria: establecidas por pueblos, comunidades y ejidos en terrenos de su propiedad destinadas a la preservación, protección y restauración de la biodiversidad y del equilibrio ecológico, sin que se modifique el régimen de propiedad.

Zona ecológica y cultural: son aquellas con importantes valores ambientales y ecológicos, donde también se presentan elementos físicos, históricos o arqueológicos o se realizan usos y costumbres de importancia cultural.

Zonas de Protección Especial: se localizan en suelo de conservación y que tienen la característica de presentar escasa vegetación natural, vegetación inducida o vegetación fuertemente modificada y que por su extensión o características no pueden estar dentro de las otras categorías de áreas naturales protegidas, aun cuando mantienen importantes valores ambientales.

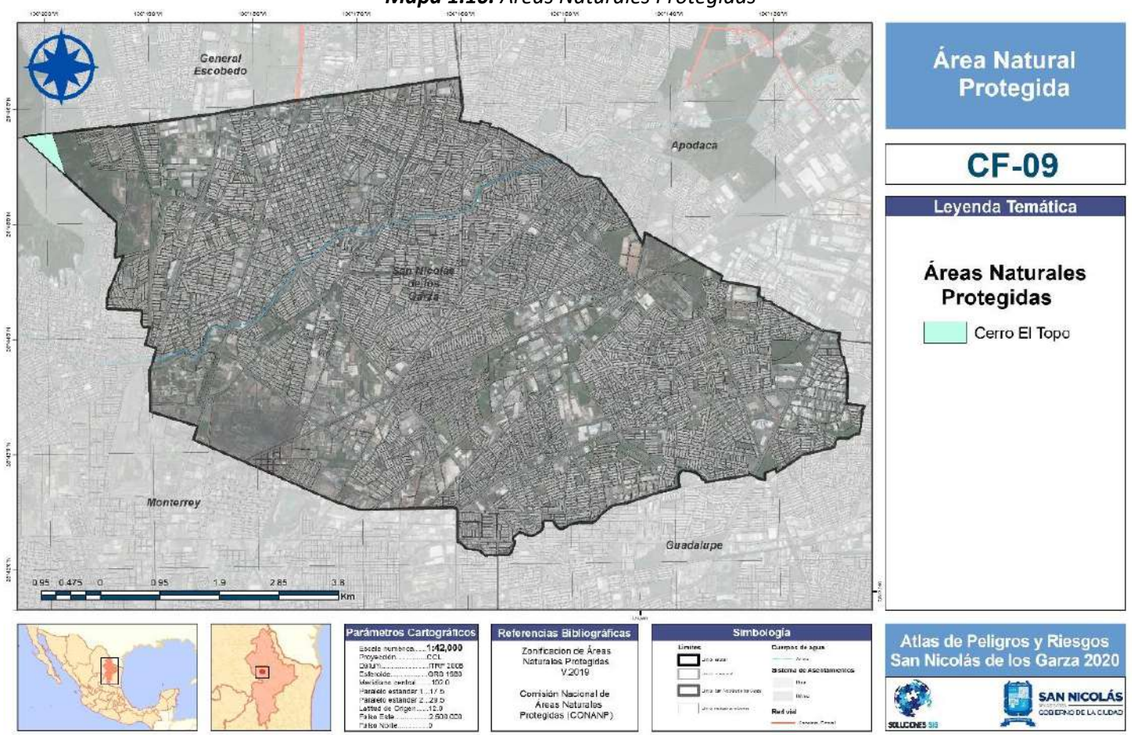
Por medio de la Secretaría de Desarrollo Urbano (hoy Secretaría de Desarrollo Sustentable) en el municipio de San Nicolás de los Garza el Gobierno del Estado decretó al Cerro del Topo Chico como un Área Natural Protegida el 24 de noviembre del 2000 en categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica (Plan de Desarrollo Urbano Sustentable, San Nicolás de los Garza 2013-2033).

Este tiene una superficie total de 1093,30 ha, presenta un ancho de 2 km y se encuentra dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (Lazcano, 2012). Está caracterizado por un relieve alto, con elevaciones de 600 a 2800 msnm; drenaje paralelo a subparalelo con corrientes de tercer, cuarto y quinto orden que son controlados por el fracturamiento (Conagua, 2018).

Alberga una variedad de tipos de vegetación, principalmente por arbustos submontanos y microfilos, pero la vegetación más representativa del área natural es: barreta (Helietta parvifolia), coyotillo (Karwinskia humboldtiana), hieba del potro (Caesalpinia mexicana), tenzon (Pithecellobium pallens), anacahuita (Cordia boisieri) y lechuguilla (Agave lecheguilla) (Anónimo, 2000).

Por otra parte, el Cerro de Topo Chico es muy maltratado; las zonas grises son cráteres de los cuales se extrae materia prima para la manufactura de concreto y, además, se ha incendiado en varias ocasiones, siendo la más reciente el 25 de abril del año 2011 (Plan de Desarrollo Urbano Sustentable, San Nicolás de los Garza 2013-2033).

Mapa 1.10. *Áreas Naturales Protegidas*



Fuente: *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Zonificación de Áreas Naturales Protegidas v. 2019*

b) Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos.

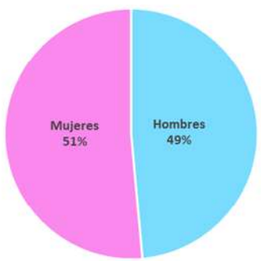
El presente apartado desarrolla la información de las principales características sociales y demográficas del municipio de San Nicolás de los Garza del estado de Nuevo León, a partir de los datos oficiales obtenidos del censo de población y vivienda 2010, la encuesta intercensal del año 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y de las instituciones que realizan estudios sociodemográficos directamente a partir de los datos del INEGI, es decir, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), entre otras.

La caracterización otorga el panorama de las principales condiciones de la población y las viviendas de las distintas localidades rurales, Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) y manzanas urbanas del territorio municipal y es útil para estimar parte de su vulnerabilidad social y física, información que en capítulos posteriores se analiza en conjunto de los distintos peligros calculados ante los respectivos tipos de fenómenos perturbadores expuestos en este documento para definir los diferentes escenarios de riesgos en San Nicolás de los Garza. Para apreciar el contenido temático de todos los elementos sociales y demográficos cartografiados en todo el territorio municipal se recomienda observar el anexo cartográfico de este documento, para un mayor detalle la versión del atlas digital en la cual la información se encuentra disponible a diferentes escalas, en este apartado los mapas del texto se enfocan al área urbana debido a la mayor concentración demográfica de esta zona.

(1) Dinámica demográfica

En el año 2015 de acuerdo con la Encuesta Intercensal contabiliza 430,143 personas, esta población representa el 8.40% respecto de la población total del estado de Nuevo León que es de 5, 119,504 personas, siendo uno de los municipios más poblado de la entidad. El municipio de San Nicolás de los Garza tiene una población de 443,273 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2020, donde 21,9337 son hombres y 22,3936 son mujeres, las cuales habitan en 121,777 viviendas particulares y 21 colectivas, por otra parte, el índice de masculinidad es de 97.9, es decir alrededor de 98 hombres por cada 100 mujeres.

Tabla 1.8 *Relación entre hombres y mujeres, 2015 y 2020.*

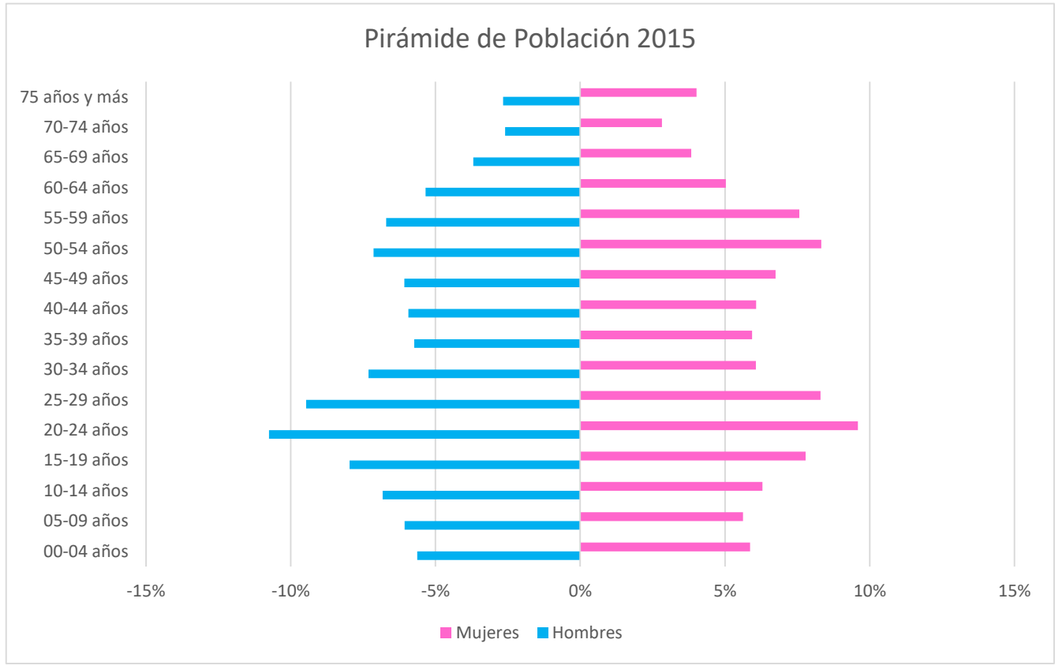


Año	Población Total	Hombres		Mujeres	
		Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
2015	430,143	209,507	48.7%	220,636	51.3%
2020	412,199	202,958	49.24%	209,241	50.76%

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo de Población y Vivienda 2020 y la Encuesta Intercensal 2015, INEGI*

La siguiente pirámide poblacional muestra por grupos quinquenales el comportamiento demográfico del municipio, en ella se puede apreciar que la población femenina es ligeramente mayor con respecto a la masculina, y son similares en casi todos los grupos de edad, distinguiéndose una ligera mayoría de población masculina en el grupo de 20 a 24 años de edad. La pirámide muestra un comportamiento progresivo desde los 0 a 24 años, posteriormente se nota un cambio con menor población en el grupo de 25 a 49 años, en cambio de los 50 a los 59 aumenta considerablemente la población de mujeres y por último de los 60 a 75 y más decrece en ambos sexos. Esto indica que la población tiene perspectivas de crecimiento en los intervalos 20-24 y 50-54 años de edad.

Figura 1.7.*. Pirámide de la población total por grupos quinquenales (miles), 2015*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con información de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI*

(2) Proyección al 2030

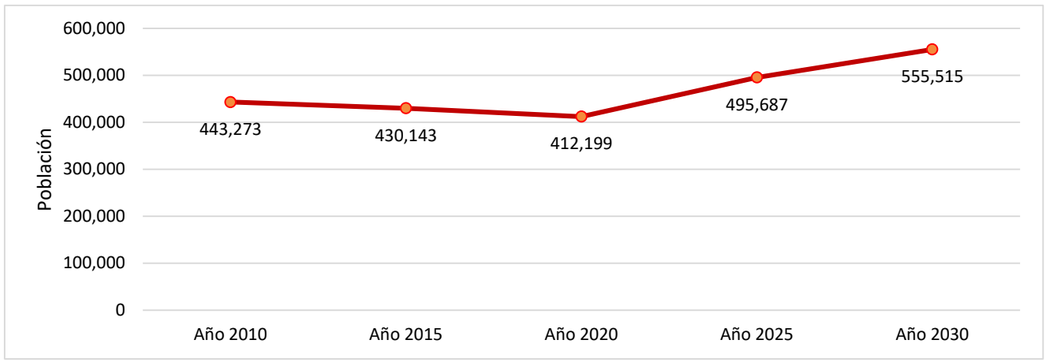
De acuerdo con las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (CONAPO), la población de San Nicolás de los Garza hacia el año 2030 habrá aumentado cerca del 1.19% con respecto a las cifras del 2020, para alcanzar la cifra de 499,418 habitantes. Analizar el tamaño de la población favorece la planificación de políticas y acciones orientadas a anticipar los requerimientos sociales próximos como salud, educación, empleo, vivienda, infraestructura, entre muchos más. La siguiente tabla muestra por lustros de 2010 a 2030 los incrementos estimados por las proyecciones del CONAPO (las cifras anuales se pueden consultar en la página web de dicha institución) y cómo es posible observar en su respectivo gráfico la tendencia de la población total del municipio se encuentra en crecimiento.

Tabla 1.9*. Población Total 2010- 2030*

Variable	Año				
	2010	2015	2020	2025	2030
Hombres	219,337	209,507	202,958	242,895	271,597
Mujeres	223,936	220,636	209,241	252,792	283,918
Total general	443,273	430,143	412,199	484,862	499,418

Fuente: *Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo de Población y Vivienda 2010 y 2020, de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI y de las Proyecciones de la Población del municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 2010-2030, CONAPO.*

Figura 1. 9. *Proyección demográfica 2010-2030*

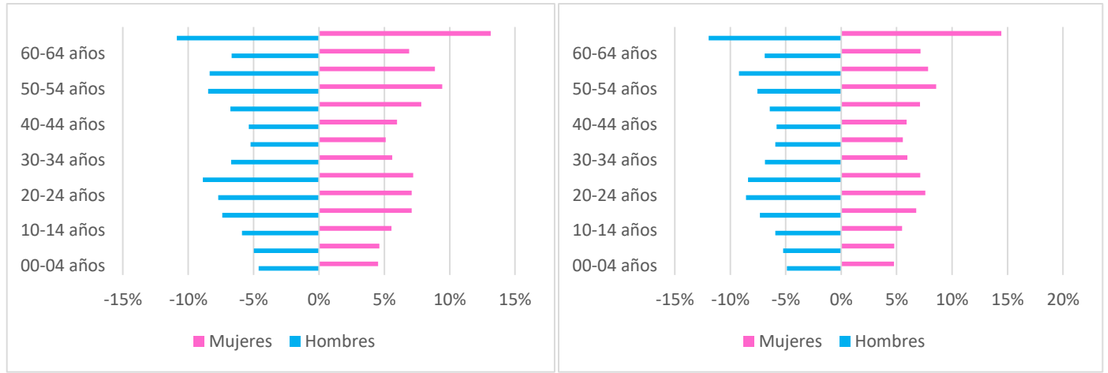


Fuente: *Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo de Población y Vivienda 2020 y de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI y de las Proyecciones de la Población del municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 2020-2030, CONAPO*

De acuerdo con la gráfica anterior se puede deducir que la población desde el año 2010 hasta el 2020 ha tenido un crecimiento relativamente continuo o ha tenido un pequeño deceso, pero para las proyecciones de 2025 a 2030 hay un cambio desmedido en el incremento de la población de alrededor de 83, 000 a 143,000 habitantes desde el 2020 a 2025 y 2030, respectivamente. Por lo tanto, es importante dotar a través de estrategias de política pública las futuras necesidades que los grupos poblacionales en aumento necesitan.

Las pirámides de población proyectada por grupos quincenales de 2025 y 2030 nos muestran que la población más demandante en ese sentido es el grupo de los que presentan edades de 60-64 años de edad, por lo que la población de mayores edades continúa creciendo, es importante dotar a través de estrategias de política pública a las futuras necesidades que los grupos poblacionales en aumento necesitan (equipamiento urbano y servicios específicos como hospitales, asilos, casas de cultura, etc.), sin descuidar los requerimientos de la población infantil y la económicamente activa (personas de 12 años y más).

Figura 1.10. *Pirámides de la población proyectada por grupos quinquenales (miles) 2025 y 2030*

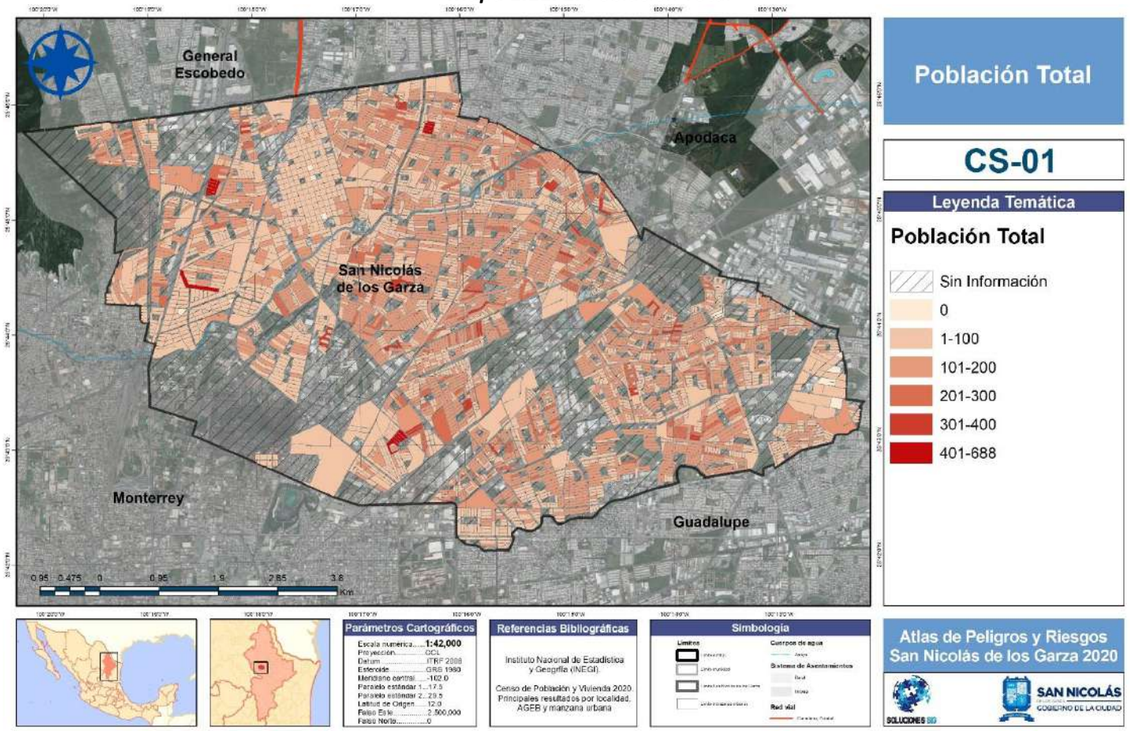


Fuente*: Soluciones SIG SA de CV, con información de las Proyecciones de la Población del municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 2020-2030, CONAPO*

(3) Distribución y densidad de la población

La distribución demográfica dentro San Nicolás de los Garza es heterogénea, se concentra en su mayoría al noreste del municipio. La mayor concentración de habitantes se localiza en la zona urbana al nororiente de sus manzanas en las colonias Tabachines y El Roble Sector 1; en la zona centro en Jardines de las Puentes, Unidad Habitacional de los Andes Segundo Sector, Unidad habitacional Fuentes de Anáhuac, Fraccionamiento Bosques de Anáhuac; al sureste en Bosques de Santo Domingo y al norponiente Las Alamedas, Jardines del Mezquital y Santo Domingo. Para apreciar la dispersión de la población de todo el territorio municipal se recomienda observar el anexo cartográfico de este documento, para mayor detalle la versión del atlas digital (ver mapa CS-01).

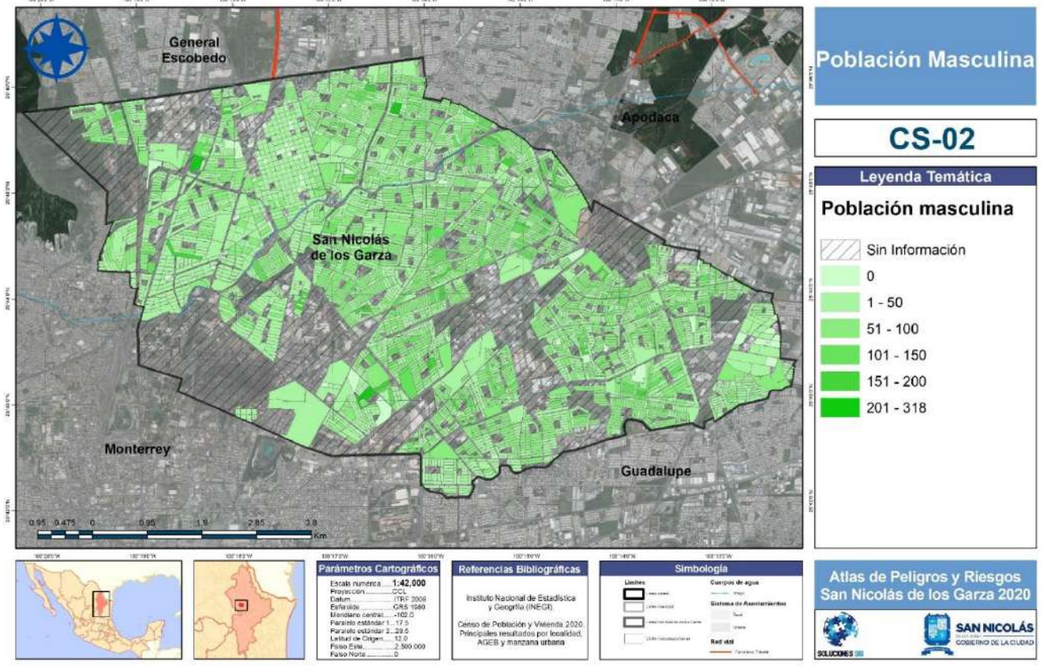
***Mapa 1.11. 2**. Población Total*



***Fuente**: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

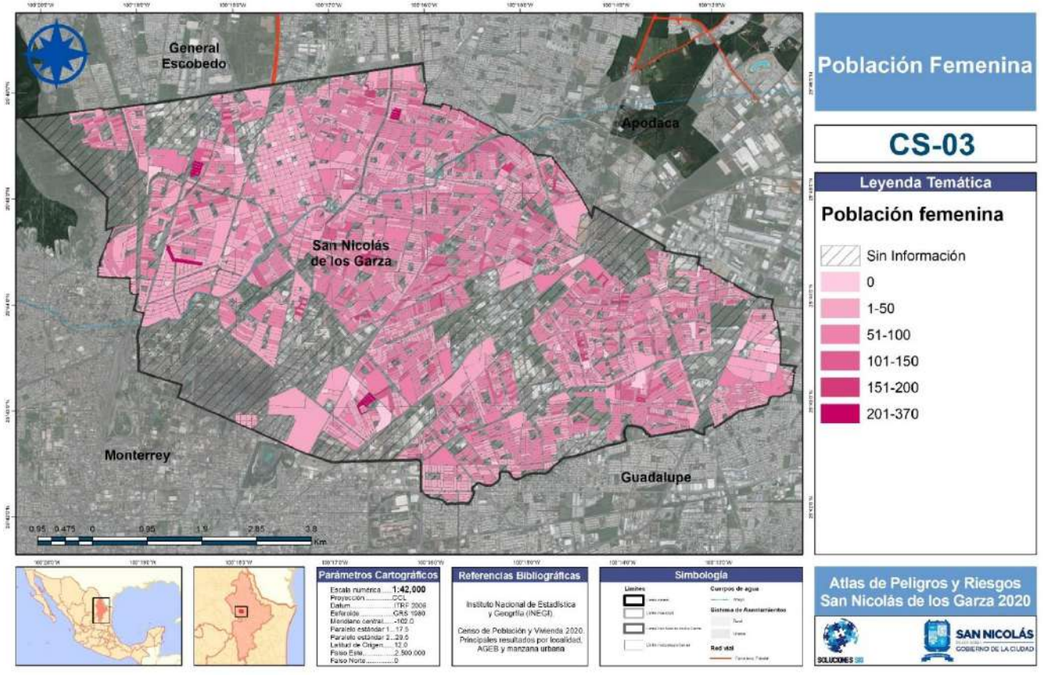
El número de habitantes de sexo masculino (ver mapa CS-02) y femenino (ver mapa CS-03) se distribuye de manera similar a las zonas de mayor población del territorio municipal, aunque se puede observar una ligera comparación en ambos, ya que la población femenina predomina con un rango que se encuentra arriba del de los hombres. Por otro lado, la mayor cantidad de hombres y mujeres con más de 300 personas de dicho sexo se presentan la zona noreste de la zona urbana en las colonias Las Alamedas y Hacienda Santo Domingo; al noreste en Tabachines, El Roble Sector 1; al sureste en la colonia Bosques de Santo Domingo; en la zona centro Paseo de San Nicolás sector 2 y al sureste en las colonias Villa Luis y Estancia Minera Sector 2.

***Mapa 1.12**. Población Masculina*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

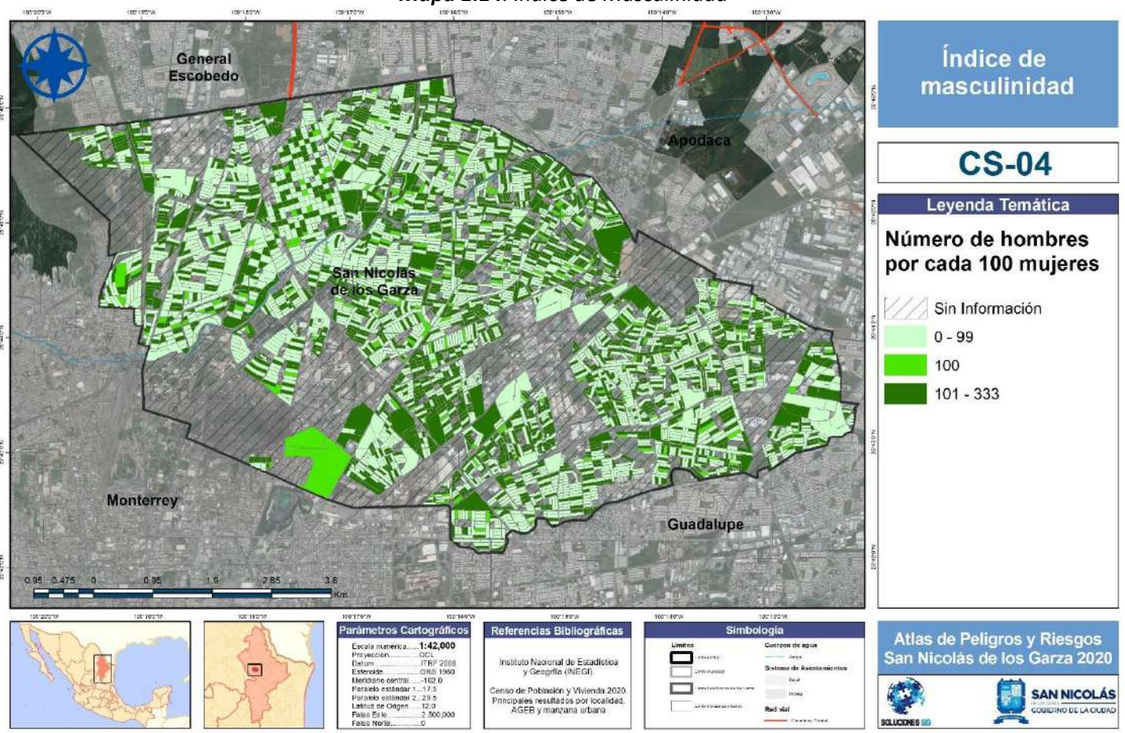
***Mapa 1.13**. Población Femenina*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

El *Índice de masculinidad* expresa la cantidad de hombres por cada 100 mujeres, el municipio a nivel general presenta una similitud de población entre ambos sexos con una ligera mayoría del sexo femenino, sin embargo, algunas zonas presentan mayor cantidad de varones por lo que se tiene un mayor índice, en el mapa CS-04 se distinguen estos sitios con el tono verde fuerte, en contraste los lugares con el tono verde más claro ubican donde existe una mayor presencia de población femenina. En el entorno urbano aquellas manzanas que asumen la misma cantidad tanto de mujeres como de hombres se encuentran dispersas por toda el área urbana.

***Mapa 1.14**. Índice de Masculinidad*

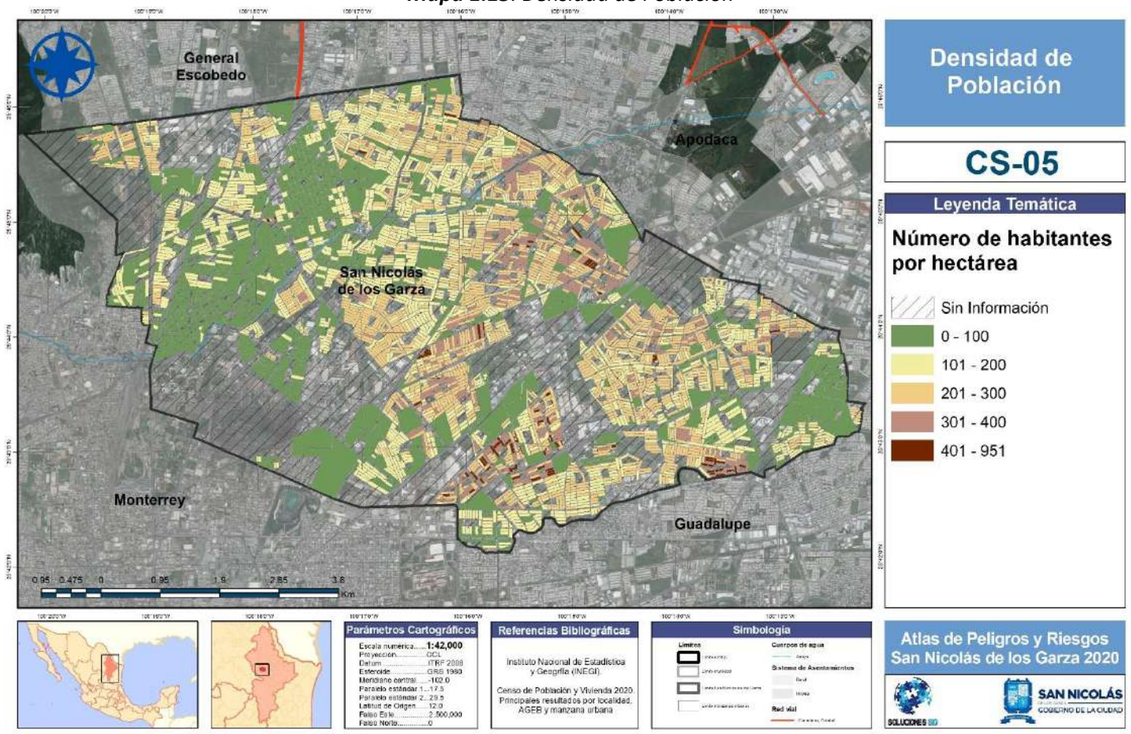


***Fuente**: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

La *densidad de la población* es la relación de la cantidad total de habitantes con la superficie de determinado territorio, ostenta el grado de ocupación que tiene la región al identificar las zonas con menor y mayor presión sobre el suelo. A nivel municipal el indicador muestra por Kilómetro cuadrado (Km^2) la intensidad de ocupación actual dentro del territorio, San Nicolás de los Garza presenta una densidad poblacional de 412 habitantes por km^2, considerando la información demográfica del Censo de Población y Vivienda 2020 de INEGI y la superficie reconocida por dicha institución.

En el mapa CS-05 se muestra la densidad demográfica por manzana en el área urbana la cual debido al reducido tamaño de algunas manzanas se estimó el número de habitantes por cada hectárea (ha) en lugar de por km^2, como se aprecia en dicha cartografía la densidad más alta es representativa en la zona sureste en las colonias Infonavit Blas Chumacero y La Talaverna; al suroeste Fidel Velázquez Sector 1 y 2 y Constituyentes de Querétaro Sectores 1 a 6 y con menor concentración de densidad de población se tienen al noreste Arboledas del Mezquital y en la periferia central Pedregal de Santo Domingo Sector 1 y 3.

***Mapa 1.15**. Densidad de Población*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

c) Características sociales

a) *Salud*

La disponibilidad del personal médico, la tasa de mortalidad general e infantil, el acceso a los servicios de salud, así como la distribución de la población con algún tipo de limitación en la actividad son elementos sociales que reflejan las condiciones favorables o negativas que las personas dentro del municipio poseen, lo cual incide en la vulnerabilidad que dicha población asume frente a la presencia de algún fenómeno de origen natural o antropogénico.

Médicos por cada mil habitantes

En el año 2012 San Nicolás de los Garza cuenta con 2.4 médicos por cada mil habitantes según los datos del Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD) del INEGI (2010d), por lo que asume una mayor cantidad de personal médico que el total nacional el cual es de únicamente con 3 médicos por cada 2,000 habitantes (Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión, 2014), no obstante, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización

Mundial de la Salud (OMS, 2020), se deben tener entre 2 y 3 médicos por cada mil habitantes por lo cual el municipio necesita fortalecer el personal sanitario para la adecuada atención de toda su población.

Tasa de mortalidad general e infantil

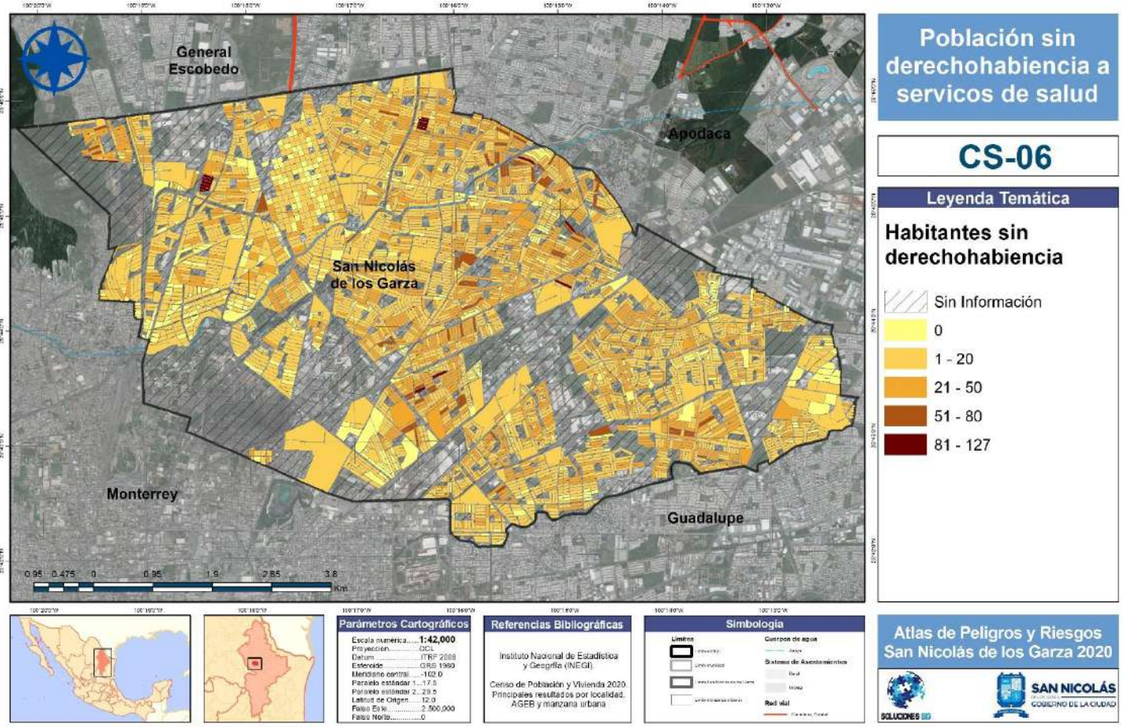
El municipio en el año 2015 presenta una tasa de mortalidad infantil de 8.7, lo que indica las defunciones de menores de un año por cada mil nacidos vivos, por otro lado, el estado de Nuevo León en el año 2015 presenta una tasa bruta de mortalidad de 4.90 y una tasa de mortalidad infantil de 21.53 (CONAPO, 2015a).

Población sin derechohabiencia a servicios de salud

El INEGI considera derechohabiente a las personas que tienen derecho a recibir atención médica en instituciones de salud públicas o privadas tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE o ISSSTE Estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina (SEMAR), el Sistema de Protección Social en Salud o en otra, como consecuencia de una prestación laboral, por ser pensionados, jubilados, familiares designados como beneficiarios, o por estar inscritos o haber adquirido un seguro médico en alguna institución de salud privada o pública.

La población sin derechohabiencia son aquellas personas que no tienen derecho a recibir servicios médicos en ninguna institución pública o privada lo cual las hace más vulnerables en una situación de desastre, en San Nicolás de los Garza 63,754 personas asumen esta condición adversa lo que representa el 15.47% del total municipal (INEGI, 2020a), lo que indica una necesidad de mejora en el sector salud para sus habitantes.

***Mapa 1.16. 3**. Población sin derechohabiencia a servicios de salud*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010*

Población con limitación en la actividad

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud en el año 2001 definió a las personas discapacitadas como “aquellas que tienen una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales y que al interactuar con distintos ambientes del entorno social pueden impedir su participación plena y efectiva en igualdad de condiciones a las demás”. El Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI considera a las personas con limitación en la actividad a aquellas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, situación que les atribuye a un vulnerable conjunto demográfico.

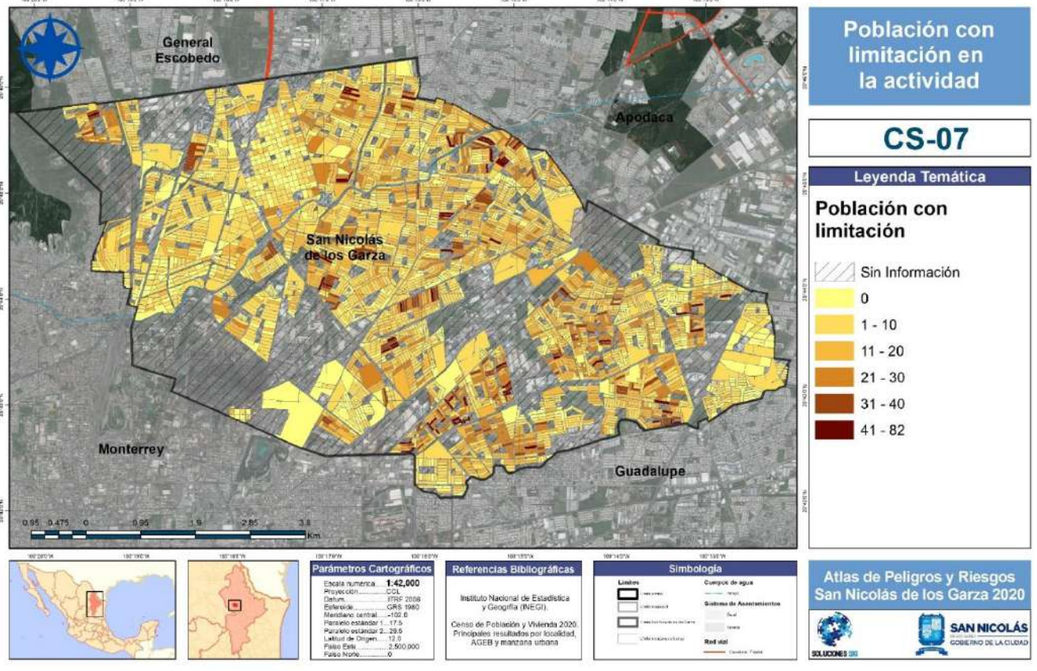
Se tiene una distribución heterogénea en todo el municipio, a pesar de ello se puede distinguir ciertas colonias que presentan un alto porcentaje de población con esta limitación, ésta se sitúa en la zona sur en las colonias Constituyentes de Querétaro Sector 1 a 6, Infonavit Blas Chumacero, La Talaverna, Del Lago Sector 2, Los Ángeles Sector 3, Villas de Casa Blanca, Ampliación del Vidrio Sector 1 y 2; en el centro del territorio Pedregal de Santo Domingo 1 a 3 y 4 de Octubre, Las Palmas y Las Puentes Sector 15; hacia el noreste y noroeste se tienen Las Alamedas, y Mirador de San Nicolás (ver mapa CS-07).

La población con limitación motriz es decir personas con dificultad para caminar, moverse, subir o bajar está presente en las colonias de la parte sur del municipio como Fidel Velázquez Sector 1 y 2, Industria del Vidrio Sector 3 y 4, Miguel Alemán, Ampliación del Vidrio Ote Sector 2, Los Reales, 4 de octubre y Santo Domingo y en la zona norte del área urbana se tienen Las Puentes Sector 1, Rincón Los Ánimos, Mirador San Nicolás y Tabachines (ver mapa CS-07a).

La mayor cantidad con población con limitación visual (para ver aun usando lentes) se concentra en las colonias San Nicolás de los Garza, 4 de octubre, Infonavit Blas Chumacero y Constituyentes de Querétaro Sector con más de 70 personas en dicha condición (ver mapa CS-07b). La Población con limitación para hablar o comunicarse se presenta con más de 7 habitantes en algunas manzanas del centro del área urbana en la colonia Las Puentes Sector y al sureste se muestra que el único lugar que identifica 5 cuadras que tienen de 13 a 16 habitantes con esta limitación es la colonia de Ciudad Ideal Sector 1 (ver mapa CS-07c).

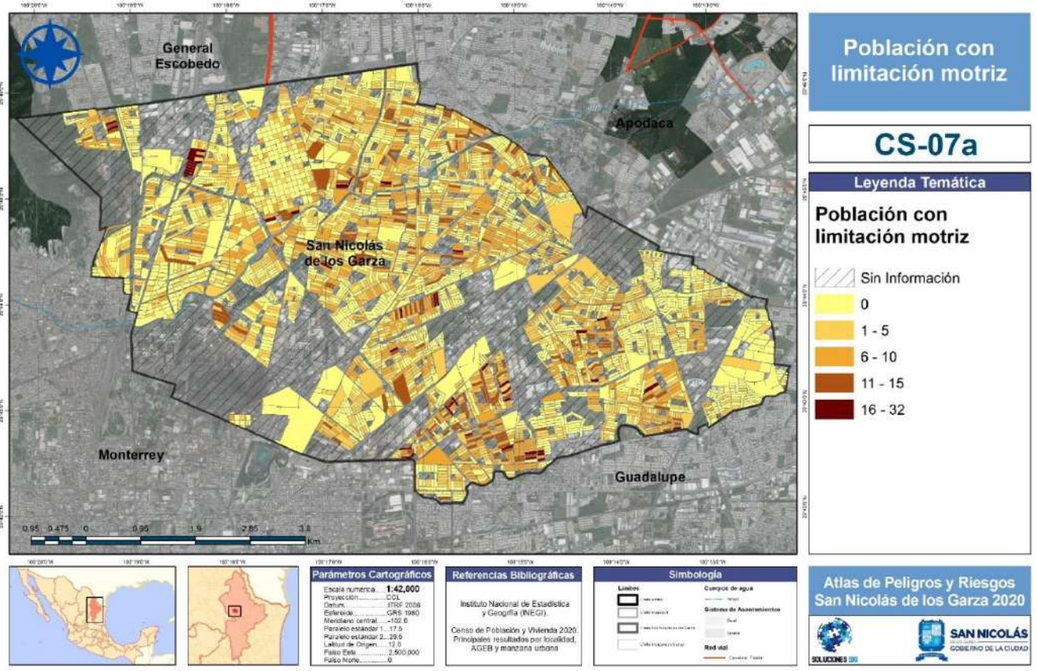
La población entre 12 a 20 habitantes con limitación para auditiva (para escuchar) se encuentra en el polígono sur municipal en las colonias Cuidad Ideal Sector 1, Nuevo Mundo Sector 1, Pedregal de Santo Domingo Sector 1, 2 y 3, Constituyentes de Querétaro Sectores 1 y 6, Hacia la zona central del área urbana en Las Puentes Sector 1, Rincón de los Álamos, Las Puentes Sector 8 y al noreste Jardines del Mezquital (ver mapa CS-07d).En cuanto a la población con limitación mental es la menos frecuente que se tiene en el municipio, su mayor concentración con más de 11 personas que lo padecen se presenta en las colonias Jardines de Santo Domingo, Arboledas de San Jorge y Jardines de Anáhuac Sector 3 (ver mapa CS-07e).

Mapa 1.17. *Población con limitación en la actividad*



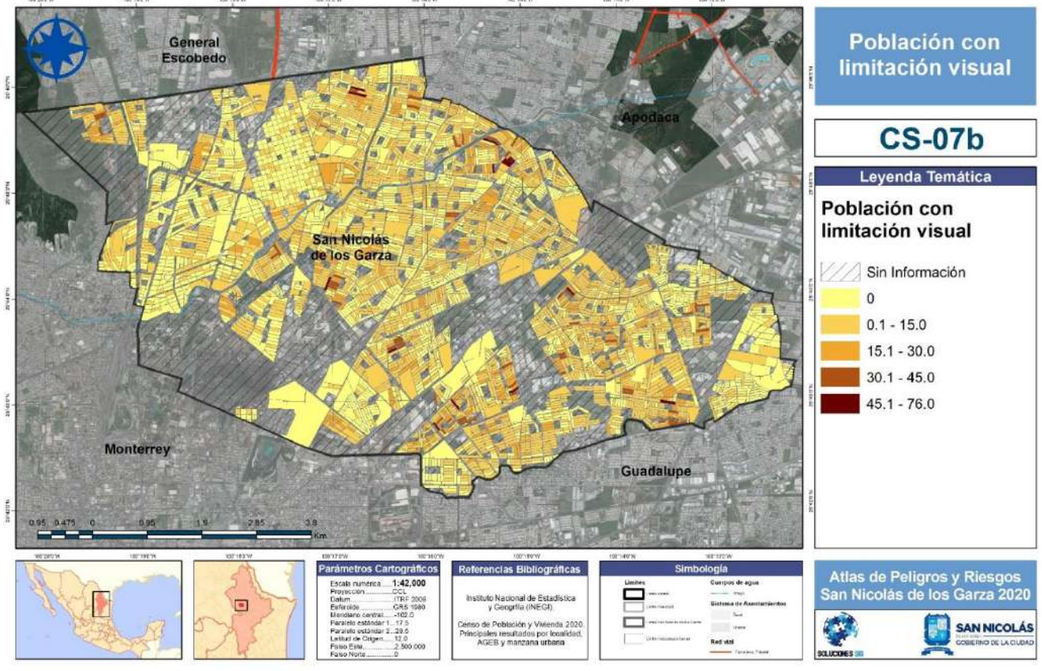
Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020*

Mapa 1.18 4. *Población con limitación motriz.*



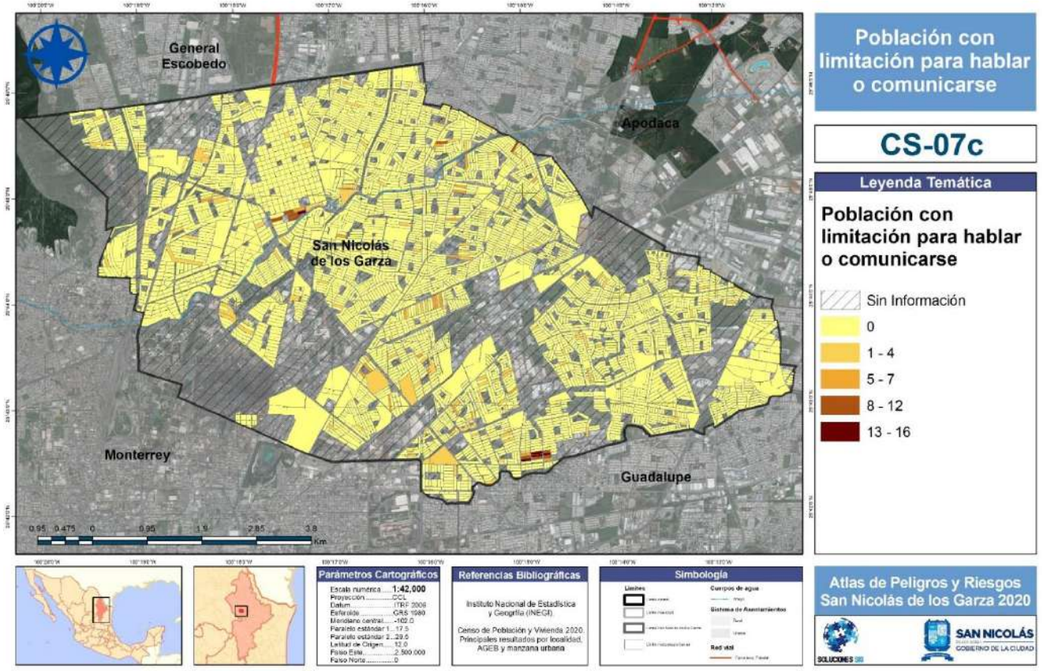
Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

Mapa 1.19 5. *Población con limitación visual.*



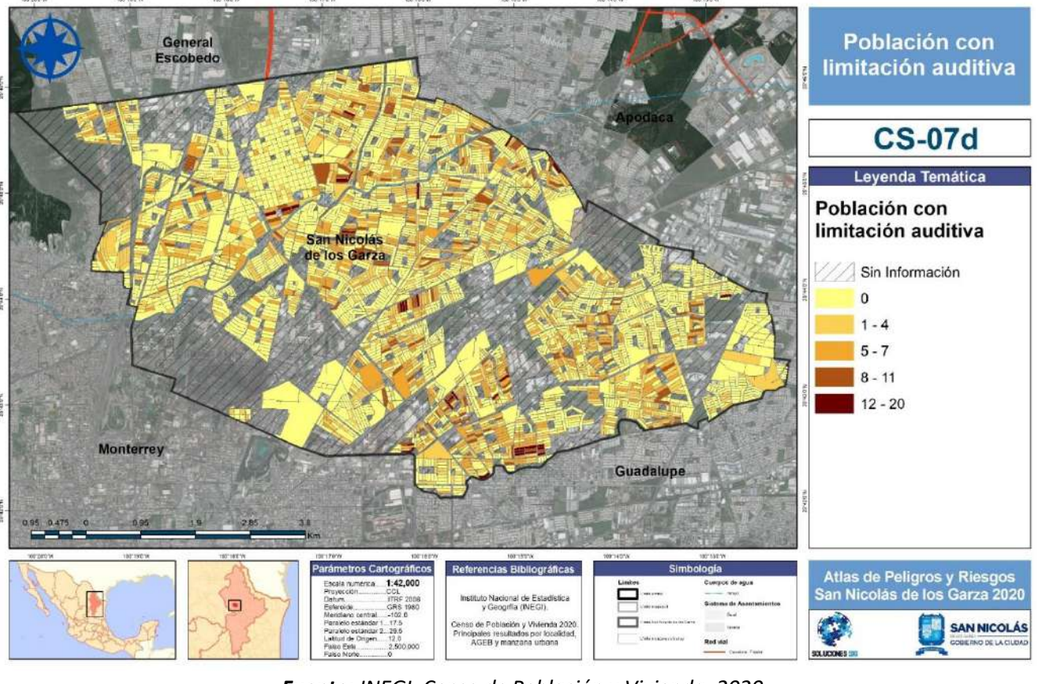
Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

Mapa 1.20 6. *Población con limitación para hablar al comunicarse.*



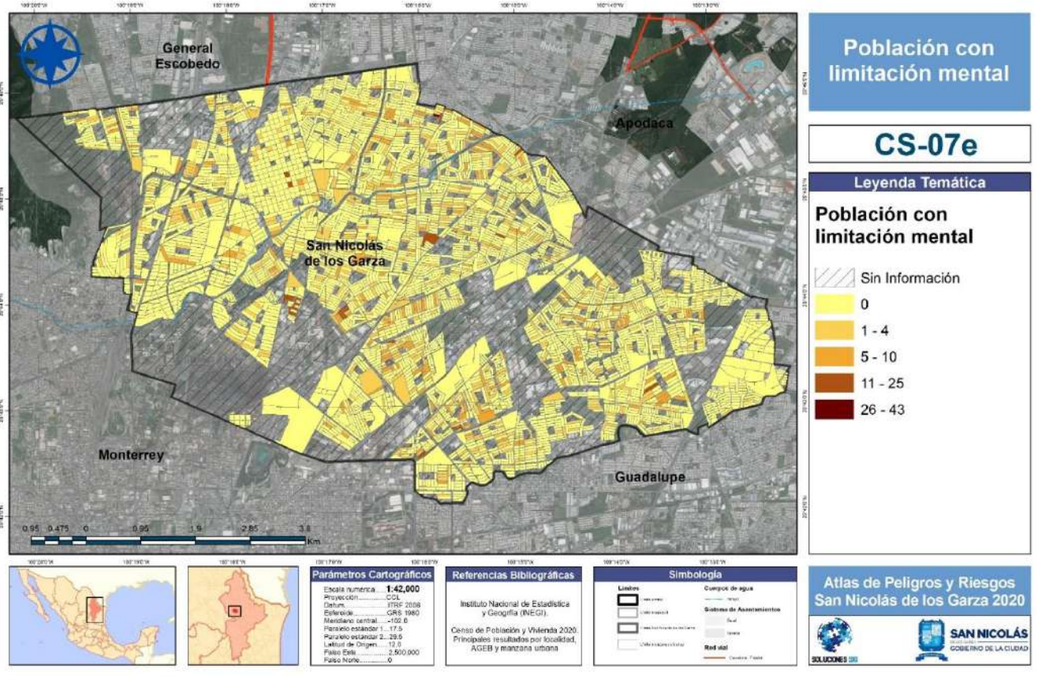
Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

***Mapa 1.21 7**. Población con limitación auditiva.*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

***Mapa 1.22 8**. Población con limitación mental.*



***Fuente:** INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*.

b) Educación

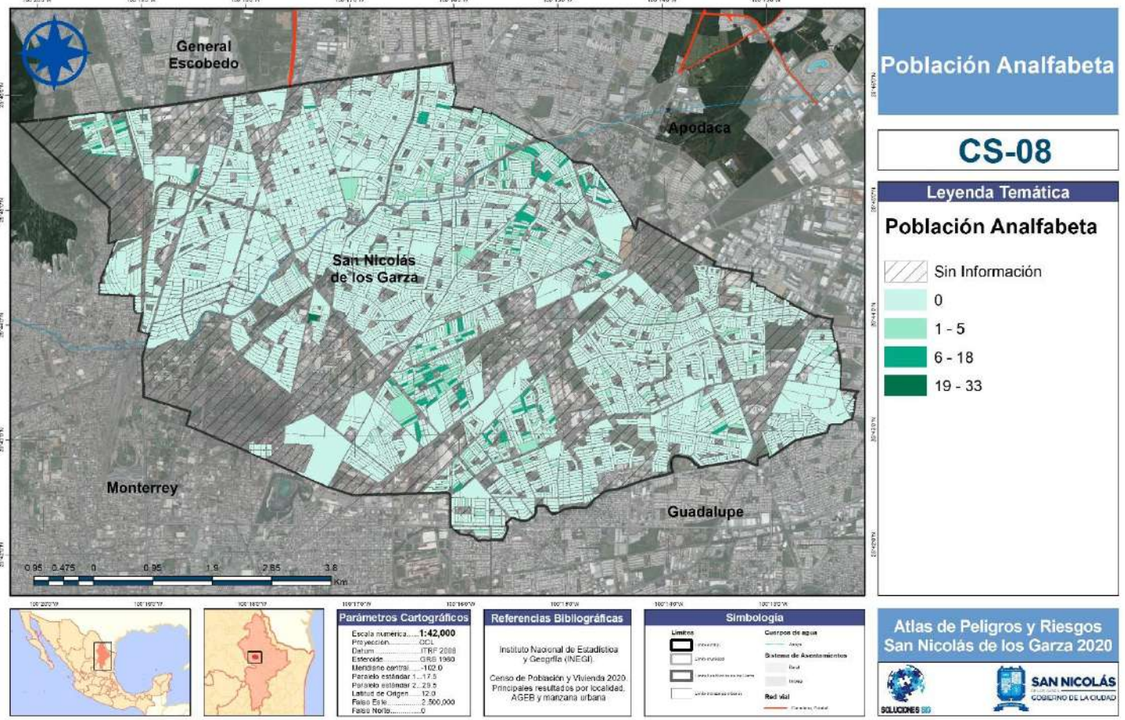
Uno de los múltiples componentes sociales que muestra las oportunidades que determinada población tiene para poder alcanzar una mejor calidad de vida son sus condiciones educativas, los habitantes con mayores niveles educativos suelen tener mayores oportunidades de obtener trabajos mejor remunerados y un contexto social menos vulnerable. En este sentido, se resalta la relación existente entre el desarrollo social de un territorio y la existencia de infraestructura educativa en el mismo, la cual estaría integrada por centros educativos, su equipamiento básico, personal capacitado, la accesibilidad de vías de comunicación, fruto de un contexto donde la población tiene la posibilidad de acceder a las instalaciones educativas y a los profesores, entre otros aspectos.

Población analfabeta

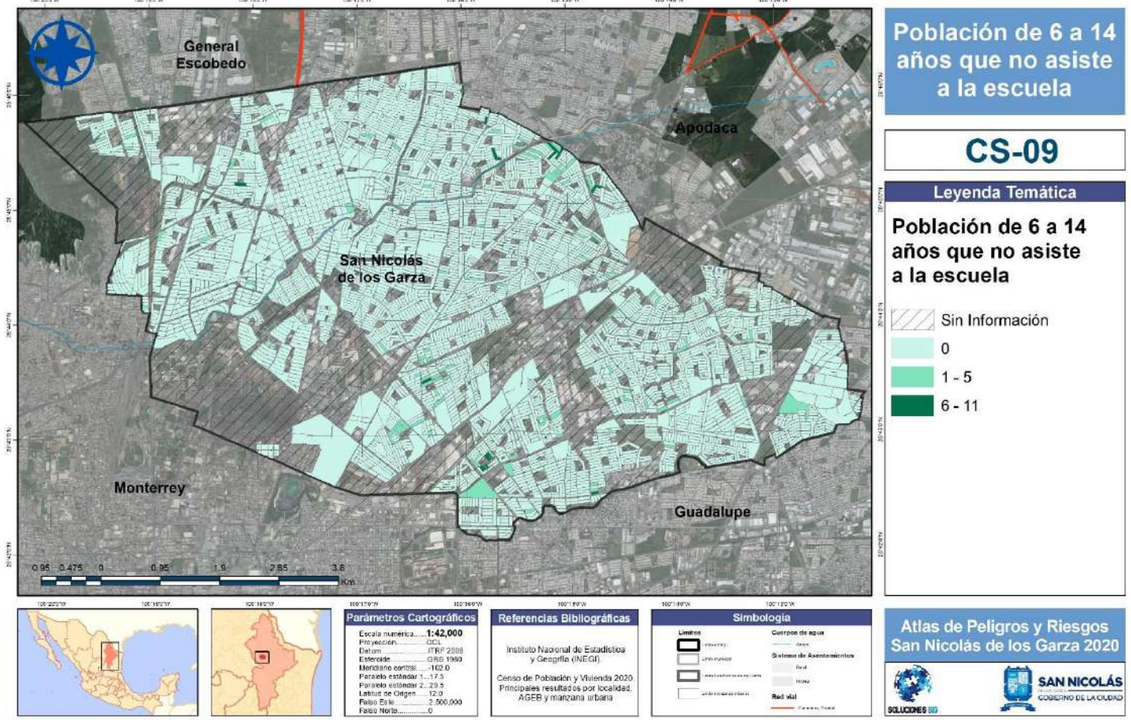
En México se considera como analfabeta a aquella persona mayor de 15 años (edad en la cual se debe haber concluido la educación primaria y secundaria) que no sabe leer ni escribir. En San Nicolás de los Garza 3,293 habitantes se encuentran en esta situación, según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI lo que representa el 0.80 % de la población total municipal.

El mayor porcentaje de población analfabeta se concentra en la zona sureste y noreste, en las colonias Jardines del Nogalar, 4 de octubre, Cuchilla La Morena, Valle las Granjas, Paseo del Nogalar y Floridos Bosques del Nogalar, Constituyentes de Querétaro Sector 1, 2, 4 y 5, Pedregal de Santo Domingo Sector 1 y 2, Hacienda de Santo Domingo, Jardines del Mezquital y Las Alamedas con más de 19 de sus habitantes con dicha condición (ver mapa CS-08).

***Mapa 1.23 9**. Población Analfabeta*



Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*



Fuente*: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

Asistencia escolar

La falta de oportunidades del desarrollo social de una población se refleja en su grado de abandono escolar, en especial en lo relativo a los ingresos familiares y las capacidades estructurales (aquellas situaciones en donde no están presentes ciertas oportunidades socioeconómicas, ni las oportunidades para adquirirlas, vulnerabilidades que les impiden alcanzar determinadas condiciones de vida, como pueden ser pobreza, falta de equipamiento, infraestructura, entre otros muchos aspectos) (CONAPO, 2010b). Este contexto se visualiza de manera especial en la población infantil, comprendida entre los 3 y los 14 años de edad, pues la ausencia escolar infantil manifiesta una importante carencia de oportunidades para su desarrollo económico y futuro. El porcentaje de asistencia escolar dentro de San Nicolás de los Garza de dicha población es del 95.2%, según la información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, lo que refleja que la mayoría de la población municipal tiene acceso a la educación básica.

En el mapa CS-09 se observa que la población de 6-14 años que no asiste a la escuela esta principalmente en el este del área urbana, Constituyentes de Querétaro Sector 4, 4 de octubre y Las Américas (ver mapa CS-09).

Mapa 1.24 10*. Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela.*

Grado promedio de escolaridad

El nivel de educación de una población es visible por el grado promedio de escolaridad que esta asume, dicho indicador se obtiene, según el INEGI (2015b) a través del cálculo del promedio de los años que un grupo de individuos ha estudiado. En términos más específicos, el grado de escolaridad promedio es la sumatoria de todos los años escolares aprobados por una determinada población dividida entre el número de integrantes de dicha población, en la siguiente tabla se observa el nivel de instrucción conforme al grado de escolaridad.

Tabla 1.10 *Nivel de instrucción por grado de escolaridad*

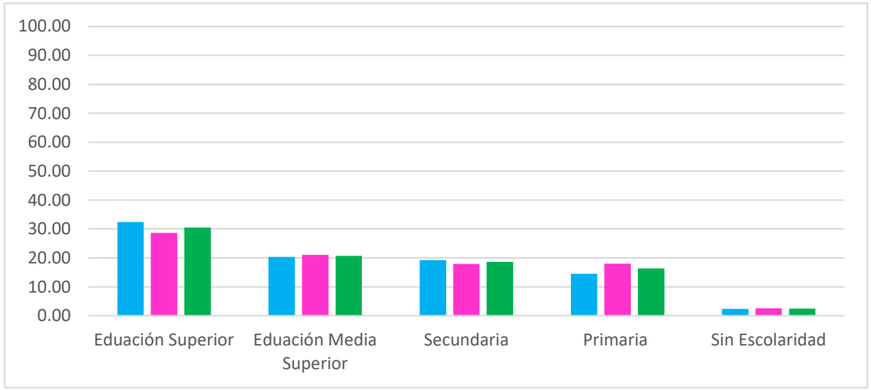
Nivel de instrucción		Años acumulados (grado de escolaridad)
Sin instrucción		0
Primaria	1°	1
	2°	2
	3°	3
	4°	4
	5°	5
	6°	6
Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada y secundaria.	1°	7
	2°	8
	3°	9
Preparatoria, estudios técnicos o comerciales con secundaria	1°	10
	2°	11
	3°	12

terminada y normal básica y normal básica.	4°	13

Fuente: *INEGI, 2015*

En el 2015 el grado promedio de escolaridad de San Nicolás de los Garza era de 10.44, 10.84 para los varones, 11.07 para las mujeres; actualizados los datos del Censo de Población y Vivienda del 2020 el grado promedio de escolaridad cambió a 11.92, 12.22 para los hombres y 11.63 para las mujeres, lo que representa una pequeña desigualdad de género entre el acceso a la educación dentro del municipio, situación que se aprecia mejor al observar el porcentaje de la población por nivel de escolaridad y género, donde tal como se aprecia en la siguiente figura existe un porcentaje estándar en ambos sexos (masculino y femenino) sin escolaridad, respecto a la educación básica completa (primaria, secundaria) se puede observar que el porcentaje es mayor respecto al género femenino y en cuanto a los niveles de educación media superior y superior se tiene un porcentaje comparando con la población masculina.

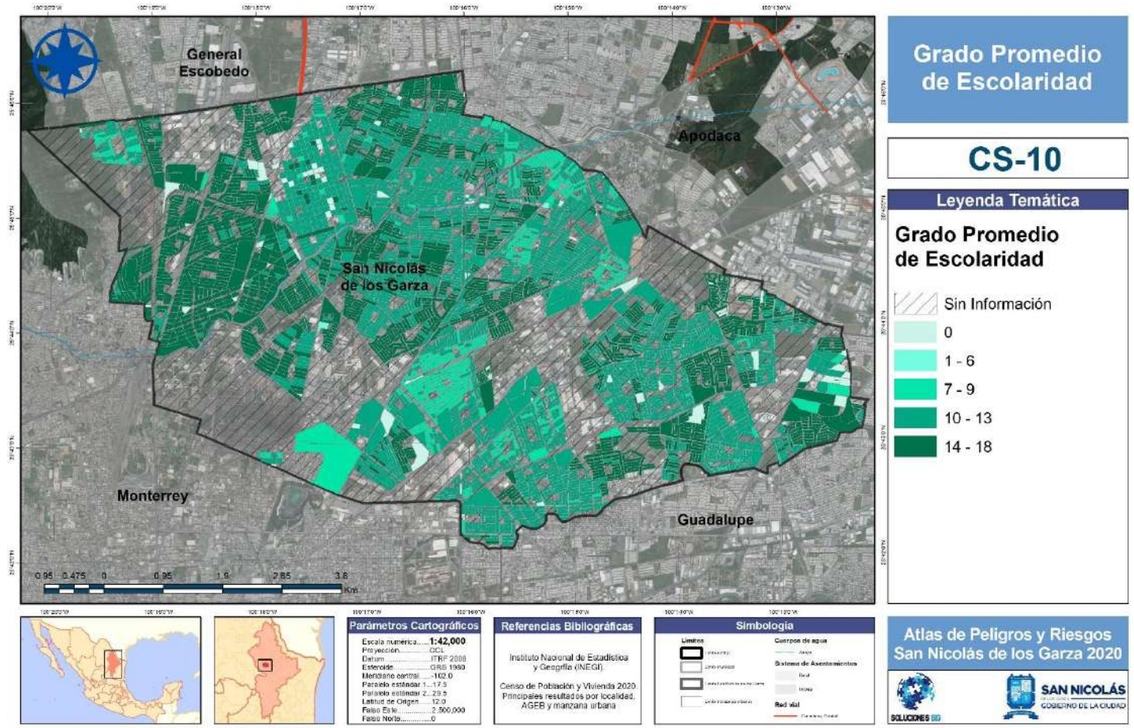
Figura 1.11. *Porcentaje de la población por nivel de escolaridad y género, 2020*



Fuente*: Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo y Conteos de Población y Vivienda 2020, INEGI*

Los mayores grados promedio de escolaridad superiores al nivel medio superior (14 o más) son identificados en tono verde oscuro del mapa CS-10 y son lo más representativos en todo el municipio; se presentan principalmente en la parte superior izquierda del área urbana en las colonias Residencial Anáhuac, Residencial Anáhuac 2do Sector, Chapultepec, Cuauhtémoc Sector 3, Tabachines, Iturbide, Las Villas, Nuevo Periférico, Iturbide, Villa Azul, Balcones de Anáhuac, Las Misiones y Casa Bella. Cabe mencionar que también se pueden distinguir en la parte central, occidental y sur, en las colonias como Nova, Potrero y Parques de Anáhuac, Arboledas de San Jorge, Jardines de Anáhuac, Balcones de las Puentes, Las puentes Sector 1, Fuentes de Anáhuac, Los Morales Sect 1, Santa Fe, Cipreces, La Fe, Parque La Talaverna y Paseo de Los Ángeles (INEGI, 2020).

Mapa 1.25 11*. Grado promedio de Escolaridad.*



Fuente: *INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020*

c) Características de la vivienda

La vivienda es el espacio donde las personas desarrollan la mayor parte de su vida, de acuerdo con la Real Academia Española (RAE) en su definición basada en la Ley 18/2007, de 28 de diciembre, del Derecho a la Vivienda, art. 3 a) se entiende por vivienda a aquella "edificación, o departamento independiente dentro de ella, junto con los espacios y servicios comunes del inmueble en el que está situada y los anexos vinculados, susceptible de aportar a las personas que residan en ella el espacio, las instalaciones y demás medios materiales preciosos para satisfacer sus necesidades de habitación"[1]. El INEGI considera como *viviendas particulares* en el Censo de Población y Vivienda 2020 a aquellas moradas particulares habitados, deshabitadas y de uso temporal. Excluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

Los servicios con los que cuenta una vivienda, así como la calidad de ésta exhiben las condiciones de vida de sus habitantes, es en este sentido un valioso indicador del grado de vulnerabilidad que determinada población asume, a medida que la calidad de las viviendas sea mayor o menor la vulnerabilidad de las mismas ante los fenómenos naturales o sociales potencialmente dañinos se verá afectada. El municipio de San Nicolás de los Garza cuenta con 121,707 viviendas particulares habitadas según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Viviendas particulares con piso de tierra

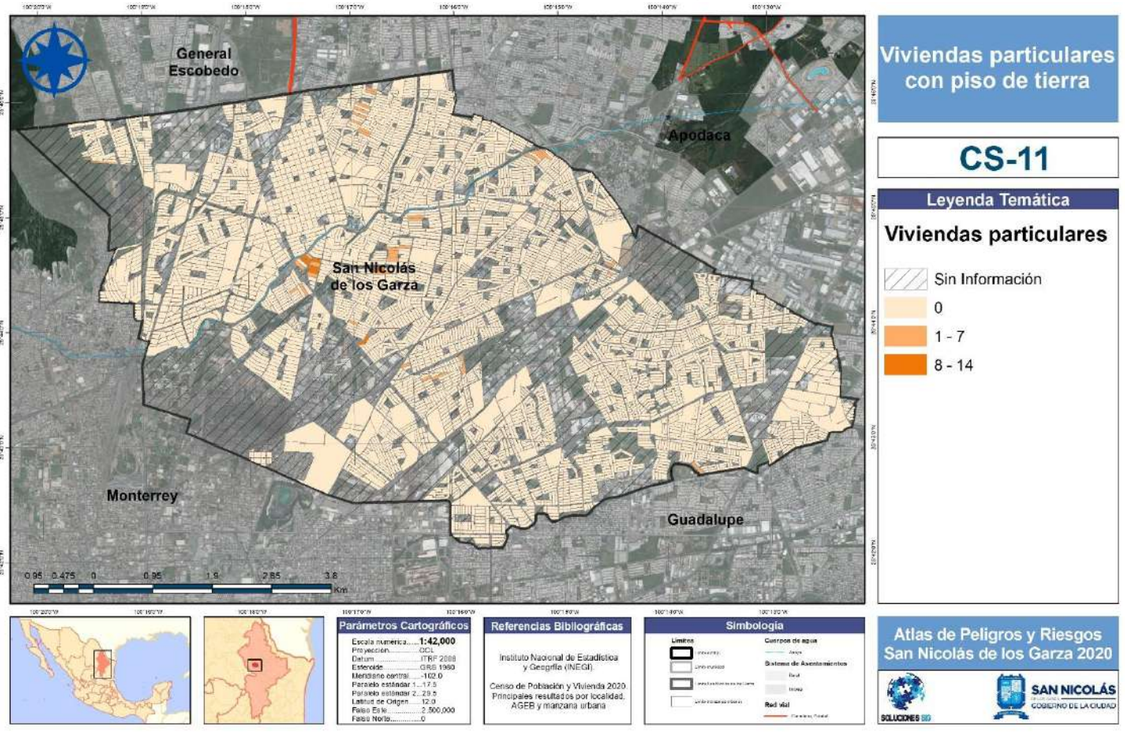
Es muy probable que el propietario de una vivienda con piso de tierra sea de muy escasos recursos, circunstancias que hacen a los residentes de la vivienda altamente vulnerables no sólo por la consecuencia que el piso de tierra

[1] RAE https://dpej.rae.es/lema/vivienda (consultado 21 de octubre de 2020)

tiene en el valor de la vivienda sino porque ese suelo puede acarrear problemas de salud y susceptibilidad a enfermedades. El municipio de San Nicolás de los Garza presenta 610 de sus viviendas en dicha condición, el 0.5% del total de sus viviendas particulares habitadas (INEGI, 2020).

Afortunadamente las viviendas con piso de tierra no son tan abundantes, únicamente con más de 8 viviendas particulares con este tipo de condición se tienen registradas en las colonias de Villa Las puentes y Jardines de Anáhuac Sector 3, las manzanas ubicadas al centro y noreste del área urbana concentran una menor cantidad de ellas, en especial las colonias de Jardines las Puentes, Las Puentes Sect 6 y La Américas las cuales ostentan a más de 1 vivienda con piso de tierra (Ver mapa CS-11).

***Mapa 1.26 12**. Viviendas particulares con piso tierra.*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

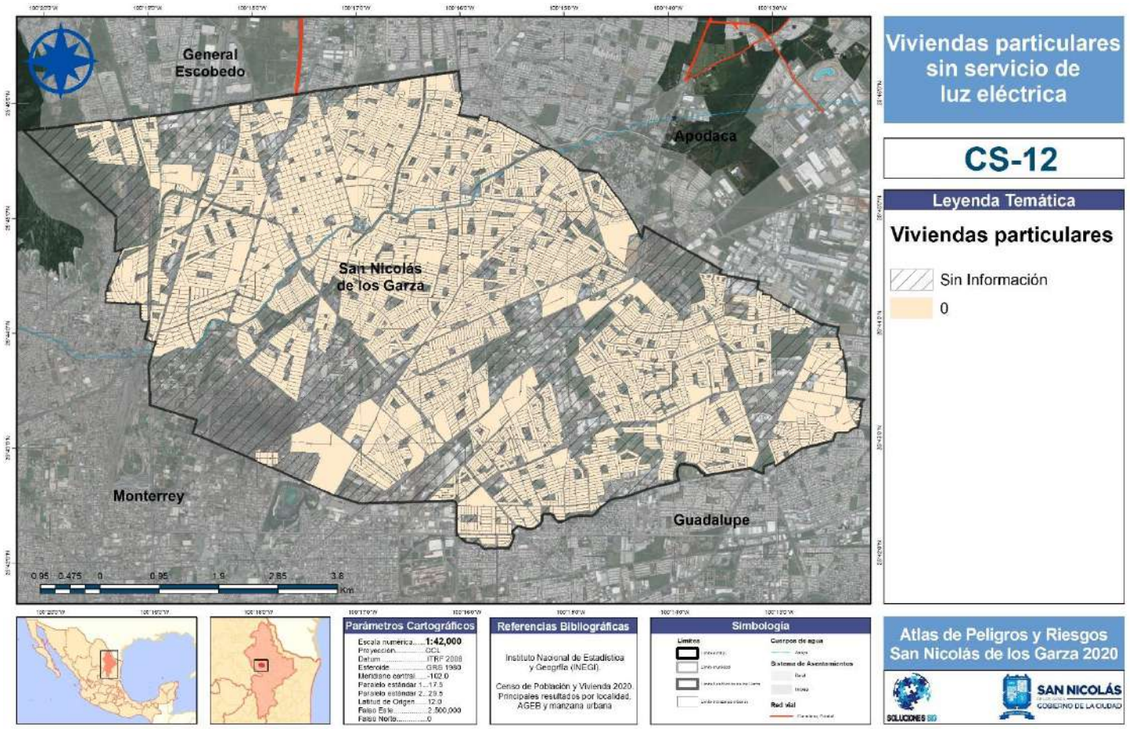
Servicios básicos en la vivienda (Luz eléctrica, agua entubada y drenaje)

Para que una vivienda no sea considerada en condición de carencia debe contar con los servicios básicos de luz eléctrica, agua potable entubada y drenaje según la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) (CONEVAL, 2020b), de forma que si alguno de estos servicios no se encontrará disponible la calidad de vida de los habitantes de la vivienda se vería gravemente afectada y en consecuencia la vulnerabilidad ante desastres que éstos presentarían sería mayor de la que tendrían si contarán con dichos servicios.

Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica

En este apartado únicamente se puede mencionar que las manzanas y colonias que no se encuentran registradas pueden llegar a tener cierto porcentaje de viviendas con esta condición, pero por lo que se puede interpretar en el mapa CS-12, San Nicolás de los Garza es un municipio que no presenta esta condición.

***Mapa 1.27 13**. Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica.*

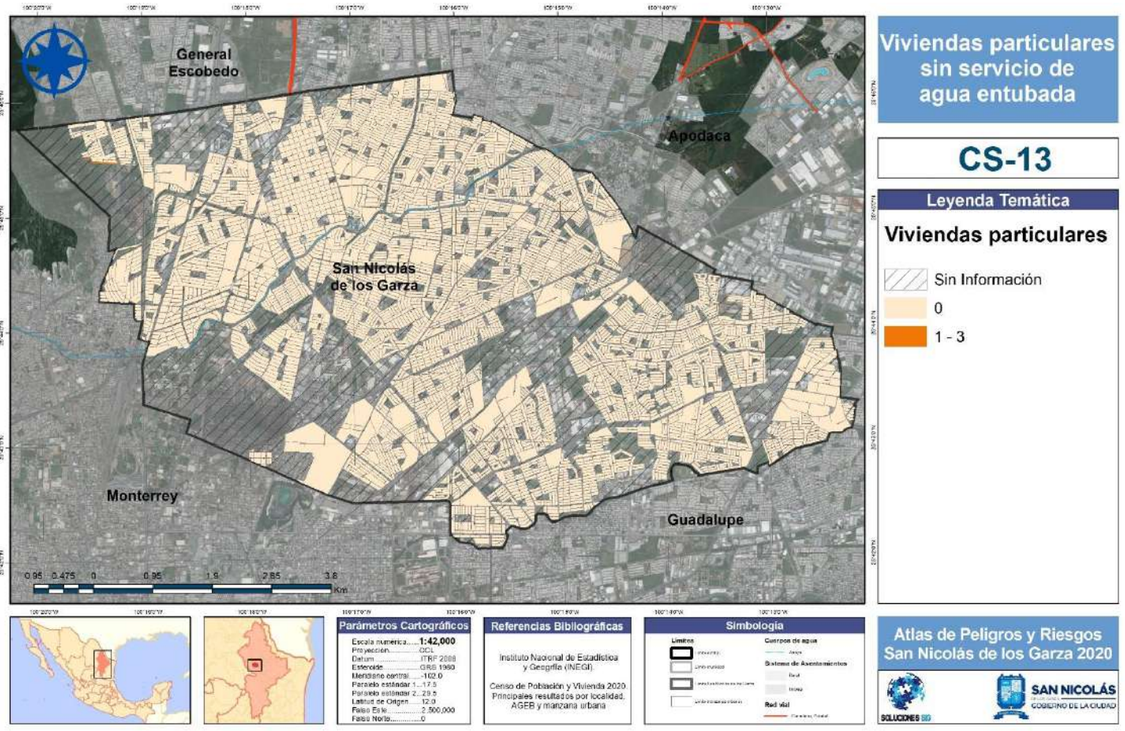


Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

Viviendas particulares sin servicio de agua entubada

Poco más del 95% de las viviendas dentro del municipio cuentan con agua entubada, solamente la colonia Mirador San Nicolás ubicada al noroeste del territorio municipal tiene 3 manzanas que presenta de 1 a 3 viviendas con esta condición (INEGI, 2020), (ver mapa CS-13).

***Mapa 1.28 14** Viviendas particulares con servicio de agua entubada.*

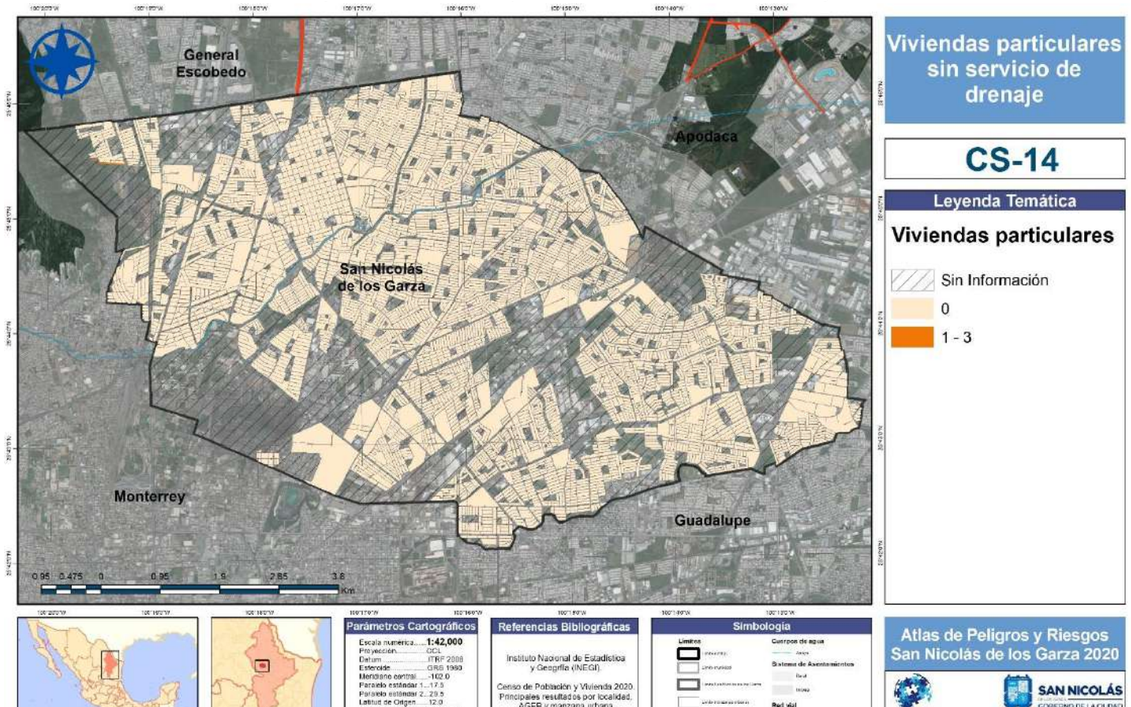


Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

Viviendas particulares sin servicio de drenaje

Sólo el 0.03% de las viviendas particulares habitadas de San Nicolás de los Garza no disponen del servicio de drenaje. La colonia Mirador San Nicolás ubicada al noroeste del municipio asume alrededor de 1 a 3 viviendas en dicha condición (ver mapa CS-14).

Mapa 1.29 15*. Viviendas particulares con sin servicio de drenaje.*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

d) Empleo e Ingresos

Las condiciones de desarrollo social a las que determinada población puede acceder dependen en gran medida a las circunstancias económicas que asumen, la cantidad de habitantes en edad económicamente productiva, el nivel de empleo, así como el nivel de dependencia de sus habitantes, derivan en su poder adquisitivo lo que puede incrementar o disminuir su grado de vulnerabilidad ante la presencia de algún fenómeno perturbador. En este apartado se presentan las principales características económicas de los habitantes del municipio; los sectores de ocupación, ingresos del personal ocupado, la población económicamente activa (PEA), la Razón de Dependencia económica y la Tasa de Desempleo Abierto (TDA), más adelante se detallan las características económicas de producción del municipio.

Población económicamente activa (PEA) y Tasa de Desempleo Abierto (TDA)

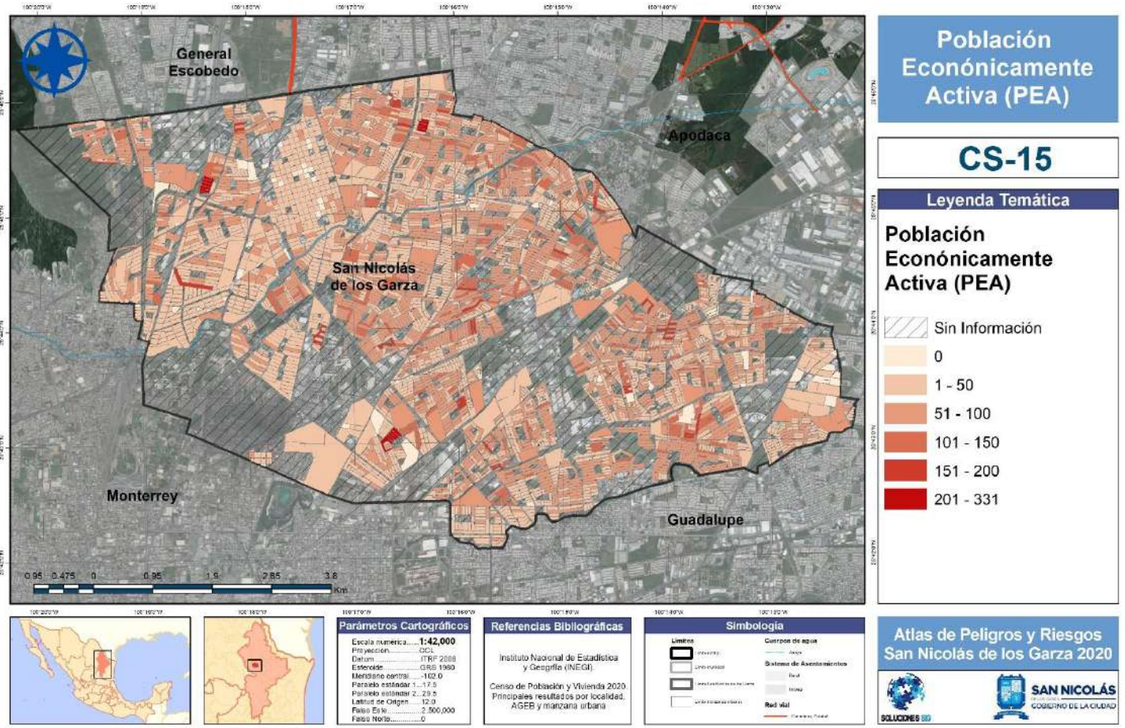
La PEA es considerada como las personas de 12 años y más que realizaron alguna actividad económica remunerada o están en búsqueda de ella según el Censo de población y vivienda de INEGI, 2020. La población ocupada se refiere al primer tipo de persona, aquellas que tenían trabajo, y la población desocupada comprende a aquellas que se encontraban en la búsqueda de un empleo, es importante reconocer que la información considera al sector informal y el nivel de desempleo pudiera verse disminuido por este factor, pues existen personas que al no encontrar trabajo formal deciden trabajar por su cuenta de esta forma.

La población económicamente activa representa el 49.7% del total municipal donde la mayoría pertenecen al sexo masculino con un 29.37% y para el sexo femenino con 20.33%. Con una población de alrededor de más de 200

habitantes las colonias El Roble Sector 1, Tabachines, Bosques del Nogalar, Valle las Granjas y Arboledas de San Jorge representan la población económicamente más activa de todo el municipio (INEGI, 2020), (ver mapa CS-15).

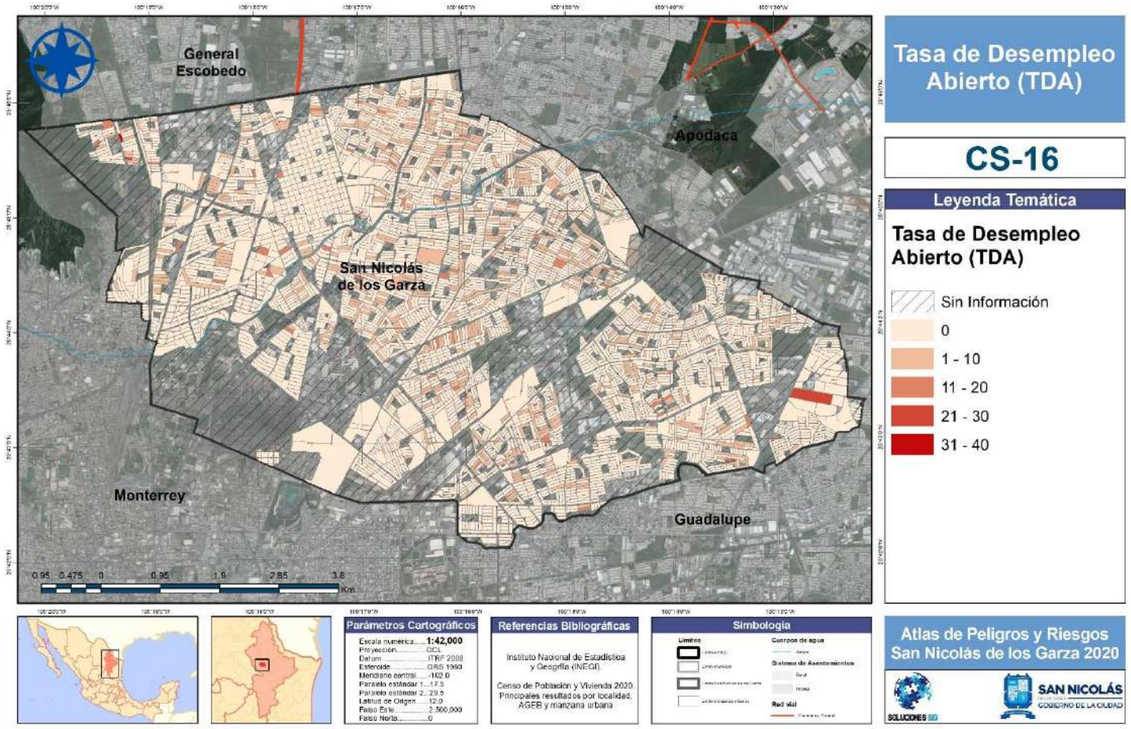
Por su parte la población desocupada (personas de 12 a 130 años de edad que no tenían trabajo, pero buscaron trabajo en la semana de referencia) representa al 3.96% del total municipal, de acuerdo a los criterios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y del INEGI. Para calcular la Tasa de Desempleo Abierto (TDA) se emplea la siguiente formula: TDA = (Población desocupada (sin empleo) /PEA) *100. Así se concibe que la TDA es la proporción de la PEA que durante el período de referencia no se encuentra laborando. Las dos colonias que presentan manzanas con mayor tasa de desempleo con un indicador de 30 y más son Mirador San Nicolás hacia al noreste y La Fe al suroeste del territorio tal como se aprecia en el mapa CS-16.

Mapa 1.30. *Población económicamente activa (PEA)*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

Mapa 1.31 16. *Tabla de Desempleo Abierto (TDA).*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

Razón de dependencia económica

La Razón de dependencia económica es la relación entre la población económicamente activa (PEA) y la población económicamente inactiva (PEI), este indicador mide el grado de carga económica que una persona en edad productiva asume en promedio por su trabajo, se refiere a la cantidad de individuos inactivos que cada 100 activos deben sostener (Palacio, J. L., Sánchez, M. T. et al., 2004).

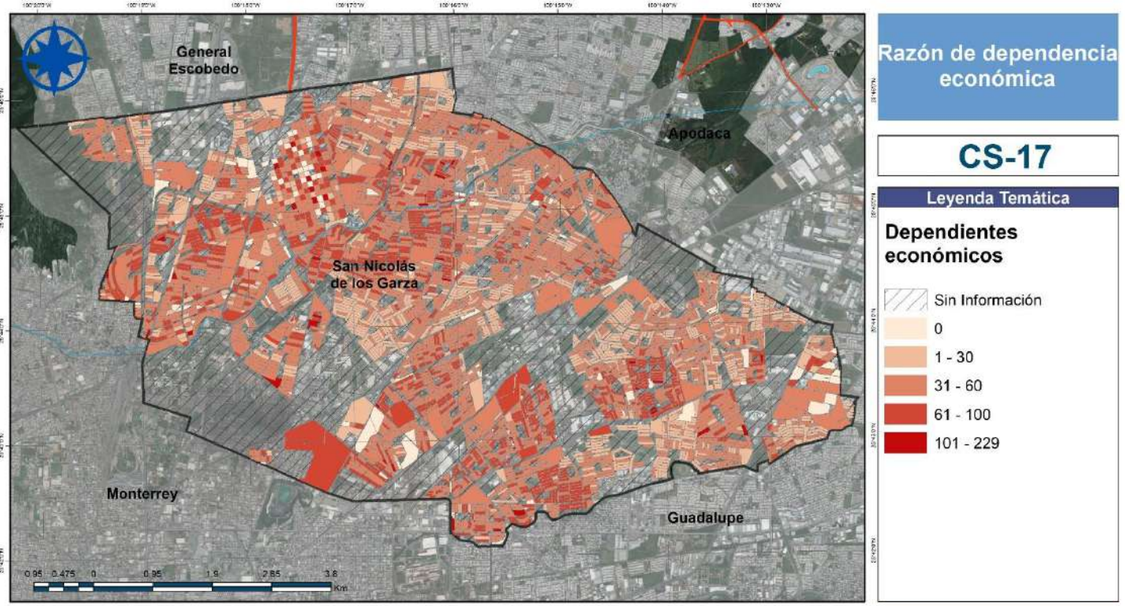
De acuerdo con el método propuesto por J. L. Palacio (2004) la población se divide en tres rangos: 1) Población infantil y juvenil: de 0 a 14 años, 2) PEA: población de 15 a 64 años y 3) Población de 65 años y más. Los rangos uno y tres conforman la PEI. Es importante no olvidar que, dado el desempleo, es sabido que no todos los activos trabajan, sin embargo, la razón de dependencia representa qué cantidad de fuerza de trabajo se debería unir a la producción de bienes y servicios. Entre los diversos elementos demográficos que pueden ampliar o reducir la razón de dependencia se encuentran, los cambios en los niveles de fecundidad, mortalidad y aquellos productos de los movimientos migratorios.

Este indicador se calcula con la suma del total de las personas que por su edad son consideradas como población dependiente o inactiva, la infantil y adulta mayor (menores de 15 años y mayores de 64 años), entre el total de personas que por su edad se estiman como económicamente productivas (mayores de 14 años y menores de 64 años), cuyo resultado se multiplica por cien.

La población dependiente se distribuye por todo el territorio municipal, en especial en la periferia central y suroccidental del área urbana (INEGI, 2020), como se aprecia con tonalidades más oscuras de rojo en el mapa CS-

17, por su parte la colonia Ampliación Vidrio Sectores 1 a 5 del polígono sur municipal es la que muestra mayor razón de dependencia económica.

***Mapa 1.32 17**. Razón de dependencia económica.*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

Sectores de ocupación e ingresos del personal ocupado

En San Nicolás de los Garza el principal sector de ocupación es el relativo a los servicios en general, lo que comprende: transporte, gobierno y otros servicios (INEGI, 2015), en donde se tiene un 50.02% de la población ocupada en este sector, el sector secundario con un valor de 28.05% ocupa la segunda posición y el sector primario con 0.23% corresponde al tercer sector más importante de la economía regional. Cabe mencionar que el comercio es uno de los sectores que presenta una porción de la población relativamente alta, éste es conformado por un total de 19.28% de la población.

***Tabla 1.11** Porcentaje de la Población ocupada por sector de actividad económica total y por sexo, 2015*

Sexo	Población ocupada	Porcentaje de la Población ocupada por sector de actividad económica				
		Primario[1]	Secundario[2]	Comercio	Servicios[3]	No especificado
Total	180,995	0.23	28.05	19.28	50.02	2.43
Hombres	113,790	0.30	33.33	18.63	45.40	2.34
Mujeres	67,205	0.11	19.10	20.37	57.83	2.58

1 Comprende: agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza.
2 Comprende: minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.
3 Comprende: transporte, gobierno y otros servicios.

Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal, 2015

La división ocupacional se concentra en su mayoría en funcionarios profesionistas, técnicos y administrativos con el 47.71% de la Población ocupada, el 30.06% corresponde a los comerciantes y trabajadores en servicios diversos, el 20.64% a los Trabajadores en la industria, con el 1.39% el porcentaje de población no especificada y por último con un 0.20% trabajadores agropecuarios (INEGI, 2015a), tal como se observa en la siguiente tabla.

***Tabla 1.12**. Porcentaje de población ocupada según división ocupacional total y por sexo, 2015*

Sexo	Población ocupada	Porcentaje de población ocupada según división ocupacional[1]				
		Funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos[2]	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria[3]	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos[4]	Porcentaje de población no especificada
Total	180,995	47.71	0.20	20.64	30.06	1.39
Hombres	113,790	43.64	0.24	26.83	28.07	1.21
Mujeres	67,205	54.60	0.12	10.16	33.44	1.68

1 Corresponde a las ocupaciones agrupadas del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO, 2011).
2 Comprende: funcionarios, directores y jefes; profesionistas y técnicos; así como trabajadores auxiliares en actividades administrativas.
3 Comprende: trabajadores artesanales; así como operadores de maquinaria industrial, ensambladores, choferes y conductores de transporte.
4 Comprende: comerciantes, empleados en ventas y agentes de ventas; trabajadores en servicios personales y vigilancia; así como trabajadores en actividades elementales y de apoyo.

Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal, 2015

Dentro del municipio la población ocupada pertenece en su mayoría, con un 81.24%, a trabajadores asalariados, lo que comprende: empleados, obreros, jornaleros, peones o ayudantes con pago. Por otra parte, los trabajadores no asalariados, quienes representan el 17.36% comprenden: empleadores, trabajadores por cuenta propia y trabajadores sin pago (INEGI, 2015a).

***Tabla 1.13** Porcentaje de la Población según posición en el trabajo total y por sexo, 2015*

Sexo	Población ocupada	Porcentaje de la Población según posición en el trabajo		
		Porcentaje de trabajadores asalariados	Porcentaje de trabajadores no asalariados	Porcentaje no especificado
Total	180,995	81.24	17.36	1.40
Hombres	113,790	78.68	20.11	1.21
Mujeres	67,205	85.58	12.70	1.72

Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal, 2015

La mayoría de la población dentro de San Nicolás de los Garza percibe más de 2 salarios mínimos, el 75.38 % de la población ocupada de acuerdo con la información de la Encuesta Intercensal del INEGI, 2015, donde la población masculina asume mayores niveles de ingresos por una mínima diferencia a comparación con la población femenina, como se aprecia en la siguiente tabla:

***Tabla 1.14** Porcentaje de la Población según Ingreso por trabajo total y por sexo, 2015*

Sexo	Población ocupada	Ingreso por trabajo[1]			
		Hasta 1 s.m.[2]	Más de 1 a 2 s.m.	Más de 2 s.m.	No especificado
Total	180,995	2.55	10.59	75.38	11.48
Hombres	113,790	2.24	8.41	77.82	11.54
Mujeres	67,205	3.09	14.27	71.25	11.39

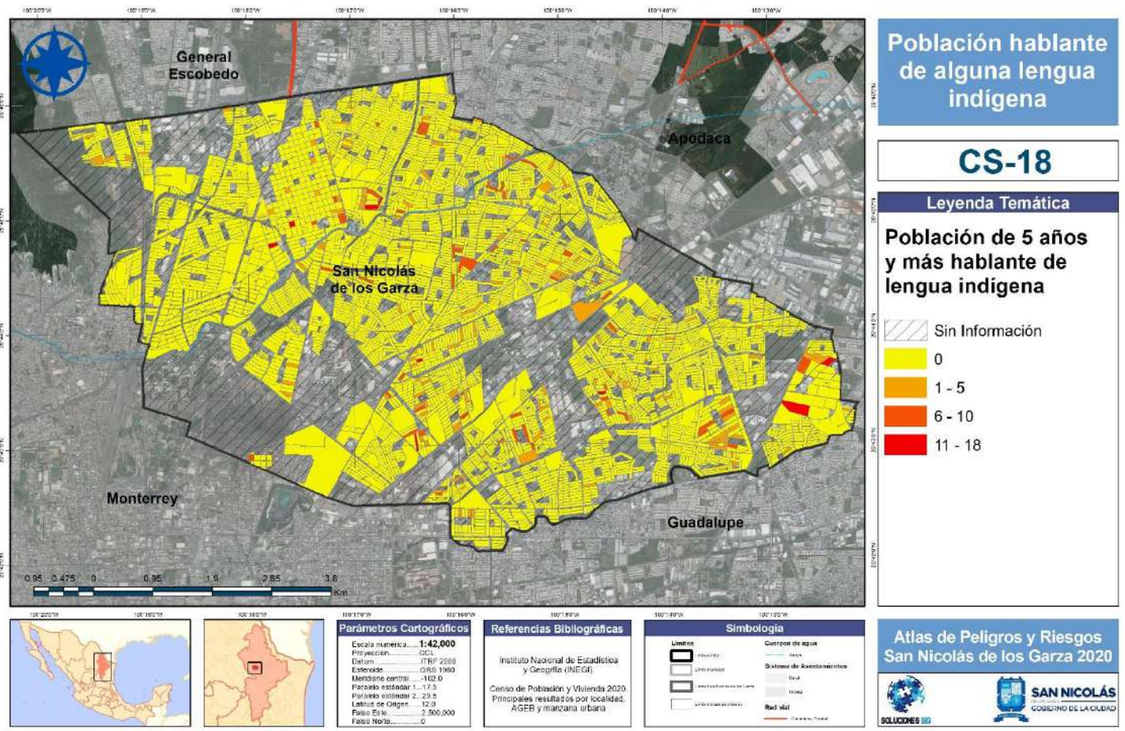
1 Se expresa en salario mínimo mensual 2 s.m. Incluye a la población ocupada que no recibe ingresos.

Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal, 2015

e) Población

La población que habla alguna lengua indígena en San Nicolás de los Garza representa el 0.43% del total municipal según los datos del Censo de Población y Vivienda, 2020. La población de habla indígena se encuentra dispersa por todo el municipio aunque se tiene un registro de las colonias en donde se tiene una mayor concentración de más de 11 habitantes por manzana con dicha condición, esto se ve reflejado en la parte sur del territorio en las colonias La Fe, Miguel Alemán, Andalucía, Salvador Allende, Carmen Romano de López Portillo y Constituyentes de Querétaro Sector 1; al centro Rincón de los Álamos, Chapultepec y Centro de San Nicolás delos Garza del área urbana.

***Mapa 1.33 18**. Población que habla alguna legua indígena.*



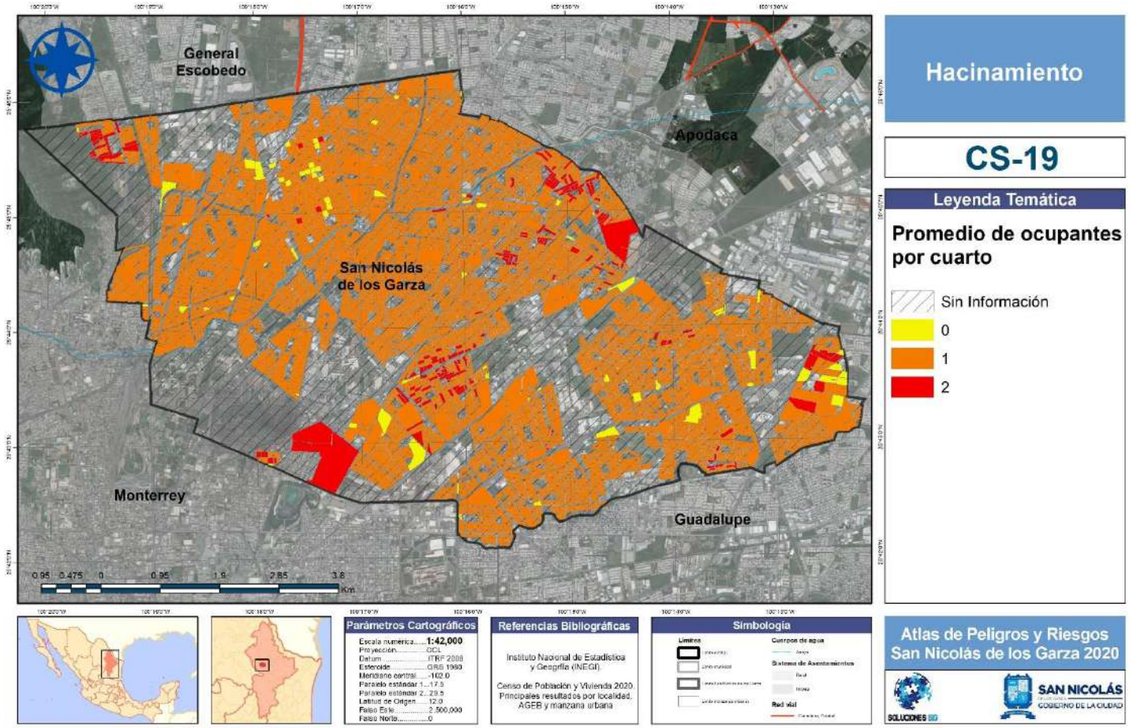
Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)

La condición del hacinamiento se refiere a la concentración de habitantes en una vivienda, en este apartado se considera como tal al promedio de ocupantes por cuarto de las viviendas particulares de las localidades rurales y manzanas urbanas dentro de San Nicolás de los Garza. Esta condición muestra una relación estrecha con situaciones de pobreza, ya que el hacinamiento deteriora significativamente el medio social en el que los individuos se desarrollan y desmejora su calidad de vida.

El promedio de ocupantes por cuarto a nivel municipal es menor a 1 (0.88) por lo que la situación de hacinamiento puede considerarse adecuada, no obstante dentro de varias manzanas ubicadas al sureste y suroeste de la zona urbana en las colonias Garza Cantú, Salvador Allende, José López Portillo, Jardines, Paseo y Floridos del Bosque del Nogalar, 4 de octubre, Cuchilla la Morena, Lago de Chapultepec, Carmen Romano de López Portillo, Infonavit Blas Chumacero, Miguel Alemán, La Talaverna, Fraccionamiento Hacienda Las Fuentes, La Fe, Rincón de Casa Blanca Sector 2 y Valle de Casa Blanca Sector 2; al noreste tenemos las colonias de Las Américas, Jardines del Mezquital, Unidad Santo Domingo, Valle del Mezquital, Arboledas del Mezquital, Parque de Santo Domingo, Torres de Santo Domingo y Haciendas de Santo Domingo se presentan en promedio más de 2 ocupantes por cuarto, lo que afecta la calidad de vida de sus habitantes (ver mapa CS-19).

***Mapa 1..34. 19**. Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto).*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

f) Pobreza y Marginación

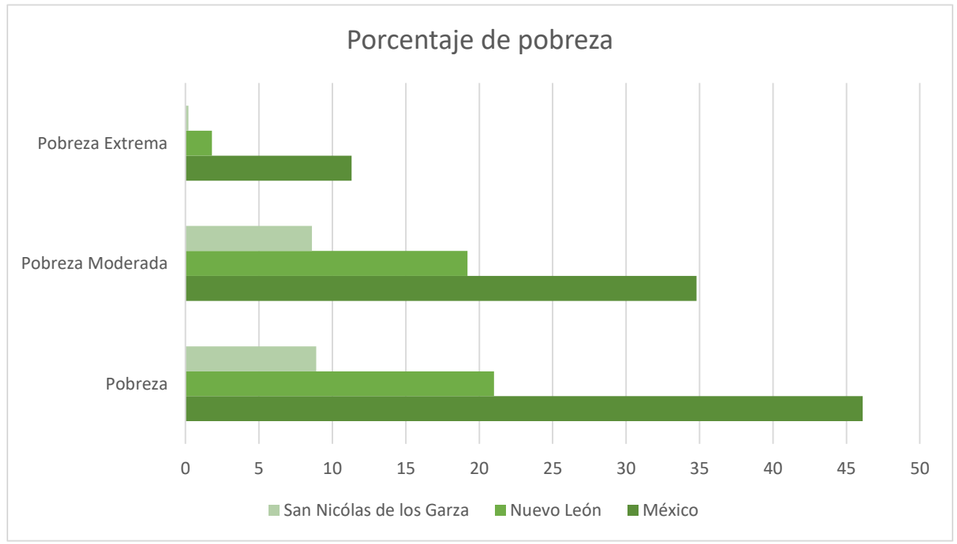
La pobreza es una condición donde algún individuo o comunidad carece de los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas, esta situación es de las mayores causas de vulnerabilidad por lo que su reducción es una de las principales necesidades sociales. En México el instituto encargado de definir, identificar y medir la pobreza es el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) conforme a lo dispuesto en el Artículo 36 de la Ley General de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020a).

EL CONEVAL determina a la población en condición de pobreza mediante su falta de servicios de salud, educación, seguridad social, ingresos, calidad y espacios en la vivienda, alimentación adecuada, grado de cohesión social y grado de accesibilidad a carretera pavimentada (CONEVAL, 2020c). La clasifica conforme a la intensidad de la carencia en pobreza y pobreza extrema.

Según las estimaciones del CONEVAL elaboradas con base en la información del Módulo de Condiciones Socioeconómicas (MCS) 2010 y el Censo de Población y Vivienda 2020; el 12.8% de la población de San Nicolás de los Garza se encuentra en algún grado de pobreza, 0.5% asume pobreza extrema, 12.3% pobreza moderada; por otra parte, el 32.0% de los habitantes son vulnerables por carencia social, 6.5% vulnerables por ingreso, 48.7% no

son considerados en la línea de pobreza y vulnerabilidad. El 44.8% de la población asume al menos un tipo de carencia; donde el 8.2% ostenta carencia por rezago educativo, 20.5% carencia por acceso a la salud, 32.8% carencia por acceso a la seguridad social, 1.9% carencia por calidad y espacios de la vivienda, 0.1% carencia por servicios básicos en la vivienda, 8.6% carencia por acceso a la alimentación. Por su parte el 4.2% de la población cuenta con al menos tres carencias, el 19.3% de la población tiene un ingreso inferior a la línea de bienestar y 2.8% un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo (CONEVAL, 2010). Lo que, de acuerdo con los datos a nivel nacional, estatal y municipal, San Nicolás de los Garza presenta menores niveles de pobreza general, extrema y moderada que la población de Nuevo León y ésta a su vez se encuentra por debajo del indicador nacional. No obstante, es importante enfocar esfuerzos gubernamentales para reducir estas condiciones adversas en los habitantes.

Figura 1.12. *Porcentaje de la población por tipo de pobreza a nivel nacional, estatal y municipal, 2010*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de las estimaciones del CONEVAL elaboradas con base en la información del Módulo de Condiciones Socioeconómicas (MCS) 2010 y el Censo de Población y Vivienda 2020

Grado de marginación

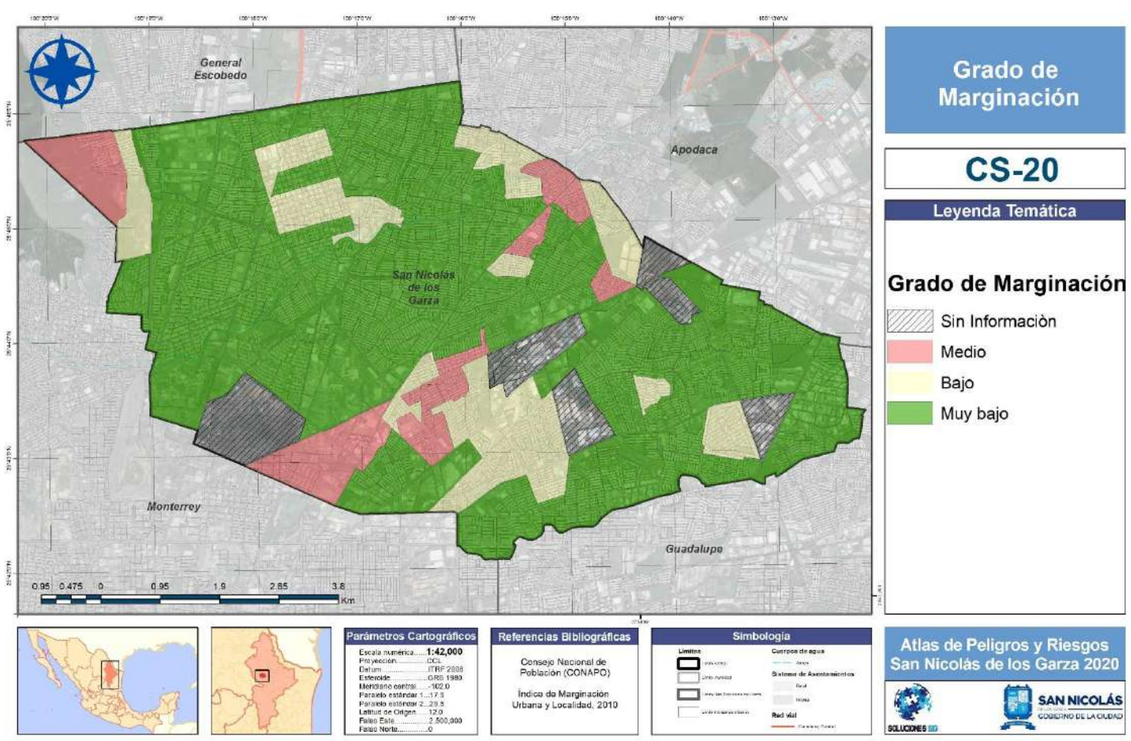
La marginación es uno de los principales indicadores que programas a nivel nacional como el PROAGUA (programa para el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua) toman en cuenta para atender a población de escasos recursos (DOF, 2019). Este concepto se define "como un problema estructural de la sociedad, en donde no están presentes ciertas oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas. Si tales oportunidades no se manifiestan directamente, las familias y comunidades que viven en esta situación se encuentran expuestas a ciertos riesgos y vulnerabilidades que les impiden alcanzar determinadas condiciones de vida" (CONAPO, 2010b). En este sentido la marginación de una población con respecto a otra exterioriza su grado de vulnerabilidad.

El índice de Marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO) se constituye por tres dimensiones socioeconómicas: Educación, Vivienda y Disponibilidad de bienes, las cuales se evalúan a través de los siguientes 8 indicadores: Porcentaje de la población de 15 años o más analfabeta, porcentaje de la población de 15 años o más sin primaria completa, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada, promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas, porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra y porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador (CONAPO, 2010b).

El contexto urbano asume distinciones del contexto general por lo que el CONAPO considera un cálculo de marginación específico (la marginación urbana) donde los indicadores varían para reflejar problemáticas más reducidas, dicho cálculo se efectúa dentro de cada área geoestadística básica (AGEB) urbana (delimitado por el INEGI), cuyos componentes corresponden a los siguientes: Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, porcentaje de población de 15 años o más sin secundaria completa, porcentaje de población sin derecho-habiencia a los servicios de salud, porcentaje de hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años, porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda, de viviendas particulares sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica, de viviendas particulares sin excusado con conexión de agua, de viviendas particulares con piso de tierra, de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento y de viviendas particulares sin refrigerador (CONAPO, 2010c).

Los mayores grados de marginación urbana (2010c) clasificados como medios se localizan en la zona noroeste del área urbana en la colonia Mirador de San Nicolás; al noreste Las Américas y manzanas cercanas a la colonia Torres de Santo Domingo y Parques de Santo Domingo, Valle del Mezquital y Arboledas del Mezquital; al suroeste Antiguo Nogalar, Garza Cantú, Bosques, Industrial y Jardines del Nogalar, 4 de octubre y Carmen Romano de López Portillo (ver mapa CS-20).

Mapa 1.35. 20*. Grado de Marginación.*



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020

g) Proceso Económico

El proceso económico es un ciclo que todos los agentes económicos recorren para la realización de actividades económicas y el objetivo es satisfacer las necesidades iniciando con la producción y terminando con el consumo. Este se encuentra regido por diferentes etapas:

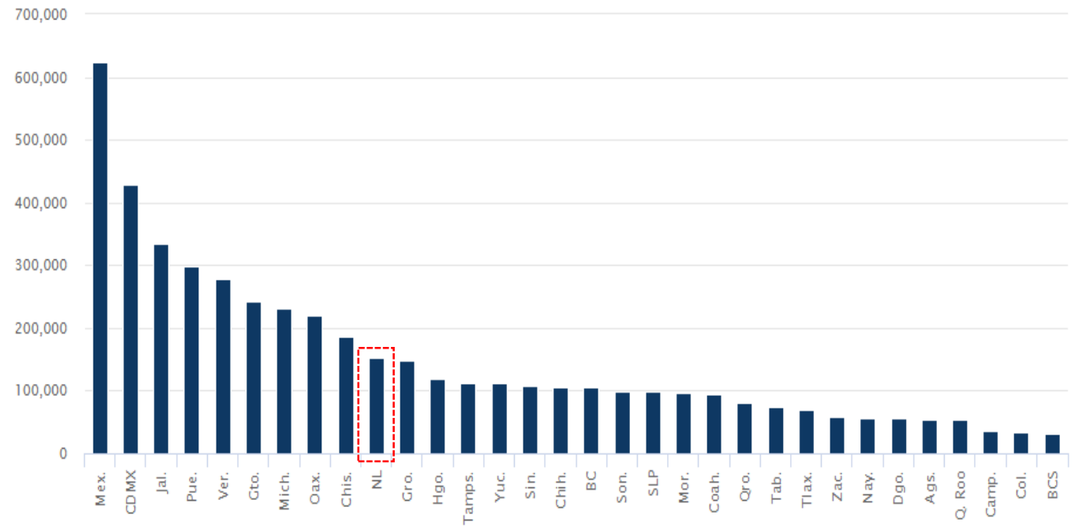
- Producción:
  La actividad que genera bienes y servicios útiles al hombre.
- Circulación:
  La etapa en donde se realizan los traslados de los productos para realizar el intercambio o venta hacia el consumidor.
- Distribución:
  Se reparte la riqueza que se genera entre los factores productivos por su participación en la producción.
- Consumo:
  Se da el uso de bienes y servicios para satisfacer las necesidades sociales.
- Inversión:
  Financiar un nuevo proceso productivo mediante la adquisición de bienes de capital.

En este apartado se presentan los aspectos económicos más relevantes para el municipio partiendo del posicionamiento del estado a nivel nacional y la caracterización del municipio con respecto al Estado. De acuerdo a los resultados definitivos de los Censos Económicos 2019, (INEGI), se generó una gráfica especificando las unidades económicas (pesos) en el eje y, y en el eje x todas las entidades federativas que conforman la República Mexicana. De acuerdo a esto, el estado de Nuevo León se posicionaba en el lugar décimo con un total de 151 mil 448 establecimientos y con 1 millón 803 mil 965 personas ocupadas en ellos.

En cuanto a los diferentes sectores (comercio, servicios, manufacturas, etc.) el porcentaje de todas estas actividades económicas se encuentran establecidas por porcentaje de la siguiente manera:

- 42.8% de los establecimientos corresponde al sector comercio
- 45.9% a los servicios
- 9.2% a las manufacturas
- 2.1% al resto de actividades económicas

Figura 1.13. *Unidades Económicas-Resultados por entidad federativa*

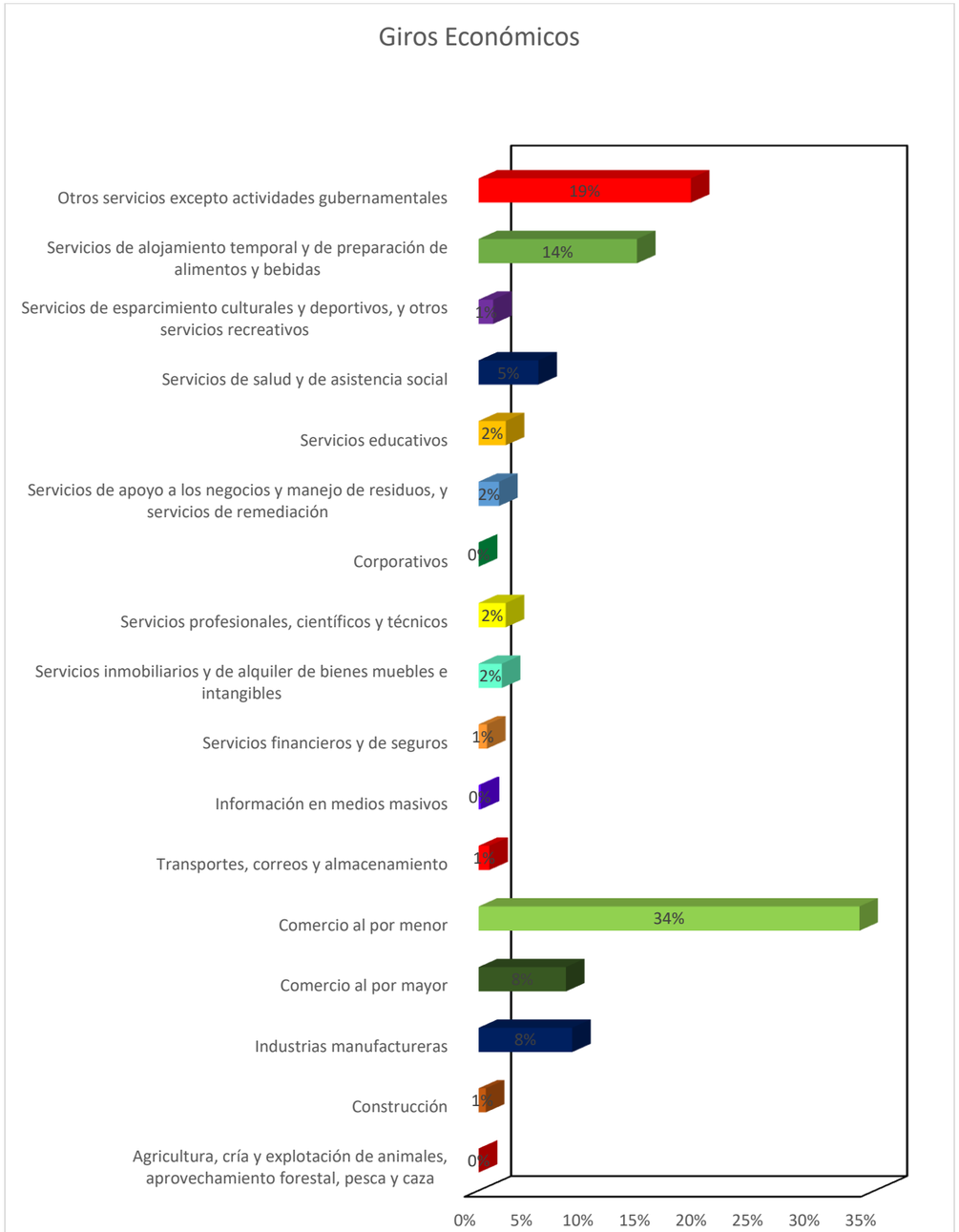


Fuente: INEGI, Censos Económicos 2019

(1) Principales actividades económicas en la zona.

Las principales actividades económicas están relacionadas principalmente a cualquier actividad en donde se necesita cubrir alguna necesidad de cada persona. De acuerdo con los Censos Económicos del INEGI del año 2014 y 2019 en el centro de población de San Nicolás de los Garza ha predominado el sector terciario. La actividad más representativa en el año 2019 fue la actividad de servicios, la cual comprende un 45.9%, seguido del comercio con 42.8%

***Figura 1.14**. Porcentaje de Actividades Económicas*



Fuente: INEGI, Censos Económicos 2019

Como se muestra en la gráfica anterior se presentan las actividades económicas que rigen el municipio de manera desglosada. Las tres primeras actividades más representativas de acuerdo con el Censo Económico de INEGI en el año 2019 fueron:

1. Comercio al por menor
2. Otros servicios excepto actividades gubernamentales
3. Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas.

En cuanto a las actividades económicas que no tienen una relevancia o que no tienen mucha demanda dentro del territorio son:

1. Corporativos
2. Información en medios masivos
3. Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.

II. Identificación de fenómenos perturbadores

A. Geológicos

Aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta son denominados fenómenos geológicos, los cuales, para nuestros fines, para nuestro caso de estudio los clasificamos como: sismicidad, vulcanismo, tsunamis, movimientos de laderas y subsidencia. Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares.

Es preciso conocer cuáles son las diversas formas en las que se puede manifestar esta energía en el territorio, pues su identificación nos ayuda a analizar la intensidad del peligro existente en el territorio donde se emplaza el municipio.

1. Procesos de remoción en masa (Deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)

a) Antecedentes.

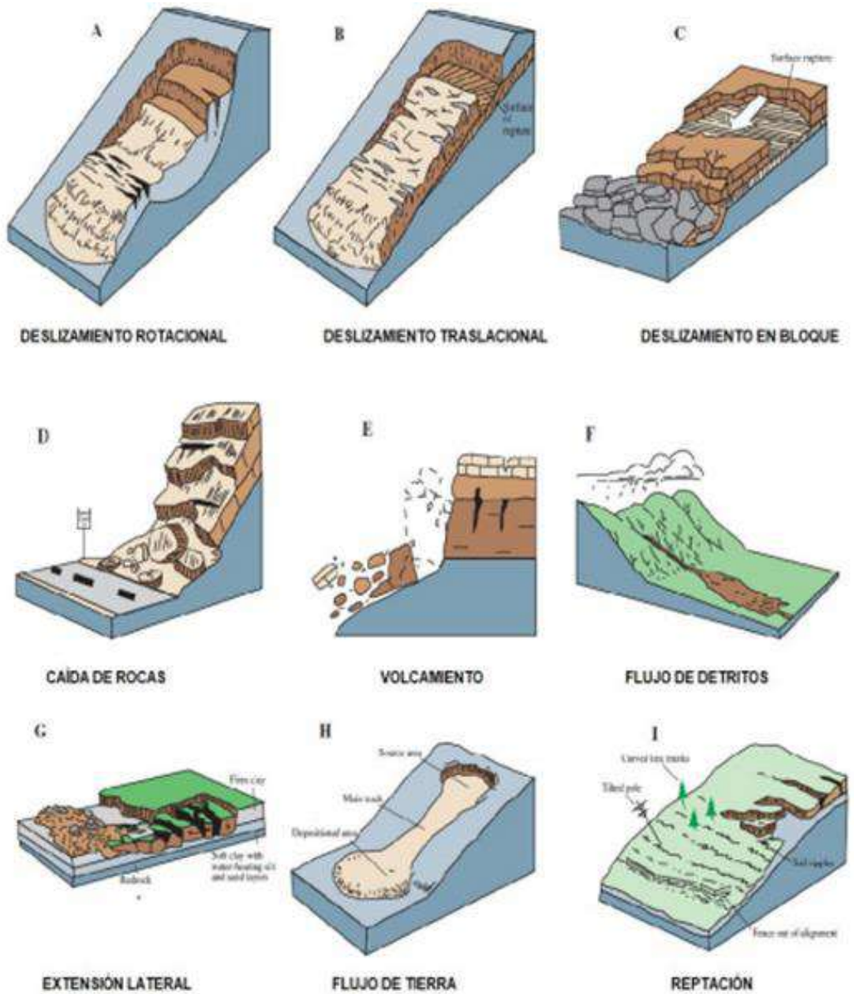
Los procesos de remoción en masa (PRM), en ocurren debido a dos causas fundamentales, las cuales son de tipo externo y de tipo interno (Terzaghi, 1950). Las causas externas son todas aquellas que producen un incremento en la tensión o esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales; las causas internas son las que disminuyen la resistencia de los materiales. De forma general los procesos de remoción en masa, son los movimientos de masas de suelo, detritos y rocas que ocurren en una ladera debido a la influencia de la gravedad y se pueden desencadenar por factores internos o externos. De manera sencilla los procesos de remoción en masa ocurren cuando una porción de ladera se vuelve débil para soportar su propio peso.

Los factores que favorecen la presencia de PRM son, en resumen; geología (con la presencia de materiales débiles y estructura con fracturas); los procesos físicos (principalmente la precipitación, sismicidad y erupciones volcánicas); la morfología (en especial las pendientes resultadas de la tectónica y la erosión) y la actividad antrópica (como consecuencia de los cambios en el relieve y sus elementos) todos estos factores alteran las condiciones internas y externas del material.

En los PRM se dan diferentes tipos de movimiento, los principales son; a) Desprendimientos o caídas: Son movimientos en caída libre de distintos materiales como rocas, detritos o suelos; b) Vuelcos o desplomes: consiste en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje determinado por su centro de gravedad; c) Deslizamientos: Son movimientos ladera debajo de una masa de suelo o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura; d) Flujos: son movimientos espacialmente continuos, en los cuales las superficies de cizalla son muy próximas y de poca duración; e) Expansiones laterales: Son el resultado de la fracturación y expansión de suelos o masas de roca compactos, debido a la licuefacción de material subyacente.

A lo anterior se suma la presencia cada vez mayor de los asentamientos humanos en laderas inestables, lo cual está condicionado por la nula planeación del crecimiento, y por las características socioeconómicas de la población, combinación que magnifica los riesgos por procesos de ladera.

***Figura 2.1**. Esquema de los diferentes tipos de remoción en masa*



***Fuente:** USGS, 2004. Landslide types and processes*

b) Desarrollo Metodológico

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad a procesos de laderas, se utilizó la metodología propuesta en la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED 2016), la cual señala que se deben realizar análisis de susceptibilidad basados en la investigación y determinación de los factores condicionantes que, de manera local o regional, influyen en la inestabilidad de laderas. Para este objetivo se realizó **Trabajo de gabinete** y **Trabajo de campo**.

Trabajo de Gabinete. Se realizó un análisis de Susceptibilidad de Procesos de Remoción en Masa considerando sus propiedades físicas: Geomorfología, Pendiente, Sustrato geológico, Discontinuidades geológicas y su relación con los factores desencadenantes: Precipitación y Sismicidad. Para la identificación y delimitación de las zonas con mayor propensión a la inestabilidad se emplearon los siguientes insumos:

- Factores del terreno (Pendiente, curvatura y flujo preferencial de agua)
- Litología (Sustrato geológico)
- Cobertura vegetal-uso de suelo (NVDI)

Como parte de los factores del terreno se emplearon tres insumos derivados de un Modelo Digital de Terreno tipo LIDAR (con una resolución espacial de 5 metros y una diferencia altimétrica de 10 cm). El MDT se obtuvo de la cartografía elaborada por el INEGI como parte de la serie Modelos Digitales de Alta Resolución LIDAR.

La inclinación de la pendiente, estimada a través de la herramienta Surface Slope, la cual identifica a través de la diferencia altimétrica entre pixeles el grado de inclinación de la pendiente del terreno.

La clasificación para las pendientes, se hizo a partir del ángulo de inclinación:

***Tabla 2.1**- Clasificación de ángulo de pendiente.*

Valor	Pendiente (°)
1	0-6
2	7-15
3	16-30
4	31-45
5	Mayor de 45

El tipo de curvatura existente en el relieve, el cual clasifica el relieve en formas cóncavas, convexas o planas, y que ayuda a identificar las zonas donde la forma de la pendiente propicia una mayor erosión o remoción de materiales.

El flujo preferencial de agua, elaborado a través de la herramienta "distancia euclidiana" sobre una red de escorrentías superficiales tiene por objetivo identificar la presencia de arrastre de materiales por flujos de agua, significando a mayor cercanía al flujo una mayor exposición a fenómenos de remoción en masa.

El sustrato Litológico se reclasificó a fin de identificar aquellas coberturas propensas a la erosión por su composición y consolidación geológica, tomando como referente las propiedades de la roca, principalmente su resistencia.

En la mayor parte del municipio encontramos depósitos aluviales, zonas de conglomerado y en menor porción áreas de caliza intercalada con lutita, dolomita y pedernal.

***Tabla 2.2**- Clasificación de la litología*

Valor	Litología
1	Caliza y pedernal
2	Caliza y dolomita
3	Caliza y lutita
4	Conglomerado
5	Aluvión

Finalmente, el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NVDI) tiene por objetivo reconocer las condiciones de cobertura del suelo, ya que este identifica el estado de la vegetación en la zona, a menor índice de vegetación se tiene mayor exposición a procesos de remoción en masa.

A partir de una imagen de satélite Landsat para el 2010 la CONABIO en coparticipación con la CONAFOR realizó una clasificación de la cobertura del suelo y de la vegetación a nivel nacional. Con dicha información se le asignó un valor de susceptibilidad mayor a las zonas desprovistas de vegetación o con menor densidad de vegetación.

Pese a que la intervención de la vegetación en los procesos de remoción en masa es dependiente al tipo de planta y a su estado fenológico, es un hecho que, como factor ambiental, la fijación de suelo que provee la cobertura vegetal es muy importante para disminuir la erosión de los materiales componentes de las laderas.

Los procesos para determinar la cobertura vegetal se realizaron de la siguiente manera:

- QGis3. En esta plataforma se realizó la carga de la imagen Sentinel2A. Se realizaron los filtros y correcciones de la misma y se elaboró la combinación de bandas. Las bandas utilizadas para obtener la imagen con el color verdadero fueron 4, 3 y 2.

- Los índices de vegetación se calculan a partir de las radiancias de las plantas en ciertos rangos del espectro visible e invisible. La vegetación tiene una mayor radiancia en el rojo y el infrarrojo que en el azul. Existen varios índices de vegetación en base de diferentes fórmulas de combinación de bandas, dentro de estos índices el más conocido es el NDVI.

- Con la combinación de las bandas 8 y 4 de la imagen Sentinel 2 se generó una imagen que nos permite realizar el análisis de la vegetación presente en la zona de estudio con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

- Se empleó la Serie VI de INEGI para analizar el tipo de vegetación reportada y así proponer una clasificación útil de la cual se obtuvo el tipo de cobertura vegetal.

- Se elaboraron campos de entrenamiento para definir la imagen de la clasificación supervisada.

- En la plataforma Arc Gis se elaboró una clasificación supervisada de la vegetación. Se definieron los campos de entrenamiento de acuerdo a la firma espectral de cada tipo de cobertura, generando una imagen con cada tipo de cobertura definida y se hizo una reasignación de nomenclatura en función de la

existencia o no de vegetación y de sus principales características. De esta forma resultaron 5 clases de Vegetación para la clasificación supervisada.

- Arbórea
- Arborea y Matorral
- Matorral
- Pastizal
- Escasa Vegetación

- De esta forma se hicieron campos de entrenamiento y una Clasificación supervisada para la imagen de Vegetación.

***Tabla 2.3**- Clasificación según el tipo de vegetación*

Valor	Tipo de vegetación
1	Arbóreo
2	Matorral y arbóreo
3	Matorral
4	Pastizal
5	Escasa vegetación

Trabajo de Campo. Se identificaron en campo características geológicas que aportaron información, y datos para la clasificación de laderas que ayudaron a la parametrización de la inestabilidad de laderas del Municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

Se elaboró una base de datos geológica que ayudó a la caracterización el terreno bajo el criterio de pendientes y laderas.

También se identificaron elementos que ayudaron a identificar elementos susceptibles a la remoción de masas en laderas, con la siguiente metodología.
Metodología de Trabajo de campo:

1. Análisis preliminar. Se elaboró un trabajo de gabinete del tipo geológico, análisis de imágenes de satélite y de pendientes para identificar los factores que controlan la formación de laderas en el área.

2. Datos para campo. Se elaboró un set de datos para la definición de estaciones en campo y la adquisición de datos, que incluyó topografía, imágenes de satélite y mapa geológico estructural.

3. Adquisición de datos en campo. En campo, una vez definidas las estaciones a visitar, los datos obtenidos fueron: Geoposicionamiento de la estación, Dimensiones del afloramiento o ladera, datos geológicos como litología, estratigrafía, estructuras visibles, datos estructurales, fenómenos constructores de laderas y los detonantes de peligros.

4. Resultados preliminares. En nuestras fichas de verificación se observa la descripción general (condiciones actuales de vegetación, inclinación aproximada de la pendiente, litología, presencia de detritos) del sitio visitado.

Los reconocimientos de campo consisten en verificar o modificar la información recopilada en los análisis de gabinete, identificar la ubicación de nuevos sitios con problemas de inestabilidad, verificar la magnitud del problema, identificar los estudios de campo por realizar de acuerdo con el tipo de materiales, y establecer los sitios donde se realizarán dichos estudios. Así mismo, se busca identificar los tipos de suelos y rocas de la zona, las estructuras geológicas de la región, los planos de discontinuidades o contacto y sus echados, la disposición estratigráfica de materiales, el grado de alteración de los suelos y rocas, y detectar la presencia de flujos de agua en cualquier parte de la ladera.

El análisis de susceptibilidad se refiere al proceso de cuantificación relativa de la importancia que puede tener cada uno de los factores intrínsecos o condicionantes en la posibilidad que se produzcan fenómenos de inestabilidad de laderas. Con la suma de los pesos de cada uno de los factores considerados se obtienen diferentes valores de susceptibilidad en una determinada área del territorio. Estos valores de susceptibilidad se clasifican generalmente en categorías genéricas: susceptibilidad muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

La susceptibilidad frente a los movimientos de ladera expresa la mayor o menor tendencia del terreno a la generación de movimientos es la condición general de estabilidad del terreno. El mapa de susceptibilidad de laderas es un insumo que se genera a partir del análisis multicriterio de los elementos geológicos identificados como condicionantes de la estabilidad de laderas; sin embargo, el análisis identifica las zonas con el potencial de inestabilidad asociado al juego de condiciones geográficas y geológicas observables y cuantificables; lo que ayuda a tomar las decisiones que fomenten el uso y aprobación ordenada del territorio municipal.

La susceptibilidad es el primer elemento para la evaluación de los procesos gravitacionales geológicos y proporciona la base para la identificación final del peligro como elementos de condicionamiento territorial. Las zonas marcadas con nivel alto en el mapa se originan cuando existen la conjunción de los elementos que provocan una susceptibilidad alta, la pendiente elevada, la vegetación presente, las geoformas, las estructuras geológicas y la litología la región.

Para construir el Mapa de Susceptibilidad se utilizó el análisis Multicriterio, basada en el Método de las Jerarquías Analíticas, de los cuales se incluyeron cinco criterios: Litología, Pendientes, Geomorfología, cobertura vegetal y flujos superficiales de agua; a los cuales se les asignan pesos por criterio.

Para la determinación de los pesos a los criterios, se empleó el Método de las Jerarquías Analíticas (MJA) o Analytic Hierarchy Process (AHP). Este método desarrollado por Saaty (1990) se basa en el desarrollo de prioridades, que a su vez son derivadas a partir de una evaluación de concordancia o Pairwise, llamados así debido a que solo se permite el análisis de relación de un par de criterios a la vez.

Luego de identificar los pares de criterios, estos son cualificados y cuantificados mediante ciertos parámetros (Huang et al, 2003). En este análisis cada parámetro asigna un puntaje entre 1 y 4 de acuerdo al nivel de importancia de la relación de pares analizados.

***Tabla 2.4**- Parámetros para la clasificación de pesos de criterios.*

Nivel de importancia	Definición	Descripción
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i, j) contribuyen de igual manera al proceso de deslizamiento
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (i) sobre (j)
3	Fuerte preferencia	Prácticamente el dominio del criterio (i) sobre (J) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía del criterio (i)

Estos valores de concordancia son luego ingresados a la matriz MJA, convirtiendo esta evaluación subjetiva en un conjunto de pesos lineares (Malczewski, 1996).

***Tabla 2.5**- Matriz de parámetros para el método de jerarquías analíticas.*

Criterios	Litología	Pendiente	Aguas Superficiales	Vegetación	Geomorfología
Litología	1	0.5	3	3	2
Pendiente	2	1	4	4	3
Aguas superficiales	0.3	0.25	1	3	0.5
Vegetación	0.3	0.25	0.3	1	0.3
Geomorfología	0.5	0.3	2	3	1
Total	4.1	2.3	10.3	14	6.8

Posteriormente se estiman los pesos correspondientes a cada criterio por medio de la fórmula:

$$\textbf{Pesos de los criterios} = (\sum xjj/n) / (\sum xj)$$

***Tabla 2.6**- Pesos asignados a cada criterio.*

Criterio	Peso del criterio
Litología	0.25
Pendiente	0.41
Aguas superficiales	0.11
Vegetación	0.07
Geomorfología	0.16
Total	1

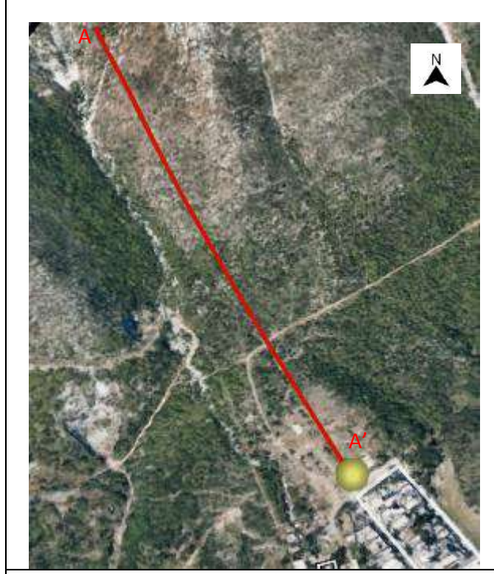
Finalmente, como factor detonante para Procesos de Remoción en Masa se emplea las lluvias, mediante isoyetas a 24 horas de CONAGUA y tomando en consideración umbrales de lluvia que generan Inestabilidad de Laderas para el Estado de Coahuila indicados por CENAPRED, se realizan los mapas de susceptibilidad para los periodos de retorno de 10, 50, 100, 200 y 500 años.

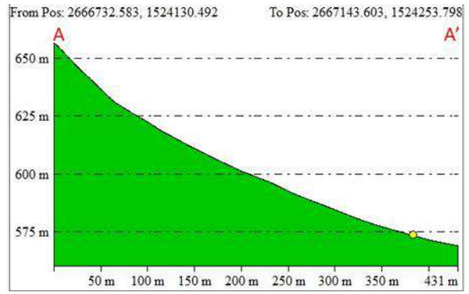
c) Resultados.

Para la elaboración del mapa de Susceptibilidad a Procesos de Remoción en Masa, se emplea recopilación cartográfica previa y los trabajos en campo, para los cuales se verificaron cuatro importantes puntos, tres en el Cerro Topo Chico y uno en el desencauce del Arroyo Topo Chico. Los recorridos en campo tienen la finalidad de corroborar las condiciones actuales de estos sitios.

Se presentan las fichas de verificación de los recorridos realizados en campo; en las cuales se presentan fotografías destacando las características observadas, se describe el sitio y se hace una recomendación para ayudar a mitigar los efectos que causa este fenómeno.

Punto de verificación INB1			
Fecha de Inspección	10-dic-20	**Coordenadas UTM**	100.3264, 25.75898
Localidad	Col. Mirador San Nicolás	**Lugar visitado**	Calle del Girasol
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

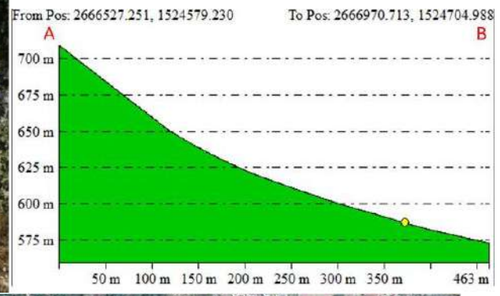




Observaciones o Descripción:

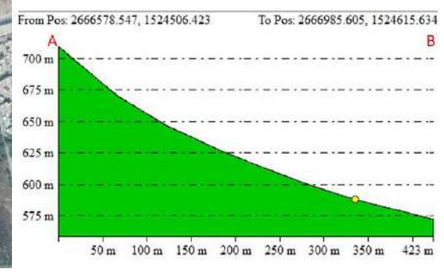
El sitio está constituido por roca caliza masiva de color gris oscuro, en algunos puntos se encuentra cementada por carbonatos o presenta vetillas de calcita, el talud tiene una inclinación no mayor a 45 grados, el pie del talud mide aproximadamente 25-30 m, se ha generado fracturamiento de estratos y volcadura de éstos por el intemperismo derivado a la influencia de la erosión fluvial de los arroyos originados por la precipitación pluvial. Estos rodados o detritos sub-angulosos y sub-redondeados alcanzan tamaños de 30 cm hasta 60 cm de diámetro, se identifica que cerca del área se tiene un sistema de drenaje, en la calle del Girasol se encuentran inmuebles de uno habitacional, en su mayoría de dos niveles y el material de construcción es de alta resistencia como: muros y techos de concreto y de lámina. De acuerdo con lo visto en campo no se tiene alguna medida de mitigación que contemple la contención de estos detritos. Se sugiere implementar como medida realizar la construcción de una represa que almacene el agua generada por la precipitación pluvial.

Punto de verificación INB2			
Fecha de Inspección	10-dic-20	**Coordenadas UTM**	366762.66, 2850125.85
Localidad	Col. Mirador San Nicolás	**Lugar visitado**	Calle Alhelí
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



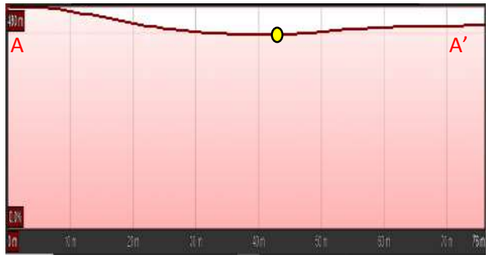
Observaciones o Descripción:
El punto verificado colinda el municipio de San Nicolas de los Garza con el Cerro Topo Chico, está constituido por roca caliza masiva de color gris claro, en la parte baja encontramos calizas fracturadas con cementante y betas de calcita, en la zona alta son bloques grandes de caliza del mismo color.
En el pie de monte encontramos rodados o detritos sub-angulosos y sub-redondeados alcanzan tamaños de 30 cm hasta 60 cm de diámetro.

Punto de verificación INB3			
Fecha de Inspección	10-dic-20	**Coordenadas UTM**	366792.00, 2850002.00
Localidad	Col. Mirador San Nicolás	**Lugar visitado**	Calle Alhelí
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



Observaciones o Descripción:
En este punto observamos calizas de color gris claro con betas de calcita. Los estratos observables tienen un rumbo 130 SW con un echado de 45°.
En el pie de monte encontramos rodados o detritos sub-angulosos y sub-redondeados que alcanzan tamaños variables; pequeños de 30 cm hasta 60 cm de diámetro y algunos más grandes que alcanzan hasta los 4 m de diámetro. Esto puede tener serias afectaciones en la parte urbana que se encuentra al inicio del cerro, como se verifico en campo no se tiene alguna medida de mitigación que contemple la contención de rodados por lo que se sugiere implementar muros de contención como medida de mitigación.

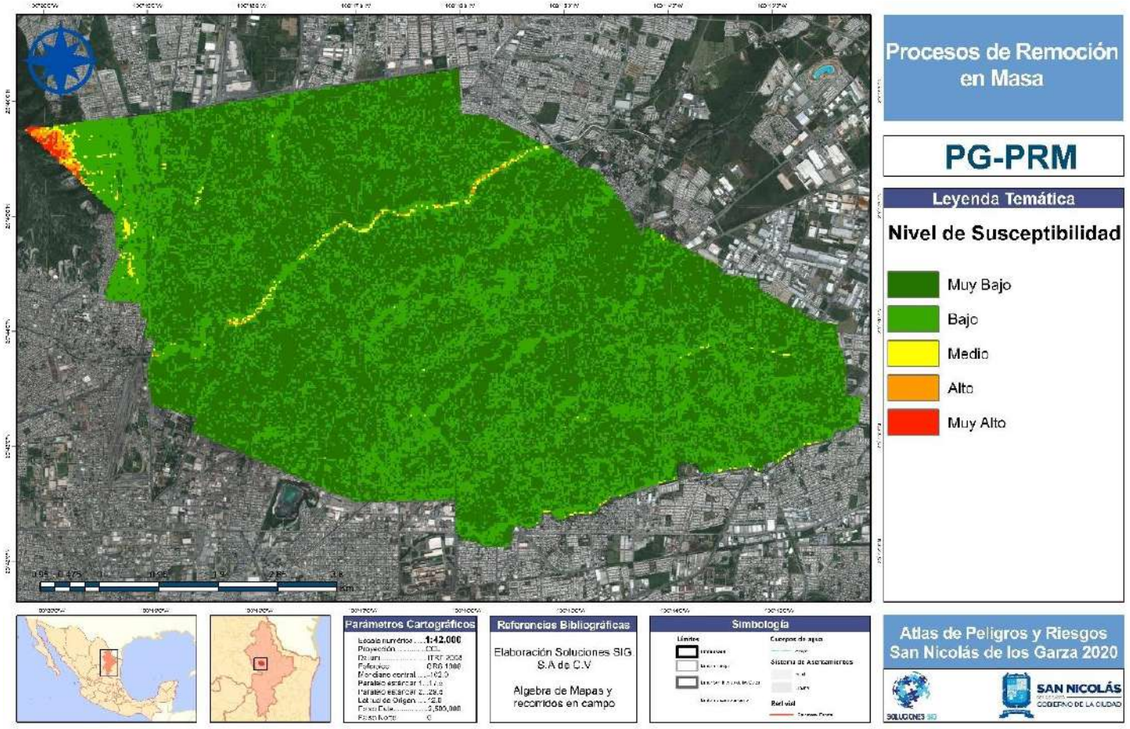
Punto de verificación INB4			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.451165, 100.155241
Localidad	Fracc. Valle de Santo Domingo	**Lugar visitado**	Avenida del Arroyo
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



Observaciones o Descripción:
El sitio se localiza al margen del Arroyo Topo Chico, está constituido por material poco consolidado (aluvión) de color amarillo claro, su espesor es de aproximadamente 10 m, encima del mismo se identifica un grosor de 50 cm de la capa asfáltica. De acuerdo con la interpretación en campo, la clasificación geomecánica del método ISRM para los ensayos de índice manual de resistencia de roca en campo (1981) nos indica que la resistencia de este material es de 0.1-0.25 Mpa, ya que, se necesita una fuerte presión para hincar el dedo, por lo cual el material se clasifica como una arcilla rígida. Existen inmuebles a 2 m del talud, de materiales rígidos como cemento en muros y techos, se observan sin ningún daño o desperfecto. A pesar de la mitigación con los muros gavión que se tuvo para esta parte del Arroyo Topo Chico, no fue la indicada. A continuación, se dan las siguientes recomendaciones: 1) un estudio de mecánica de rocas, para determinar las condiciones de seguridad que se pueden llevar a cabo, 2) rellenar el área afectada con tepetate o algún material más resistente y menos poroso, comprimirlo, poner malla ciclónica galvanizada, aplicar concreto lanzado e impermeabilizar, 3) rellenar el área afectada con diferentes materiales poco porosos acomodándolos de acuerdo a su granulometría.

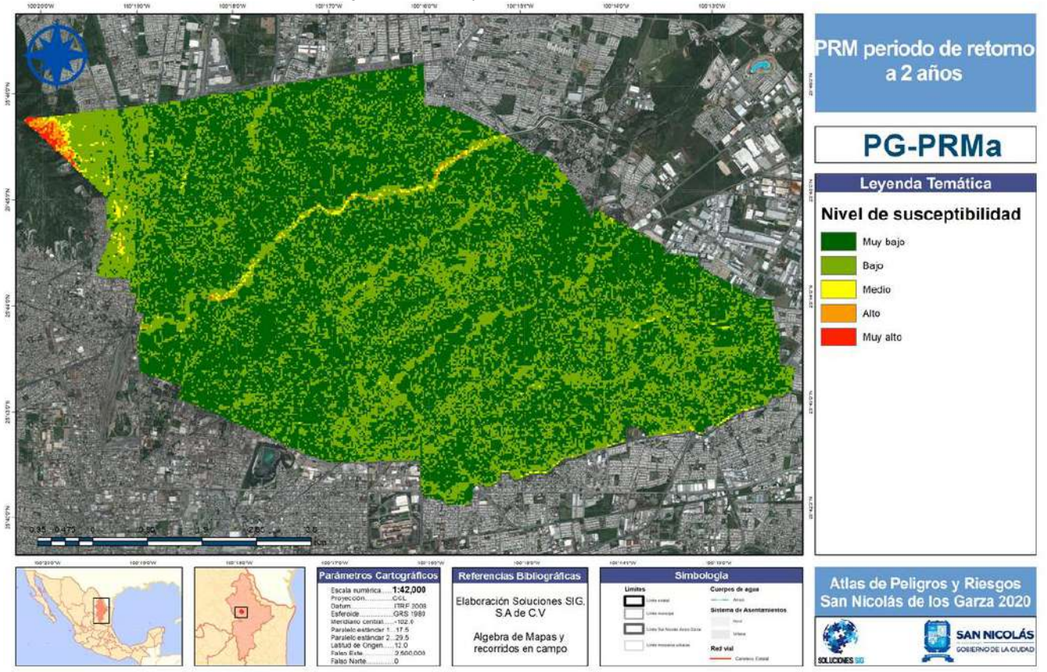
A

Mapa 2. 1. *Susceptibilidad de inestabilidad de laderas.*



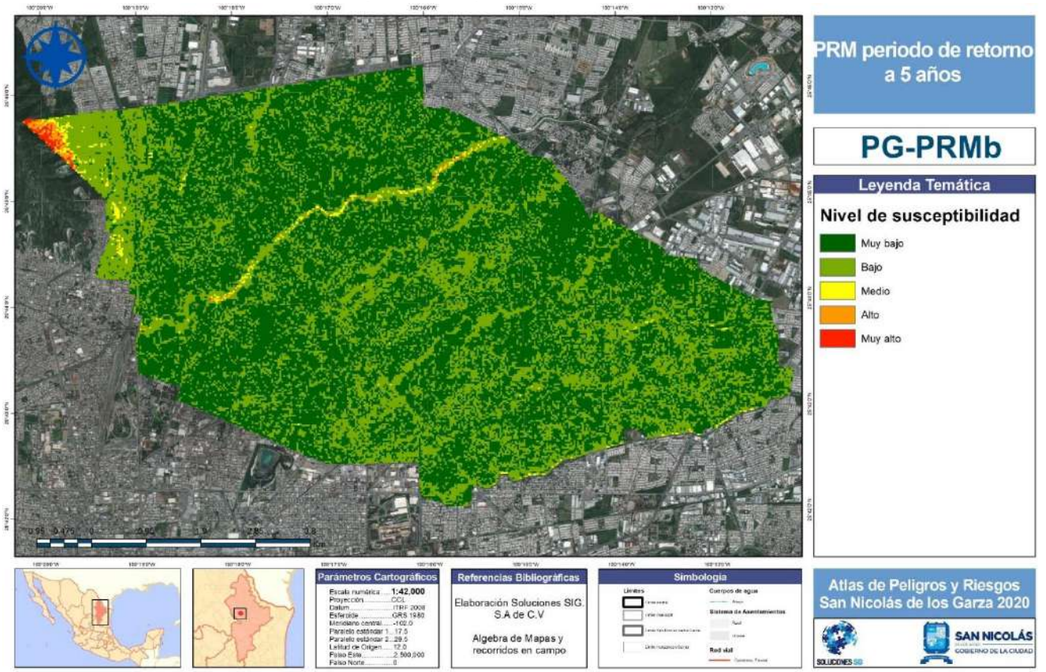
Fuente: *Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.*

Mapa 2.2*. PRM periodo de retorno a 2 años*



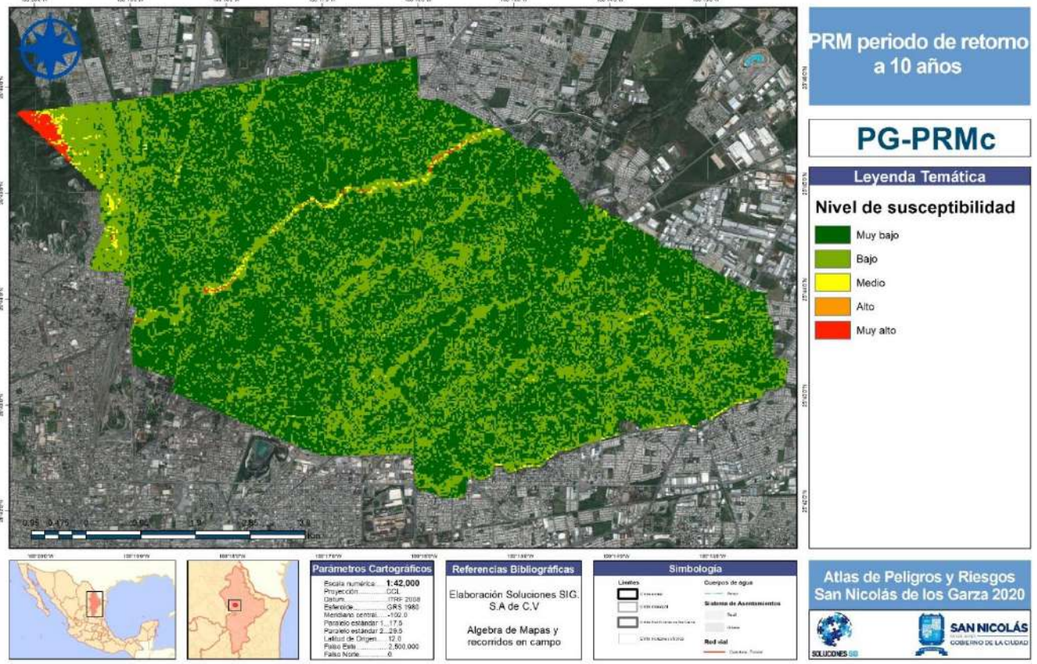
Fuente: *Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.*

Mapa 2.3*. PRM periodo de retorno a 5 años*



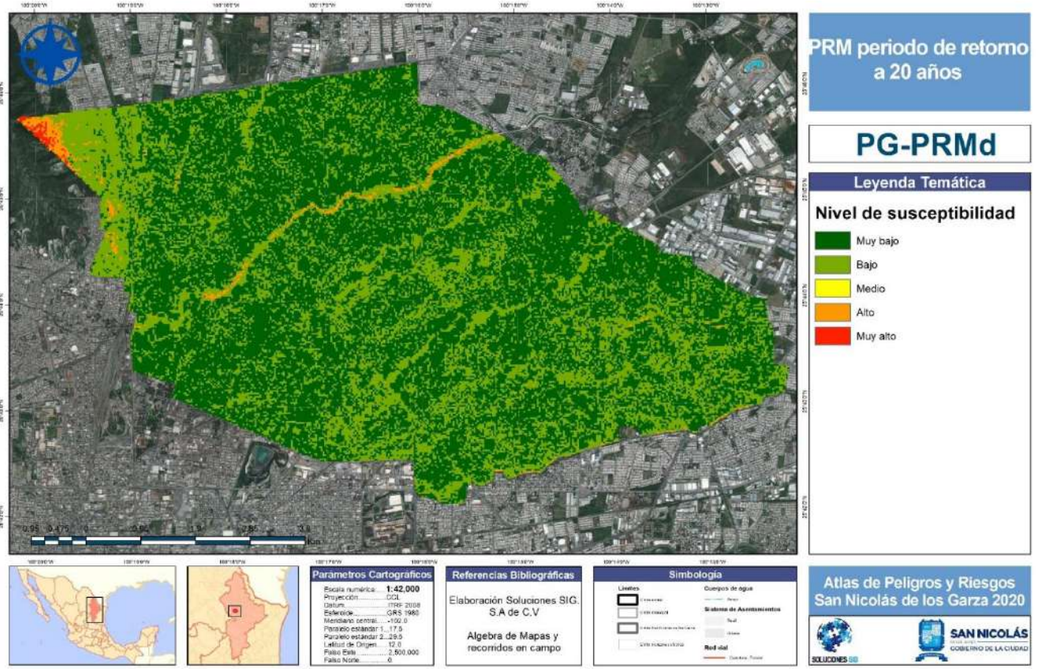
Fuente: Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.

***Mapa 2.4**. PRM periodo de retorno a 10 años.*



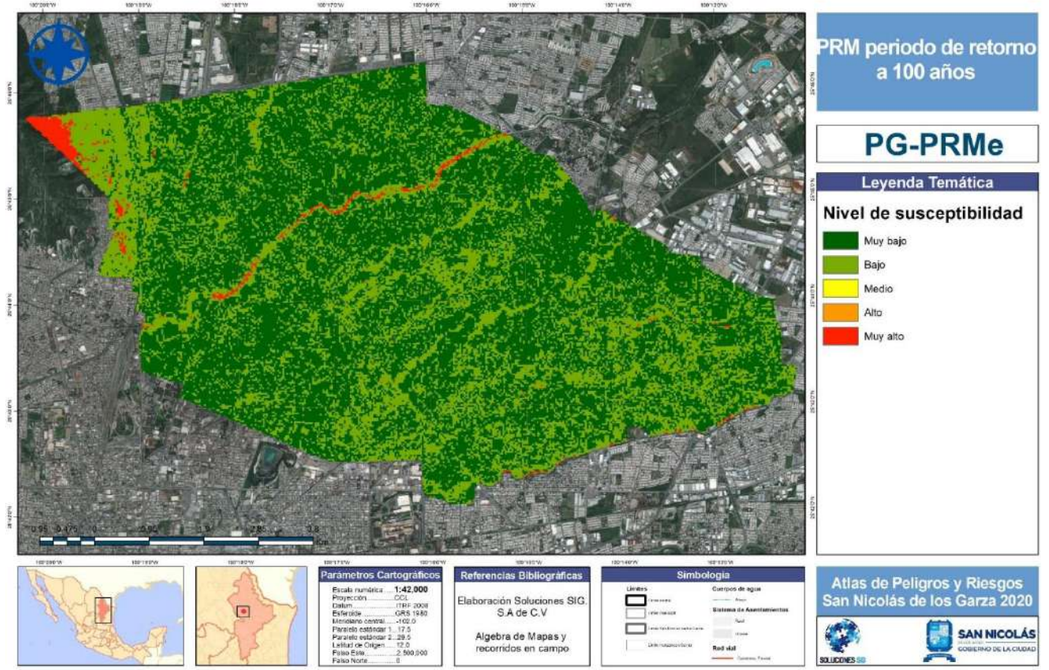
Fuente: Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.

***Mapa 2.5**. PRM periodo de retorno a 20 años*



Fuente: Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.

***Mapa 2.6**. PRM periodo de retorno a 100 años.*



***Fuente:** Elaboración de Soluciones SIG SA de CV mediante algebra de mapas.*

2. Licuación de Suelos.

a) Antecedentes.

La licuación de suelos es un fenómeno en el cual depósitos de suelos granulares poco consolidados y saturados, pierden parcial o totalmente su resistencia al esfuerzo cortante debido a la acción de cargas dinámicas como sismos, que inducen a un aumento progresivo de la presión de poros, hasta el punto de igualar los esfuerzos de contacto entre las partículas, haciendo que estas se separen y entren en un estado de suspensión en el que el suelo se comporta como un fluido viscoso (Díaz, 2005: Kramer, 1996; Das & Ramana, 2011).

En aquellos sitios donde el terreno está constituido por depósitos limosos y/o arenosos de espesor considerable, poco consolidados, con nivel freático a pocos metros de profundidad y cercanos a zonas generadoras de sismos someros de magnitud moderada o grande, puede presentarse el fenómeno de licuación de arenas.

Debido a la geología y las condiciones geotécnicas presentes en el municipio de San Nicolás de los garza, este fenómeno no impacta al municipio.

3. Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno.

a) Antecedentes

El fenómeno de subsidencia es la manifestación de deformaciones verticales en la superficie del terreno, que puede variar desde milímetros hasta varios metros en un periodo de tiempo. Se desencadena por factores que pueden ser de origen geológico o antropogénico. Entre los factores de origen geológico se encuentra el proceso de licuefacción que está asociada a la presencia de sismos, el colapso de suelos debido a la disolución de calizas, la variación de la presión de poro, por la variación volumétrica de suelos que contienen arcillas y por movimientos isostáticos de placas tectónicas; de origen antropogénico encontramos la presión que generan las construcciones en el suelo, mala compactación de rellenos, extracción minera y de fluidos.

Los sedimentos no consolidados de arcillas, limo, turba y arena son particularmente susceptibles a los derrumbes. El descenso del nivel freático, por periodos de sequía o por extracción de agua de los acuíferos, produce cambios en el estado tensional, reduciendo su volumen como consecuencia de la pérdida del agua, produciendo un descenso de la cota de superficie y pueden afectar a grandes extensiones de territorio. El proceso de urbanización agrava el problema por:

- Incremento del peso y carga de edificios e infraestructuras.
- Reducción del freático por extracción de agua.
- Los rellenos tanto sanitarios o de materiales de construcción, mal compactados, que posteriormente son empleados para edificación de inmuebles.

Las características geológicas de una secuencia sedimentaria, como el ambiente de depósito y estructuras preexistentes en el basamento, son heterogeneidades determinantes para la formación y propagación de fracturas.

b) Metodología

Se realizó una investigación en inventarios para conocer las zonas en las cuales se ha presentado subsidencia Y/o compactación del suelo, esta investigación se enriqueció con aportes del personal de Protección Civil de San Nicolas de los Garza. Posteriormente se realizó un recorrido en campo por las zonas en donde se tienen antecedentes de registros de hundimiento.

En el recorrido en campo se evaluó cuál es el factor detonante de estos hundimientos (geológico o antropogénico). Conforme a lo descrito por los habitantes y las condiciones mostradas en campo, se señalan polígonos y se clasifica de manera cualitativa respecto a la susceptibilidad de los sitios a la formación de nuevos hundimientos.

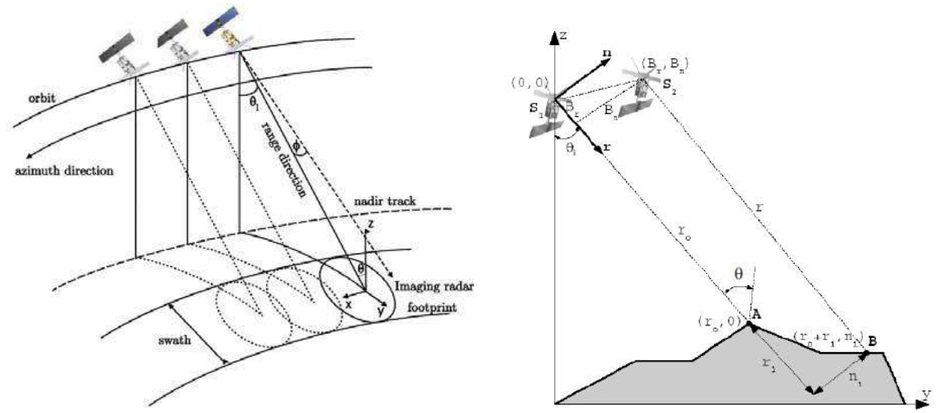
De manera complementaria; para conocer si existe una tasa de hundimiento e identificar sitios donde se presenta este proceso dentro del municipio, se utiliza la técnica de percepción remota denomina interferometría de imágenes de radar de apertura sintética (DInSAR), es una técnica geodésica que calcula el patrón de interferencia (franjas), ocasionado por la diferencia de fase entre dos imágenes de la misma zona tomadas por un radar de apertura sintética montado ya sea sobre un aeroplano o en el mejor de los casos sobre un satélite, en instantes diversos, dicha técnica permite observar movimientos de la superficie terrestre

La técnica DlnSAR consiste en la utilización de pares de imágenes SAR de una misma escena para obtener, a partir del cálculo de las variaciones de fase entre ambas tomas, variaciones de altura en el terreno ya sea para la obtención de modelos digitales de elevación o bien desplazamientos en la escena. Las imágenes de radar (de apertura real) tienen una resolución espacial muy limitada debido a que ésta es directamente proporcional al tamaño de la antena.

Las imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) ofrecen una mejor resolución que debido a que se recolectan continuamente pulsos retrodispersados por los rasgos en la escena mientras la plataforma se desplaza a lo largo de su órbita o trayectoria. Estos pulsos retrodispersados son procesados para obtener un producto que pareciera haber sido adquirido por una antena de enormes dimensiones, de ahí el nombre "apertura sintética".

Dos puntos genéricos A y B se definen en la imagen SAR y se desarrolla la expresión del incremento de fase interferométrica AB.

***Figura 2.2**. Adquisición de imagen SAR*



***Fuente**: Agencia Espacial Europea (ESA).*

Al par de imágenes SAR, tomadas ya sea simultáneamente desde dos ubicaciones diferentes o bien en tiempos diferentes para cuantificar propiedades geométricas en la escena, se le llama par interferométrico. En un par interferométrico formado por dos imágenes radar tomadas en el mismo tiempo, pero desde diferente ubicación las diferencias de fase se deben a la diferencia en distancia desde la cual se producen las imágenes. Cuando las tomas son adquiridas en diferente época las diferencias de fase incluyen las variaciones geométricas en la escena. A la línea que determina la dirección de separación entre la posición de la antena en la primera toma y la segunda se le ll ama línea de base (B). A la imagen obtenida de las diferencias de fase de las dos imágenes que forman el par interferométrico se le denomina interferograma.

La componente topográfica en los interferogramas se sustrae con la ayuda de un modelo digital de elevaciones (MDE). La manera en que se genera una imagen radar produce también una serie de distorsiones y situaciones geométricas que deben conocerse y corregirse también con base en un MDE de la zona que cubre la imagen radar. El MDE se utiliza además como auxiliar para la georeferenciación de las imágenes; para el caso de San NicolásTorrese utilizó modelos digitales de elevación generado mediante las curvas de nivel extraídas de las curvas de nivel de cartas topográficas escala 1:20,000 de INEGI.

Para la adquisición de imágenes de radar de apertura sintética existen diversos satélites actualmente de diferentes agencias de investigación en el mundo, para las imágenes adquiridas para el análisis se tomará en consideración imágenes de los sensores Sentinel 1A, pertenecientes a la Agencia Espacial Europea (ESA), el procesamiento de las imágenes SAR se realizó con el programa SNAP y SNAPU desarrollado por la ESA, las imágenes analizadas son para los periodos 2020-2021

c) Resultados

Se presentan las fichas de verificación de los recorridos en campo. Se ubicaron cuatro puntos de mayor afectación por socavones; tres en la zona de la central de abastos, sobre la avenida Los Ángeles y uno sobre la calle Mina de Cobre donde se tiene evidencia de algunas fracturas en casas habitación que son consecuencia a las deformaciones que se presentan en esa zona.

Punto de verificación H1			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.70998, 100.28889
Localidad	Col. Garza Cantú-Valle del Nogalar	**Lugar visitado**	Avenida Los Ángeles
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Grietas de 1 m presentes en la acera

Pequeños socavones de 15 a 20 cm de profundidad

Observaciones o Descripción:
Se tiene registro de pequeños socavones de 15 a 20 cm de profundidad generados por la sobrecarga de vehículos de carga pesada y fisuras o cortes en las banquetas de aproximadamente 1 m. Uno de los factores que principalmente puede estar favoreciendo el agrietamiento de la carpeta asfáltica y la acera es la deficiente compactación del material que conforma el subsuelo por la circulación de equipo pesado y favorece a la generación de hundimientos o socavones. Se recomienda cambiar la carpeta asfáltica por concreto hidráulico u otro material más resistente a la presión que ejercen estos vehículos de carga pesada.

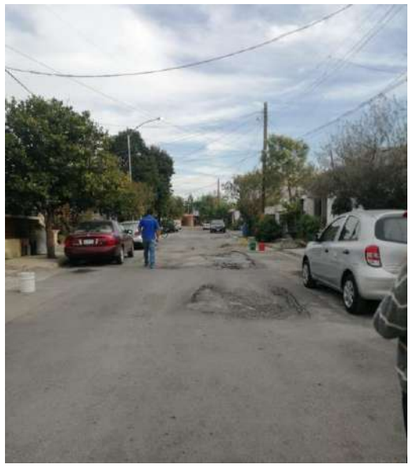
Punto de verificación H2			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.29012, 100.28925
Localidad	Col. Garza Cantú- Valle del Nogalar	**Lugar visitado**	Avenida Los Ángeles
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Observaciones o Descripción:
En el sitio se observa la formación de socavón de dimensiones de largo 2.3 metros, de ancho 80 cm, 30 cm de profundidad que ha agrietado la carpeta asfáltica. Estas afectaciones representadas en las imágenes pueden estar relacionadas, de acuerdo con lo visto en campo, por la circulación de vehículos de carga pesada en la parte central de la avenida. La presión sobre la carpeta asfáltica aumenta; y por el material poco competente que se encuentra en el subsuelo se va creando un pequeño vado en la parte central. Esta presión hace que los extremos de la avenida se eleven y se produzcan agrietamientos y rupturas en la carpeta asfáltica. Se recomienda cambiar el tipo de material asfáltico por concreto hidráulico u otro más resistente.

Punto de verificación H3			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.423559, 100.172025
Localidad	Col. Garza Cantú- Valle del Nogalar	**Lugar visitado**	Avenida Los Ángeles
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

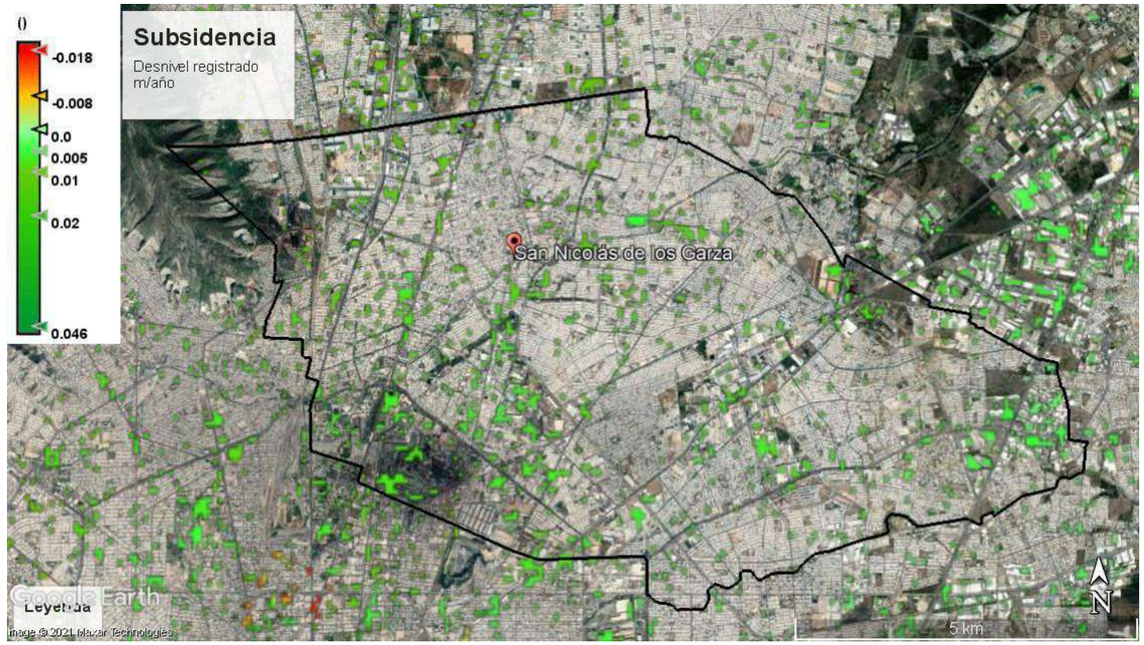
Observaciones o Descripción:
El sitio presenta una curvatura poco pronunciada de aproximadamente una pendiente de 15 grados. Esto puede ser el resultado del terreno que se encontraba de manera natural en estas condiciones y se ve reflejado en la superficie de la carpeta asfáltica.

Punto de verificación H4			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.431819, 100.142736
Localidad	Col. La Estancia	**Lugar visitado**	Calle Mina de Cobre
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



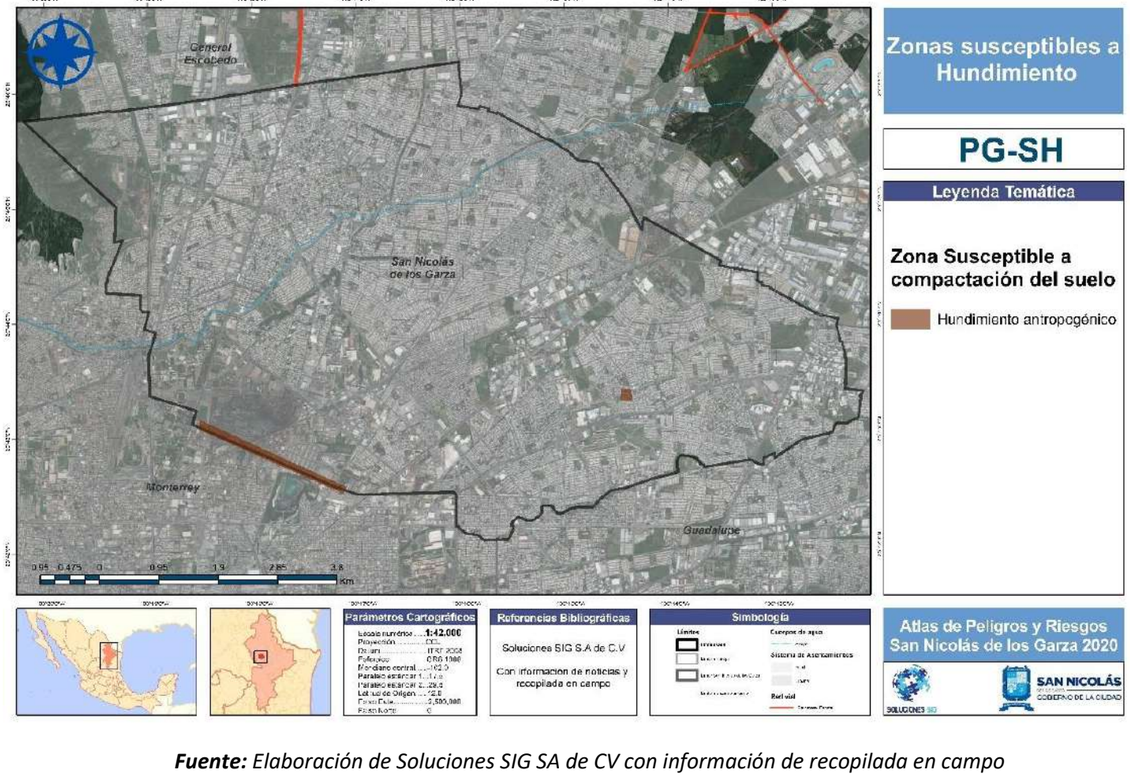
Observaciones o Descripción:
Se observa en toda la calle distintas dimensiones de socavones que van desde 1.5 m a 2 m de largo, de ancho un promedio de 2.5 m y de profundidad de 20 a 30 cm que han agrietado la carpeta asfáltica. Se tiene conocimiento que la zona es propicia a estas afectaciones durante todo el año y no se tiene remediación alguna. De acuerdo con lo visto y las entrevistas realizadas en campo estas anomalías iniciaron a raíz de un colector que transporta agua residual doméstica de toda la colonia. Posiblemente esto genere la compactación y descompactación del subsuelo en diferentes épocas del año y por estos cambios repentinos la carpeta asfáltica sufre daños. Cabe destacar que en la calle Lago de Pátzcuaro paralela a Calle Mina de Cobre, las casas presentan agrietamientos en sus muros de concreto, esto está relacionado a la mala cimentación y construcción de las mismas, ya que la carpeta asfáltica se encuentra en buenas condiciones.

Con base en las observaciones recopiladas en campo, y los datos obtenidos de interferometría figura # se descarta un factor geológico (licuefacción que está asociada a la presencia de sismos, el colapso de suelos debido a la disolución de calizas, la variación de la presión de poro, por la variación volumétrica de suelos que contienen arcillas o por movimientos isostáticos de placas tectónicas) que afecte al San Nicolás. El mapa que se presenta, resultado del proceso de interferometría, se marca el municipio de San Nicolás de los Garza con una tasa de 0cm/año.



Por otra parte, en los puntos verificados H1, H2, H3 se tienen socavones generados por el flujo de transporte de carga pesada que se tiene en esa zona. En el punto H4 se presentan pequeños hundimientos diferenciales que se manifiestan con socavones sobre la carpeta asfáltica y fracturamiento de las viviendas de esa zona debido a la mala compactación del suelo.

***Mapa 2.7**. Zonas visitadas por compactación del suelo.*



***Fuente:** Elaboración de Soluciones SIG SA de CV con información de recopilada en campo*

4. Sismos

a) Antecedentes

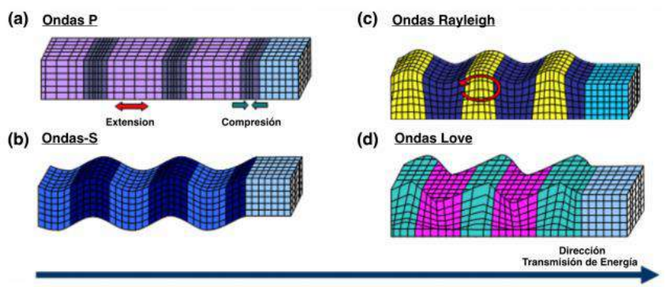
La superficie terrestre se encuentra fragmentada en diversas placas, llamadas placas tectónicas. Arrastradas por corrientes magmáticas en el manto, se mueven una con respecto de otra generando diferentes limites; de subducción (la costa del Pacifico en México) de expansión del suelo marino (la gran dorsal del Atlántico que atraviesa Islandia) y fallas transformantes (Falla de San Andrés). Estos movimientos relativos son resistidos por la fricción cuyo vencimiento genera una rápida liberación de energía. Esta energía adopta la forma de ondas que se propagan en todas las direcciones desde el origen del terremoto, denominado foco o hipocentro (la proyección de este foco a la superficie le llama epicentro) hasta la superficie terrestre.

***Figura 2.3.** Placas que interactúan en el territorio mexicano*

***Fuente:** Servicio Sismológico Nacional, 2020. Reporte especial: Sismo del día 19 de septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1).*

Cuando un terremoto ocurre, ondas de cuerpo y ondas superficiales son generadas (Aki and Richards, 2002). Las ondas de cuerpo compresionales (ondas P) y de corte (ondas S) viajan a través del interior de la tierra. Las ondas P, conocidas como ondas primarias, comprimen y dilatan el medio por el cual viajan en la dirección de su propagación. En cambio, las ondas S, o secundarias, se propagan con movimientos en un plano perpendicular a la dirección de su propagación. Las ondas superficiales de tipo Rayleigh y Love surgen de la interacción entre las ondas de cuerpo, la superficie de la tierra y una capa superficial (Kramer, 1996). Las ondas Rayleigh se generan por la interacción de las ondas P y SV (ondas S vertical) y generan un movimiento de partícula horizontal y vertical que está contenido en el plano de propagación de la onda como un movimiento elíptico. Por otra parte, las ondas Love son el resultado de la interacción de las ondas SH con la superficie, lo que implica que el movimiento de partícula es puramente de corte y perpendicular al plano de propagación de la onda.

***Figura 2.4**. Esquema de los diferentes tipos de onda generados en un movimiento sísmico.*



***Fuente:** Sáenz, 2016. Correlación cruzada de ruido sísmico para la obtención de perfiles profundos de velocidad de onda de corte en la cuenca de Santiago.*

Podemos clasificar los sismos en:

- Interplaca: Se generan en la zona de subducción del pacifico; estos sismos son los que históricamente han causado los daños más graves a la Ciudad de México, La magnitud máxima registrada desde 1800 es Ms= 8.2 de Jalisco en 1932. Los que se producen en las costas de Michoacán y Guerrero son los que producen movimientos más violentos en la Ciudad de México.

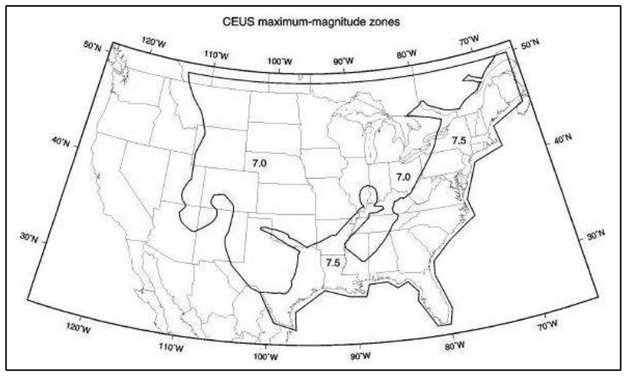
- Intraplaca: Generados en la parte continental, tenemos sismos denominados de profundidad intermedia y también incluyen los sismos locales. El sismo intraplaca reciente ocurrido el 19 de septiembre de 2017, de magnitud 7.1, el cual dejo graves daños en los estados de Morelos, Puebla y la Ciudad de México.

La generación de grandes terremotos en el interior de los continentes o las regiones tectónicamente estables es rara comparada con aquellos sismos que se originan en áreas de límites de placas. **Sin embargo, estos terremotos ocasionales pueden ser extremadamente devastadores, debido a que las ciudades ubicadas en el interior de los continentes se edifican sin tomar en cuenta criterios de diseño sísmico**. Algunos autores mencionan que los principales terremotos intraplaca han causado considerable daño en zonas urbanas, debido a que la atenuación que experimenta la energía sísmica es relativamente baja en el interior de los continentes.

La región noreste de México se ha considerado como una zona tectónicamente estable, ya que presenta una baja sismicidad y ausencia de registros de movimientos fuertes en comparación con la zona de subducción del pacifico**. Sin embargo, (Montalvo-Arrieta, 2008), hace una recopilación de la sismicidad histórica para el noreste de México y la región fronteriza con EE.UU., menciona los principales terremotos históricos son: Bavispe, Sonora, en 1887 (Mw = 7.4); Parral, Chihuahua (Mw = 6.5); Valentine, Texas, en 1931 (Mw = 6.4); Alpine, Texas, en 1995 (Mw = 5.7).**

Por otro lado (Frankel, et al., 2002) han determinado que en la región central y el este de EE.UU. existe el potencial para generar sismos con magnitudes máximas de 7.0 a 7.5.; también han formulado que, para la zona fronteriza entre Texas y Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas se pueden esperar magnitudes máximas de 7.5.

***Figura 2.5**. Mapa de magnitudes máximas esperadas para la parte central y este de EE.UU.*



***Fuente**. Frankel, et al., 2002 Documentation for the 2002 updates of the national seismic hazard maps.*

Además de la sismicidad de origen natural que se puede generar en esta región, existe otro tipo de eventos sísmicos que se pueden disparar a partir de la actividad humana, estos temblores se conocen como inducidos. Para el NE de México no hay evidencias documentadas de sismicidad inducida. Sin embargo, debido a la gran actividad de pozos petroleros, aproximadamente 4,000 en la Cuenca de Burgos, Tamaulipas, hay posibilidades de que se puedan inducir sismos como resultado de la alteración del estado de esfuerzos en la cuenca. (Montalvo-Arrieta, 2009).

b) Desarrollo Metodológico.

Dentro de la "Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de riesgos y peligros", se propone para la estimación del peligro sísmico el análisis de la sismicidad local, lo que implica dividir el territorio nacional en varias fuentes sismogénicas, para las cuales se supone una tasa constante de generación de temblores. Posteriormente, determinar los efectos que son producidos por cada una de ellas en un sitio dado, en términos de intensidad sísmica instrumental.

Se ubicaron en el Sistema de Información Geográfica todos le epicentros reportados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), desde el año 2000 hasta el 2020, para reconocer la tasa de incidencia de **sismicidad local** y poder asociarla a las estructuras existentes.

Se ubicó el municipio en el mapa de regionalización sísmica de CFE, 2015 para asignarle el nivel de exposición correspondiente; la zona A corresponde a la zona de menor peligro, B a medio-bajo, C medio-alto y la D a la de mayor peligro. Este mapa permite conocer, en términos generales, el nivel de peligro sísmico que tiene un área determinada

La zona A es aquella donde no se tienen registros históricos de sismos y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% de g. En la zona D ocurren con frecuencia temblores de gran magnitud (M > 7) y las aceleraciones del terreno pueden ser superiores al 70% de g. Los niveles de sismicidad y de aceleración propios de las zonas B y C están acotados por los valores correspondientes de A y D, los temblores grandes son poco frecuentes (por ejemplo, el sismo de junio de 1999, con epicentro al sur de Puebla) y se estima que las aceleraciones se mantendrán por debajo del 70% de g.

Posteriormente se integraron los mapas de escenarios de Peligro sísmico por Aceleración Máxima del Terreno con periodos de retorno de 10, 100 y 500 años para distintos periodos estructurales; lo cuales son algunos de los resultados que se obtienen del programa Peligro Sísmico en México (PSM, 1996), que constituye un sistema de información cuantitativa sobre el peligro sísmico en la República Mexicana.

Derivado de las aceleraciones máximas que se obtienen de estos mapas, se hace una relación de aceleraciones del terreno con la percepción del movimiento (Leve, moderado, fuerte).

***Tabla 2.7**. Escala de percepción.*

Aceleración máxima (cm/s^2)	Percepción del movimiento
Valor	Clasificación
90.01-150+	Fuerte
4.1-90.0	Moderado
0.1-4.0	Leve

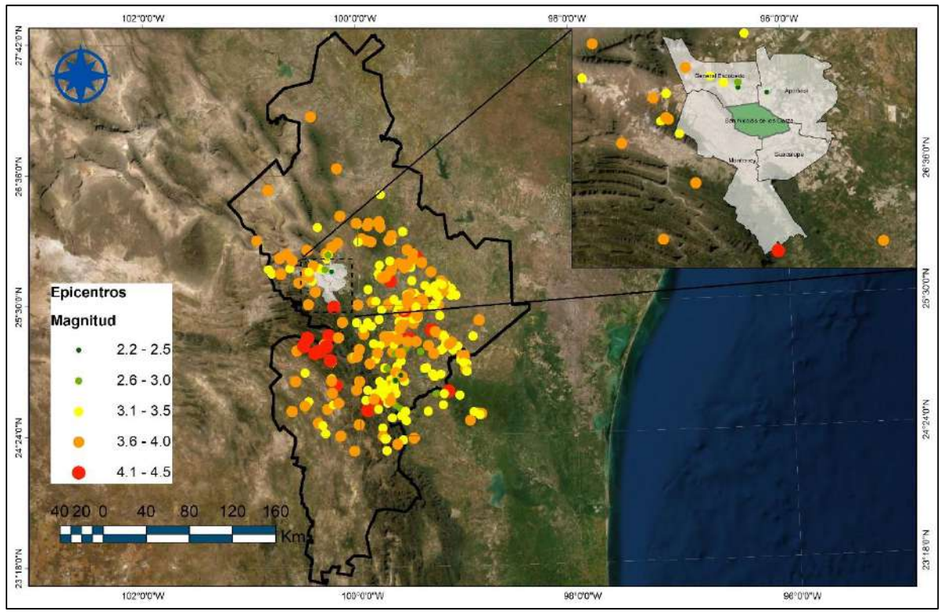
***Fuente**: Instituto de Ingeniería, UNAM. 2017.*

Para tener un mejor conocimiento del peligro asociado al fenómeno sísmico y con la finalidad de obtener mapas de isoperiodos, isoamplitudes y de intensidad sísmica para un escenario sísmico. se requiere realizar un estudio de microzonificación sísmica usando la técnica de Nakamura (H/V), esta técnica consiste en calcular el cociente de los espectros de Fourier de cada una de las componentes horizontales entre la vertical a partir de registros de ruido ambiental. Dados los alcances de este proyecto, se hace una propuesta de zonificación sísmica en el *apartado V. Propuestas de estudios, obras y acciones*, en el cual se describe con mayor detalle los objetivos y productos finales que se obtendrán de este estudio.

c) Resultados.

Con información obtenida del Servicio Sismológico Nacional Se ubicaron los epicentros de sismos locales ocurridos en las cercanías de San Nicolas de los Garza, para el periodo de 2000 a 2020. Observamos algunos sismos de magnitud 3.5 a 4.5 cerca del municipio que podrían ser percibidos por la población.

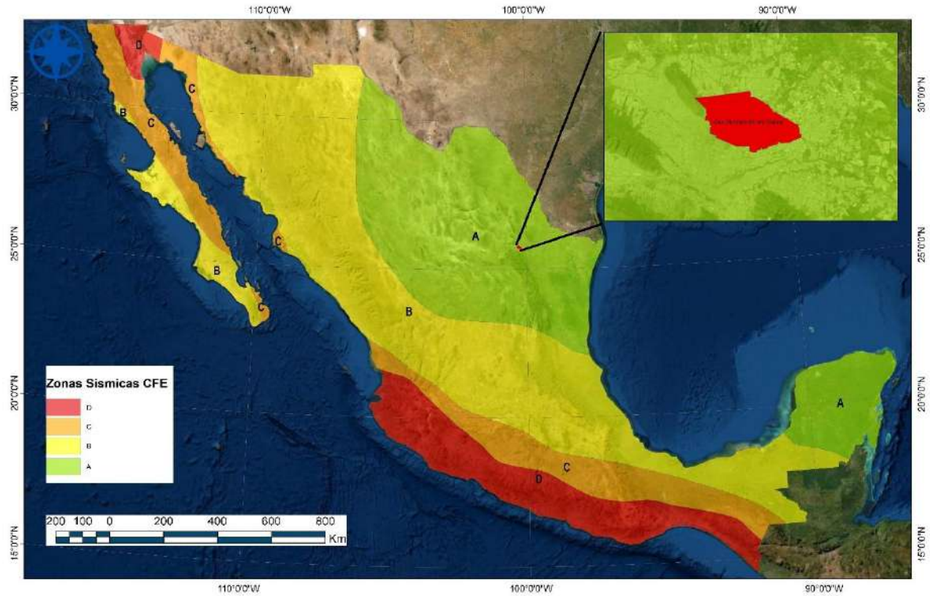
***Mapa 2.8**. Epicentros de sismos ocurridos en Nuevo León, desde el año 2000 a 2020*



***Fuente:** Elaboración de Soluciones SIG SA de CV con información de sismos ocurridos en Nuevo León para un periodo de 2000 a 2020 del Servicio Sismológico Nacional (SSN).*

Conforme a la Regionalización sísmica de CFE, 2015 observamos que el municipio se localiza en su totalidad dentro de la llamada zona A, que se caracteriza por una baja tasa de sismicidad e intensidad para sismos de subducción y la aceleración máxima en roca debería estar en un rango igual o menor a los 50 cm/s^2.

***Mapa 2.9**. Regionalización sísmica CFE, 2015*



***Fuente**: Elaboración de Soluciones SIG SA de CV con información del Manual de Diseño de Obras Civiles de Comisión Federal de Electricidad (CFE,2015).*

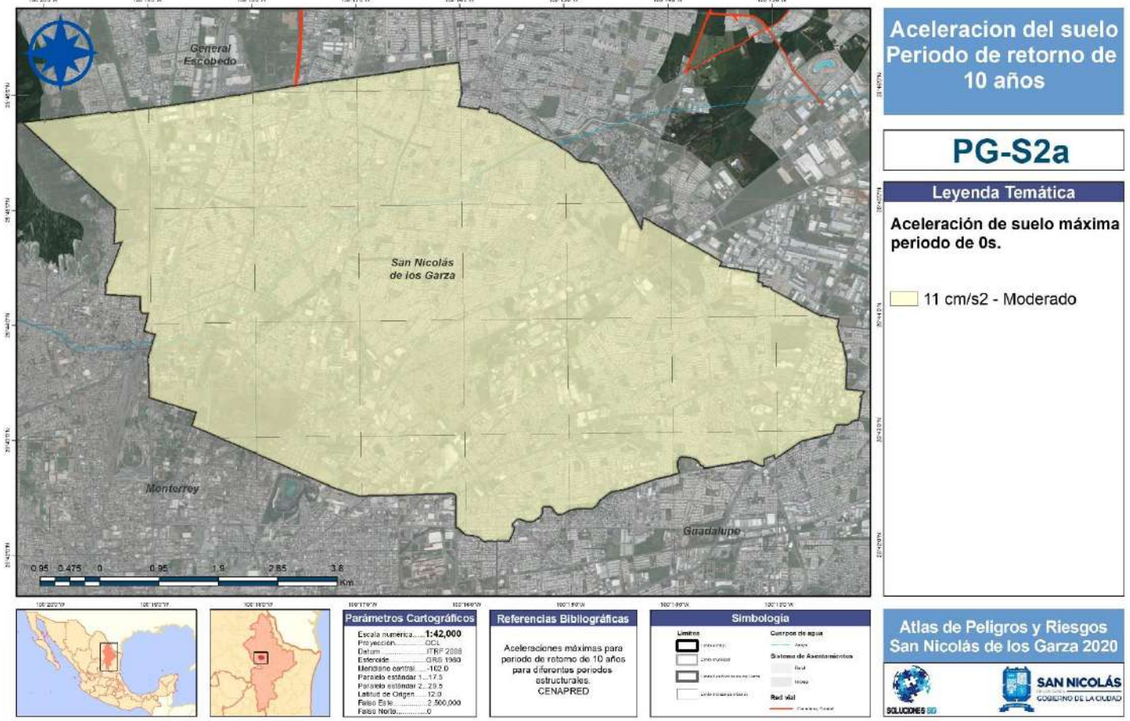
***Tabla 2.8** Aceleraciones máximas en roca según la zona sísmica*

Aceleración máxima en la roca, ar_o(cm/s^2), correspondiente al nivel de referencia ER	Zona	Intensidad sísmica
$ar_o \geq 200$	D	Muy Alta
$100 \leq ar_o < 200$	C	Alta
$50 \leq ar_o < 100$	B	Moderada
$ar_o < 50$	A	Baja

***Fuente**: Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE, 2015*

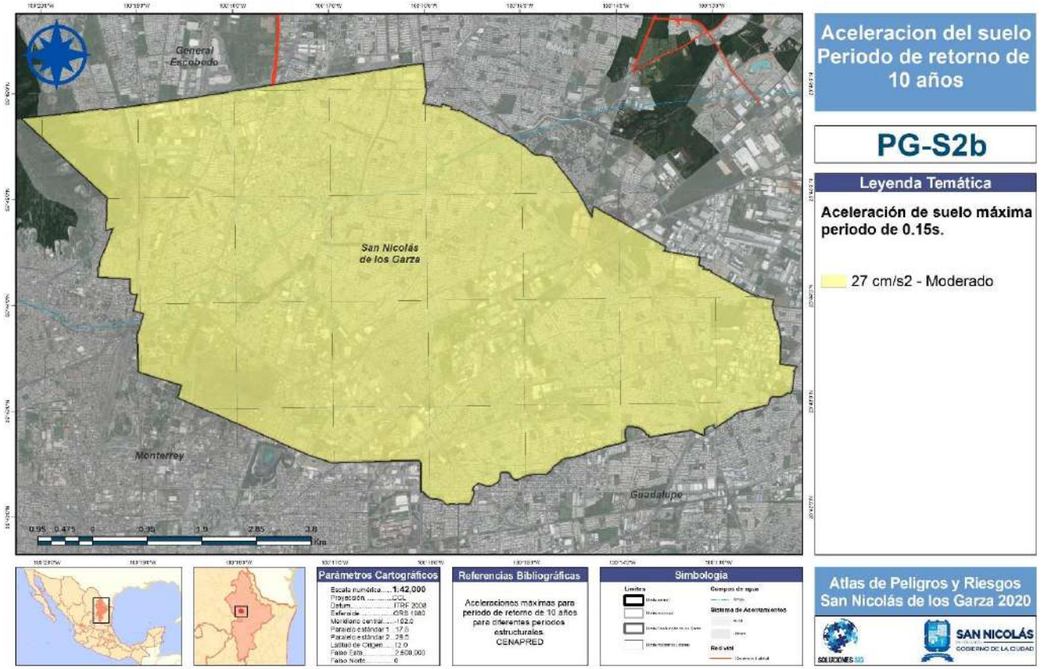
Para las aceleraciones máximas de suelo se presentan a continuación los mapas para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, con periodos estructurales de 0s, 0.15s, 0.5s, 1s. Periodos cortos (0.15s, 0.5s) pueden dañar viviendas de uno o dos niveles, Periodos largos (>=1) pueden dañar estructuras de más de 5 niveles. Cuando el período de vibración de la estructura y el período del suelo donde se apoya coinciden, los efectos sísmicos se amplifican, a este fenómeno se le conoce como resonancia. Por lo que puede evitarse, construyendo estructuras con períodos que no coincidan con el del suelo. **Por ello se recomienda realizar un estudio de zonación sísmica.**

***Mapa 2.10**. Aceleración del suelo para un periodo de retorno de 10 años*

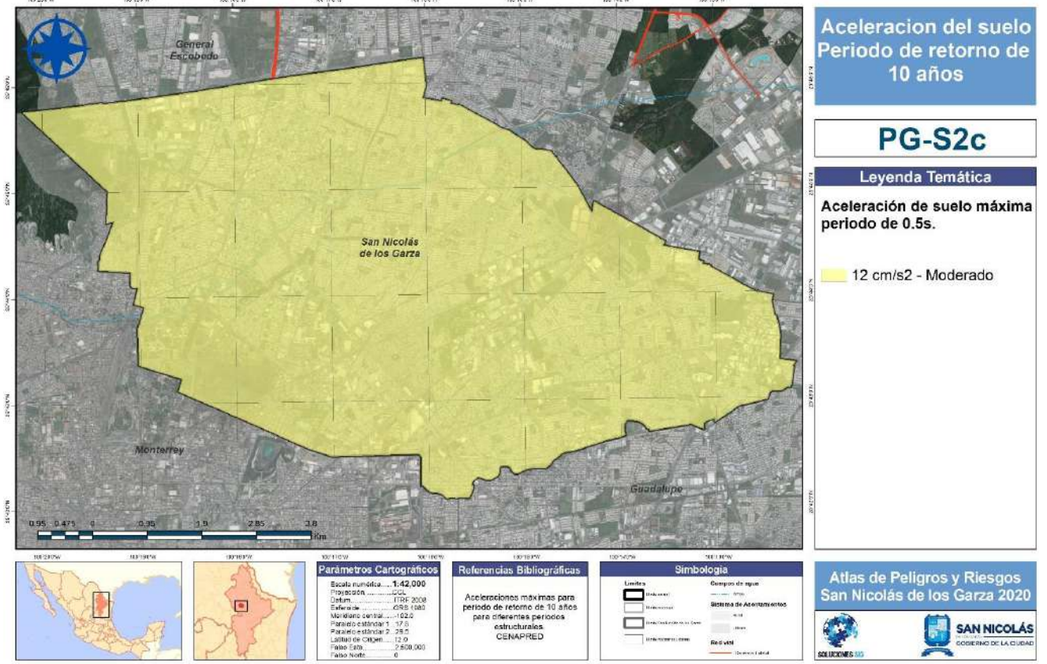


***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.11** Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 10 años*

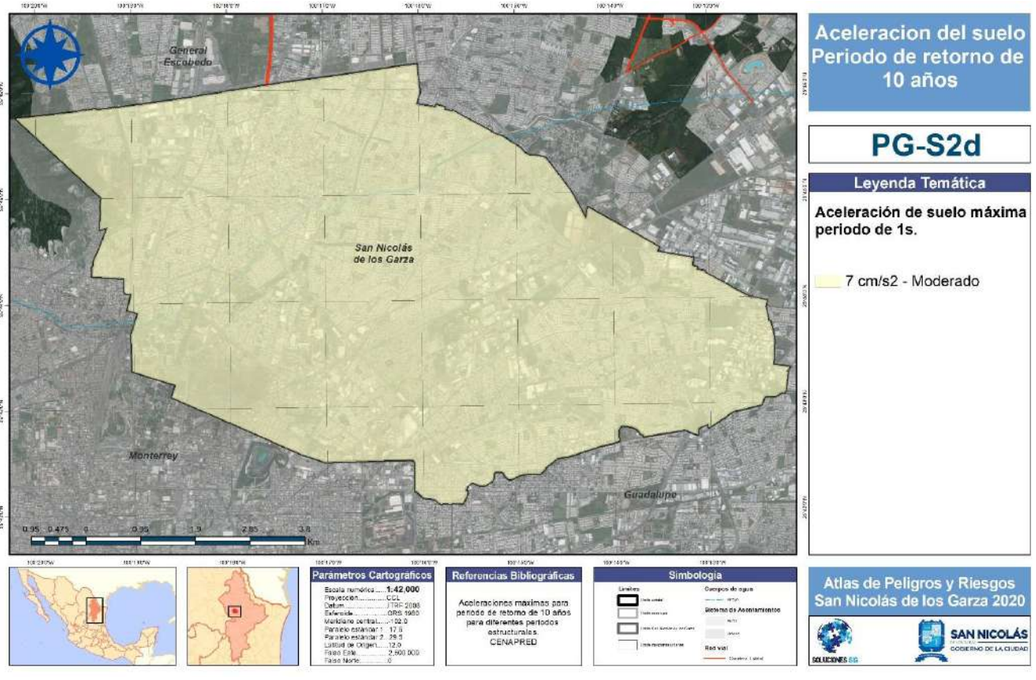


***Mapa 2.12**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 10 años*



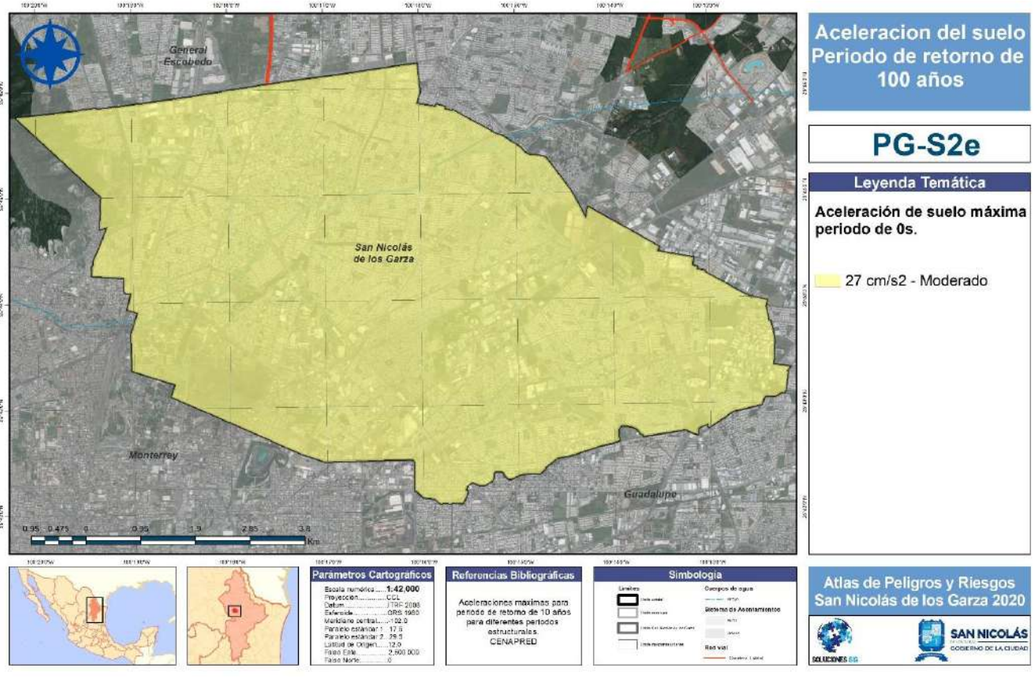
***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.13**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 10 años*



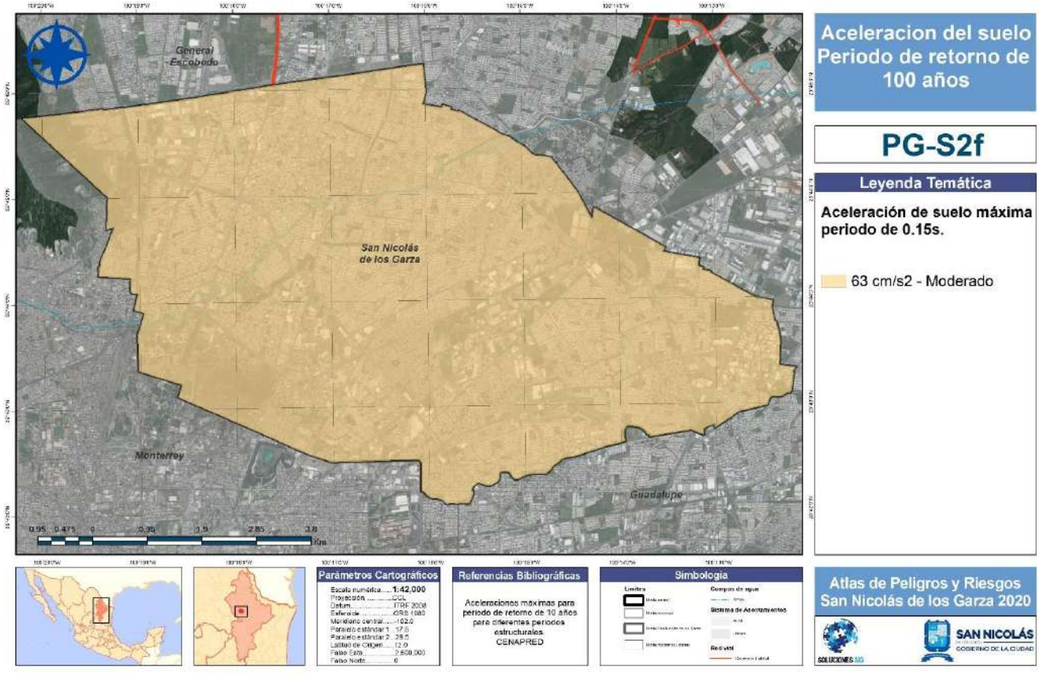
***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.14**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 100 años*



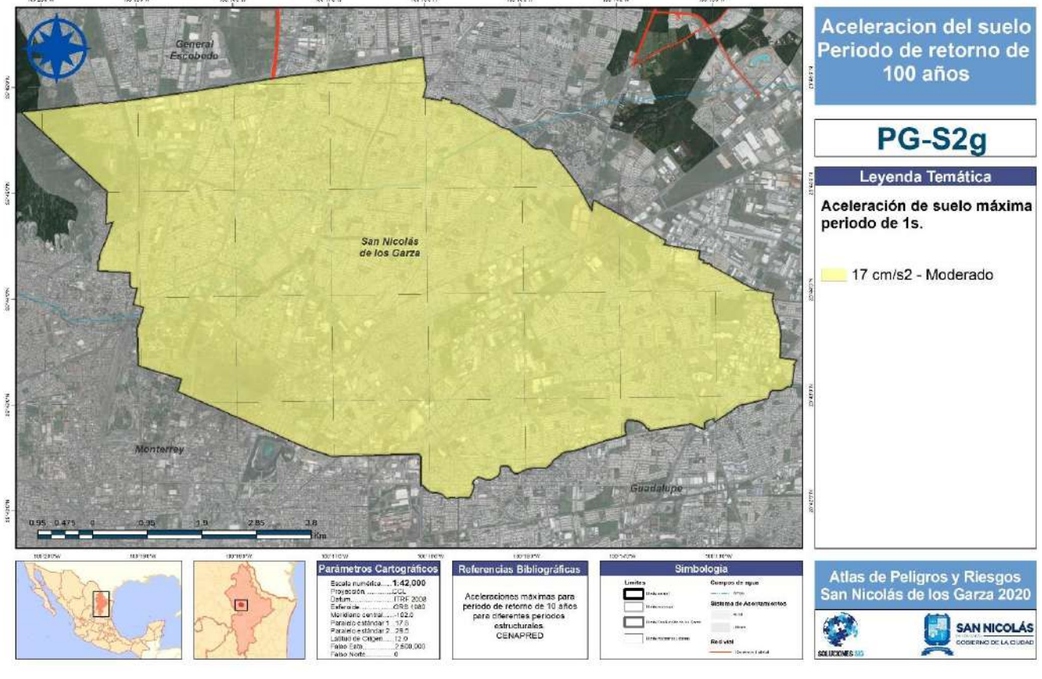
***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.15**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 100 años*



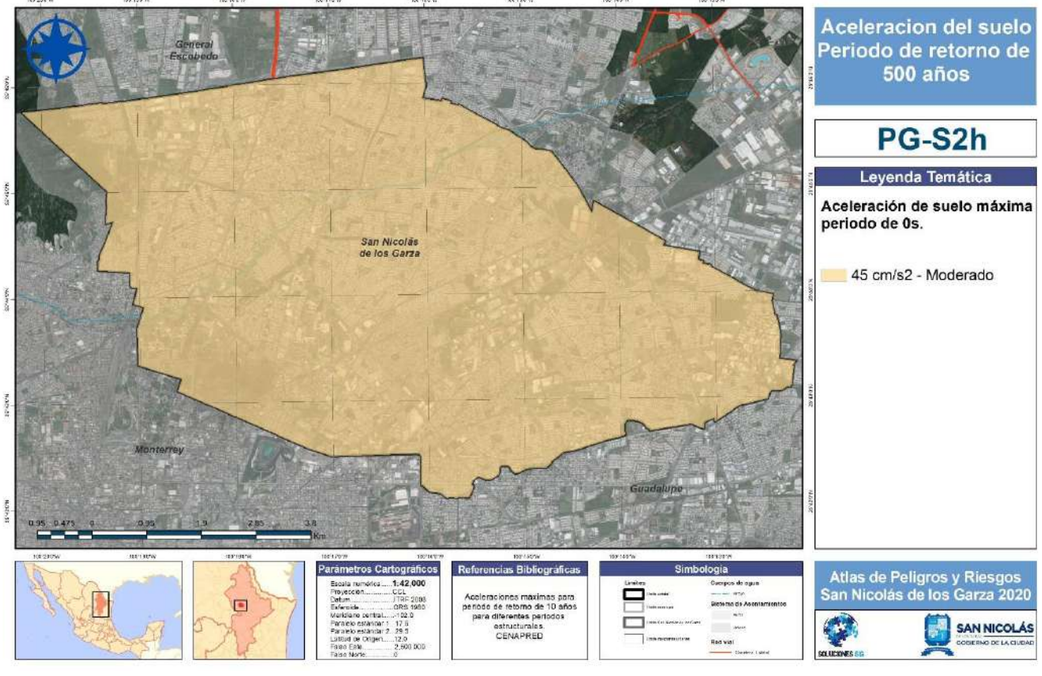
***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.16**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 100 años*



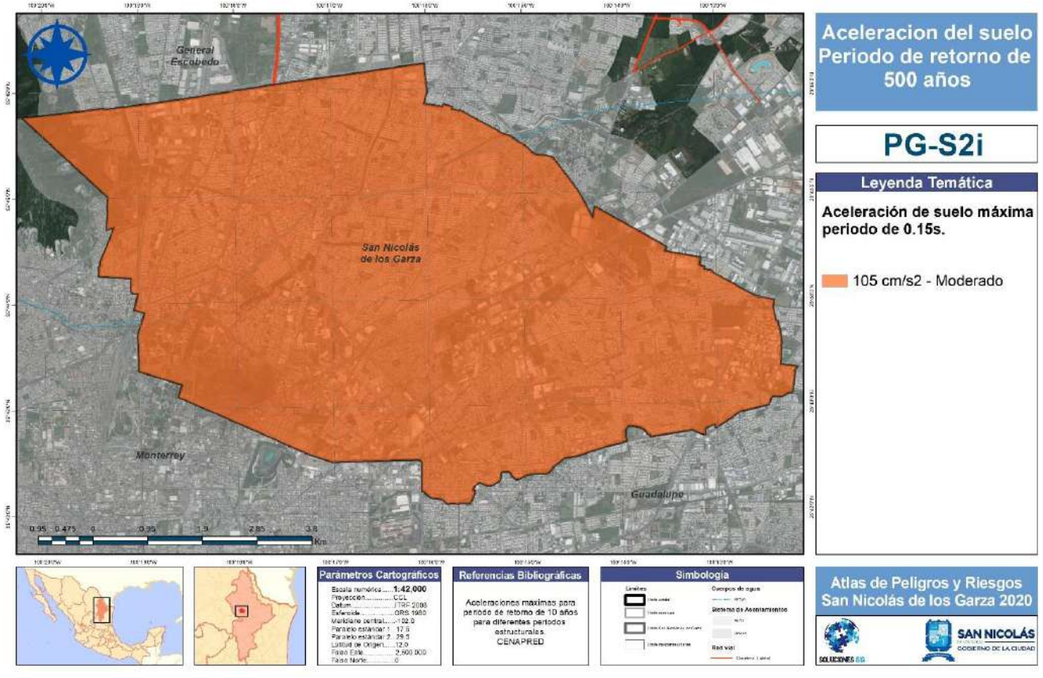
***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.17**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 500 años*



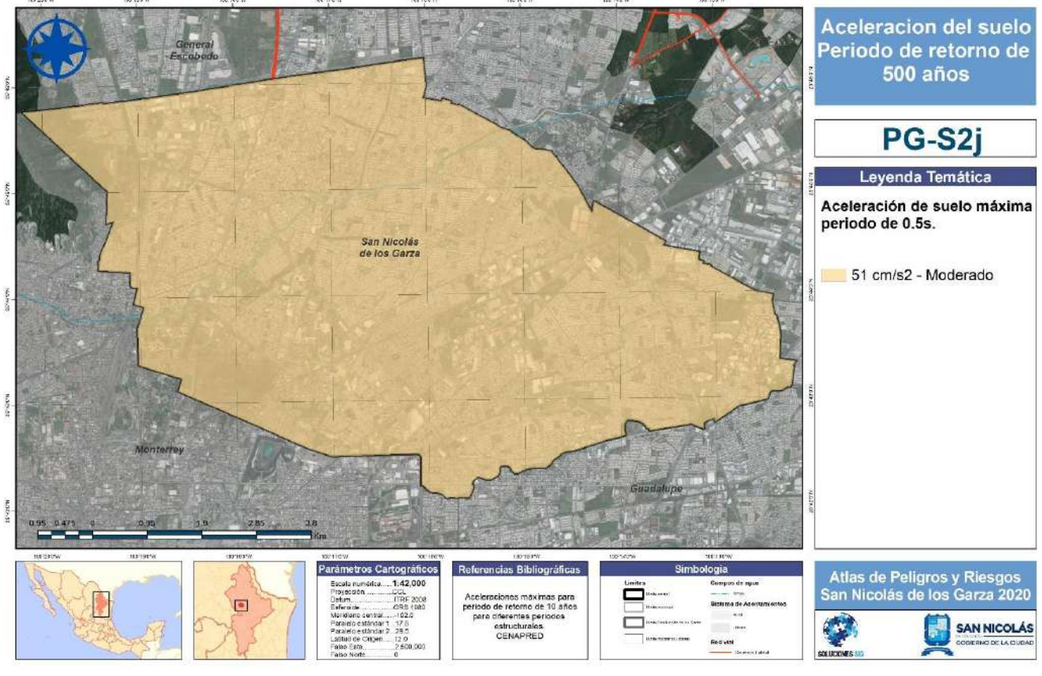
***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.18**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 500 años*



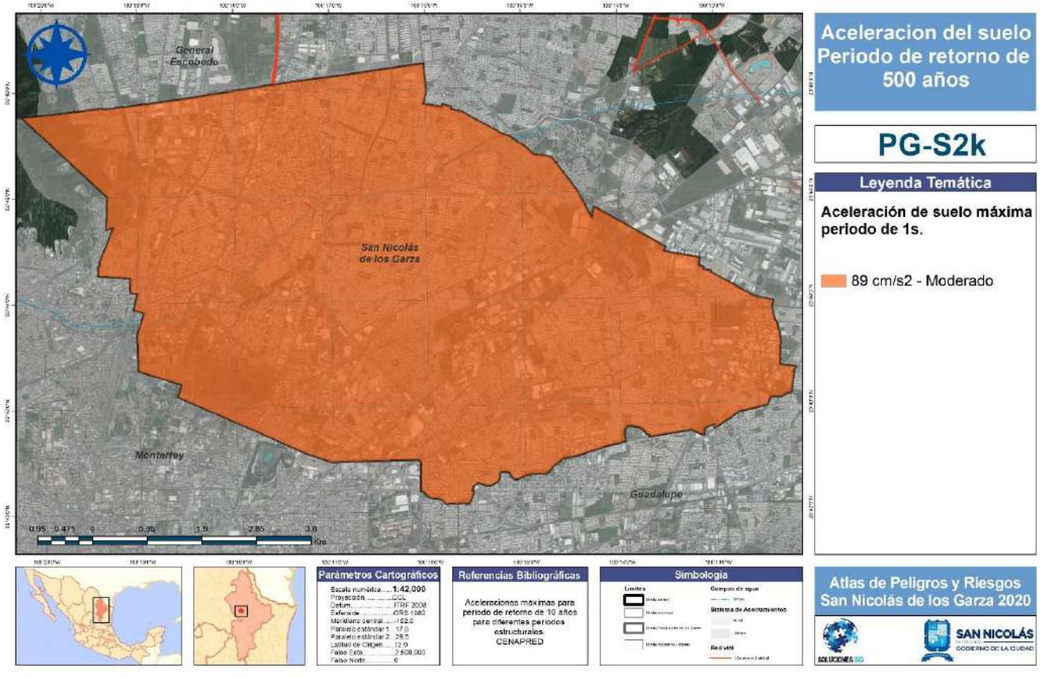
***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.19**. Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 500 años*



***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

***Mapa 2.20** Aceleración del Suelo a un Periodo de Retorno de 500 años*



***Fuente:** Soluciones SIG SA de CV con Información de Mapas de Aceleración Máxima del Terreno para Distintos Periodos de Retorno estructurales, CENAPRED.*

5. Tsunamis

a) Antecedentes

Un tsunami es una serie de ondas oceánicas generadas por un disturbio impulsivo en el océano, o en un pequeño y conectado cuerpo de agua. Definido de este modo, el término incluye ondas generadas por desplazamientos abruptos del fondo oceánico, causados por terremotos, deslizamientos de tierra submarinos o de la línea de la costa, erupciones volcánicas y explosiones

Para que un sismo genere un Tsunami, es necesario que ocurran tres condiciones básicas:

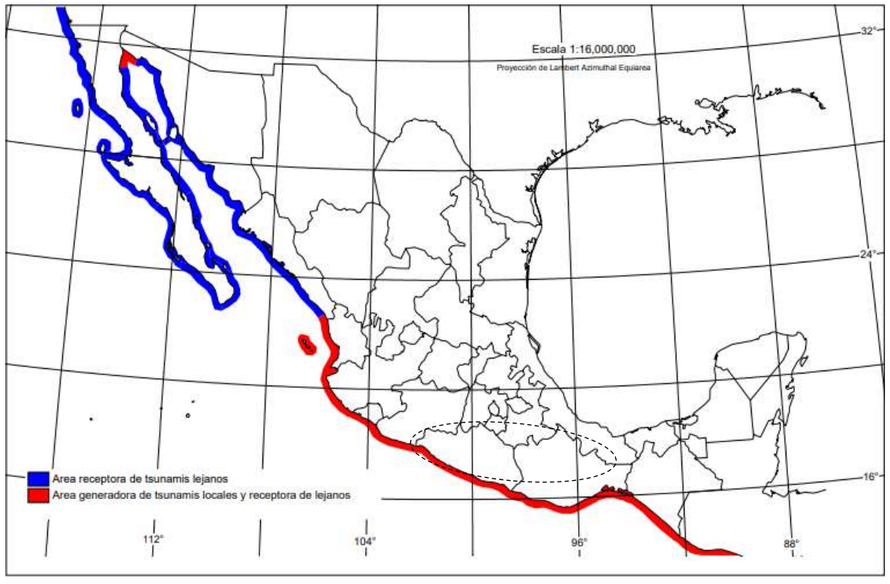
• Que el epicentro del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino y a una profundidad menor a 60 Km. (sismo superficial).

• Que ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas, es decir que la falla tenga movimiento vertical y no sea solamente de desgarre con movimiento lateral.

• Que el sismo libere suficiente energía en un cierto lapso y que ésta sea eficientemente transmitida.

El Catálogo de Tsunamis en la Costa Occidental de México, documenta 49 tsunamis arribados desde 1732 hasta 1985: 16 de origen lejano y 33 de origen local.

***Figura 2.6**. Zonas de impacto y generadora de Tsunami, para la República Mexicana*



***Fuente:** CENAPRED, 2014. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México.*

Debido a la localización geográfica del municipio a 290 km de la línea de costa del Golfo de México y más de 600 km de la costa generadora y receptora de Tsunamis del Océano Pacífico, A una altitud promedio de 520 msnm, dicho municipio no se encuentra sujeto al peligro por el fenómeno de Tsunamis.

6. Erupciones volcánicas.

a) Antecedentes

Las erupciones volcánicas son emisiones de mezclas de magma, gases volcánicos y fragmentos de roca que resultan del ascenso del magma que se encuentra en la parte interna de un volcán activo. Estos materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la presión de los gases provenientes del magma o de agua subterránea sobrecalentada por el mismo.

México es un país con una gran cantidad de volcanes, la mayor parte del vulcanismo mexicano está relacionado con la interacción de las placas tectónicas de Rivera y Cocos y la Placa Norteamericana, esto se manifiesta en la faja volcánica mexicana que se extiende más de 1200 kilómetros, desde Nayarit hasta Veracruz, sin embargo, también se ha presentado importante actividad volcánica en el Noreste (Baja California y Sonora), en las islas del pacífico y en el sureste (Chiapas).

***Figura 2.7**. Zonas volcánicas y principales volcanes activos.*

***Fuente:** Modificado de Macias, 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México.*

El vulcanismo que se desarrolla a lo largo de la Faja Volcánica Mexicana (FMV) es variado, e incluye desde actividad efusiva, cuyos productos más importantes son los derrames de lava, hasta volcanes que han producido erupciones altamente explosivas, con emisión de grandes cantidades de materiales piroclásticos tanto de flujo como de caída.

En México hay más de 2,000 volcanes, de los cuales alrededor de 15 se consideran activos o peligrosos, cuando hablamos de un volcán activo nos referimos a un volcán que ha hecho erupción en los últimos 10 000 años y que

mantiene potencial de desarrollar alguna actividad eruptiva en un futuro indeterminado con o sin manifestaciones externas previas. Sin embargo 10 000 años es un parámetro convencional que se ha adoptado, pero no representa en su totalidad un parámetro determinante para la existencia o inexistencia de actividad volcánica.

Los principales peligros derivados de erupciones volcánicas son:

- Caída de tefra: fragmentos de material volcánico compuesto por ceniza, pómez y bloques incandescentes. Es expulsada al momento de la explosión.
- Proyectiles balísticos (bombas): fragmentos de material mayor de 64 mm, pueden tener diámetros de algunos metros. Son causados por explosiones en el cráter.
- Flujos de lava: corriente de roca fundida que se desliza pendiente abajo como un fluido viscoso, puede quemar las zonas de bosques, cultivos y construcciones.
- Lahares o flujos de lodo: son generado cuando los materiales expulsados durante las erupciones se mezclan con agua y forma flujos que se mueven pendientes abajo.
- Gases volcánicos: son la parte volátil del magma que se emite a través de fumarolas y cráteres.
- Flujos y oleadas piroclásticas: son una mezcla turbulenta de fragmentos de roca a alta temperatura, ceniza, pómez y gases.

b) Metodología.

La metodología que se llevó a cabo para la evaluación de peligros por actividad volcánica es la que recomienda en la sección de fenómenos geológicos de la *"Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos"* de CENAPRED, 2006. En la que se deben considerar los siguientes puntos clave:

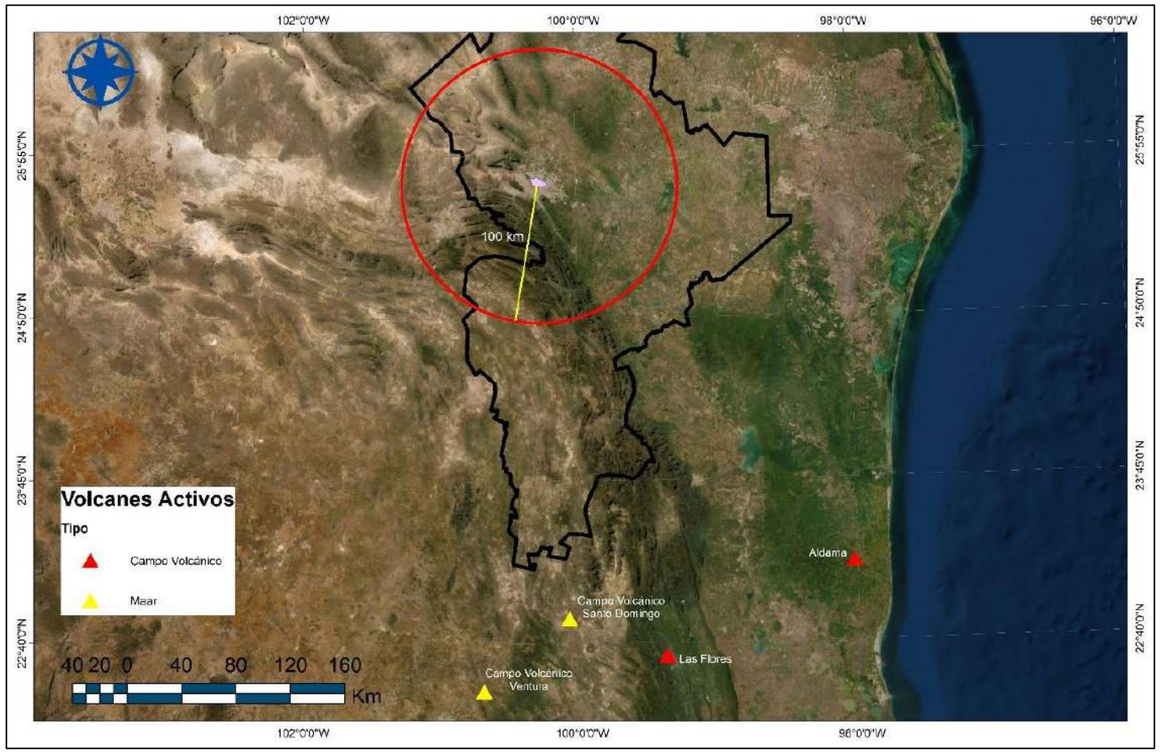
- Ubicación geográfica
- Observar si existen montañas o cerros en las cercanías (<100 km) de la zona de interés.
- Determinar si alguno de ellos es un volcán
- Reconstrucción del comportamiento eruptivo pasado
- Tipo y características del volcán
- Determinar si es activo o peligroso
- Investigar si ya existe algún mapa de peligros para ese volcán
- Identificar las amenazas volcánicas de la zona de estudio y los sitios donde se han manifestado (con base en la reconstrucción del pasado eruptivo)
- Determinar si las erupciones volcánicas son una preocupación en el área de interés
- Determinar cuán inminente es una erupción.

Siguiendo los pasos mencionados, en el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.8 se trazó un radio de 100 km a partir de los límites del municipio de San Nicolás de los Garza y se hizo un cruce con la capa vectorial de volcanes activos generada por CENAPRED, con la finalidad de verificar la presencia de volcanes activos y estudiar su historia eruptiva (tipo de erupciones que ha tenido, la cantidad de material que ha expulsado, las características y distribución de sus depósitos, la frecuencia y la presencia de otros fenómenos asociados al vulcanismo).

c) Resultados.

De acuerdo con los datos de volcanes activos en México observamos que dentro del radio de 100 km. no se encuentra alguno. **El volcán más cercano a los límites de San Nicolás de los Garza se encuentra a más de 300 km. por lo que los fenómenos asociados a erupciones volcánicas (caída de tefra, proyectiles balísticos, flujos de lava, lahares, gases volcánicos, flujos piroclásticos) no afectarían las actividades esenciales del municipio, a la población ni la infraestructura.**

***Mapa 2.21**. Ubicación de los volcanes más próximos a San Nicolás de los Garza*



***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con Información de Volcanes activos en México, CENAPRED.*

A continuación, se describen la distancia aproximada de los cuerpos volcánicos más próximos a San Nicolás y sus principales características.

***Tabla 2.9**. Cuerpos volcánicos.*

Nombre	Latitud, Longitud	Elevación (msnm)	Tipo	Periodo de actividad	Tipo de erupción	Productos volcánicos	Estados localizados	Distancia San Nicolas (Km)
Aldama	23.2, -98.02	600	Campo Volcánico	Cuaternario	Explosiva	Flujos de lava	Tamaulipas	360
Las Flores	22.58, -99.38	520	Campo Volcánico	Cuaternario	S/D	Flujos de lava, piroclastos	Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí	365
Campo Volcánico Santo Domingo	22.83, -100.08	1550	Maar	Pleistoceno	Erupciones Freáticas	Flujos de lava	San Luis Potosí	320
Campo Volcánico Ventura	22.35, -100.7	2035	Maar	Pleistoceno	Erupciones Freáticas	Flujos de lava	San Luis Potosí	380

Fuente: CENAPRED, 2014. Atlas Nacional de Riesgos

B. Hidrometeorológicos

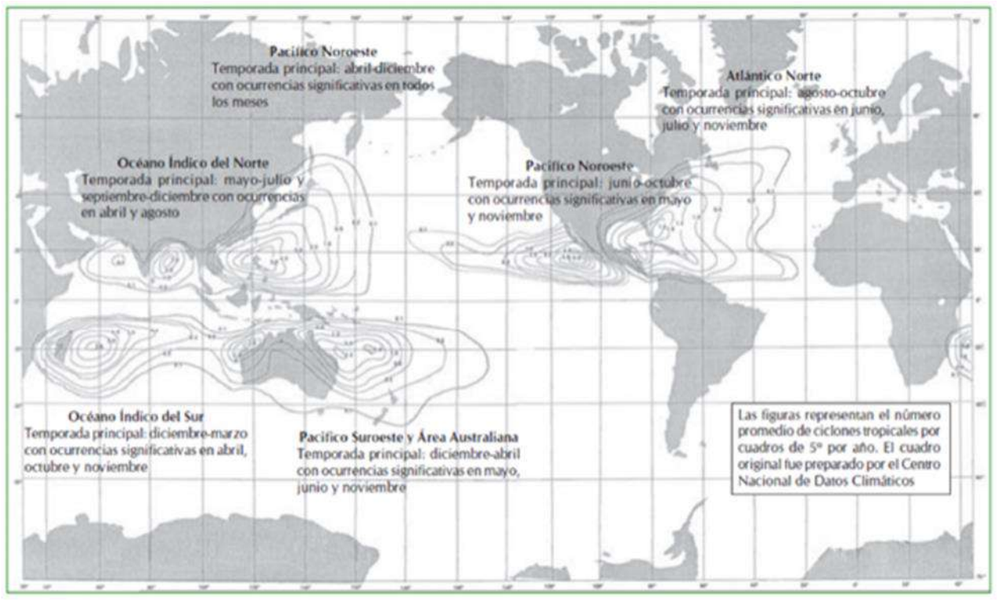
De acuerdo con La Ley General de Protección Civil (2014) en su artículo 2, fracción XXIV un fenómeno hidrometeorológico es un agente perturbador que es ocasionado por la acción de elementos atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados. Su importancia radica en que son fenómenos con una amplia cobertura geográfica y con una elevada afectación sobre la población local, así como la infraestructura expuesta.

1. Ciclón tropical (marea de tormenta, oleaje, vientos y lluvias)

a) Antecedentes

Un ciclón tropical es una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. Se originan en el mar cuando se tienen ciertas condiciones como: calor, humedad y la temperatura sobrepasa los 26ºC (CENAPRED, 2019); sólo se desarrollan en los trópicos, por lo que se le atribuye el término de "ciclones tropicales". Tienen un área casi circular con la presión más baja en el centro; son generados entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur; transportan gran cantidad de humedad y repetidamente se trasladan con velocidades entre 10 a 40 km/h. Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, sus vientos giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj y cuando se encuentran en el hemisferio sur ocurre lo contrario. A continuación se muestra en la imagen los ciclones tropicales en el mundo que se presentan cada año; con la presencia de éstos se pueden derivar tres efectos: 1) vientos fuertes, 2) lluvias extremas y 3) marea de tormenta.

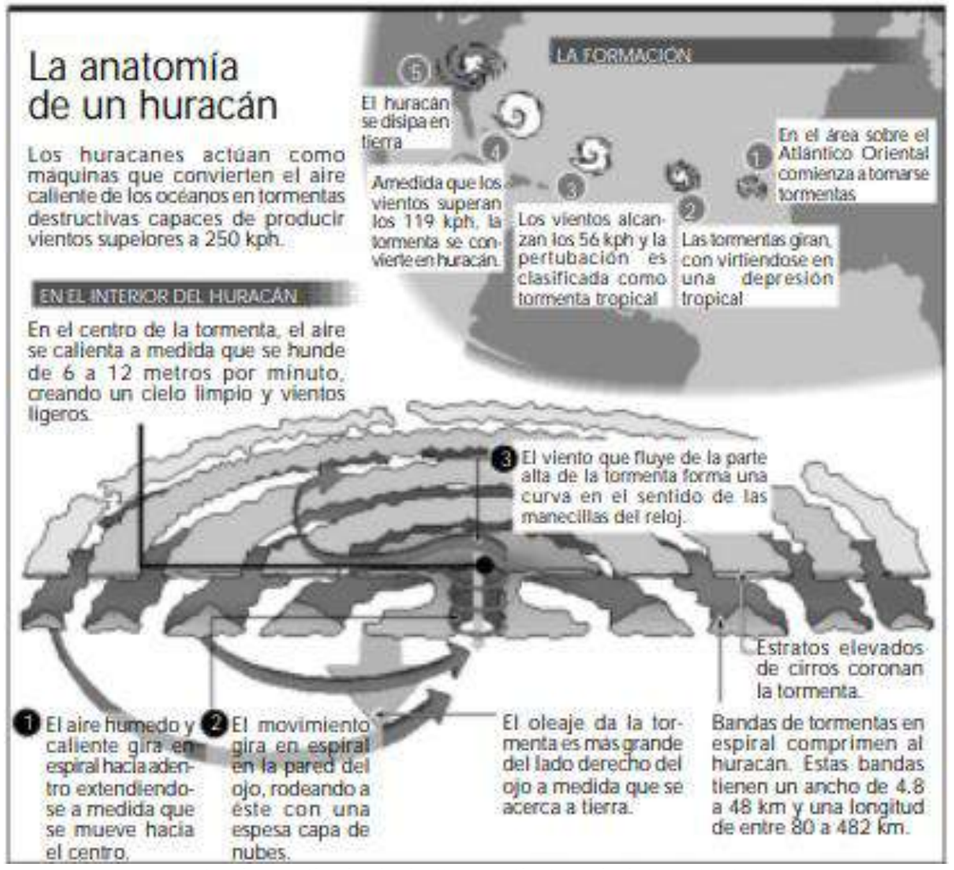
Figura 2.8 *Ciclones tropicales en el mundo*



Fuente: CENAPRED 2003. Nota: (las líneas indican el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año.

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro (medida en milibares, mb) o a la velocidad de sus vientos máximos. Se les denomina: 1) depresión tropical (presión de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h), 2) tormenta tropical (presión de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y 3) huracán (presión menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h), en esta etapa se generan efectos destructivos. A continuación, se muestra la siguiente imagen que describe la estructura de un ciclón tropical en el hemisferio norte.

Figura 2.9 *Estructura de un ciclón tropical*



Fuente: The Weather book, The Oceans Atlas tomado de CENAPRED 2014.

En este sentido, la escala Saffir-Simpson, desarrollada en 1969 por el ingeniero civil Herbert Saffir y el director del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos, Bob Simpson; clasifica de 1 a 5 a cada uno de los huracanes de acuerdo a la velocidad sostenida del viento, presión central, marea de tormenta y daño potencial a la propiedad que podría ocasionar (Tabla 44). La escala proporciona ejemplos del tipo de daños e impactos en los Estados Unidos asociados con vientos de la intensidad indicada y el daño aumenta en un factor de cuatro por cada aumento de categoría (National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center, 2019). De acuerdo con la escala los huracanes la categoría 3 y superiores son huracanes notables por su potencial de causar pérdidas. Las categorías 1 y 2 siguen siendo peligrosas y requieren medidas preventivas. Para reducir la confusión pública sobre los impactos asociados con las categorías de los huracanes, la escala ha sido intervenida por varios científicos, donde sólo se emplea el número de escala (categoría) y los vientos máximos (Tabla 45). Es necesario mencionar que esta escala fue diseñada para las condiciones geográficas de los E.U.A. por lo que debe utilizarse con reserva para otras regiones.

***Tabla 2.10**. Escala Saffir-Simpson*

Categoría	Presión central (milibarios)	Vientos Máximos (km/h)	Marea de tormenta (m)	Características de los Posibles Daños Materiales Provocados por el Viento
Uno	>980	119 a 153	1.2-1.5	Árboles pequeños caídos; daños al tendido eléctrico.
Dos	965-979	154 a 177	1.6-2.4	Adicionalmente a los daños del Categoría Uno: Daño en tejados, puertas y ventanas; desprendimiento de árboles.
Tres	945-964	178 a 209	2.5-3.6	Adicionalmente a los daños del Categoría Dos: Grietas en construcciones.
Cuatro	920-944	210 a 249	3.7-5.5	Adicionalmente a los daños del Categoría Tres: Desprendimiento de techos en viviendas.
Cinco	<920	>249	>5.5	Adicionalmente a los daños del Categoría Cuatro: Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y en construcciones industriales.

Fuente: Ciclones Tropicales, Serie Fascículos, CENAPRED, Versión Electrónica (2014).

***Tabla 2.11.** Escala Saffir-Simpson*

Categoría	Vientos Máximos Previos (km/h)	Vientos Máximos Nuevos (km/h)
Uno	119 a 153	119 a 153
Dos	154 a 177	154 a 177
Tres	178 a 209	178 a 208
Cuatro	210 a 249	209 a 251
Cinco	>249	>252

Fuente: Minor Modification to Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale, National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane (2012).

Cabe destacar que este fenómeno es uno de los que produce mayores pérdidas económicas al año, esto es causado por los asentamientos humanos en zonas de riesgo y degradación ambiental antropogénica. A pesar de ello los ciclones tropicales son importantes ya que recargan los mantos acuíferos y retienen gran cantidad de agua en presas, la cual es utilizada para consumo humano, agricultura, energía y zonas áridas y semiáridas de México. (CENAPRED, 2019).

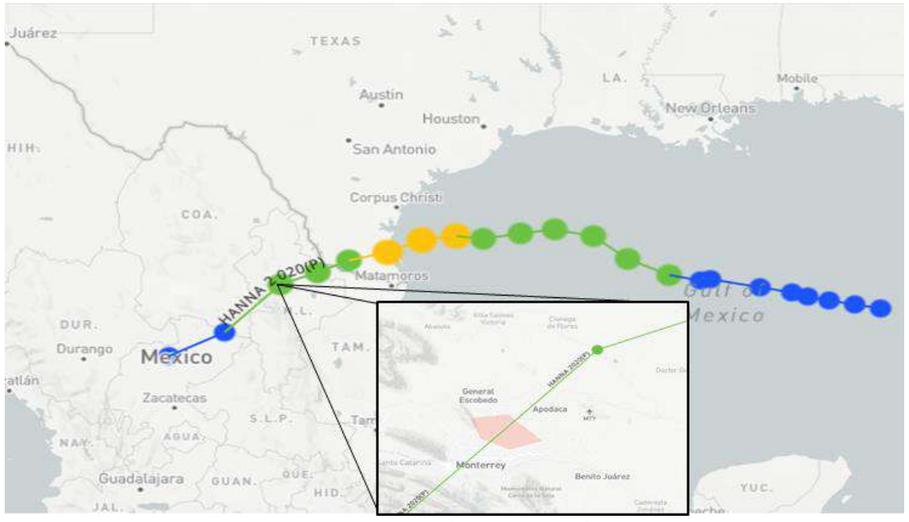
La dirección de los huracanes cuando llegan a la costa entran al territorio de Nuevo León con categorías de: 1) depresión tropical y 2) tormenta tropical. De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, solamente se han tenido registro de tres huracanes que han llegado a afectar al estado de Nuevo León clasificándolos como categoría 1.

***Figura 2.10** Afectaciones al municipio de San Nicolás de los Garza (Arroyo del Topochico) por el Huracán Hanna*

***Fuente**: https://www.milenio.com/politica/continua-san-nicolas-entregando-donativos-afectados-hanna.*

Hasta la fecha el único Ciclón Tropical reportado por Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) que ha llegado a tocar tierra dentro del municipio de San Nicolás de los Garza ha sido el Ciclón tropical “Hanna” por lo que llegó a generar varias complicaciones para el territorio, así como para su infraestructura y para la población misma. De acuerdo con el Historial Hurricane Tracks se tiene registro que Hanna se clasificó dentro del territorio como una Tormenta Tropical teniendo como características una velocidad de viento de 35 kt y una presión de 1000mb.

***Figura 2.11** Trayectoria del Huracán Hanna del desde su formación hasta su culminación*



Fuente: Historical Hurricane Tracks.

b) *Desarrollo Metodológico*

Para conocer la cantidad de ciclones en cualquiera de sus clasificaciones cuya trayectoria ha atravesado o cruzado cerca de la zona de influencia del municipio, se consultaron las plataformas, noticias, Atlas y Mapas Didácticos de diferentes fuentes como Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), Historical Hurricane Tracks, SEMARNAT, entre otras. La tabla que a continuación se presenta muestra los ciclones que han llegado a afectar por medio de lluvias, vientos e inundaciones el territorio de San Nicolás de los Garza en un periodo de 2005-2020.

Tabla 2.12. Depresiones y tormentas tropicales originadas por los huracanes "Emily, Alex y Hanna" dentro del área de influencia de San Nicolás de los Garza

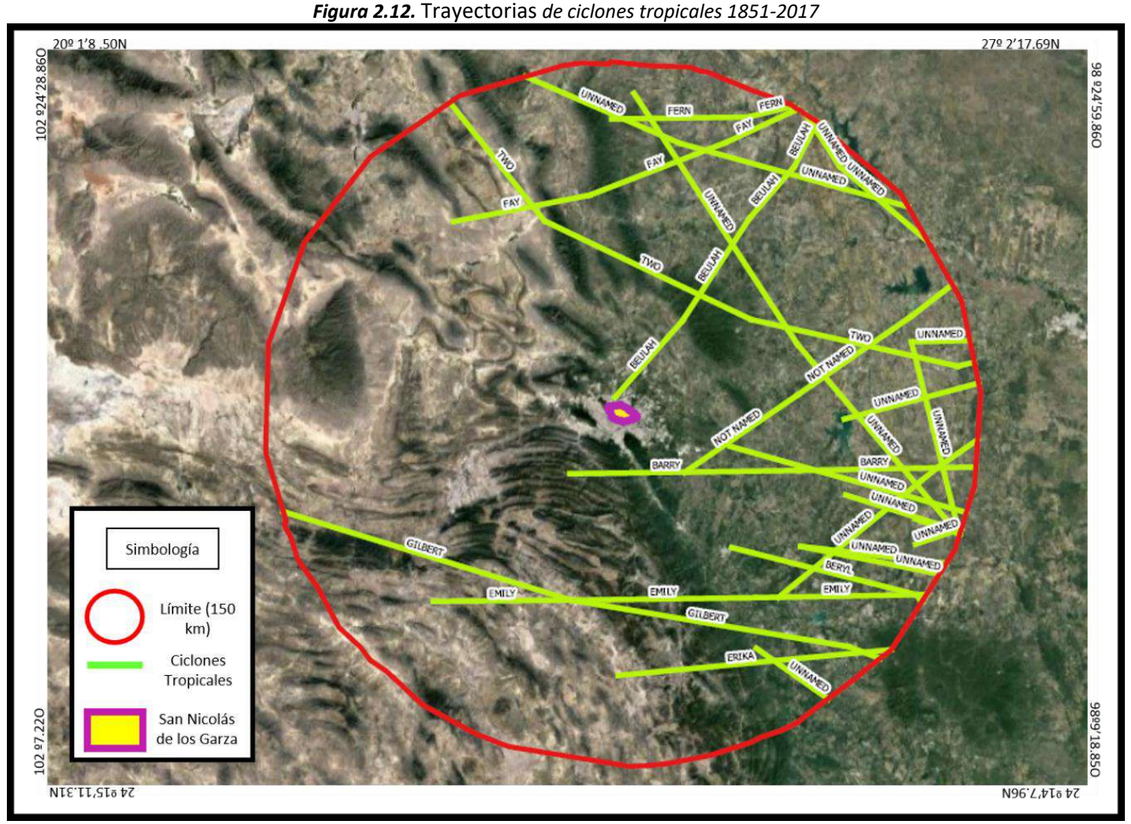
Nombre	Clasificación	Fecha	Viento (km/h)	Presión (milibar)
Emily	Tormenta tropical	21 de Julio de 2005	83.25	995
Alex	Tormenta tropical	01 de Julio de 2010	111	977
Hanna	Tormenta tropical	22-27 de Julio de 2020	64.75	1000

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, Declaratorias 2005-2010 (Base de datos) e Historical Hurricane Tracks.

c) *Resultados*

Dado que el municipio se encuentra en un área lejana a la zona litoral del país, los ciclones tropicales sólo pueden llegar afectar a la población e infraestructura de manera secundaria, principalmente o únicamente por lluvias extremas de origen ciclónico. En los siguientes temas se hace mención acerca de lluvias extremas como fenómeno perturbador y causante de inundaciones, a pesar de esto, cabe mencionar que éstas están asociadas al tema de Ciclones Tropicales.

Figura 2.12. Trayectorias *de ciclones tropicales 1851-2017*



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas Nacional de Riesgos.

En el mapa anterior se muestran las trayectorias de 1851-2017 de los ciclones tropicales que llegan a tener cierta influencia al municipio. Mediante un buffer de 150 km se pudieron identificar estos eventos, los cuales pudieron haber afectado al municipio mediante depresiones y tormentas tropicales, dañando así a la población principalmente en su infraestructura.

1. Inundaciones

El fascículo “Inundaciones” del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) del 2014, define como inundación a todo suceso que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoqué un incremento en el nivel del agua, genere invasión o penetración del fluido en sitios donde regularmente es nulo, lo cual provoque daños en la población, las actividades agrícolas, ganaderas y en la infraestructura.

El Glosario Hidrológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OMM/UNESCO, 2012), define inundación como: “desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”. Refiriéndose a “confines normales” como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, en otras palabras, una inundación es una elevación inusual del agua que puede generar afectaciones.

La magnitud de la inundación provocada depende de la intensidad de la lluvia, tiempo, tamaño de la cuenca características del drenaje, infraestructura hidráulica y volumen de escurrimiento que se genere, lo cual provocará una inundación de larga o corta duración (Protección Civil Nuevo León, 2015).

Las inundaciones pueden clasificarse debido a su origen, la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en el 2016, las clasifica en cuatro tipos pluviales, fluviales, costeras y lacustres. Las inundaciones pluviales son aquellas que se dan a consecuencia de la precipitación, ocurren cuando el suelo se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer desde minutos hasta días.

Las inundaciones fluviales son aquellas que se generan cuando se desbordan los ríos y el agua permanece sobre el terreno colindante. En este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes puede corresponder a precipitaciones generadas en cualquier parte de la cuenca, por lo que es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, de forma que, es probable que las inundaciones fluviales más importantes se den en los ríos con mayor influencia longitudinal.

Las inundaciones costeras, se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea procedente en su mayoría de la acción de los vientos de los ciclones tropicales y permite que el mar penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno. Las inundaciones lacustres son las que se encuentran relacionadas a los lagos, su análisis se identifica mediante los flujos superficiales como en las inundaciones fluviales y pluviales.

Por tanto, las inundaciones son eventos naturales y recurrentes que se suelen producirse en las planicies aluviales o en las áreas planas y más bajas del terreno, como resultado de lluvias intensas o continuas, que al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan las superficies aledañas a los cursos de agua.

Las inundaciones son habituales en muchas de las ciudades de nuestro país, en los últimos años se han intensificado por la variabilidad climática, sus efectos han producido daños en la población, infraestructura, en las actividades económicas e incluso han ocasionado pérdida de vidas humanas, especialmente en zonas con mayor vulnerabilidad (Matías, et al, 2007).

Conforme información del fascículo “Inundaciones” del CENAPRED, actualmente las inundaciones son el desastre que ha aumentado más rápidamente a nivel global, en gran parte por el acelerado desarrollo de las comunidades, el cual no solo modifica los ecosistemas, sino que degrada el medio ambiente, trayendo también como consecuencia la deforestación y la erosión; mismos factores que a su vez modifican la respuesta hidrológica de las cuencas e incrementan la ocurrencia e intensidad de inundaciones. (SEGOB/CENAPRED, 2014).

De acuerdo con el Atlas de Peligros y Riesgos (no publicado), el municipio de San Nicolás de los Garza está conformado por los arroyos Talaverna, Los Pinos, Topo Chico y la zona Peña Guerra y Ave, que son producto de la Cuenca río San Juan y sus cauces se encuentran ubicados en la ciudad. El territorio se encuentra típicamente afectado por sus crecidas que principalmente han sido causa del Arroyo Topo Chico, en la actualidad se encuentra sujeto a causar mayores afectaciones por la movilidad y el desarrollo de las actividades urbanas asociadas a una falta de drenaje artificial que drene las aguas que se acumulan naturalmente hacia la planicie donde se asienta la ciudad, siendo esta la principal causa de afectaciones durante la temporada de lluvias. Otro factor importante a resaltar es la velocidad de los escurrimientos que se originan desde el Cerro Topo Chico en la zona noroeste del municipio, esto ocasiona deslave de laderas y transporte de detritos con tamaños poco considerables pero que pueden llegar a afectar a la población misma.

La incidencia de lluvias en la región es escasa, ya que predomina un ambiente semi-árido en la región, sin embargo, la incidencia de intensas lluvias ciclónicas y convectivas es la razón por la cual se ven rebasados los sistemas de drenaje pluvial existentes, sumado a una deficiente política del manejo de las aguas desaguadas, y que responde principalmente a un sistema de circulación cerrado enfocado a minimizar la perdida de las aguas pluviales para su uso no doméstico.

a) Inundaciones Pluviales

De acuerdo a la información proporcionada por el personal de Dirección de Protección Civil de San Nicolás de los Garza, los puntos más frecuentes de inundaciones o encharcamientos ocasionados por lluvia tienen recurrencia en las colonias Las Misiones, Arboledas de San Jorge, Ampliación del Vidrio Sector 1 y 2, Estancia Minera Sector 1, Bosques de Santo Domingo, Bosques del Nogalar, José López Portillo, Margarita Salazar, zonas comerciales e industriales e igualmente se tienen registros en las avenidas Manuel L. Barragán, Sendero Divisorio, Alonso Reyes, Lerdo de Tejada, Carretera-Monterrey-Nuevo Laredo, Anillo Vial Metropolitano, San Nicolás, Lic. Adolfo López Mateos, De Las Flores, De la Juventud, entre otras.

Desarrollo metodológico

i. Análisis hidráulico del área de estudio

El análisis de las posibles inundaciones tiene como temática esencial inspeccionar el comportamiento hidráulico de los flujos superficiales presentes dentro del territorio, este análisis debe partir de la identificación de la cuenca hidrológica del área de estudio.

La cuenca hidrológica es la unidad básica de los estudios hidrológicos, se puede definir como aquella superficie del terreno donde fluye el agua de las precipitaciones o de la nieve derretida, y converge en un área de terreno bajo donde el flujo se adhiere a un cuerpo de agua como un río, un lago, un estuario, un mar o en el océano, es decir es aquella área drenada por los flujos de agua que en algún sitio se unen y desembocan hacia otro cuerpo de agua. “Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas)

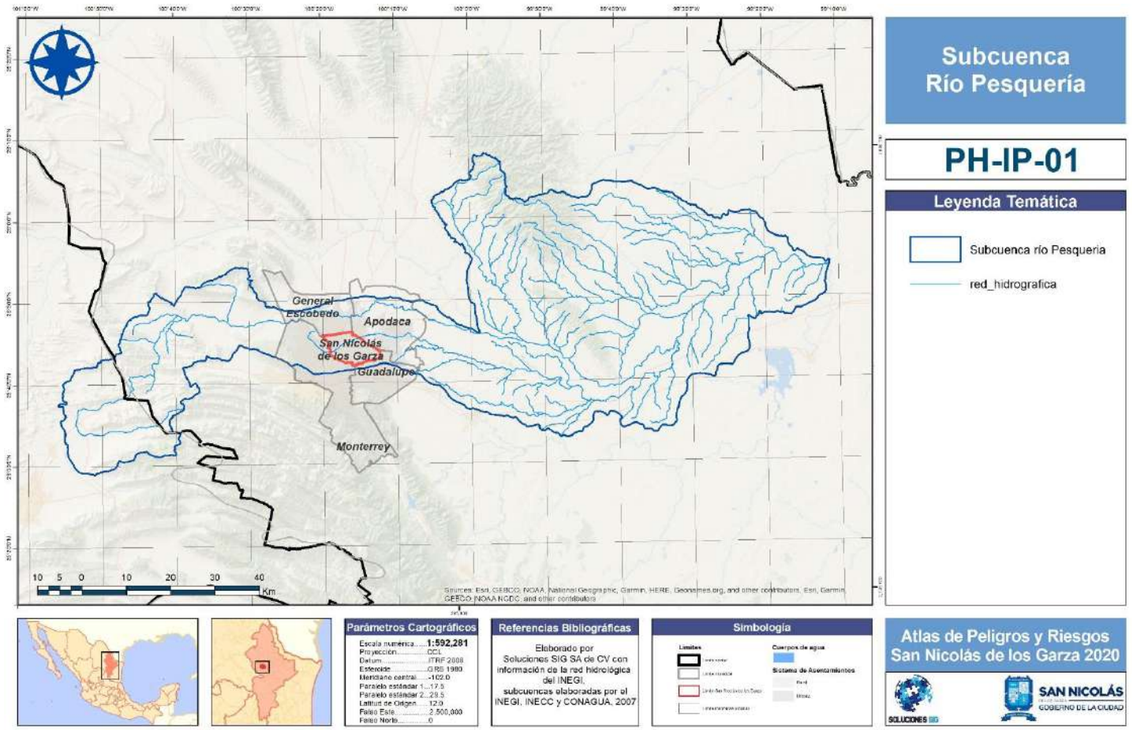
donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un sitio común llamado también punto de salida de la cuenca". (Cotler, et. al., 2013:7).

La cuenca hidrográfica es el área de pendiente que aporta con el flujo de agua a una salida común como un drenaje concentrado, ésta puede ser parte de otra cuenca hidrográfica de mayor dimensión y también puede contener cuencas hidrográficas de menor extensión, denominadas subcuencas y éstas a su vez microcuencas. (ESRI/ArcMap, 2016). Los límites entre las cuencas hidrográficas se distinguen como divisiones de drenaje o parteaguas. La salida, o punto de fluidez, es el punto en la superficie en el que el agua segrega fuera de una determinada área, es el punto más bajo a lo largo del límite de una cuenca hidrográfica. La corriente o arroyo es la superficie donde fluye el agua y la Subcuenca es aquella zona donde los arroyos o corrientes secundarios desaguan en el río principal (ESRI/ArcMap, 2016).

En el año 2007 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) instituyeron criterios topográficos e hidrográficos comunes para la delimitación de cuencas hidrográficas del país. El producto de dicha labor distinguió 1,471 cuencas hidrográficas, clasificando 1,389 como exorreicas, 77 endorreicas y 5 arreicas. Clasificadas según la salida que asumen, las endorreicas o cerradas (el punto de salida se encuentra dentro de los límites de la cuenca y por lo general son un lago), exorreicas o abiertas (el punto de salida se ubica en los límites de la cuenca y la descarga se vierte en una corriente o en el mar) y arreicas (aquellas donde los ríos no llegan a confluir, donde se pierden o infiltran). (Cotler, et. al., SEMARNAT, 2013: Cotler & Pineda, 2007: Cotler, SEMARNAT, 2010).

La red hidrográfica del INEGI y las subcuencas definidas por el INEGI, INECC y la CONAGUA en 2007 manifiestan que la mayoría de las escorrentías del municipio de San Nicolás de los Garza se encuentran dentro de los límites de la Subcuenca Río Pesquería la cual se emplea para el análisis del potencial de escurrimientos de la zona. El mapa PH-IP-01 identifica la subcuenca definida por los organismos federales antes descritos, utilizada en el análisis hidrológico de este estudio.

Mapa 2.22 *Subcuenca Río Pesquería*

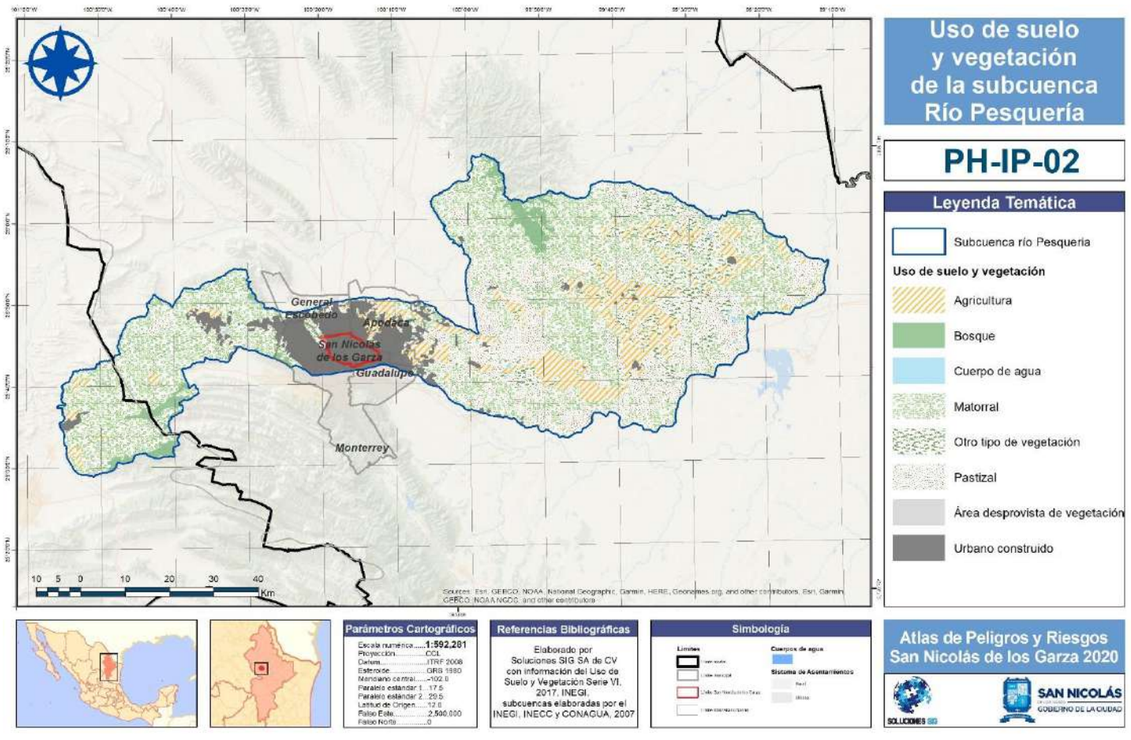


Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información de la red hidrológica del INEGI y las subcuencas elaboradas por el INEGI, INECC y CONAGUA, 2007

ii.Potencial de escurrimiento de la cuenca de análisis

El uso del suelo incurre en la generación de escurrimientos durante un evento de precipitación, las coberturas naturales tienen capacidad para infiltrar parte del agua, mientras que las coberturas antropogénicas suelen dificultar dicho proceso por lo que es en ellas donde suelen generarse mayores escurrimientos en lluvias intensas y con ello, un mayor riesgo de inundaciones o encharcamientos para el territorio municipal por acumulación de escurrimientos. En el mapa PH-IP-02 se observa la clasificación de uso de suelo y vegetación de la Serie VI del INEGI del año 2017 de la subcuenca de análisis.

Mapa 2.23 *Uso de suelo y vegetación Serie VI 2017 de la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información de la red hidrológica y el Uso de suelo y vegetación Serie VI 2017, INEGI

En el año 1972 el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS) desarrolló un método para calcular la lluvia efectiva como una función de la lluvia acumulada, la cobertura del suelo, el uso del suelo y las condiciones de humedad.

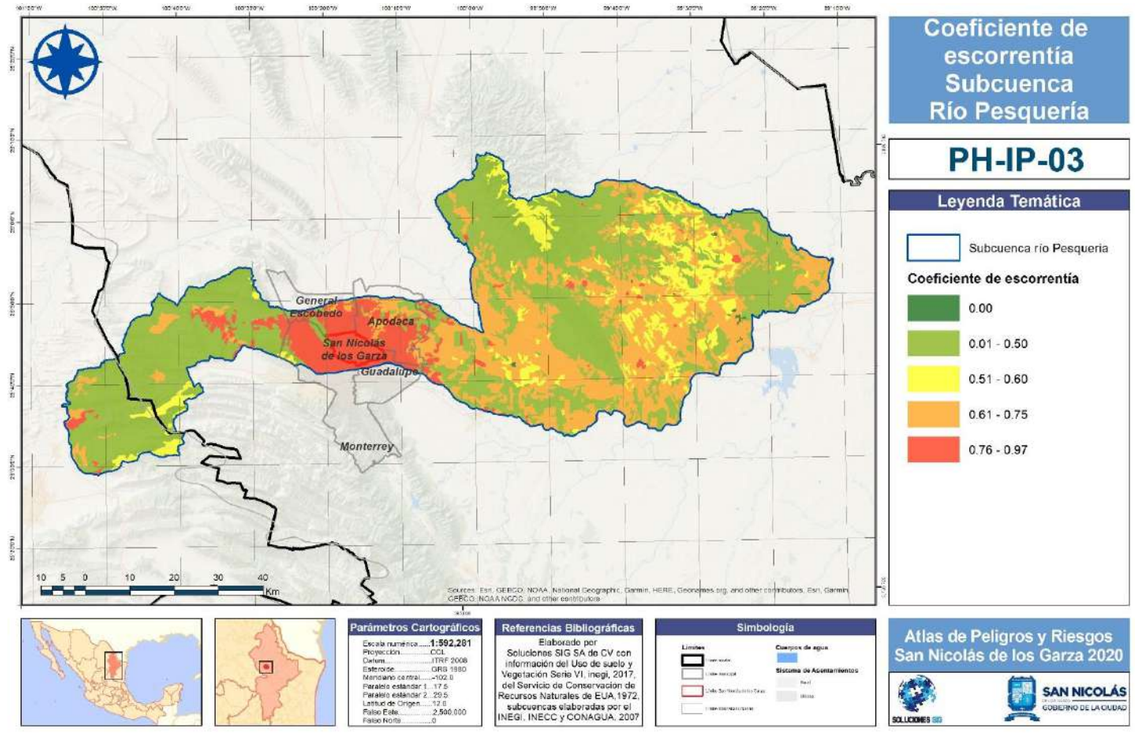
El método hidrológico del Soil Conservation Service SCS de Estados Unidos define mediante el parámetro Número de Curva (NC) la capacidad de una cuenca vertiente para producir escorrentía durante una lluvia. El parámetro permite obtener la lluvia neta o precipitación efectiva para definir el Coeficiente de Escorrentía de la cuenca. Para evaluar la dinámica espacial de los escurrimientos dentro de la cuenca de análisis, se clasificó la cobertura de uso de suelo y vegetación Serie VI 2017 de la Subcuenca Río Pesquería con el número de curva, de acuerdo a la siguiente tabla. El mapa PH-IP-03 identifica esta clasificación.

Tabla 2.13 *Cobertura de suelo por coeficiente de escorrentía o número de curva*

Cobertura de suelo	Coeficiente de escorrentía, Número de curva (NC)
Agrícola	0.74
Bosque	0.52
Matorral	0.48
Otro tipo de vegetación	0.55
Pastizal	0.61
Selva	0.56
Área desprovista de vegetación	0.97
Urbana	0.97

Fuente: Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972

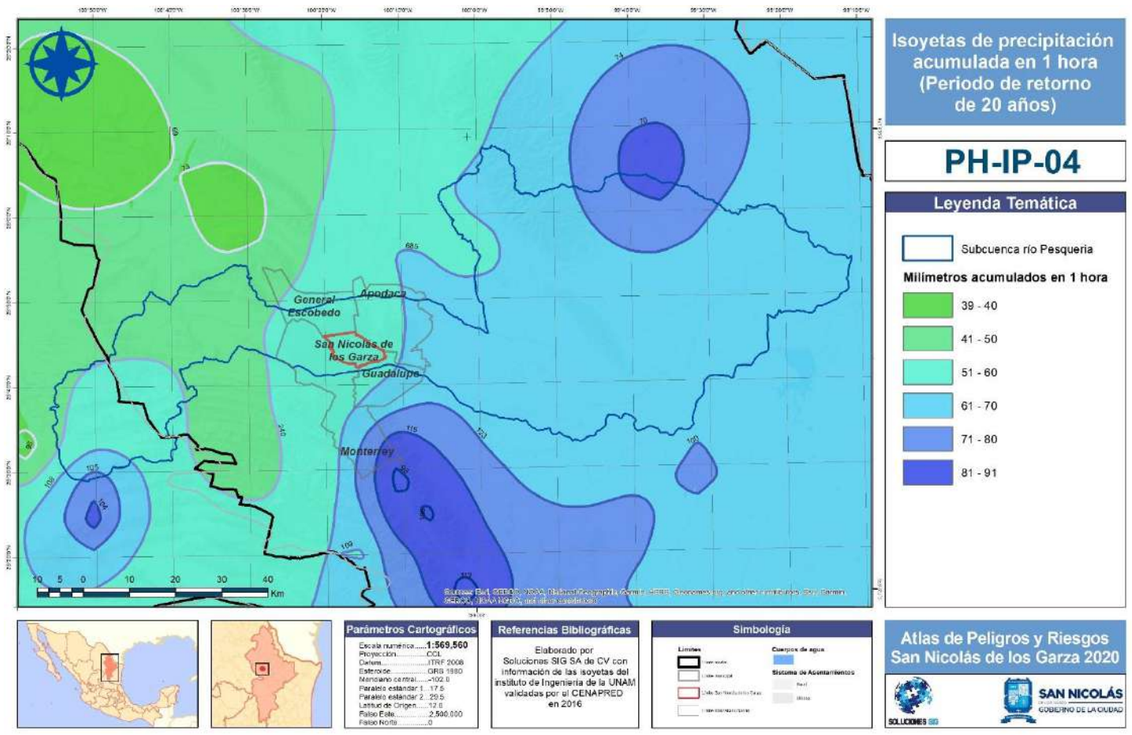
Mapa 2.24 *Coeficiente de escorrentía (número de curva) de la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972 y Uso de suelo y vegetación Serie VI 2017, INEGI

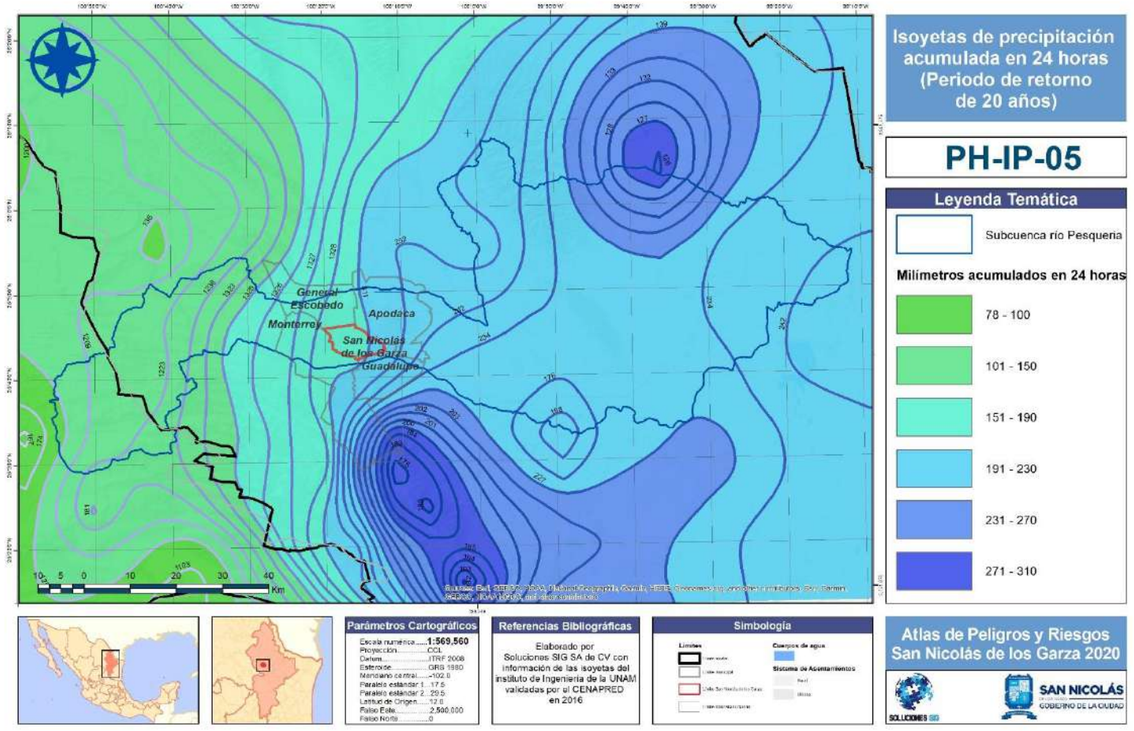
Derivado de la importancia de las lluvias atípicas que el municipio puede presentar se evalúan las condiciones de precipitación acumulada en 1 hora y en 24 horas para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años, utilizadas de acuerdo a la guía de contenido mínimo para la elaboración del atlas nacional de riesgos bajo los lineamientos técnicos elaborados por el CENAPRED publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de diciembre de 2016. Estas se evalúan conforme a las isoyetas elaboradas por el instituto de Ingeniería de la UNAM y validadas en 2016 por el CENAPRED para ser empleadas en los atlas municipales de riesgos. El mapa PH-IP-04 es un ejemplo de la distribución de los milímetros de precipitación acumulada en 1 hora para un periodo de retorno de 20 años en la Subcuenca Río Pesquería y el mapa PH-IP-05 muestra la distribución de este mismo periodo de retorno pero en 24 horas, los milímetros de agua acumulada son notoriamente superiores en el mayor plazo de acumulación.

Mapa 2.25 *Isoyetas de precipitación acumulada en 1 hora para un periodo de retorno de 20 años de la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información de las isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

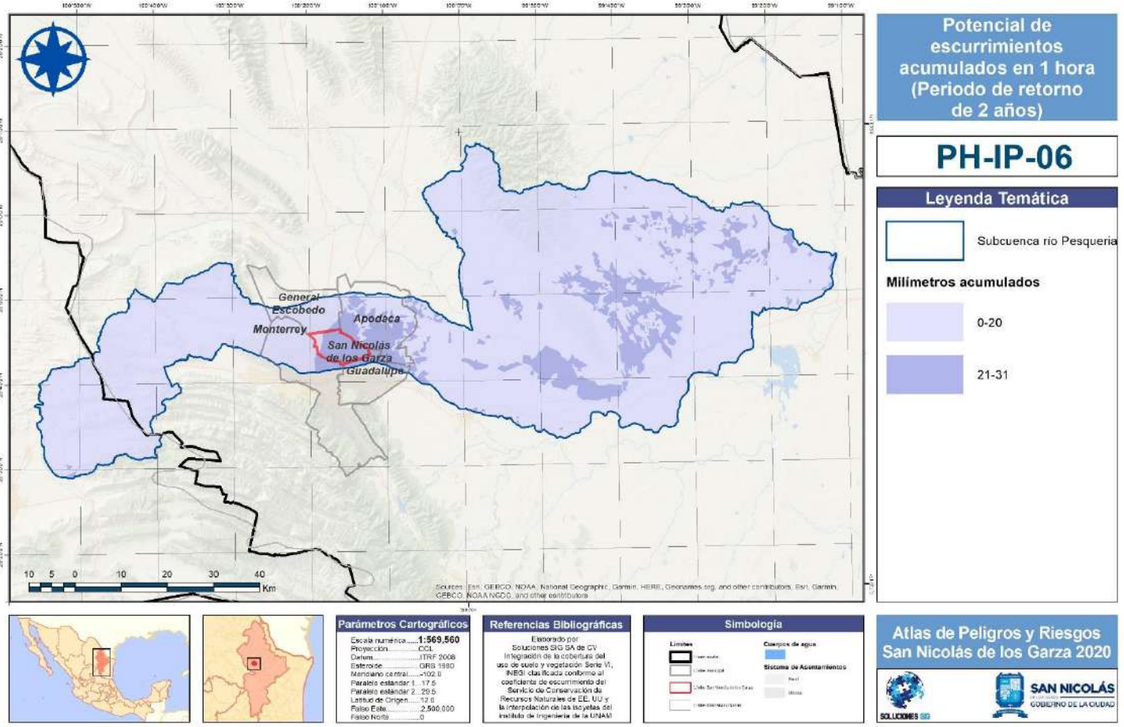
Mapa 2.26 *Isoyetas de precipitación acumulada en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años de la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información de las isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

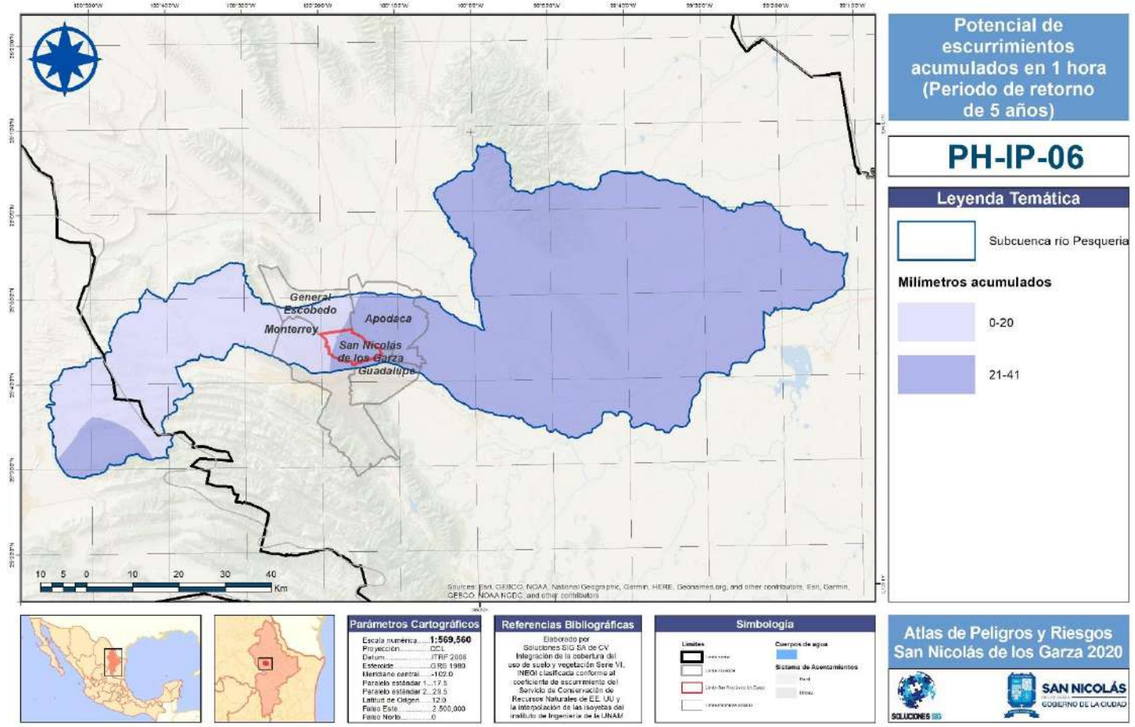
Para calcular el potencial de escurrimientos presentes en la cuenca se integraron mediante algebra de mapas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) la cobertura del uso de suelo y vegetación serie Vi clasificada conforme a su coeficiente de escurrimiento o número de curva con cada una de las cobertura de las precipitaciones resultado de la interpolación de las isoyetas elaboradas por el instituto de Ingeniería de la UNAM para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años, utilizadas de acuerdo a la guía de contenido mínimo para la elaboración del atlas nacional de riesgos bajo los lineamientos técnicos elaborados por el CENAPRED publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de diciembre de 2016. El proceso empleo la información de precipitación acumulada en 1 hora y en 24 horas, a continuación se presenta la cartografía resultado de este análisis espacial.

Mapa 2.27 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 2 años la Subcuenca Río Pesquería*



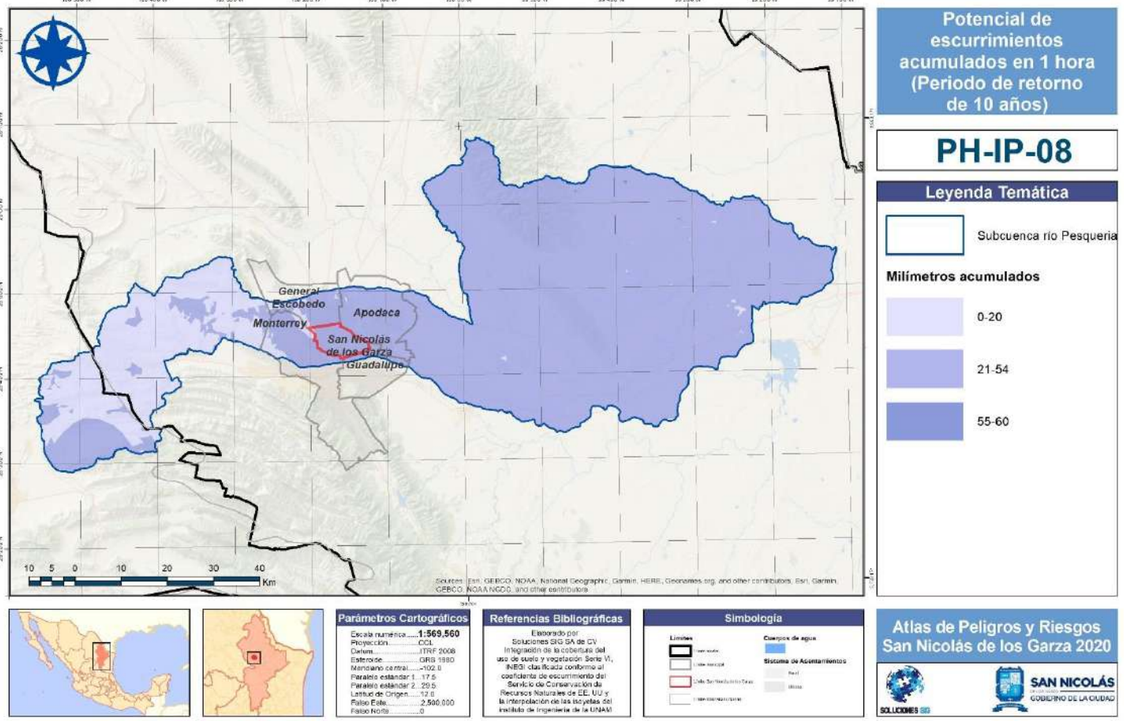
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.28 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 5 años la Subcuenca Río Pesquería*



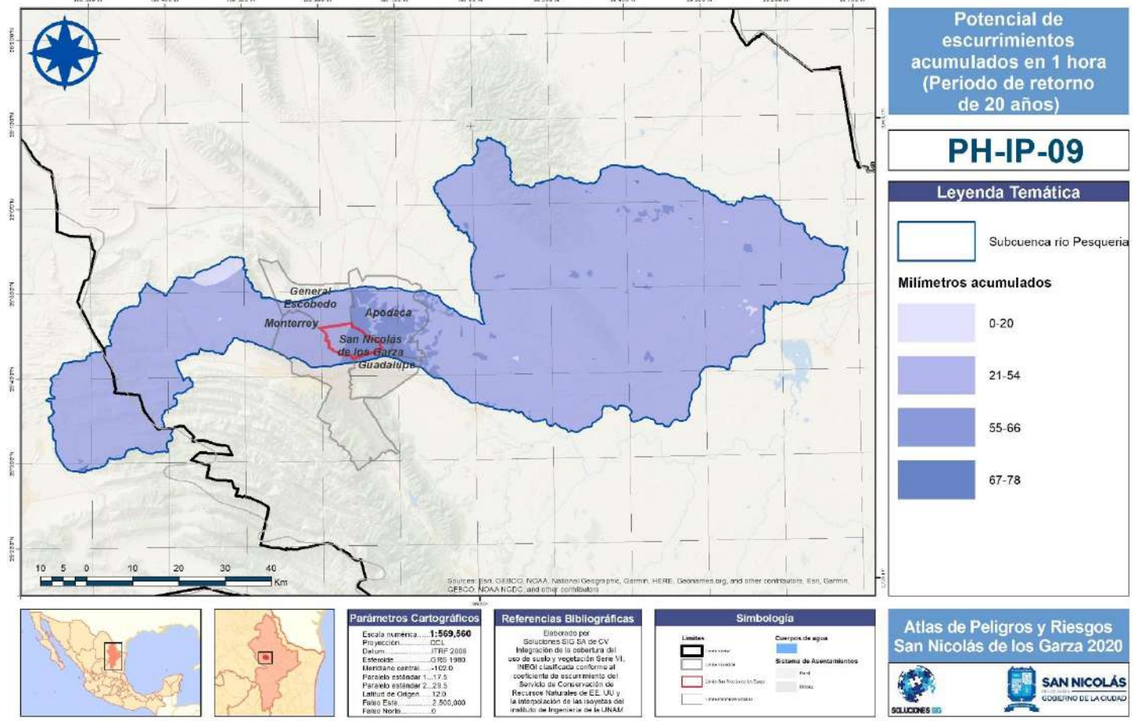
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.29 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 10 años la Subcuenca Río Pesquería*



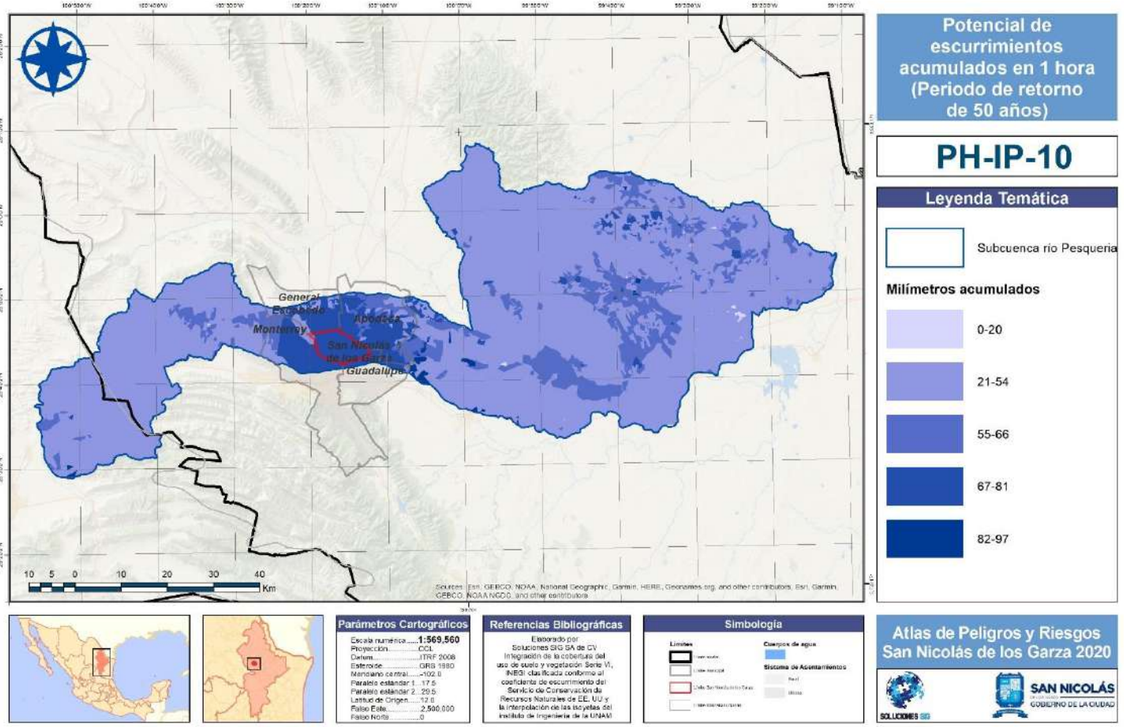
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.30 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 20 años la Subcuenca Río Pesquería*



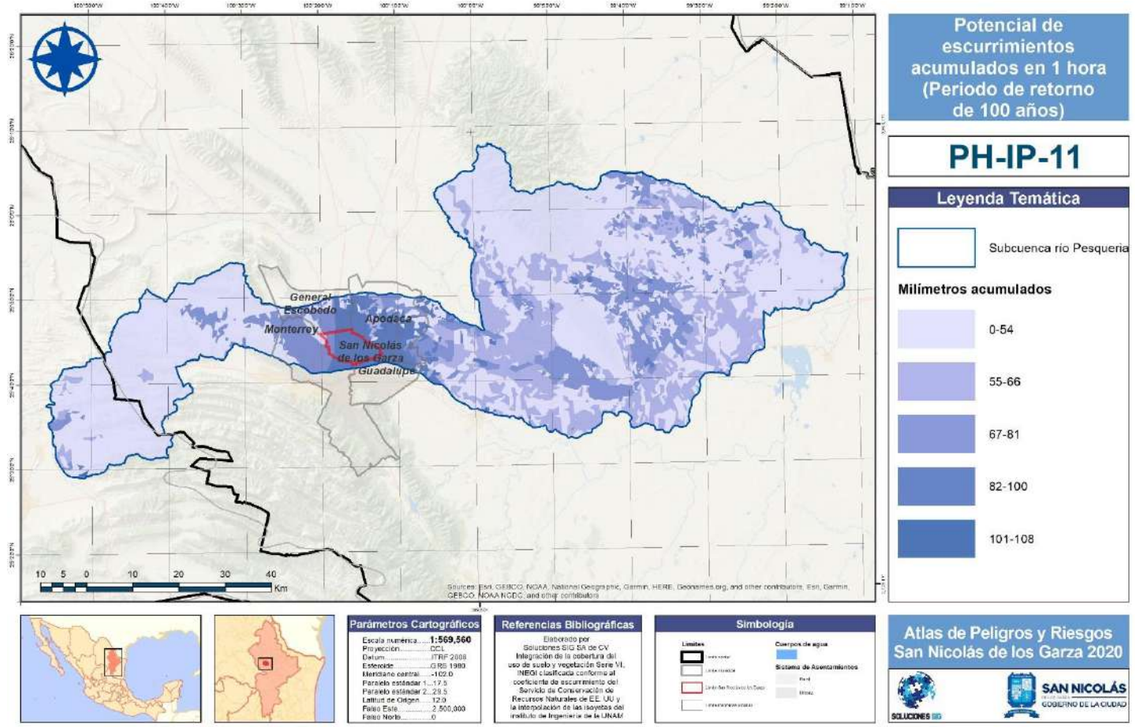
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.31 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 50 años la Subcuenca Río Pesquería*



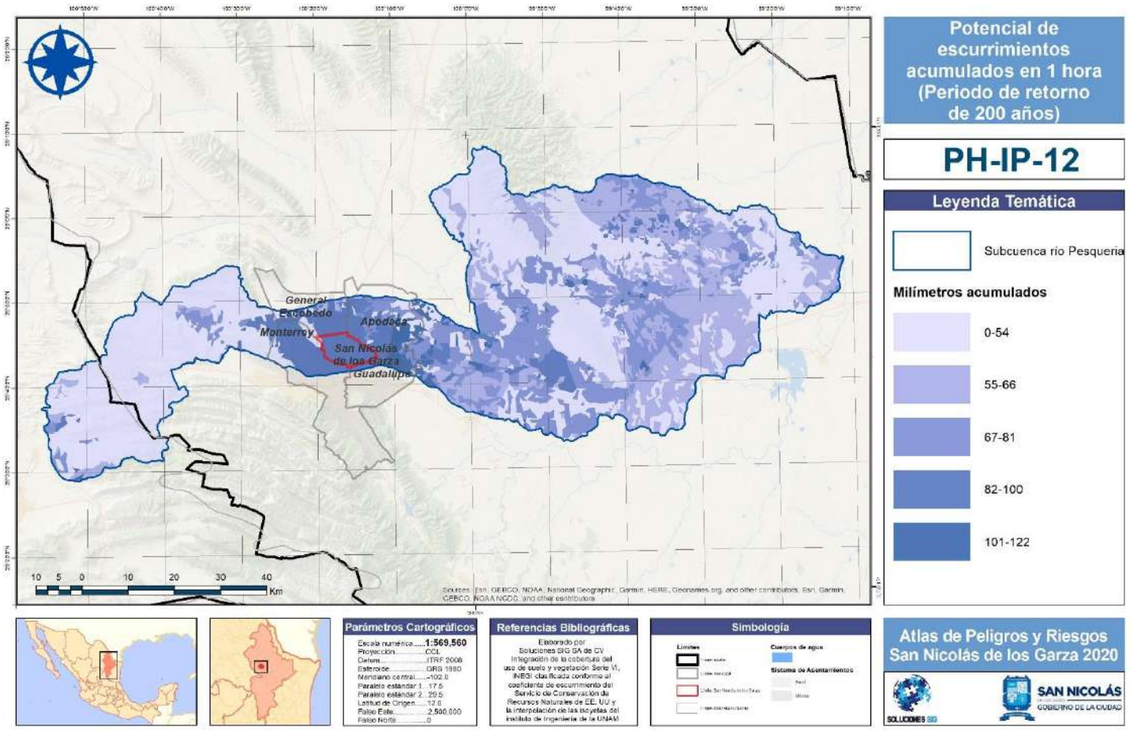
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.32 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 100 años la Subcuenca Río Pesquería*



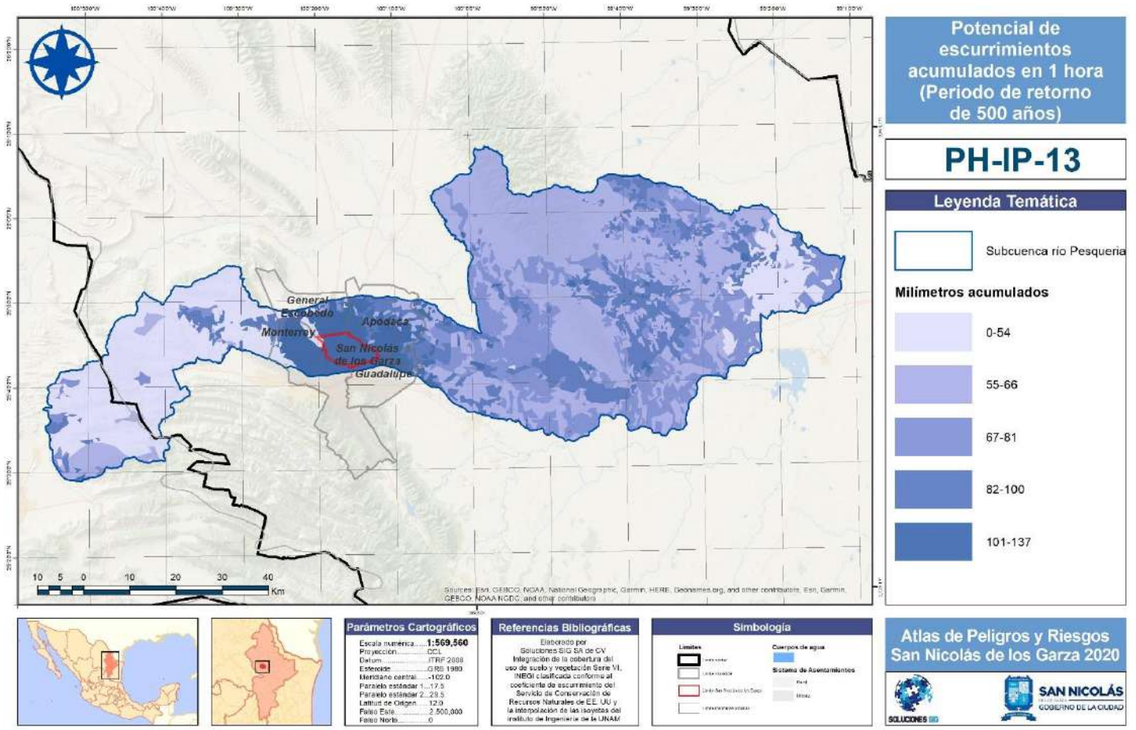
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.33 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 200 años la Subcuenca Río Pesquería*



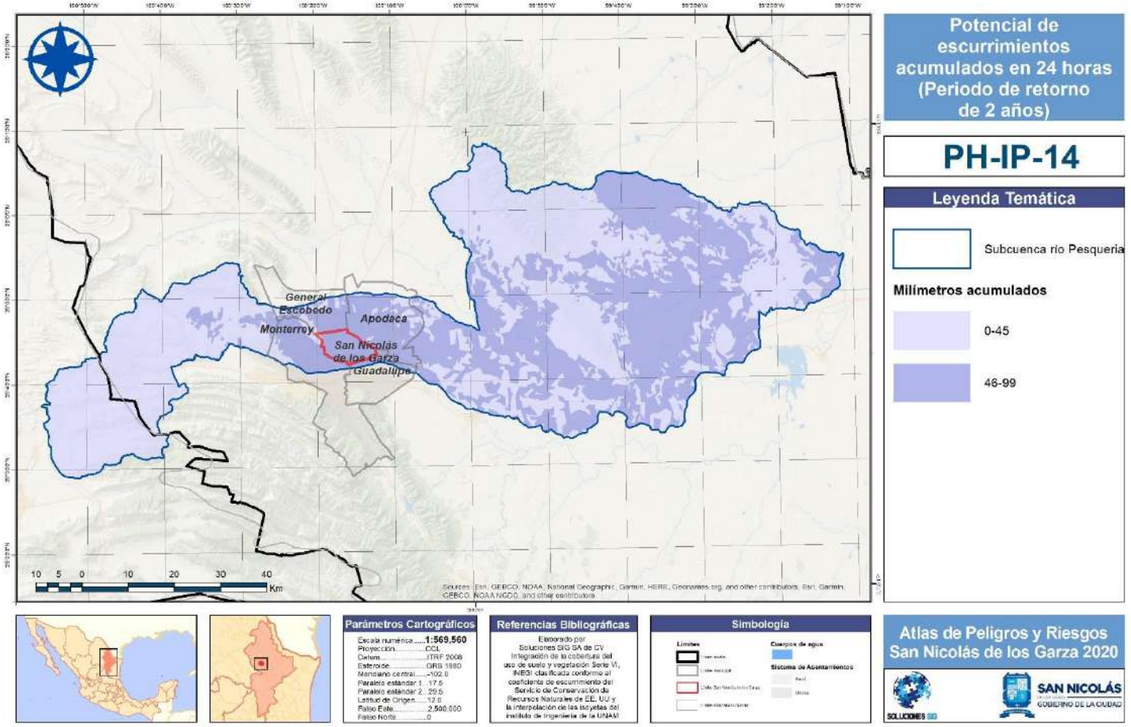
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.34 *Potencial de escurrimientos acumulados en 1 hora para un periodo de retorno de 500 años la Subcuenca Río Pesquería*



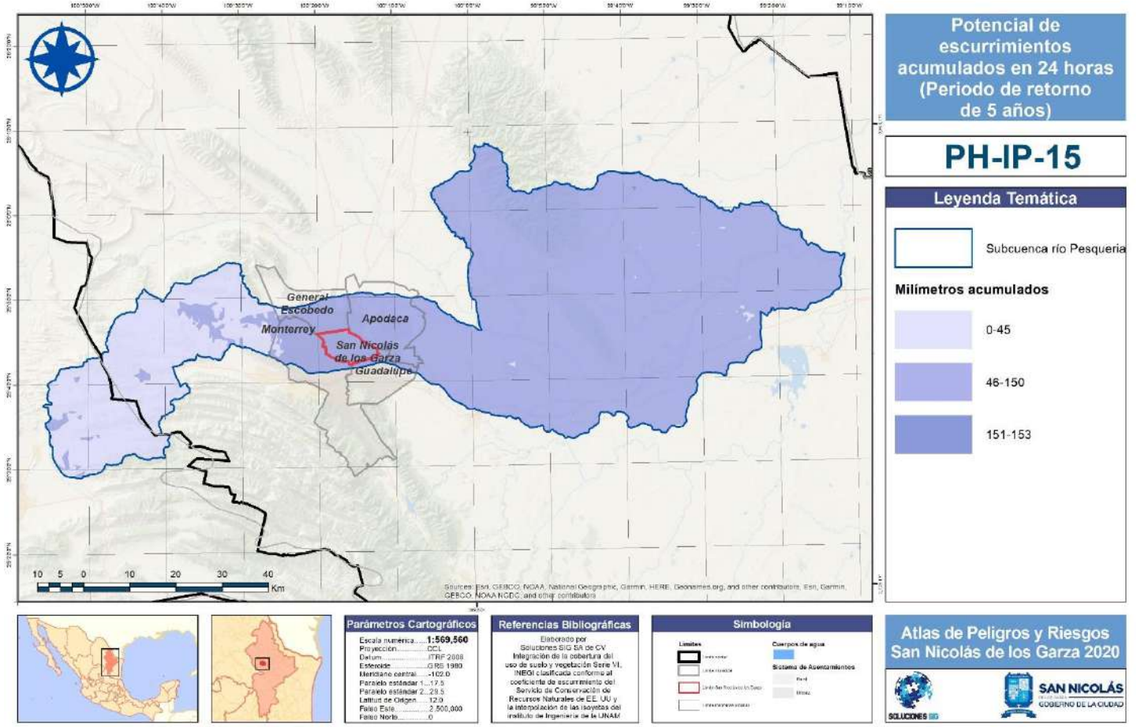
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.35 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 2 años la Subcuenca Río Pesquería*



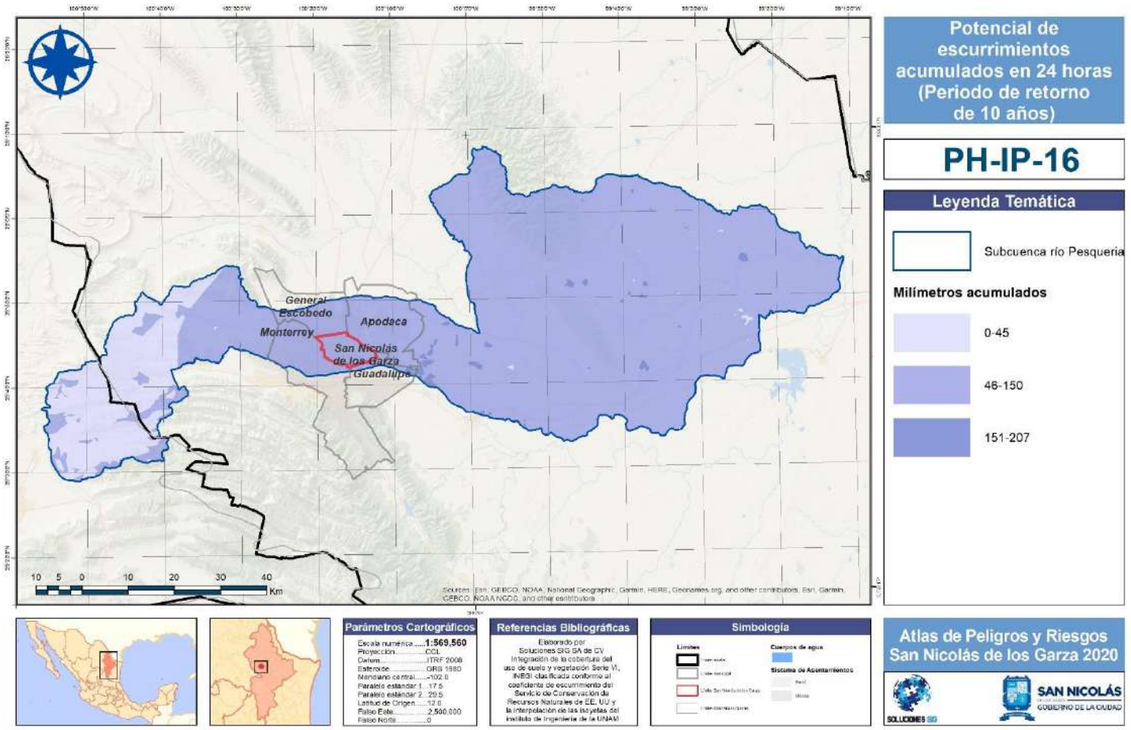
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.36 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 5 años la Subcuenca Río Pesquería*



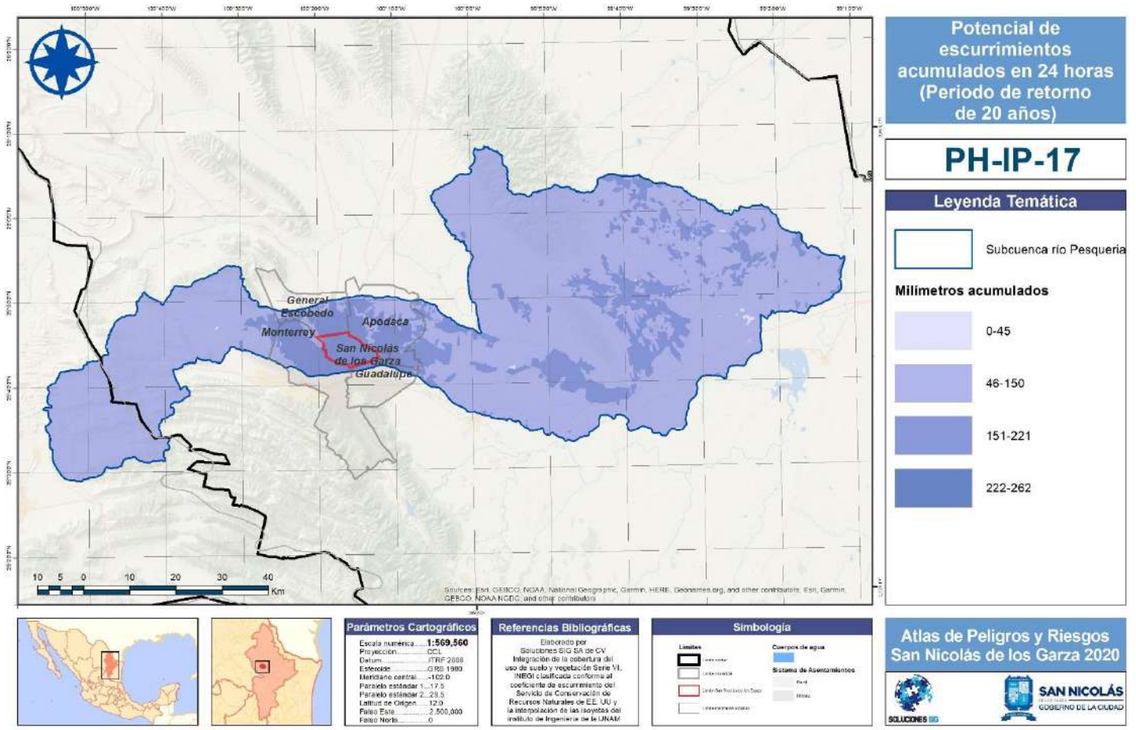
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.37 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años la Subcuenca Río Pesquería*



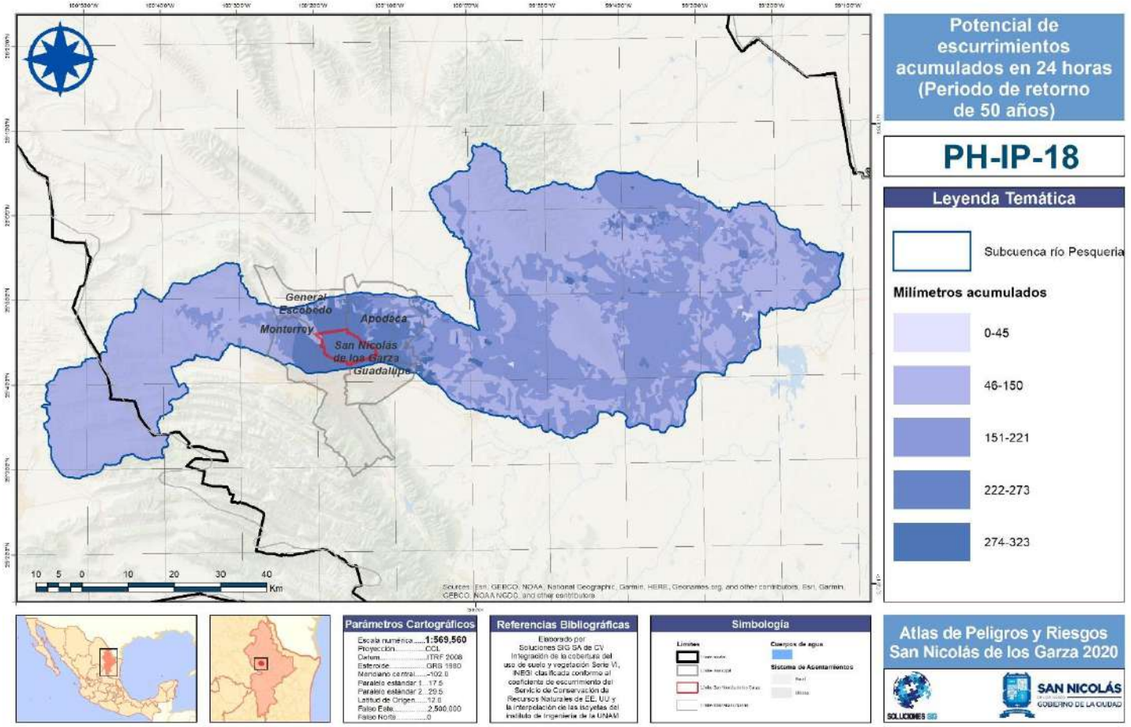
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.38 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años la Subcuenca Río Pesquería*



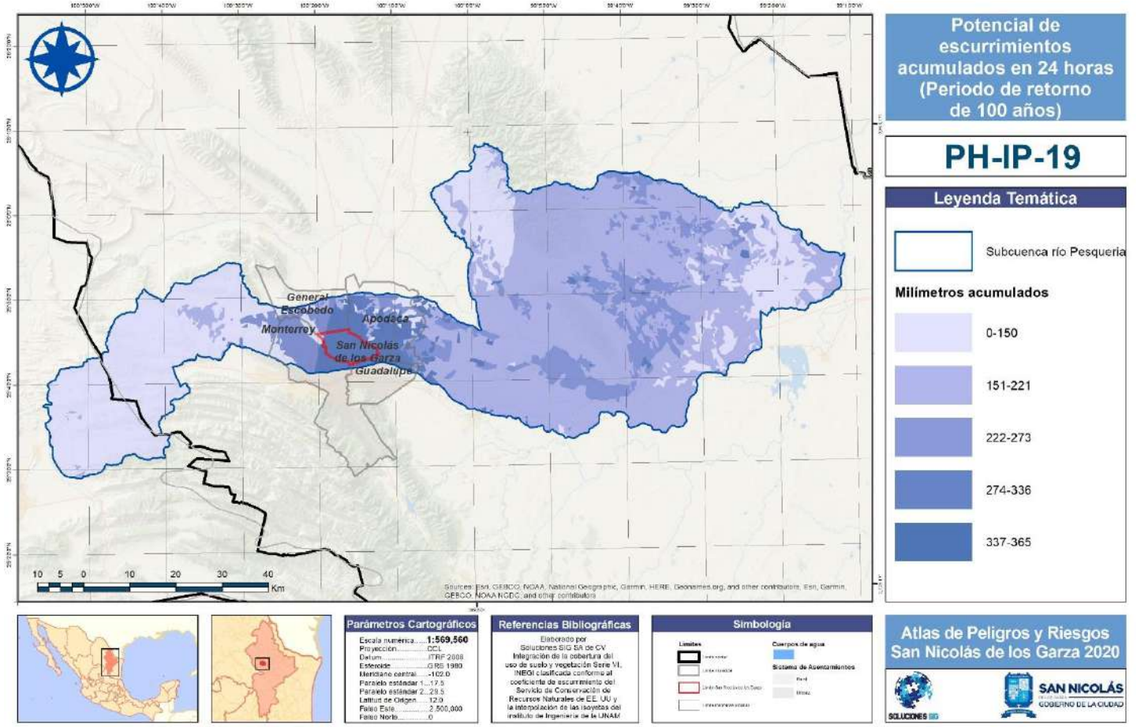
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.39 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 50 años la Subcuenca Río Pesquería*



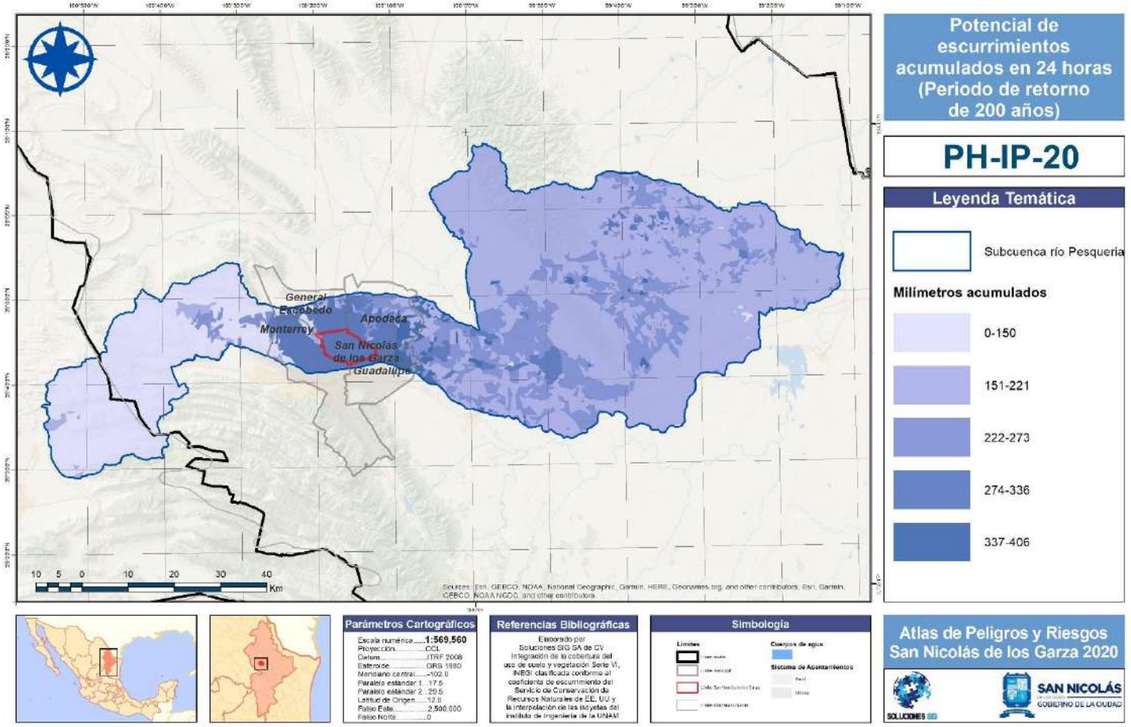
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.40 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años la Subcuenca Río Pesquería*



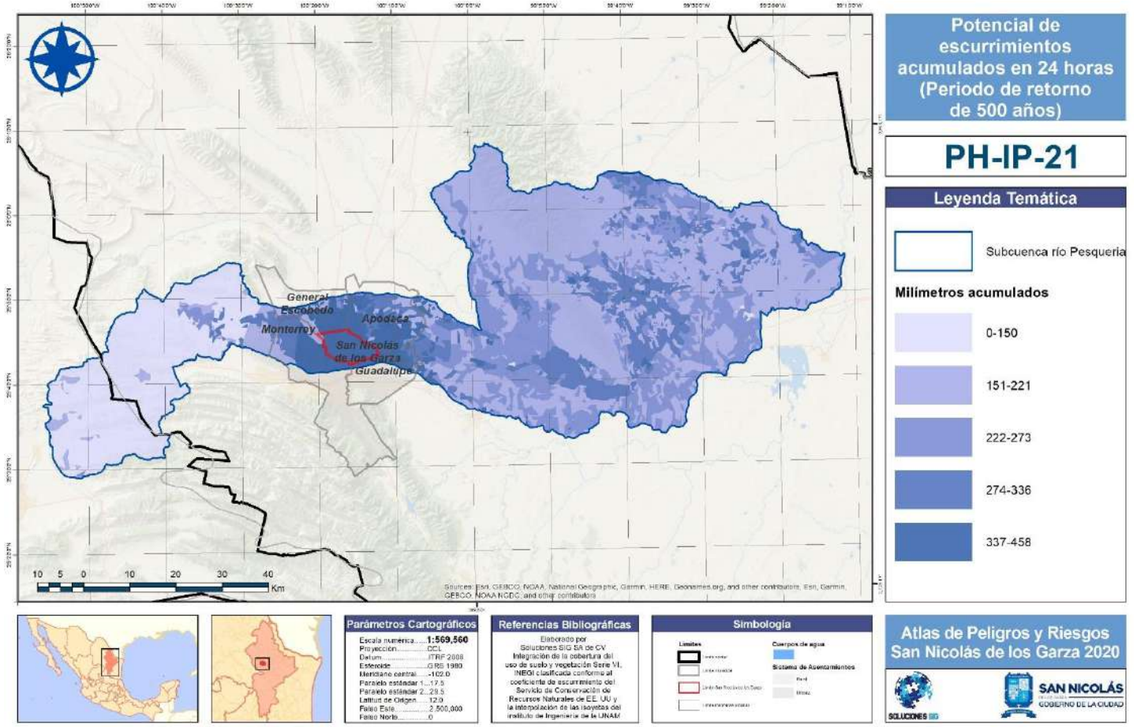
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.41 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 200 años la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

Mapa 2.42 *Potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para un periodo de retorno de 500 años la Subcuenca Río Pesquería*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, del Uso de suelo y Vegetación SIGMAOT, 2018, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016

iii. Identificación de zonas susceptibles al fenómeno

Las inundaciones pluviales, al ser producto de la acumulación de flujos superficiales asociados a precipitaciones intensas y a la capacidad de drenaje del territorio, tienen un componente topográfico muy importante, pues la identificación de zonas bajas donde confluye el agua es el principal elemento para definir zonas susceptibles al fenómeno. Ante la falta de datos clave sobre el drenaje artificial de las aguas precipitadas, el análisis de las inundaciones pluviales estrictamente se enfoca al reconocimiento de las zonas topográficas de acumulación y flujo, para identificar la susceptibilidad de la geomorfología al fenómeno.

En la identificación del fenómeno se empleó el Modelo Digital de Elevaciones compuesto de los modelos de Terreno LIDAR (de light detection and ranging) a 5 metros y un vuelo de superficie de 1 metro por 1 metro de resolución. Es significativo reconocer que los factores antrópicos de las inundaciones pluviales; red de drenaje artificial y redirección del flujo superficial del agua por infraestructura humana son elementos que condicionan el

comportamiento de los resultados presentados, no obstante, la susceptibilidad identificada reconoce la intensidad mediante condiciones geográficas, inherentes al contexto geográfico de la sociedad.

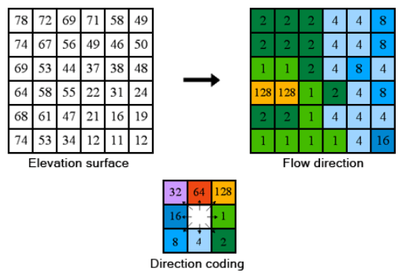
El análisis tiene como principio básico la topografía, por lo cual es necesario preacondicionar el terreno para generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) hidrológicamente correcto, que no tenga huecos de información, pues los huecos son un elemento que altera drásticamente los resultados de una modelación de flujo. Una vez preacondicionado el terreno con las herramientas de identificación y relleno de sumideros se procede a los siguientes procesos hidráulicos.

Dirección de Flujo

Primero, para definir las características hidrológicas hay que entender cómo se comporta el relieve en términos de drenaje, es decir, hacia donde vierten las aguas de cada celda en el MDE; esto es posible con la herramienta Dirección de flujo. "Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera, todas las celdas en el eje del ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie". (ESRI/ArcMap, 2016a)

"Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en Jenson and Domingue (1988)". (ESRI/ArcMap, 2016a).

Figura 2.13 *Dirección de Flujo*



Fuente*: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-direction-works.htm)*

"La dirección de flujo está determinada por la dirección del descenso más empinado, o la caída máxima, desde cada celda. Se calcula de la siguiente manera: maximum_drop = change_in_z-value / distance * 100

La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de celda es 1, la distancia entre dos celdas ortogonales es 1, y la distancia entre dos celdas diagonales es 1,414 (la raíz cuadrada de 2). Si el descenso máximo de varias celdas es el mismo, la vecindad se agranda hasta que se encuentra el descenso más empinado." (ESRI/ArcMap, 2016a). "Cuando se encuentra la dirección de un descenso más empinado, la celda de salida se codifica con el valor que representa esa dirección." (ESRI/ArcMap, 2016a)

"Si todos los elementos próximos son más altos que la celda de procesamiento, se considerará un ruido que se rellena con el valor más bajo de los elementos próximos, y tiene una dirección de flujo hacia esta celda. Sin embargo, si un sumidero de una celda está junto al borde físico del ráster o tiene como mínimo una celda NoData como vecino, no se rellena porque la información del vecino no es suficiente. Para que se considere como un sumidero verdadero de una celda, debe estar presente toda la información de vecino." (ESRI, 2016a).

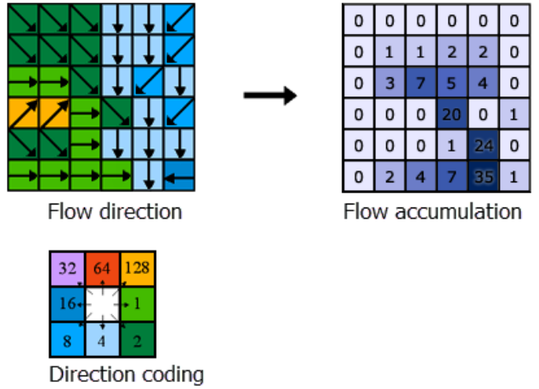
"Si dos celdas fluyen entre sí, se trata de sumideros que tienen una dirección de flujo indefinida. Este método que deriva una dirección de flujo de un Modelo Digital De Elevación (DEM) se presenta en Jenson and Domingue (1988)". (ESRI/ArcMap, 2016a).

Acumulación de Flujos

La acumulación de Flujo es un proceso que, mediante los datos agregados por la Dirección de Flujo define los valores necesarios para definir la red de escorrentías superficiales, es el siguiente paso a tomar para caracterizar el comportamiento hidráulico del relieve.

"La herramienta Acumulación de flujo calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. Si no se proporciona un ráster de peso, se aplica un peso de 1 a cada celda, y el valor de celdas en el ráster de salida es el número de celdas que fluye en cada celda." (ESRI/ArcMap, 2016b).En el siguiente gráfico siguiente, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de celdas que fluyen hacia cada celda. (ESRI, ArcMap, 2016b).

Figura 2.14 *Acumulación de Flujo*



Fuente*: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-accumulation-works.htm)*

Las celdas con una acumulación de flujo alta son áreas de flujo concentrado y pueden ser útiles para identificar canales de arroyos. Esto se analiza en Identificación de redes de arroyos. Las celdas con una acumulación de flujo de 0 son alturas topográficas locales y se pueden utilizar para identificar crestas. (ESRI/ArcMap, 2016b).

El resultado de la acumulación flujo, sujeta a una ecuación condicional arroja la escorrentía superficial del terreno con mayor o menor definición, pues va a depender del número de celdas confluyentes máximas de cada escorrentía, por ejemplo, si se desea obtener una red que identifique toda escorrentía generada a partir de 100 celdas de aportación, el valor condicional será 100, la ecuación, introducida en la Calculadora ráster es: Value > 100

Con la ecuación condicional obtenemos una red de escorrentías en formato ráster que clasifica el máximo de celdas aportadas a cada escorrentía definida. El siguiente paso para la definición de las inundaciones es la identificación del Orden de escorrentías para identificar la intensidad de flujo y acumulación del agua superficial.

Clasificación de Corrientes por Orden Shreve

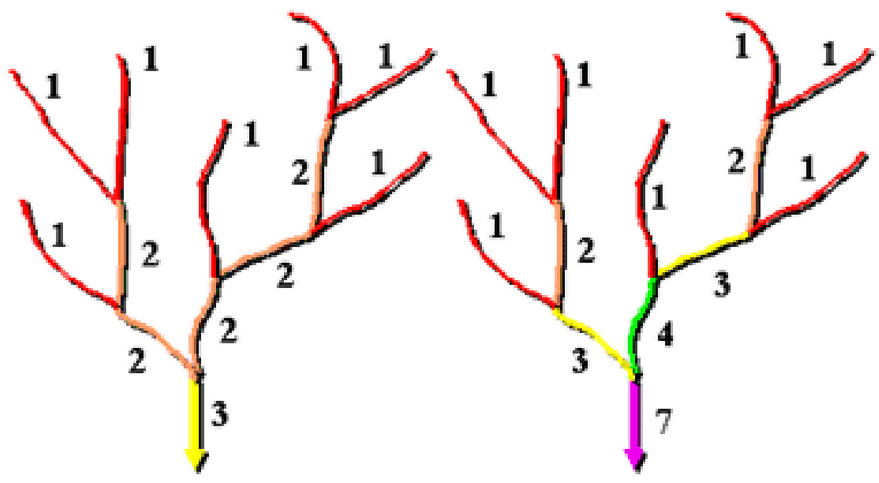
Una vez definida la red hidrográfica es indispensable clasificarla por orden, pues el orden de clasificación, ayuda a identificar la confluencia de arroyos, es decir, aquellas zonas no solo de mayor acumulación sino donde la confluencia de los ríos de diverso orden aporte más agua a los arroyos superficiales.

“La clasificación de arroyos es un método que asigna un orden numérico a los vínculos en una red de arroyos. Este orden es un método para identificar y clasificar los tipos de arroyos basado en la cantidad de afluentes. Se pueden inferir algunas características de los arroyos simplemente al conocer el orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“Por ejemplo, los arroyos de primer orden están dominados por un flujo de agua por tierra; no tienen un flujo concentrado de aguas arriba. Por esta razón, son más susceptibles a problemas de contaminación sin origen de punto y pueden obtener más beneficios de las zonas de influencia ribereñas amplias que de otras áreas de la cuenca hidrográfica.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“La herramienta Clasificación de arroyos tiene dos métodos para asignar órdenes. Estos son los métodos propuestos por Strahler (1957) y Shreve (1966).” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Figura 2.15 *Clasificación de Corrientes Strahler (Izquierda) y Shreve (Derecha)*



Fuente*: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-stream-order-works.htm)*

“En ambos métodos, siempre se asigna un valor de 1 a los segmentos de arroyo aguas arriba, o los vínculos exteriores.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Método de Strahler

“En el método de Strahler, se asigna un orden de 1 a todos los vínculos sin afluentes y se los conoce como de primero orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden. Por ejemplo, la intersección de un vínculo de primer orden y segundo orden no creará un vínculo de tercer orden pero mantendrá el orden del vínculo con el orden más alto.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“El método de Strahler es el método de clasificación de arroyos más conocido. Sin embargo, debido a que este método sólo aumenta el orden en las intersecciones del mismo orden, no tiene en cuenta todos los vínculos y puede ser susceptible a la adición o remoción de vínculos.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

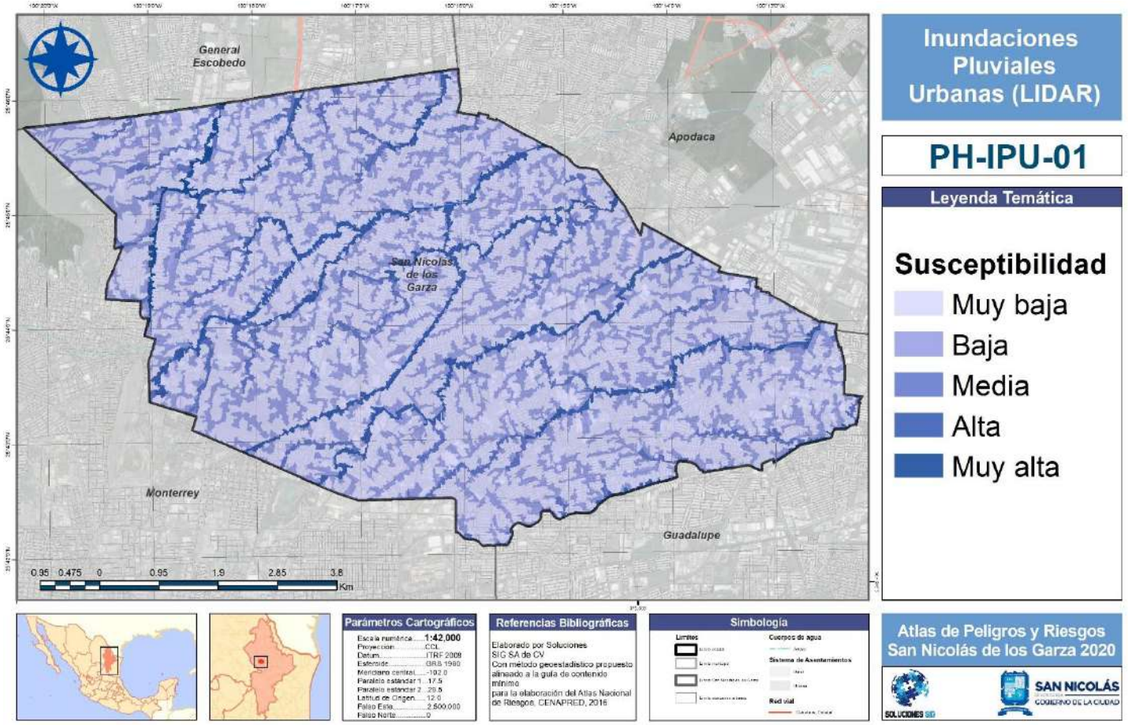
Método de Shreve

“El método de Shreve tiene en cuenta todos los vínculos en la red. Al igual que en el método de Strahler, a todos los vínculos exteriores se les asigna un orden de 1. Para todos los vínculos interiores del método de Shreve, sin embargo, los órdenes son aditivos. Por ejemplo, la intersección de dos vínculos de primer orden crea un vínculo de segundo orden, la intersección de un vínculo de primer orden y uno de segundo orden crea un vínculo de tercer orden, y la intersección de un vínculo de segundo orden y uno de tercer orden crea un vínculo de cuarto orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“Debido a que los órdenes son aditivos, los números del método de Shreve se conocen como magnitudes en lugar de órdenes. La magnitud de un vínculo en el método de Shreve es el número de vínculos de arroyos arriba.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

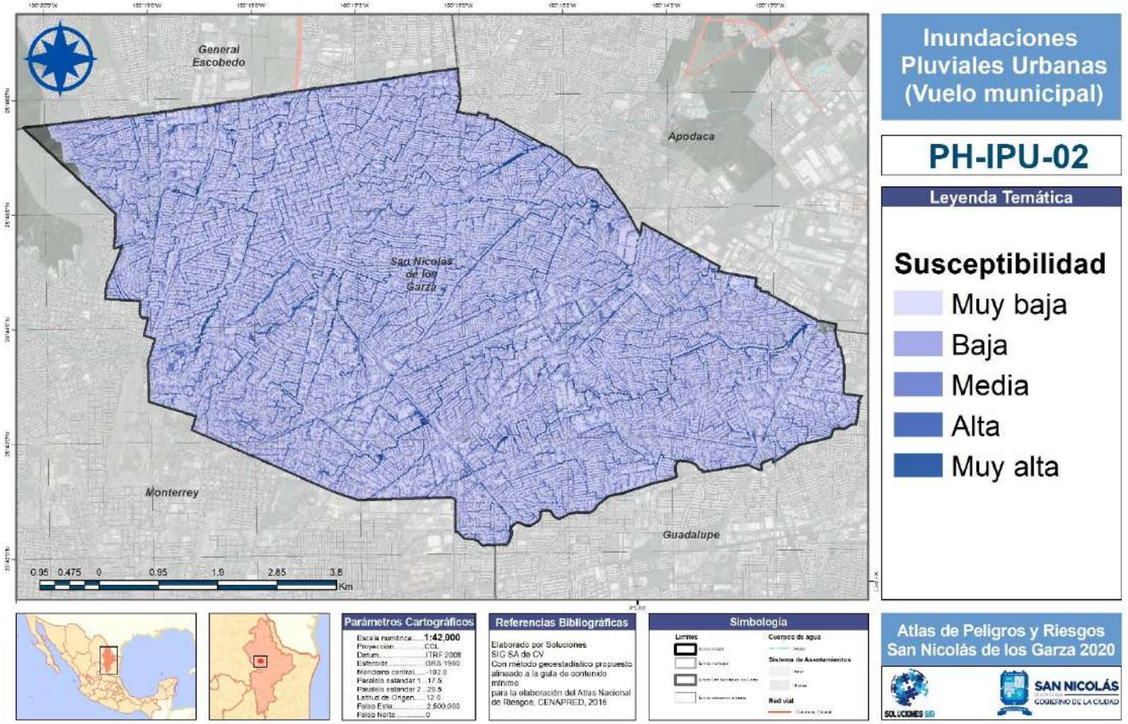
Se elaboraron dos modelos de los flujos superficiales del municipio, uno con la información de alta resolución tipo LIDAR y otro con el vuelo municipal de superficie de alta resolución con los procesos antes descritos como resultado se tienen los siguientes mapas que identifican el grado de susceptibilidad a inundaciones pluviales urbanas, como es posible apreciar el producto de una mejor resolución derivada del procesamiento con el Modelo Digital de Elevación de alta resolución de 1 metro por 1 metro integrada por la aportación del municipio otorga mayores especificaciones del comportamiento de los flujos superficiales en el territorio. En ambas cartografías las áreas identificas con tonalidad más oscura son las más susceptibles a acumular el agua, por tanto a generar encharcamientos o inundaciones en un acontecimiento de lluvia, la zona norte del municipio presenta altos y muy altos grados de susceptibilidad a este tipo de eventos.

Mapa 2.43 *Inundaciones Pluviales Urbanas (LIDAR)*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

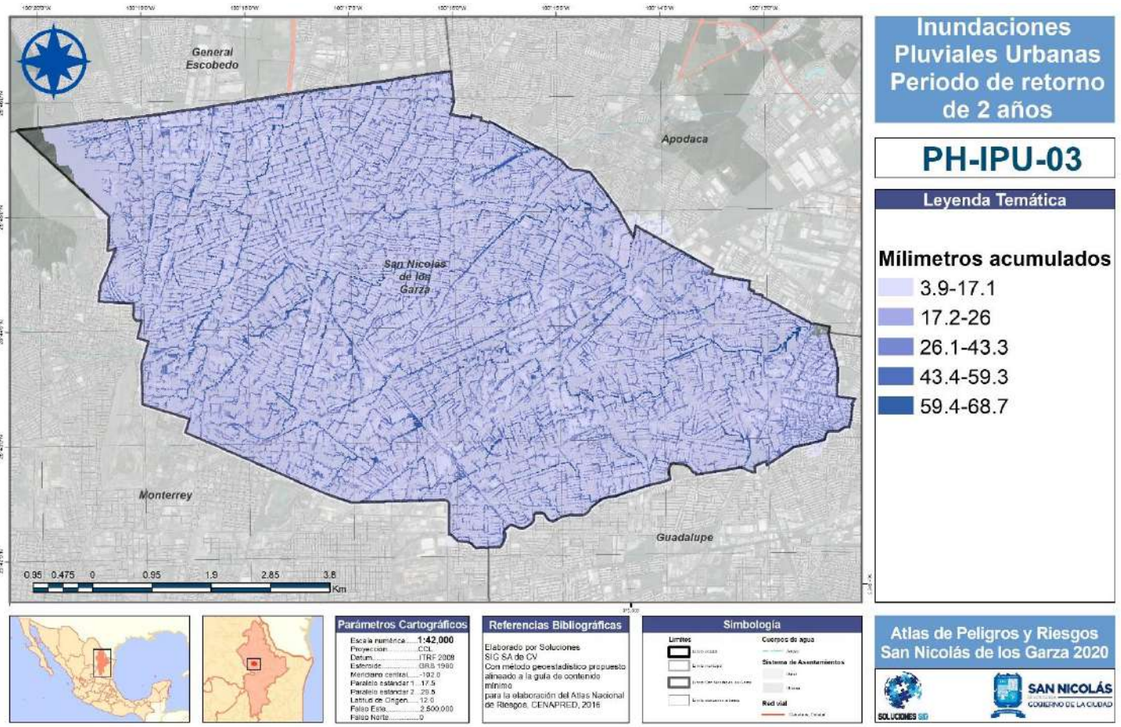
Mapa 2.44 *Inundaciones Pluviales Urbanas (vuelo municipal)*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

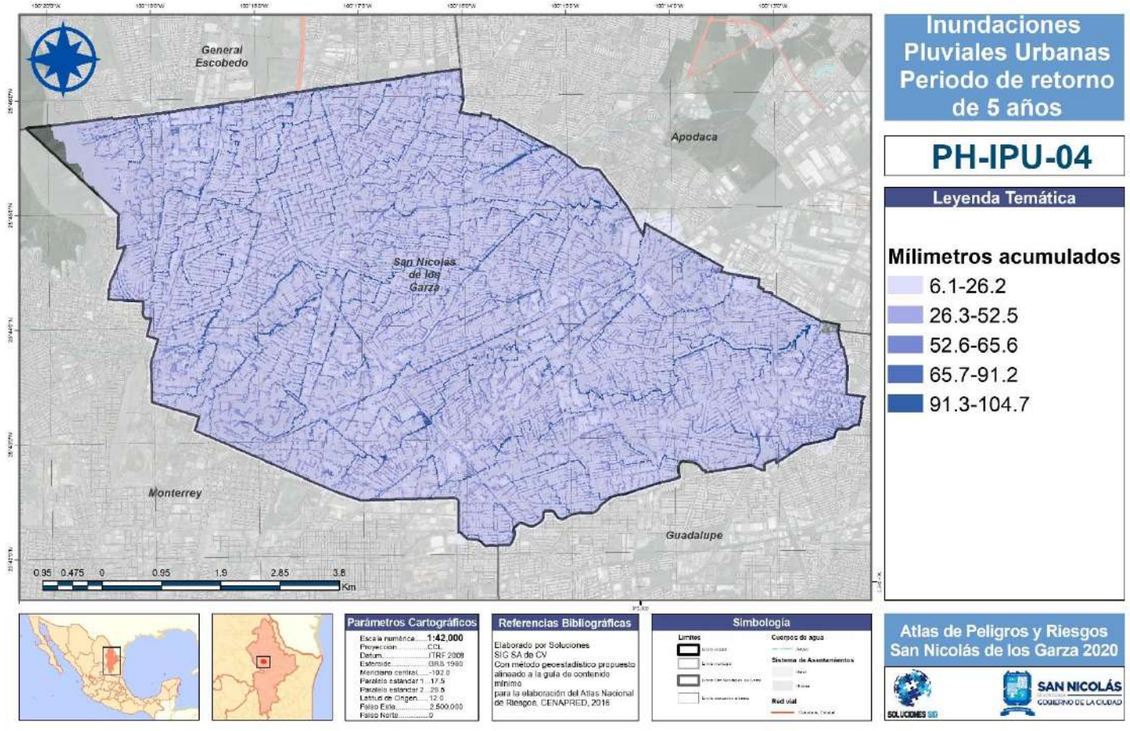
La modelación de flujos superficiales de mejor resolución se integró mediante algebra de mapas al análisis de precipitación producto de las isoyetas del instituto de ingeniería validadas por el CENAPRED en 2016 para ser empleadas en el análisis de peligros de inundaciones pluviales, junto con el análisis de potencial de escurrimientos acumulados en 24 horas para los periodo de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años como lo indica la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016, como resultado se obtienen los mapas de peligro por inundaciones pluviales urbanas para estos distintos periodos de retorno, los cuales se pueden visualizar a continuación y detallan los milímetros acumulados que los flujos superficiales podrían presentar en caso de eventos de precipitación.

Mapa 2.45 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 2 años*



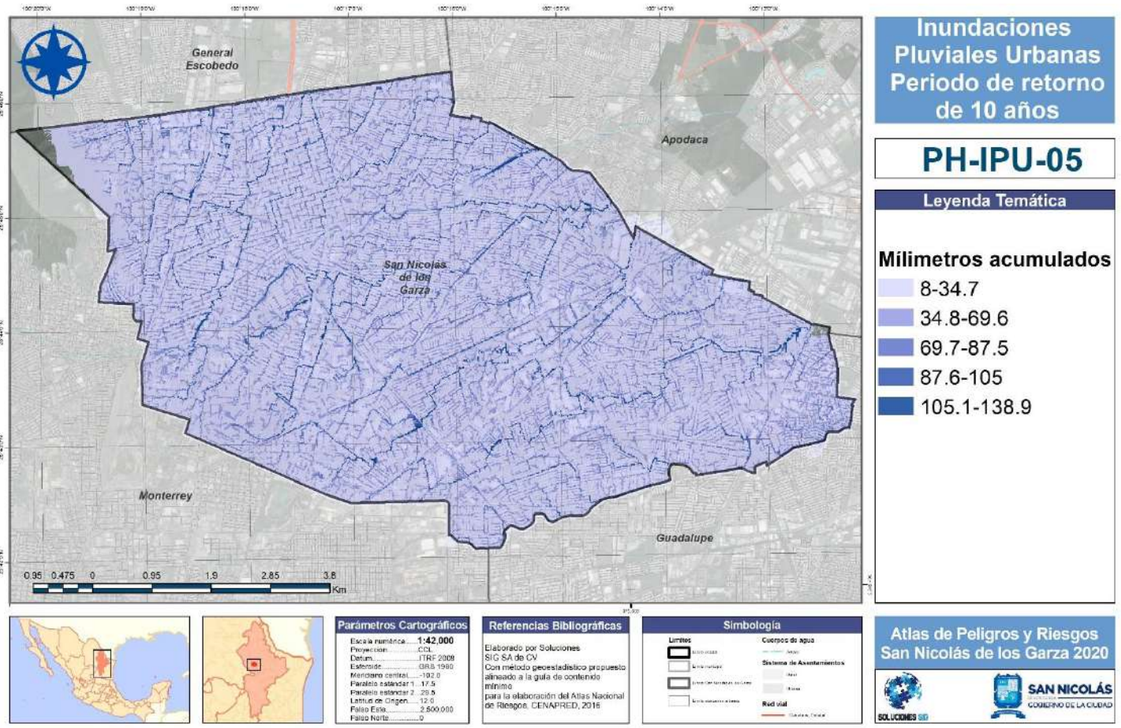
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.46 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 5 años*



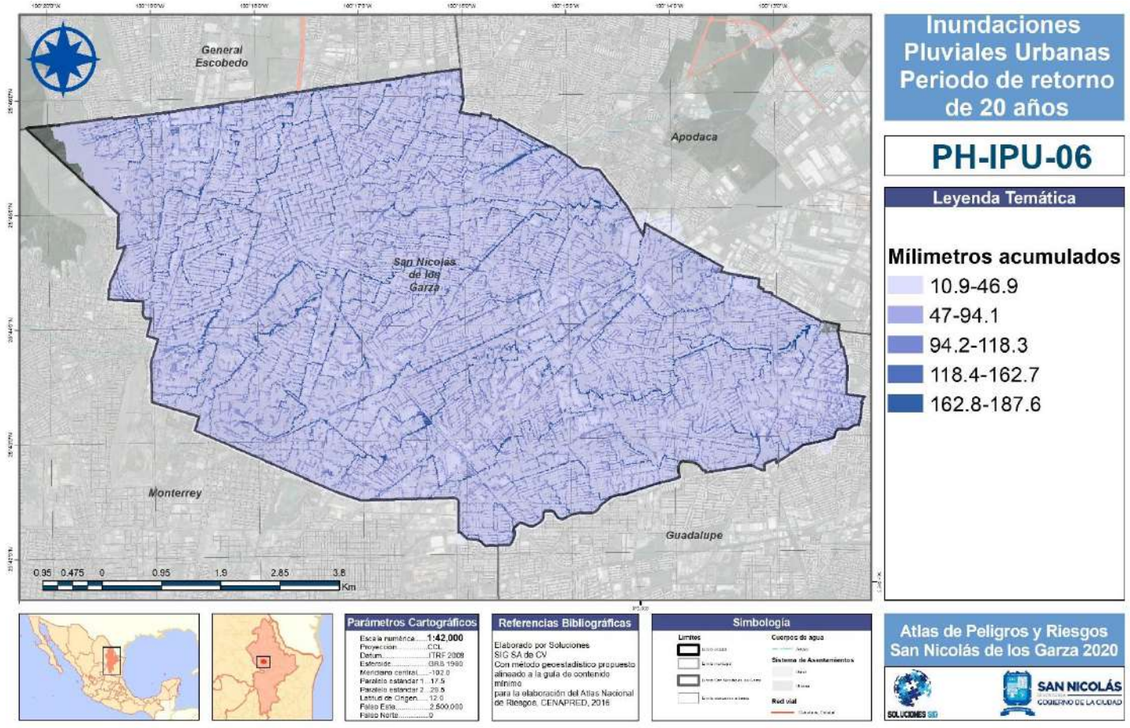
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.47 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 10 años*



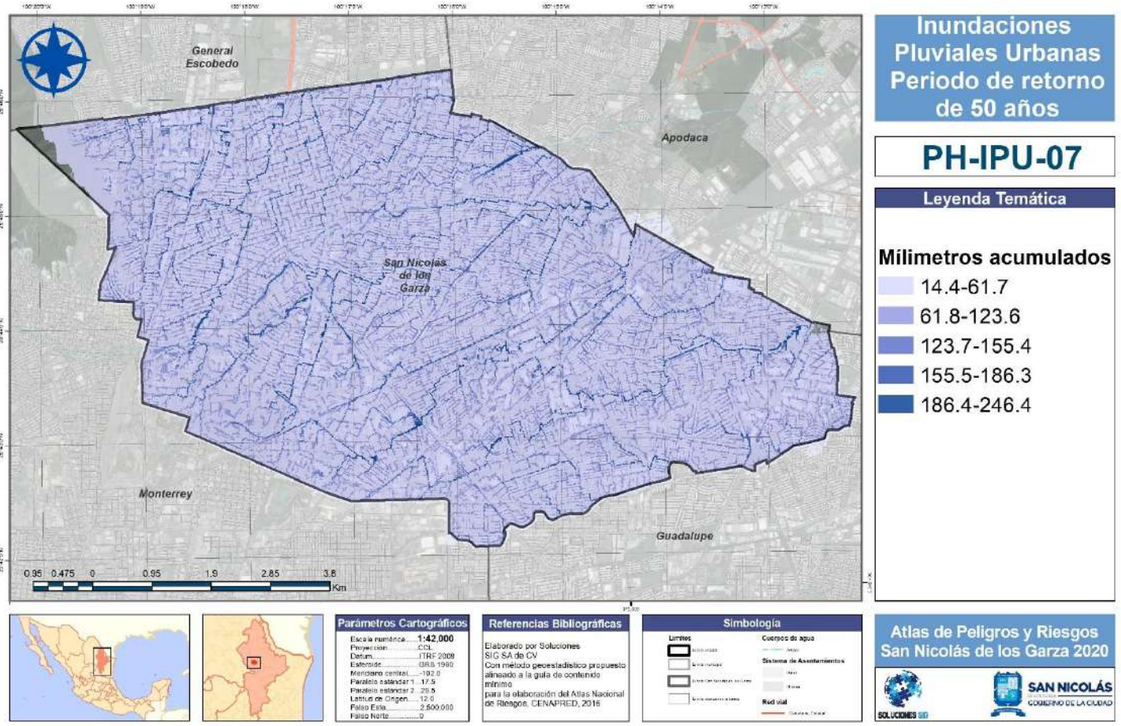
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.48 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 20 años*



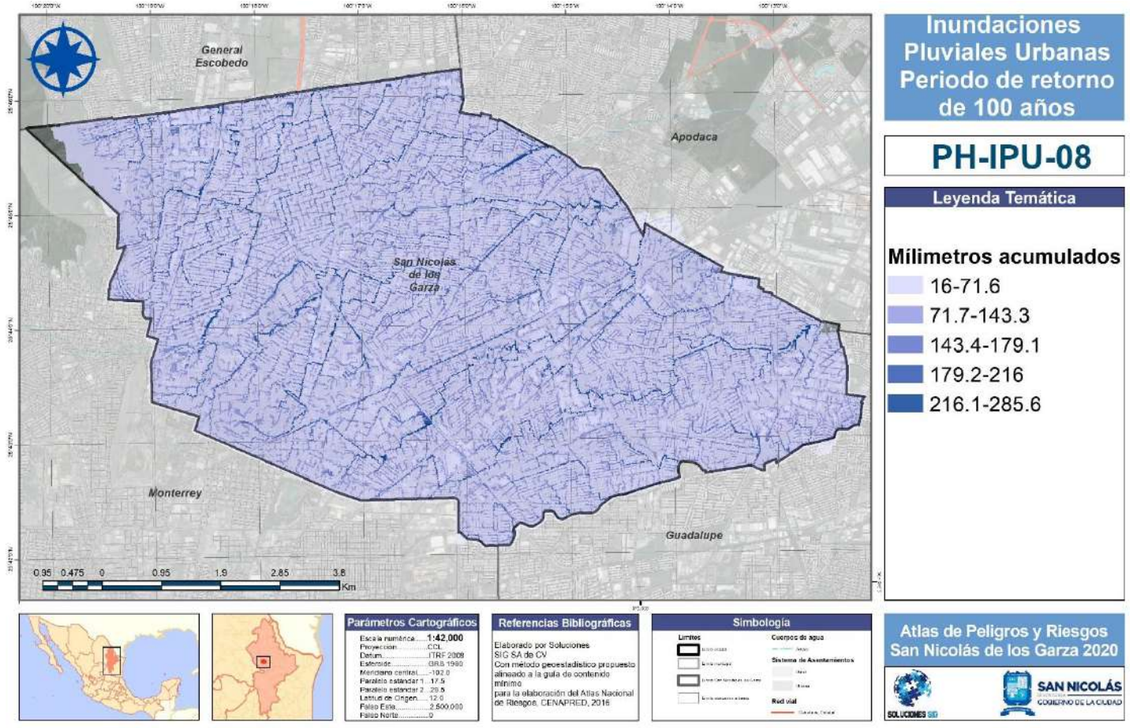
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.49 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 50 años*



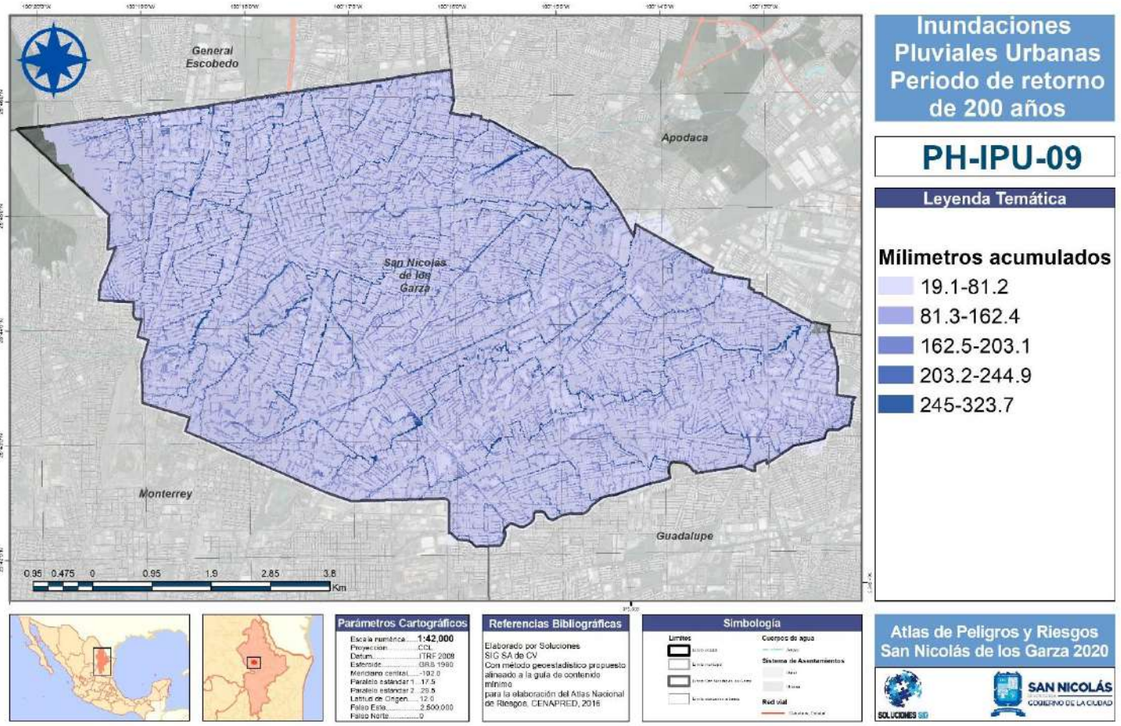
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.50 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 100 años*



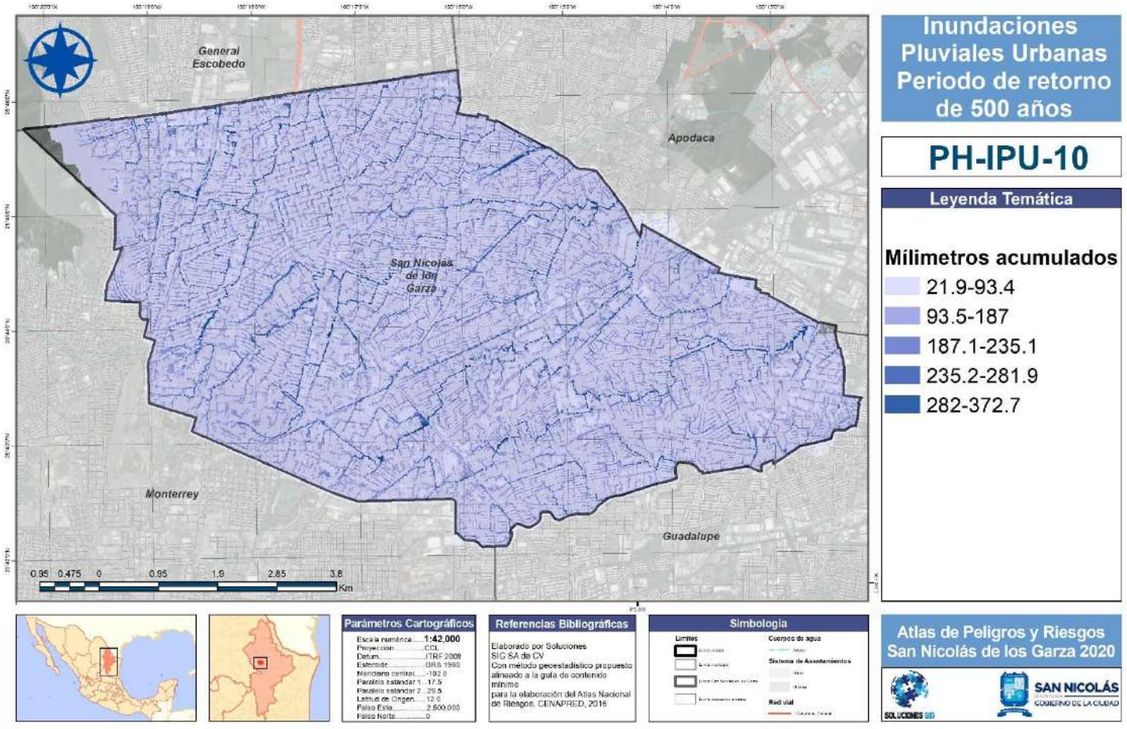
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.51 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 200 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.52 *Peligro de Inundaciones Pluviales Urbanas para un periodo de retorno de 500 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

b) Inundaciones Fluviales

Según los registros identificados por el personal de Dirección de Protección Civil de San Nicolás de los Garza, los sitios de mayor incidencia de los flujos superficiales derivados de los arroyos Topo Chico y Pinos se localizan principalmente en las colonias Las Puentes, Ciudad Universitaria, Cuauhtémoc Sector 1, Nova, Parques de Anáhuac, Valle de Las Puentes, Rincón de Los Álamos, Pradera de Santo Domingo, Margarita Salazar, Privada del Nogalar, Los Mezquites, Ampliación Villas Oriente, entre otras.

Desarrollo metodológico

Las inundaciones fluviales son el producto del comportamiento del flujo de las escorrentías sobre su cauce y las desviaciones que sufren las aguas por las lluvias que originan el flujo. La estimación del comportamiento de los flujos superficiales dentro del territorio municipal, lo que deriva en la identificación del potencial de inundaciones se desprende del análisis de una serie de Parámetros hidráulicos resultado de los estudios hidrológicos de diferentes instituciones como el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica ente de investigación mixto de titularidad compartida entre la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), con sede en la ciudad de Barcelona, España, el cual desde 2014 ha colaborado con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos de América (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Enegineers), Environmental System Reasearch Institute (ESRI) y de datos oficiales del municipio obtenidos de fuentes federales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como información local de diferentes dependencias gubernamentales del municipio, en especial Protección Civil y labores de trabajo en campo y gabinete de Soluciones SIG. El arroyo Topo Chico y Los Pinos son los cauces de mayor relevancia en el contexto municipal, en parte de ellos se procedió con el método de modelación de flujo dinámico; que a grandes rasgos se puede describir como el comportamiento sobre la topografía que tiene un flujo modelado a partir de una lluvia proyectada.

iv. Hidrograma unitario

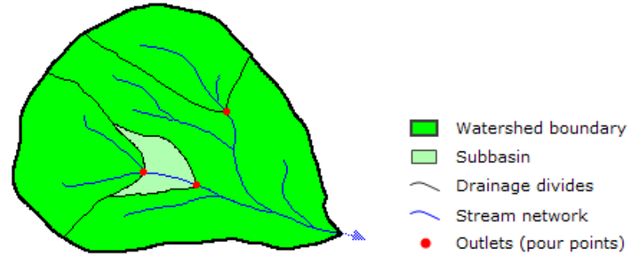
Un hidrograma unitario es la representación estadística que refleja el tiempo de drenado de una cuenca, ya que considera en razón de tiempo gasto la cantidad de agua que fluirá por los arroyos definidos en la superficie topográfica de una cuenca determinada. “Los hidrogramas unitarios son gráficos de líneas que determinan cuánta agua descargará la salida de un curso de agua en el transcurso de tiempo durante una tormenta predicha. Pueden crearse analizando el tiempo que tardan las precipitaciones en viajar por una cuenca hidrográfica hasta el curso de agua.” (ESRI/ArcGIS, 2018).

“Es indispensable la definición de las cuencas hidrográficas para poder establecer el análisis del flujo superficial del agua: para dicho efecto, se emplea la herramienta Watershed sobre la definición de escorrentías previamente identificada en el apartado de Inundaciones Pluviales.” (ESRI/ArcGIS, 2018).

Definir Cuenca Hidrográfica

“Una cuenca hidrográfica es el área de pendiente que contribuye con el flujo, generalmente agua, a una salida común como un drenaje concentrado. Puede ser parte de una cuenca hidrográfica más grande y también puede contener cuencas hidrográficas más pequeñas, denominadas subcuencas. Los límites entre las cuencas hidrográficas se denominan divisiones de drenaje. La salida, o punto de fluidez, es el punto en la superficie en el que el agua fluye fuera de un área. Es el punto más bajo a lo largo del límite de una cuenca hidrográfica.” (ESRI/ArcMap, 2016d).

Figura 2.16 *Componentes de una Cuenca Hidrográfica*



Fuente: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-watershed-works.htm)

“Las cuencas hidrográficas se pueden definir en base a un DEM al calcular la dirección del flujo y utilizarla en la herramienta Cuenca hidrográfica. Para determinar el área de contribución, primero se debe crear un ráster que represente la dirección del flujo con la herramienta Dirección de flujo.” (ESRI/ArcMap, 2016d).

Tomando en cuenta que el arroyo Topo Chico y Los Pinos representan los cauces de mayor relevancia en el territorio municipal, el análisis de las inundaciones fluviales detalló aún más la superficie de la zona estimada para el análisis de las inundaciones pluviales, la cual fue calculada considerando la red hidrográfica del INEGI y las subcuencas definidas por el INEGI, INECC y la CONAGUA en 2007, por tanto en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) compuesto de los modelos de Terreno LIDAR (de light detection and ranging) a 5 metros (con una mayor resolución espacial por información por pixel) adquirido del INEGI, e información adquirida por el municipio, quien proporcionó una imagen de alta resolución con 1 metro por 1 metro de información, con esta información se realizó un Modelo Digital de Elevación, y se aplicó la herramienta hidrológica “relleno de sumideros (fill)”, “dirección de flujo (flow accumulation)” (que en el siguiente apartado serán detalladas) y “cuenca (basin)” con lo que se detalla con mayor precisión una microcuenca de análisis que considere el área de influencia de la zona de mayor captación del arroyo Topo Chico y Los Pinos en el municipio.

“Después, deberá introducir las ubicaciones para las que desea determinar el área de cuenca. Las ubicaciones de origen pueden ser entidades, como diques o escalas hidrométricas, para las que desea determinar las características del área de contribución. También puede utilizar un umbral de acumulación de flujo. Cuando el umbral se utiliza para definir una cuenca hidrográfica, los puntos de fluidez para la cuenca hidrográfica serán los cruces de una red de arroyos derivados de la acumulación de flujo. Por lo tanto, se debe especificar un ráster de acumulación de flujo y la cantidad mínima de celdas que constituyen un arroyo (el valor de umbral).” (ESRI/ArcMap, 2016d).

“El siguiente paso es determinar cuánto tiempo tarda el agua en llegar a la salida, lo que permitirá predecir mejor en qué momento se producirá la inundación durante un hipotético evento de precipitaciones. Para determinar el tiempo que tarda el agua en fluir hasta un punto determinado, necesitamos determinar primero con qué velocidad se mueve. Calcularemos la velocidad del agua en movimiento gracias a un campo de velocidad, otro tipo de capa ráster. Existen muchos tipos de campos de velocidad y se pueden calcular con una amplia variedad de ecuaciones matemáticas. Crearemos un campo de velocidad variable espacialmente, pero invariable en el tiempo y la descarga. Esto significa que nuestro campo de velocidad se basará en las siguientes suposiciones:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

1. La velocidad se ve afectada por componentes espaciales tales como la pendiente y la acumulación de flujo (variables espacialmente).

2. La velocidad en una ubicación dada no cambia con el paso del tiempo (invariable en el tiempo).

3. La velocidad en una ubicación dada no depende del caudal de agua de la ubicación (invariable en la descarga).

“En realidad, la velocidad podría ser variable en el tiempo, además de variable en la descarga. Sin embargo, la incorporación de estas variantes requeriría datasets adicionales que quizá no estén disponibles y requeriría técnicas de modelado que quizá no pueden replicarse en el entorno SIG. El campo de velocidad variable espacialmente e invariable en el tiempo y la descarga arrojará resultados por lo general exactos, aunque es importante recordar que cualquier método siempre será una aproximación de los fenómenos observados.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“Usaremos un método de creación de campos de velocidad propuesto por primera vez por Maidment y otros (1996). En este método, se asigna a cada celda del campo de velocidad una velocidad basada en la pendiente local y el área de la cuenca contribuyente (el número de celdas que fluyen hacia esa celda, o acumulación de flujo). Se basan en la siguiente ecuación:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

V = Vm * (sbAc) / (sbAcm)

“Donde V es la velocidad de una celda individual con una pendiente local de s y un área de cuenca contribuyente aguas arriba de A. Los coeficientes b y c pueden determinarse mediante calibración, un método estadístico que afina los parámetros de modelo de modo que los datos predichos sean lo más cercanos posible a los datos observados. En este escenario, usaremos el valor recomendado del método, que es b = c = 0,5. Vm es la velocidad media de todas las celdas de la cuenca hidrográfica. Supondremos una velocidad media de Vm = 0,1 m/s. Por último, sb Acm es el término medio de pendiente-área en toda la cuenca hidrográfica. Para evitar resultados poco realistas, demasiado rápidos o lentos, estableceremos límites para las velocidades mínima y máxima. El límite inferior será de 0,02 metros por segundo, mientras que el límite superior será de 2 metros por segundo.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

El siguiente paso es la definición del término pendiente-área, para dicho fin es indispensable calcular la pendiente del terreno con base en un Modelo Digital de Elevaciones. “Una vez generada la capa ráster tanto para la pendiente como para el área de acumulación de flujo, calcularemos una nueva capa ráster que las combine. La capa mostrará el término pendiente-área (el valor sb Ac de la ecuación de Maidment y otros). La ecuación para la definición del término área-pendiente es la siguiente:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Raiz cuadrada (Pendiente) * Raiz cuadrada (Acumulación de flujo)

“El motivo por el que averiguaremos la raíz cuadrada de la pendiente y la acumulación de flujo es que usaremos los coeficientes recomendados (b = c = 0.5) de Maidment y otros. Un coeficiente de 0,5 equivale a la raíz cuadrada del valor. Ahora que ya disponemos del término pendiente-área, podemos calcular un campo de velocidad a partir de la siguiente ecuación:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

V = Vm (sb Ac) / (sb Acm) (1)

“Como ya dijimos, Vm es la velocidad media de todas las celdas de la cuenca hidrográfica. Usaremos un valor medio supuesto de Vm = 0,1, el recomendado por Maidment y otros. Del mismo modo, sb Acm es el término medio de pendiente-área en toda la cuenca hidrográfica. Dado que hemos calculado el término de pendiente-área de la cuenca, podemos determinar la media exacta en lugar de basarnos en un valor supuesto.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Definido el campo de velocidad para cada cuenca hidrográfica, se aplica la formula descrita en el párrafo anterior mediante la siguiente ecuación:

0.1 * ("Término área-pendiente" / [Media Término área-pendiente])

“La capa ráster obtenida es un campo de velocidad, pero sus velocidades máxima y mínima son poco realistas. Por ejemplo, algunos valores del campo presentan una velocidad de 0 metros por segundo, algo improbable durante un evento de precipitaciones extremas. Además, el valor máximo de aproximadamente 7,5 metros por segundo es poco realista incluso en una inundación grave. Limitaremos los valores de velocidad con un límite inferior de 0,02 metros por segundo y un límite superior de 2 metros por segundo mediante el proceso Condicionante para las estructuras ráster.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“El siguiente paso para la definición de las inundaciones es la generación de un mapa isócrono cuya función es cartografiar el tiempo que tarda en alcanzar una ubicación determinada desde cualquier punto de un área. Para crear el mapa isócrono, se necesita primero una cuadrícula de peso. El resultado será un mapa que muestre el tiempo que tarda el agua en llegar a la salida, ese valor se reclasificará y obtendremos nuestro mapa isocrónico.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“El tiempo de flujo se calcula con una ecuación relativamente simple: la longitud que debe recorrer el agua, dividida entre la velocidad a la que fluye. Aunque ya sabemos a qué velocidad fluye el agua gracias a su campo de velocidad, desconocemos la longitud de flujo. Para determinar la longitud de flujo, necesitamos dos variables: dirección del flujo (que conocemos) y peso (que no conocemos). El peso, respecto del caudal, representa la impedancia. Por ejemplo, el agua tarda más en fluir por suelo forestal que al resbalar sobre una superficie rocosa lisa, dado que se ve obstaculizada por el terreno. Aunque calcular el peso podría parecer difícil sin contar con datos detallados del terreno, es posible derivar una ecuación para calcularlo a partir de las dos ecuaciones siguientes para determinar el tiempo de flujo:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Flow time [T] = Flow Length [L] / Velocity [LT-1] (1)

Flow time [T] = Flow Length [L] * Weight [L-1T] (2)

Al combinar estas ecuaciones, se obtiene una nueva ecuación:

Peso [L-1T] = 1 / Velocity [LT-1] (3)

“De este modo, es posible determinar el peso a partir de nuestra capa de campo de velocidad. Más adelante, usaremos la capa de cuadrícula de peso junto con su capa de dirección de flujo para determinar la longitud y el tiempo de flujo.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Así es como para el cálculo del peso se realiza la siguiente ecuación en algebra de mapas:

1/Campo de velocidad condicionada

“El siguiente es emplear la herramienta Longitud de flujo. Aunque esta herramienta, como sugiere su nombre, calcula normalmente la longitud de flujo, cuenta con un parámetro opcional para incluir un ráster de peso. Si se incluye un ráster de peso, la herramienta calcula en su lugar el tiempo de flujo.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Si se emplea la herramienta Longitud de Flujo con la capa de Dirección de Flujo y asignando el peso con la capa obtenida previamente, la herramienta arroja el mapa de tiempo de flujo hasta la salida de la cuenca.

“La capa ráster de tiempo de flujo contiene un número ingente de valores únicos, lo que hace que el análisis posterior sea complicado y engorroso. Para facilitar las cosas, reclasificaremos la capa de tiempo de flujo en zonas isócronas.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“Una isócrona es una línea de contorno que pasa por todos los puntos que presentan aproximadamente el mismo tiempo de desplazamiento hasta la salida de la cuenca. Definiremos isócronas a intervalos de tiempo iguales de 1800 segundos (o 30 minutos). Con este intervalo, cada celda de la primera zona isócrona requerirá aproximadamente 1800 segundos en alcanzar la salida, cada celda de la segunda zona isócrona requerirá 3600 segundos, y así en adelante. Más tarde usaremos estos intervalos de tiempo como la ordenada de su hidrograma unitario.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Reclasificaremos el mapa resultante en intervalos de 30 minutos (1800 segundos) con el fin de que ésta sea la unidad en común para la definición de los hietogramas y su final cruce en hidrogramas de flujo.

Los datos obtenidos nos arrojan una tabla, la cual, al calcular el área de cada isócrona nos da los datos suficientes para estimar el valor del hidrograma unitario.

El cálculo del área recorrida por cada unidad de tiempo seleccionada se describe con la ecuación:

Área calculada/segundos de isócrona (1800)

Con la ecuación anterior se tiene un diagrama que aumenta en el tiempo y que representa la cantidad de lluvia en metros cuadrados sobre unidad de tiempo, cada 1800 segundos y que identifica la capacidad de drenaje de la cuenca en su totalidad, con esta información se puede estimar mediante el método de integración un hidrograma de flujo, pues con estos datos es posible estimar la relación entre la capacidad de la cuenca para drenar y la cantidad de precipitación de ingreso. Por lo que el siguiente paso es la modelación de las lluvias proyectadas por cada cuenca.

Las zonas azules son donde se acumula el agua y las verdes son donde escurre, ya que el periodo para que se acumule es mayor, por tanto las áreas identificadas en azul definen zonas susceptibles a inundaciones o encharcamientos.

[2] Alternating block method, chow et al. 1994

v. Hietogramas de Diseño de Precipitaciones proyectadas

El Hietograma de diseño refleja la distribución de la intensidad de las precipitaciones en función del tiempo, para conocer el comportamiento de las precipitaciones en minutos de varias horas en distintos periodos de retorno, no solo del dato de la precipitación máxima para determinado tiempo con un periodo de retorno dado en milímetros.

Para calcular los hietogramas se utilizó el Programa de distribución de lluvia por bloques alternados[2] del instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica, en el cual se estimó el tipo de curva intensidad-duración-frecuencia, según la dirección General de Carreteras, tomando como parámetros hidráulicos el dato de precipitación máxima en milímetros resultado del potencial de escurrimiento para cada periodo de retorno analizado (la integración de las isoyetas calculadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el coeficiente de escorrentía o número de curva del uso de suelo más actual) y el Factor Regional (FR) correspondiente al municipio tomado del “Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana” del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con la siguiente función:

$$I_{(mm/h)} = \frac{P_{24(T)}}{24} * FR^{\frac{28^{0.1} - D_{(h)}^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Precipitación acumulada en 24 horas (Pd) : Los datos de precipitación se obtuvieron de la integración de las isoyetas de precipitación calculadas para diferentes periodos de retorno por el instituto de Ingeniería de la UNAM y validadas por el CENAPRED en 2016 para ser incluidas en los atlas de riesgos de nuestro país y el coeficiente de escorrentía o número de curva del uso de suelo más actual, dicha información se interpoló en un SIG por el método “Topo to Raster”, se observó la precipitación máxima de la microcuenca de análisis y se tomaron los valores de lluvia acumulada en 24 horas.

Duración de lluvia (D): La duración de la lluvia de diseño debe ser similar a la duración total del drenaje de la cuenca en el hidrograma unitario; es decir la isócrona máxima resultante en el análisis previo.

Intervalos de tiempo del hietograma, es decir de cada cuántos minutos queremos obtener el dato de precipitación, y en consecuencia el bloque del hietograma

Los intervalos de tiempo del Hietograma van a ser equivalentes a los intervalos con los cuáles se construyó el hidrograma unitario, para este estudio es equivalente a 1800 segundos, es decir 30 minutos. Es de vital importancia que estos valores sean los mismos, pues de lo contrario sería imposible integrar los valores para la creación de un Hidrograma de Flujo.

Factor Regional: Integrado como el coeficiente que caracteriza la intensidad de precipitación de la zona de la que queremos obtener el hietograma. El factor regional se obtuvo de un reciente trabajo del Instituto de Ingeniería de la UNAM denominado “Análisis Regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana”. En dicho trabajo se establecen los Factores Regionales para las grandes zonas hidrológicas de la República Mexicana para distintos periodos de retorno; fue así como se identificó el parámetro necesario para la modelación de la precipitación.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, publico en el año 2018, este estudio donde se elaboraron análisis regionales a partir de la información de 2,293 pluviómetros, lo que permite estimar precipitaciones de diseño (asociadas a diversos periodos de retorno) para distintas duraciones; se presenta también un procedimiento que utiliza series sintéticas para la validación de las zonas homogéneas mediante la comparación de los coeficientes de variación históricos y sintéticos. Al hacer el análisis regional se logran resultados espacialmente consistentes, evitando las inconsistencias que se obtienen cuando se analiza cada estación individualmente. Los resultados obtenidos permiten estimar hietogramas de diseño para distintos intervalos de tiempo y distintas duraciones totales de la tormenta, utilizando el método de bloques alternos (Chow, Maidment & Mays, 1988), para cualquier cuenca de la República. Se analizaron los datos de un total de 2293 estaciones de la base de datos Climate Computing Project (CLICOM).

Se tomaron en cuenta estaciones operando por al menos 20 años y con la información completa en ese periodo de registro. Para cada una de las estaciones se obtuvieron los valores diarios máximos anuales y se calcularon los estadísticos: media, desviación estándar, coeficiente de variación (CV), además del valor máximo y valor mínimo.

Se elaboraron relaciones precipitación -duración-período de retorno, basándose en el estudio que realizó Chen (1983) donde obtuvo una fórmula generalizada de intensidad-duración-período de retorno para cualquier localidad en los Estados Unidos, con dichas relaciones se construyó una ecuación con la cual se puede calcular la precipitación para cualquier duración y período de retorno, la cual es la siguiente:

$$P_t^T = \frac{a_1 P_1^{10} log(10^{2-x} T^{x-1})}{(t+b)^c} \left(\frac{t}{60}\right)$$

Efectiva para T ≥ 1 año y 5 min ≤ t ≤ 24 h, donde PtT precipitación, en milímetros, para una duración t, en minutos y un período de retorno T, en años, X = P1 100/P1 10, a, b y c Parámetros de la tormenta que se determinan según el factor R = P1 T / P24 T. Esta función fue adaptada por Baeza, R. C. (2007). Estimación regional de factores de conectividad para el cálculo de las relaciones intensidad duración-frecuencia. Tesis de Maestría. México, DF: Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM. Para el contexto mexicano y se aplicaron funciones de distribución de las muestras regionales, con lo que el análisis definió 59 regiones para todo el territorio mexicano tomando en cuenta coeficientes de variación y condiciones topográficas y meteorológicas, de cada una de ellas especificó factores por periodo de retorno, las cuales se pueden apreciar a continuación. (Para mayor información y detalle sobre el proceso de obtención de los factores regionales propuestos para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana consultar el estudio del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018[3])

***Figura 2.17**. Factores por periodo de retorno para las 59 regiones de México*

			Factores de Regionalización TR AÑOS											
Entidad Federativa	Región homogénea	Región	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Aguascalientes	1	Aguascalientes	0.94	1.25	1.45	1.64	1.90	2.08	2.27	2.52	2.71	2.89	3.14	3.33
	2	Baja California N	0.84	1.36	1.81	2.23	2.73	3.09	3.45	3.91	4.27	4.62	5.09	5.43
Baja California S	3	Baja California S	0.77	1.36	2.03	2.65	3.38	3.90	4.41	5.08	5.57	6.07	6.72	7.21
Campeche	4	Campeche	0.86	1.24	1.64	2.04	2.51	2.85	3.19	3.62	3.95	4.27	4.69	5.01
Chiapas	5	Angostura	0.90	1.19	1.46	1.81	2.29	2.65	3.00	3.46	3.81	4.15	4.61	4.95
	6	Malpaso	0.90	1.22	1.50	1.80	2.20	2.49	2.77	3.15	3.44	3.72	4.10	4.36
	7	Chicoasen	0.93	1.21	1.44	1.68	1.99	2.22	2.46	2.76	2.99	3.23	3.51	3.76
	8	Peñitas	0.91	1.22	1.50	1.79	2.18	2.47	2.76	3.13	3.41	3.69	4.07	4.35
	9	Almandro	0.89	1.22	1.53	1.89	2.36	2.70	3.03	3.47	3.80	4.13	4.55	4.90
	10	Pichucalco	0.95	1.24	1.44	1.63	1.87	2.05	2.23	2.47	2.66	2.84	3.08	3.26
	11	Teapa	0.94	1.25	1.46	1.66	1.91	2.10	2.29	2.54	2.73	2.92	3.17	3.36
	12	Costa	0.91	1.20	1.48	1.81	2.19	2.46	2.72	3.05	3.30	3.55	3.88	4.13
Chihuahua	13	Bajos	0.90	1.43	1.78	2.11	2.54	2.87	3.19	3.62	3.94	4.26	4.69	5.01
	14	Restantes	0.89	1.25	1.56	1.89	2.34	2.68	3.02	3.46	3.79	4.12	4.55	4.87
Coahuila	15	Coahuila	0.85	1.28	1.68	2.09	2.60	2.98	3.34	3.82	4.19	4.55	5.03	5.41
Colima	16	Colima	0.85	1.26	1.69	2.10	2.58	2.93	3.27	3.71	4.05	4.38	4.82	5.15
Distrito Federal	17	Distrito Federal	0.95	1.21	1.39	1.56	1.77	1.93	2.09	2.30	2.46	2.62	2.83	3.00
Durango	18	Durango	0.91	1.25	1.52	1.80	2.16	2.43	2.70	3.05	3.32	3.58	3.93	4.21
Estado de México	19	Estado de México	0.95	1.21	1.38	1.55	1.76	1.93	2.09	2.30	2.46	2.62	2.83	2.99
Guanajuato	20	Guanajuato	0.95	1.23	1.42	1.60	1.83	2.00	2.17	2.40	2.57	2.75	2.98	3.15
Guerrero	21	Norte	0.95	1.21	1.38	1.54	1.75	1.91	2.07	2.27	2.43	2.59	2.79	2.95
	22	Centro	0.92	1.34	1.62	1.89	2.24	2.50	2.76	3.10	3.36	3.62	3.96	4.21
	23	Costa	0.90	1.24	1.52	1.80	2.15	2.40	2.65	2.99	3.24	3.49	3.82	4.07
Hidalgo	24	menores	0.92	1.35	1.63	1.90	2.25	2.51	2.78	3.12	3.38	3.64	3.99	4.25
	25	mayores	0.87	1.35	1.71	1.98	2.30	2.53	2.76	3.06	3.28	3.50	3.80	4.01
Jalisco	26	Interior	0.92	1.24	1.45	1.64	1.86	2.03	2.19	2.41	2.57	2.74	2.95	3.12
	27	Costa	0.93	1.30	1.55	1.79	2.09	2.32	2.55	2.85	3.08	3.31	3.61	3.84
Michoacán	28	Michoacán	0.92	1.21	1.45	1.69	1.98	2.20	2.42	2.70	2.92	3.14	3.42	3.64
Morelos	29	Morelos	0.95	1.21	1.39	1.56	1.77	1.93	2.10	2.31	2.47	2.63	2.84	3.01
Nayarit	30	Costa	0.95	1.22	1.40	1.58	1.80	1.97	2.13	2.36	2.52	2.69	2.91	3.08
	31	Sierra	0.95	1.20	1.37	1.53	1.73	1.88	2.04	2.24	2.39	2.54	2.74	2.90
Nuevo León	32	I	0.88	1.26	1.61	1.99	2.51	2.89	3.26	3.75	4.12	4.49	4.97	5.34
	33	II	0.91	1.38	1.69	1.99	2.38	2.67	2.96	3.34	3.63	3.92	4.30	4.59
	34	III	0.82	1.28	1.77	2.30	2.94	3.40	3.85	4.44	4.89	5.33	5.91	6.37
Oaxaca	35	Golfo	0.94	1.24	1.44	1.63	1.87	2.06	2.24	2.48	2.66	2.84	3.08	3.27
	36	Altiplano	0.91	1.22	1.46	1.76	2.2	2.53	2.86	3.28	3.6	3.92	4.33	4.64
	37	Istmo	0.87	1.36	1.72	1.97	2.27	2.48	2.69	2.96	3.17	3.38	3.65	3.85
	38	Pacífico	0.86	1.25	1.67	2.10	2.61	2.98	3.33	3.80	4.15	4.50	4.96	5.33
Puebla	39	Norte	0.93	1.32	1.57	1.82	2.14	2.38	2.61	2.93	3.16	3.40	3.72	3.95
	40	Centro	0.94	1.27	1.49	1.71	1.98	2.19	2.40	2.67	2.87	3.08	3.35	3.55
	41	Sur	0.94	1.26	1.47	1.67	1.92	2.12	2.31	2.57	2.76	2.95	3.21	3.40
Querétaro	42	Zona Alta	0.93	1.29	1.53	1.75	2.04	2.26	2.48	2.77	2.99	3.21	3.49	3.71
	43	Zona Baja	0.94	1.27	1.49	1.70	1.98	2.18	2.38	2.65	2.86	3.06	3.33	3.53
Quintana Roo	44	Quintana Roo	0.88	1.26	1.60	1.91	2.28	2.55	2.82	3.17	3.44	3.70	4.05	4.32
San Luis	45	San Luis	0.88	1.29	1.63	1.94	2.33	2.61	2.89	3.25	3.52	3.80	4.16	4.44
Sinaloa	46	ZONA I	0.84	1.28	1.76	2.15	2.61	2.93	3.25	3.67	3.98	4.29	4.70	5.01
	47	ZONA II	0.94	1.27	1.49	1.70	1.97	2.18	2.38	2.65	2.85	3.06	3.33	3.53
Sonora	48	ZONA I	0.93	1.29	1.53	1.75	2.05	2.27	2.49	2.78	3.00	3.22	3.50	3.72
	49	ZONA II	0.88	1.26	1.61	1.96	2.38	2.69	3.00	3.40	3.70	4.00	4.41	4.71
	50	ZONA III	0.77	1.50	2.23	2.77	3.38	3.82	4.25	4.82	5.24	5.67	6.22	6.64
Tabasco	51	Tabasco	0.94	1.26	1.47	1.67	1.94	2.13	2.33	2.59	2.78	2.98	3.23	3.43
Tamaulipas	52	ZONA I	0.89	1.31	1.61	1.88	2.20	2.43	2.66	2.96	3.19	3.42	3.72	3.95
	53	ZONA II	0.85	1.26	1.69	2.18	2.81	3.26	3.70	4.27	4.71	5.14	5.72	6.12
	54	ZONA III	0.91	1.32	1.59	1.82	2.09	2.29	2.49	2.75	2.94	3.14	3.39	3.59
Tlaxcala	55	Tlaxcala	0.95	1.22	1.40	1.57	1.79	1.96	2.13	2.35	2.51	2.68	2.90	3.06
Veracruz	56	Veracruz	0.90	1.27	1.56	1.83	2.15	2.39	2.62	2.93	3.16	3.39	3.69	3.93
Yucatán	57	Yucatán	0.93	1.32	1.59	1.84	2.17	2.41	2.66	2.98	3.22	3.47	3.79	4.03
Zacatecas	58	ZONA I	0.92	1.34	1.62	1.88	2.23	2.48	2.74	3.08	3.33	3.59	3.92	4.18
	59	ZONA II	0.95	1.23	1.42	1.60	1.84	2.02	2.19	2.42	2.60	2.77	3.00	3.18

Fuente: Imagen tomada del artículo "Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana" del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018

Los factores regionales para los diferentes periodos de retorno de la región correspondiente a Nuevo León son los siguientes:

***Tabla 2.14** Factores por periodo de retorno para la región de Nuevo León*

Entidad federativa	Región	Factores de regionalización por Tasas de Retorno (TR años)					
		5	20	50	100	200	500
Nuevo León	(32) I	1.26	1.99	2.51	2.89	3.26	3.75
	(33) II	1.38	1.99	2.38	2.67	2.96	3.34
	(34) III	1.28	2.3	2.94	3.4	3.85	4.44

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del "Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana" del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018

[3] Disponible en https://www.google.com/search?q=An%C3%A1lisis+regional+para+estimar+precipitaciones+de+dise%C3%B1o+en+la+Rep%C3%BAblica+Mexicana%2C+del+Instituto+de+Ingenier%C3%ADa%2C+UNAM%2C+2016&oq=An%C3%A1lisis+regional+para+estimar+precipitaciones+de+dise%C3%B1o+en+la+Rep%C3%BAblica+Mexicana%2C+del+Instituto+de+Ingenier%C3%ADa%2C+UNAM%2C+2016&aqs=chrome..69i57.950j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (consultado 10 noviembre de 2020)

El municipio se localiza en la “región 34 III” de acuerdo a la regionalización del mismo estudio, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 2.18. **59** regiones definidas tomando en cuenta coeficientes de variación y condiciones topográficas y meteorológicas por el Instituto de Ingeniería, UNAM

Fuente: *Imagen tomada del artículo “Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana” del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018*

Figura 2.19. Acercamiento de las tres regiones correspondientes a Nuevo León

Fuente: *Imagen tomada del artículo “Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana” del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018*

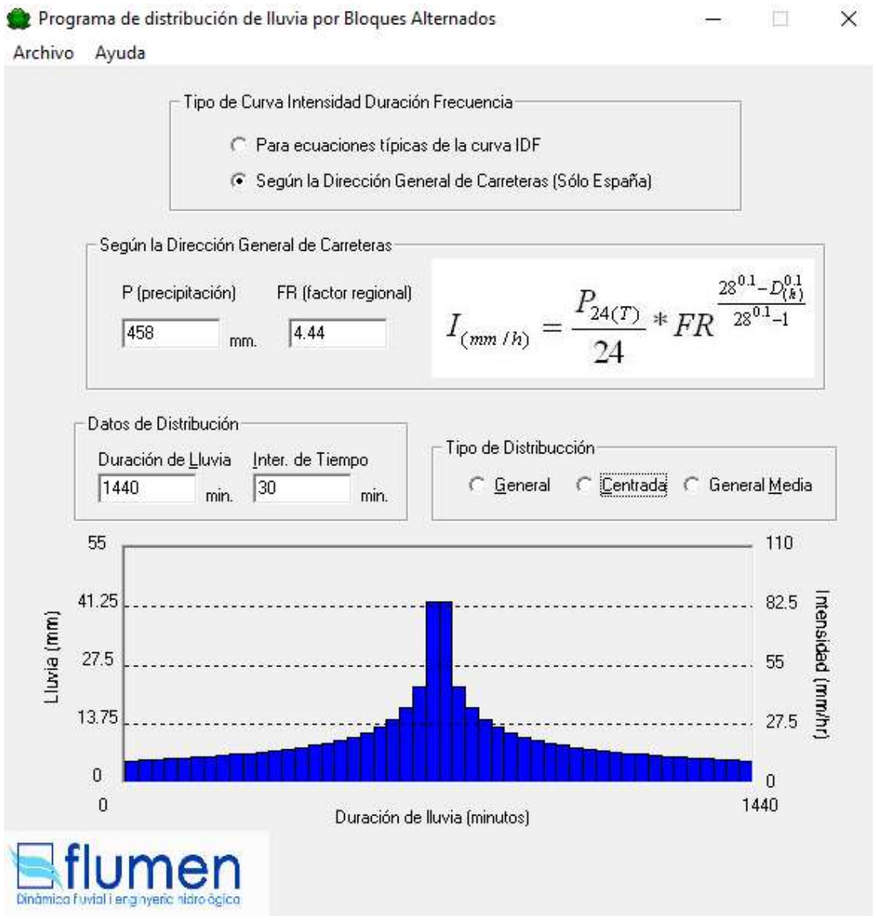
Por tanto para la estimación de los Hietogramas de Diseño de Precipitaciones proyectadas se integró en el Programa de Distribución de lluvia por Bloques alternados, la distribución general de la precipitación con los datos de distribución, duración de la lluvia e intervalo de tiempo en minutos, producto de las isócronas del hidrograma unitario clasificado en intervalos de 30 minutos antes detallado, lo que resulto en hietogramas que muestran la relación existente entre la lluvia en milímetros (mm) y la duración de la lluvia en minutos, la intensidad de la precipitación en milímetros por hora (mm/hr). Con la información específica para el municipio de los parámetros hidráulicos antes detallados del Potencial de escurrimiento (precipitación máxima en milímetros para un periodo de acumulación de 24 horas/1,440 minutos) y el factor regional de los periodos o tasas de retorno de 5, 50, 100, 200 y 500 años, identificados en la siguiente tabla.

Tabla 2.15. *Parámetros hidráulicos para la estimación de hietogramas de diseño para los periodos o tasas de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años*

Tasa de retorno (años)	Potencial de escurrimiento (precipitación máxima en milímetros para un periodo de acumulación de 24 horas/1,440 minutos)	Factor regional
5	153	1.28
50	323	2.94
100	365	3.4
200	406	3.85
500	458	4.44

Fuente: Soluciones SIG SA de CV con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos de América, 1972, Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2016 Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017

***Figura 2.20**. Programa de Distribución de lluvia por Bloques alternados*



***Fuente:** Instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica ente de investigación mixto de titularidad compartida entre la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), con sede en la ciudad de Barcelona, España*

vi. Hidrogramas de Flujo

Con el cálculo del Hidrograma unitario es posible calcular un Hidrograma de Flujo o de Crecidas, ya que los parámetros necesarios para la definición del caudal final son la precipitación de entrada y la respuesta de drenaje de la cuenca, es así como, mediante la metodología de Hidrograma en S, se estima el caudal asociado a una lluvia de diseño.

La metodología calcula la razón existente entre el volumen de entrada y la velocidad de drenaje de cada cuenca estudiada; así se obtiene el caudal del gasto asociado a la Precipitación de diseño estimada para diferentes periodos de retorno.

***Figura 2.21**. Ejemplo de Método de Hidrograma en S, periodo de retorno de 200 años*

TIEMPO	HIDROGRAMA UNITARIO	HIETOGRAMA DE DISEÑO																			CAUDAL FINAL
		6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.8	8.3	9.1	10.7	13.5	9.7	8.7	8.0	7.6	7.3	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	
0.0	0.0	0																					0
15	2.8	18	0																				18
30	5.6	35	18	0																			53
45	8.3	53	36	18	0																		107
60	11.1	70	54	37	19	0																	180
75	13.9	88	72	55	38	20	0																273
90	16.7	105	90	74	57	40	21	0															386
105	19.4	123	108	92	76	59	41	22	0														521
120	22.2	140	126	111	95	79	62	43	23	0													679
135	25.0	158	144	129	114	99	82	65	46	25	0												863
150	27.8	175	162	148	133	119	103	87	69	51	30	0											1076
165	30.6	193	180	166	152	138	124	108	92	76	59	37	0										1326
180	33.3	210	198	185	172	158	144	130	115	101	89	75	27	0									1603
195	36.1	228	216	203	191	178	165	151	139	126	119	112	54	24	0								1905
210	38.9	245	234	222	210	198	185	173	162	152	148	150	81	48	22	0							2228
225	41.7	263	252	240	229	217	206	195	185	177	178	187	108	72	45	21	0						2573
240	44.4	280	270	259	248	237	226	216	208	202	207	225	135	96	67	42	20	0					2938
255	47.2	298	288	277	267	257	247	238	231	227	237	262	162	120	89	63	40	19	0				3322
270	50.0	316	306	296	286	277	268	260	254	253	267	299	189	144	112	84	60	39	19	0			3725
285	52.8	333	324	314	305	296	288	281	277	278	296	337	216	168	134	105	81	58	38	18	0		4146
300	55.6	351	341	333	324	316	309	303	300	303	326	374	243	192	156	127	101	78	56	36	18	0	4586
315	58.3	368	359	351	343	336	329	325	323	328	356	412	269	216	178	148	121	97	75	55	36	17	5042
330			377	369	362	356	350	346	346	354	385	449	296	240	201	169	141	116	94	73	53	35	5113
345				388	381	375	371	368	369	379	415	486	323	264	223	190	161	136	113	91	71	52	5156
360					400	395	391	390	392	404	445	524	350	288	245	211	181	155	131	109	89	69	5170
375						415	412	411	416	429	474	561	377	312	268	232	201	175	150	128	107	87	5154
390							432	433	439	455	504	599	404	336	290	253	222	194	169	146	124	104	5102
405								454	462	480	534	636	431	360	312	274	242	213	188	164	142	121	5013
420									485	505	563	674	458	384	335	295	262	233	206	182	160	139	4880
435										530	593	711	485	408	357	316	282	252	225	200	178	156	4694
450											622	748	512	433	379	337	302	271	244	219	195	173	4436
465												786	539	457	402	358	322	291	263	237	213	191	4057
480													566	481	424	380	342	310	281	255	231	208	3477
495														505	446	401	363	330	300	273	249	225	3091
510															468	422	383	349	319	292	266	243	2741
525																443	403	368	338	310	284	260	2405
540																	423	388	356	328	302	277	2074
555																		407	375	346	320	295	1743
570																			394	364	337	312	1407
585																				383	355	329	1067
600																					373	347	719
615																						364	364
630																						0	0

***Fuente:** Elaboración propia. Para cada Cuenca identificada y periodo de Retorno se replicó el proceso correspondiente, ver anexo de archivos (Flood Modelling)*

vii. Preparación del Terreno

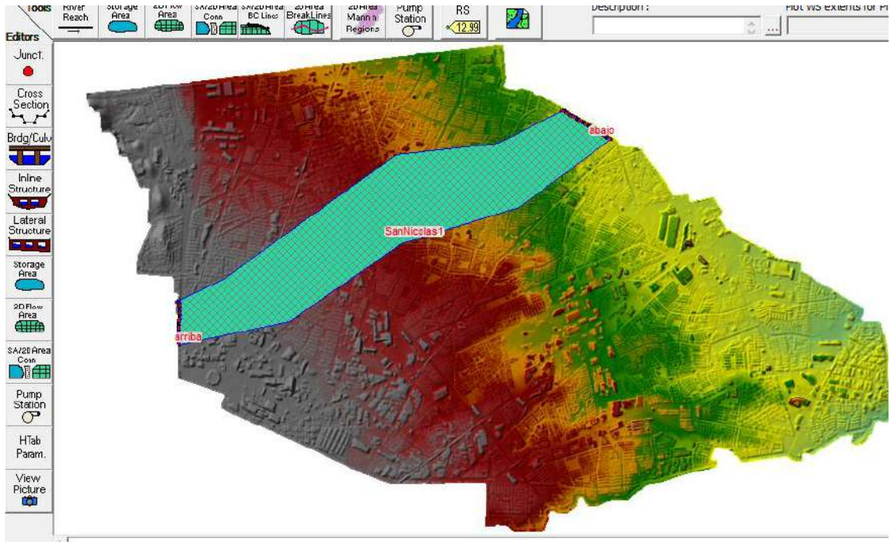
En HEC RAS 5, se subió el MDE compuesto que se preacondiciono para los diferentes temas hidráulicos, se segmentó la zona de modelación a la que el personal de Protección Civil municipal identificó como la de mayor problemática ocasionada por el desbordamiento del arroyo Topo Chico y Los Pinos, el mallado de cada segmento se realizó en una red de 15x15 metros.

La preparación del terreno se realizó tomando en cuenta que una menor distancia de la malla deriva en errores topológicos y tomando en cuenta la escala del área en estudio, el mallado es útil para una modelación eficiente.

Modelación de Flujo dinámico HEC RAS 5

En HEC RAS, se integran los parámetros necesarios para la definición de la crecida máxima de los arroyos, en este caso de la zona de estudio del arroyo Topo Chico y Los Pinos con la información obtenida en el Hidrograma de Flujo. La delimitación se apoya con la información mapeada de antecedentes y es indispensable reconocer las condiciones de cuenca arriba y cuenca abajo para que el software reconozca datos de entrada y condiciones de salida de la cuenca.

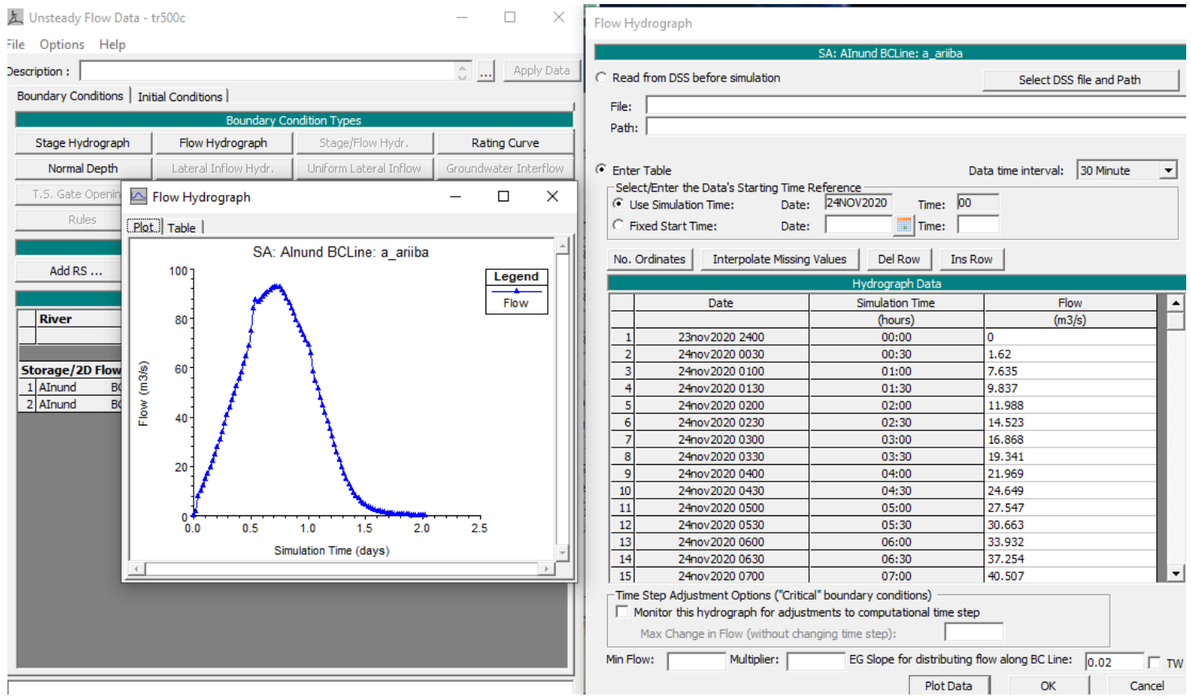
Figura 2.22 *Delimitación de Terreno propicio a Modelación y Mallado de 15x15*



Fuente*: Elaboración Soluciones SIG SA de CV en HEC RAS 5*

En el Software integramos la información del Hidrograma de Flujo estimado para cada Cuenca y Periodo de retorno en la condición de Cuenca Arriba, es por eso que es de vital importancia haber estimado la precipitación para la cuenca, ya que el dato de entrada definirá el caudal máximo de agua que se modelará en el terreno.

Figura 2.23 *Integración de Datos de Flujo Dinámico*

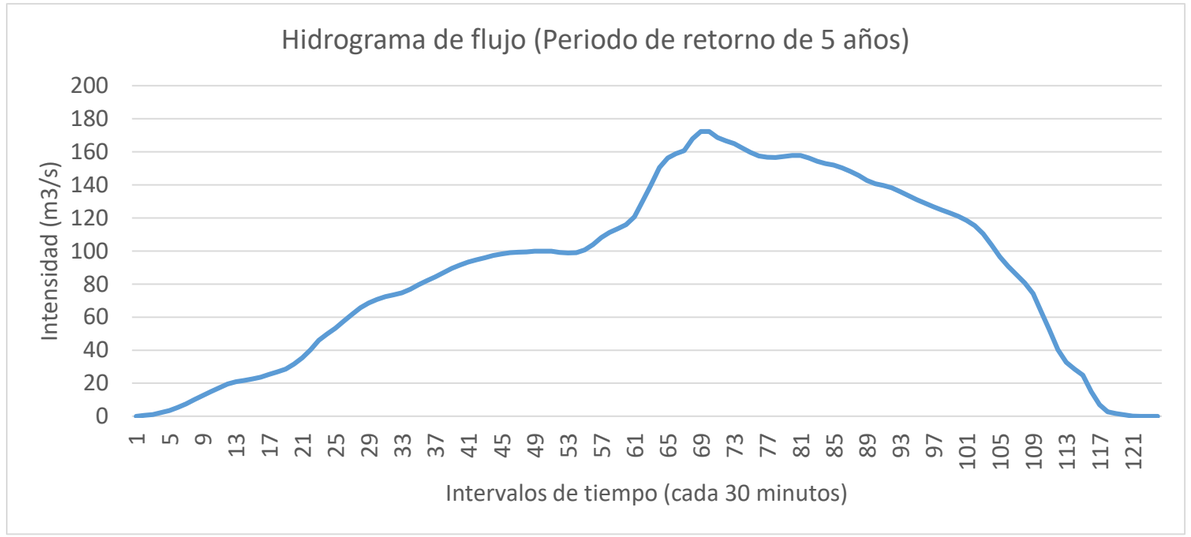


Fuente: *Elaboración propia en HEC RAS 5*

El tiempo de intervalo para cada fila del Hidrograma es de 30 minutos, en concordancia con los cálculos hasta ahora establecidos; el ingreso del Hidrograma de Flujo debe realizarse con cuidado, considerando que los parámetros coincidan con aquellos que establecimos a lo largo del total del desarrollo de los datos hidráulicos para cada cuenca estudiada.

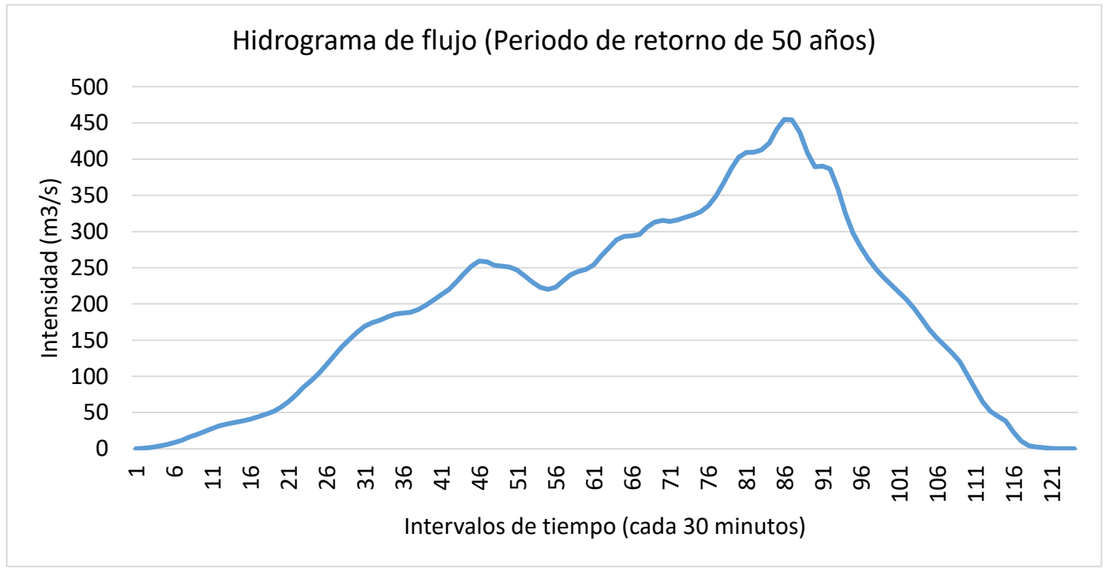
Al representar los datos en una gráfica se identifica el periodo de máxima crecida para la zona de análisis para el periodo de retorno estudiado. Los resultados tienen dos componentes principales; Velocidad y Profundidad del cauce máximo, en términos de intensidad, la Profundidad se tomó como elemento para la clasificación del fenómeno, pues se reconoce la falta de datos para la generación de un análisis bidimensional.

***Gráfica 2.1**. Hidrograma de flujo acumulación de 24 horas, periodo de retorno de 5 años*



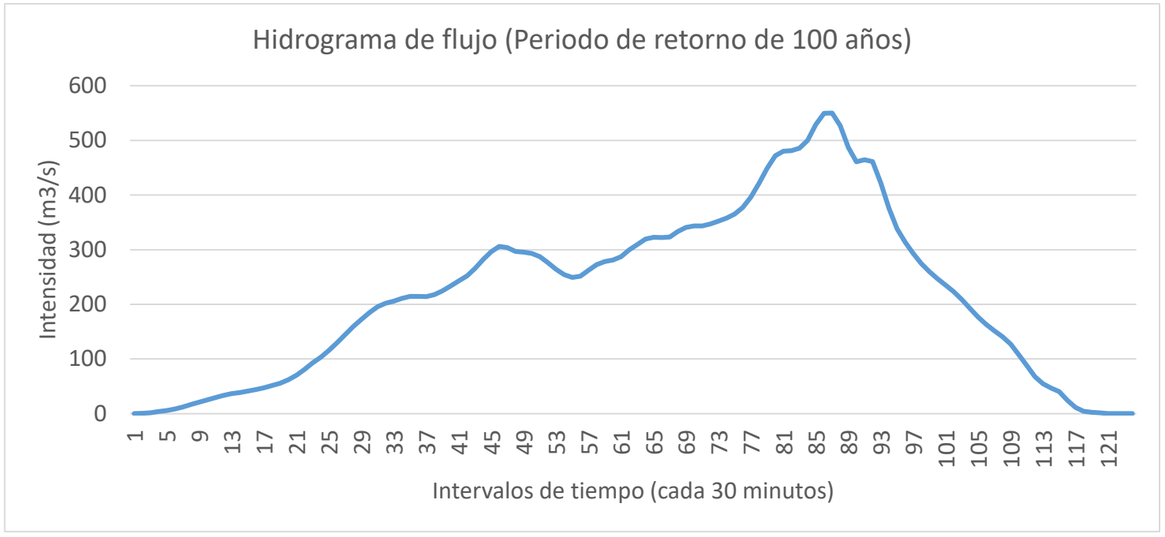
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.2**. Hidrograma de flujo acumulación de 24 horas, periodo de retorno de 50 años*



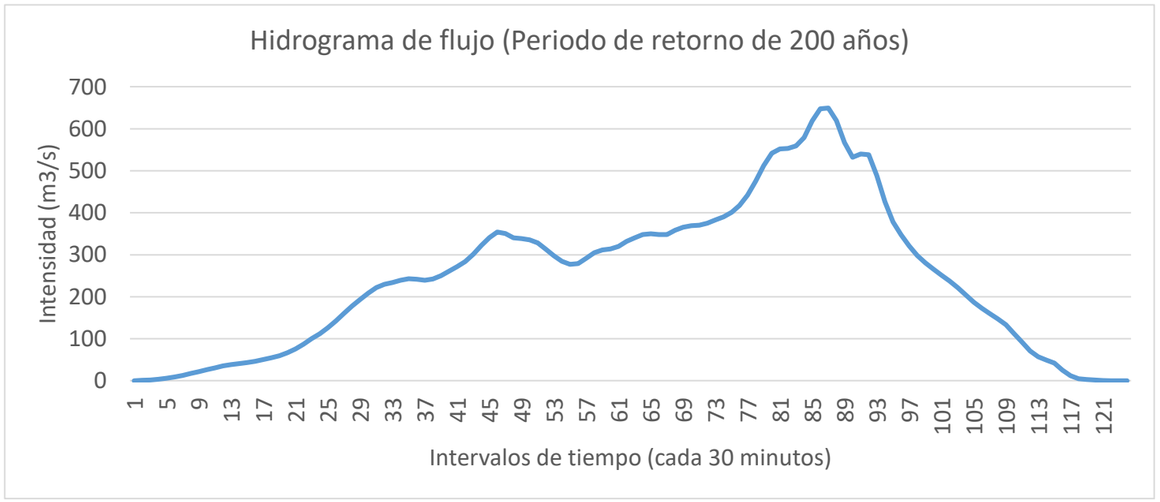
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.3**. Hidrograma de flujo acumulación de 24 horas, periodo de retorno de 100 años*



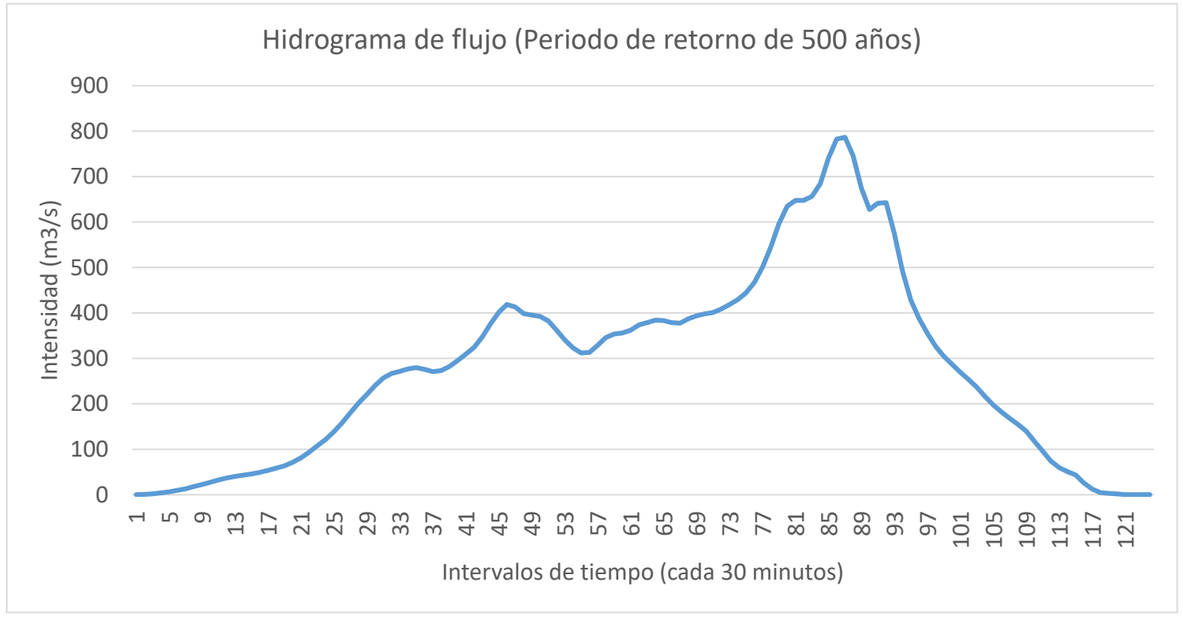
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.4**. Hidrograma de flujo acumulación de 24 horas, periodo de retorno de 200 años*



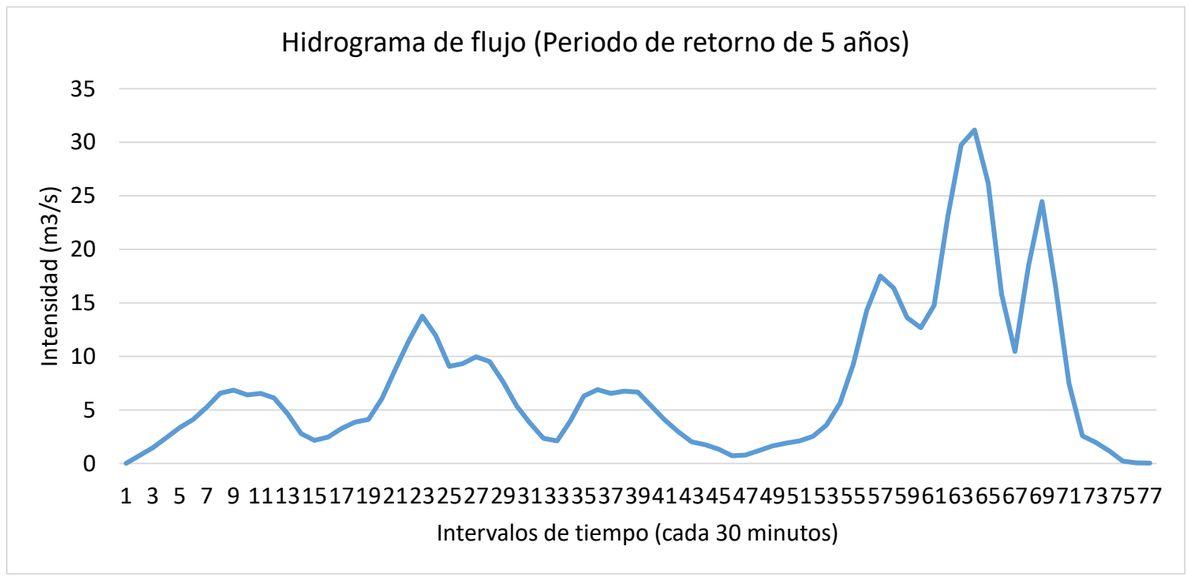
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.5**. Hidrograma de flujo acumulación de 24 horas, periodo de retorno de 500 años*



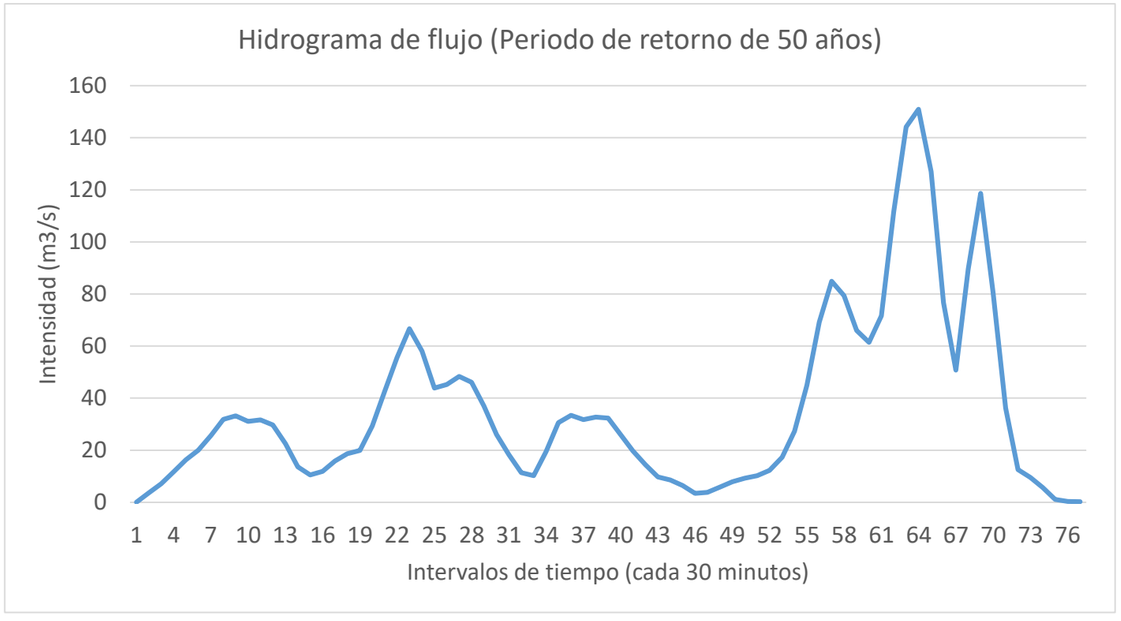
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.6**. Hidrograma de flujo acumulación de 1 hora, periodo de retorno de 5 años*



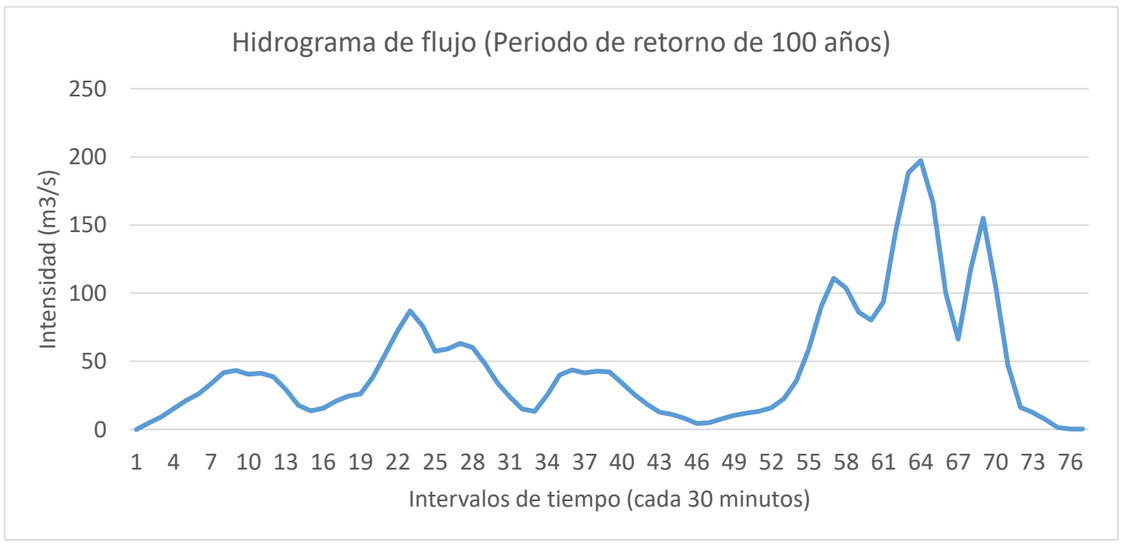
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.7**. Hidrograma de flujo acumulación de 1 hora, periodo de retorno de 50 años*



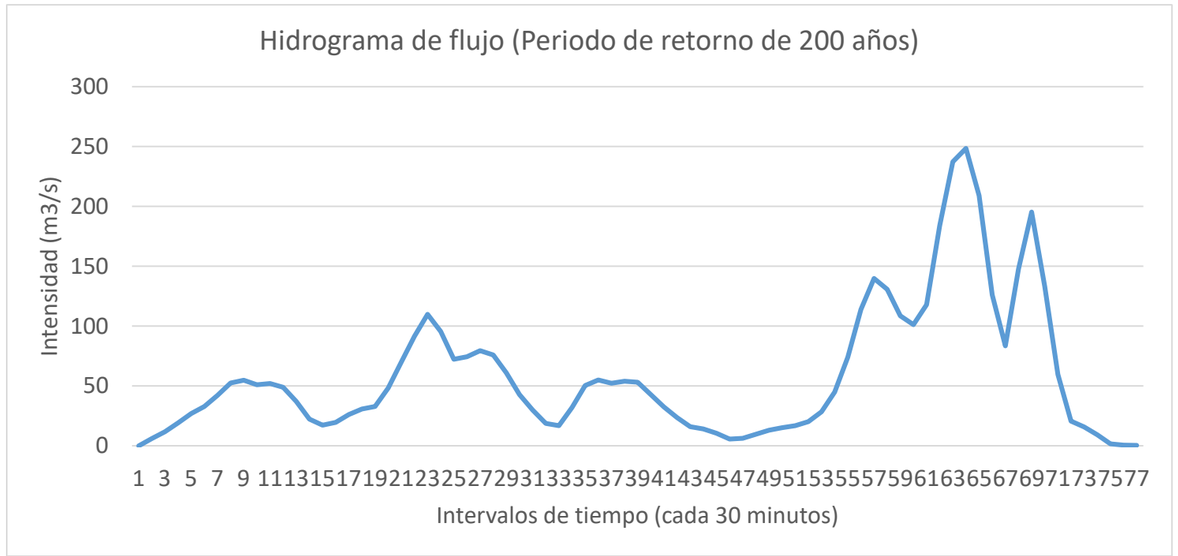
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.8.** Hidrograma de flujo acumulación de 1 hora, periodo de retorno de 100 años*



Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Gráfica 2.9**. Hidrograma de flujo acumulación de 1 hora, periodo de retorno de 200 años*

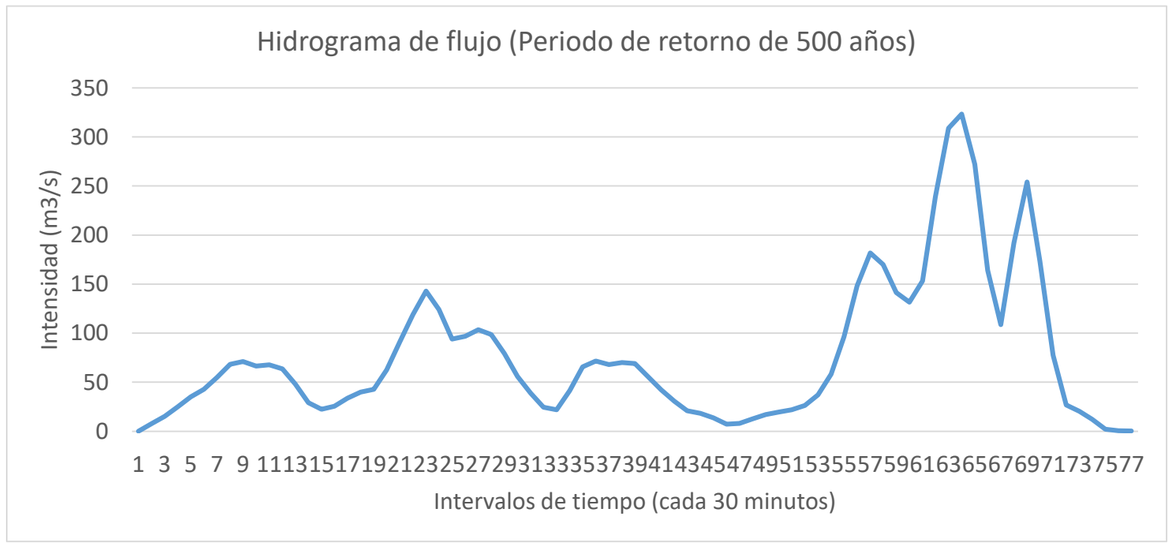


Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

Resultados

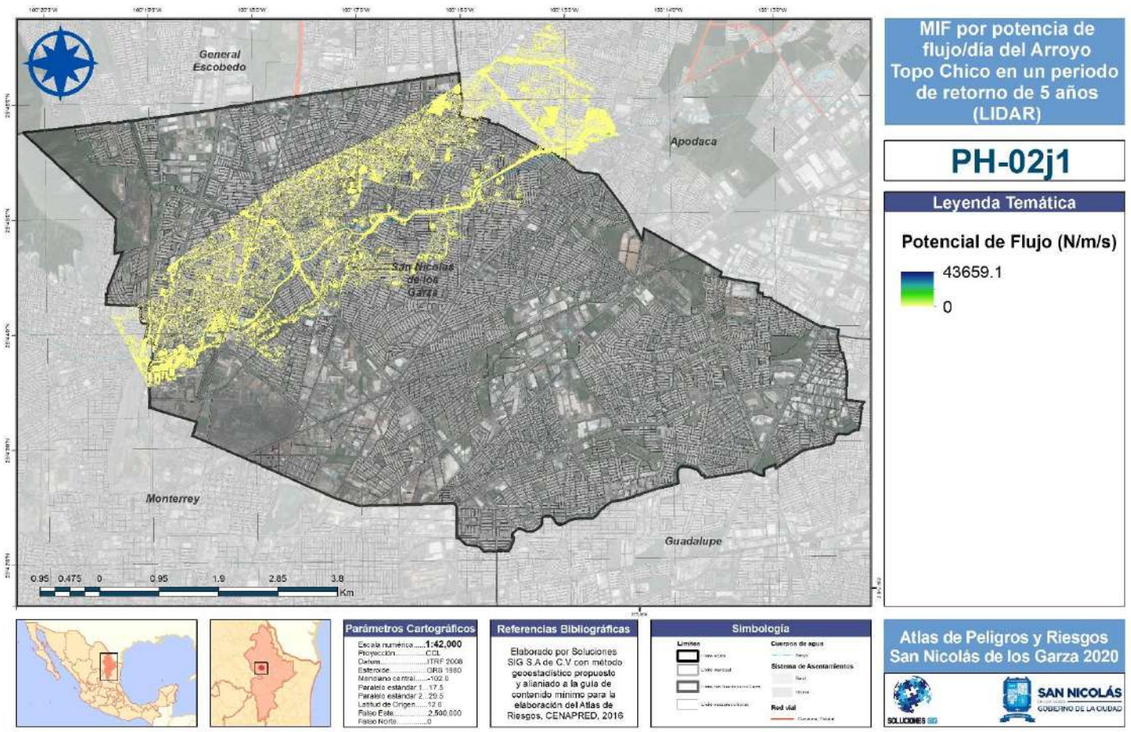
Las modelaciones de flujo dinámico del área de afectación del arroyo Topo Chico y de Los Pinos, se elaboraron con los datos antes descritos con una imagen de alta resolución LIDAR del INEGI de resolución de 5 metros y con un vuelo de superficie de 1 metro por 1 metro de resolución para los periodos de retorno de 5, 50, 100, 200 y 500 años, como resultado los siguientes mapas identifican la potencia del flujo en Newton/metros/segundo, la velocidad en metros sobre segundo y la profundidad máxima de inundación a partir del tirante de inundación en metros desde la profundidad del cauce estimado ante una crecida del arroyo a causa de precipitaciones estimadas a estos periodos de retorno, el peligro presente ante inundaciones fluviales en estas zonas del municipio. En ellos se observa que las mayores posibilidades de afectaciones se definen con las tonalidades más oscuras.

***Gráfica 2.10** Hidrograma de flujo acumulación de 1 hora, periodo de retorno de 500 años*



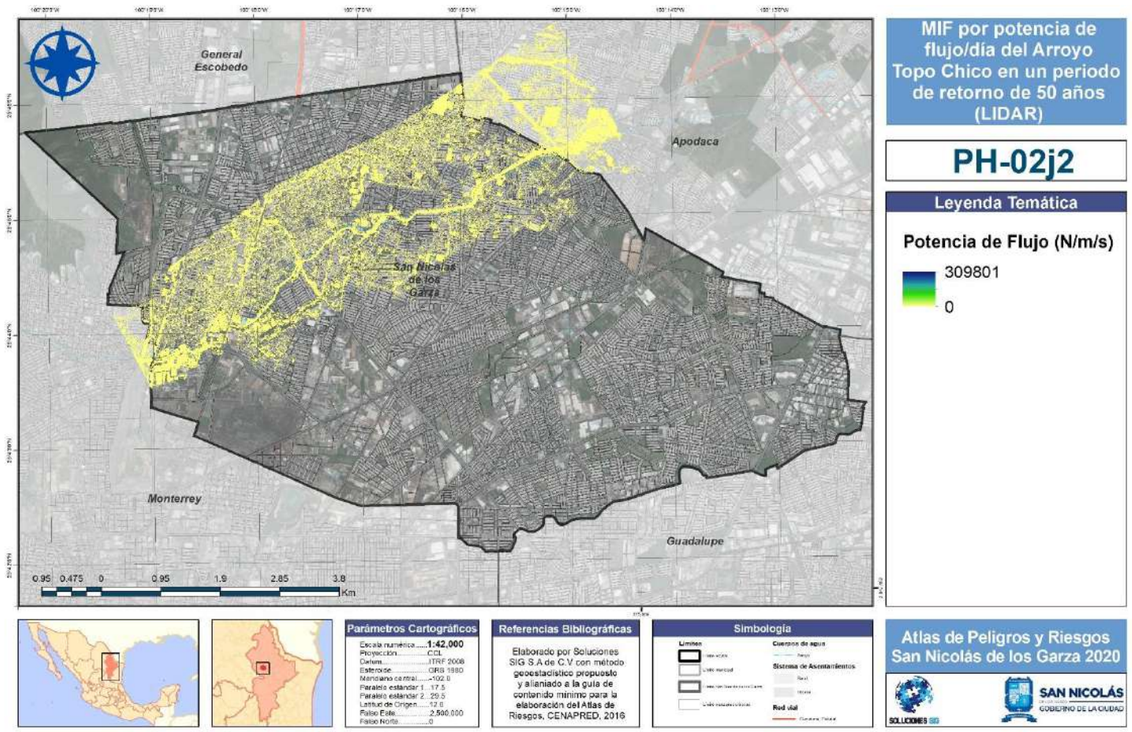
Fuente: Elaboración Soluciones SIG SA de CV. Para cada periodo de Retorno

***Mapa2.53**. Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 5 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

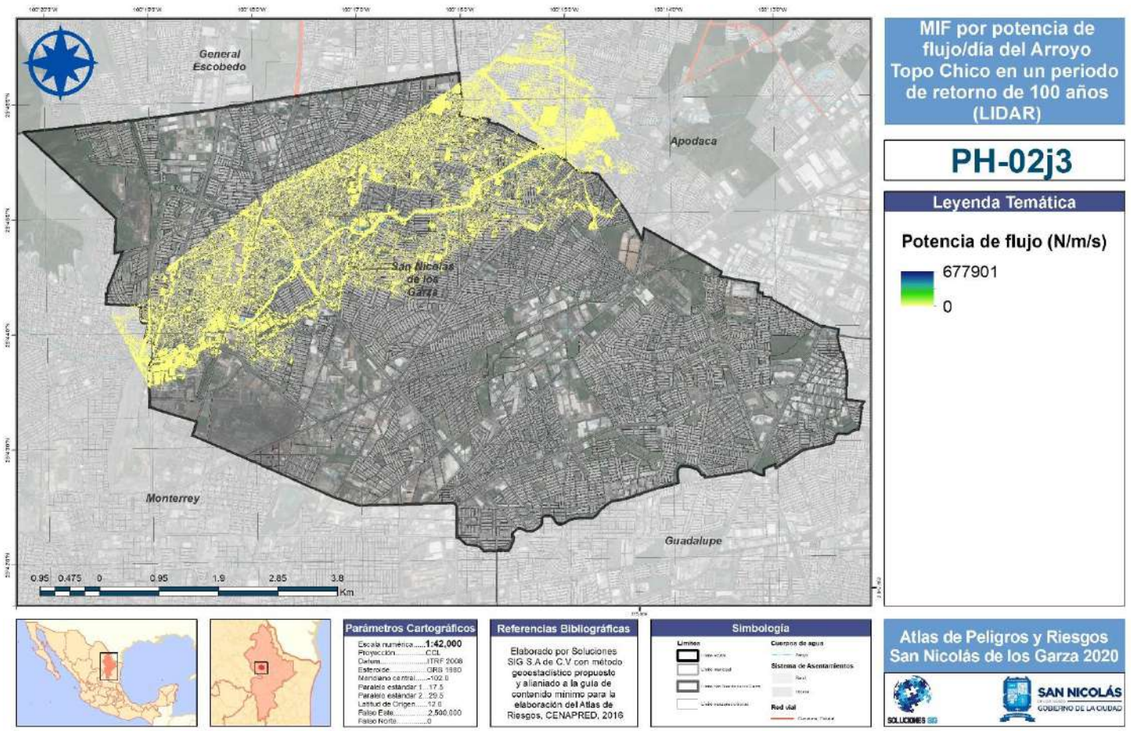
***Mapa 2.54** Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 50 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

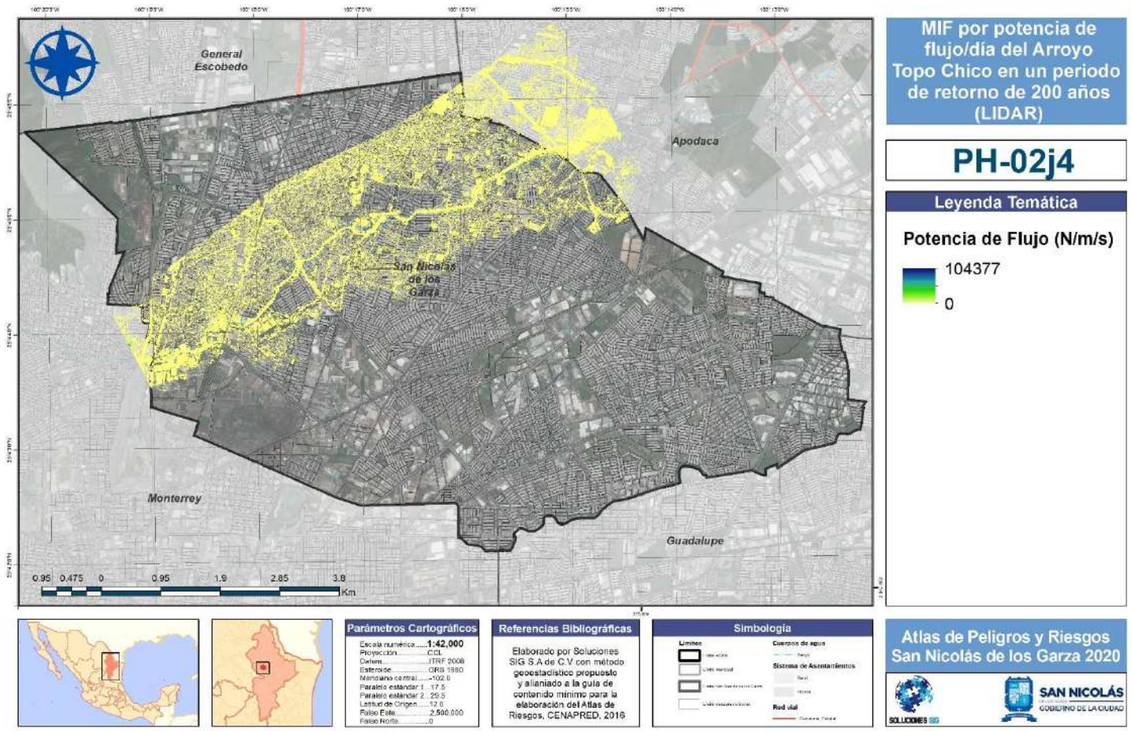
La modelación del flujo dinámico en Hec-Ras para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años estiman mayor tirante de inundación que el periodo anterior y mayor alcance en el posible desbordamiento de los arroyos, tal como se aprecia en sus respectivos mapas.

Mapa 2.55 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 100 años*



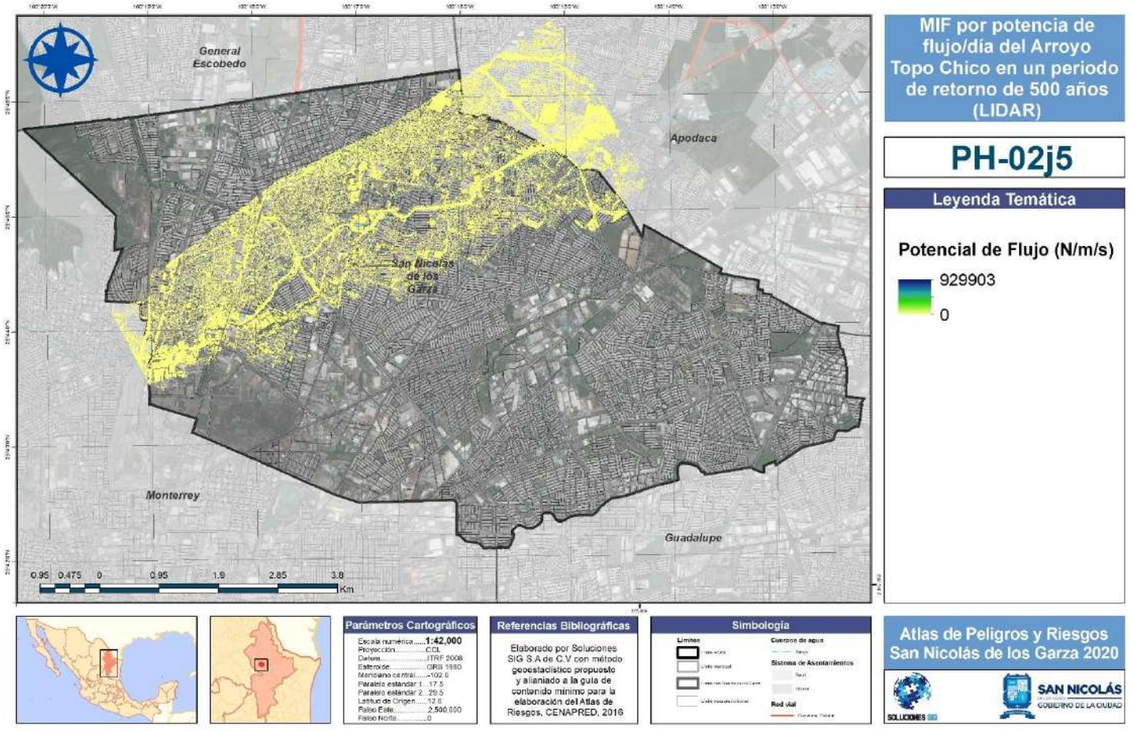
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.56 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 200 años*



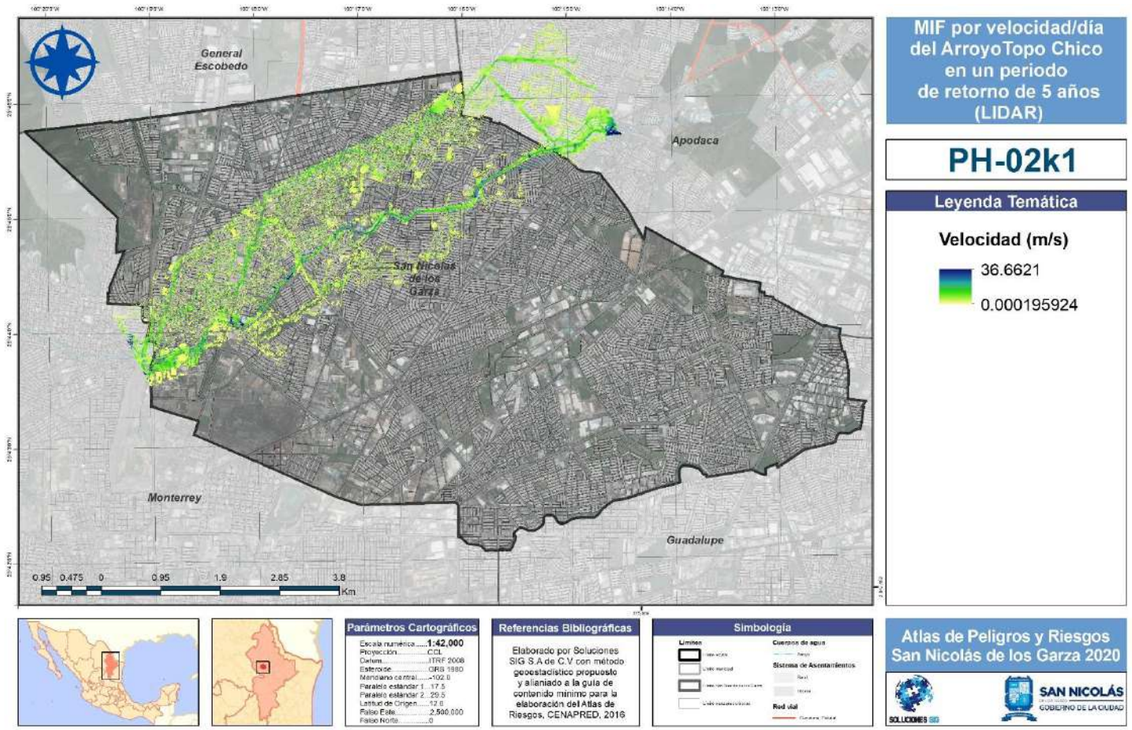
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.57 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 500 años*



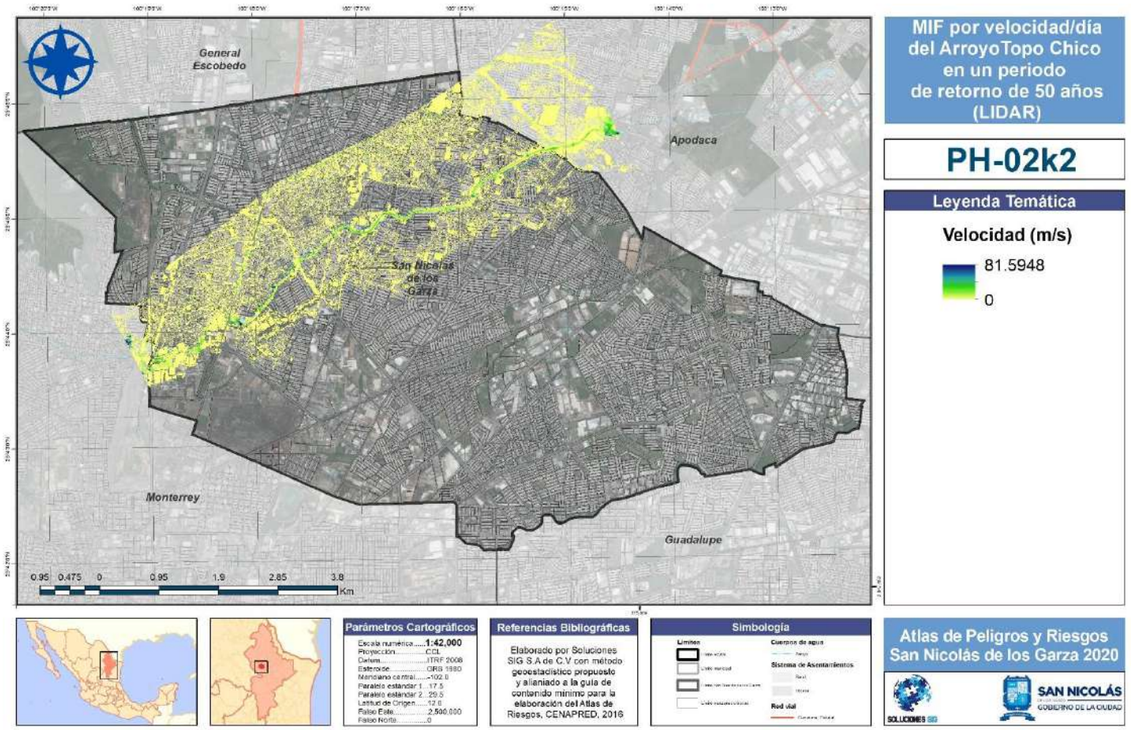
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa2.58*. Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por velocidad para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 5 años*



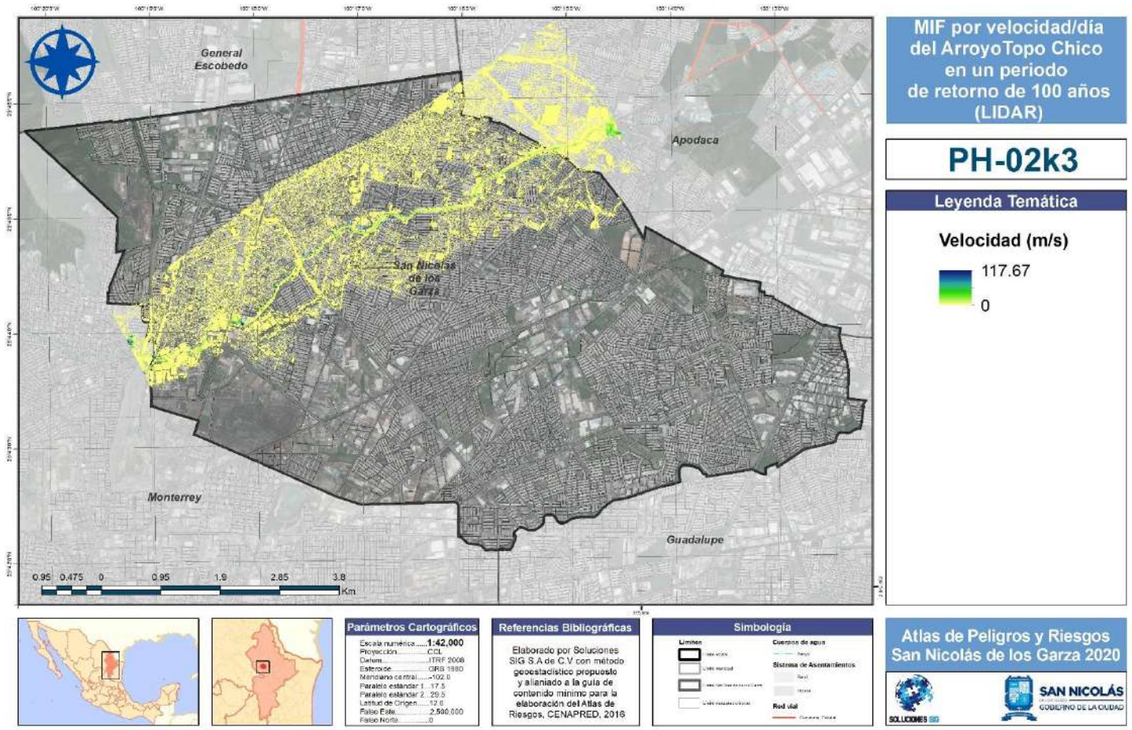
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.59 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por velocidad para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 50 años*



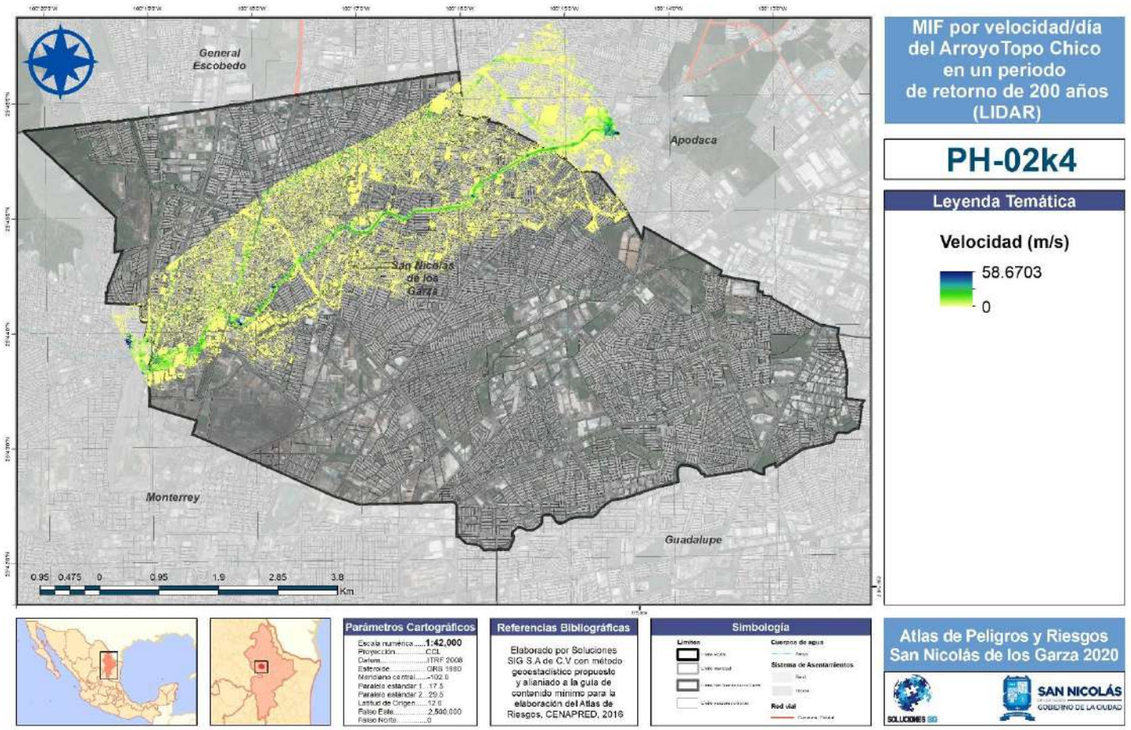
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.60 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por velocidad para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 100 años*



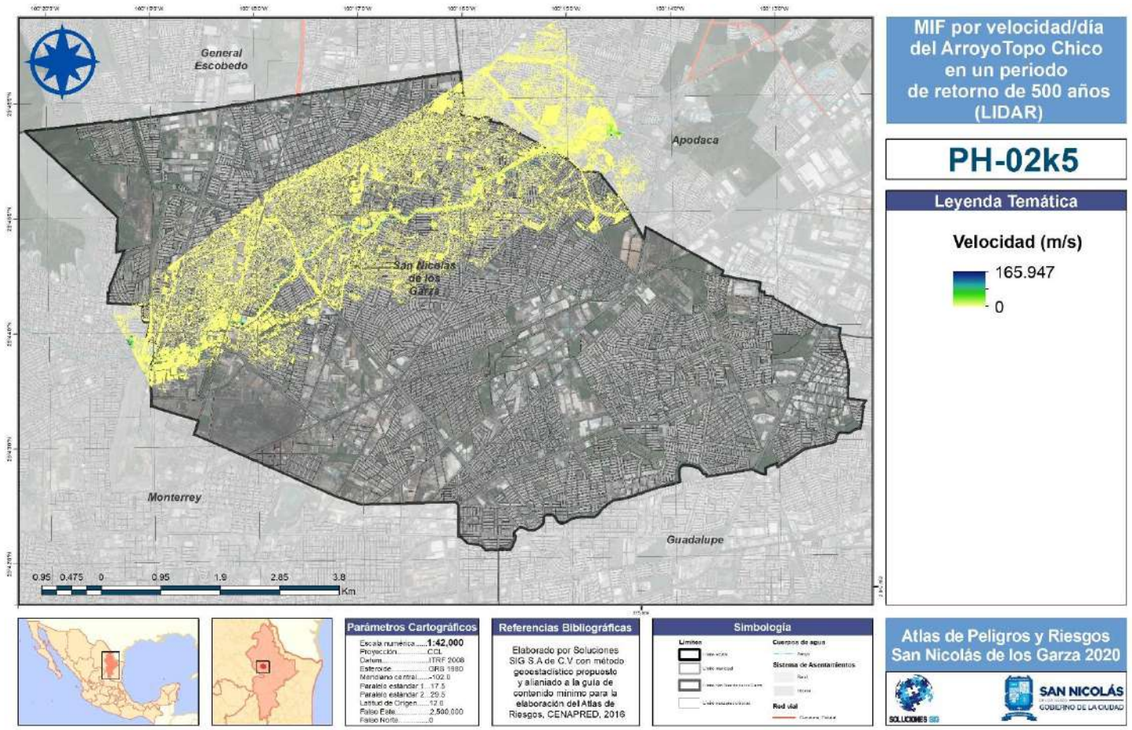
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.61 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por velocidad para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 200 años*



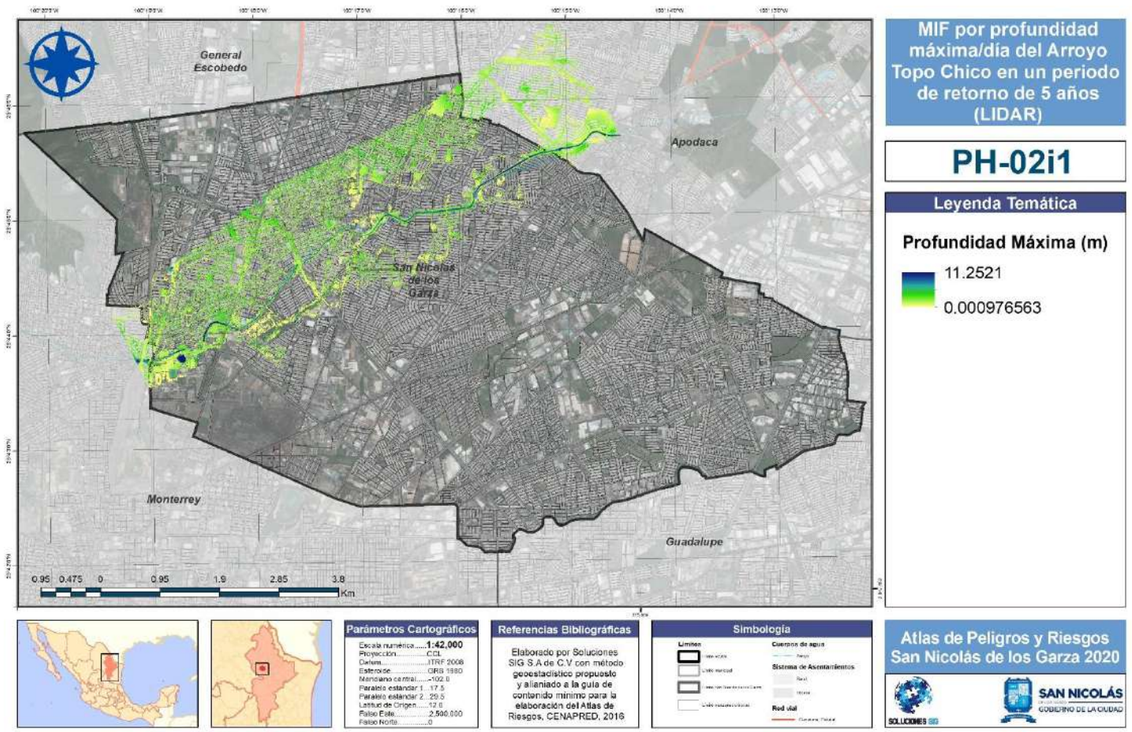
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.62 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por velocidad para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 500 años*



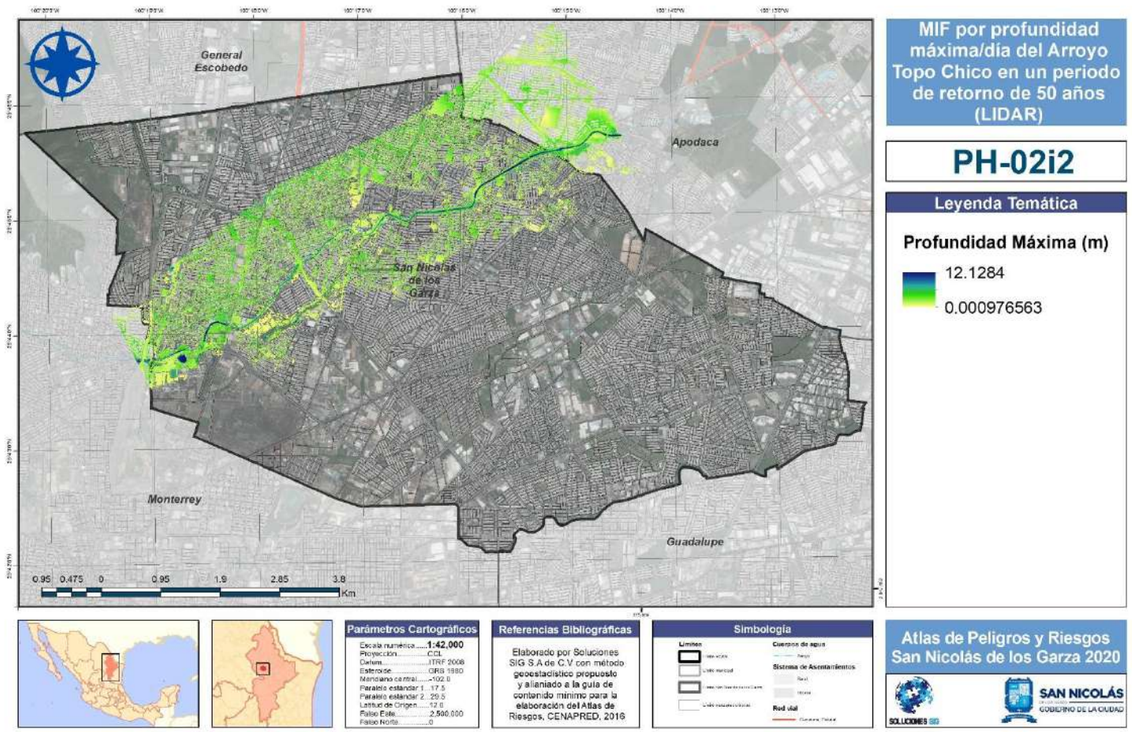
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

***Mapa2.63**. Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 5 años*



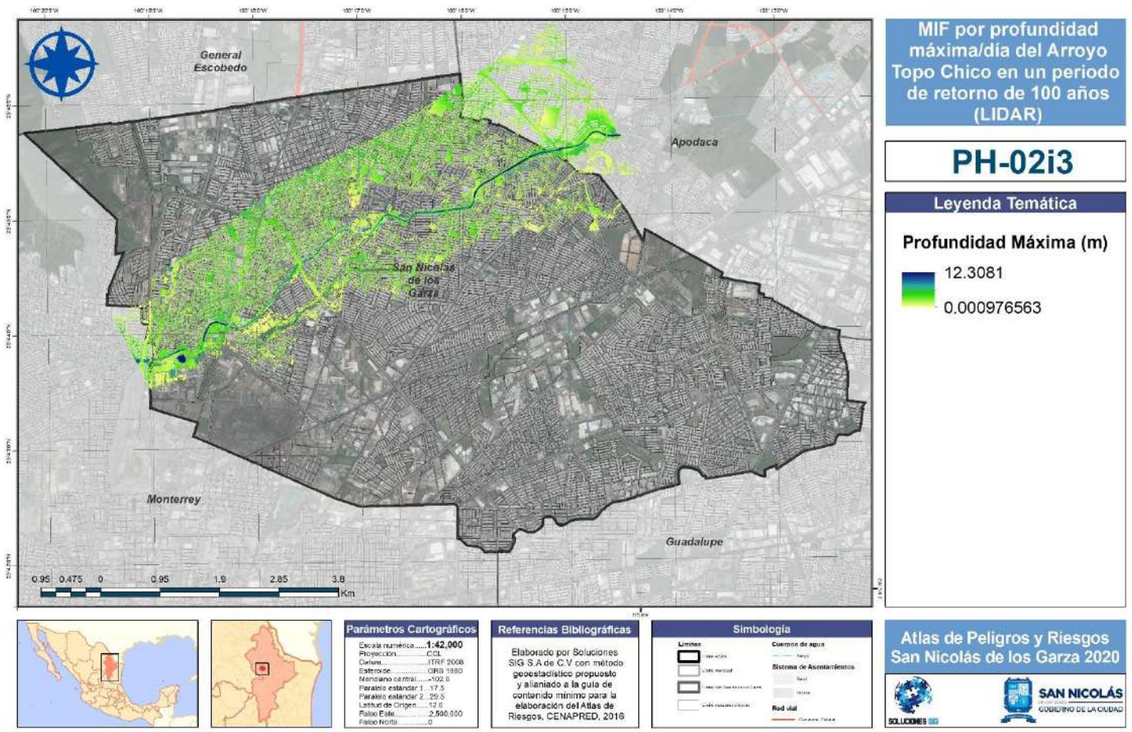
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

***Mapa 2.64** Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 50 años*



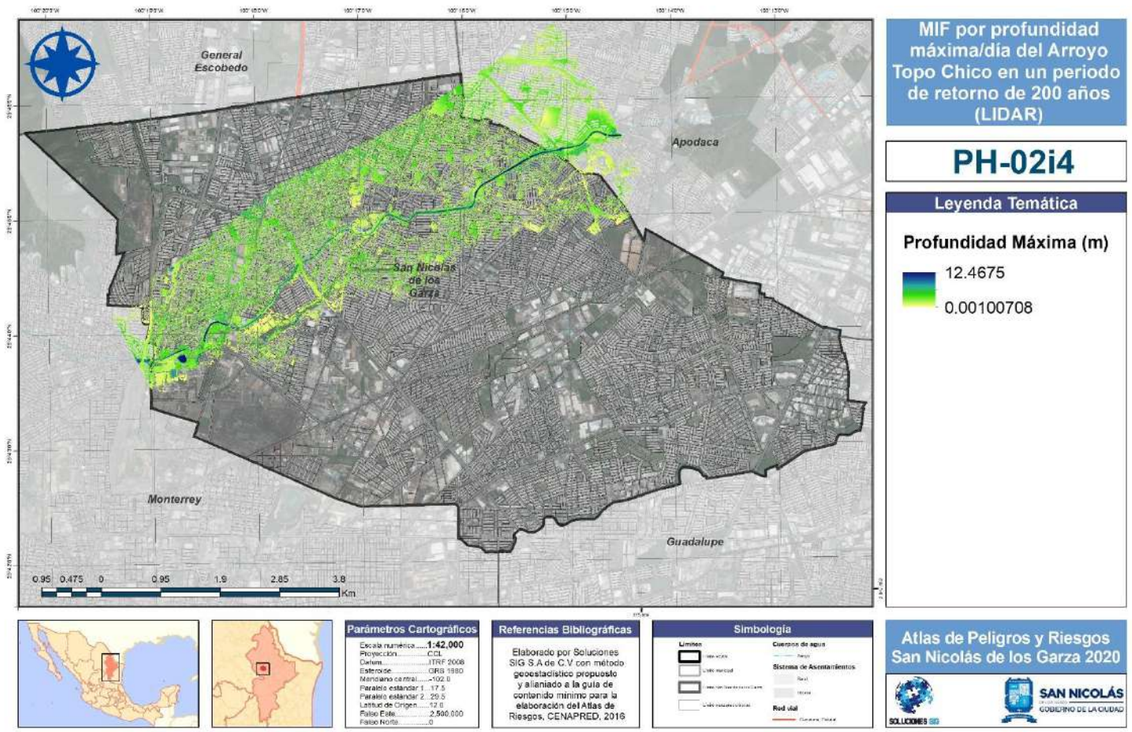
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.65 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 100 años*



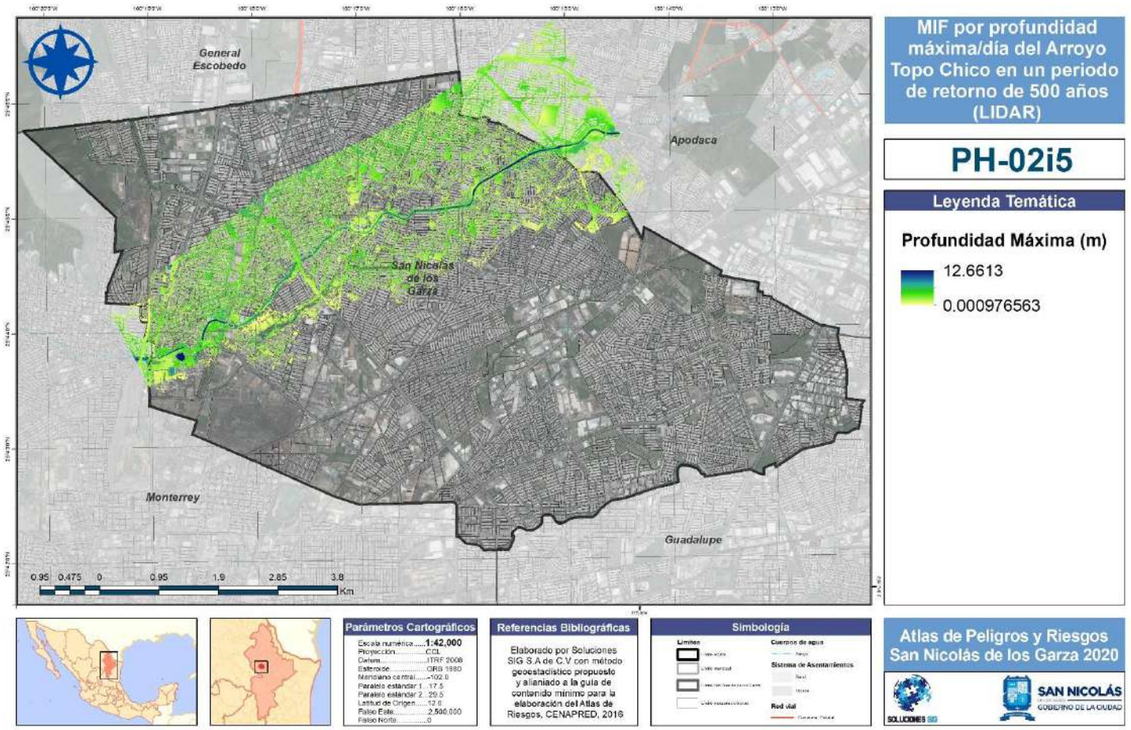
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.66 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 200 años*



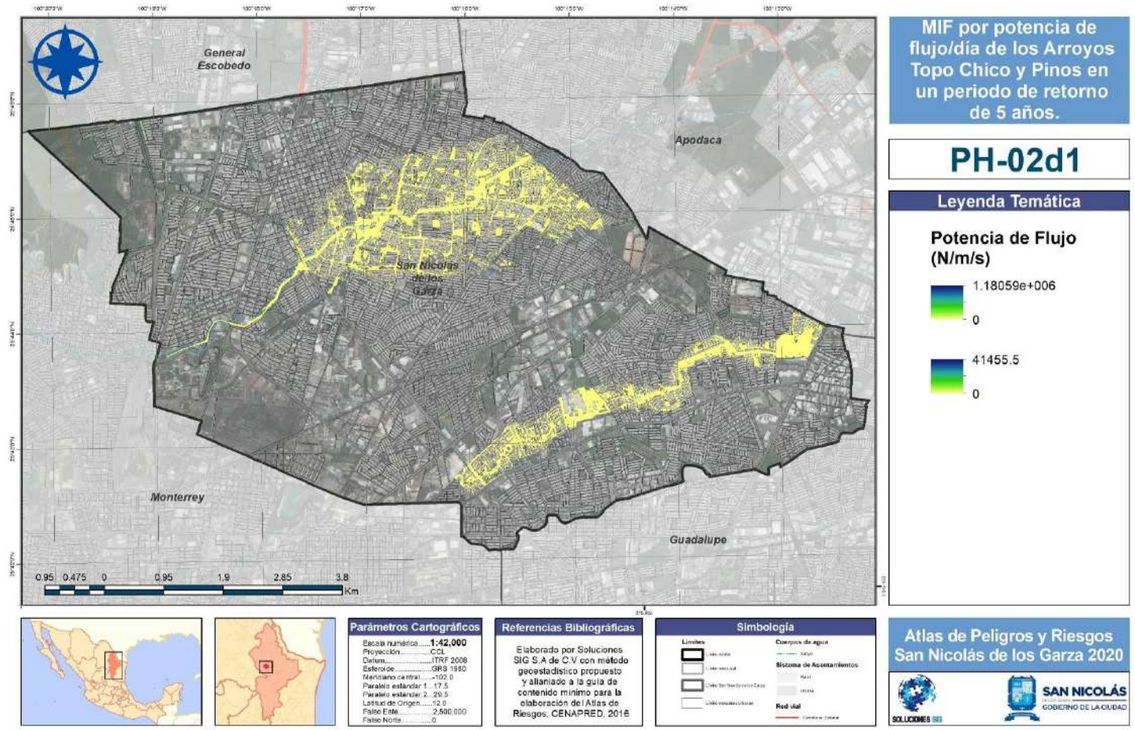
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 21 *Modelo de inundaciones fluviales (LIDAR) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 500 años*



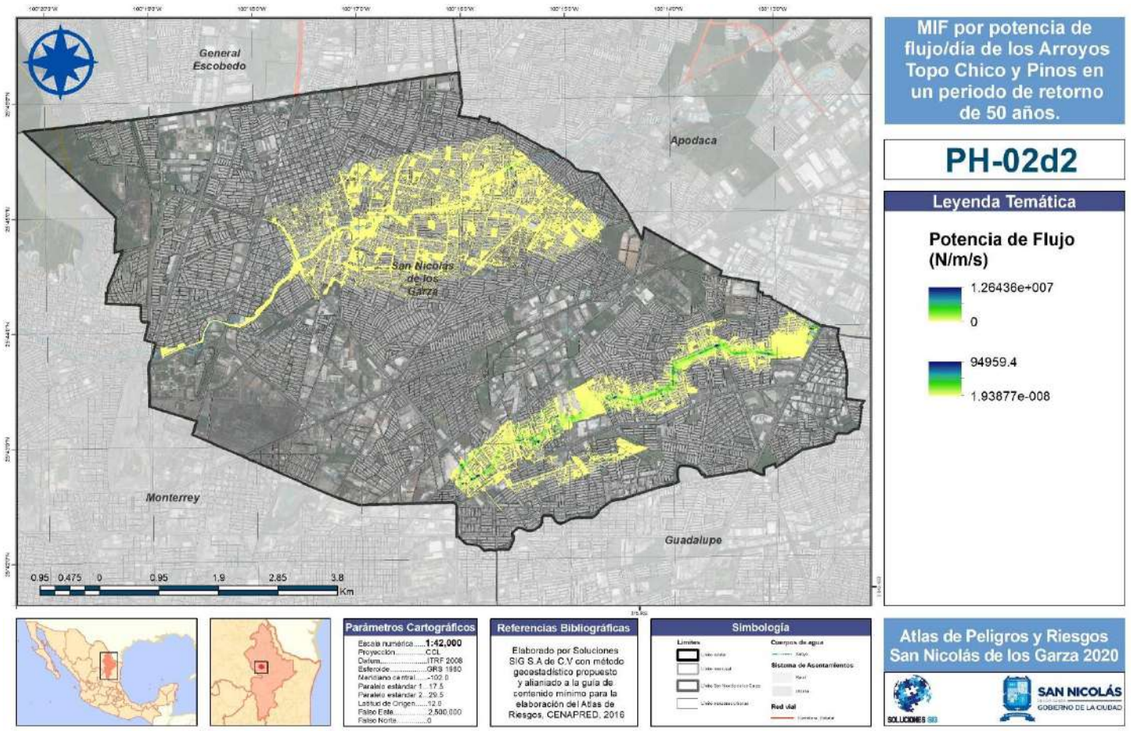
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 228*. Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 5 años*



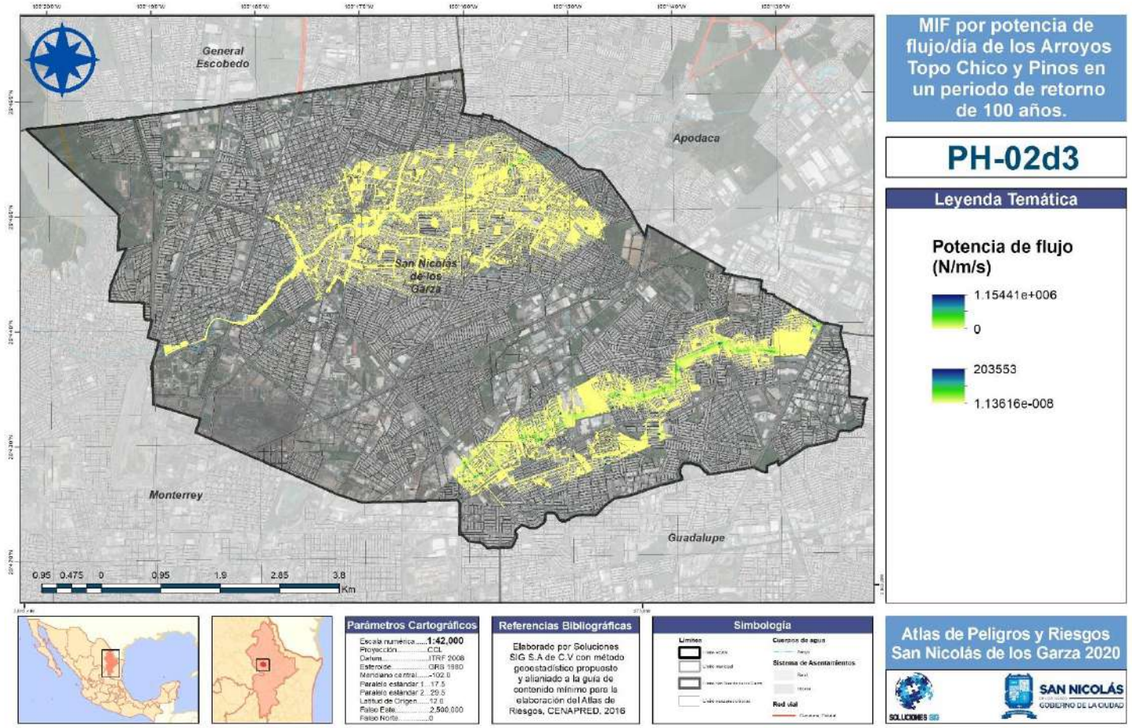
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.69 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 50 años*



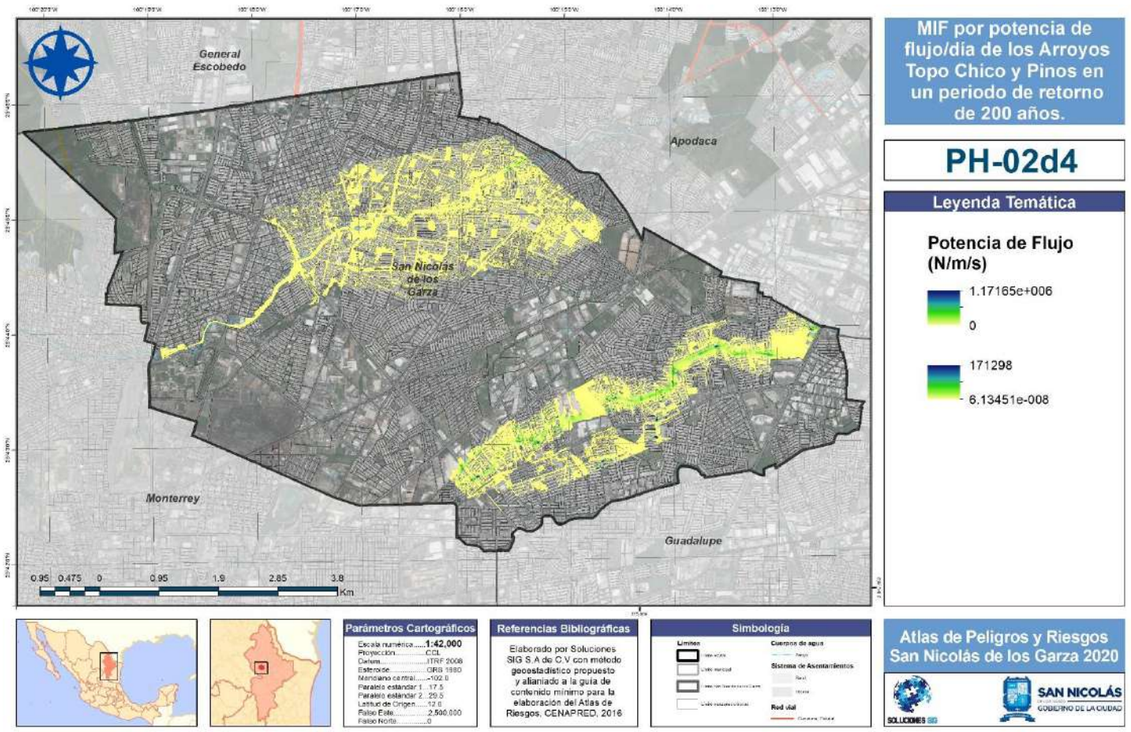
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 23*0 Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 100 años*



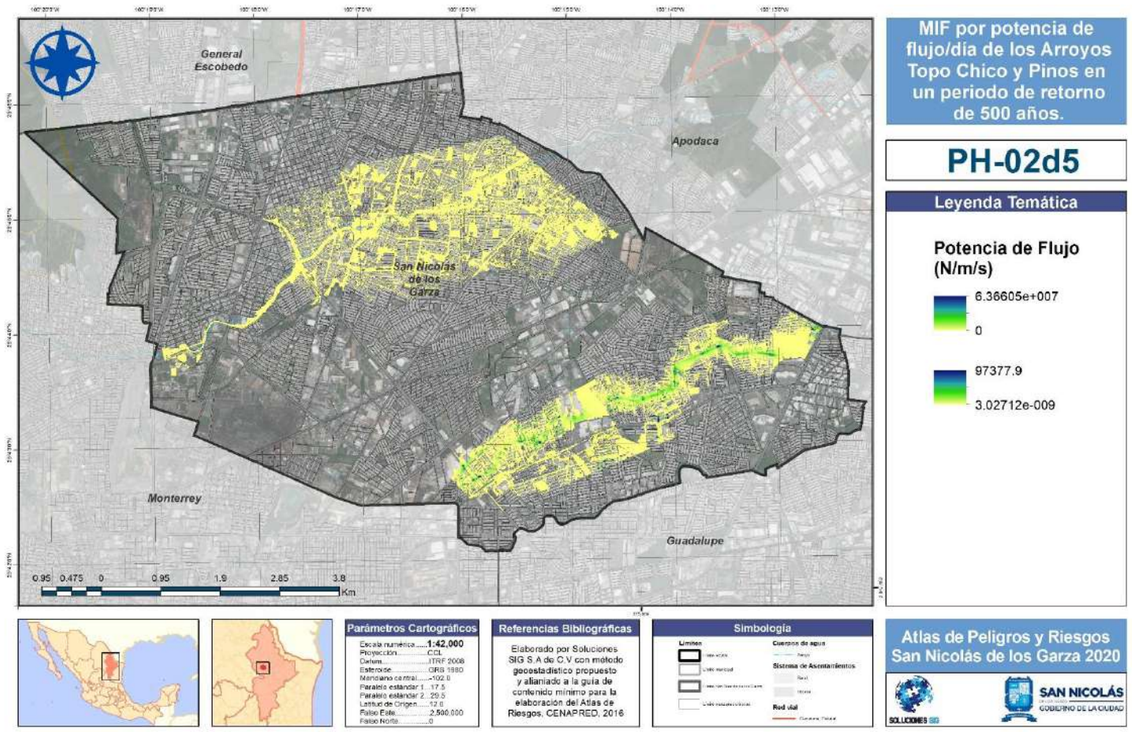
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.71 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 200 años*



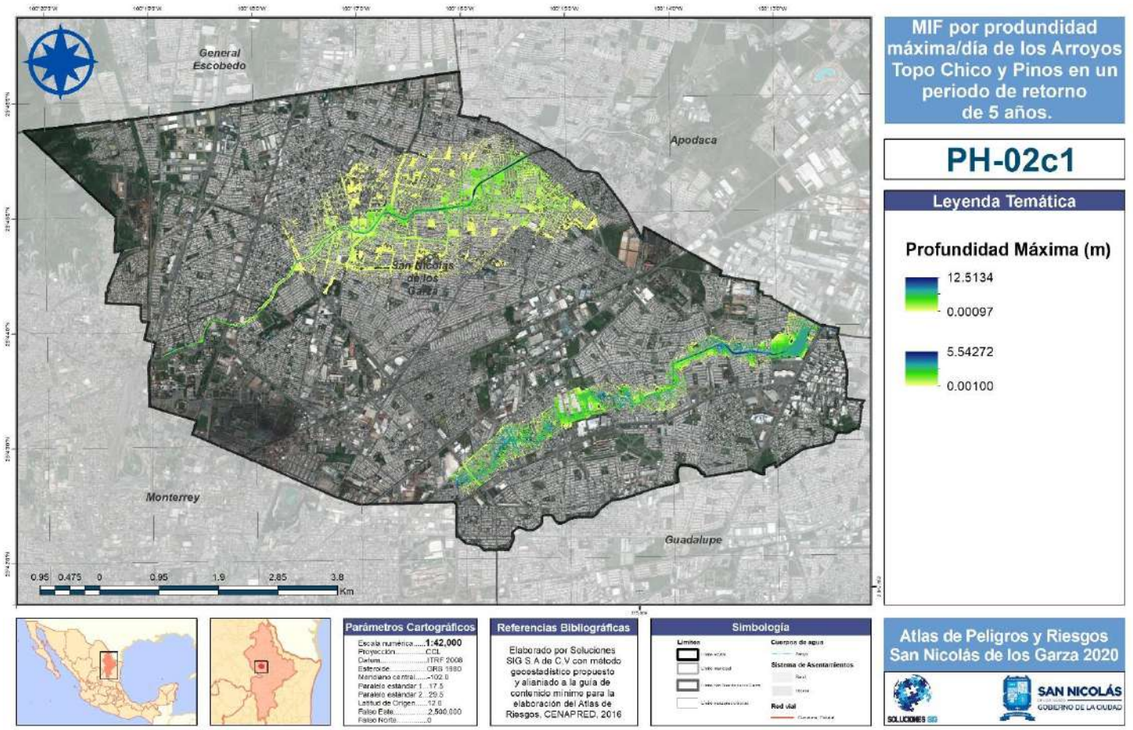
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.72 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por potencia de flujo para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 500 años*



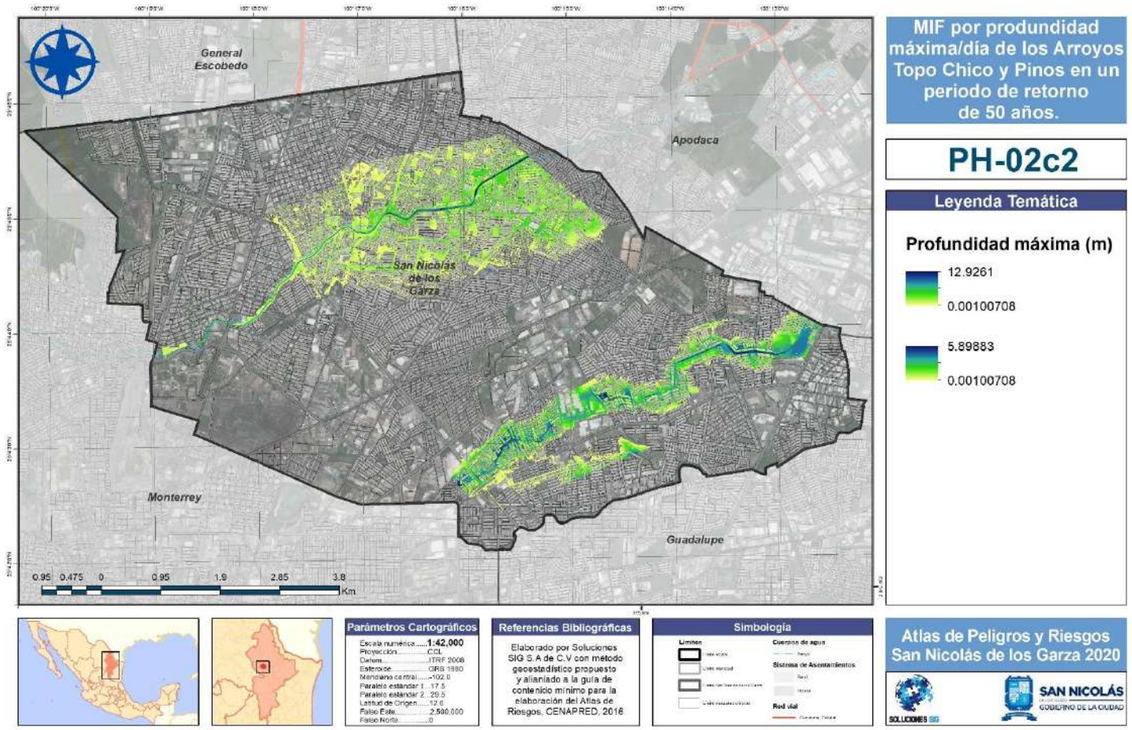
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

***Mapa 2.73**. Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 5 años*



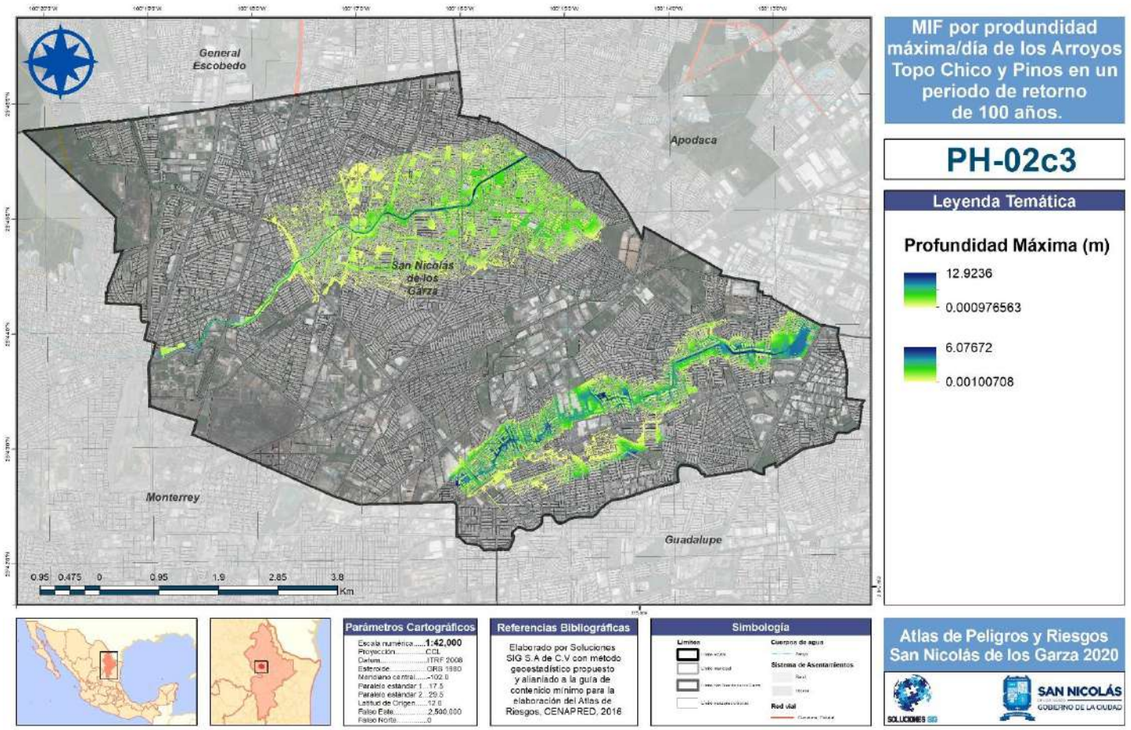
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

***Mapa 2.74** Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 50 años*



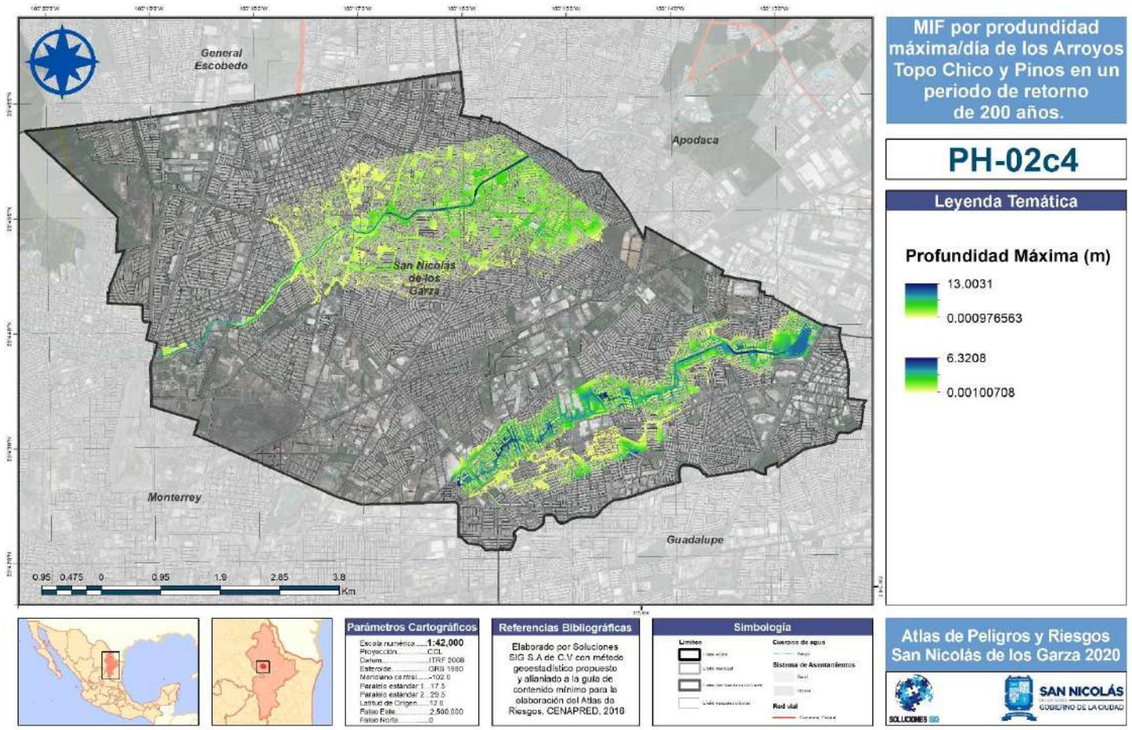
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.75 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 100 años*



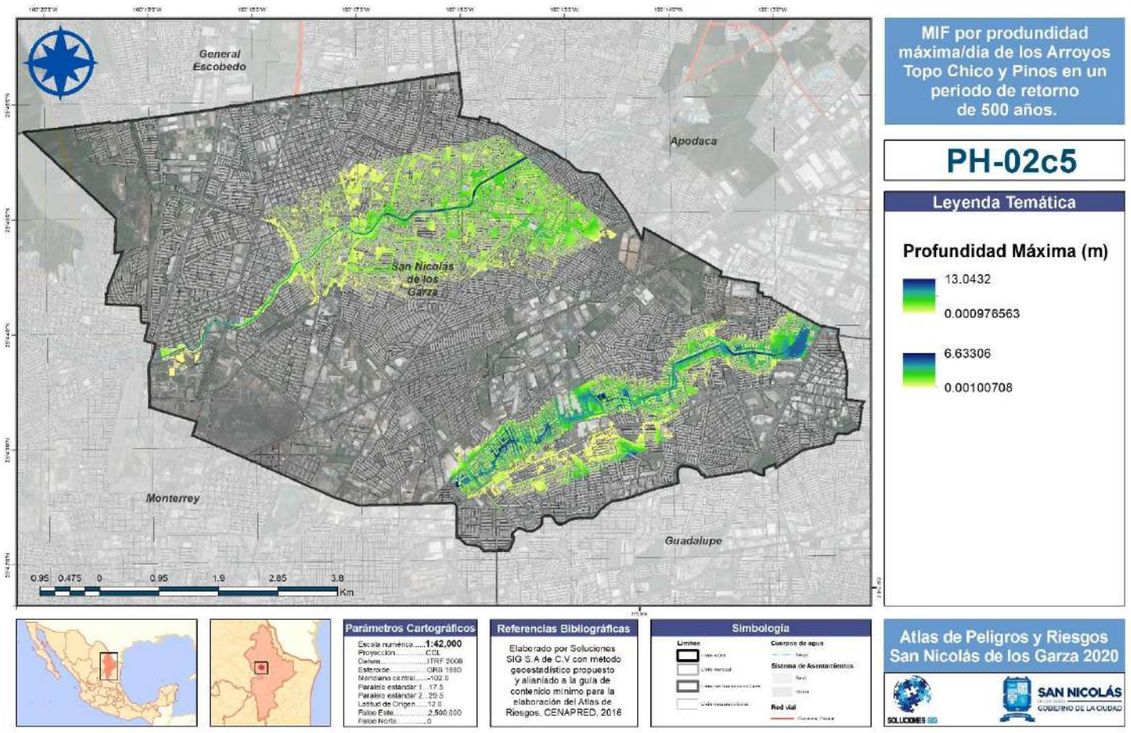
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.76 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 200 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.77 *Modelo de inundaciones fluviales (vuelo superficie) por profundidad máxima para un periodo de acumulación de 24 horas sobre los arroyos Topo Chico y Pinos, periodo de retorno de 500 años*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

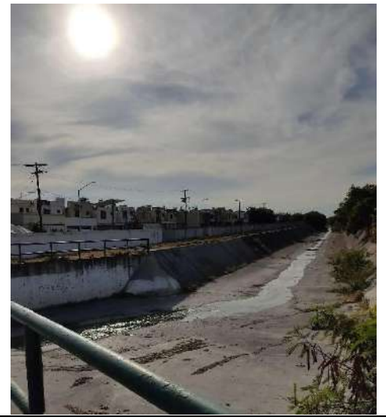
Puntos inspeccionados de inundaciones recurrentes

Como parte de las labores de la elaboración del atlas de riesgos del municipio se realizó trabajo de campo junto con personal de la dirección de Protección Civil, donde se registraron los principales puntos de inundaciones frecuentes para el reconocimiento de la situación de afectaciones ocasionados por este fenómeno perturbador. A continuación se presentan los puntos inspeccionados más relevantes.

Punto de verificación I1			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.401202, 100.25825
Localidad	Col. Francisco Garza Sada y Real de Minas	**Lugar visitado**	Avenida Adolfo Ruíz Cortines
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Observaciones o Descripción:
En el área se reporta una crecida de cauce del arroyo de aproximadamente 60 cm afuera de casa habitacional y se identifica materia biológica como moho causa de la humedad. Las paredes del Arroyo Talaverna miden aproximadamente 3 m de altura; se observan de manera vertical, esto indica que el flujo del agua se encauza y la velocidad del mismo disminuye. Otro factor importante es en temporadas de lluvias, cuando el agua pluvial cae sobre las calles de las colonias aledañas al cauce del arroyo, por la pendiente que presentan estas, el flujo es transportado hacia distintas entradas que llegan al cauce del mismo. Esto provoca un incremento de volumen de agua pluvial, por lo que se llega a desbordar.

Punto de verificación I2			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.424049, 100.25625
Localidad	Col. Talaverna	**Lugar visitado**	Calle Tauro
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



Observaciones o Descripción:
En el sitio, el cauce del Arroyo Talaverna aumenta su volumen de agua en épocas de lluvias y presenta una longitud de 25.1 m. Se identificó en campo que la inclinación de las paredes del arroyo tienen una profundidad de 2.5 m aproximadamente y presentan pendientes de 35 a 40 grados. Se observa que el arroyo lleva estas pendientes en sus paredes y en cierto punto cambia radicalmente a que sus paredes sean verticales, esto indica que la variación de pendientes repentinas ayude a que se incremente el volumen de agua de lluvia, provoca que el arroyo se desborde y genere inundaciones en las colonia aledañas.

Punto de verificación I3			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.424049, 100.23925
Localidad	Col. Industrias del Vidrio Ampliación Oriente	**Lugar visitado**	Avenida de las Flores
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Observaciones o Descripción:
Se tiene registros de inundación pluvial en el sitio. En este punto el arroyo Talaverna presenta dimensiones de 16 m de largo, 5.7 m de profundidad y sus paredes tienen una pendiente de 35 a 40 grados. En épocas de lluvias torrenciales esta zona llega a inundarse porque es una zona específica en donde se encauzan los flujos de las colonias que se encuentran alrededor y sus dimensiones son muy reducidas para el volumen de agua que debe de captar.

Punto de verificación I4			
Fecha de Inspección	08-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.430589, 100.27625
Localidad	Col. Privada Nogalar	**Lugar visitado**	Avenida de la Juventud
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Observaciones o Descripción:
En el sitio se presentan inundaciones pluviales porque todo el flujo de agua de las calles cernas o que convergen en esta avenida llega a desembocar y encauzarse. Además no se tiene un sistema de drenaje adecuado para el volumen de agua que llega a concentrarse en esta zona.

Punto de verificación I5			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	25.430589, 100.24425
Localidad	Col. Margarita Salazar	**Lugar visitado**	Avenida Adolfo López Mateos y Avenida Casa Blanca
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

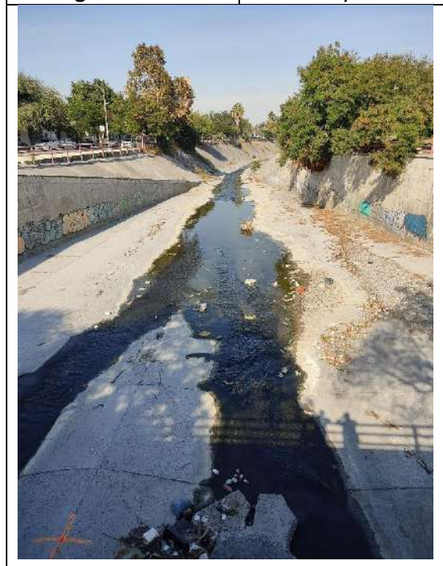
Observaciones o Descripción:
En el sitio se presentan inundaciones pluviales por la convergencia de ambas avenidas, éstas llegan a acumular agua pluvial desde calles y avenidas que se conectan entre sí y llegan a desembocar todo el flujo del agua en ese punto.

Punto de verificación I6 & I7			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	367610.47, 2846415.10 y 368090.31, 2846393.00
Localidad	Col. Ciudad Universitaria y Valle de Anáhuac.	**Lugar visitado**	Avenida Fidel Velázquez.
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000

Observaciones y comentarios.
En este punto, el encauzamiento del arroyo Topo Chico, pasa por puntos en donde se hace estrecho y luego se ensancha lo que provoca que aumente su velocidad y al pasar por una curva impacta en los muros que son totalmente verticales provocando su fracturamiento.
Así mismo observamos tuberías que desembocan en el cauce del arroyo. Esta tubería puede tener pequeñas fugas de agua que van deslavando el material y se infiltra provocando que se fracturen los muros y el piso por donde pasa el arroyo.

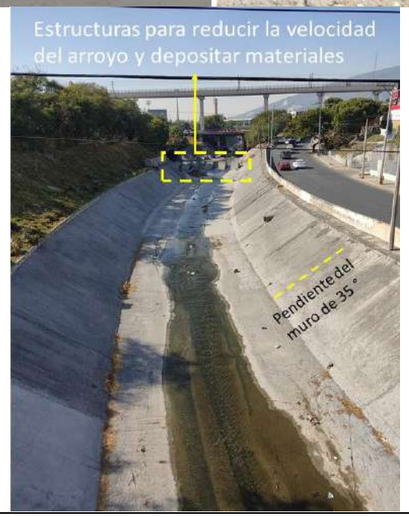
Punto de verificación I8			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	368771.87, 2846757.13

Localidad	Col. Ciudad Universitaria	**Lugar visitado**	Avenida S. Juana de la Cruz
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



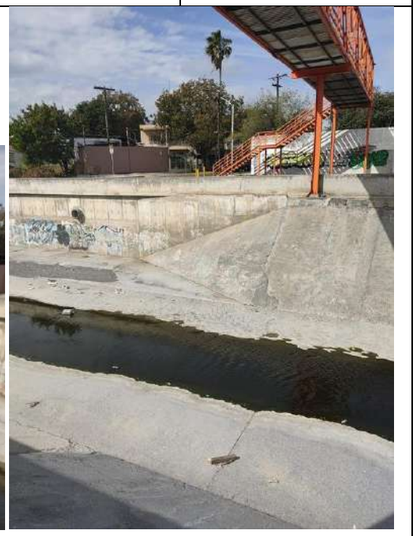
Observaciones y comentarios.
En este lugar se reportan desbordamientos del arroyo, que pueden llegar a invadir la avenida, con un tirante de 60 cm. En esta zona es donde se desdibuja el cauce de nuestra modelación. Observamos nuevamente paredes del cauce verticales combinadas con paredes inclinadas con 35° aproximadamente.

Punto de verificación I9			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	369326.02, 2846847.76
Localidad	Col. Cuauhtémoc Sect.1	**Lugar visitado**	Avenida Lic. Jorge A. Treviño
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



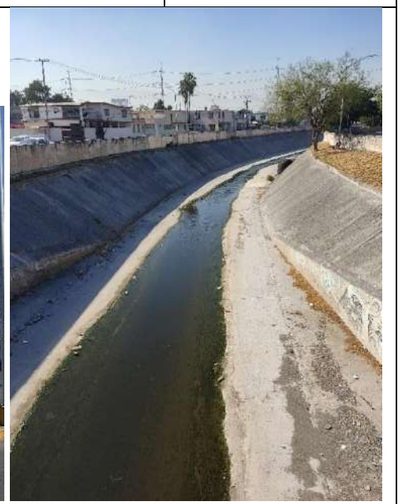
Observaciones y comentarios.
Se pusieron unas estructuras que ayudan a disminuir la velocidad del arroyo, pero no han sido suficientes ya que en sectores más adelante se reporta que el arroyo lleva gran velocidad y dichas estructuras ya están en malas condiciones.
En este punto ya se tienen muros inclinados, con pendientes de 35° que de igual forma ayudan a disminuir la velocidad con la que corre el arroyo.

Punto de verificación I10			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	370113.84, 2847636.05
Localidad	Col. Potrero Anáhuac.	**Lugar visitado**	Avenida Lic. Jorge A. Treviño
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



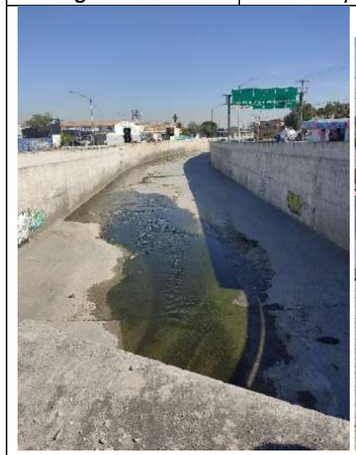
Observaciones y comentarios.
Se tiene un tubo de drenaje mal colocado, el cual atraviesa perpendicular el cauce el arroyo, se encuentra expuesto y ha sido cubierto con una estructura metálica para evitar daño en la tubería por la crecida del arroyo. La problemática de este tubo es, funciona como tope en el cauce, lo cual ocasiona que en ese punto se desborde e inunde las calles.
Otro factor y tal vez, el más importante, es la reducción abrupta que se tiene del cauce a unos metros de la tubería de drenaje. Son paredes totalmente verticales que en un punto cambian a paredes con una inclinación de 35°.

Punto de verificación I11			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	370562.00, 2848007.00
Localidad	Colonia Las Puentes Sect 1.	**Lugar visitado**	Avenida Lic. Jorge A. Treviño
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



En este punto cuando el Arroyo lleva mucha agua, comienza a desbordar e invadir la avenida, se han levantado muros de 1 m. para evitar el desborde del Topo Chico.
Se tienen reportes que se ha inundado la avenida en ambos carriles y observamos casa que tienen un escalón para impedir que el agua entre a sus casas.

Punto de verificación I12			
Fecha de Inspección	09-dic-20	**Coordenadas UTM**	370871.46, 2848307.11
Localidad	Colonia Las puentes Sect 2.	**Lugar visitado**	Avenida Lic. Jorge A. Treviño
Cartas Topológica y Geológica utilizadas	Monterrey G14-7 Monterrey G1407	**Escala**	1: 250 000



Observaciones y comentarios.
A partir de este punto se han hecho obras para evitar el desbordamiento del arroyo Topo Chico, aquí se amplió el cauce para evitar que se inunden las calles.
Las dimensiones del cauce en este punto de verificación son de 6.5 m. x 24 m.

1. Tormentas de nieve

b) Antecedentes

De acuerdo con el fascículo Tormentas Severas publicado por CENAPRED, las tormentas de nieve o nevadas son clasificadas como forma de precipitación de tipo sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes (en ocasiones blancos) de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. Generalmente la condensación de la nieve forma ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones. La temperatura y humedad de la atmósfera define la forma y tamaño de los copos de nieve (CENAPRED, 2006).

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas están relacionados con la temporada invernal, ya que son eventos donde las temperaturas descienden abruptamente debido a la presencia de masas de aire polar y/o frentes fríos, los cuales interactúan con la humedad proveniente de los océanos produciendo toda clase de precipitaciones como lluvia, aguanieve o nieve. Hablando geográficamente y geomorfológicamente los lugares donde se presentan este tipo de eventos es principalmente en las partes altas de las montañas y muy rara vez en valles altos.

Cabe destacar que este fenómeno meteorológico ayuda a que los glaciares vuelvan regenerarse, esto es consecuencia de la recarga que se origina debido a que la nieve refleja una mayor cantidad de radiación solar en cualquier superficie y, desde el punto de vista hidrológico, se utiliza como depósitos de agua (Molto, 2000).

Figura 2.24 Intensa nevada registrada en los municipios de Arteaga, Santiago, Rayones y Galeana en el estado de Monterrey, 2016

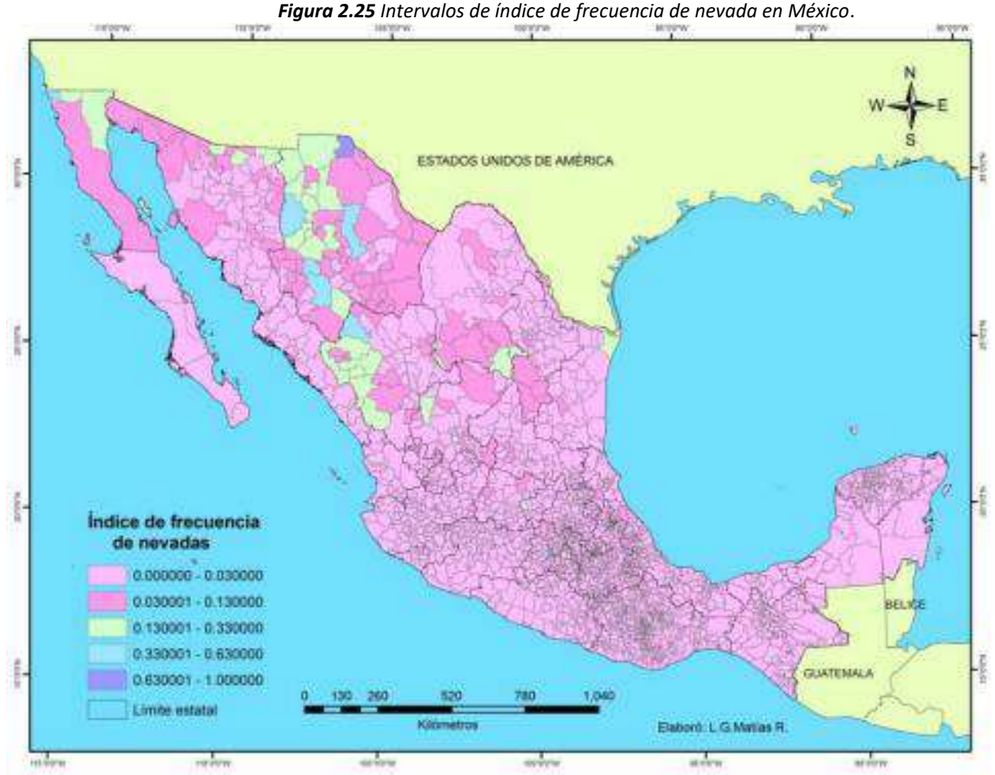
Fuente: *https://www.milenio.com/estados/cae-nieve-en-nuevo-leon?image=14*

En las zonas urbanas los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: apagones y taponamiento de drenajes; por los daños a estructuras endebles y derrumbes de techos. Pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente indigentes o personas de bajos recursos económicos que pueden contraer enfermedades en vías respiratorias, problemas en la piel o en el peor de los casos hipotermia. Otras de las afectaciones que pueden producirse es por nieve acumulada; la cual genera desquiciamiento del tránsito, apagones, obstrucción del drenaje, colapso de techos, ruptura de tuberías de agua potable y drenaje hasta suspensión de actividades. Por otra parte, en las zonas rurales una tormenta de nieve puede afectar grandes superficies de cultivos provocando su pérdida total.

Gracias a la geografía de país, son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más frecuentes en los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatépetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México, como es el Ajusco (CENAPRED, 2006).

Por otra parte, el territorio de San Nicolás de los Garza presenta características o particularidades como: 1) ubicación geográfica con respecto al paso de los frentes fríos que provienen de la región norte del continente, 2) altitud (512 m.s.n.m), 3) orografía y 4) clima que lo describen como un territorio fuera de peligro o como un municipio con un riesgo bajo en cuanto a tormentas de nieve. Para complementar esta información se presenta el siguiente mapa que muestra las ocurrencias de nevadas que hay en la República Mexicana por municipio y se puede concluir que su ocurrencia es de 0.0 a 0.03.

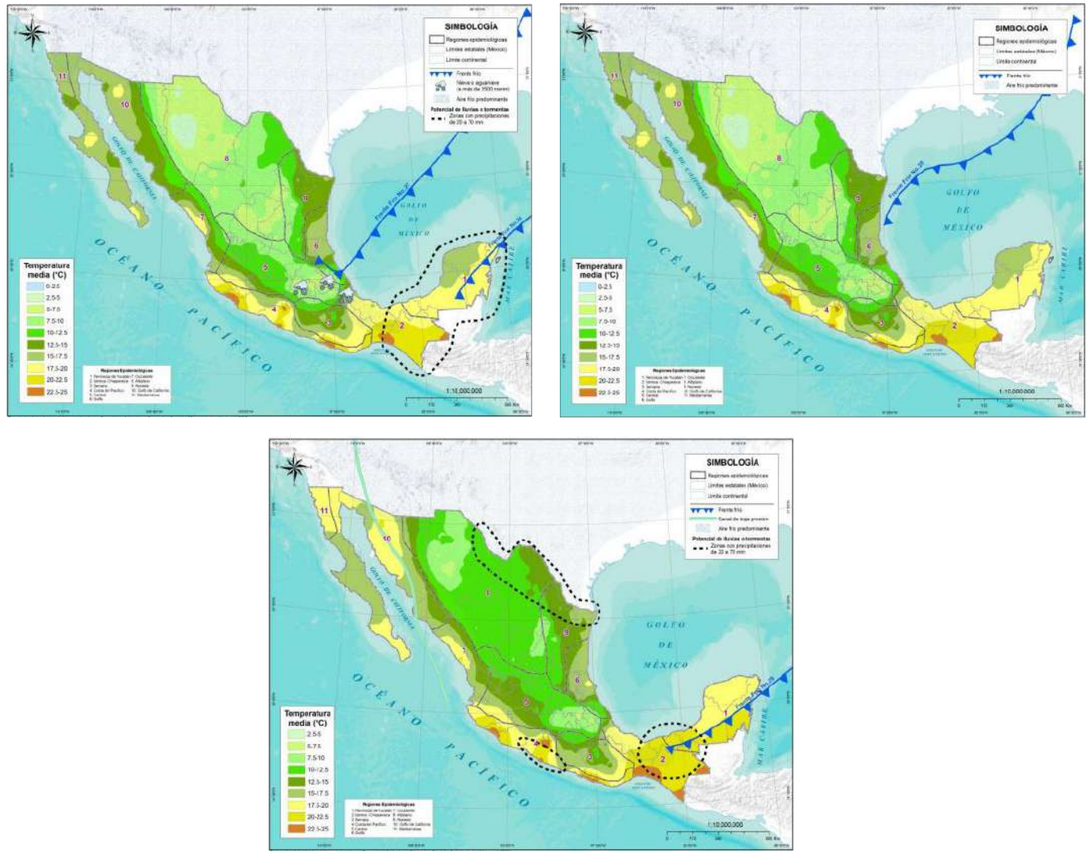
Figura 2.25 *Intervalos de índice de frecuencia de nevada en México*.



Fuente: *CENAPRED 2012.*

Cabe destacar que, a pesar de la nula influencia de este fenómeno perturbador, la presencia u ocurrencia de las nevadas en municipios cercanos a este llega a reflejarse por medio de heladas, bajas temperaturas y frentes fríos. Como, por ejemplo; los frentes fríos No. 27, 28 y 29 (25 al 28 de enero) registrados en el año 2014 provocaron temperaturas mínimas con rangos de -7.6 a -16ºC en los estados fronterizos con Estados Unidos, se mantuvieron en un modo estacionario, por lo que originaron el evento de “Norte” el cual se mantuvo en una intensidad de fuerte a muy fuerte.

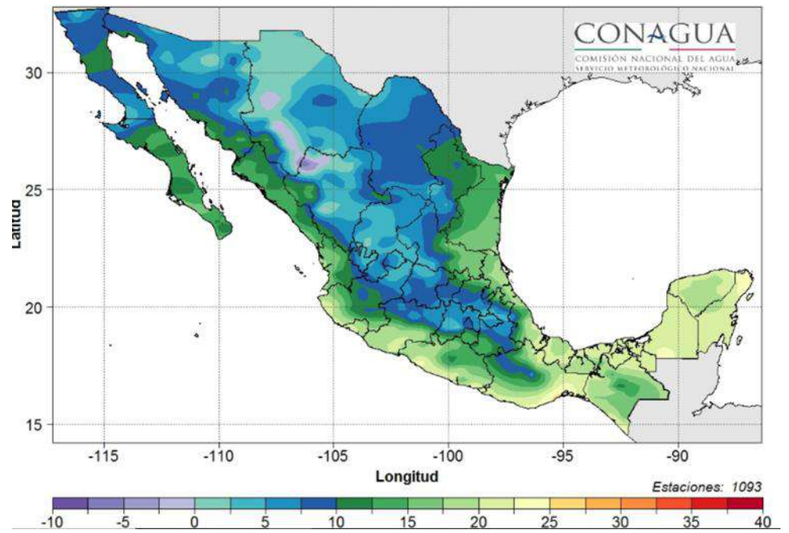
Figura.2.26 *Imagen compuesta de los Frentes Fríos Nom. 27, 28 y 29 de los días 15 al 20 de diciembre de 2014*



Fuente: *CONAGUA ,2014*

Por otra parte, durante el 2016 el frente frío 34 se asoció con la Octava Tormenta Invernal ubicada en la Mesa del Norte, ambos generado lluvias fuertes y presentado temperaturas con valores térmicos de 2.5 a 17.5ºC en el norte y centro del país.

Figura.2.27 *Distribución de temperatura mínima promedio mensual del mes de diciembre de 2016.*



Fuente: *CONAGUA ,2017.*

a) Desarrollo Metodológico

Existen varias metodologías para realizar la delimitación de las zonas que poseen algún grado de peligro por tormentas de nieve, o bien, para conocer la probabilidad de que se presente uno de estos eventos en una zona dada. Para conocer dicha probabilidad se utiliza una función de peligro, donde la precisión de los resultados dependerá de la calidad y la cantidad de datos que se tengan para el área de estudio.

Por desgracia, en México no se cuenta con registros climatológicos de la ocurrencia de las nevadas, por lo que no hay una variable en particular que se correlacione directamente con este fenómeno.

En este sentido CENAPRED utilizó una metodología para calcular un índice de peligro por nevadas (IPN) basado en los sitios donde han ocurrido estos fenómenos en el país a nivel localidad durante las épocas prehispánica, colonial y del siglo XIX, así como por registros de otras fuentes de información como notas periodísticas, reportes de las unidades estatales de Protección Civil, reportes de CONAGUA y de SAGARPA que cubren hasta los eventos de 2011, pero a nivel municipal (CENAPRED, 2012).

El IPN se basó en la frecuencia del fenómeno, que implica contar el número de veces donde han ocurrido eventos a nivel municipal para posteriormente ser dividido entre el dato más alto (CENAPRED, 2012). Una vez obtenido el índice, se estableció una caracterización basada en el número total de eventos la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.16 Valores del índice de frecuencia por nevadas

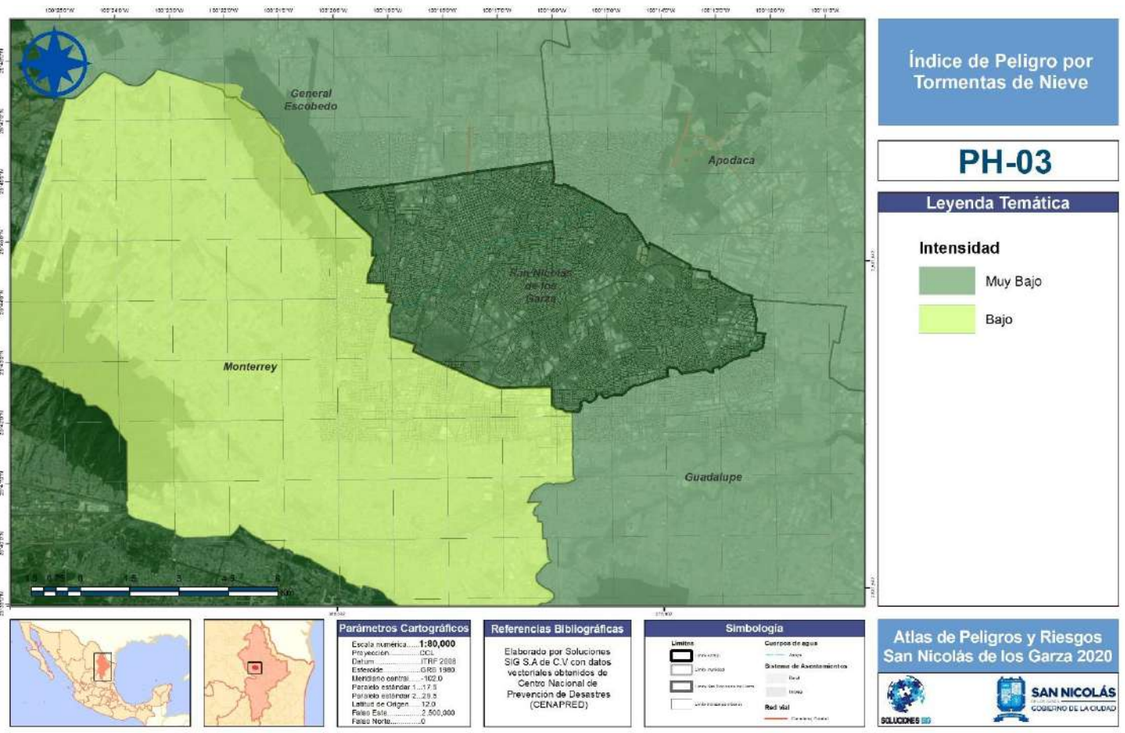
Intervalo	Valor	Índice
1	Muy bajo	0.00 – 0.03
2	Bajo	0.03 – 0.13
3	Medio	0.13 – 0.33
4	Alto	0.33 – 0.63
5	Muy alto	0.63 – 1.00

Fuente: CENAPRED, 2012.

c) Resultados

El municipio de San Nicolás de los Garza de acuerdo con los resultados obtenidos por CENAPRED y el Atlas de Peligros y Riesgos el fenómeno de tormenta de nieve se presenta solamente una vez cada 20 años, lo cual concuerda con los datos consultados, los cuales fueron de tipo hemerográficos. Posee un índice de peligro por nevadas de 0.03 equivalente a un nivel de peligro **Muy Bajo**. Cabe mencionar que el municipio de Monterrey presenta un índice de peligro de 0.13, por lo que se clasifica como un nivel de peligro Bajo a pesar de ello, podría llegar afectar algunos de los municipios que se encuentran colindando con éste, aunque no se ha tenido registro de ello.

Mapa 2.78 *Índice de Peligro por Nevadas*



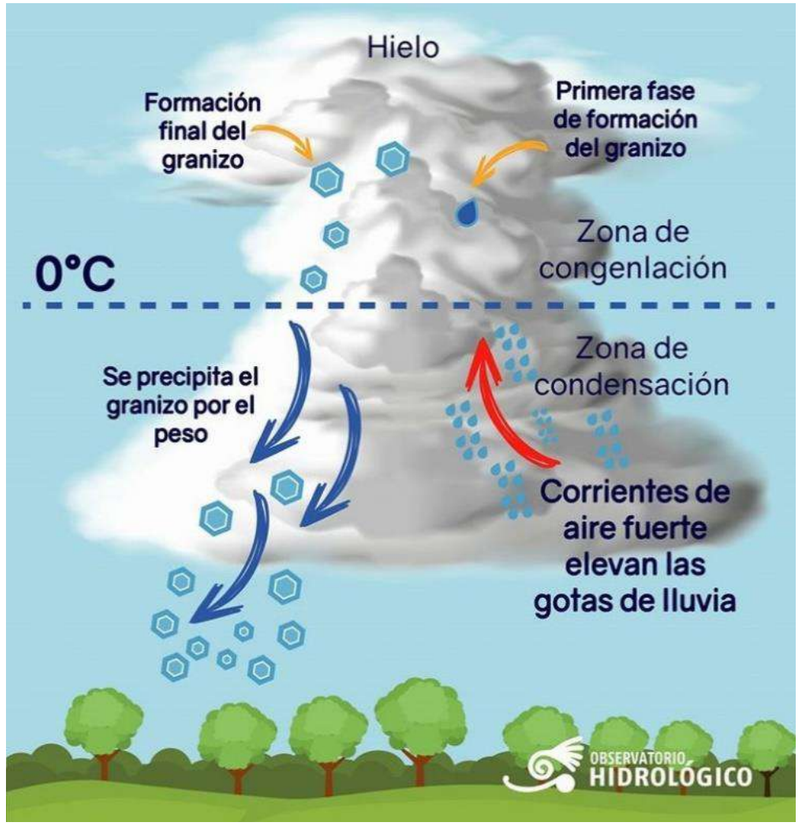
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con datos vectoriales obtenidos de Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, 2016

2. Tormentas de granizo

d) Antecedentes

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 cumulunimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido (Figura) (CENAPRED, 2010). Esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 mm y 13 cm, y las mayores pueden ser muy destructivas. A veces, varias piedras pueden solidificarse juntas formando grandes masas pesadas de hielo y nieve. Cabe destacar que en el hemisferio norte y sur las tormentas de granizo suelen originarse en verano.

Figura 2.28. *Formación del granizo*



Fuente: *Observatorio Hidrológico, UNAM.*

Las regiones donde se producen granizadas de manera más frecuente dentro de la República Mexicana son el altiplano, particularmente en los valles de la porción sur de éste y en la Sierra Madre Occidental, en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que con mayor frecuencia son afectadas son Puebla, Pachuca, Tlaxcala, Zacatecas y la Ciudad de México, donde se tiene la mayor incidencia, durante los meses de mayo, julio y agosto (CENAPRED, 2012).

Por otra parte una de las negativas ante este fenómeno son las afectaciones que pueden llegar a generar. En las zonas urbanas viviendas, alcantarillas y vías de transporte llegan a ser un factor vulnerable ante este fenómeno, por lo que los daños son grandes; en el caso del alcantarillado llega a acumularse un volumen excesivo de agua, por lo que origina inundaciones o encharcamientos. Las zonas más dañadas suelen ser rurales, esto es causa de las partículas de hielo que llegan a tener tamaños considerables, así que pueden destruir plantíos causando graves pérdidas económicas. Es importante destacar que la magnitud de los daños que pueden provocar las tormentas de granizo depende de su cantidad y tamaño. La ocurrencia de este fenómeno perturbador en la República Mexicana se observa a continuación.

Figura 2.29. *Ocurrencia de granizadas en México*

Fuente: *CENAPRED 2010.*

En el municipio de San Nicolás de los Garza prevalecen los climas secos y extremosos, lo que hace que la incidencia de granizadas sea muy baja. Esto se ve reflejado en las Normales Climatológicas publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional, éstas se encuentran alrededor del municipio, por lo que, en el apartado de Desarrollo Metodológico se va explicar a mayor detalle

Por otra parte, como registro de las granizadas que se tienen dentro y alrededor de municipio se muestra a continuación imágenes de una tormenta de granizo reportada el día 16 de mayo del 2020, en los municipios de Apodaca, Zuazua, Escobedo, San Nicolás de los Garza y Ciénega de las Flores. Los pedazos de hielo llegaron a presentar diámetros de hasta 1 cm, no se registraron daños en la población e infraestructura.

Figura.2.30 Vista *de avenida y zona verde de partículas de granizo precipitadas en los municipios Zuazua, Ciénega de Flores, Escobedo, San Nicolás de los Garza y Apodaca en julio de 2020*

Fuente: *https://www.elnorte.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&*

Figura 2.31. P*artícula de Granizo precipitada de aproximadamente 1 cm de diámetro en los municipios Zuazua, Ciénega de Flores, Escobedo, San Nicolás de los Garza y Apodaca en julio del 2020.*

Fuente:https://www.elnorte.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&

De acuerdo con registros de Protección Civil Municipal y fuentes hemerográficas, se tiene relación de por lo menos 5 eventos con distintas duraciones y extensiones, las cuales han traído consigo afectaciones como encharcamientos de calles y avenidas, daños a vehículos, apagones y daños en techumbres y ventanas.

Tabla 2.17 *Afectaciones* por granizadas en el municipio de San Nicolás de los Garza.

Día	Mes	Año	Afectaciones
08	Mayo	2020	Fuertes vientos, lluvias y granizo afectaron varias regiones de los municipios de Apodaca, Guadalupe y San Nicolás de los Garza. Por los fuertes vientos pedazos de escombro de madera y ramas de árboles salieron volando causando daños en automóviles y viviendas.
09	Mayo	2019	Los municipios de Salinas, Apodaca, Victoria, Escobedo y San Nicolás de los Garza sufrieron el impacto de una fuerte tormenta eléctrica que dio origen a la caída de granizo del tamaño de una pelota de golf, éstas provocaron caos de circulación e importantes daños en el material urbano, árboles, automóviles y viviendas.
19	Junio	2018	Se tiene registraron fuertes lluvias y caída de granizo en los municipios de Escobedo, Apodaca y San Nicolás delos Garza. En este último se formaron encharcamientos en vialidades principales tales como avenida Santo Domingo.
22	Abril	2015	Una tormenta eléctrica fue registrada en toda el área Metropolitana de Nuevo León. Se reportaron en el municipio de San Nicolás de los Garza inundaciones, caos vial y encharcamientos que provocaron el cierre de avenidas y el desborde del Arroyo del Topo Chico. A pesar de esto no hubo incidente alguno de acuerdo con lo reportado.
12	Mayo	1999	Tormenta eléctrica acompañada con viento, lluvia y granizo con tamaños exuberantes de aproximadamente 4 a 5 cm de diámetro, provocó árboles caídos, daños en cableado eléctrico y viviendas y principalmente en automóviles que resultaron con golpes o abolladuras y vidrios rotos.

Fuente: Elaboración propia con datos hemerográficos.

e) Desarrollo Metodológico

Con base en la información de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro del municipio de San Nicolás de los Garza y otras dentro del área de influencia, se obtuvieron datos que reportan tiempos de duración de fracción de días con granizo acumulados por mes y año, plasmado en número de días con granizo. Con esta información se realizará mediante una interpolación de datos a través de un sistema de información geográfica.

Tabla 2.18. *Estaciones meteorológicas cercanas a San Nicolás de los Garza con datos anuales de días con granizo el periodo 1951-2010*

Estación	Nombre	Municipio	Número de días con granizo (valor anual)	Años con datos
19002	Agua Blanca	Santa Catarina	0.5	12
19004	Apodaca	Apodaca	0.3	12
19008	Cadereyta Jiménez	Cadereyta Jiménez	0.5	15
19012	Ciénega de Flores	Ciénega de Flores	0.8	18
19015	El Cerrito	Valle de Santiago	0	18
19017	El Marrubial	Santa Catarina	-	-
19018	El Pajonal	Santa Catarina	-	-
19025	Higueras	Higueras (SMN)	0	28
19029	La Arena	Pesquería	0.1	15
19031	La Cruz	Santa Catarina	0.1	18
19038	Las Comitas	Santa Catarina	0	12
19049	Monterrey	Monterrey (DGE)	0.5	17
19052	Monterrey	Monterrey (SMN)	-	-
19058	Santa Catarina	Santa Catarina	0	14
19061	Topo Chico	Monterrey	0.4	15
19062	Túnel San Francisco	Santiago	0	42
19065	Santiago	Santiago	0.3	15
19069	La Boca	Santiago	0	18
19088	Doctor Arroyo 2	Monterrey (DGE)	0.8	42
19096	La Huasteca	Santa Catarina	0.3	20
19102	Cola de Caballo	Monterrey	-	-
19105	Doctor González	Doctor González	0	16
19113	El Brasil	Doctor Coss	-	-
19131	Puerto El Ebano	Sabinas H.	0	19
19134	Salinas Victoria	Salinas Victoria	-	-
19140	Tepehuaje	Cadereyta	0.1	19
19148	Dieciocho de Marzo	Galeana	0.3	25
19173	Los Palmitos	Cadereyta	0	17
19174	San Bartolo	C. Jiménez	0.2	17
19175	Santa Cruz	Santa Catarina	-	-

Fuente: Normales Climatológicas, SMN.

Para esta interpolación se utilizó la herramienta de interpolación de Natural Neighbor, la cual halla el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre éstas basándose en áreas proporcionales para interpolar un valor. Sus características básicas son que es local, utiliza sólo un subconjunto de muestras que circundan a un punto de consulta y asegura que las alturas interpoladas estarán dentro del rango de las muestras utilizadas (Sibson, 1981).

No infiere tendencias ni produce picos, depresiones, crestas o valles que no estén ya representados por las muestras de entrada, por lo que genera una interpolación suave con menor rango de error. Esta herramienta se encuentra en el Sistema de información geográfica ArcGIS 10.3, versión utilizada para realizar los análisis que integran el presente atlas.

La ecuación básica es:

$$G(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i(x) f(x_i)$$

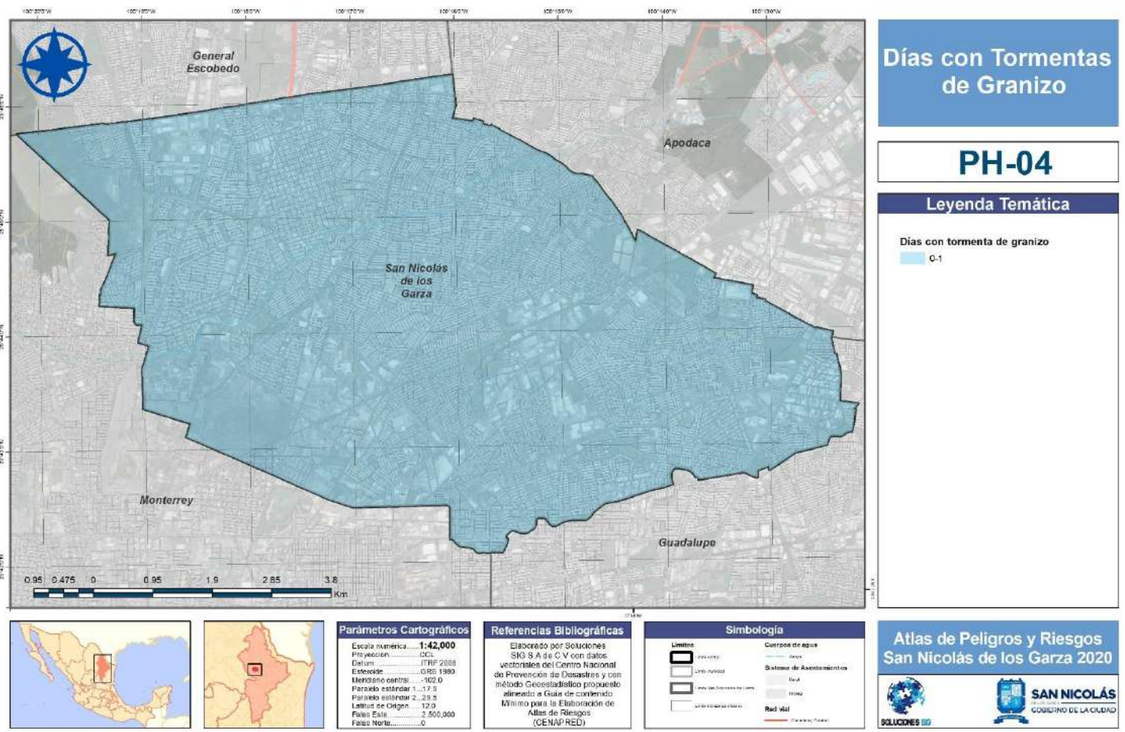
Donde G (x) es la estimación en x, w_i son los pesos y $f(x_i)$ son los datos conocidos en (x_i). Los pesos w_i se calculan encontrando cuánto de cada una de las áreas circundantes se "roba" al insertar x en la teselación.

Para corroborar la el método utilizado se ocupó la información que CENAPRED proporciona en su Atlas de Riesgos, se descargó el KML, el cual nos ayuda a saber los días de tormentas de granizo que hay en toda la República Mexicana. Para tener una visualización de esta información plasmada en un mapa, se usó el Sistema de información geográfica ArcGIS 10.3. Se empleó la herramienta de Conversion Tools para la transformación del KML (obtenido por la plataforma) a Shape y se realiza una clasificación con el carácter o el valor que contiene el dato de días por tormenta de granizo. Cabe mencionar que este procedimiento también se empleó para el índice de peligro por tormentas de granizo.

f) Resultados

En el mapa resultante se puede observar que el municipio de San Nicolás de los Garza tiene un número de índice de días con granizo al año de 0-1, de aproximadamente una duración de 45 minutos. Esto significa que el territorio no presenta granizadas con una frecuencia continua, lo que indica que este fenómeno no es influyente. Es necesario comentar que de presentarse algún fenómeno meteorológico de gran magnitud como un frente frío o un ciclón tropical, podrían presentarse más granizadas que las que se contemplan en el mapa resultado. Cabe mencionar que los resultados obtenidos fueron comparados con los datos que CENAPRED proporciona en su Atlas Interactivo de Riesgos, donde, es visualizado que el municipio presenta tormentas de granizo de 0-1 días. Cabe destacar, que por la poca recurrencia de días con tormentas de granizo, las probabilidades de que llegue a presentarse dicho fenómeno es casi nula.

Mapa 2.79 *Días con Tormentas de Granizo*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con datos vectoriales del Centro Nacional de Prevención de Desastres y con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

Por otra parte, CENAPRED estableció un índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG) el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con granizo del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007) donde se manejan los siguientes intervalos:

Tabla 2.19 Número de días con granizadas

Días con granizo
>5
2 – 5
1 – 2
0 – 1
Sin granizo

Fuente: CENAPRED. 2010.

A cada uno de los intervalos mencionados se le asignó un valor, el cual calculó a partir de las diferencias de los límites superiores de los intervalos de los números de días con granizo, para después calcular el índice a partir de cada valor dividido entre el dato más alto.

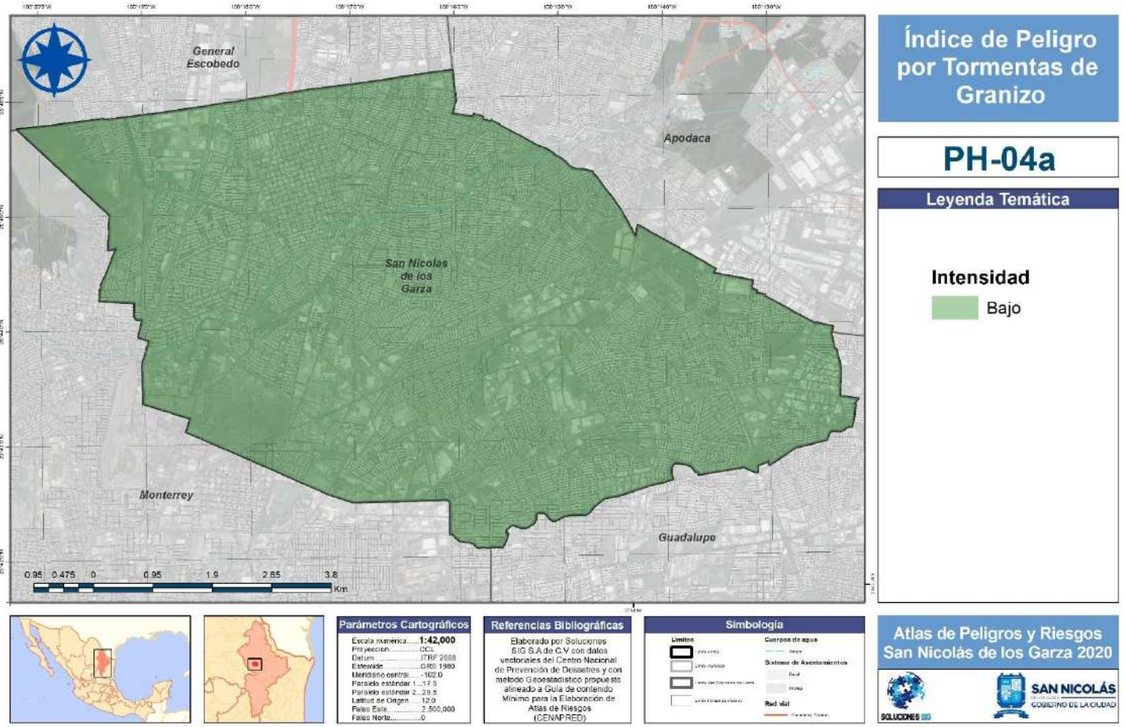
Tabla 2.20 Número *de días con granizadas*

Número de días con granizo	Valor	Índice	Categoría
>5	7.5	1.00	Muy alto
2 – 5	3.5	0.47	Alto
1 – 2	1.5	0.20	Medio
0 - 1	0.5	0.07	Bajo
Sin granizo	0	0	Muy bajo o nulo

Fuente: CENAPRED. 2010.

Con este índice se reclasifico el mapa de días con granizo al año para obtener el IPTG para el municipio, el cual nos muestra que por tener un número de días con granizo de 0 a 1 la categoría resultante es **Baja**.

Mapa 2.80 *Índice de Peligro por Tormentas de Granizo.*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con datos vectoriales del Centro Nacional de Prevención de Desastres y con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

3. Tormentas eléctricas

a) Antecedentes

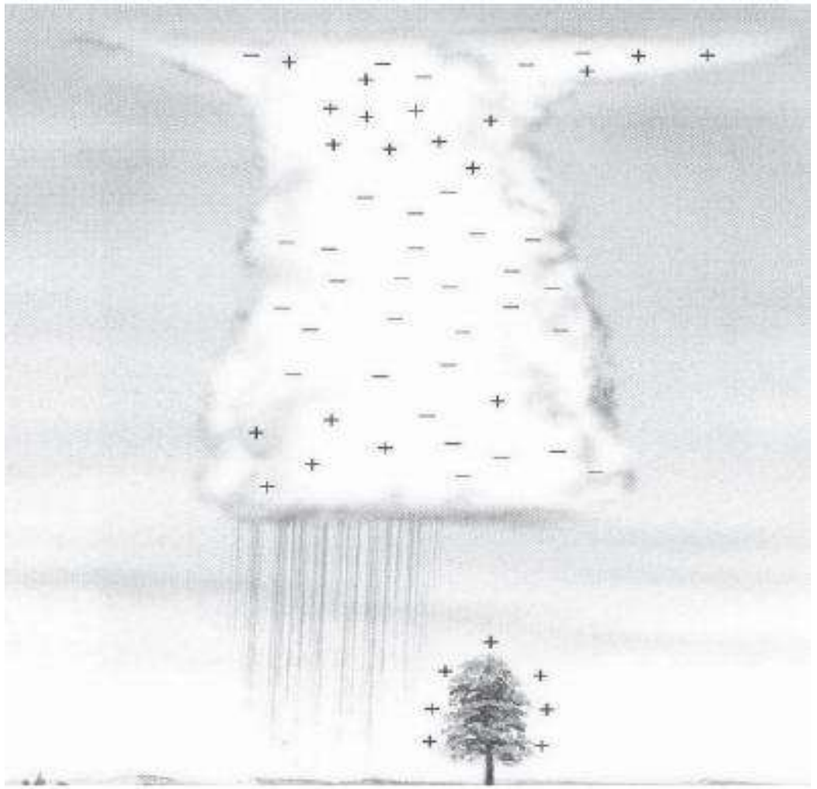
Las tormentas eléctricas son descargas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes conectivas tipo cumulonimbos y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. Generalmente son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados (CENAPRED, 2010).

Figura.2.32 *Tormenta eléctrica en el municipio de San Nicolás de los Garza el día 9 de abril del 2018.*

Fuente: *https://www.facebook.com/GobSanNicolas/posts/1906036186097144/.*

Básicamente existen tres tipos de rayos: aquellos donde la electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta (nube-aire); en donde el rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario (nube-nube) y los que son atraídos por las cargas positivas del suelo (nube-suelo) (Fig). Estos últimos son los que pueden provocar afectaciones a la población.

Figura 2.33 *Esquema de la carga eléctrica de un cumulonimbo y la dirección de las descargas de una tormenta*



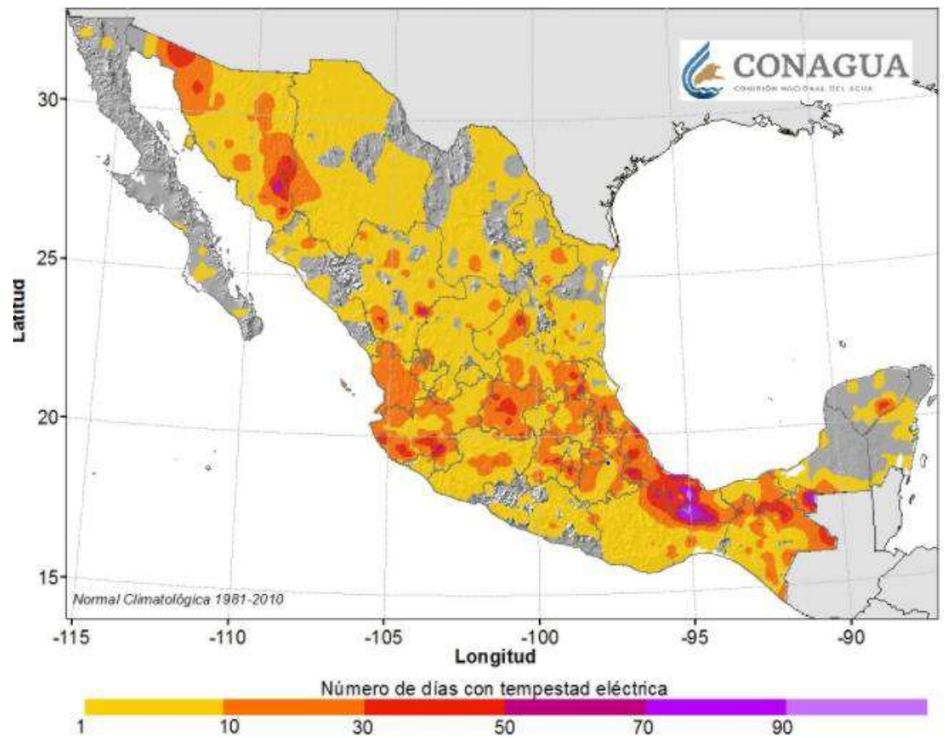
Fuente: *https://www.clima.com/noticias/mas-tormentas-alta-contaminacion.*

Como afectaciones en la población, los rayos generados durante las tormentas eléctricas pueden inducir a las personas parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de memoria, hasta la muerte. También pueden provocar la muerte del ganado, la suspensión de energía eléctrica y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos.

En México las tormentas eléctricas ocurren en la temporada de lluvia que es entre mayo y octubre. Se presentan con mayor frecuencia durante horas de la tarde o de la noche. Además, su ámbito es local o regional y son intermitentes como resultado de la topografía del país (UNAM, 2007). Así, el promedio anual de días con tormenta es de 30 y el máximo es de 100 sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del Norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal.

La tempestad eléctrica se asocia a nubes convectivas como los cumulonimbos, a continuación, se muestra el siguiente mapa con el promedio del número de días con tempestad eléctrica.

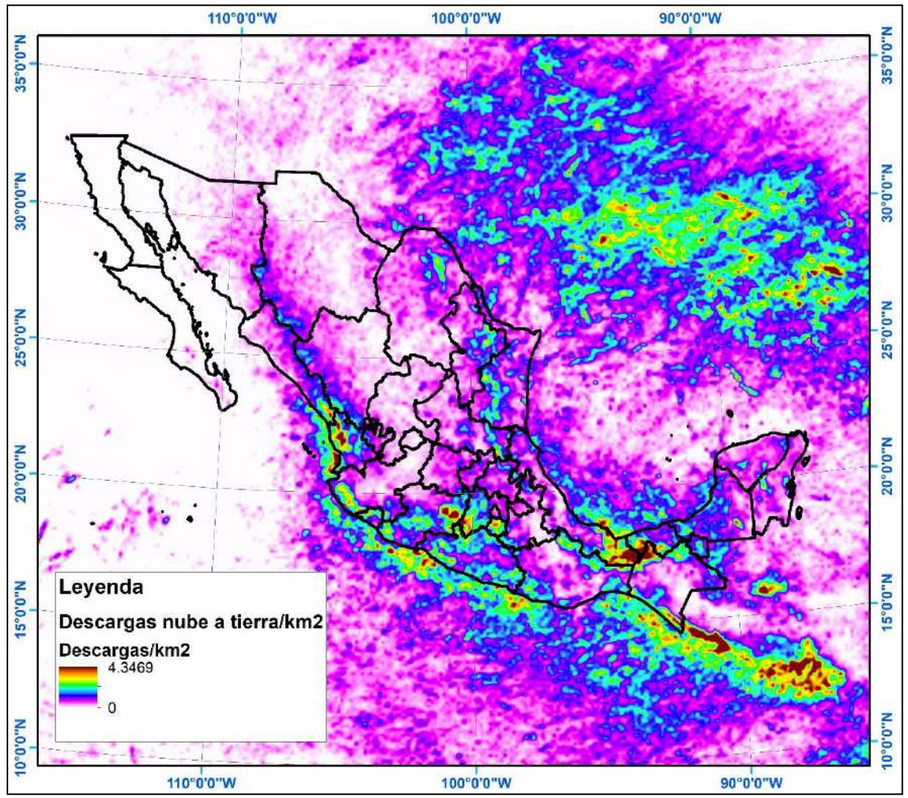
Figura 2.34 *Promedio del número de días con tempestad eléctrica al año en el periodo de 1951-2010*



Fuente: *CONAGUA, 2010.*

De acuerdo con el Atlas Climático Digital de México de la UNAM, en el periodo de 2006-2016, las zonas del país que presentaron mayores descargas nube -tierra fueron el noreste de Chiapas, sureste de Veracruz, suroeste de Tabasco y oeste de Nayarit, con poco más de 4 descargas por kilómetro cuadrado.

Figura 2.35 *Datos de descargas eléctricas nube a tierra, período 2006-2016*



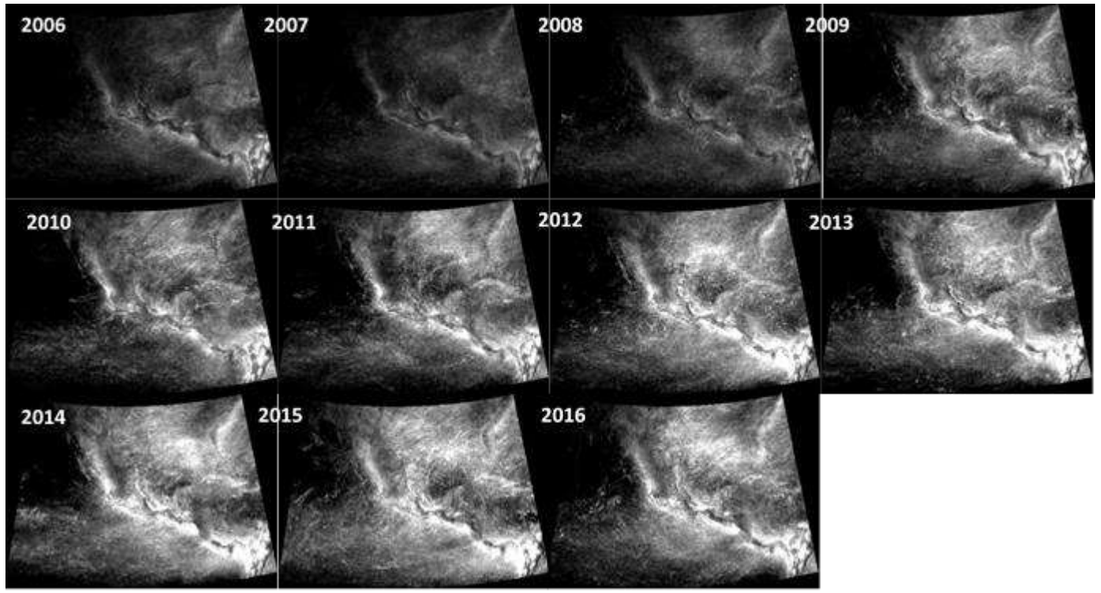
Fuente: *Atlas Climático Digital de México, UNAM.*

Conforme los datos de las Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, en el municipio de San Nicolás de los Garza sólo se puede presentar una tormenta eléctrica al año. Es preciso señalar que no todos los rayos producidos en estas llegan a tierra, por lo que no necesariamente pueden representar algún peligro para la población; además, esta cifra se distribuye a lo largo del territorio municipal, por lo que existirán zonas donde el número de tormentas será menor que en otras. Generalmente las tormentas eléctricas que ocurren en el municipio se encuentran estrechamente relacionadas con la presencia de fuertes lluvias originadas por ciclones tropicales en cualquiera de sus clasificaciones (depresión tropical, tormenta tropical, etc.) o por las altas temperaturas que llegan a presentarse.

b) Desarrollo Metodológico

Para determinar la cantidad de descargas eléctricas nube a tierra, se consultaron 11 imágenes satelitales de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) dependiente del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Dichas imágenes muestran promedios mensuales y anuales de descargas eléctricas nube a tierra para el período 2006-2016 en la República Mexicana.

Figura 2.36 *Datos de descargas eléctricas*

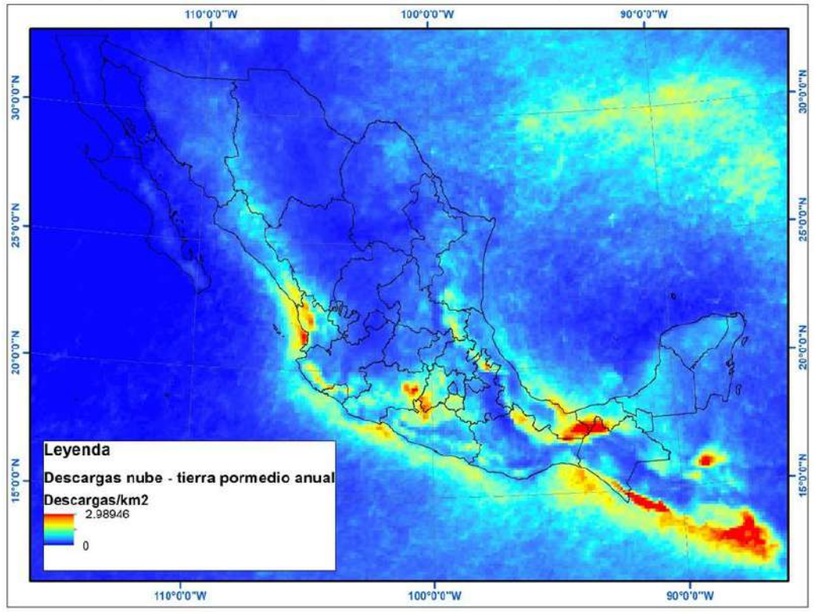


Fuente*: Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS)*

Una vez conseguidas las imágenes disponibles de promedios anuales, se calculó el promedio de ese lapso con la herramienta Raster Calculator (incluida en el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.3) la cual permite crear y ejecutar una expresión de álgebra de mapas o imágenes que como producto arroja una nueva imagen con el resultado de la ecuación.

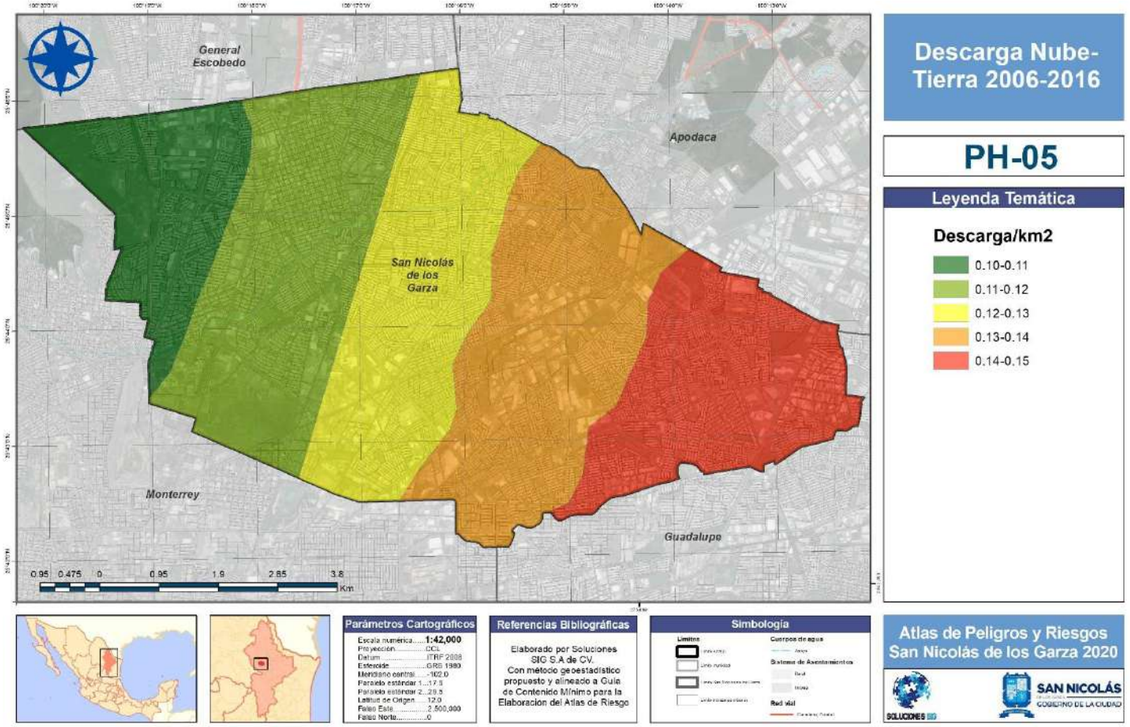
Con la imagen obtenida (promedio 2006 -2016) se obtuvieron los valores de cada pixel para posteriormente interpolarlos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para alcanzar un mayor detalle en la región donde se localiza el municipio de San Nicolás de los Garza. El método para realizar la interpolación fue el de Natural Neighbor. Una vez obtenidos los resultados se reclasificó la imagen mediante cortes naturales para establecer valores más representativos.

Figura 2.37 *Datos de descargas eléctricas Nube – Tierra periodo 2006 – 2016*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de UNIATMOS.*

Mapa 2.81 *Descargas Nube – Tierra 2006 – 2016*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Así mismo, para obtener el mapa de frecuencia de tormentas eléctricas e índice de peligro por tormenta eléctrica, se realizó una interpolación mediante un sistema de información geográfica de los datos de las estaciones meteorológicas del SMN, los cuales tienen un periodo de datos de aproximadamente 30 años (existen algunos registros de 1951 a 2010). Se localizaron las estaciones ubicadas dentro del municipio y aquellas que por su cercanía tuvieran influencia sobre las condiciones del territorio. Una vez identificadas se capturaron los datos de tormentas eléctricas al año, así como las coordenadas geográficas de cada una para conocer su ubicación con exactitud. La interpolación se realizó según el sistema de Natural Neighbor, descrita anteriormente.

Como resultado de la interpolación anterior se obtuvo el mapa de frecuencias de tormentas eléctricas, el cual fue reclasificado utilizando los criterios propuestos por CENAPRED en el Atlas Nacional de Riesgos. Cabe mencionar que se realizó el mismo procedimiento en cuanto a corroborar la información obtenida por la metodología empleada con la información que CENAPRED proporciona en su Atlas de Riesgos.

c) Resultados

Como se puede observar en el mapa obtenido, son pocas las descargas nube – tierra en donde se pueden apreciar valores entre 0.10 y 0.15 descargas por kilómetro cuadrado. Estos datos son realmente bajos y contrastan con los obtenidos en las bases de datos de las Normales Climatológicas. Es necesario aclarar y recordar que los valores obtenidos en la UNIATMOS reflejan las descargas nube tierra, las cuales son las que pueden ocasionar daño a la población, mientras que las obtenidas en el SMN muestran los días con registro de tormenta eléctrica.

A continuación se muestra una tabla indicando las estaciones meteorológicas que se encuentran alrededor del municipio especificando el promedio por mes de los días con tormentas eléctricas en el periodo 1951-2010. Con esta información se puedo llevar a cabo el mapa de índice de peligro por tormentas eléctricas y días con tormentas eléctricas.

Tabla 2.21*. Estaciones meteorológicas cercanas a San Nicolás de los Garza con datos de días con tormentas eléctricas en el periodo 1951-2010*

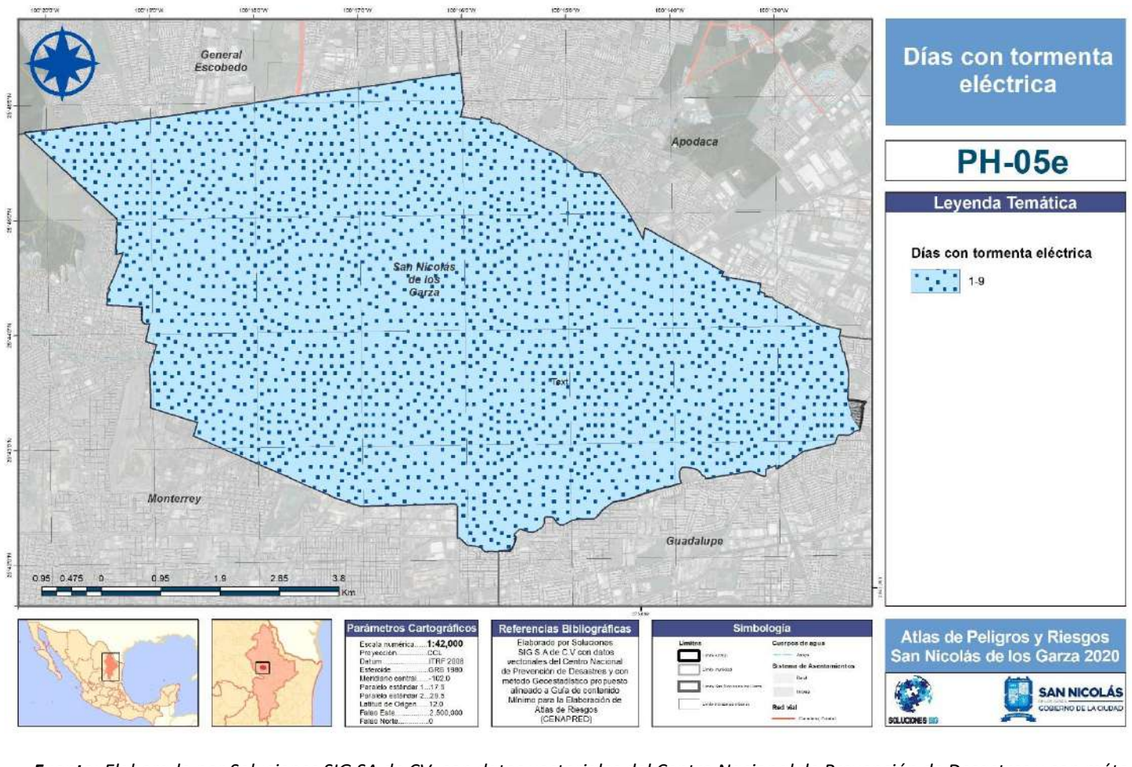
Estación	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
19002	Agua Blanca	0.0	0.0	0.2	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.5	0.1	0.0	2.3
19004	Apodaca	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.2
19008	Cadereyta Jiménez	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	1.6
19012	Ciénega de Flores	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
19015	El Cerrito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19017	El Marrubial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19018	El Pajonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19025	Higueras	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19029	La Arena	0.2	0.2	0.2	0.9	3.4	2.9	2.4	3.5	2.5	0.9	0.1	0.1	17.3
19031	La Cruz	0.0	0.0	0.3	0.5	1.0	0.7	0.8	1.0	0.1	0.2	0.0	0.0	5.6
19038	Las Comitas	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
19049	Monterrey	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
19052	Monterrey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19058	Santa Catarina	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6
19061	Topo Chico	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
19062	Túnel San Francisco	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9

Estación	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
19065	Santiago	0.0	0.0	0.1	0.9	1.9	1.4	0.8	1.5	0.9	0.4	0.0	0.0	7.9
19069	La Boca	0.1	0.0	0.0	0.9	1.1	0.7	0.9	0.7	0.5	0.2	0.0	0.0	5.1
19088	Doctor Arroyo 2	0.0	0.0	0.2	0.1	1.3	0.7	1.0	0.5	0.2	0.9	0.0	0.0	4.9
19096	La Huasteca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
19102	Cola de Caballo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19105	Doctor González	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	1.7
19113	El Brasil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19131	Puerto El Ebano	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
19134	Salinas Victoria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19140	Tepehuaje	0.2	0.2	0.4	0.6	2.7	1.5	2.1	2.5	2.0	1.1	0.2	0.0	13.5
19148	Dieciocho de Marzo	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
19173	Los Palmitos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5
19174	San Bartolo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19175	Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: *Normales Climatológicas, SMN.*

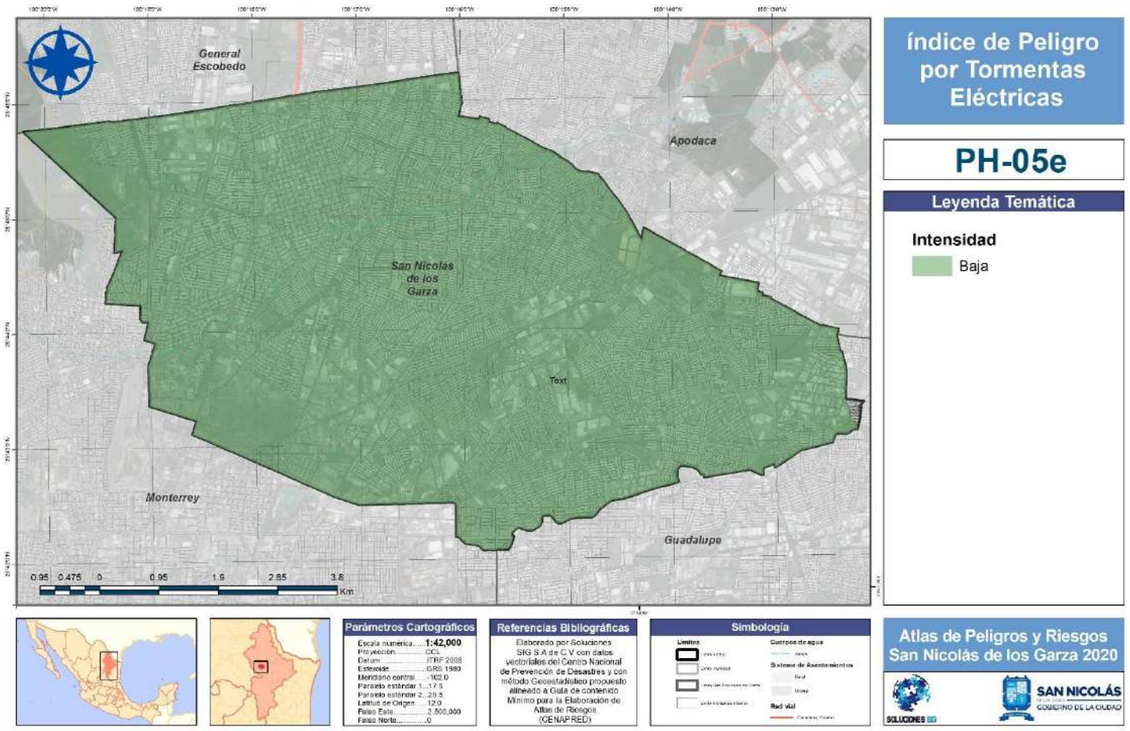
Los mapas siguientes nos muestran que la totalidad de la ciudad de San Nicolás de los Garza se encuentra con un rango de 1 a 9 días de tormentas eléctricas y que el territorio presenta un nivel de peligro bajo. A pesar de esto, se deben de tomar las medidas adecuadas para prevenir cualquier desastre en el municipio. Cabe destacar, que por la poca recurrencia de días con tormentas eléctricas dentro del municipio, las probabilidades de que llegue a presentarse dicho fenómeno es casi nula.

Mapa 2.82 *Días con tormentas eléctricas*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con datos vectoriales del Centro Nacional de Prevención de Desastres y con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa 2.83. *Índice de Peligro por Tormentas Eléctricas*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con datos vectoriales del Centro Nacional de Prevención de Desastres y con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Para tener un pronóstico estadístico específico sobre la recurrencia o estimación de tormentas eléctricas se propone recurrir a un modelo de regresión logística que contemple variables termodinámicas y meteorológicas de superficie y altura. En donde se lleve a cabo la interrelación entre éstas, se identifique la ocurrencia del fenómeno y las variables con mayor incidencia. Con ello resumir los procesos en una fórmula matemática que permite realizar el cálculo de la probabilidad de que se presente o no una tormenta eléctrica en un día específico. Esta metodología fue aplicada y probada en el Aeropuerto de Barranquilla, Colombia y como conclusiones y resultados se obtuvo una que la bondad de ajuste del modelo representa un 76,23%, éste siendo un resultado superior al obtenido por otros métodos desarrollados para el pronóstico de tormentas eléctricas y precipitación que se han aplicado en Colombia (Cárdenas-Posso, 2004).

4. Sequías

a) Antecedentes

Las sequías son un fenómeno natural que se define por la disminución o la ausencia de precipitaciones pluviales respecto al índice anual, que tiene un impacto adverso en la vegetación, los animales y las personas. La sequía, como tal, es un fenómeno temporal, a diferencia de la aridez que se restringe a las regiones con escasa precipitación y constituye una característica permanente del clima, como es el caso de las regiones desérticas.

La sequía se clasifica principalmente en meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica. (Contreras-Servín, 2005) Todos los tipos de sequía tienen origen en la deficiencia de lluvias

Sequía Meteorológica. Es la forma en la que se expresa la desviación de las lluvias con respecto a las que se consideran normales en un período determinado. Esta medición es dependiente del lugar considerado y presumiblemente está basada en el saber que se posea sobre la climatología de la zona analizada.

Sequía agrícola. Es aquella que se pude identificar con la inexistencia de la humedad en el terreno, por la falta de lluvias, las altas temperaturas y la evaporación, pierde totalmente su humedad normal, impidiendo con ello el desarrollo exitoso de cualquier plantío.

Sequía hidrológica. Cuando por la falta de lluvias durante una o más estaciones el nivel de los ríos, lagos y demás embalses superficiales y subterráneos comienza a bajar paulatinamente, incluso hasta agotarse por completo.

Sequía socioeconómica. Se asocia a la demanda de algún bien económico, pero al mismo tiempo, comprende los elementos de la sequía meteorológica, hidrológica y agrícola

Igualmente, peligrosas son las ondas de calor presentes en las sequías, pues en casos extremos son la causa de muerte por deshidratación en seres humanos, sobre todo niños y ancianos. Como daños secundarios por este fenómeno, de acuerdo con el fascículo “Sequias” del CENAPRED, se consideran los incendios forestales, pues a falta de humedad en las hojas y plantas, el riesgo de convertirse en materia orgánica combustible aumenta; y por consecuencia, la aceleración del proceso de erosión de los suelos al quedar desprotegidos ante agentes climáticos como el viento o la lluvia (SEGOB/CENAPRED, 2014).

El Monitor de Sequía de América del Norte (NADM) clasifica la intensidad de sequía de la siguiente forma:

Anormalmente Seco (D0): Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.

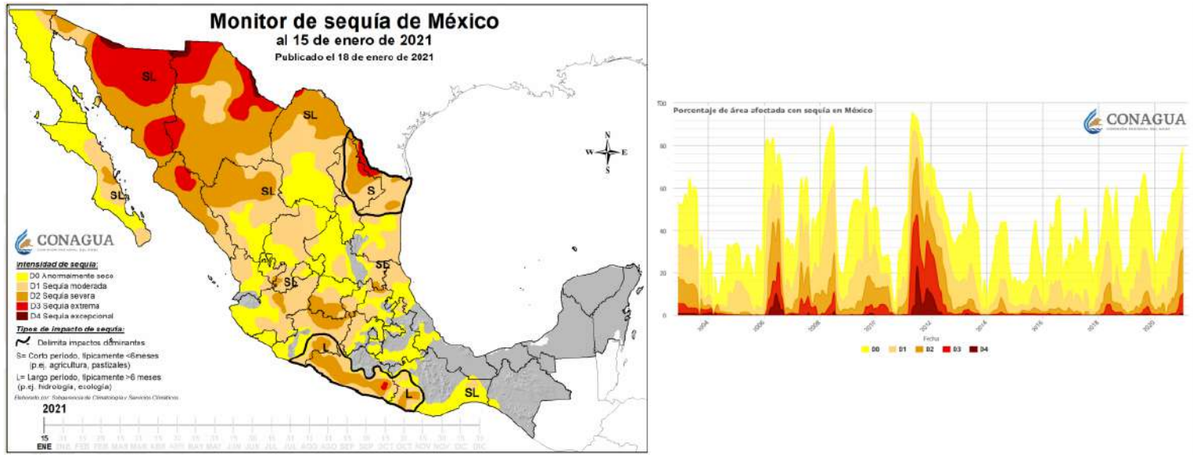
Sequía Moderada (D1): Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

Sequía Severa (D2): Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.

Sequía Extrema (D3): Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.

Sequía Excepcional (D4): Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Figura 2.38*. Monitor de sequias en México al 15 de enero de 2021*



Fuente: *CONAGUA, 2021. Monitor de sequía en México*

Tabla 2.22*. Declaratorias por sequías en San Nicolás de los Garza para 2000-2020.*

Tipo de declaratoria	Clasificación del fenómeno	Tipo de fenómeno	Fecha de inicio	Fecha de termino	Observaciones
Desastre	HM	Sequía	01/09/1999	29/02/2000	Sequía prolongada y atípica de septiembre de 199 a febrero de 2000.
Contingencia climatológica	HM	Sequía	01/01/2013	31/03/2013	Desastre Sagarpa
Contingencia climatológica	HM	Sequía	01/03/2011	31/05/2011	Desastre Sagarpa

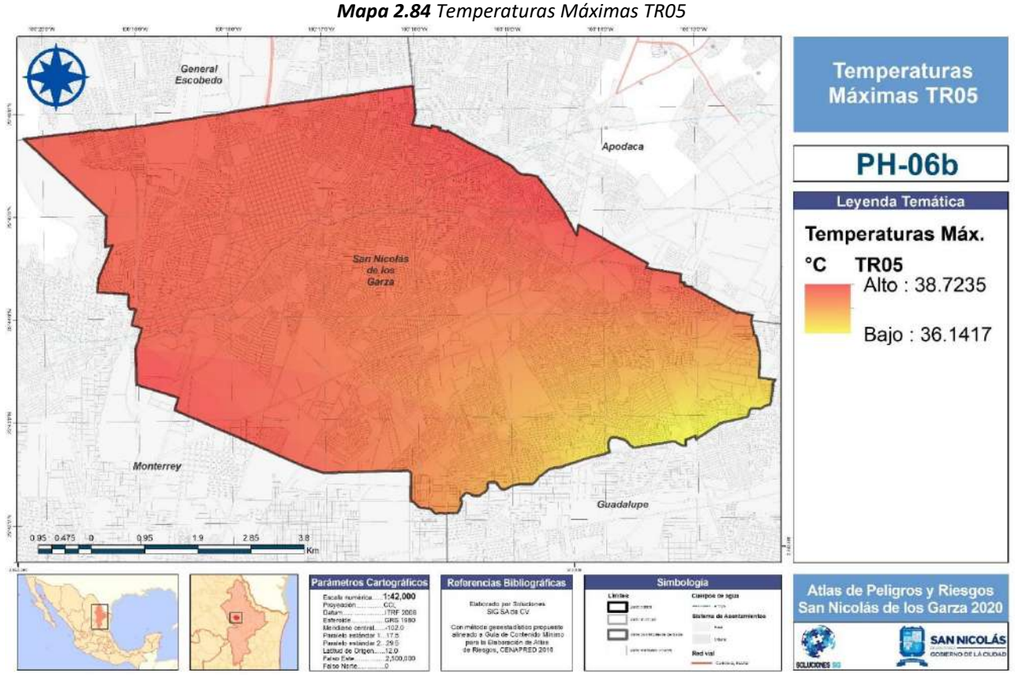
Fuente: *CENAPRED, 2020 Sistema de Consulta de Declaratorias, Atlas Nacional de Riesgos*

b) Desarrollo Metodológico

Bajo el entendido de que la sequía es un fenómeno que se genera a partir de un déficit hídrico, la cartografía realizada en este estudio se construyó a partir de estas tres variables: el índice estandarizado de precipitación, la identificación de la vegetación vulnerable con el índice diferencial de vegetación normalizado y las temperaturas máximas registradas en las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

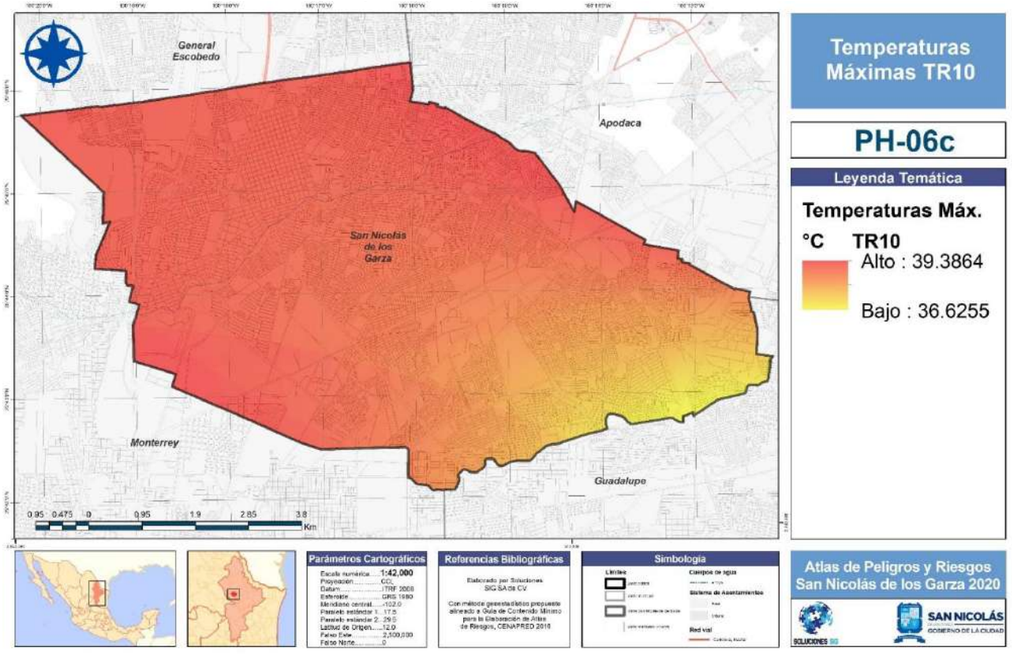
Como factor detonante del fenómeno, se mapearon las temperaturas extremas durante los meses más cálidos en el municipio proyectadas para diferentes periodos de retorno a 5, 10, 20, 50 y 100 años a través del método Gauss Gumbel, pues las temperaturas superiores a los 30°C con un índice estandarizado de precipitación deficitario implican una mayor probabilidad el desarrollo del fenómeno.

Mapa 2.84 *Temperaturas Máximas TR05*



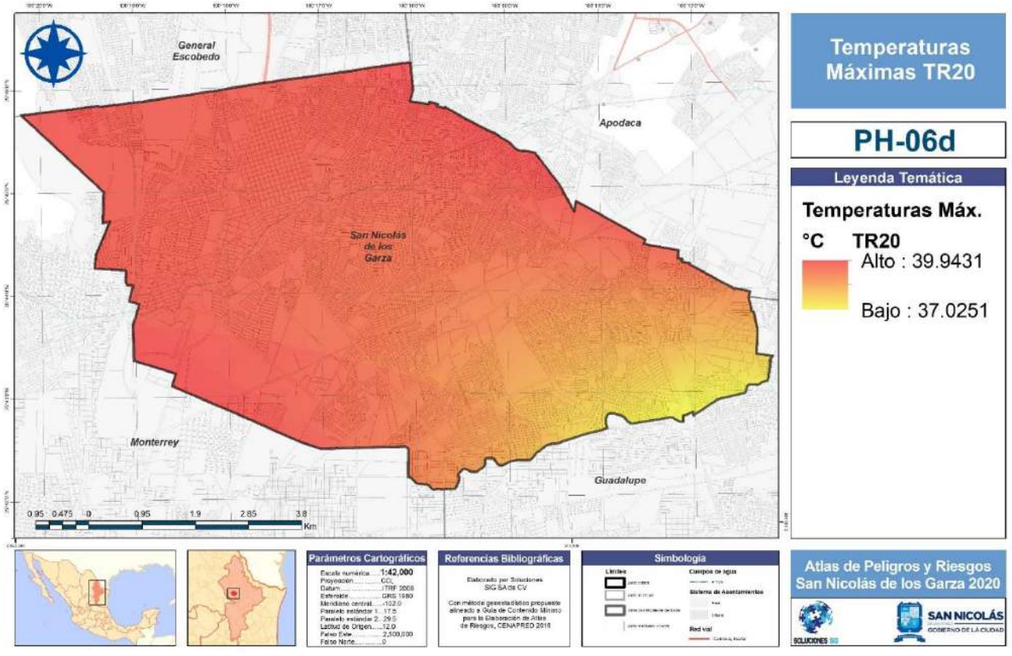
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.85 *Temperaturas Máximas TR10*



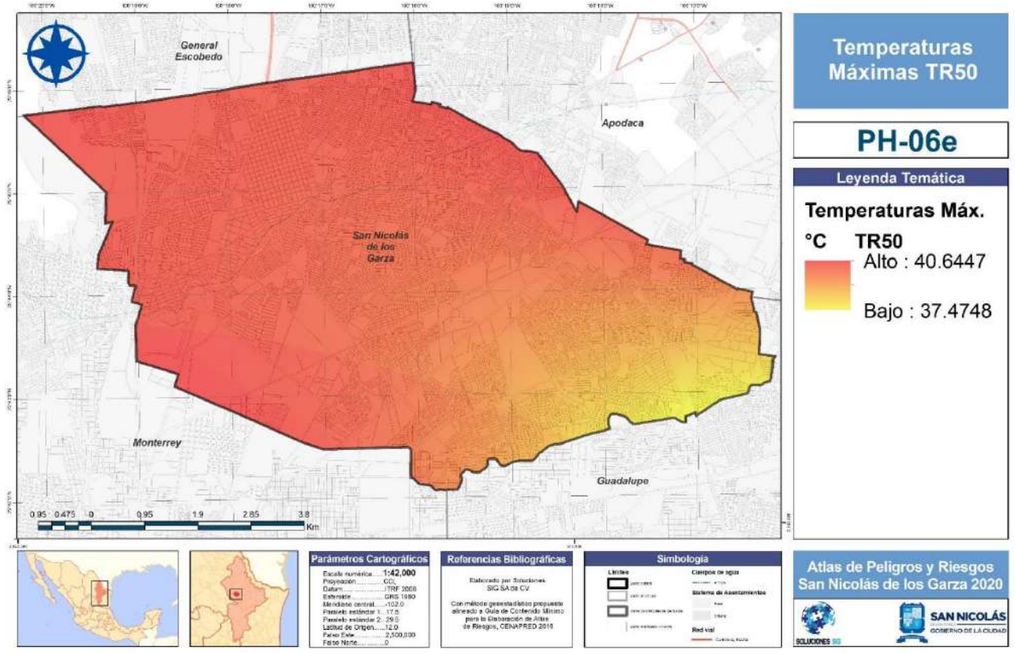
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.86 *Temperaturas Máximas TR20*



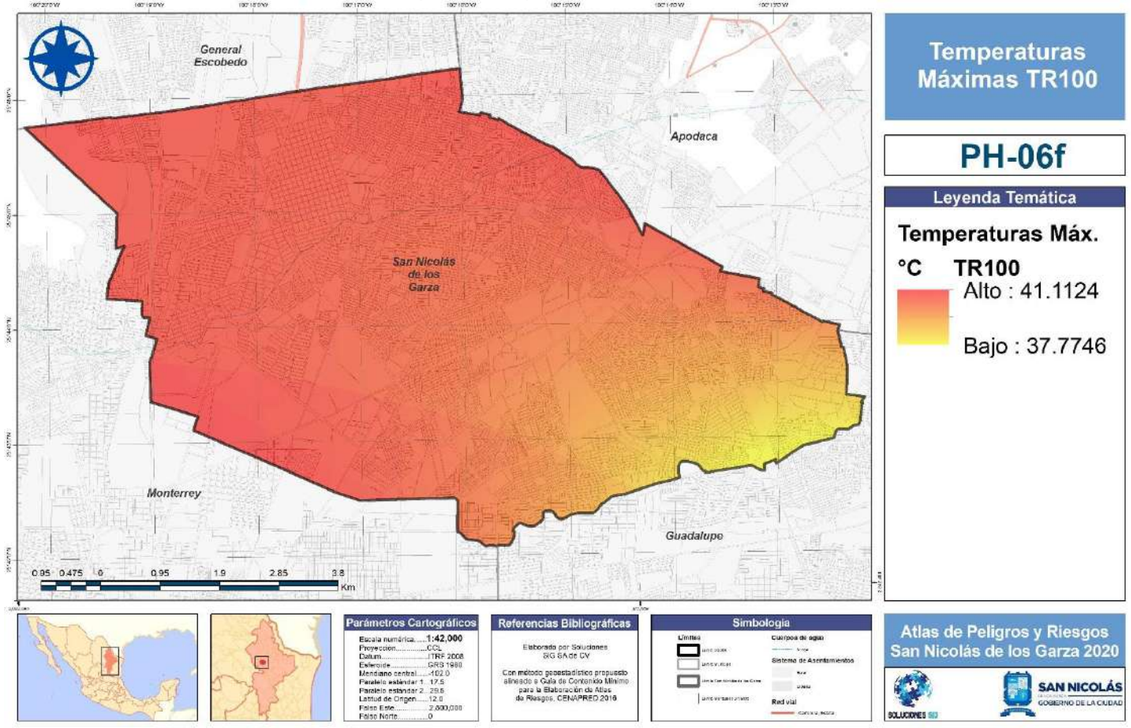
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 2.87 *Temperaturas Máximas TR50.5*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.88 *Temperaturas Máximas TR100*



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Posteriormente, el desarrollo metodológico del fenómeno involucra el mapeo del índice Estandarizado de Precipitación como elemento a definir la propensión a Sequías del territorio y su relación con la humedad del suelo identificada a través del índice diferencial de vegetación normalizado NVDI, el cual, es un índice geoespacial empleado para reconocer la calidad vegetativa, para este caso específico, se empleara para reconocer la vegetación expuesta al déficit de humedad identificado por el índice climatológico.

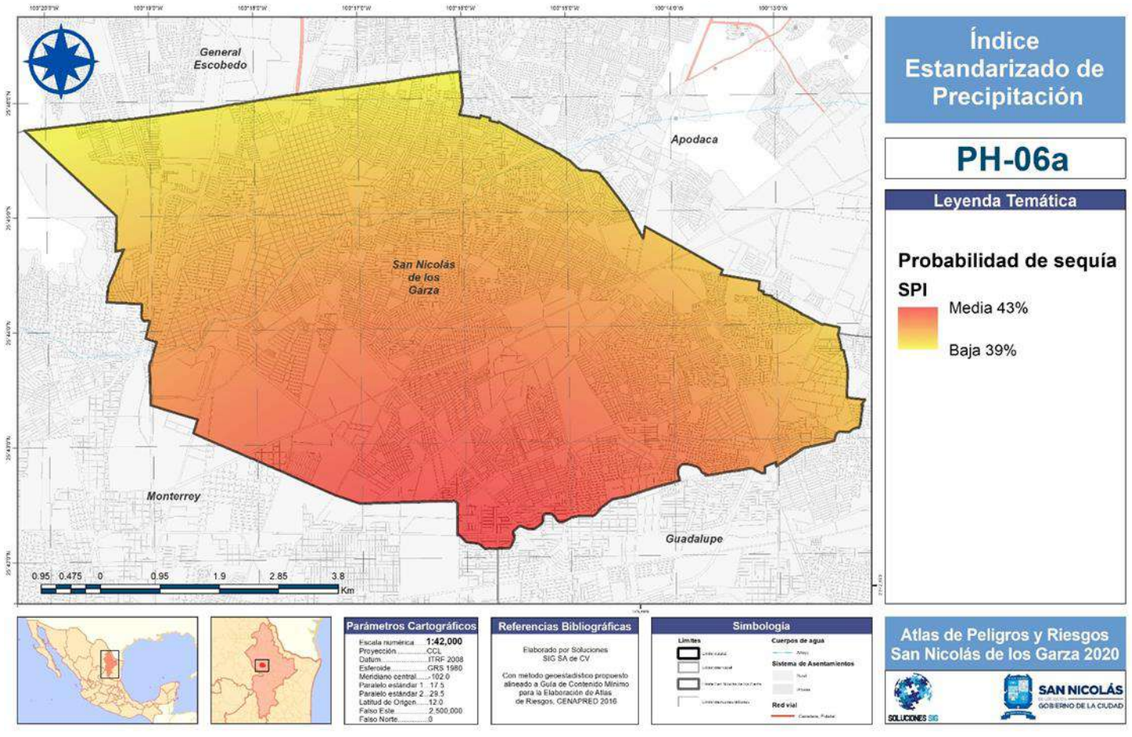
Dicha información se obtuvo de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), quien lleva un registro con 50 años del SPI por mes para cada estación considerando la precipitación media anual y la desviación existente, siendo esta positiva se identifica como una zona con precipitación no deficitaria, sino por encima de la media.

El Índice de Precipitación Estandarizado (SPI; McKee 1993) es el número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico. Esto significa que valores por debajo de un valor -1 representan condiciones de déficit sustanciales, mientras que valores mayores que +1 indican condiciones más húmedas de lo normal.

Es igual de importante identificar las zonas donde la lluvia ha tenido variaciones significativas, tanto hacia un déficit como un superávit, pues las desviaciones en precipitación, de igual manera que derivan en sequías, pueden derivar en la detonación de procesos de remoción en masa al acelerar los procesos erosivos, si estas fueran hacia valores positivos elevados.

Dicho lo anterior, se promedió el Índice de todos los años en la base de datos para establecer el comportamiento de la lluvia en el territorio del municipio con relación a la media climatológica y se cruzó, previa normalización, para identificar las zonas actual y mayormente propensas a desecamiento y ausencia de humedad atmosférica.

***Mapa 2.89 índice** Estandarizado de Precipitación.*



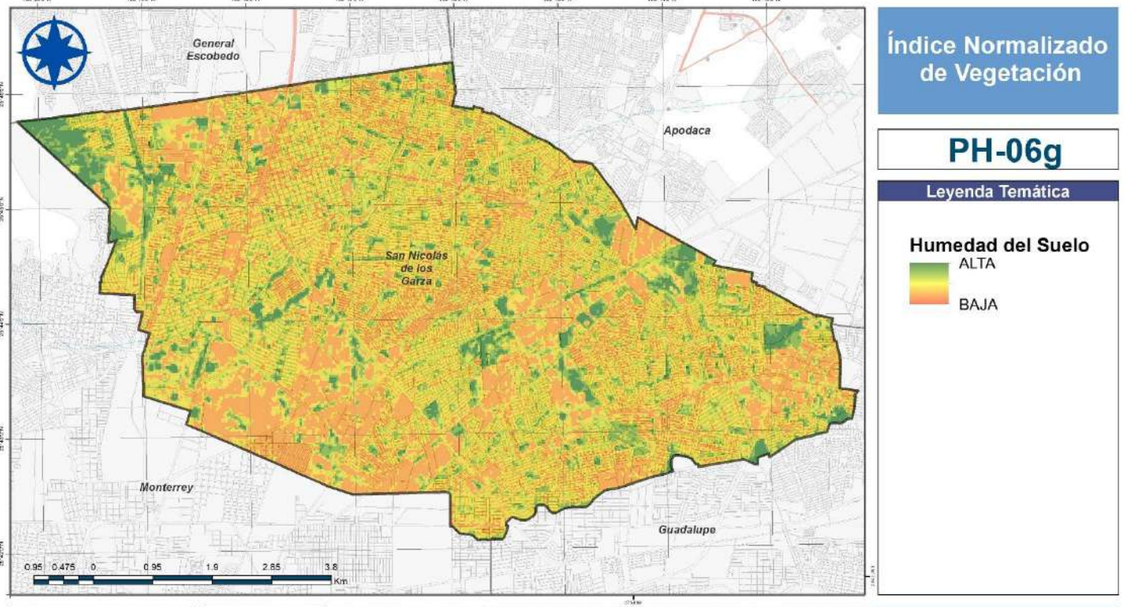
***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Después, como factor de vulnerabilidad al fenómeno se integró a la ecuación el NVDI como reconocimiento de carga de humedad o cuerpos vegetales. Ya que, el índice de vegetación diferencial normalizado o índice NDVI responde a uno de los parámetros calculados mediante el juego de bandas para el estudio de cubiertas vegetales, su fundamento radica en el análisis de los valores de reflectancia de longitudes de onda en diferentes secciones del espectro electromagnético. Más concretamente en la banda visible del rojo y en la banda del infrarrojo cercano.

El fundamento del análisis parte del estudio de las dos bandas multiespectrales en las que la vegetación interacciona de una manera relevante dentro del espectro electromagnético. Por un lado la parte del espectro visible en el que la vegetación muestra una elevada absorción en la sección del rojo debido a la presencia de clorofila generando imágenes multiespectrales oscuras. Por otro lado la parte del infrarrojo cercano en el que la vegetación se comporta de manera opuesta generando elevados niveles de reflexión obteniéndose imágenes multiespectrales brillantes (niveles radiométricos bajos Vs niveles radiométricos elevados).

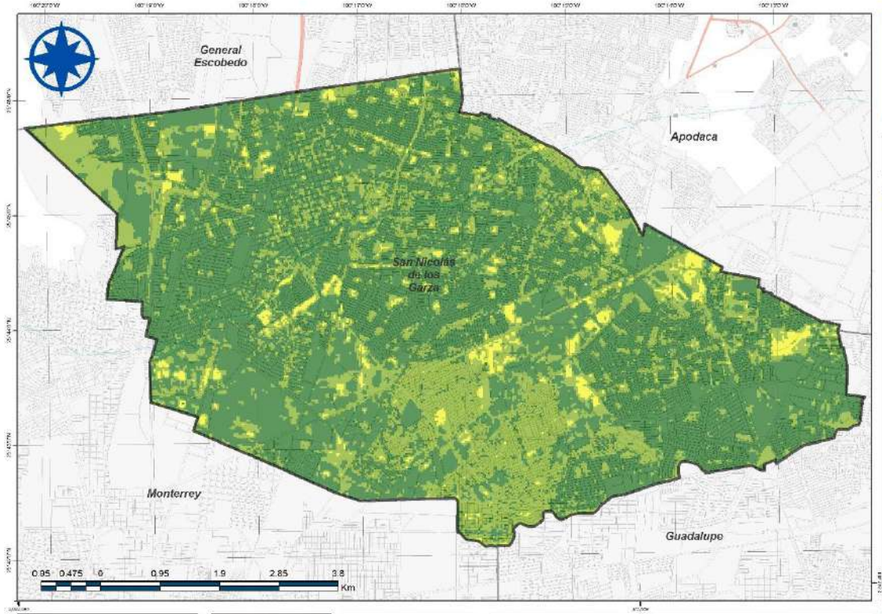
En pocas palabras, el índice NDVI muestra el estado en el que se encuentra la vegetación, pues un estrés hídrico o vegetación menos joven varía su pigmentación afectando de manera directa a los valores del índice NDVI. Cuanto mayor sea el valor, más frondosa o húmeda será la vegetación hasta adquirir valores próximos a 1.

Mapa 2.90 *índice de Vegetación Diferencial Normalizado*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.91 *Susceptibilidad a Sequías TR05*



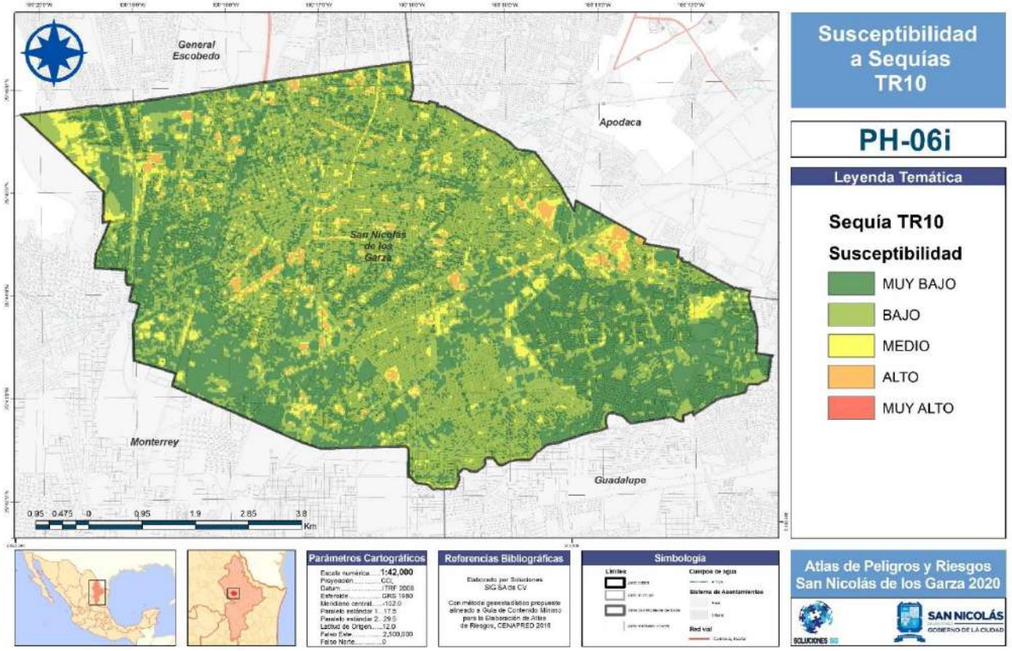
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

c) Resultados

La serie de mapas resultantes identifica entonces el nivel de afectación de acuerdo con las temperaturas máximas proyectadas, el Índice estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, como se explicó con anterioridad.

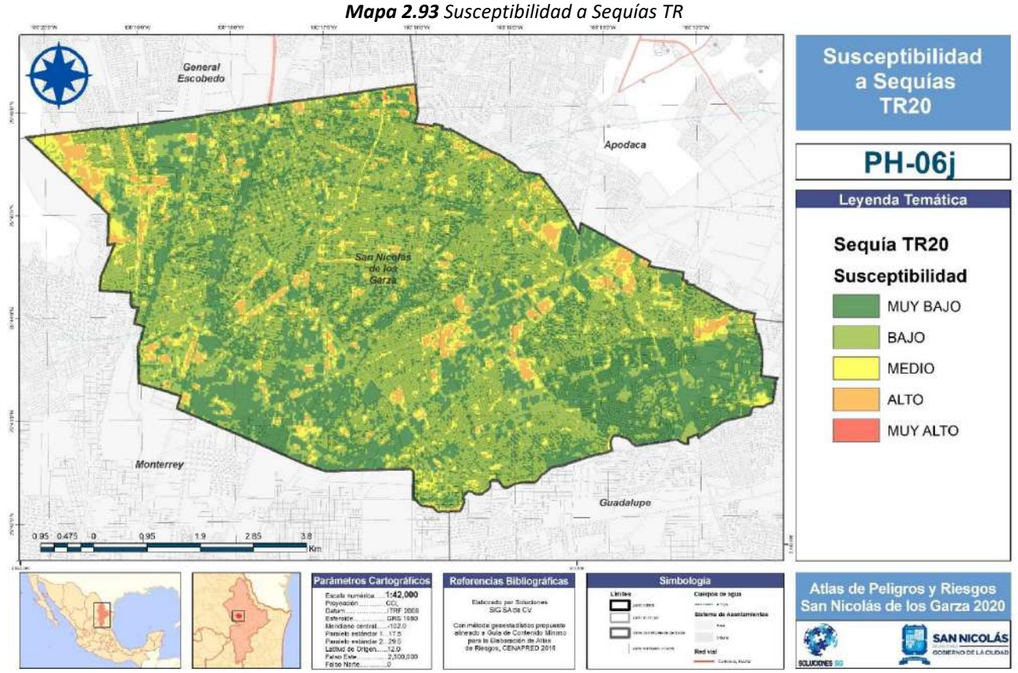
Y se observa que, el fenómeno de isla de calor en el área urbana la vuelve altamente susceptible al desarrollo del fenómeno pese a que los sistemas vulnerables son vegetales, aumentando de grado al extenderse hacia el oriente y norte. De acuerdo con el último mapa, se prevé para un periodo de retorno de 100 años que la zona noroeste sea la más afectadas por este fenómeno.

Mapa 2.92 *Susceptibilidad a Sequías TR10*



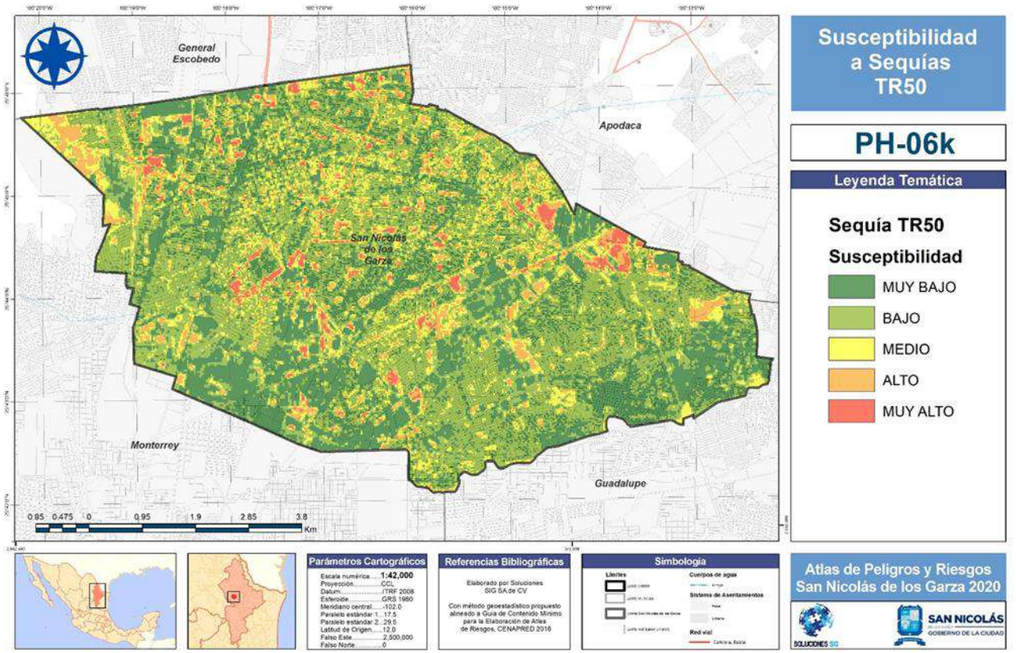
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.93 *Susceptibilidad a Sequías TR*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.94 *Susceptibilidad a Sequías TR50*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

5. Ondas cálidas

a) Antecedentes

Por lo general las temperaturas máximas y mínimas extremas que se presentan en un lugar son consecuencias de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el verano a ondas de calor (cálidas) y en el invierno a ondas de frío (gélidas). Generalmente las temperaturas que se presentan durante estos eventos son de una magnitud de dos a tres desviaciones estándar, respecto a los valores normales, tanto de temperaturas mínimas, como de temperaturas máximas.

Existen varias definiciones de ondas de calor tanto a nivel internacional como nacional, donde los umbrales de temperatura establecidos, así como la duración del evento varían de acuerdo con las condiciones geográficas de cada lugar.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (1993), una ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy cálido, sobre una zona extensa que suele durar unos días e, incluso, semanas. En México, la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, establecida por CENAPRED

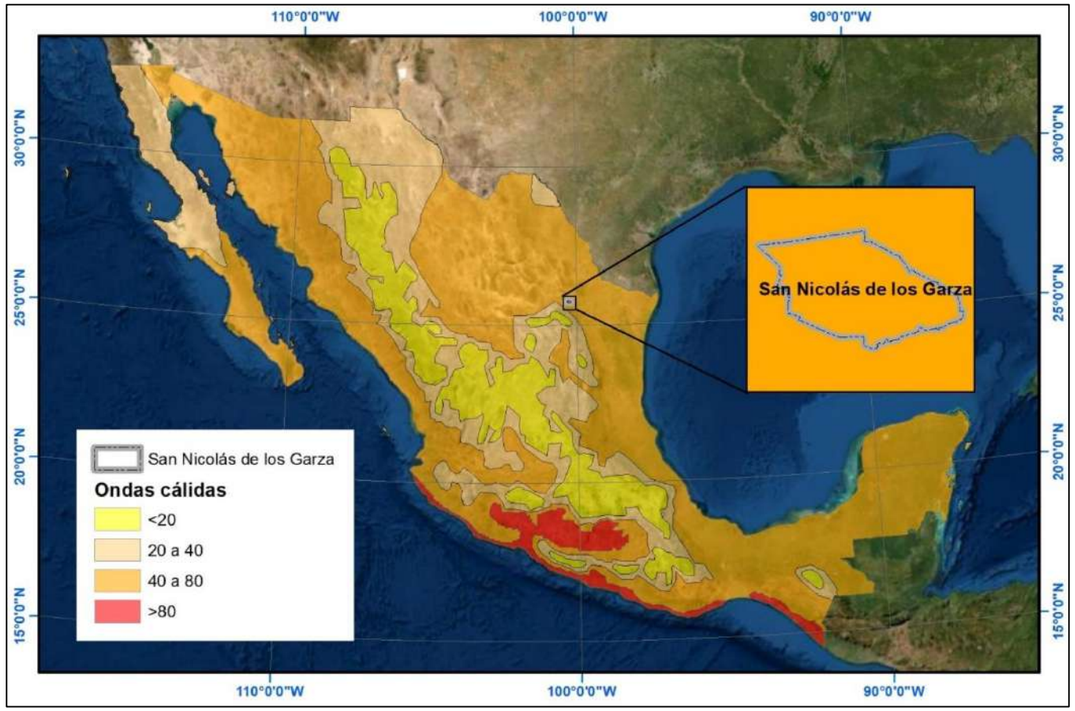
y publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 21 de diciembre de 2016 establece que se tiene una onda de calor cuando la temperatura máxima diaria excede más de cinco días a la temperatura máxima media.

Asimismo, Herrera-Alanís (2012) señala que una onda de calor se presenta cuando la temperatura máxima y mínima sobrepasa el percentil 90 en al menos dos días consecutivos.

Las temperaturas máximas que se presentan durante una onda de calor podrían generar un escenario crítico y dar lugar a una mayor incidencia de casos como el golpe de calor, agotamiento, síncope, calambres, enfermedades gastrointestinales, deshidratación, etc. las cuales incrementan la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebés, ancianos y personas en situación de alta marginación; adicionalmente pueden causar la desecación de la vegetación lo que provoca incendios forestales.

Las ondas de calor suelen presentarse en gran parte del territorio nacional, principalmente en los estados del norte y sureste. En el año 2000 el municipio de Mexicali, ubicado en Baja California, registró una onda cálida con duración de 90 días (CENAPRED, 2019).

Figura 2.39 *Promedio de ondas cálidas en México*



Fuente. *CENAPRED, 2016.*

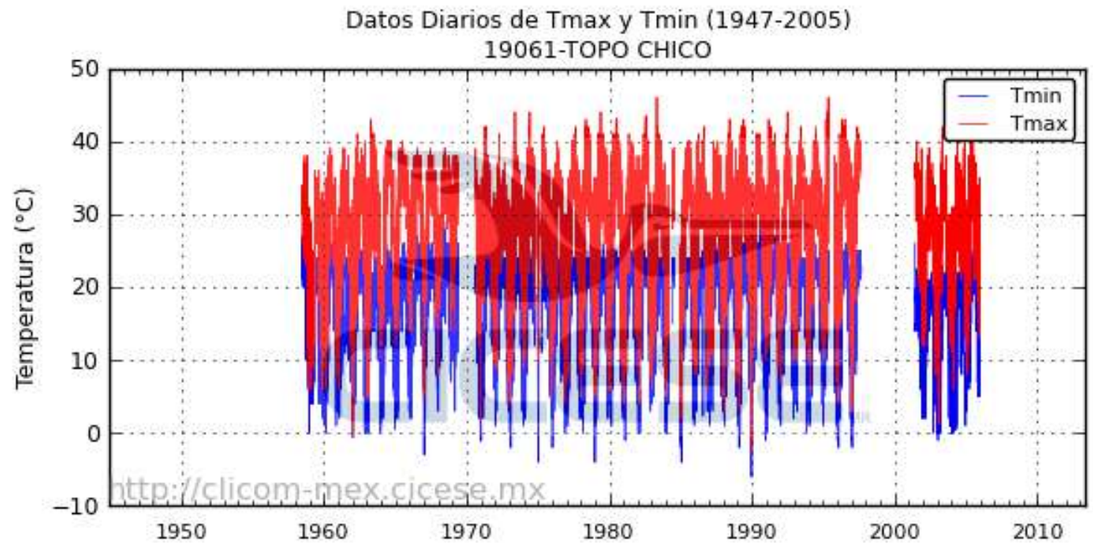
b) *Desarrollo Metodológico*

Existen diferentes criterios para llevar a cabo el análisis de ondas de calor, los cuales se pueden agrupar en dos umbrales, absoluto y relativo. Los criterios de umbral absoluto asignan un valor fijo y cuando este se iguala o excede por un número de días consecutivos se dice que se presenta una ola de calor. Por otra parte, los criterios de umbral relativo son aquellos que hacen uso de alguna variable estadística para determinar el umbral.

Para el análisis de olas de calor en el presente estudio se utilizó el criterio de umbral relativo sugerido por Herrera-Alanís (2012) donde ocurre una ola de calor cuando las temperaturas máximas y mínimas sobrepasan el percentil 95 en al menos dos días consecutivos. Asimismo, en este criterio se pueden unir dos eventos si el lapso entre ellos no supera las 24 horas (un día) y la temperatura máxima y mínima superan el valor de la temperatura mediana de su serie correspondiente.

Para realizar el análisis y la cartografía de ondas de calor se revisaron los datos disponibles de temperaturas máximas y mínimas diarias de 12 estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la zona de influencia del municipio de San Nicolás de los Garza. Una de las condiciones que establece la metodología es que las estaciones cuenten con un registro mínimo de 30 años. Los datos de temperaturas diarias se obtuvieron de CLICOM, el cual es un software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas, que significa CLImate COMputing Project, disponible para su consulta y descarga de datos en la página del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

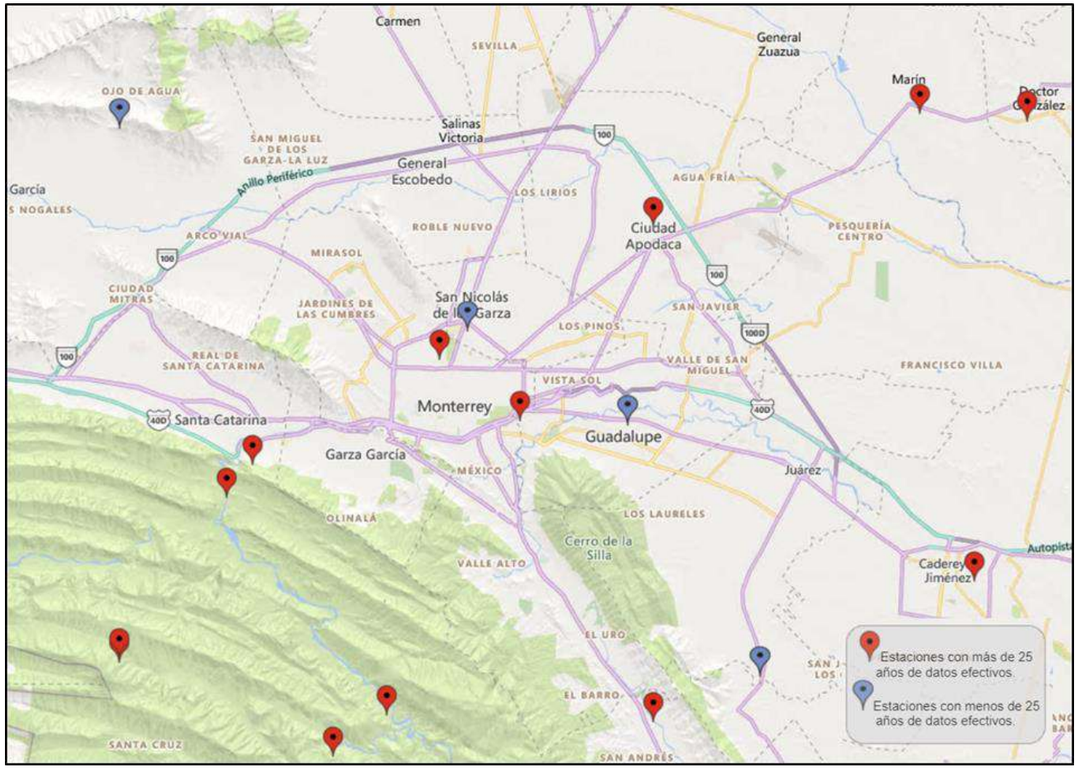
Figura 2.40 Interfaz *de CLICOM para la consulta y descarga de datos*



Fuente*. Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Una vez verificados que cumplieran con un registro mínimo de 30 años, se realizó el análisis de las temperaturas máximas para cada estación utilizando el percentil 95 (P95) la cual es una medida no central usada en estadística que indica el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de valores en un grupo de observaciones. En este caso el valor de P95 de cada estación indica que el 95% de los datos registrados se encuentran por debajo de éste, y tan sólo el 5% lo supera. Las temperaturas que se encuentran en este 5% son los casos extraordinarios. La siguiente tabla muestra los valores de temperatura máxima normal, máxima extrema y valor de P95 para cada estación meteorológica ubicada dentro del municipio y zonas de influencia.

Figura 2.41. *Estaciones meteorológicas por años de datos efectivos*



Fuente. *Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Tabla 2.23. *Temperaturas máximas normales, máximas extremas y Percentil 95 (P95) de las estaciones meteorológicas de la región del municipio de San Nicolás de los Garza*

Estación	Nombre	Municipio	Temp. media normal	Temp. máxima normal (°C)	Temp. máxima extrema (°C)	P95 (°C)
19002	Agua Blanca	Santa Catarina	14.1	22.2	39.0	37.0
19004	Apodaca	Apodaca	21.8	30.9	50.0	41.0
19012	Ciénega de Flores	Ciénega de Flores	22.4	29.5	46.5	39.0
19015	Doctor González	Doctor González	22.4	29.7	45.0	40.0
19018	El Pajonal	Santa Catarina	20.5	27.3	42.0	36.0
19031	La Cruz	Santa Catarina	18.8	23.2	46.0	30.0
19052	Monterrey (OBS)	San Nicolás de los Garza	23.1	28.8	44.0	38.1
19096	La Huastequita	Santa Catarina	19.8	27.7	46.0	38.0
19124	Anáhuac	Anáhuac	22.7	29.6	45.5	37.0
19134	Salinas Victoria	Salinas Victoria	22.8	30.0	48.0	40.0
19185	El Canada	General Escobedo	21.6	28.0	46.0	39.0
19200	La Ciénega	Juárez	21.7	27.6	42.0	37.0

Fuente*: Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE.*

Para generar cartografía de ondas de calor con el percentil 95 así como conocer algunos de sus parámetros básicos como duración, temperatura máxima y frecuencia, se identificaron en las bases de datos de cada estación los días con temperaturas iguales o superiores a este valor (P95); si la temperatura máxima y mínima superan o igualan a sus percentiles 95 por dos o más días seguidos, entonces se contabiliza una onda de calor (CENAPRED, 2017).

Tabla 1.24. Temperaturas *P95 calculado para temperaturas máximas y mínimas*

Estación	Nombre	Municipio	P95 (°C) Temp. Max.	P95 (°C) Temp. Min.
19002	Agua Blanca	Santa Catarina	37.0	25.0
19004	Apodaca	Apodaca	41.0	24.0
19012	Ciénega de Flores	Ciénega de Flores	39.0	24.5
19015	Doctor González	Doctor González	40.0	22.0
19018	El Pajonal	Santa Catarina	36.0	22.0
19031	La Cruz	Santa Catarina	30.0	21.0
19052	Monterrey (OBS)	San Nicolás de los Garza	38.1	24.0
19096	La Huastequita	Santa Catarina	38.0	22.0
19124	Anáhuac	Anáhuac	37.0	24.0
19134	Salinas Victoria	Salinas Victoria	40.0	25.0
19185	El Canada	General Escobedo	39.0	24.0
19200	La Ciénega	Juárez	37.0	23.0

Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

En los datos de temperaturas diarias se pudieron observar varios días consecutivos con temperaturas que sobrepasaban el valor del P95, sin embargo, no fueron considerados como ola de calor debido a que la temperatura mínima de ese día no fue superior a su percentil 95. En la siguiente tabla se puede observar un ejemplo de lo anterior.

Tabla 2.25. Temperaturas mínimas de cuatro eventos que no sobrepasaron su P95 (Estaciones 19052 y 19018)

Fecha	Tem. Max. en °C	P95 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P95 (°C) Tem. Min.
11/08/1991	40	40	24.5	25
12/08/1991	41		24	
13/08/1991	40		20	
14/08/1991	40		19	
15/08/1991	41		24	

Fecha	Tem. Max. en °C	P95 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P95 (°C) Tem. Min.
19/06/1992	40		24	
20/06/1992	40		24	
21/06/1992	40		24	
22/06/1992	40		24	
23/06/1992	41		23	
24/06/1992	42		22.5	
25/06/1992	44		22	
26/06/1992	43		23	
27/06/1992	43		24	
28/06/1992	42		22	
12/08/2017	39		23	
13/09/2017	39.5		19.5	
14/09/2017	39.5	38.1	22	24
04/06/2018	38.5		23.5	
05/06/2018	40		23.5	

Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Asimismo, se presentaron casos donde las temperaturas máximas no sobrepasaron el valor del P95, sin embargo, las temperaturas mínimas si excedieron el percentil calculado para las mimas. Estos casos no fueron considerados como ola de calor.

Tabla 2.26. Temperaturas máximas de tres eventos en 2009, 2010 y 2018 que no sobrepasaron su P95 (Estación 19052)

Fecha	Tem. Max. en °C	P95 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P95 (°C) Tem. Min.
17/06/2009	36.6		24.4	
18/06/2009	36		25	
19/06/2009	35.4		25.2	
20/06/2009	38		24.5	
21/06/2009	37.4		24.6	
05/10/2009	35.4		25	
06/10/2009	34		25.4	
07/10/2009	32.5		24.6	
08/10/2009	34.8	38.1	24.6	24
09/10/2009	28.2		24.6	
11/08/2010	35.8		24.2	
12/08/2010	36.2		24.8	
13/08/2010	35.5		24.4	
14/08/2010	35.9		24.8	
15/08/2010	35.5		24	
16/08/2010	36.5		24.8	
17/08/2010	37		25	
11/08/2018	37.5		24.5	
12/08/2018	35.5		25	
13/08/2018	37		24.5	

Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Mediante la herramienta de join o unión del software Microsoft Access, el cual es un sistema de gestión de bases de datos, se unieron en una sola hoja de datos aquellas fechas donde las temperaturas máximas y mínimas superaron el valor de P95. Con esto fue posible identificar las fechas con olas de calor, su duración, meses con mayor frecuencia y las temperaturas máximas.

Tabla 2.27. Ejemplos de ondas cálidas registradas en la estación 19052 ubicada en San Nicolás de los Garza

Fecha	Tem. Max. en °C	Tem. Min. en °C	Duración en días
25/08/2014	38.5	25	3
26/08/2014	38.5	24.5	
27/08/2014	38.5	25	
24/07/2015	38.5	24.5	5
25/07/2015	39	25.5	
26/07/2015	40.5	25	
27/07/2015	38.5	25	
28/07/2015	38.5	25	
01/08/2016	39	24	6
02/08/2016	38.5	25	
03/08/2016	39	25	
04/08/2016	38.5	25	
05/08/2016	38.5	25	
06/08/2016	38.5	25	
28/07/2017	39.5	24	6
29/07/2017	40.5	24.5	
30/07/2017	40	25.5	
31/07/2017	41	26	
01/08/2017	39.5	25.5	
02/08/2017	40.5	25.5	
14/08/2018	39	24.5	8
15/08/2018	39.5	24	
16/08/2018	39.5	24	
17/08/2018	39.5	24.5	
18/08/2018	39.5	24.5	
19/08/2018	40.5	25	
20/08/2018	38.5	25	
21/08/2018	38.5	24.5	

Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Para determinar la probabilidad de que se presente una ola de calor de dos o cuatro días se utilizó la fórmula de la Suma de las Probabilidades:

$$P = (A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

Donde P= $(A \cup B)$ Probabilidad de que exista una ola de calor de dos o cuatro días o de que no se presente ni una sola ola de calor

Donde P(A)= $\frac{\#\ de\ olas\ de\ calor\ de\ ese\ año}{total\ de\ casos\ de\ ese\ año}$

Más la probabilidad de B

Donde P(B)= $\frac{\#\ de\ olas\ de\ calor\ de\ ese\ año}{total\ de\ casos\ de\ ese\ año}$

Menos la probabilidad

De P(A $\cap$ B)= la probabilidad de que exista una ola de calor y que tenga una duración de 2 días.

c) Resultados

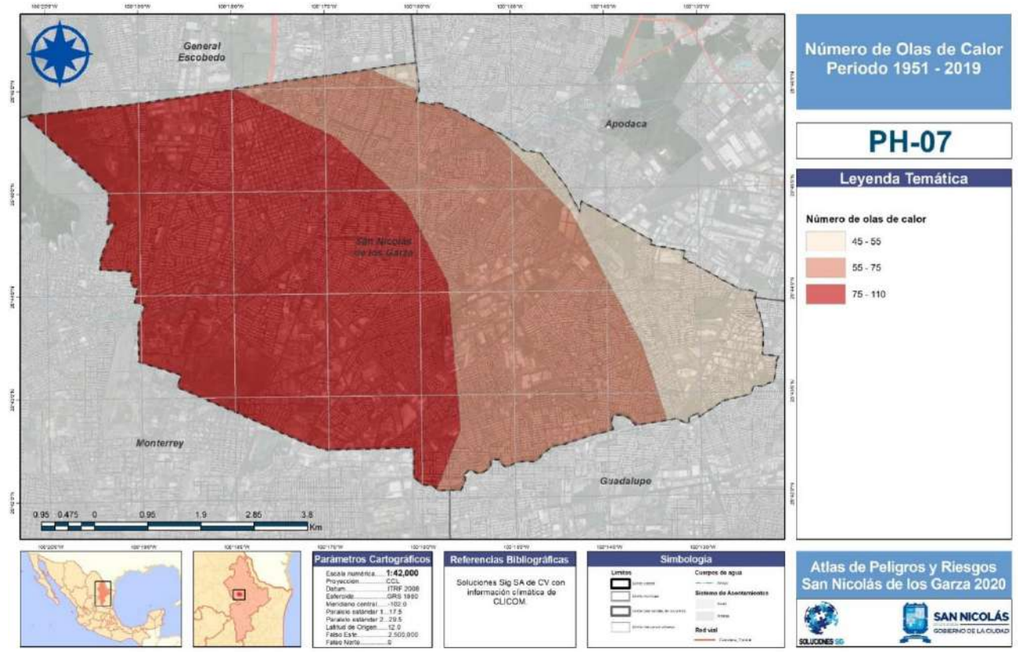
Con el cruce de la información filtrada por P95 para ambas temperaturas (máxima y mínima) en las estaciones mencionadas, se pueden determinar los siguientes resultados.

Tabla 2.28 Principales características de las olas de calor registradas en las estaciones de la zona de influencia del municipio de San Nicolás de los Garza para el periodo 1951 – 2018

Estación	Total de olas de calor	Días con olas de calor	Duración más frecuente de O.C.	Máxima duración de una O. C.	Temp. máxima registrada	Temp. mínima más alta	Mes[1]	Año[2]
19002	34	117	2	14	39	12	mayo	2011
19004	30	91	2	9	47	24	junio	2002
19012	41	124	2	11	43	16	junio	1995
19015	35	89	2	13	42	21	julio	2011
19018	49	125	2	6	42	22	mayo	1960
19031	20	64	2	10	39	21	mayo	1989
19052	111	416	2	33	45.8	24	julio	1998
19096	22	55	2	7	45	22	julio	2016
19124	60	217	2	12	43	24	junio	2009
19134	54	154	2	10	47	22	julio	2009
19185	36	130	2	9	44	24	julio	1998
19200	14	54	2	15	42	23	junio	1998

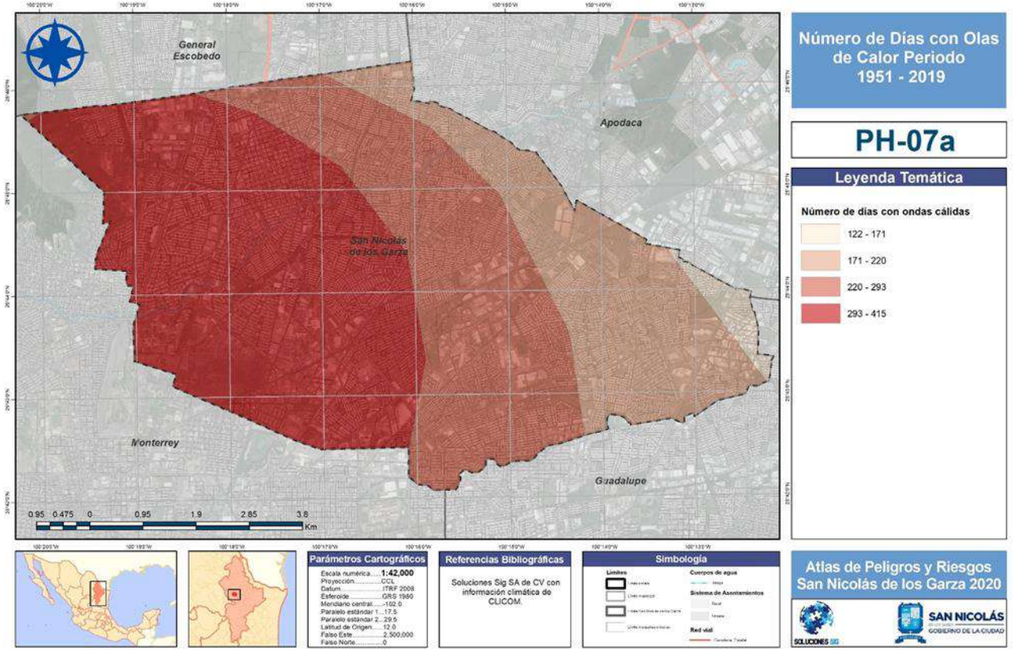
Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx). [1] Mes con mayor frecuencia de ocurrencia de una onda de calor. [2] Año con mayor cantidad de ondas de calor.*

Mapa 2.95. Número de olas de calor en el periodo 1951-2019



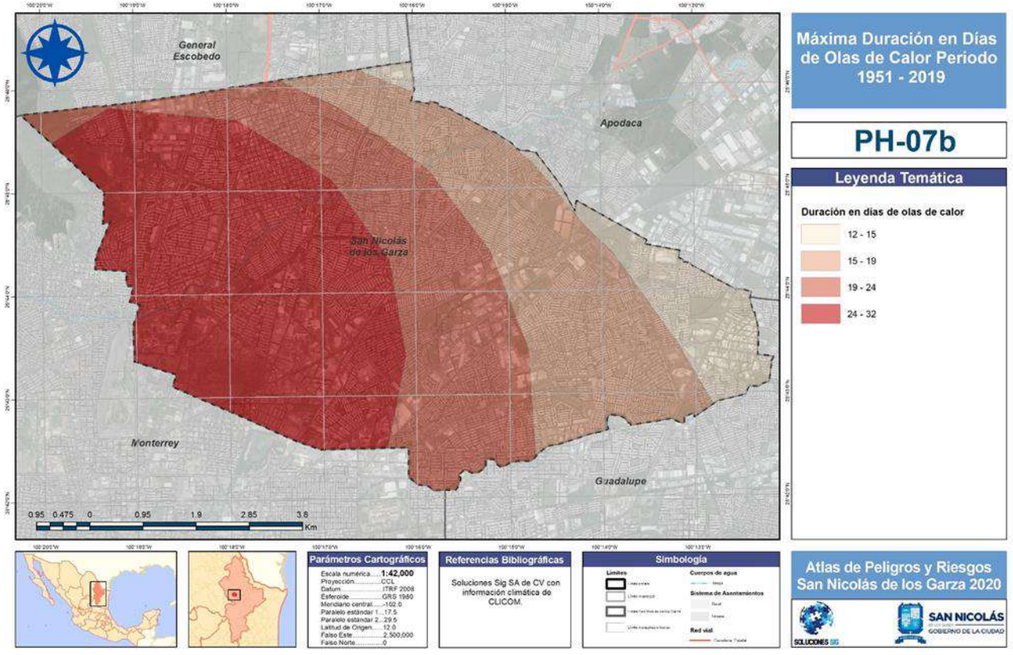
Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa2.96. Número de días con olas de calor periodo 1951-2019



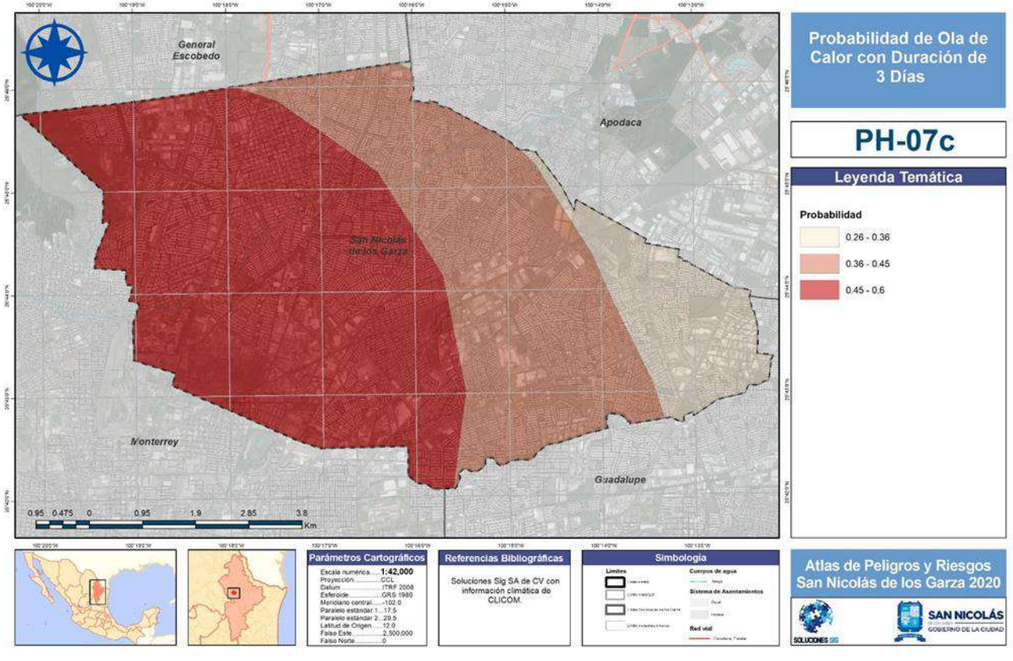
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.97. Máxima duración de olas de calor periodo 1951-2019



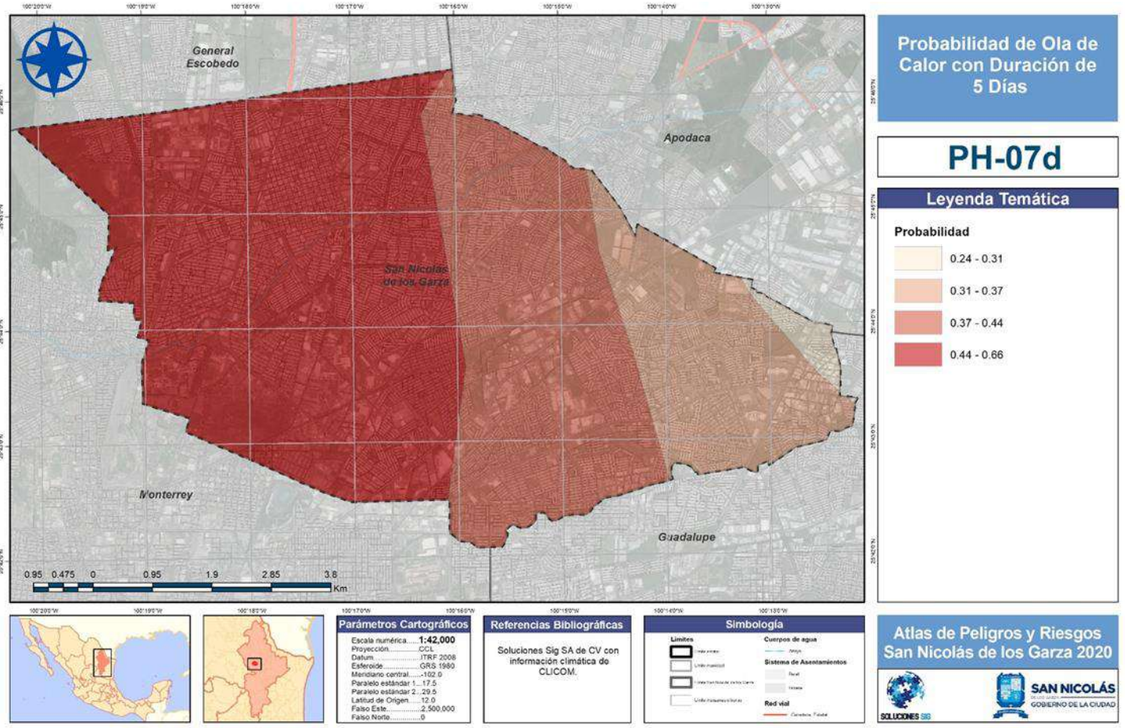
Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.98. Probabilidad de ola de calor con duración de dos días



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa 2.99. Probabilidad de ola de calor con duración de cinco días



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

6. Ondas gélidas

a) Antecedentes

De igual forma que las olas de calor vistas anteriormente, las ondas de frío o gélidas pueden determinarse a partir de distintos umbrales establecidos de acuerdo con las condiciones geográficas imperantes en la región de estudio.

Un ejemplo de ello es lo señalado por el Servicio de Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España, quien considera a una "ola de frío" como un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran temperaturas mínimas por debajo del percentil del 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias.

Esta metodología es similar a la propuesta por Herrera-Alanís (2012), donde se utiliza un umbral relativo (percentil 90 para el caso de las ondas de calor), para este caso, se consideró utilizar este mismo método, pero con los umbrales relativos sugeridos por la AEMET. Es necesario mencionar que las condiciones geográficas de España, no son las mismas que las de la República Mexicana, sin embargo, el umbral establecido por el percentil 5 es, como se mencionó con anterioridad, de tipo relativo, es decir, fue establecido a partir de métodos estadísticos.

b) Desarrollo Metodológico

De acuerdo con lo mencionado, se calculó el percentil 5 (P5) para las temperaturas mínimas diarias de cada estación meteorológica considerada para este estudio. De igual forma que en el fenómeno de las ondas cálidas, se calculó el mismo percentil para las temperaturas máximas diarias. Cuando ambas temperaturas eran menores o iguales a sus percentiles 5% en por lo menos dos días consecutivos se consideraba una onda de frío o gélida.

Tabla 2.29. Temperaturas P5 *calculado para temperaturas mínimas y máximas*

Estación	Nombre	Municipio	P5 (°C) Temp. Max.	P5 (°C) Temp. Min.
19002	Agua Blanca	Santa Catarina	12.0	-2.0
19004	Apodaca	Apodaca	16.0	1.5
19012	Ciénega de Flores	Ciénega de Flores	15.0	2.0
19015	Doctor González	Doctor González	14.5	2.0
19018	El Pajonal	Santa Catarina	15.1	3.0
19031	La Cruz	Santa Catarina	15.0	4.0
19052	Monterrey (OBS)	San Nicolás de los Garza	15.0	6.0
19096	La Huastequita	Santa Catarina	15.0	2.0
19124	Anáhuac	Anáhuac	14.0	3.0
19134	Salinas Victoria	Salinas Victoria	16.0	3.0
19185	El Canada	General Escobedo	15.1	5.0
19200	La Ciénega	Juárez	15.0	5.0

***Fuente**: Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

En los datos de temperaturas diarias de cada estación se pudieron observar varios días consecutivos con temperaturas iguales o inferiores al valor del P5, sin embargo, no fueron considerados como onda gélida debido a que la temperatura máxima más baja de ese día no fue igual o menor a su percentil. En la siguiente tabla se puede observar un ejemplo de lo anterior.

Tabla 2.30 Temperaturas máximas más bajas de eventos que no fueron menores o iguales a su P5

Estación	Fecha	Tem. Max. en °C	P5 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P5 (°C) Tem. Min.
19052	20/01/2001	16.3	15.0	2	6.0
	21/01/2001	22		4	
	22/01/2001	18.4		6	
	23/01/2001	18		5	
19018	03/12/2015	16	15.1	2	3.0
	04/12/2015	19		0	
	05/12/2015	19		2	

Estación	Fecha	Tem. Max. en °C	P5 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P5 (°C) Tem. Min.
19002	12/01/2018	16	12.0	-3	-2.0
	13/01/2018	14		-3	
	14/01/2018	19		-3	
	15/01/2018	21		-3	
19004	05/02/2011	19	16.0	-6.5	1.5
	06/02/2011	28.5		-2	
	07/02/2011	19		-5	
	08/02/2011	22		-2	

Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

De igual forma, se presentaron casos donde las temperaturas más bajas de las máximas fueron iguales o inferiores al valor del P5, sin embargo, las temperaturas mínimas no fueron más bajas a su percentil calculado. Estos casos no fueron considerados como onda gélida.

Tabla 2.31. Temperaturas mínimas de eventos que no fueron menores o iguales a su P5

Estación	Fecha	Tem. Max. en °C	P5 (°C) Tem. Max.	Tem. Min. en °C	P5 (°C) Tem. Min.
19052	24/12/2013	15	15.0	7	6.0
	25/12/2013	15		8	
	26/12/2013	10		9	
	27/12/2013	10		7	
	28/12/2013	14		7.5	
19018	11/11/2018	10.5	15.1	10	3.0
	12/11/2018	5.5		5	
	13/11/2018	8		5	
	14/11/2018	11		5	
19002	13/03/2015	9	12.0	-1	-2.0
	14/03/2015	7		3	
	15/03/2015	8		3	
	16/03/2015	12		5	
19004	26/12/2018	12.5	16.0	10	1.5
	27/12/2018	14		5	
	28/12/2018	14.5		6	
	29/12/2018	10		3	
	30/12/2018	11		4	
19012	14/11/2012	14	15.0	11.5	2.0
	15/11/2012	15		11.5	
	16/11/2012	14.5		12	

Fuente*: Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).*

Al igual que el fenómeno anterior, se determinó la probabilidad de que se presente una onda gélida de dos o cinco días de duración (las duraciones más frecuentes observadas) se utilizó la fórmula de la Suma de las Probabilidades:

$$P = (A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

Donde P= $(A \cup B)$ Probabilidad de que exista una onda gélida de dos o cinco días o de que no se presente ni una sola ola de calor.

Donde P(A)= $\frac{\#\ de\ olas\ de\ calor\ de\ ese\ año}{total\ de\ casos\ de\ ese\ año}$

Más la probabilidad de B

Donde P(B)= $\frac{\#\ de\ olas\ de\ calor\ de\ ese\ año}{total\ de\ casos\ de\ ese\ año}$

Menos la probabilidad

De P($A \cap B$)= la probabilidad de que exista una onda gélida y que tenga una duración de 2 o 5 días.

c) Resultados

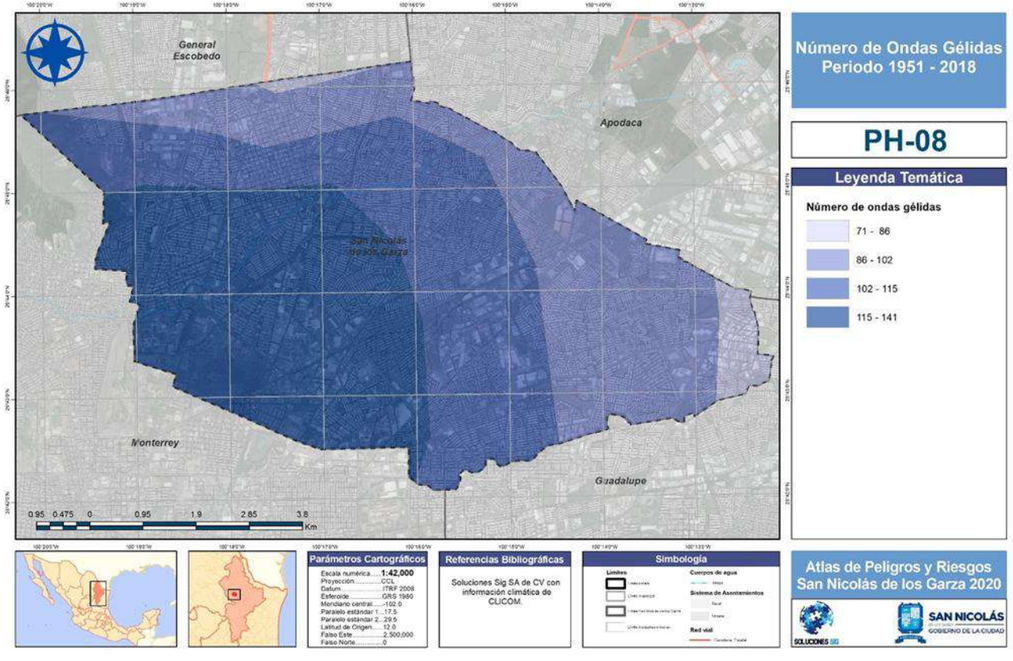
Con el cruce de la información filtrada por P5 para ambas temperaturas (máxima y mínima) en las estaciones mencionadas, se pueden determinar los siguientes resultados.

Tabla 2.32. Principales características de las ondas gélidas registradas en las estaciones de la zona de influencia del municipio de San Nicolás de los Garza para el periodo 1951 – 2019

Estación	Total de ondas gélidas	Días con ondas gélidas	Duración más frecuente de O.G. en días	Máxima duración de una O. G. en días	Temp. mínima registrada	Temp. máxima más baja	Mes[1]	Año[2]
19002	41	95	2	5	12	-12	diciembre	1992
19004	80	213	2	10	16	-8.5	diciembre	1984
19012	79	200	2	6	15	-12	enero	1978
19015	68	104	2	9	12.5	-8	enero	1986
19018	103	286	2	8	15	-9	enero	1986
19031	111	416	2	10	20	-10	enero	2008
19052	142	398	2	8	15	-8	diciembre	1964
19096	92	89	2	8	13	-9	diciembre	1978
19124	64	194	2	11	14	-8	enero	1981
19134	56	101	2	9	13	-12	diciembre	2008
19185	23	60	2	4	15	-7	enero	2003
19200	22	62	2	7	15	-5	diciembre	2005

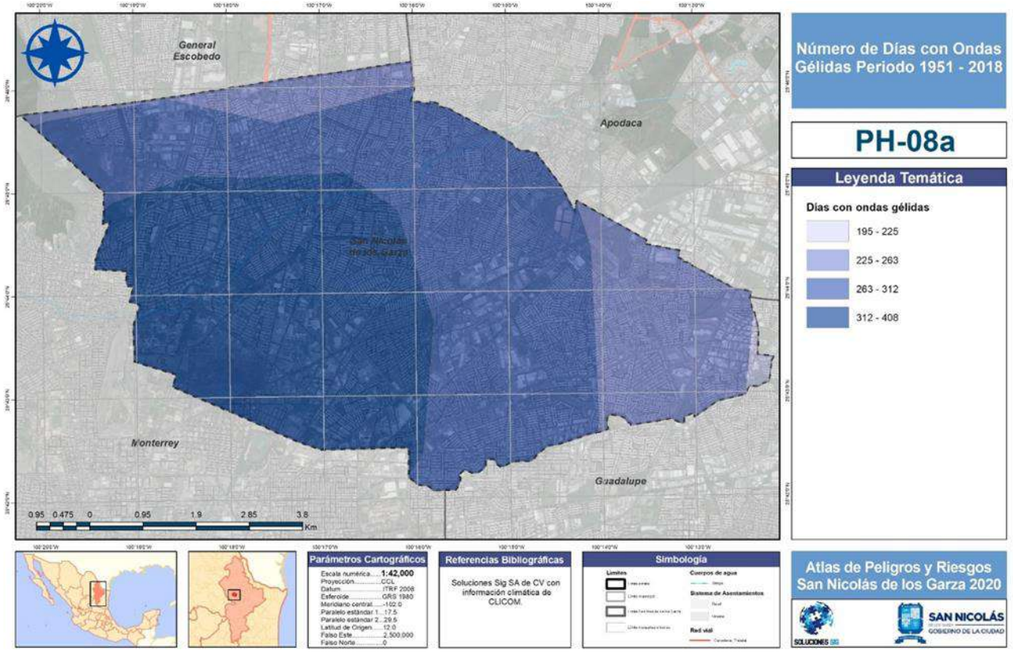
Fuente: *Elaboración propia con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx). 1 Mes con mayor frecuencia de ocurrencia de una onda gélida. 2 Año con mayor cantidad de ondas gélidas.*

Mapa 2.100. Número de ondas gélidas en el periodo 1951-2019



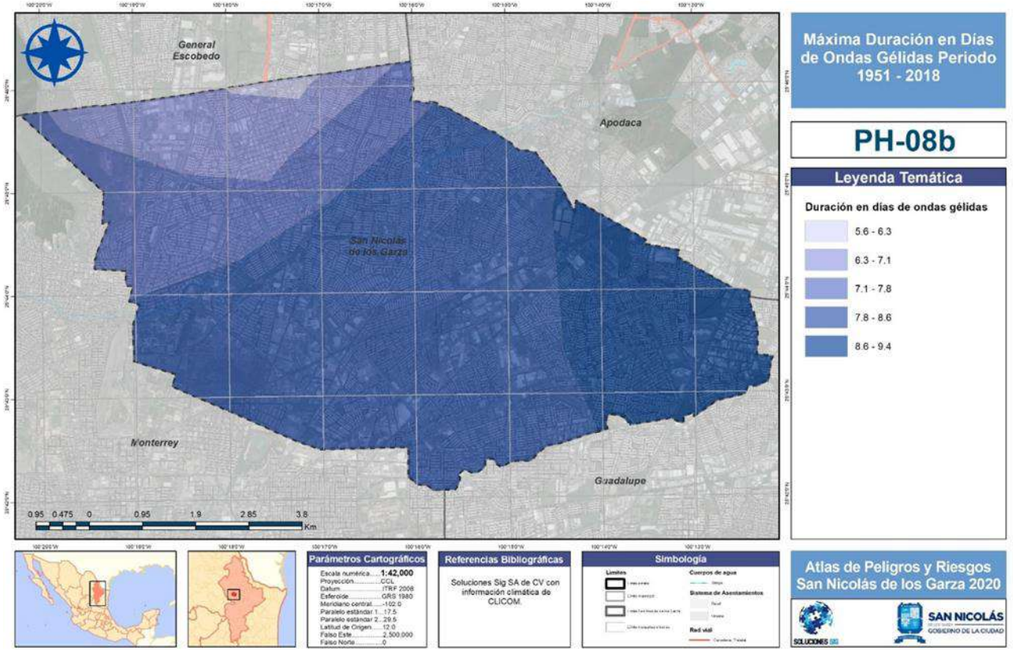
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa 2. 101.Número de días con ondas gélidas en el periodo 1951 – 2019



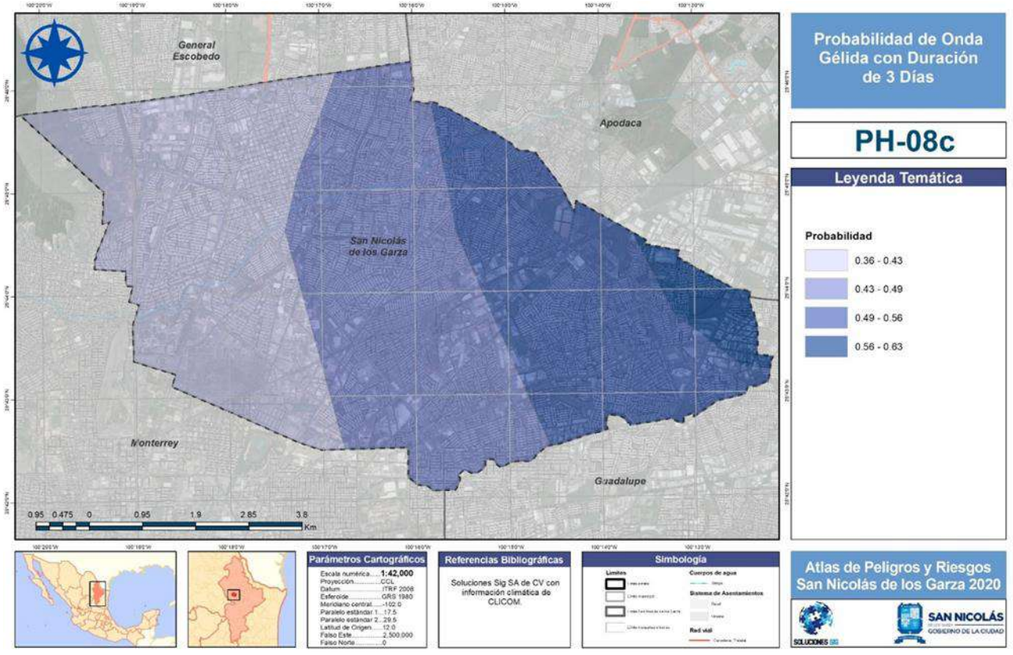
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa2.102. Máxima duración de ondas gélidas en el periodo 1951-2019



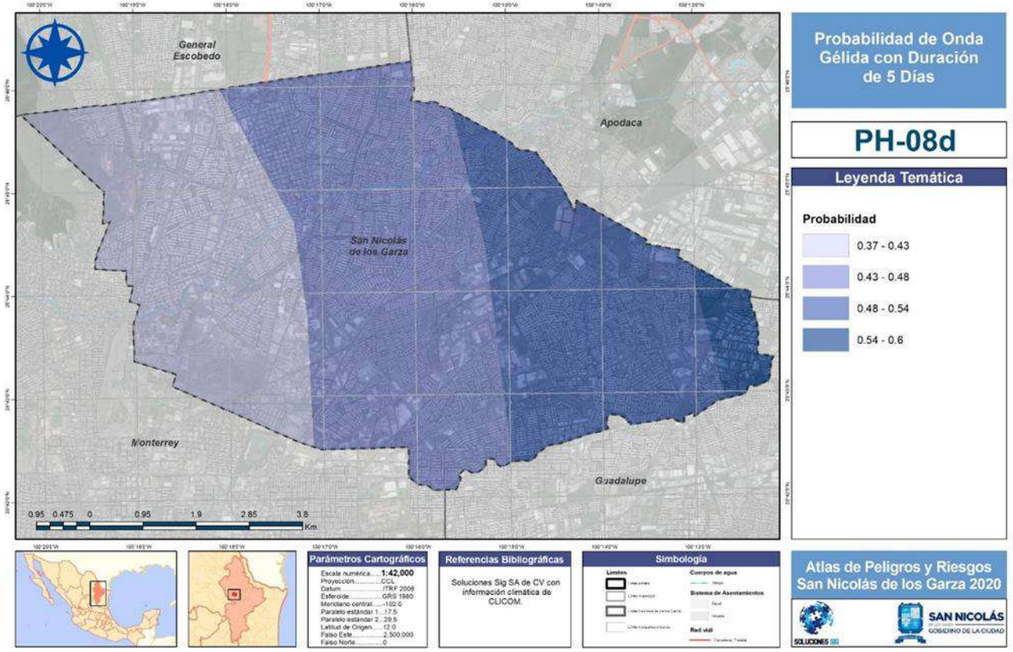
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa 2.103. Probabilidad de onda gélida con duración de 3 días



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

Mapa 2.104. Probabilidad de onda gélida con duración de cinco días



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.*

7. Heladas

a) Antecedentes

Una helada se define como la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C (WMO, 1992). Cuando la temperatura del aire cerca de la superficie del suelo llega a los 0 grados centígrados, o cuando disminuye aún más, durante más de cuatro horas se dice que ha ocurrido una helada.

De acuerdo con el fascículo del CENAPRED para el fenómeno de heladas, los principales elementos meteorológicos que intervienen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. (CENAPRED/SEGOB, 2014).

Para que una helada sea generada, es fundamental la ausencia de viento, pues cuando hay corrientes de aire, se mezcla el aire frío que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores y se regula la temperatura.

Cuando hay poco viento y la temperatura alcanza los 0° C o más, el vapor de agua existente en el aire se condensará; y si la humedad es abundante, se originará una nevada, pero si el contenido de humedad es poco, se formará una la helada, por lo que se puede concluir que una gran presencia de humedad atmosférica reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas.

De acuerdo con el fascículo del CENAPRED para el fenómeno de heladas, los principales elementos meteorológicos que intervienen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. (CENAPRED/SEGOB, 2014).

Para que una helada sea generada, es fundamental la ausencia de viento, pues cuando hay corrientes de aire, se mezcla el aire frío que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores y se regula la temperatura.

La determinación de las temperaturas más bajas nos ayuda a identificar a los meses más fríos como aquellos en los que la temperatura desciende por debajo de los cero grados centígrados, y cuando esto ocurre, se dice que ha ocurrido una Helada. En México, el fenómeno de helada y las bajas temperaturas que ésta conlleva ocurren generalmente durante los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los de mayor impacto.

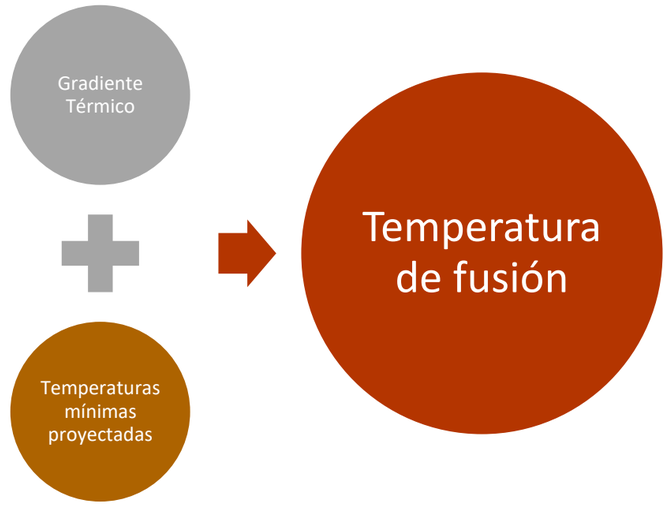
Desde el punto de vista agroclimático, es muy importante considerar este fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola (Engelbert, 1997). Sin embargo, es relevante también considerar las afectaciones a la salud de la población que es influenciada por las olas de frío (Eagleman, 1983); sobre todo, de las personas que habitan en casas frágiles o que son indigentes, así como las personas la tercera edad y los niños.

Para el cuerpo humano un clima frío implica varios efectos negativos, como son las enfermedades de tipo circulatorio, las infecciones respiratorias agudas (IRAS), el congelamiento de la piel y la hipotermia (Engelbert, 1997). Cabe mencionar que el nivel de peligro en cuanto a heladas es variado, pues se encuentra sujeto a la resistencia que los seres vivos poseen ante la disminución de temperaturas. Se dice que, los seres humanos pueden sobrevivir varios días e incluso semanas sin comida o pocos líquidos, pero no sobreviven por mucho tiempo si su temperatura corporal disminuye drásticamente.

b) Desarrollo Metodológico

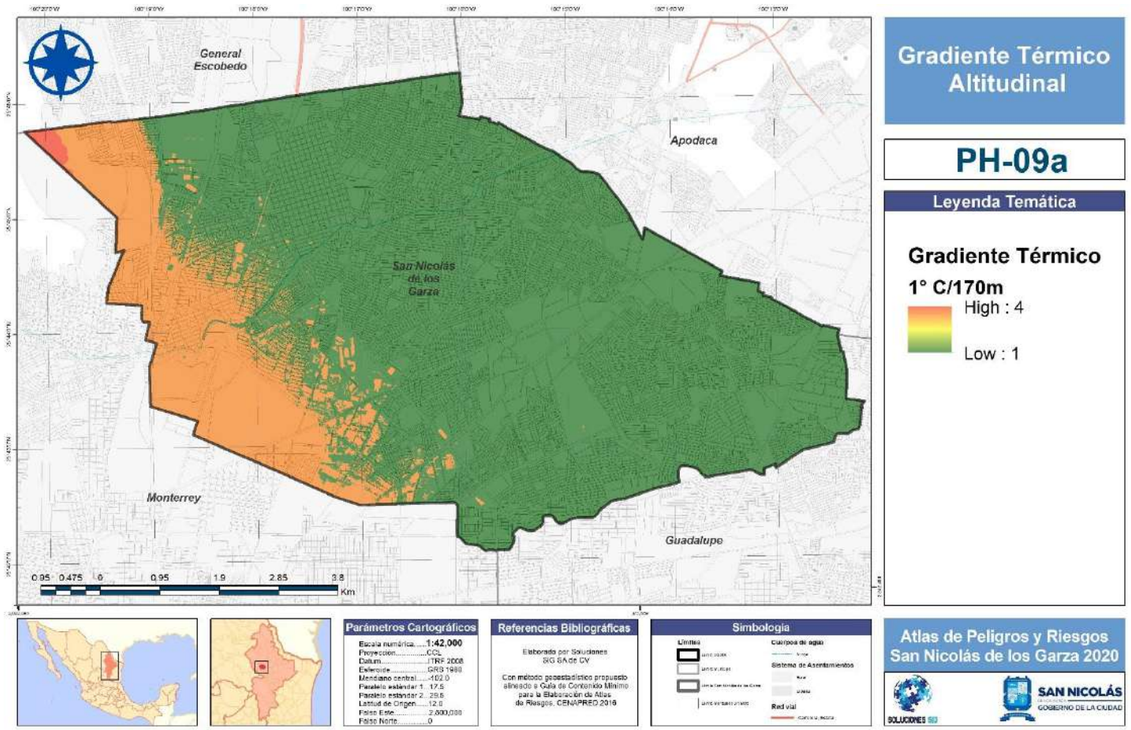
Los mapas de susceptibilidad a heladas son resultado de la generación de un mapa de factores condicionantes del fenómeno más la identificación de temperaturas mínimas (por debajo de 0 grados) como factor detonante del fenómeno. El mapa de condicionantes se descompuso en dos grandes temas, el primero la identificación de la distribución de la temperatura de fusión, que a su vez es el resultado de cruzar el gradiente térmico con las temperaturas mínimas proyectadas y el índice diferencial de vegetación normalizado NVDI.

Figura 2.42 *Factores condicionantes del fenómeno*



El gradiente térmico, en la zona tropical, es de 1ºC por cada 170m de altitud, debido a la menor insolación que recibe y al menor espesor de la atmósfera. También en estas mismas zonas se producen diferentes variaciones como consecuencia de la orientación del relieve y de la distancia a la que se encuentre de la línea del ecuador, así como de los polos. (Sánchez, 2014).

Mapa 2.105 *Gradiente Térmico Altitudinal*

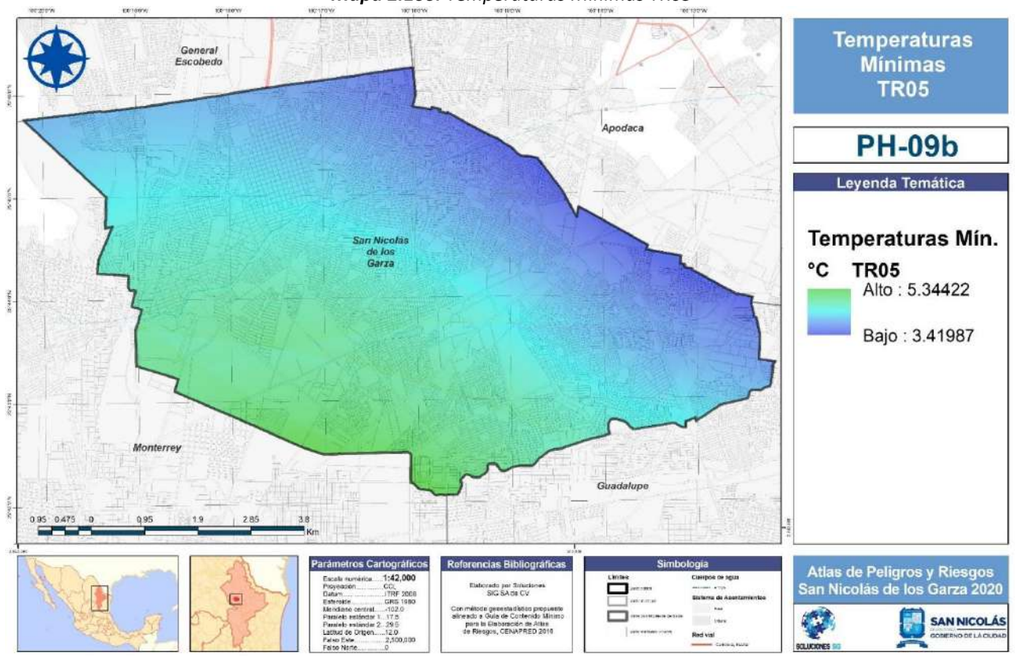


Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

La distribución de las temperaturas mínimas en el municipio y el gradiente térmico (término referente a la disminución de la temperatura de forma vertical respecto a cada elevación altitudinal), componen los mapas de temperaturas de fusión, cuya finalidad es identificar las zonas donde existe mayor propensión al congelamiento del suelo y la vegetación.

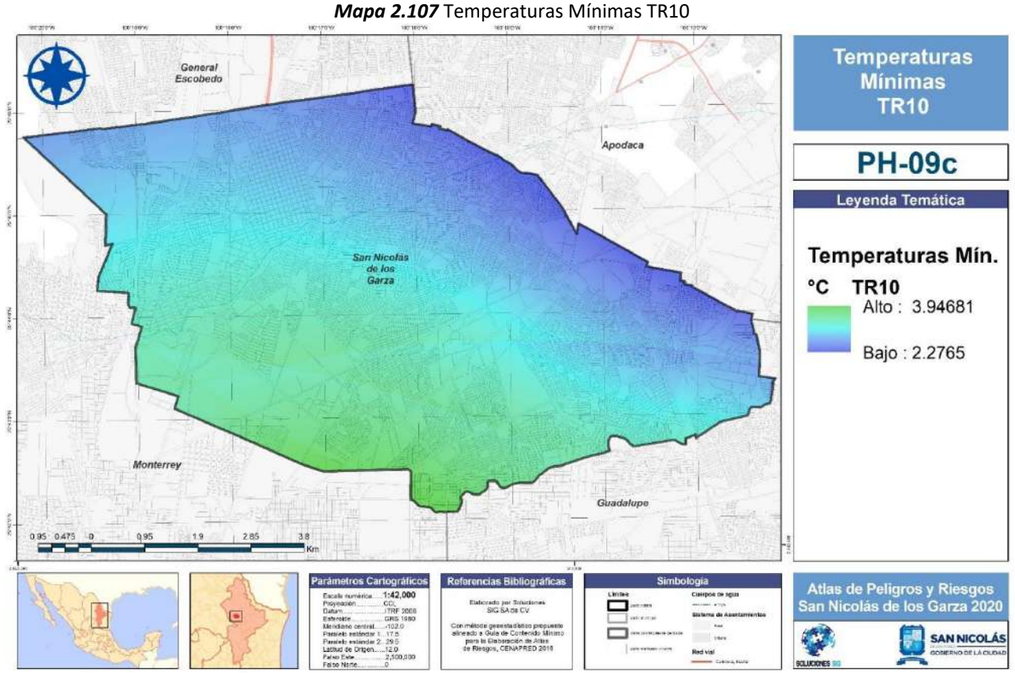
Cabe mencionar que se calcularon de igual manera los mismos períodos de retorno que para el fenómeno de sequias, los cuales son a 5, 10, 20, 50 y 100 años a través del método Gauss Gumbel.

Mapa 2.106. *Temperaturas Mínimas TR05*



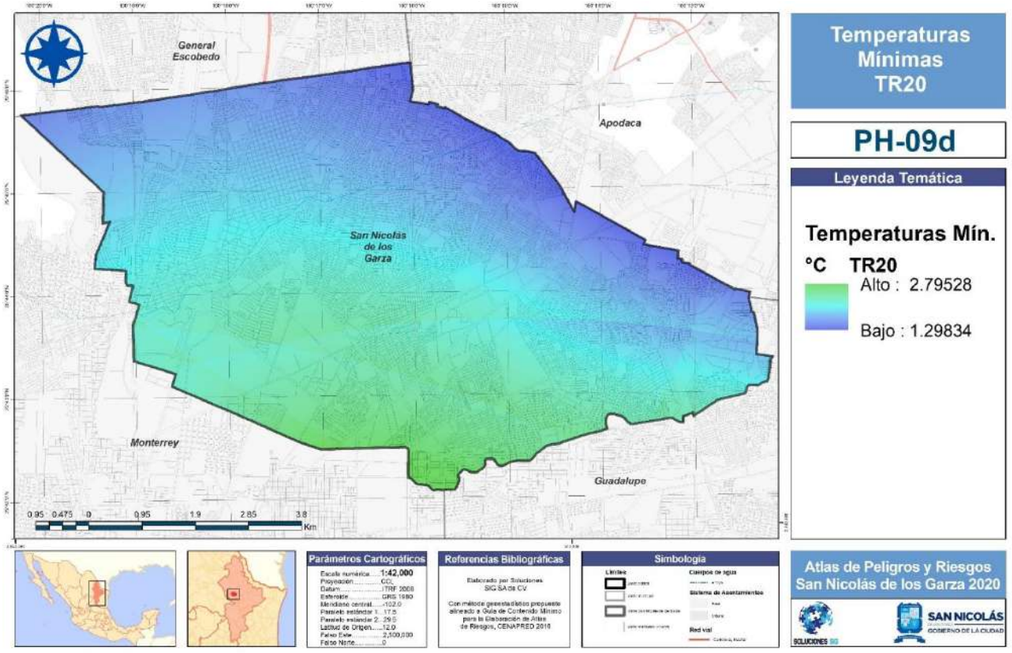
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.107 Temperaturas Mínimas TR10



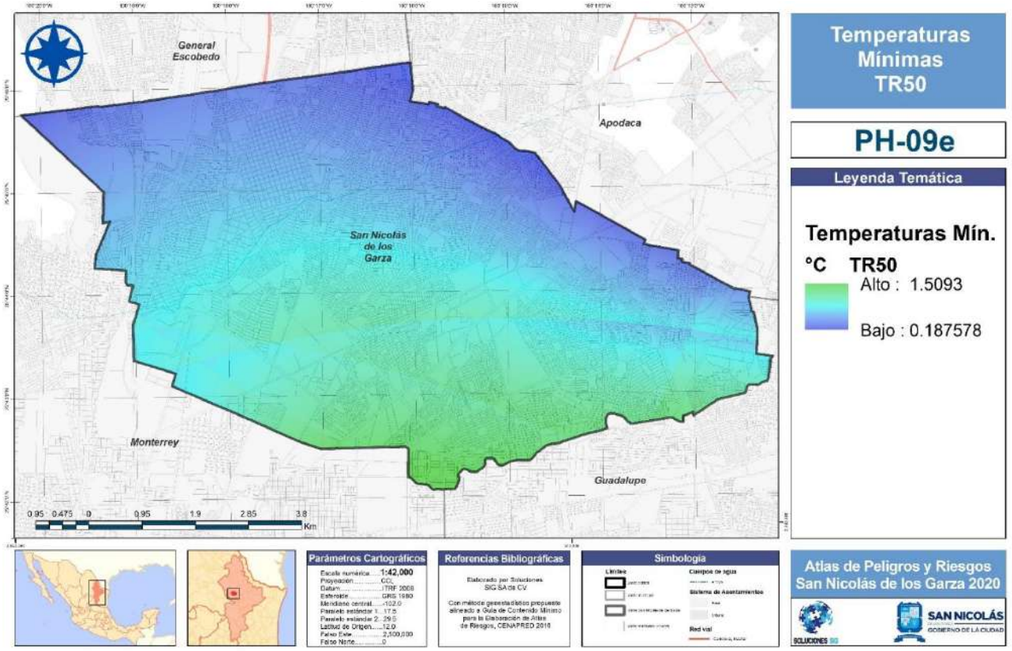
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.108 *Temperaturas Mínimas TR20*



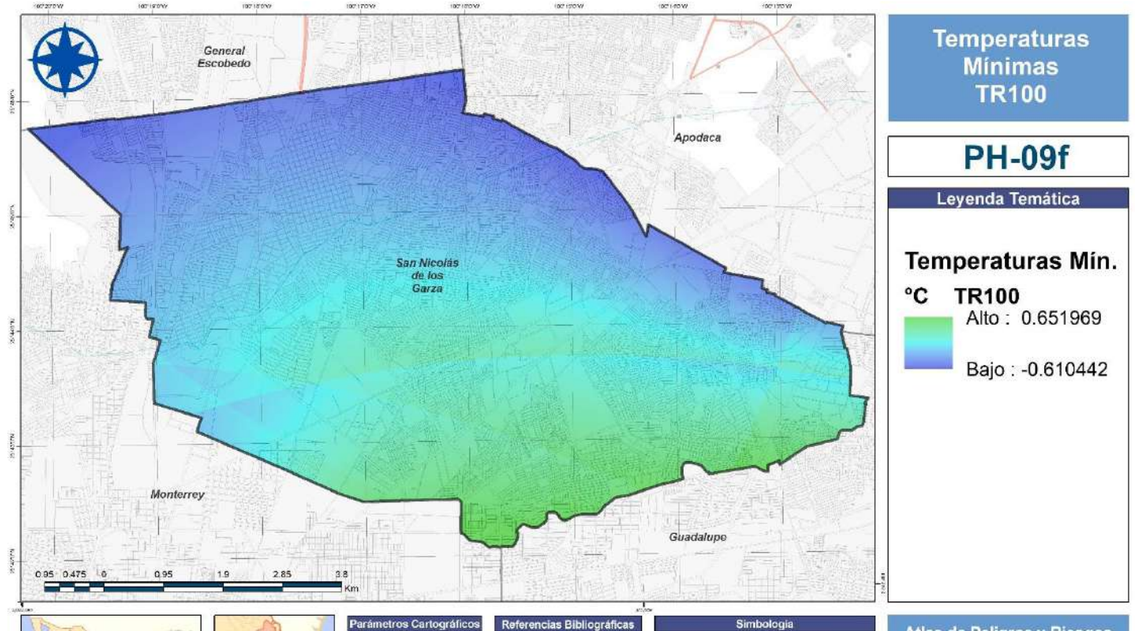
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.109 *Temperaturas Mínimas TR50*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.110 *Temperaturas Mínimas TR100*



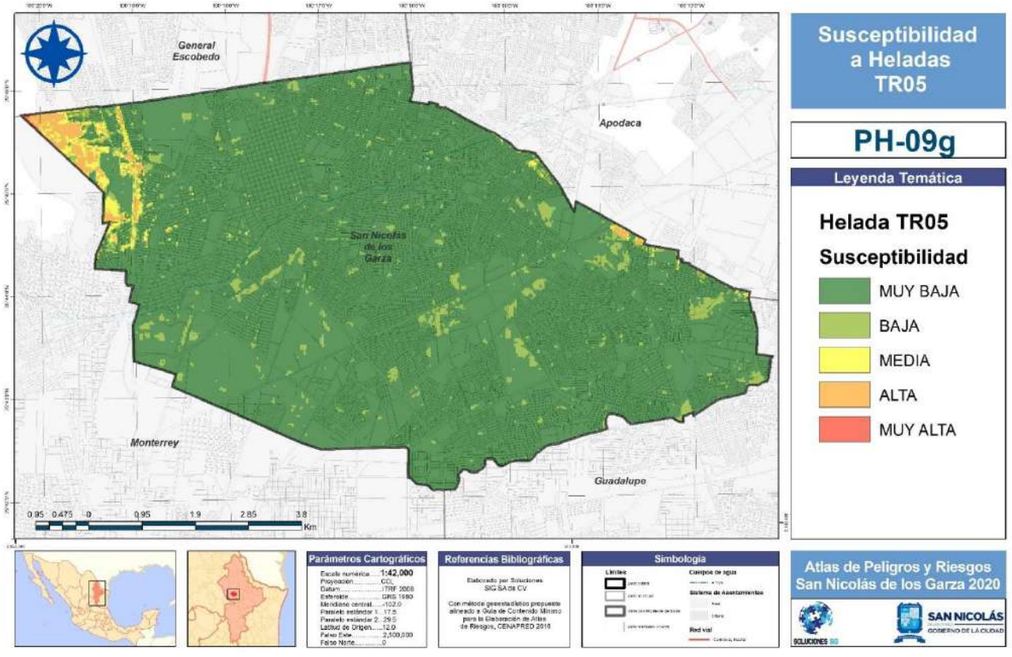
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

b) Resultados

Para la obtención de los mapas de susceptibilidad a heladas en los diversos periodos de retorno, se integraron las temperaturas de fusión a 5, 10, 20, 50 y 100 años junto con el sistema afectable identificado por el NVDI. Puesto que es importante considerar que el principal sistema expuesto a las heladas es la producción agrícola, es necesario identificar el estado actual de la vegetación e integrarlo a la modelación para definir las zonas con mayor propensión a ser afectables por el fenómeno.

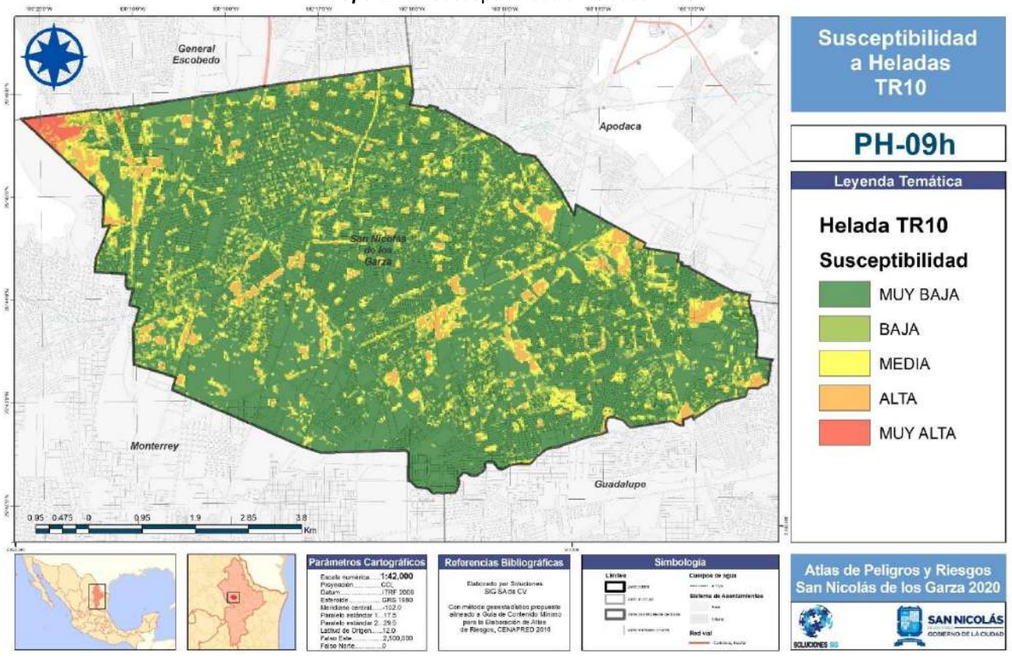
Es así que, los mapas resultantes identifican las zonas donde las temperaturas mínimas junto con el gradiente térmico y el índice de vegetación diferencial normalizado inciden con mayor presencia en el territorio, siendo consecuentemente las de las de mayor susceptibilidad al fenómeno.

Mapa 2.111. *Susceptibilidad a Heladas TR05*



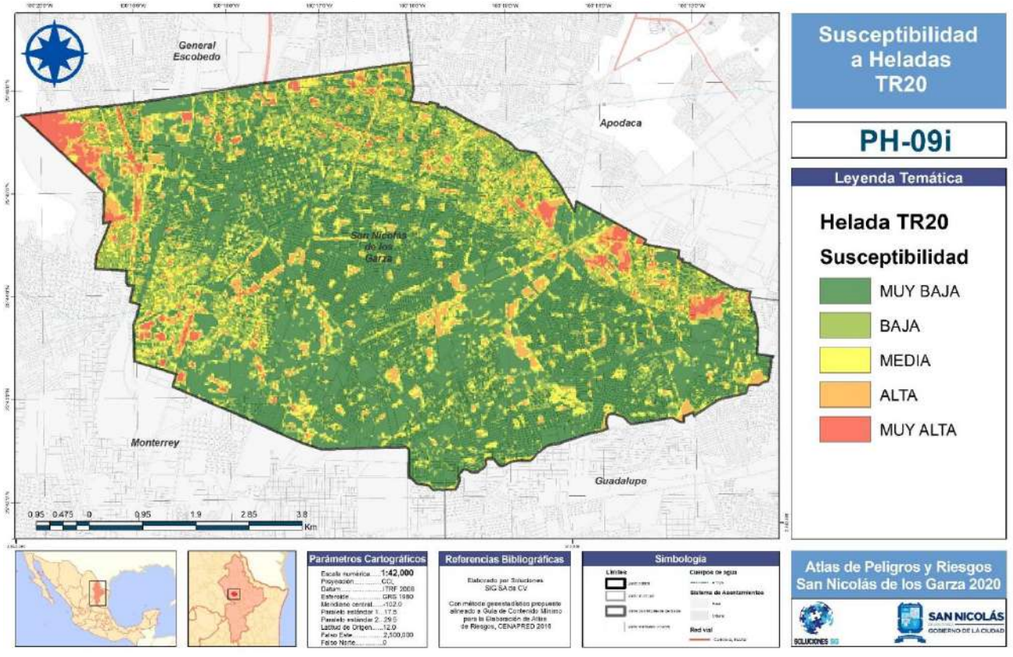
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.112 Susceptibilidad a Heladas TR10



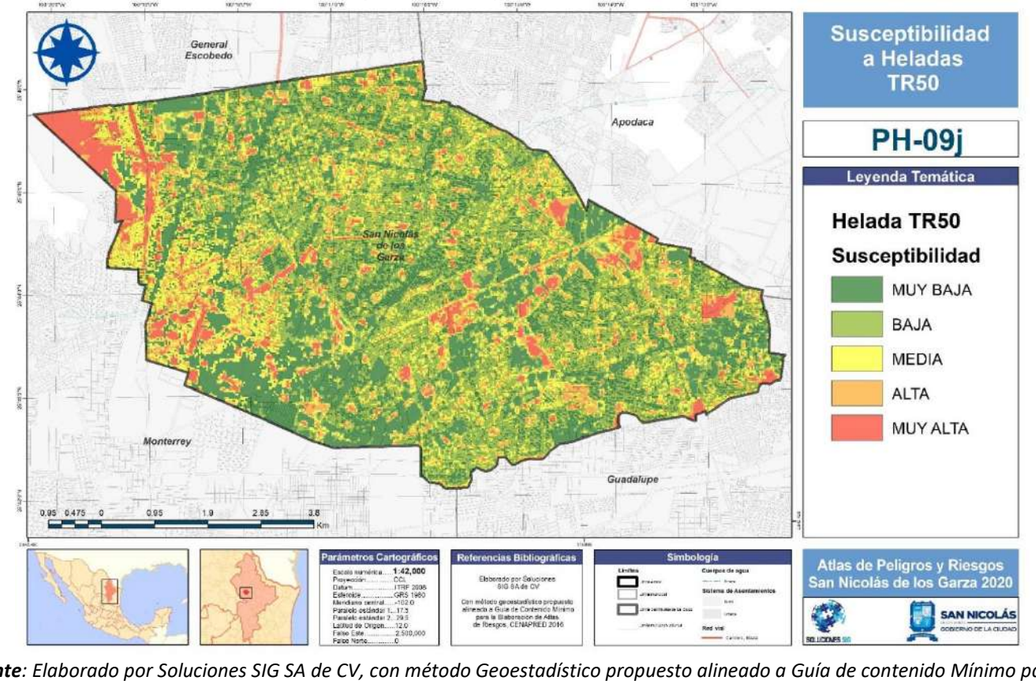
Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.113 Susceptibilidad a Heladas TR20



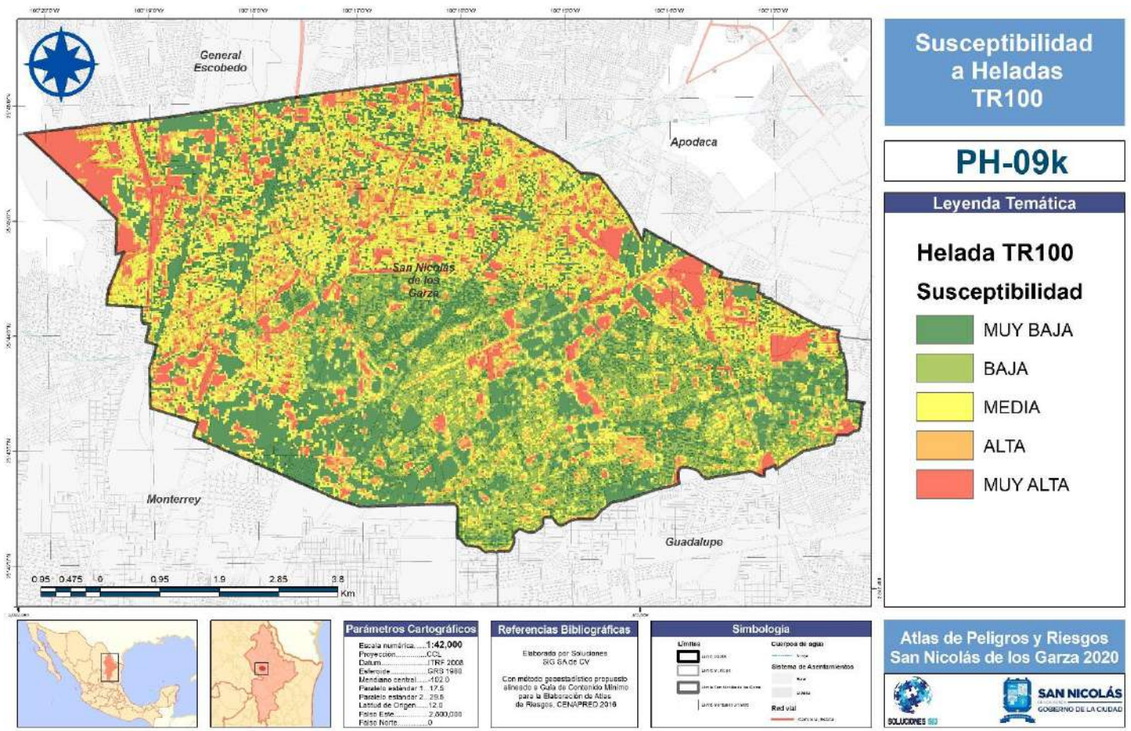
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.114 Susceptibilidad a Heladas TR50



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

Mapa 2.115 Susceptibilidad a Heladas TR100



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

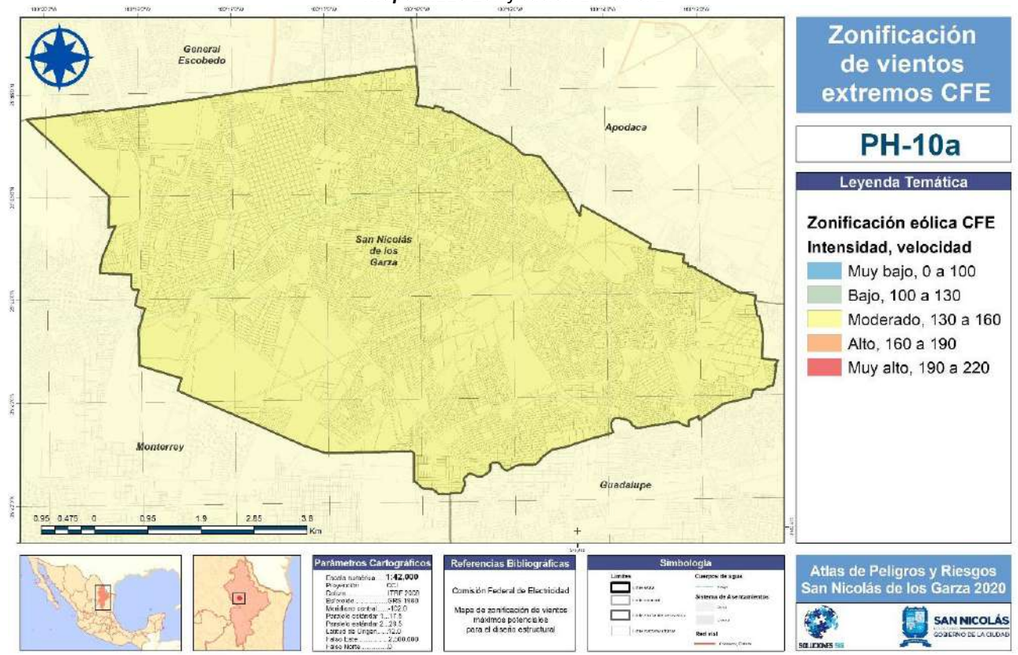
8. Tornados y Vientos Fuertes

c) Antecedentes

El mapa de zonificación eólica de la CFE identifica al municipio en una zona con intensidad de viento baja, conforme a los cálculos elaborados para el diseño estructural. Si bien la intensidad es moderada, la escala del mapa no permite la identificación de los efectos de sitio del viento a distintas alturas, un indicador necesario para conocer la intensidad del fenómeno y su acción sobre los sistemas expuestos estructurales.

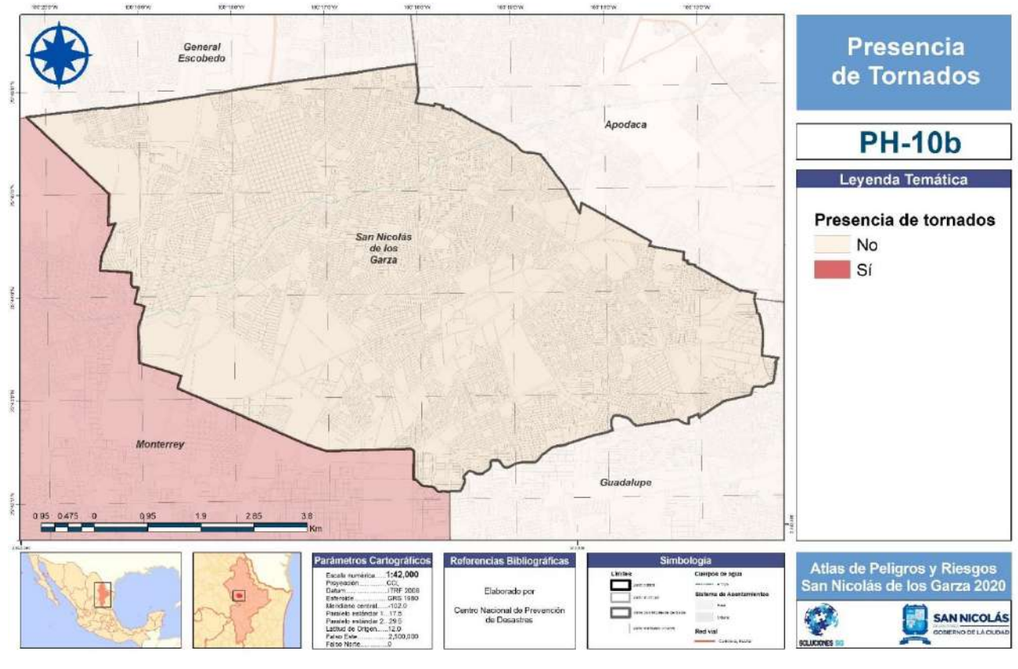
Para el municipio y según la escala de categorización de eventos meteorológicos de Fujita, una velocidad del viento de 64 a 116 km/hr podría desencadenar un tornado ligero, en donde el daño causado a los inmuebles y el medio implicaría algún daño en chimeneas, rotura de ramas en árboles o daños en señalamientos de tránsito y una velocidad de 116 a 180 km/hr implicaría un tornado moderado, causante de desprendimiento de la superficie de techos, desprendimiento de cimientos en edificación ligera y desplazamiento de autos.

Mapa 2.116 *Zonificación Eólica CFE*



Fuente: *Elaborado por Comisión Federal de Electricidad CFE*

Mapa 2.117 *Presencia de tornados*

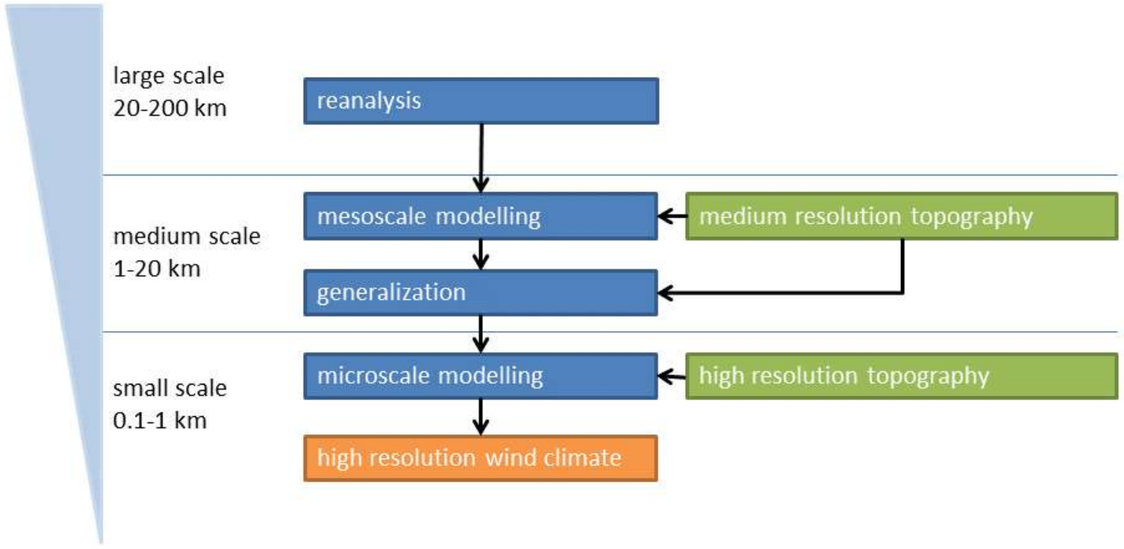


Fuente*: Elaborado por Centro Nacional de Prevención de Desastres*

d) Desarrollo Metodológico

Para la identificación de los vientos observados a diferentes alturas se empleó la información del Global Wind Atlas, portal a nivel internacional gestionado por el gobierno danés y que se ha encargado de replicar su metodología para todo el mundo, generando información sobre velocidad del viento que se retroalimenta constantemente para la generación de mapas de velocidades medias en todo el mundo empleando datos históricos para 10 años y a través de un método de rescalamiento de la información que les permite llegar a un gran detalle considerando la topografía de cada territorio, considerando a la topografía como un factor definitorio en la generación de mapas de velocidades de viento en escalas pequeñas o inferiores.

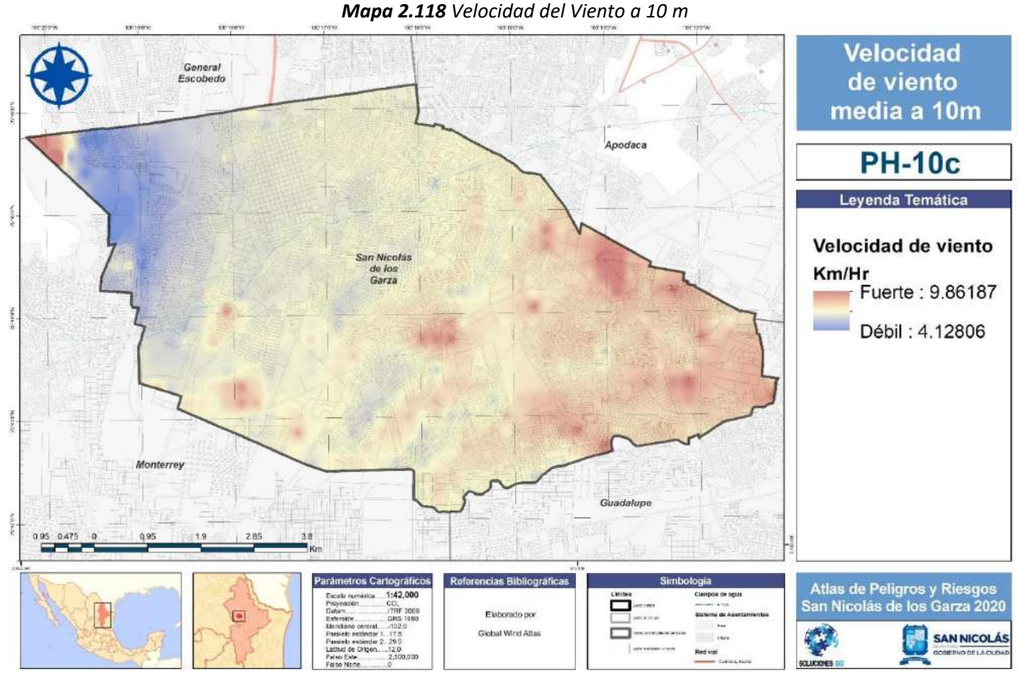
Figura 2.43 *Esquema metodológico de Global Wind Atlas*



e) Resultados

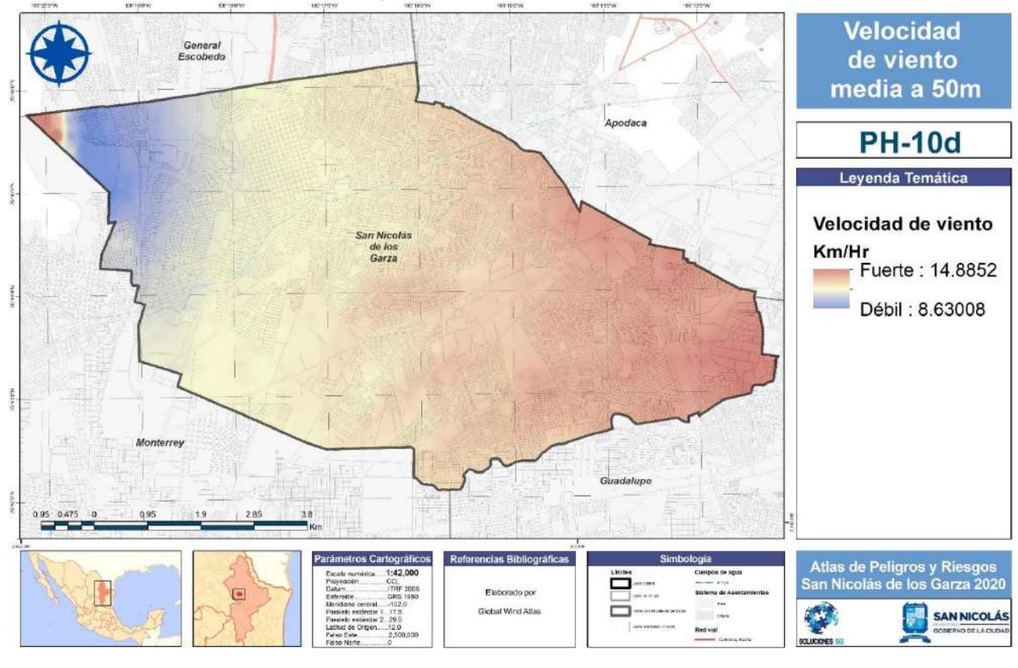
Los mapas de velocidad de viento a 10, 50 y 100 metros identifican la mayor intensidad del viento hacia el oriente del municipio, así como en la zona ubicada al noroeste del mismo, específicamente, la zona colindante a la reserva natural estatal Cerro Topo Chico, estas velocidades de viento tienen diferente intensidad conforme a la altura en que son analizadas, siendo la velocidad de viento a 10 metros, el valor de intensidad que mayor relevancia tiene respecto a la planeación y supervisión de infraestructuras expuestas.

Mapa 2.118 *Velocidad del Viento a 10 m*



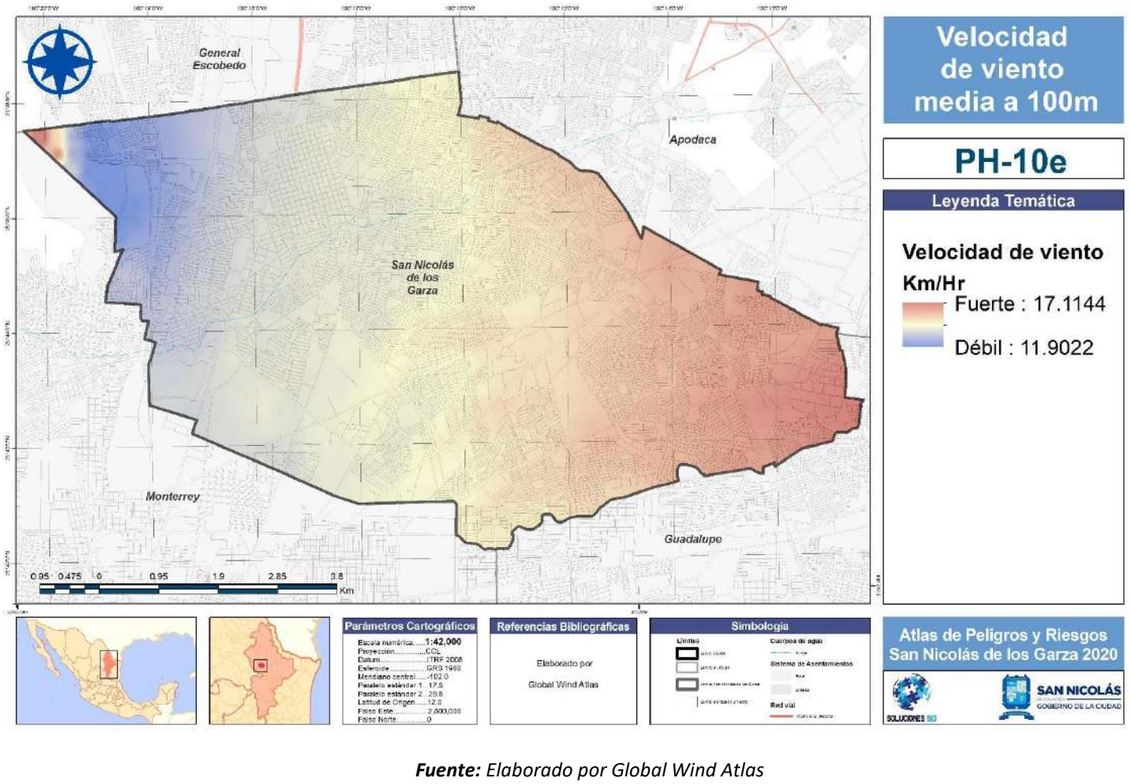
Fuente: *Elaborado por Global Wind Atlas*

Mapa 2.119 *Velocidad del Viento a 50*



Fuente*: Elaborado por Global Wind Atlas*

Mapa 2.120 *Velocidad del Viento a 100 m*



Fuente: *Elaborado por Global Wind Atlas*

B. Químico-Tecnológico

Con el proceso de industrialización en todos los países, el almacenamiento, distribución y manejo de grandes volúmenes de diferentes sustancias químicas (algunas de ellas demasiado peligrosas), han estado presentes en los grandes desastres tecnológicos; en su gran mayoría por la falta de mantenimiento de los equipos utilizados o por una serie de errores humanos, por lo que existe el riesgo potencial de que ocurra algún accidente; y como consecuencia una liberación no controlada o la presencia de un incendio o explosión que pueda dañar a la población, al ambiente o a las propiedades del lugar (CENAPRED, 2007).

Por lo anterior, en los siguientes apartados analizaremos la vulnerabilidad, peligro y riesgo de los sistemas expuestos en el Municipio de San Nicolás de los Garza.

1. Almacenamiento de sustancias peligrosas

a) Antecedentes

Los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundación, erupción volcánica, entre otros), fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas. En el manejo y transporte de sustancias químicas pueden presentarse, como consecuencia de un accidente, los siguientes eventos:

- Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas
- Liberación de líquidos o sólidos peligrosos
- Incendios o explosiones

Las personas, los bienes materiales y el medio ambiente que se encuentran próximos a un establecimiento industrial en el que se utilizan sustancias peligrosas, están expuestos al riesgo por la sola presencia de dicha instalación y de las sustancias que se manejan. Por lo cual, es importante estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas (principalmente), mediante la estimación de la magnitud del daño y la probabilidad de su ocurrencia (CENAPRED, 2007).

Hasta la fecha se han publicado en el Diario Oficial de la Federación dos listados sobre las sustancias tóxicas, explosivas e inflamables, cuyo manejo dentro de instalaciones industriales, comerciales y de servicio de las sustancias sea igual o superior a la cantidad de reporte establecida en los listados, determinan la actividad como altamente riesgosa. El Primer Listado se refiere al manejo de sustancias tóxicas y se publicó el 28 de marzo de 1990, el Segundo Listado se refiere al manejo de sustancias inflamables y explosivas y fue publicado el 4 de mayo de 1992.

La cantidad de reporte se define como la cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada (por causas naturales o derivadas de la actividad humana), ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Asimismo, en el CENAPRED se ha sistematizado información de los Programas para la Prevención de Accidentes (PPA's) y los Estudios de Riesgo (ERA´s) presentados por las industrias consideradas de alto riesgo, para integrar la base de datos de Materiales Químicos (MAQUIM). De estos PPA's el 90.5% pertenecen a la industria química, farmacéutica y gaseras principalmente; el 9.5% restante a la industria petrolera y petroquímica, de energía y de transporte aéreo (Arcos Serrano & Izcapa Treviño, 2003).

Por último, el CENAPRED en conjunto con la Coordinación Nacional de Protección Civil de México, determinaron las actividades e instalaciones que deberán incluirse en los Atlas de Peligro y Riesgo, destacando algunas normativas (principalmente en materia de hidrocarburos) tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012 "Terminales de almacenamiento de gas natural licuado" y actividades de instalación con uso de suelo correspondiente a comercio e industria, consideradas zonas de riesgo medio y alto, debido a la presencia de sustancias y materiales peligrosos que se encuentren indicadas en las disposiciones legales emitidas por los estados y municipios correspondientes.

b) Desarrollo Metodológico

Conforme al listado desarrollado por el CENAPRED, fueron consideradas las actividades industriales y comerciales con presencia de sustancias y materiales peligrosos y su nivel de exposición al interior del Municipio, lo que nos permitirá identificar qué tipo de actividad se desarrollan, su ubicación y lo más importante, sus distancias entre cada una de las Unidades Económicas, toda vez que a menor distancia mayor es mayor la vulnerabilidad de la zona. Esta metodología se ocupará debido a que no se contó con la información requerida sobre qué tipo de sustancias químicas y su capacidad almacenada para cada una de las actividades consideradas peligrosas, por lo que se determinarán las zonas con mayor probabilidad de ocurrir un accidente por almacenamiento de sustancias peligrosas, utilizando la herramienta de distancias euclidianas la cual realiza un cálculo entre nodos de distancias ordinarias (10 metros) por medio del Teorema de Pitágoras, lo que nos permite identificar dichas áreas.

Para las gasolineras que son los principales y más comunes centros de almacenaje de sustancias peligrosas (específicamente hidrocarburos), se contó con la capacidad y tipo de sustancia almacenada para las mismas al interior del Municipio, por lo que para esta cartografía se utilizó el software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) de modelación de la EPA (Environmental Protection Agency de los Estados Unidos), el cual tiene integrado un modelo gaussiano para predecir la dispersión de la sustancia objeto de estudio, que describe el transporte y la mezcla de las sustancias en el aire y es la aproximación computarizada más aceptada para calcular la concentración de contaminantes en un punto determinado, para que estas modelaciones den como resultado los radios máximos de afectación probable, creando un escenario crítico de las situaciones de riesgo.

Para realizar las modelaciones y establecer los riesgos derivados de un accidente con materiales peligrosos es necesario conocer algunos de los parámetros bajo los cuales opera el software, entre ellos:

- Características del sitio: localización y si existen construcciones a los alrededores.
- Sustancia peligrosa; que se encuentre en la base de datos del programa.
- Condiciones atmosféricas: velocidad del viento, temperatura ambiente, nubosidad y el suelo.
- Fuente; en este caso, el tanque de almacenamiento.
- Escenarios: es decir, en base a las características químicas de la sustancia y la Hoja de Datos, los accidentes que podrían ocurrir en presencia de ésta.

El modelador ALOHA cuenta en su base de datos con una amplia gama de sustancias para ser modeladas; sin embargo, se trata de sustancias puras, por lo que no aparecen los combustibles Gasolina Magna y Premium ni diésel. Derivado de lo anterior, se procedió a realizar la simulación en casos extremos de condiciones atmosféricas y del entorno en general, para las sustancias más representativas en características de peligrosidad que componen estos combustibles y que fueron relacionados al inicio de este documento, para así interpretar un radio de afectación probable para estas sustancias mediante la modelación de sus componentes individuales, específicamente del Butano. Asimismo, para las estaciones de Gas L.P. el principal componente es el Propano, por lo que la simulación del software para estas estaciones se realizará con este químico.

La opción de modelación de riesgos por fuente como lo es un tanque, permite seleccionar tres diferentes escenarios, los cuales dadas sus características particulares expresan radios de afectación diferentes. Cada uno de estos escenarios se enuncia a continuación:

- Fuga del tanque, sin incendio, escapa a la atmósfera: este escenario puede presentar tres tipos de efectos, dependiendo de las características químicas y del entorno al momento del accidente:
  1) Área tóxica de una nube de vapor
  2) Área inflamable de una nube de vapor
  3) Área de sobrepresión por explosión de la nube de vapor

- Fuga del tanque con incendio en forma de un chorro de fuego
- BLEVE (Boiling Uquid Expanding Vapor Explosion: explosión por líquido en ebullición dentro de un tanque cerrado) (Castillo, 2015).

Asimismo, respecto a los datos meteorológicos que solicita el software, se utilizó la información brindada por la estación meteorológica "Facultad de Agronomía UANL" la cual es la más cercana al Municipio de San Nicolás de los Garza del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ya que es la dependencia que proporciona los datos de dirección y velocidad del viento. Cabe resaltar que los datos disponibles de esta estación son del 10 de diciembre del 2015.

Figura 2.44 *Datos Meteorológicos estación "Facultad de Agronomía UANL"*

Última Lectura: jueves, 10 de diciembre de 2015

Hora: 07:15:00 a. m.

Variables	Valor	Unidades	Estado Actual
Temperatura	9.20	°C	
Pp	0.00	mm	
HR	95.00	%	
Pr	8.44	°C	
Rad. G	5.10	W/m²	
VV	0.00	Km/hr	
DV	8.50	grados azimut	Norte

Datos Estadísticos

Fecha	Pp	T. Máx	T. Min	T. Med	HR	VV	DV
Ayer (10 diciembre)	0.00	13.20	8.70	9.88	91.80	0.00	-999.00
últimos 8 días	0.00	18.10	16.30	17.25	45.83	3.92	343.00 Norte

Fuente: *INIFAP, 2015.*

No obstante, lo anterior, el software ALOHA maneja datos meteorológicos muy específicos. Derivado de esto, el modelo matemático resultado de los datos obtenidos antes especificados se replicará para cada una de las gasolineras, datos los cuales se representarán en forma de buffers, por lo que se retomará la información de las áreas de afectación clasificadas por este modelo, las cuales van de mayores (rojo), medias (naranja) y bajas (amarillo).

Como resultado de lo anterior, el software ALOHA determinó que para un accidente por fuga de tanque sin incendio que escapa a la atmósfera (área tóxica de una nube de vapor) por butano (gasolineria) y propano (Gas L.P.) a una temperatura de 9.8°C, velocidad del viento 3.9 km/hr dirección Norte, sin nubosidad ni inversión térmica, humedad media, contenido por un tanque horizontal subterráneo con 2.5 m de diámetro y 5 m de longitud de 10,000 kg de capacidad y con un diámetro de apertura de fuga circular de 5 cm es:

Zonas de Riesgo	Gasolineras	Estaciones de Gas L.P.
Mayor	113.42 m	231.95 m
Medio	167.54 m	321.3 m
Menor	223.29 m	493.58 m

Es así que para un accidente por fuga de tanque con incendio en forma de fuego con las mismas características atmosféricas y capacidad del tanque es:

Zonas de Riesgo	Gasolineras	Estaciones de Gas L.P.
Mayor	24.07 m	40.84 m
Medio	35.41 m	59.28 m
Menor	57.54 m	94.96 m

Por último, para un accidente por explosión de líquido en ebullición dentro de un tanque cerrado con las mismas características atmosféricas y capacidad del tanque, 100% del líquido en masa dentro del cálculo de explosión, a 4.1 atmósferas de presión al interior del tanque es:

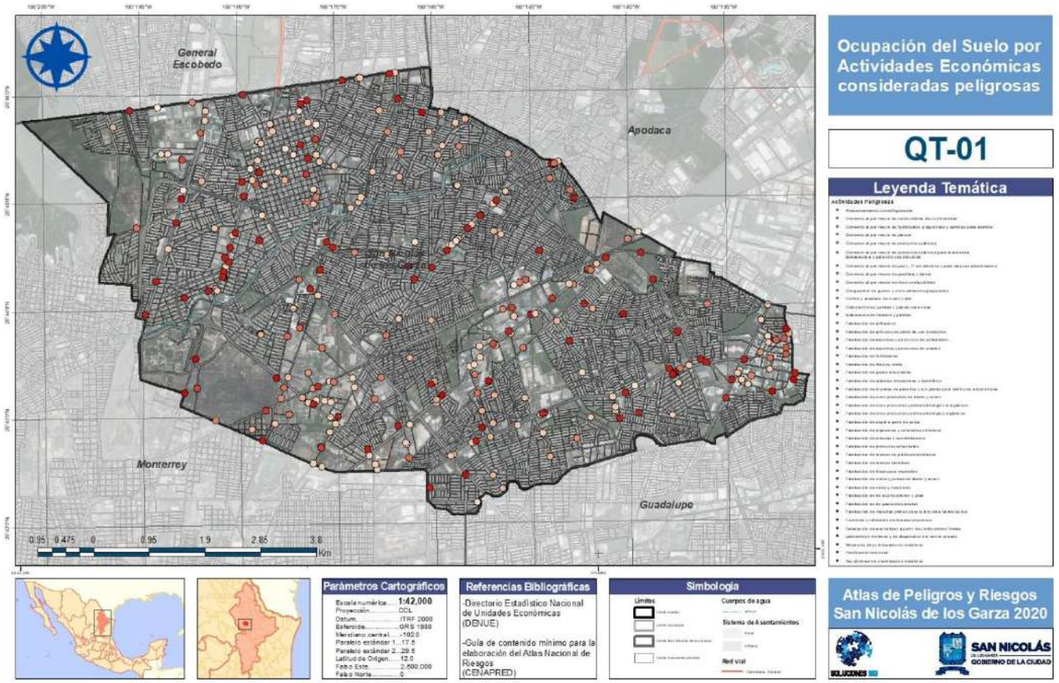
Zonas de Riesgo	Gasolineras	Estaciones de Gas L.P.
Mayor	296.06 m	298.35 m
Medio	424.16 m	420.12 m
Menor	649.82 m	659.13 m

No se omite mencionar que la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, autoridad competente en determinar todas las condiciones para custodiar la integridad de las personas, del ambiente y de las instalaciones derivado de la ubicación de las gasolineras, especifica también las distancias entre elementos para seguridad de la población de la zona conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-005-ASEA-2016 "Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas".

c) Resultados

Las Unidades Económicas que almacenan sustancias peligrosas y realizan actividades que se considerarán conforme a la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, primer listado de actividades altamente riesgosas publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el segundo listado de actividades altamente riesgosas publicado en el mismo diario 04 de mayo de 1992, altamente riesgosas en el Municipio de San Nicolás de los Garza son las siguientes:

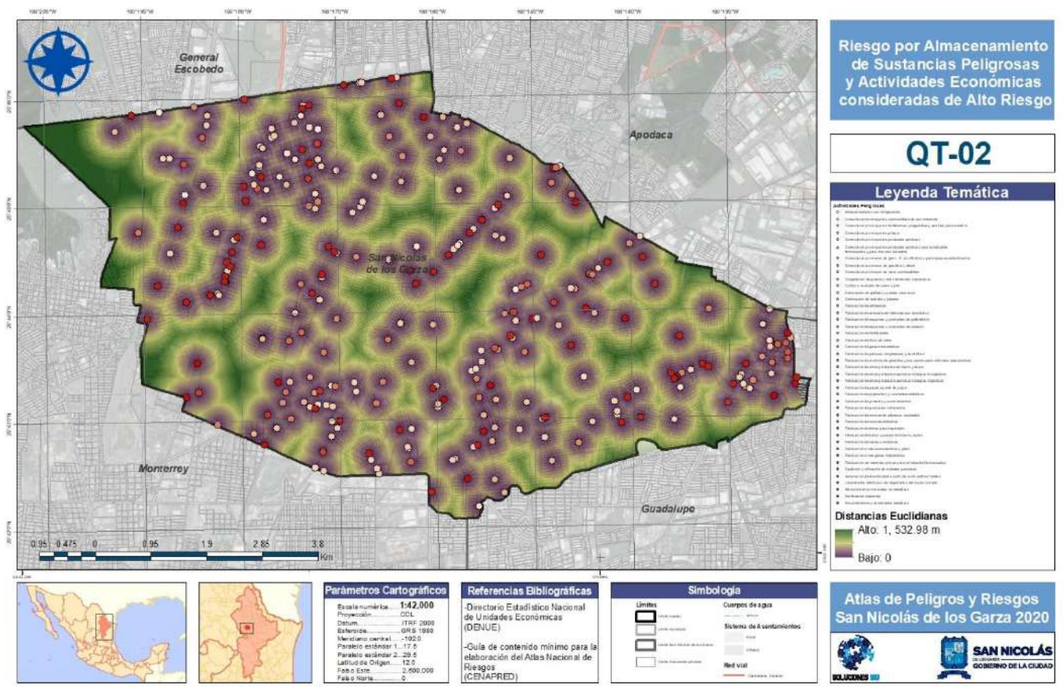
Mapa 2.121 *Ocupación del Suelo por Actividades Económicas consideradas altamente riesgosas*



Fuente: *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE-INEGI)/ Soluciones SIG SA de CV.*

Derivado de lo anterior y al desarrollar las distancias euclidianas entre las Unidades Económicas antes ubicadas, se describe que la probabilidad de que ocurra un accidente por almacenamiento de sustancias peligrosas o por el desarrollo de actividades altamente peligrosas en el Municipio es el siguiente:

Mapa 2.122 *Riesgo por Almacenamiento de Sustancias y Actividades Económicas consideradas de Alto Riesgo*



Fuente: *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE-INEGI) / Soluciones SIG SA de CV.*

Cabe destacar que la mayor distancia entre las unidades económicas de manejo de sustancias peligrosas es de 1,532.98 metros. Se destaca que la distribución de actividades peligrosas es homogénea en el Municipio de San Nicolás de los Garza. Esto coincide con la información proporcionada por personal de Protección Civil del Municipio que menciona que si han tenido accidentes derivados de tratamiento de sustancias químicas. Ejemplo de ello es en el Parque Industrial Barragán el cual se registró se despedían malos olores provenientes de las fábricas los cuales afectaban el área habitacional de Balcones del Campestre

Figura 2.44 Fotografías *aéreas del Parque Industrial Barragán y la colonia Balcones del Campestre*

Fuente: *Soluciones SIG SA de CV.*

Por otro lado, para las gasolineras ubicadas en el Municipio se contabilizaron ____ de ellas, donde la probabilidad de que ocurra un fenómeno dependiendo del tipo de accidente (nube tóxica, incendio y líquido en ebullición por presión del tanque) derivado del almacenamiento de Butano y Propano, es el siguiente:

Fuga de tanque sin incendio que escapa a la atmósfera (área tóxica de una nube de vapor)

Mapa 24 *Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (Gasolineras) Accidente por Nube Tóxica*

ES NECESARIA LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LAS GASOLINERAS

Fuente: Dirección de Protección Civil / Soluciones SIG SA de CV.

Fuga de tanque con incendio en forma de fuego

Mapa 25 *Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (Gasolineras) Accidente por Fuga de Tanque con Incendio*

ES NECESARIA LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LAS GASOLINERAS

Fuente: Dirección de Protección Civil / Soluciones SIG SA de CV

Explosión de líquido en ebullición dentro de un tanque cerrado

Mapa 26 *Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (Gasolineras) Accidente por Explosión de líquido en ebullición dentro de un tanque cerrado*

ES NECESARIA LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LAS GASOLINERAS

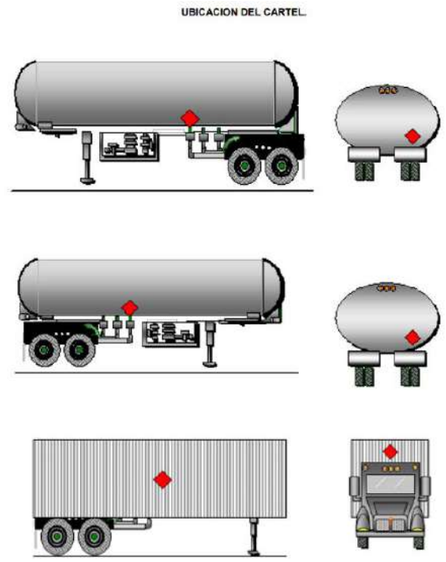
Fuente: Dirección de Protección Civil / Soluciones SIG SA de CV.

2. Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas

a) Antecedentes

Como resultado de los trabajos derivados del Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá, se destacó que cada una de las partes utilizaría como base para sus propias medidas, relativas a normalización, las Normas Internacionales pertinentes o de adopción inminente. En lo que a transporte de materiales peligrosos se refiere, se tomó como fundamento las recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) u otras Normas que las partes acuerden. En el caso particular de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT-2008 “Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos” la misma se basó en la Regulación Modelo para el Transporte de Mercancías Peligrosas, la cual es actualizada periódicamente por el Comité de Expertos de Transporte de Mercancías Peligrosas de dicha Organización, así como el Sistema Mundialmente Armonizado para la Clasificación y Etiquetado de Químicos (SGA) , lineamientos emitidos también por la ONU (Transportes, 2008).

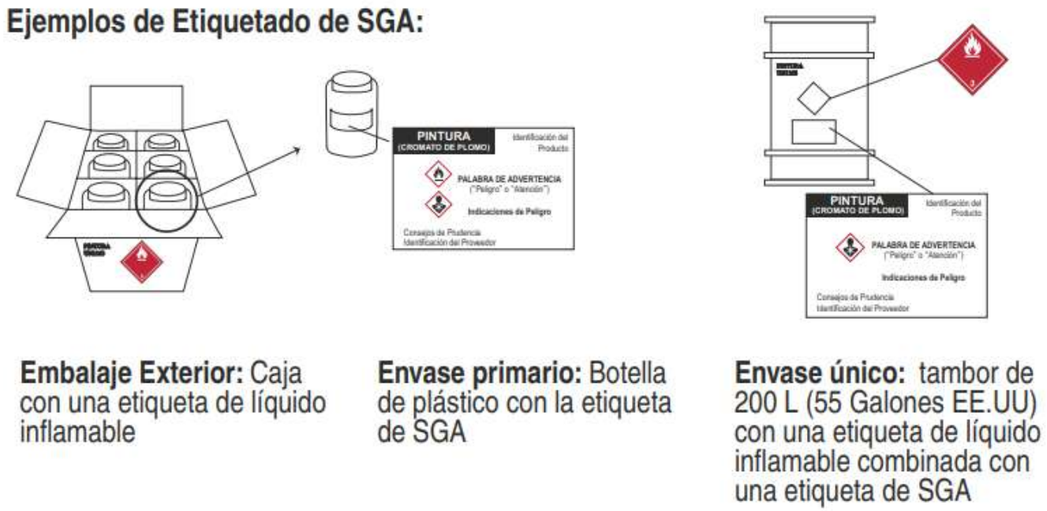
Figura.2.45 *Ubicación del cartel de identificación de sustancias, materiales o residuos peligrosos conforma a la NOM-004-SCT-2008.*



Fuente: *NOM-004-SCT-2008 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos”.*

Cuando se presenta un accidente químico en el que se libera una sustancia peligrosa al ambiente ya sea durante su transporte, el accidente puede manejarse más rápidamente y mejor cuando la sustancia involucrada está debidamente identificada y caracterizada. El contar con un sistema de clasificación de sustancias es importante y necesario, ya que proporciona información de manera inmediata sobre los peligros que representa una sustancia en caso de un accidente, permitiendo reaccionar ante la emergencia de forma adecuada y segura (Arcos Serrano & Izcapa Treviño, 2003).

***Figura 2.46**. Ejemplos de la ubicación del etiquetado conforma a la SGA para materiales peligrosos.*



***Fuente**: Guía de Respuesta en caso de emergencia, CENAPRED, 2016.*

b) Desarrollo Metodológico

Se retoma la información de las Cartas Topográficas de INEGI, serie III, escala 1:50 000 respecto a las vías de comunicación y asentamientos humanos del Municipio en comento. Asimismo, para determinar la vulnerabilidad de las personas y densidad poblacional e industrial por el transporte de sustancias peligrosas respecto a las vías de comunicación terrestres que cruzan el Municipio de San Nicolás de los Garza, se ejemplificarán los casos de evacuación ante acción inmediata, derrames e incendios conforme a la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED. Para el desarrollo del presente Atlas se determinarán las distancias de transporte de las sustancias relacionadas con combustibles:

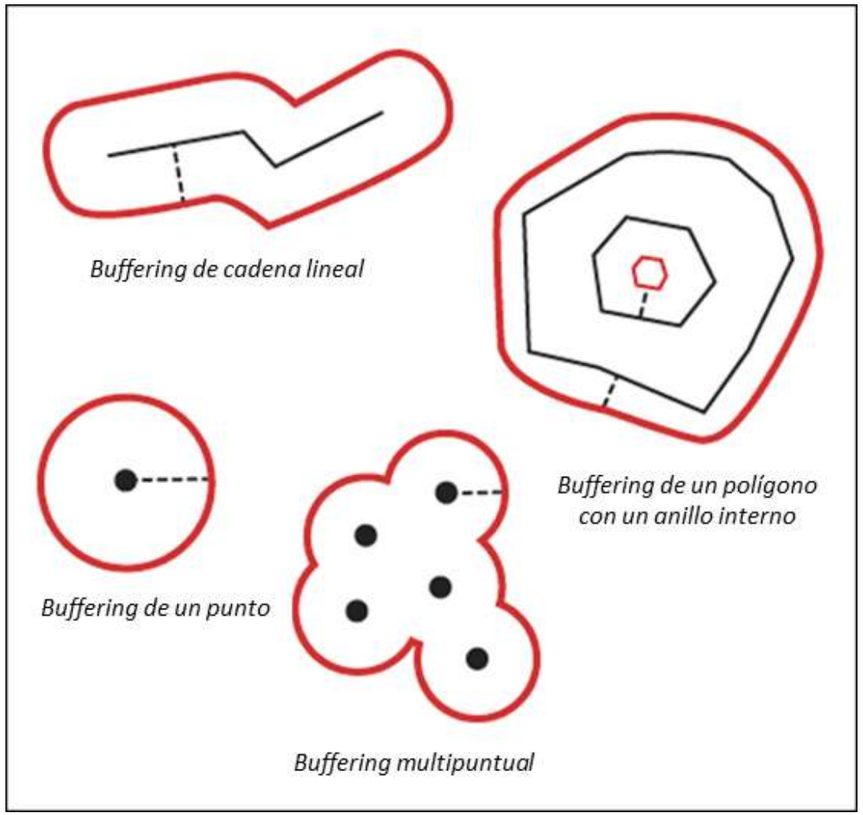
***Tabla 2.33**. Distancias de evacuación derivado de derrames e incendios de las sustancias combustibles más comerciales*

Combustible	Acción inmediata de precaución (aislamiento mínimo)	Derrame	Incendio
Gas Natural	100 m	800 m	1,600 m
Gas L.P.	100 m	800 m	1, 600 m
Gasolina	50 m	300 m	800 m
Diésel	50 m	300 m	800 m

Fuente: Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED.

Para la generación cartográfica de estas distancias se calcula por medio de “buffers” o “zonas de influencia” que delimitan perímetros a ciertas distancias alrededor del eje central del trayecto determinado:

***Figura. 2.47** Ejemplos para la generación de las zonas de influencia para cada tipo de perímetro.*

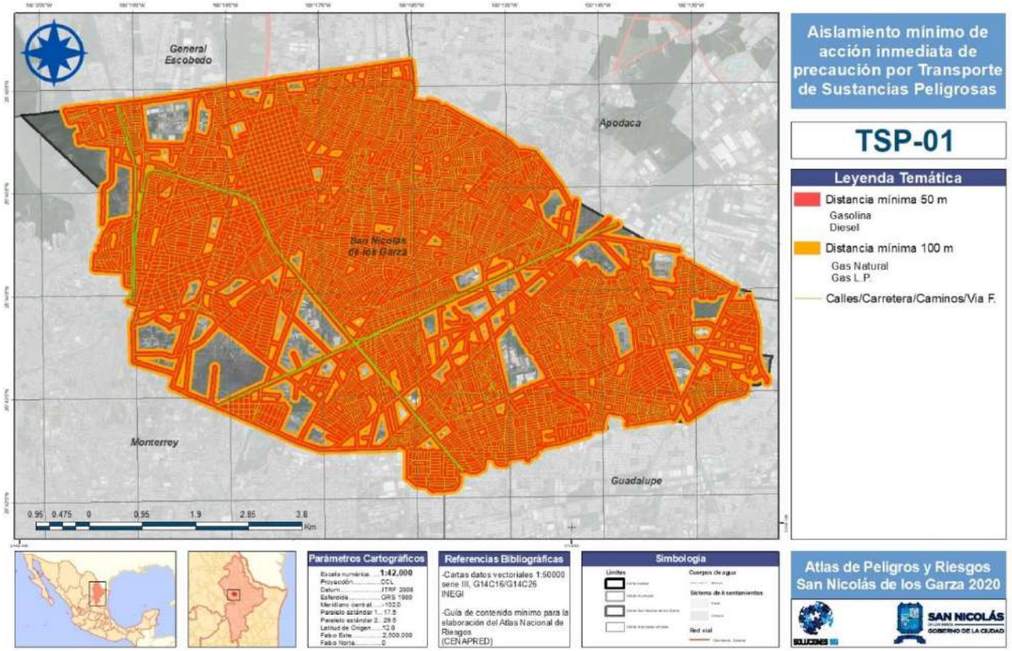


***Fuente:** Spatial Operations functions for ST Geometry, ArcGis Desktop.*

c) Resultados

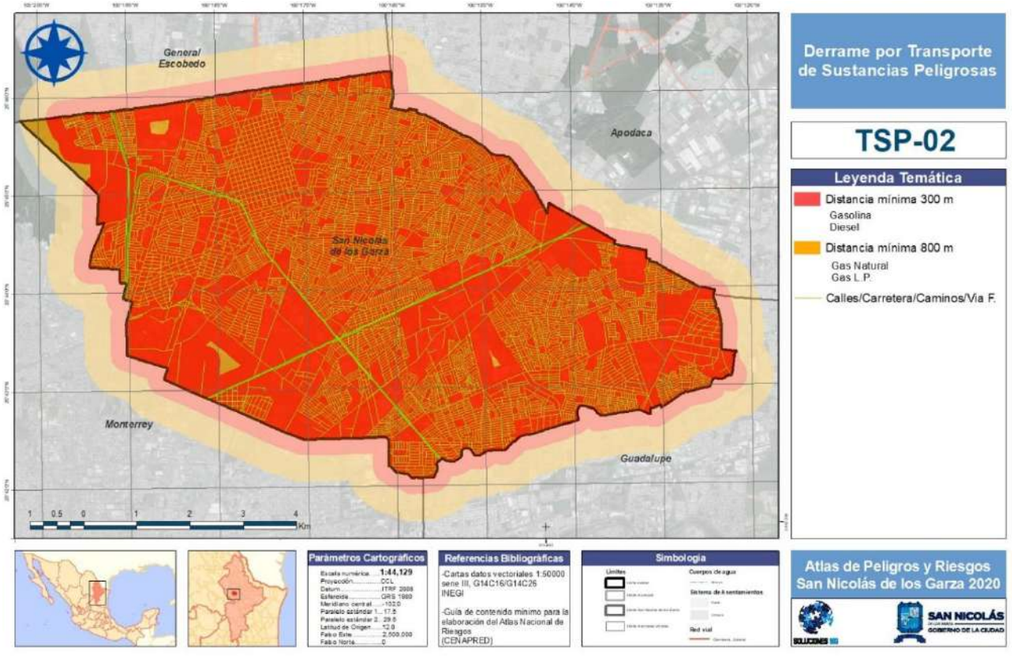
Se realizó cartografía para los tres escenarios posibles conforme a la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED para transporte de Gas Natural, Gas L.P., Gasolina y Diesel los cuales son: Acción inmediata de precaución, Derrame e Incendio.

Mapa 2.124 *Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Acción Inmediata de Precaución*



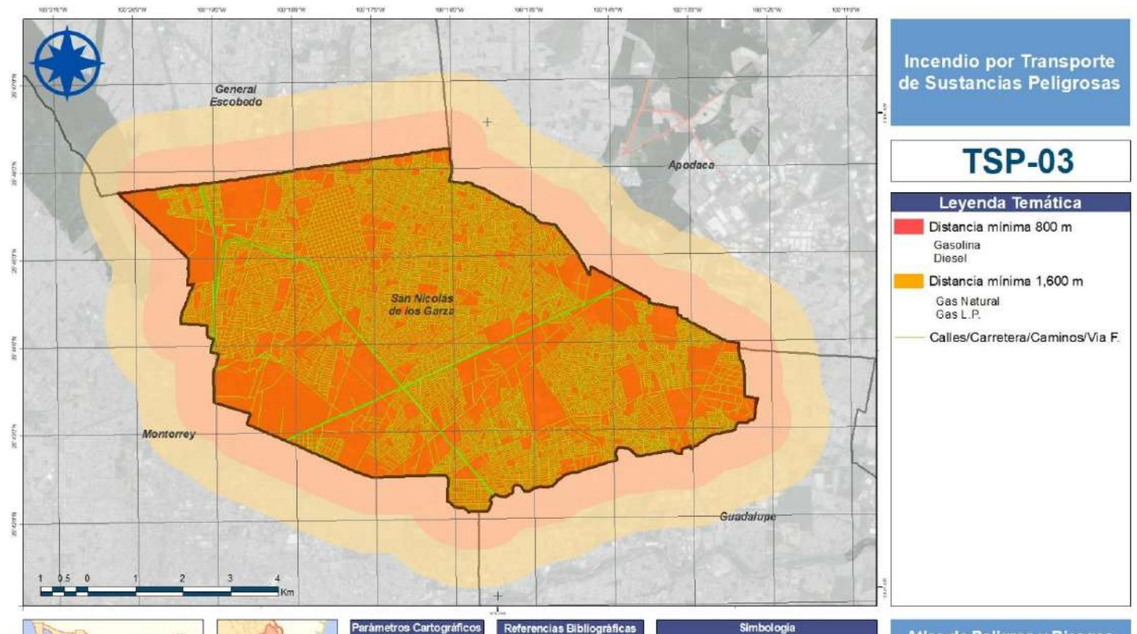
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

Mapa 2.125 Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Derrame



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

Mapa 2.126 *Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Incendio*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

Como se puede destacar los mapas relacionados con las áreas de riesgos por derrames e incendios abarcan la mayoría de la superficie total del Municipio o en caso de incendio, su totalidad, por lo que el manejo de cualquiera de cualquiera de estas sustancias sobre calles, caminos, carreteras o la vía férrea de la zona podrían ocasionar daño a toda la población con un alcance de hasta 1,600 m.

3. Transporte por ductos

Se deberá entender por ductos o tuberías de sustancias peligrosas a los sistemas de transporte y a los sistemas de distribución de hidrocarburos, así como a los ductos de transporten otras sustancias peligrosas. En estos sistemas se transportan sustancias en estado líquido o gaseoso, por ejemplo: gas natural, gas licuado de petróleo, amoniaco, petróleo crudo, combustóleo, entre otras.

El transporte por ductos o tuberías de sustancias peligrosas se realiza de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y de la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA). En el caso de Petróleos Mexicanos (PEMEX) se aplica adicionalmente normatividad propia.

a) Antecedentes

Tal y como lo remarca el Anexo 21 la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el transporte de hidrocarburos por medio de ductos debe de estar identificado por medio de colores para su seguridad dando cumplimiento a las Normas NRF-009-PEMEX-2012, NRF-030-PEMEX-2009, NOM-003-SECRE-2011, NOM-EM-004-SECRE-2014 y NOM-026-STP-2008.

Asimismo, para determinar las distancias de seguridad con respecto al transporte de hidrocarburos por medio ductos se deben cumplir las siguientes distancias:

***Figura 2.48**. Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos*

Tabla 21.1. Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos.

Diámetro, en pulgadas	Área de trampas de diablos	GASODUCTO		Oleoducto y gasolinoducto	GASODUCTO	
		100 > P ≥ 80 kg/cm²	80 > P ≥ 50 kg/cm²		50 > P ≥ 15 kg/cm²	P < 15 kg/cm²
48	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
36	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
30	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
24	200 m	150 m	150 m	100 m	100 m	50 m
20	200 m	150 m	100 m	100 m	100 m	50 m
18	150 m	100 m	100 m	100 m	75 m	35 m
16	150 m	100 m	100 m	75 m	75 m	35 m
14	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
12	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
10	100 m	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m
8	100 m	75 m	75 m	50 m	50 m	35 m
6	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m	35 m
4	75 m	50 m	50 m	35 m	35 m	35 m
3	50 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m
2	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m

***Fuente:** Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

b) Desarrollo Metodológico

En el caso particular del Municipio de San Nicolás de los Garza, se tiene identificado el trayecto del ducto de PEMEX en relación a hidrocarburos sin embargo no se cuenta con la información respecto del diámetro del ducto por cada tramo, por lo que la simulación de las áreas de seguridad se proyectarán a los máximos de la tabla referida en los antecedentes, es decir, a los 250 m para el área de trampas de diablos y a 150 m para oleoductos y gasolinoducto, con la intención de proyectar las áreas de máximo riesgo sobre la población, para así determinar más fácilmente cuales serían las áreas posiblemente afectadas y cuáles no. Para la generación cartográfica de estas distancias se calcula por medio de "buffers" o "zonas de influencia" que delimitan perímetros a ciertas distancias alrededor del eje central del trayecto determinado.

c) Resultados

Se realizó cartografía para los escenarios posibles conforme a la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED para transporte de Hidrocarburos y Gas Natural a dos distancias máximas: 250 m y 150 m:

Mapa 27 Transporte de Hidrocarburos por medio de ductos

ES NECESARIA LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA UBICACIÓN DE LOS GASODUCTOS QUE CRUZAN EL MUNICIPIO

Fuente: Método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016/ Soluciones SIG SA de CV

Por último, el Municipio ha registrado desde el mes de septiembre del 2019 a noviembre del año 2020, 121 accidentes relacionados con el almacenamiento, transporte de sustancias consideradas peligrosas e hidrocarburos por medio de ductos, es decir. Se destaca que el ___% de dichos accidentes consisten en _____, seguido de un ___% que representa el derrame de combustible por accidentes en vías de transporte:

Mapa 28 Accidentes relacionados con el almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas e hidrocarburos por medio de ductos

ES NECESARIA LA INFORMACIÓN RESPECTO A LOS ACCIDENTES RELACIONADOS CON QUÍMICOS EN EL MUNICIPIO

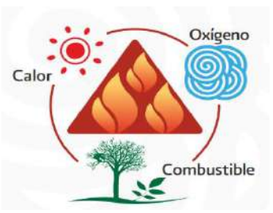
Fuente: Método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016/ Soluciones SIG SA de CV

2. Incendios forestales

a) Antecedentes

El fuego es el resultado del proceso químico denominado combustión y para que se genere deben de contemplarse tres condiciones importantes, las cuales son el material combustible, una fuente de calor y la presencia de oxígeno, a estas condiciones se les conoce como el triángulo del fuego (CONAFOR, 2010).

***Figura 2.49** Triángulo del Fuego*



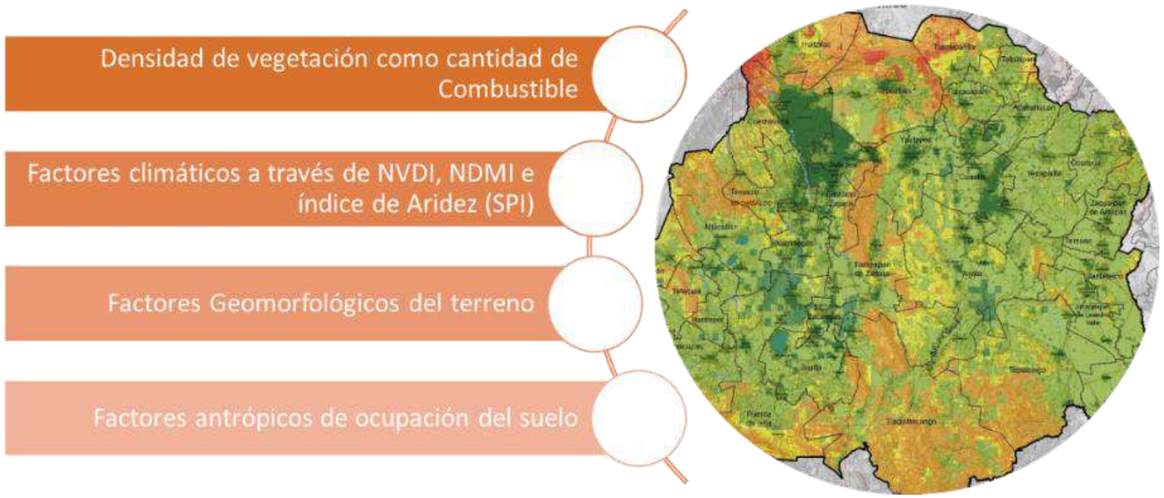
Un Incendio forestal ocurre cuando el fuego que se propaga sin control a través de la vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta, que puede causar daño a las personas, las propiedades y el ambiente (Zaldívar, C., 2008). Las causas principales por las que se produce un incendio forestal se clasifican en accidentales, negligencias, intencionales o naturales. Los incendios intencionales suelen ser los más comunes en áreas rodeadas de grandes urbes (CONAFOR, 2010).

El fuego está controlado por diversos factores que afectan los procesos de combustión y el avance del fuego, como son la topografía del sitio, características climáticas, cantidad y tipo de combustible (SOPFEU, s.f.).

b) Desarrollo Metodológico

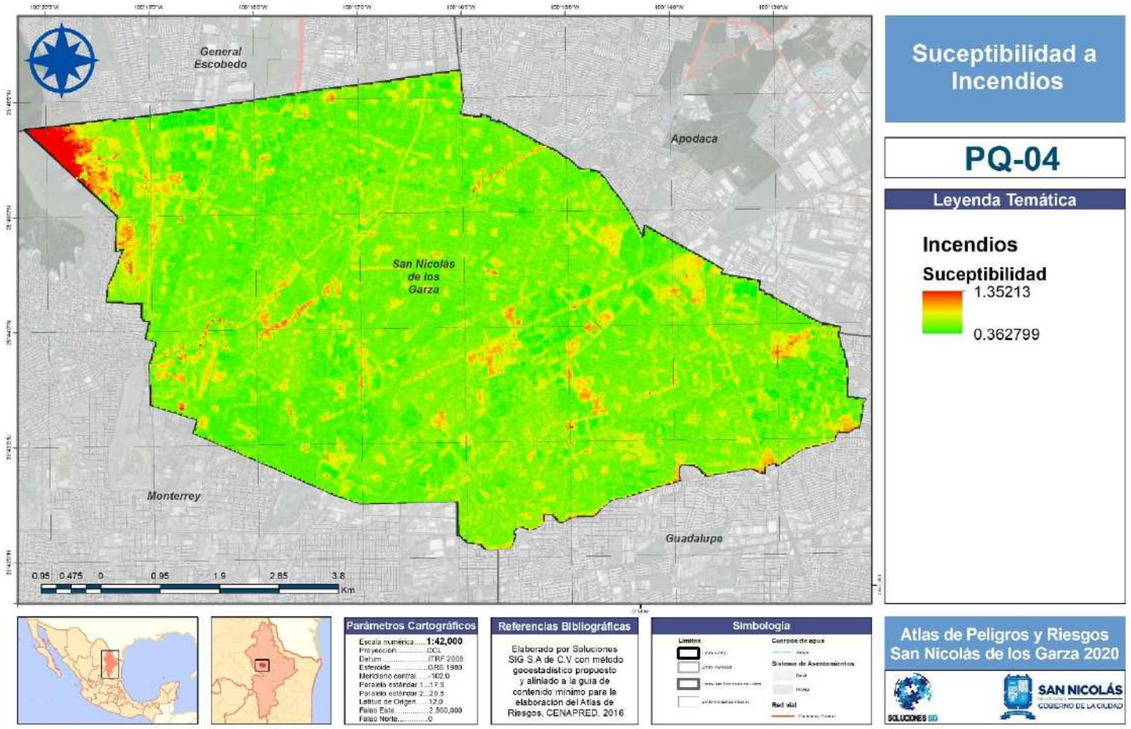
Para evaluar la ocurrencia de incendios forestales existen propuestas metodológicas de la Comisión Nacional Forestal CONAFOR que será necesario considerar, el Centro Nacional propone la "Estimación Simplificada de la Amenaza por Incendios", que se deberá seguir para la determinación de un índice de peligro que señala la posibilidad de ocurrencia de incendios en una región determinada; para el cual se consideran tres componentes que son: combustibles forestales, condiciones meteorológicas y factores antropogénicos, a los cuales se les asigna un factor ponderado según el nivel de peligro que representa cada uno.

Figura 2.50 *Variables de la Modelación*



c) Resultados

Mapa 2.127 *Susceptibilidad a Incendios*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016*

C. Sanitario-Ecológico

Un fenómeno Sanitario-Ecológico es un agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes bilógicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración a su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos (Pública, 2020).

1. Epidemias y plagas

Una pandemia se define como la propagación mundial de una nueva enfermedad (OMS, 2010). Del griego *"epi"* encima y *"demos"* pueblo, es la aparición en una comunidad o región de casos de una enfermedad, conducta específica u otros hechos, en relación con la salud, claramente excesivos con respecto a lo que cabe esperar en condiciones normales. La comunidad o región y el periodo en que se presentan los casos se hallan netamente definidos (Ibañez Martí, 2007).

Asimismo la OMS definió en el año 1988 el concepto de plaga como "(…) *aquellas especies implicadas en la transferencia de enfermedades infecciosas para el hombre y en el daño o deterioro del hábitat y del bienestar urbano, cuando su existencia es continua en el tiempo y está por encima de los niveles considerados de normalidad* (…)", entendiendo por "nivel de normalidad" un concepto más actual como es el "umbral de tolerancia" que es el límite a partir del cual la densidad de población que forma la plaga es tal que sus individuos pueden provocar problemas sanitarios o ambientales, molestias, o bien, pérdidas económicas. Los efectos negativos de las plagas principalmente repercuten en la producción de alimentos para la población e impactan en la economía del país.

a) Antecedentes

Al momento de emitir el presente documento, se cuenta con la necesidad de enfrentar un nuevo número de contagios respecto de la pandemia mundial de COVID 19, el cual es un tipo de coronavirus. Los coronavirus son una extensa familia de virus que pueden causar enfermedades tanto en animales como en humanos. En los humanos, se sabe que varios causan infecciones respiratorias que pueden ir desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS). Tanto este nuevo virus como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019 (OMS, 2010).

b) Desarrollo Metodológico

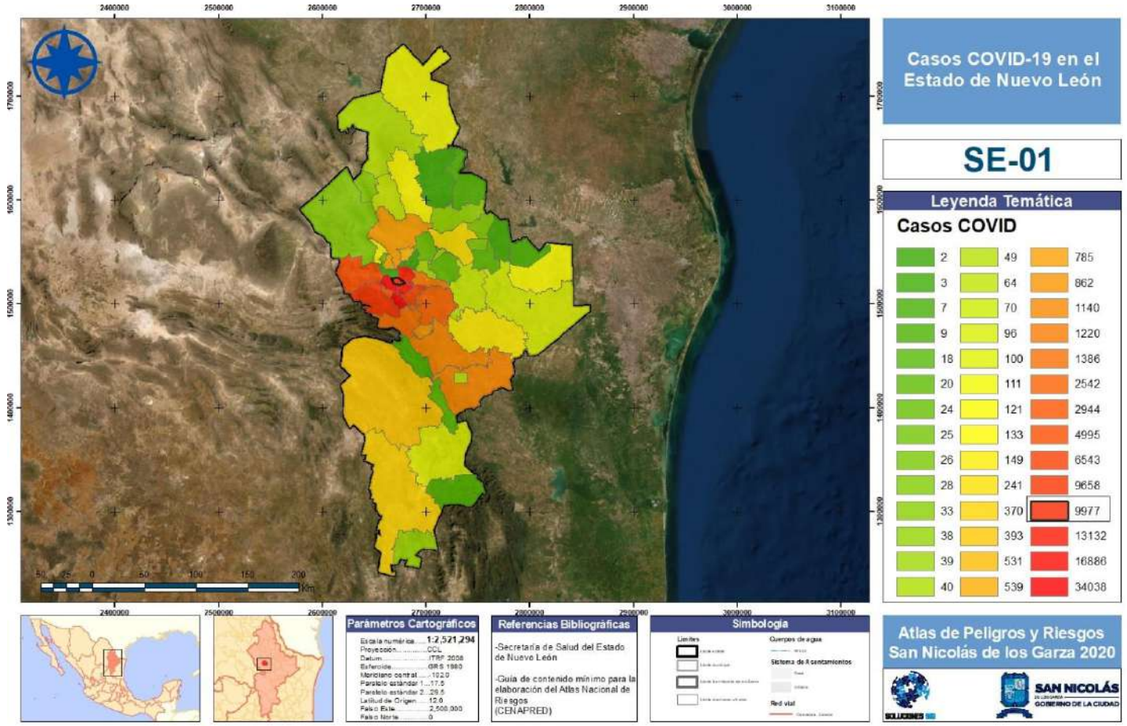
Para el desarrollo de la cartografía relacionada con el COVID-19, se consultó en tiempo real los resultados proporcionados por la Secretaría de Salud del Estado de Nuevo León, retomando el dato respecto al número de casos confirmador por Municipio. Con dicha información se manejó un degradado en semáforo desde los municipios con menor número de casos hasta los de mayor número de casos. No se omite mencionar que estos datos son consultados en tiempo y hora reales y que los mismos podrían aumentar o disminuir dependiendo del comportamiento de la sociedad a seguir las reglas de prevención de contagio determinadas por la OMS como lo son lavarse las manos frecuentemente, evitar desplazamientos, llamar al médico en caso de malestar y limpiar regularme las superficies comunes.

Por otro lado, se consultó a la Secretaría de Salud quien proporcionó datos para el Estado de Nuevo León (año 2017) del cual se filtró información respecto a las siguientes epidemias más comunes: Cólera, Fiebre Tifoidea, Tifo epidémico, Fiebre Paratifoidea, Fiebre por virus Mayaro, Dengue, Rubéola, Escarlatina, Fiebre del Oeste del Niño, Lepra, Fiebre amarilla, Peste, Fiebre manchada, Sarampión e Influenza.

c) Resultados

Al 28 de diciembre del 2020 se tienen registrados 9,977 casos en el Municipio de San Nicolás de los Garza derivado de la epidemia de COVID-19 sin embargo, este número variará hasta llegar a un resultado final, desconociendo en qué fecha o temporalidad ocurra esto.

Mapa 2.128 *Casos de COVID-19 en el Estado de Nuevo León*



Fuente*: Dirección de Epidemiología de la Secretaría de Salud en México/Soluciones SIG SA de CV*

Asimismo, las principales epidemias que afectaron al Estado durante el 2017 se describen de la siguiente manera, siendo la Influenza la de mayor gravedad:

Tabla 2.34 *Casos de epidemias en el Estado de Nuevo León (2017)*

No.	Epidemia	Número de casos
1	Cólera	0
2	Fiebre Tifoidea	1,303
3	Tifo epidémico	0
4	Fiebre paratifoidea	205
5	Fiebre por virus Mayaro	0
6	Dengue	4,161
7	Rubéola	0
8	Escarlatina	262
9	Fiebre del Oeste del Niño	0

No.	Epidemia	Número de casos
10	Lepra	13
11	Fiebre amarilla	0
12	Peste	0
13	Fiebre manchada	14
14	Sarampión	0
15	**Influenza**	**14,881**

***Fuente**: Secretaría de Salud, 2017.*

2. Sitios y cuerpos de agua contaminados

Se entiende por contaminación ambiental a la presencia de componentes nocivos (ya sean químicos, físicos o biológicos) en el medio ambiente (entorno natural y artificial), que supongan un perjuicio para los seres vivos que lo habitan, incluyendo a los seres humanos pero originada principalmente por causas derivadas de estos mismos (Ambiente, s.f.).

Particularmente, la contaminación del suelo es devastadora para el medio ambiente y tiene consecuencias para todas las formas de vida a las que afecta. Las prácticas agrícolas insostenibles reducen la materia orgánica del suelo y pueden facilitar la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria. Por ejemplo, el suelo contaminado puede liberar contaminantes en las aguas subterráneas que luego se acumulan en los tejidos de las plantas y pasan a los animales que pastan, a las aves y finalmente a los humanos que se alimentan de las plantas y los animales. También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Entre los contaminantes del suelo más comunes se encuentran los metales pesados, los contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como los productos farmacéuticos y los destinados al cuidado personal (FAO, 2018).

a) Antecedentes

A partir del 2012 la CONAGUA ha llevado a cabo, a través de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua, el monitoreo de los principales cuerpos de agua del país. Dicha red incluye parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con el tipo de cuerpo de agua. Su propósito conlleva a proporcionar a la sociedad un mapa de la calidad del agua superficial de 4,210 sitios en ríos, arroyos, lagos, lagunas, presas y zonas costeras; calificando su calidad como excelente, buena, aceptable, contaminada o fuertemente contaminada, con base en cada uno de los indicadores y sus respectivas escalas; así como indica si se detectó toxicidad. Dichos parámetros consideran como incumplimiento cuando se califica el sitio como contaminado o fuertemente contaminado:

***Figura 2.51** Semáforo de Calidad del Agua-CONAGUA*

SEMÁFORO DE CALIDAD DEL AGUA		
Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo	Verde
DQO	Rojo	Verde
TOX	Rojo	Verde
ENTEROC	Rojo	Verde
E_COLI	Amarillo	Verde
CF	Amarillo	Verde
SST	Amarillo	Verde
OD%	Amarillo	Verde

***Fuente:** CONAGUA, 2018.*

Asimismo, las principales fuentes de contaminación de suelo son las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, mineras, petroleras, nucleares y de servicios, así como las fugas y derrames de sustancias químicas peligrosas y los asentamientos humanos (CENAPRED, Guía de contenido mínimo para la leaboración del Atlas Nacional de Riesgos, 2016). Sin embargo, el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Artículo 2, fracción XI) señala que la elaboración del Inventario Nacional de Sitios Contaminados (INSC) corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) conforme al artículo 75 de la Ley antes indicada, mismo que establece que la SEMARNAT y las autoridades locales competentes, según corresponda, serán responsables de llevar a cabo acciones para identificar, inventariar, registrar y categorizar los sitios contaminados, con objeto de determinar si procede su remediación, de conformidad con el Reglamento de la Ley antes mencionada. El INSC es una relación detallada, ordenada y valorada de sitios contaminados en el país en un momento determinado.

b) Desarrollo Metodológico

Contaminación de Suelos

La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) de la SEMARNAT realizó un levantamiento de campo en todas las entidades federativas, entre el 2006 y 2011, obteniéndose información de sitios contaminados con materiales o residuos peligrosos, registrándose en ese periodo 21 sitios contaminados, sin embargo, se han incorporado sitios contaminados de los que la SEMARNAT tiene conocimiento a través de la gestión de trámites que se realizan ante dicha Dirección y ante la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA). A diciembre de 2019, se habían identificado 1,010 sitios contaminados en el país.

Por lo anterior, se consultaron los listados siguientes publicados por la SEMARNAT:

- Sitios contaminados considerados pasivos ambientales en actividades competencia de la ASEA
- Sitios contaminados remediados según tipo de contaminante, competencia de la ASEA
- Sitios contaminados remediados según causas de contaminación, competencia de la ASEA
- Sitios contaminados remediados según responsable, competencia de la ASEA

No obstante, lo anterior, el Inventario Nacional de Sitios Contaminados no ha sido publicado por esta dependencia, por lo que se desconoce la ubicación exacta de los sitios contaminados y se manejarán solo los datos relacionados con el Municipio de San Nicolás de los Garza.

Contaminación de Agua

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) establece para todo el territorio mexicano, la calidad del agua tanto superficial como subterránea, realizando anualmente estudios de la calidad de agua para cada uno de los puntos pre establecidos por esta entidad.

El análisis de la calidad del agua superficial consideró 8 indicadores: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes Fecales (CF), Escherichia coli, (E_COLI), Enterococos (ENTEROC), Porcentaje de Saturación de Oxigeno (OD%) y Toxicidad (TOX). Asimismo, la calidad del agua en sitios superficiales también se determinó a través de un semáforo el cual considera 3 colores, verde, amarillo y rojo, y se obtiene integrando los resultados de los 8 indicadores antes mencionados.

CONAGUA cataloga con color verde cuando los sitios cumplen con los límites aceptables de calidad del agua a nivel superficial para los 8 parámetros analizados, con color amarillo cuando se presenta incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: E_COLI, CF, SST y OD% y con color rojo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: DBO5, DQO, TOX y ENTEROC.

Por lo anterior, la metodología que se ocupará para el presente Atlas corresponde a la simbología determinada por esta entidad gubernamental oficial y los datos corresponden al año 2019 para el Municipio.

c) Resultados

Contaminación de Suelos

De los resultados obtenidos respecto de los sitios contaminados pasivos ambientales y remediados, competencia de la ASEA, publicados por la SEMARNAT se tienen los siguientes resultados:

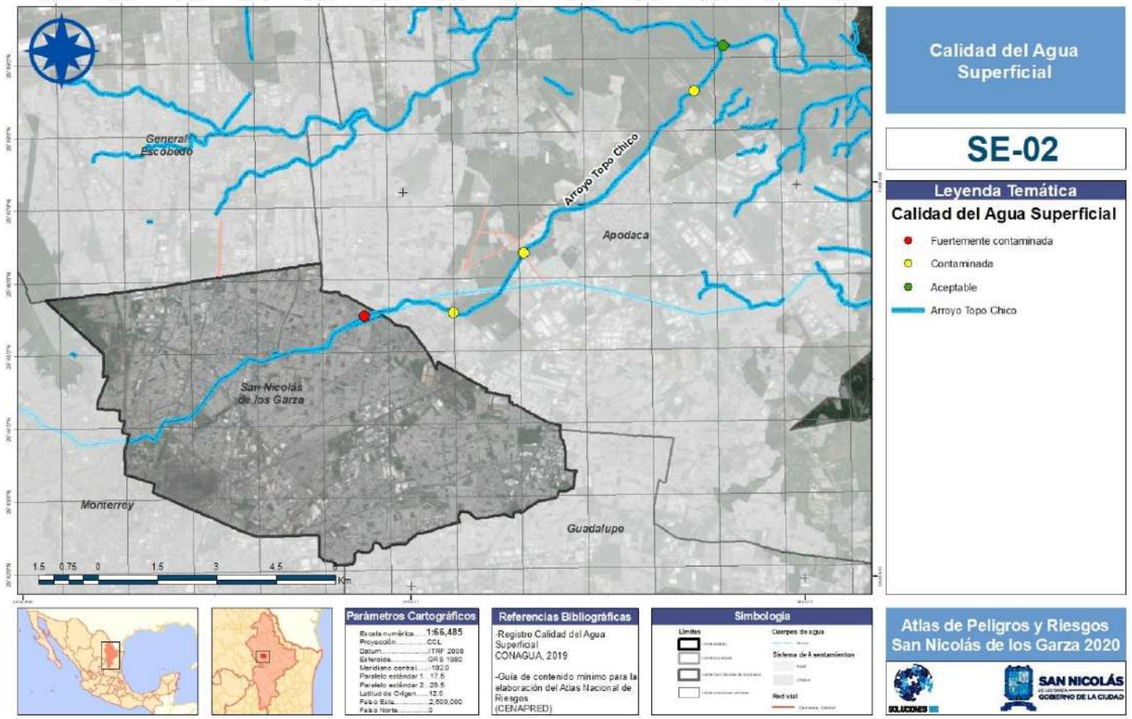
***Tabla 2.35**. Listado de sitios contaminados competencia de la ASEA*

Listado	Municipio San Nicolás de los Garza	Tipo de accidente
Sitios contaminados considerados pasivos ambientales en actividades competencia de la ASEA	0	
Sitios contaminados remediados según tipo de contaminante, competencia de la ASEA	0	
Sitios contaminados remediados según causas de contaminación, competencia de la ASEA	0	
Sitios contaminados remediados según responsable, competencia de la ASEA	0	

***Fuente:** Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), SEMARNAT, 2019.*

De los 1,010 sitios que se tienen registrados como contaminados a nivel Nacional, el Municipio representa el 0% del total nacional, es decir, no se han registrado ninguna afectación por contaminación de suelo por parte de la ASEA. No se omite mencionar que existen diversas publicaciones por parte de la SEMARNAT enfocadas a pequeñas y medianas empresas respecto al protocolo a realizar en caso de contaminación de suelos.

***Mapa 2.129**. Calidad de agua superficial en el Municipio de San Nicolás de los Garza*



***Fuente:** CONAGUA, 2019/ Soluciones SIG SA de CV.*

Contaminación de Agua

Se cuenta con un solo punto por parte de CONAGUA para el análisis de agua superficial, ubicado sobre el afluente del Arroyo Topo Chico, el cual arrojó los siguientes datos:

***Tabla 2.36** Datos de agua superficial para el Municipio de San Nicolás de los Garza*

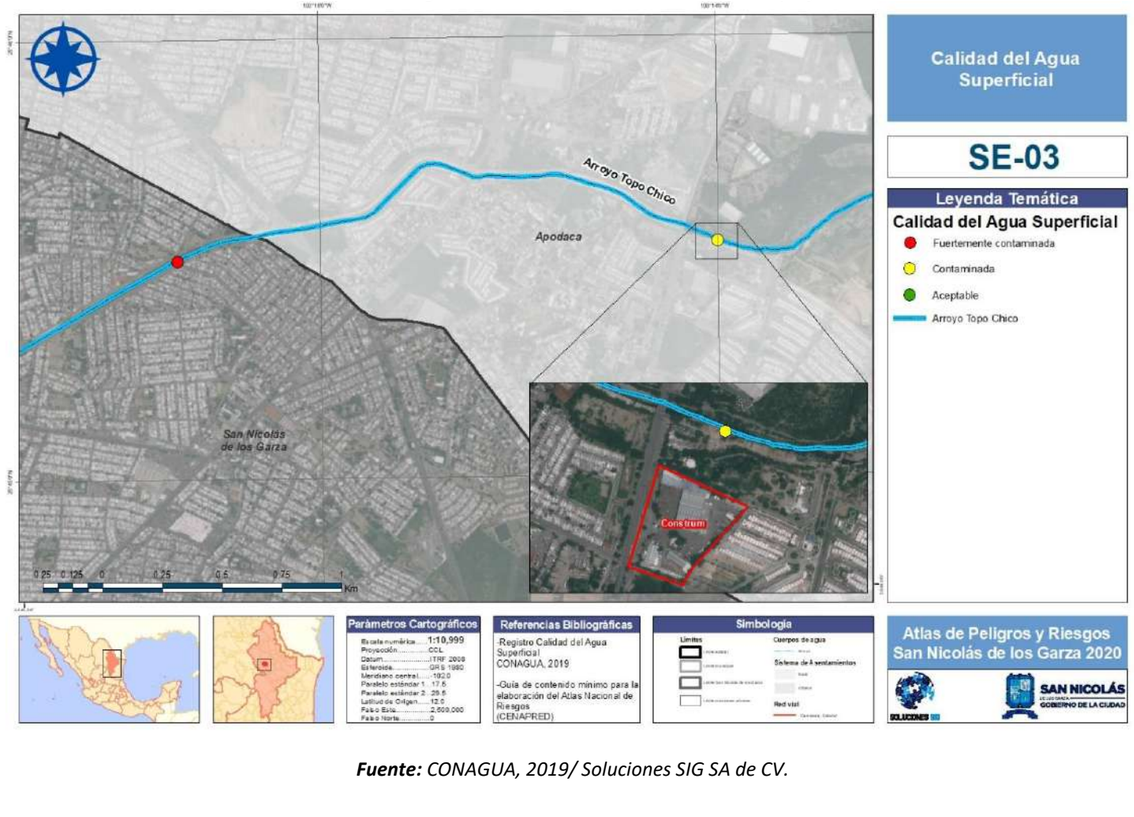
Compuesto	Calidad
DBO	Contaminada
DQO	Contaminada
SST	Buena calidad
Coliformes Fecales	Fuertemente contaminada
E Coli	Fuertemente contaminada
OD	Excelente
TOX	No Tóxico

***Fuente:** CONAGUA, 2019.*

De acuerdo con el semáforo establecido por CONAGUA, el único sitio de muestreo al interior del Municipio da un resultado de contaminación Alto, sin embargo, los distintos muestreos realizados por parte de dicha autoridad sobre el mismo Arroyo Topo Chico destacan que en cuanto se ingresa al Municipio de San Nicolás de los Garza, la contaminación del agua empeora, aun cuando cruza de igual forma el Municipio de Apodaca. Derivado de lo anterior, se realizó un recorrido sobre el arroyo llegando al punto de muestreo más próximo al de interés, ubicado al Este sobre el Municipio de Apodaca.

Este punto se refiere a la descarga de agua de la industria denominada “Construm” la cual se dedica a diseño, ingeniería, fabricación de piezas metálicas y de hule, así como manufactura de contenedores. Es importante mencionar que la Norma Ambiental Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales” refiere los parámetros de cumplimiento respecto a la descarga de aguas residuales a bienes nacionales por lo que dicha empresa deberá dar cumplimiento a esta Norma para así evitar generar sitios contaminados por agua.

Mapa 2.130 S*eguimiento derivado de calidad de agua superficial*



Fuente: *CONAGUA, 2019/ Soluciones SIG SA de CV.*

D. Socio-Organizativo

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, un fenómeno Socio-Organizativo es un agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica.

Los fenómenos socio-organizativos aluden a todas aquellas manifestaciones del quehacer humano con energía potencial para perturbar o afectar a la población y a las diversas actividades cotidianas que se desarrollan en la sociedad, están asociados directamente con procesos del desarrollo económico, político, social y cultural y se presentan como subproducto de la energía de la población.

1. Accidentes de Tránsito (Viales y Ferroviarios)

a) Antecedentes

Dentro de la clasificación que comprende los fenómenos socio-organizativos, los accidentes de transporte son los que producen el mayor número de pérdidas humanas sea urbano o interurbano. Las medidas de prevención para estos peligros están relacionadas con la adopción de prácticas adecuadas de transporte, organización, operación y vigilancia, que son propias de cada actividad específica aunado al incremento de una cultura de vialidad y de prevención de parte de los habitantes.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó en 2005 el Día Mundial en Recuerdo de las Víctimas de Accidentes de Tráfico, el cual se conmemora el tercer domingo de noviembre. Desde entonces se ha extendido a diversos países en todos los continentes. Este día se ha convertido en un instrumento que ofrece la oportunidad para reflexionar sobre las causas y consecuencias de los hechos de tránsito, así como sobre la labor de los servicios de apoyo y rescate, de los esfuerzos desplegados en todo el mundo para reducir las muertes por accidentes de tráfico. Además de concientizar sobre la devastación económica que producen estos siniestros ya que cuestan a la mayoría de los países el 3% de su PIB según la estimación de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Reconociendo el problema de salud que representan los accidentes de tránsito, la ONU incorpora una meta en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual consiste en reducir a la mitad el número mundial de muertes y traumatismos por accidente de tránsito respecto al 2020.

El Informe sobre el estado mundial de la seguridad vial 2018, publicado por la OMS, destaca que el número de muertes anuales causadas por accidentes de tránsito en 2016 ha alcanzado 1.35 millones; en este sentido, la propia OMS sugiere estrategias enfocadas a reducir el número de víctimas, tales como disminuir los límites de velocidad, evitar el consumo de alcohol en conductores, entre otras. Asimismo, se recomienda la creación de infraestructura más segura como carriles exclusivos para ciclistas y motociclistas; mayores estándares de seguridad para los vehículos, como por ejemplo el control electrónico de estabilidad y, finalmente, mejorar la atención médica a las víctimas.

Actualmente en diversas regiones del país cruza infraestructura estratégica como el son sistemas ferroviarios que permiten el transporte de mercancías diversas al interior del país, conectividad de mercancías con países vecinos con México; así como para uso de transporte de pasajeros. Sin embargo, esta infraestructura con el paso del tiempo quedo incluida al interior de zonas altamente urbanizadas, que al transitar por los mismo se han registrado un elevado numero a nivel nacional de percances viales por cruces, al no respetar señaléticas viales.

b) Desarrollo Metodológico

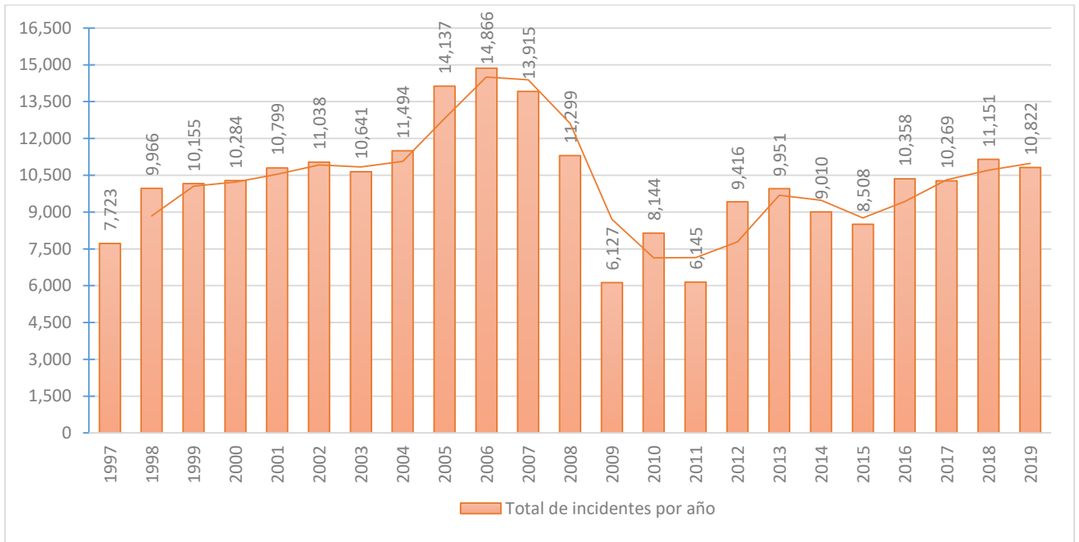
Para el desarrollo del análisis del fenómeno perturbador para el municipio de San Nicolas de los Garza se realiza en primera instancia recopilación de información generada por dependencias oficiales como INEGI, sobre la estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas, esta información se genera de los registros administrativos proporcionados por las dependencias responsables de tránsito estatales y municipales, así como de los ministerios públicos y juzgados cívicos; asimismo, las cifras dan cuenta de las víctimas muertas o heridas en el lugar donde ocurrió el accidente. Posteriormente de reportes de incidencias recopiladas por personal operativo de la Dirección de Protección Civil Municipal de San Nicolas se localiza las vialidades con registros de percances viales y ferroviarios, para determinar el nivel de peligro que representa.

c) Resultados

Con información recopilada por parte del INEGI para el año 2019 de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas a nivel nacional se tuvo un registro total de **362, 586 accidentes**, dentro de los datos registrados (76,930) el Estado de Nuevo León representan el 21.21% de los accidente a nivel nacional, sin embargo, Nuevo León ocupa el 6to lugar a nivel nacional con el número de víctimas mortales por accidente de tránsito y el 4to lugar a nivel nacional por número de víctimas heridas por accidente de tránsito.

Dentro del registro de accidentes de 1997-2019 para el municipio de San Nicolas de los Garza, se tiene con mayor registro de incidentes para el año 2006 con 14,866 y con menor registro de incidentes el año 2009 con 6,127. Del año 2009-2019 se ha tenido aumento en los registros de incidentes que se ha mantenido en promedio superior a los 9,377.

Figura 2.52. *Total, de accidentes de tránsito terrestre para el municipio de San Nicolas de los Garza, 1997-2019*



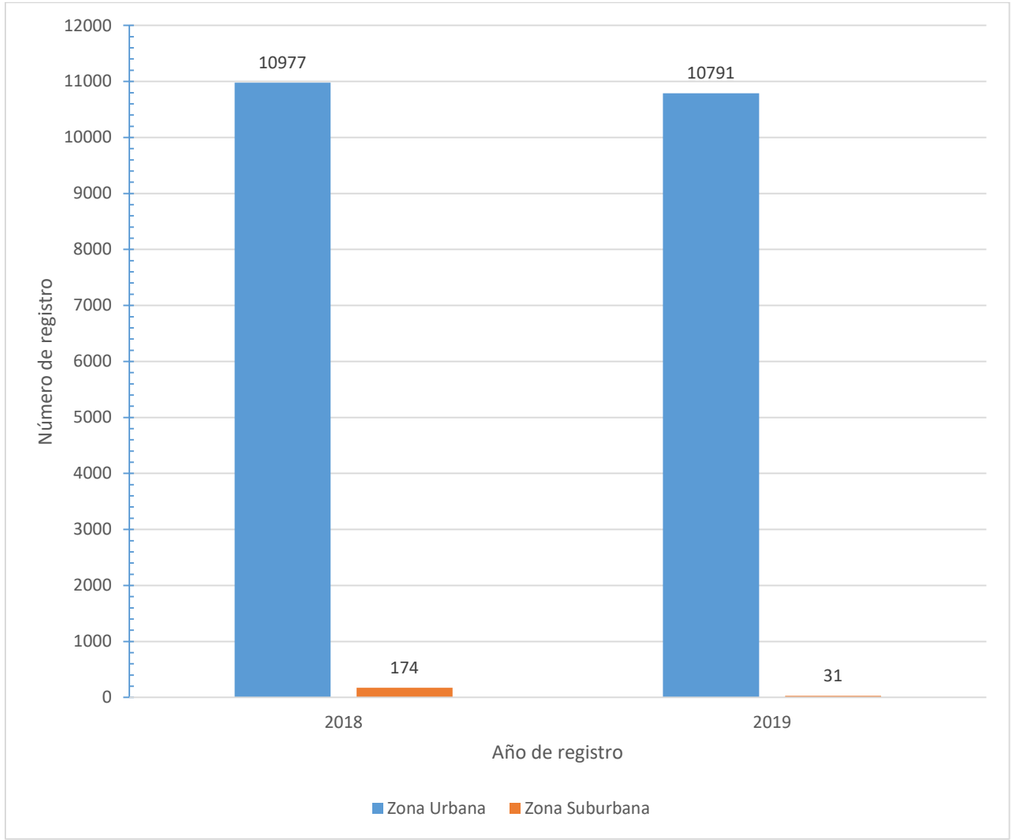
Fuente: *Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

El municipio de San Nicolas de los Garza para el año 2019 registra un total de 10,822 accidentes de tránsito que representa el 14.06% del total de reportes a nivel estatal. Gran parte de estos accidentes se presentan debido principalmente a los conductores que utilizan el celular al manejar, no usar cinturón de seguridad, no respetar

límites de velocidad y por manejar en estado inconveniente por sustancias ilegales o alcohol. Dentro de la población que sufre más accidentes son los jóvenes entre 18 y 20 años.

En un comparativo de registros para los años 2018 y 2019 para el municipio con registros de INEGI, se clasifican por zonas donde ocurren los accidentes (Urbana y Suburbana). Para registros en Zonas Urbanas se tiene una variación del -1.69%, para registros en Zonas Suburbanas se tiene una variación del -82.18%.

Figura 2.53. *Zonas de registro accidentes para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*



Fuente*: Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

De acuerdo con los resultados de Accidentes de Tránsito Terrestre para el municipio con registros de INEGI, se realiza una clasificación de los distintos tipos de registro de accidente, de los cuales destaca en su mayoría las (1) Colisiones con Vehículo automotor, (2) Colisiones con Objeto Fijo, (3) Colisión con motocicleta, (4) Colisión con peatón (atropellamiento), (5) Colisión con ciclista y con menor cantidad las (6) colisiones por ferrocarril de los cuales a pesar de ser en menor cantidad en los últimos años han representado en accidentes aparatosos con daños considerables y pérdidas económicas importantes.

Tabla 2.37*. Tipos de registros de accidente de tránsito para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*

Tipo de accidente	2018	2019
Colisión con vehículo automotor	9041	8886
Colisión con peatón (atropellado)	148	119
Colisión con animal	S/D	S/D
Colisión con objeto fijo	1159	1108
Volcadura	10	11
Caída de pasajero	15	14
Salida del camino	S/D	S/D
Incendio	11	6
Colisión por ferrocarril	31	9
Colisión con motociclista	438	371
Colisión con ciclista	37	27
Otro	261	271

Fuente*: Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

Del total de registros de accidentes de tránsito terrestres para el año 2019 para el municipio, de los cuales 10,500 son solo Daños Materiales, 303 se registran como victimas heridas y 19 se registran como personas fallecidas, en un comparativo de la misma clase de accidentes para el año 2018 vs 2019, se tiene una disminución del 2.57% en percances con solo Daños Materiales, una disminución del 16.29% en percances con victimas heridas y por el contrario un aumento del 58.33% con las víctimas fatales.

Tabla 2.38*. Clase de registros de accidente de tránsito para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*

Clase de accidentes	2018	2019
Fatal	12	19
No fatal	362	303
Solo daños	10777	10500

Fuente*: Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

Conforme a los registros de INEGI para el municipio, los días con mayor incidencia de registro de Accidentes de Tránsito, para el caso de 2019, se tiene mayor incidencia en específico el día viernes con 1,875 registros, seguido del día martes con 1,712 registros y en tercer lugar el día jueves con 1,664 registros. En un comparativo entre los años 2018 y 2019, para el día viernes se tiene una disminución de registros del 2.39%, para el día martes se tuvo un aumento de registros del 1.48% y para el día jueves se mantuvo constante el número de registros.

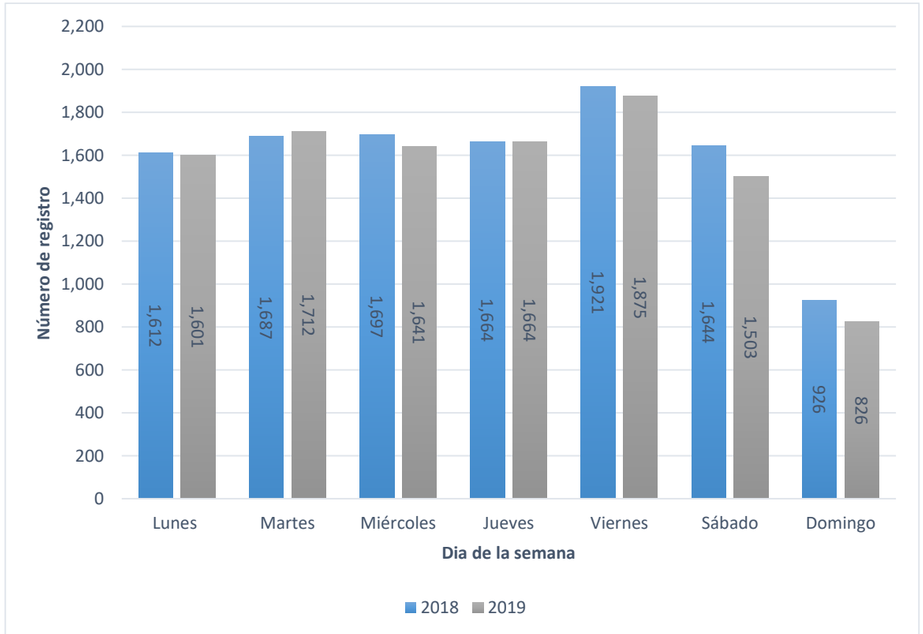
Adicionalmente en el registro de accidentes mensual para el año 2019, se obtiene que los meses de octubre, y noviembre con mayores registros (1,036), seguido del mes de diciembre (1,004). En un comparativo con respecto a los años 2018 y 2019 para el mes de octubre se tiene una disminución del 0.19% de los registros, para el mes de noviembre se tiene una disminución del 2.26% y para el mes de diciembre se tiene un aumento del 1.31% de los registros.

***Tabla 2.39**. Dia de la semana de registros de accidente de tránsito para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*

Dia de la semana	2018	2019
Lunes	1612	1601
Martes	1687	1712
Miércoles	1697	1641
Jueves	1664	1664
Viernes	1921	1875
Sábado	1644	1503
Domingo	926	826
Total	11151	10822

***Fuente:** Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

***Figura 2.54.** Comparativo de días de registro de accidentes para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*



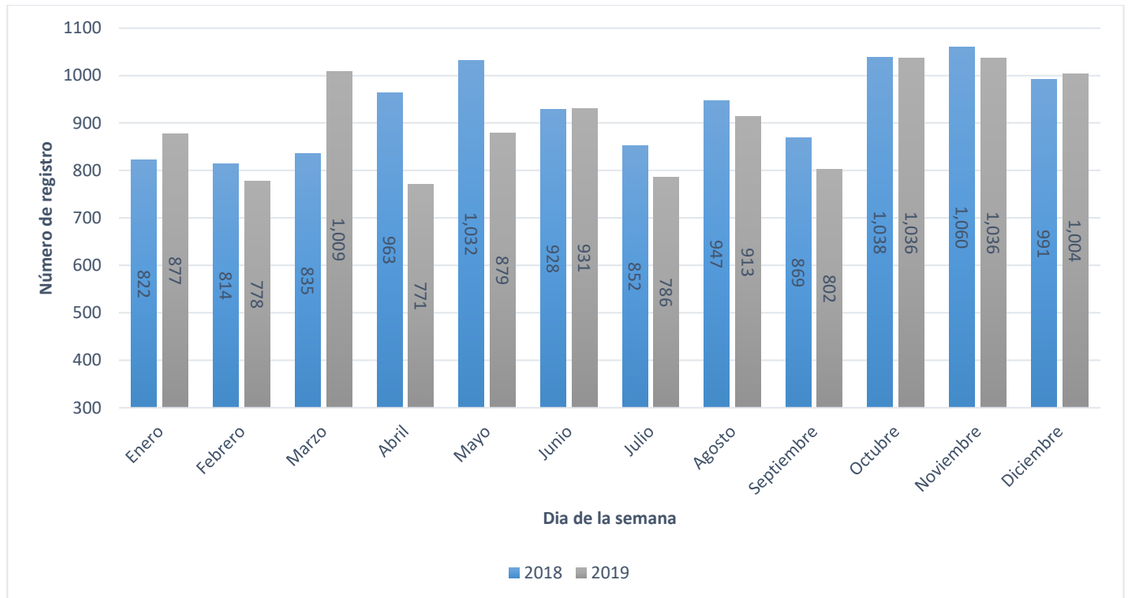
***Fuente:** Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

***Tabla 2.40**. Mes del año de registros de accidente de tránsito para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*

Mes del año	2018	2019
Enero	822	877
Febrero	814	778
Marzo	835	1009
Abril	963	771
Mayo	1032	879
Junio	928	931
Julio	852	786
Agosto	947	913
Septiembre	869	802
Octubre	1038	1036
Noviembre	1060	1036
Diciembre	991	1004

***Fuente:** Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

***Figura 2.55.** Comparativo de mes de registro de accidentes para el municipio de San Nicolas de los Garza, 2018-2019*

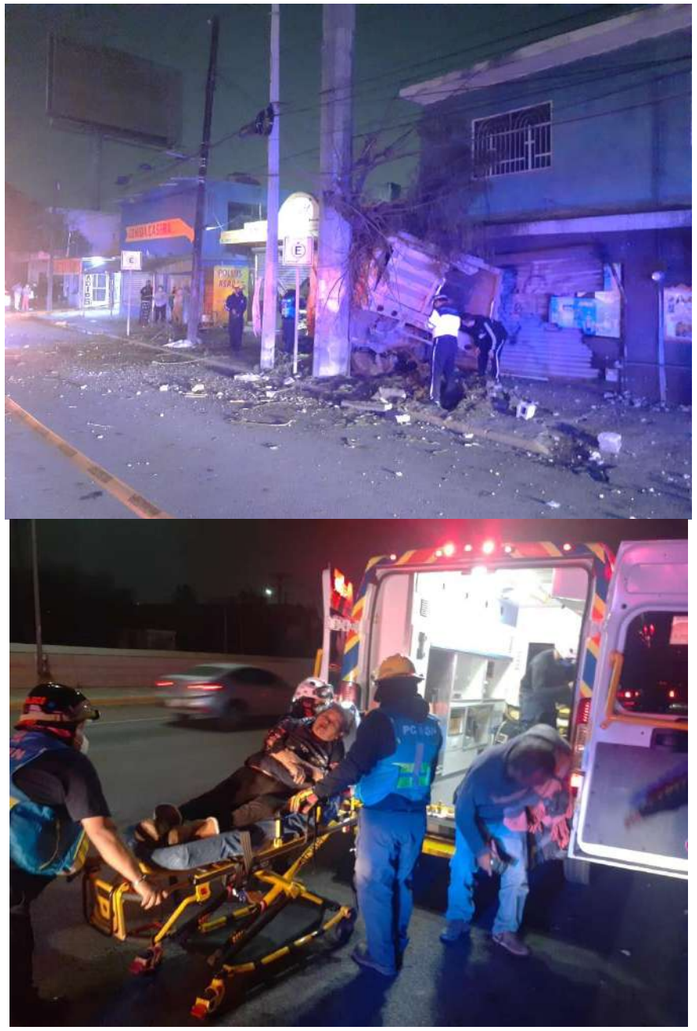


***Fuente**: Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas. INEGI, 2020.*

Actualmente la Dirección de Protección Civil Municipal de San Nicolas realiza recopilación de registros sobre la atención de emergencias mediante la plataforma digital “Levantamiento de reportes” desarrollado para el presente atlas, del cual se tiene como fecha de registro 20 de enero de 2021 al 11 de febrero de 2021, con un total de 46 registros, en la que destacan con mayor registro de incidencias los accidentes viales con lesionados (21 registros), seguido de accidentes de vehículo de pasajeros con lesionados (8 registros).

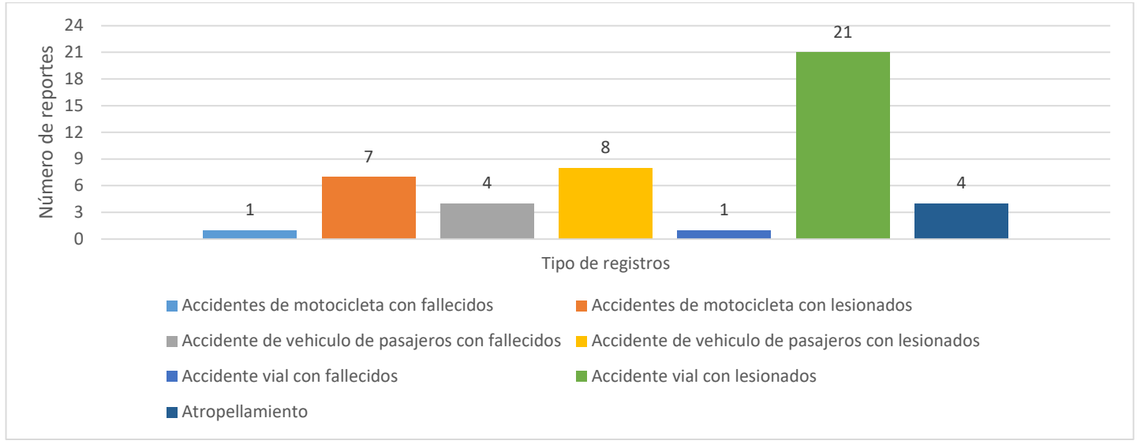
Cabe señalar que estos accidentes de tránsito se originan principalmente por el exceso de velocidad, no respetar las señaléticas viales, no respetar los semáforos. Esta situación se registra principalmente en intersecciones en vías primarias de comunicación como Av. Sendero Divisorio, Calle República Mexicana, Av. Cristina Larralde, Av. Diego Diaz de Berlanga, Av. Adolfo López Mateos, Av. Rómulo Garza, Av. Miguel Alemán. Se recomienda el aumento de señaléticas viales; así como un análisis sobre los tiempos en semáforo en hora de mayor afluencia vehicular. (Mapa PSO-AT1).

***Figura 2.56**. Accidente de vehículo automotor en Av. Churubusco 1/21/2021*



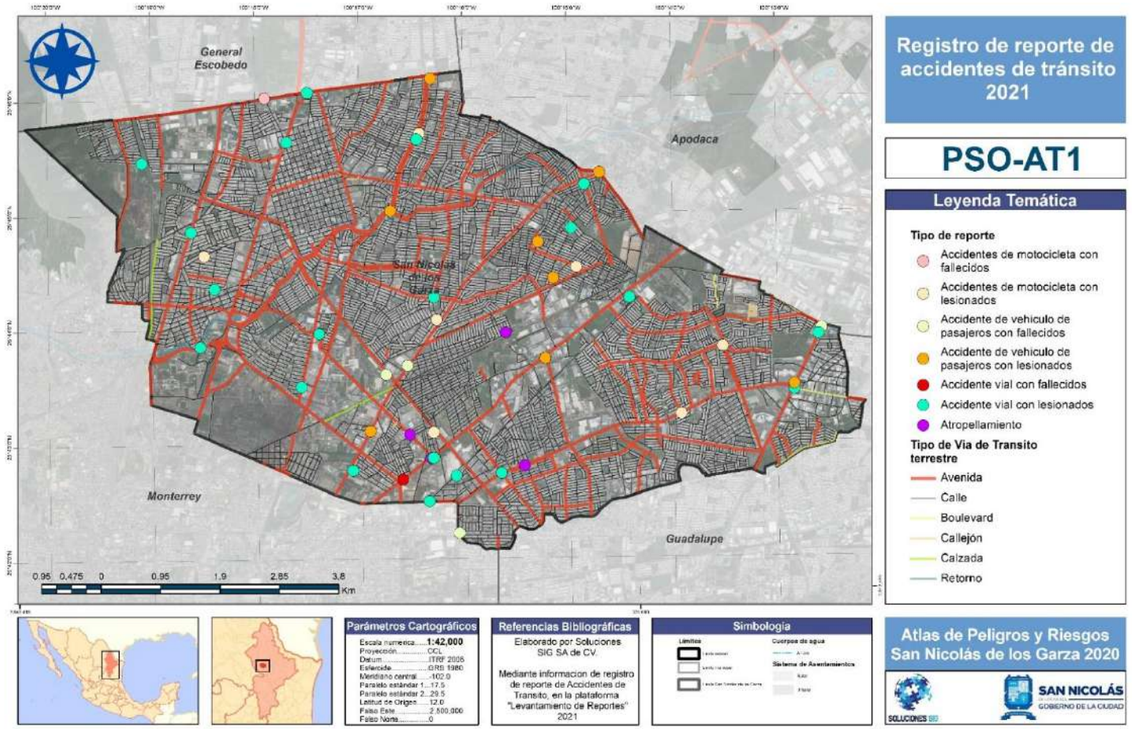
***Fuente:** Registro de incidencias de accidentes de tránsito levantada en la plataforma de “Levantamientos de reportes” Dirección de Protección Civil Municipal San Nicolas, 2021.*

***Figura 2.57.** Registro de incidentes viales en el municipio en el periodo de 23 días (20 de enero 2021-11 febrero 2021)*



***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con registro de incidencias de accidentes de tránsito levantada en la plataforma de “Levantamientos de reportes” Dirección de Protección Civil Municipal San Nicolas, 2021.*

***Mapa 2.131** Registro de accidentes de transito en el municipio, para el periodo enero-febrero 2021.*



***Fuente:** Dirección de Protección Civil Municipal de San Nicolas/ Soluciones SIG SA de CV, 2021.*

Dentro de los accidentes de tránsito se tiene antecedentes de afectación por Colisión con ferrocarril de los cuales se tiene registro de percances en los que se han tenido múltiples afectaciones, así como pérdidas económicas y humanas, recientemente el percance registrado el 8 de agosto de 2020 en el cruce del ferrocarril entre las intersecciones de la Av. Juan Pablo II y Juan Diaz de Berlanga, en la que un vehículo de carga pesada tipo autotanque que transportaba 30 mil litros de combustible intento ganar el paso al tren, no respetando las señaléticas viales, provocando la colisión con el ferrocarril de la compañía Kansas City Southern. Adicionalmente se han registrado accidentes de tránsito con ferrocarril al norte del municipio en la intersección de Camino a Lagrange, Camino a Santa Rosa y 1ª Avenida, con antecedentes registrados en 9 de diciembre de 2017 y 8 de octubre de 2020.

Actualmente de acuerdo con información de vías de ferrocarril, Secretaria de Comunicaciones y Transportes de 2015, dentro del municipio existe una red de infraestructura ferroviaria de las empresas Kansas City Southern de México y Ferromex, la red ferroviaria dentro del municipio de San Nicolas de los Garza para Kansas City Southern de México es una longitud de 25,247.03 metros y para la red ferroviaria de Ferromex es una longitud de 1032.92 metros.

***Tabla 2.41**. Infraestructura ferroviaria al interior del municipio de San Nicolas de los Garza.*

Nombre Linea	Empresa	Corredor	Longitud (metros)
KCSM_B	Kansas City Southern de México	Querétaro-Nuevo Laredo	4053.52
KCSM_F	Kansas City Southern de México	Monterrey-Matamoros	9935.63
FXE_MB	Ferromex	Golfo	1032.92
KCSM_M	Kansas City Southern de México	Querétaro-Nuevo Laredo	11257.88
Total			25247.03

***Fuente**: Vías de ferrocarril, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015.*

***Figura. 2.58** Accidente entre ferrocarril y Vehículo de carga pesada, en intersección de Av. Juan Pablo II y Juan Diaz de Berlanga 8 de agosto de 2020.*

***Fuente:** Periódico El Universal, 2020.*

***Mapa 2.132 Líneas** de ferrocarril al interior del municipio.*

***Fuente**: Soluciones SIG SA de CV con información de infraestructura de tránsito terrestre, INEGI, 2020 y SCT 2015 .*

2. Concentraciones Masivas

a) Antecedentes

Las concentraciones masivas de población se pueden presentar en distintas situaciones, que pueden desencadenar o no una emergencia, derivado a la falta de adecuación y acondicionamiento por tipo de evento, sobrecupo en lugares cerrados o ausencia del programa interno de protección civil, entre otras situaciones.

Estas pueden ser de tipo religioso, cívico, deportivo y cultural, en las cuales se realizan actividades como ferias, carreras de caballos, fiesta brava, danzas folklóricas, rituales, peregrinaciones, desfiles cívicos y deportivos, manifestaciones, torneos de gallos, quema de juegos pirotécnicos, entre otras.

Dentro del municipio de San Nicolas de los Garza se tiene registros de actividad de concentración masiva principalmente por cuestiones de Ferias patronales en honor a San Nicolas Tolentino de igual manera el municipio es sede de un estadio de futbol profesional (Estadio de la U.A.N.L) en la que se desarrollan eventos que concentran un aforo máximo de 42,500 espectadores.

Estas fiestas patronales y eventos deportivos que se realizan dentro del municipio cumplen con la importante función de sentar las bases para una adecuada cohesión social, lo que permite a los habitantes identificarse como parte de un grupo y construirse como actores diferenciados entre sí, además, para muchos de ellos significan una entrada de recursos económicos, pues en estas fechas muchos se dedican a vender diversos artículos y alimentos.

Cuando se presentan este tipo de concentraciones de población en una de estas festividades y no se toman las medidas adecuadas en materia de protección civil, se pueden provocar una serie de fenómenos de origen socio-organizativo, los cuales, si salen de control pueden generar una cadena de afectaciones como la interrupción o problemas de operación de los servicios vitales, accidentes carreteros, vandalismo, acciones de saqueo, daños a propiedad privada y equipamiento urbano, pérdidas económicas y lo más importante, pérdidas humanas.

b) Desarrollo Metodológico

Para el desarrollo del análisis del fenómeno perturbador para el municipio de San Nicolas de los Garza se realiza un inventario de los sitios en los cuales se desarrollan actividades que permitan la concentración masiva de población, en los que se deberán prestar atención a las medidas de protección civil para el desarrollo sin inconvenientes de las actividades; así como antecedentes de incidentes derivados a la ejecución de actividades de concentración masiva de población.

c) Resultados

Conforme a información recopilada por INEGI, 2016 de sitios de concentración masiva se tiene 65 sitios, entre los cuales se tiene Bares, Cantinas y similares, Billares, Promotores del sector privado de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos, Promotores del sector público de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos.

***Tabla 2.42**. Sitios de concentración masiva*

Tipo de actividad	Registros
Bares, cantinas y similares	44
Billares	9
Centros nocturnos, discotecas y similares	6
Equipos deportivos profesionales	1
Promotores del sector privado de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos	1
Promotores del sector público de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares que cuentan con instalaciones para presentarlos	4
Total	65

***Fuente:** INEGI, 2016.*

Durante el desarrollo de actividades de concentración masiva se tienen posibles consecuencias que se presentan a continuación:

***Tabla 2.43**. Tipos de eventos con posibles causas*

Evento	Consecuencias posibles
Fuegos artificiales	Lesiones físicas y muerte
	Explosiones e incendios.
Celebraciones Religiosas	Pérdida de extremidades, vida y lesiones físicas graves.
	Insolación y golpe de calor en temporada de estiaje.
	Atropellamientos por vehículos y por multitudes sin control.
	Problemas de tipo psicológico y afectaciones sociales.
	Incendios y explosiones.
	Hipotermia.
	Robo de pertenencias, riñas callejeras, uso de armas punzo cortantes y de fuego.
Ferias y Palenques	Lesiones y pérdida de la vida.
	Pérdida parcial y/o total de los bienes.
	Colapso de graderías.
	Uso de armas de fuego y punzo cortantes.
	Incendios.
	Riñas.
Evento Deportivos	Explosiones e incendios.
	Riñas.

***Fuente:** Soluciones SIG, 2021.*

Dentro del desarrollo de actividad de concentración masiva, para el caso de actividades deportivas se tiene antecedentes de generación de altercados tipo riñas entre espectadores asistentes al termino de partidos de futbol profesional en especial cuando se desarrolla juegos entre los equipos de futbol profesional mexicano Tigres y Monterrey en el denominado “Clásico Regio” en la que se tiene un aforo de 42,500 asistentes, con registro de

antecedentes fuertes en 2010 con 20 lesionados y 2018 una riña campal entre aficionados dejando como consecuencia una víctima en cuidados intensivos.

Para la realización de eventos de concentración masiva de población se deben ejecutar conforme a normativa vigente y obtención de los permisos correspondientes, dentro del municipio como Reglamento de Protección Civil del municipio de San Nicolas de los Garza y Reglamento de Espectáculos para el municipio de San Nicolas de los Garza.

Reglamento de Protección Civil del municipio de San Nicolas de los Garza

CAPITULO V
DE LA SEGURIDAD Y PREVENCION EN EL TERRITORIO MUNICIPAL

Artículo 73.- Los promotores, organizadores o responsables de la realización de eventos o espectáculos públicos de afluencia masiva diferentes al uso habitual del establecimiento, deberán previo a su realización, presentar un Programa Especial de Protección Civil, acorde a las características de tales eventos o espectáculos, así como acompañar el permiso Municipal correspondiente y estarán sujetos a lo siguiente:

I. El organizador quedará obligado a implementar las medidas de protección civil que se le indiquen, a través de la Dirección;

II. Los dispositivos de protección civil comprenderán el sitio y perímetro donde se desarrollen, incluyendo rutas de acceso y estacionamientos, para salvaguardar a los asistentes y vecinos del lugar, así como sus bienes y entorno;

III. La instalación y utilización de tribunas, templetes u otras estructuras temporales en el área del evento o espectáculo, obligará al organizador a presentar carta responsiva del personal a cargo de la obra, con el visto bueno de la Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano, en términos del Reglamento para las Construcciones y las demás disposiciones aplicables;

IV. Las modificaciones y adecuaciones físicas que se realicen en el lugar de celebración del evento o espectáculo, serán supervisadas por las dependencias, órganos desconcentrados y entidades de la administración pública municipal en el ámbito de su competencia;

V. Los cuerpos de seguridad privada contratados por el organizador, deberán estar legalmente constituidos y reconocidos por la autoridad competente;

VI. Previo al evento y durante el mismo, la Dirección supervisará, evaluará y sancionará los cumplimientos de las medidas de protección civil propias del evento o espectáculo;

VII. La Dirección, y el organizador establecerán el puesto de coordinación en el lugar del evento;

VIII. El organizador del evento o espectáculo pagará a la Tesorería del Municipio, los derechos, cuotas o cualquier cantidad que resulte de la intervención de la administración pública en la realización del mismo, por concepto de desplazamiento de mano de obra, gastos de insumos de operatividad, así mismo será responsable de cubrir los daños que causen al equipo durante alguna contingencia;

IX. Los servicios médicos, señalamientos y servicios sanitarios, deberán ser provistos por el organizador de acuerdo con el estudio de análisis de riesgos del estadio; y

X. Los organizadores serán responsables de ejecutar las demás acciones que se requieran para la salvaguarda y desarrollo del evento.

Artículo 74.- Los trámites de las autorizaciones de los eventos masivos o espectáculos públicos en propiedad privada, se sujetarán a las reglas siguientes:

A) En todos los casos:

I. Las Direcciones de Protección Civil Estatal y Municipal, evaluarán y dictaminarán las medidas de seguridad durante el evento las cuales deberán anexarse en el permiso otorgado por la Dirección de Comercio y Espectáculos;

II. El organizador presentará a la Dirección de Protección Civil Estatal con copia a la Dirección Municipal de Protección Civil, un desglose por tiempos y actividades del acto en sí y el Programa Especial de Protección Civil, anexando la carta de corresponsabilidad o de responsabilidad, según sea el caso. El plazo para la presentación de esta documentación será de treinta días naturales anteriores al evento;

III. Dentro de los cinco días naturales siguientes a la entrega de la documentación de que trata el inciso anterior, la Dirección Municipal de Protección Civil en coordinación con la Dirección de Protección Civil Estatal, realizará la correspondiente visita de supervisión en presencia del organizador; y

IV. Si los resultados de la visita de supervisión son satisfactorios, las Direcciones de Protección Civil Estatal y Municipal procederá a expedir el visto bueno correspondiente, previo permiso de la Dirección de Comercio y Espectáculos Municipal.

B) Tratándose de aquellos con asistencia mayor a 10,000 personas:

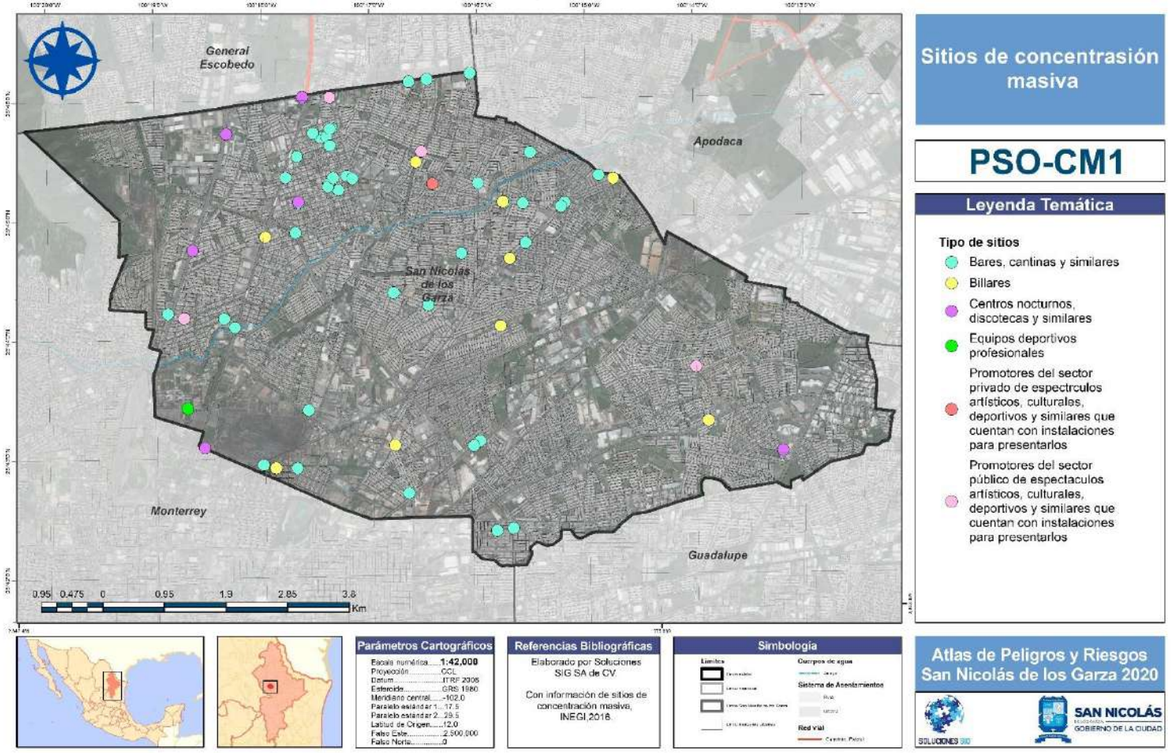
I. Con una anticipación mínima de cuarenta y cinco días naturales a la celebración del evento o espectáculo, el organizador presentará a las Direcciones de Protección Civil Estatal y Municipal la documentación precisada en el inciso b), de la fracción anterior;

II. Dentro de los diez días naturales siguientes a la entrega de la documentación de que trata el Inciso a), de la Fracción II, el organizador en concordancia con la Secretaría de Gobierno Estatal, convocará a una reunión interinstitucional de coordinación, donde se presentará el Programa Especial y las medidas de seguridad correspondientes, para su estudio y dictamen preliminar; y

III. Si los resultados de la visita de supervisión son satisfactorios, la Dirección procederá a expedir la autorización correspondiente, previo permiso de la Dirección de Comercio y Espectáculos.

Tratándose de situaciones no programadas que puedan implicar algún riesgo Socio-Organizativo y ante la falta de un Programa Especial de Protección Civil, las autoridades adoptarán todas aquellas medidas de preparación, mitigación y en su caso, auxilio, que resulten aconsejables, atendiendo a la naturaleza de los mismos.

Mapa 2.132 *Líneas de ferrocarril al interior del municipio.*



Fuente: *Soluciones SIG SA de CV con información de Sitios de Concentración Masiva, INEGI, 2016.*

3. Interrupción de servicios estratégicos

a) Antecedentes

La suspensión o disminución de este tipo de servicios puede ser consecuencia de fenómenos de origen natural o antropogénicos, tal es el caso de la falta de energía eléctrica a causa de los sismos, o la interrupción del servicio de agua por mantenimiento del sistema. Asimismo, la falla de agua potable, energía eléctrica o transporte, pueden ocasionar otros fenómenos socio-organizativos como concentraciones masivas (CENAPRED, 2014).

b) Desarrollo Metodológico

Para la evaluación de la interrupción de servicios estratégicos, se realiza recopilación en notas periodísticas sobre antecedentes sobre el tipo de afectación a los servicios estratégicos, y cartografía de estas. Se cartografía las instalaciones líneas de alta tensión; así como subestaciones eléctricas que se localizan al interior del municipio de San Nicolas de los Garza.

c) Resultados

De acuerdo con infraestructura eléctrica instalada por CFE (2010) dentro del municipio de San Nicolas de los Garza se tiene una red de tendido eléctrica de alta tensión con una longitud de 113.78 km, de los cuales el 84.69% pertenece líneas de tensión de 115KV, el 0.66% pertenece a líneas de tensión eléctricas de 230KV y 14.64% pertenece a líneas de tensión eléctrica de 400KV. Así como un total de 19 subestaciones eléctricas.

Tabla 2.44*. Subestaciones Eléctricas CFE al interior del municipio*

Nombre	características	Región
S.E. GALVAK	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. PAPELES HIGIENICOS	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. PRAXAIR	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. HYLSA	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. HYL	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. INDUSTRIAS MONTERREY	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. PAPELERA MALDONADO	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. ZINC NACIONAL	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A (PARTICULAR).	Noreste
S.E. INDUSTRIAS CONDUCTORAS MONTERREY	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A, (PARTICULAR).	Noreste
S.E. KEMET	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A, (PARTICULAR).	Noreste
S.E. CRYO INFRA	1T-1F-25 MVA 115 KV 1 A, (PARTICULAR).	Noreste
S.E. SANTO DOMINGO VIEJO (PROVISIONAL)	1T-1F-25 MVA 115/13.8 KV 0/1A, (PARTICULAR).	Noreste
S.E. RIEL	1T-1F-25 MVA 115/13.8 KV 2/1 A.	Noreste
S.E. SANTO DOMINGO	1-T-1F-25 MVA 115/13.8KV 5/1A.	Noreste
S.E. MUNICH	2T-1F-50 MVA 115/13.8 KV 2/2 A.	Noreste
S.E. HYLSA ACEROS PLANOS	3T-1F-75 MVA 400/230/34.5/13.8 KV 2/0/1/1 A.	Noreste
S.E. P.V. MONTERREY	5T-1F-125 MVA 400/115/13.8 KV 4/12/1 A.	Noreste
S.E. SAN NICOLAS	5-T-1F-125 MVA 400/115/34.5/13.8KV 3/11/1/2A.	Noreste
S.E. HYLSA MANIOBRAS	SF6 400KV 3A.	Noreste

Fuente: *Infraestructura eléctrica CFE, 2010.*

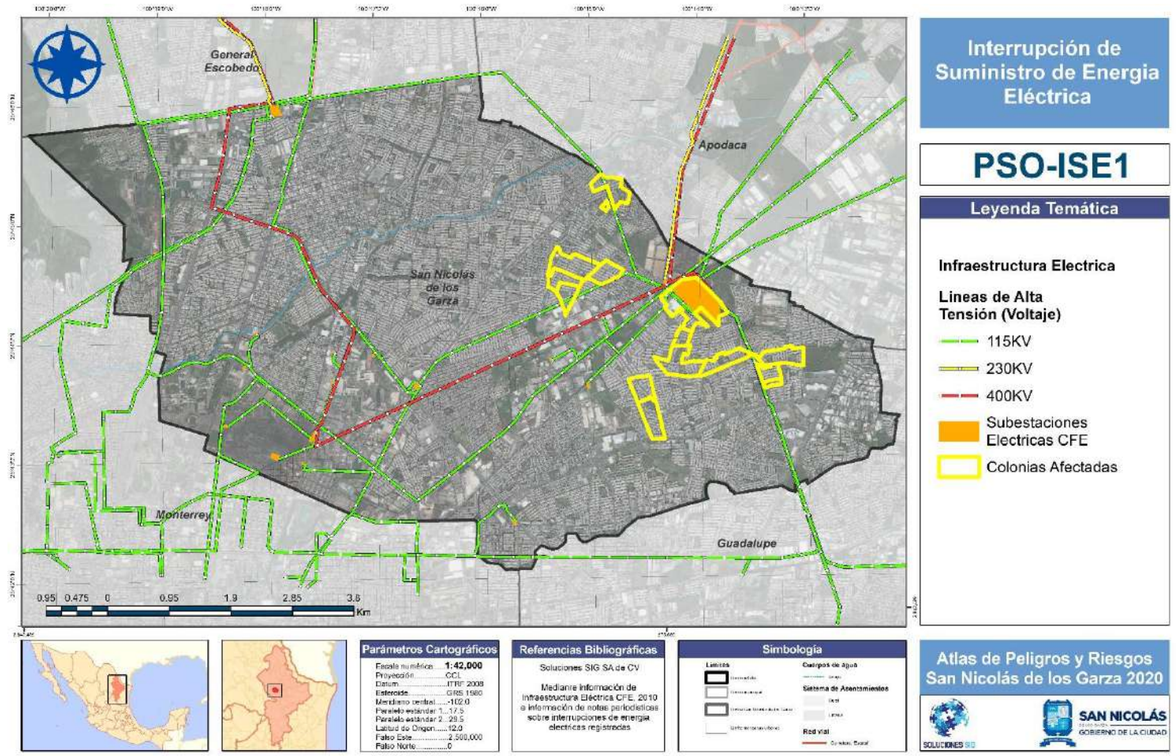
En el mes de febrero de 2021, se desarrolla dentro del país una situación del interrupción del suministro de energía eléctrica, en la cual derivado a factores climatológicos externos por descensos de temperatura extremas, las plantas de generación de energía eléctrica se ha visto afectadas derivado a la falta de combustible (Gas Natural) provenientes de Estados Unidos, la región norte del país se ha visto afectada principalmente, en la que han optado por interrupciones aleatorias en distintas partes. El Estado de Nuevo León es uno de los mas afectados, en la cual el municipio de San Nicolas de los Garza ha registrado interrupción de energía eléctrica a la población en general.

Figura.2.59 *Infografía sobre la situación de Interrupción de energía eléctrica en el país.*

Fuente*: Secretaria de Gobernación México, 2021*

La situación de interrupción de suministro de energía eléctrica registrada dentro del municipio de San Nicolas de los Garza, se registran entre los días 15 a 18 de febrero de 2021, las colonias con registro de afectación son Los Ángeles 8vo sector, Cordilleras de los Ángeles, Unidad Laboral, Torres de Santo Domingo, Privada de Casa Blanca, Villas de Casa Blanca y La Estancia.

Mapa 2.133 *Afectaciones a suministro de energía eléctrica registradas en febrero de 2021.*



Fuente: *Infraestructura eléctrica CFE, 2010 y reportes de notas periodísticas sobre tema de afectaciones registradas en el municipio, 2021.*

III. Sistemas Expuestos y Vulnerabilidad

A. Inventario de Sistemas expuestos

La información de sistemas expuestos tiene por objetivo identificar las características de los elementos existentes en el territorio y que son propensas a daños o afectaciones en caso de la incidencia de fenómenos perturbadores, su reconocimiento es, en primera instancia un método para reconocer los activos productivos o que prestan servicios en el municipio, así como el reconocimiento de las zonas con mayor exposición y bienes expuesto.

1. Giros Mercantiles

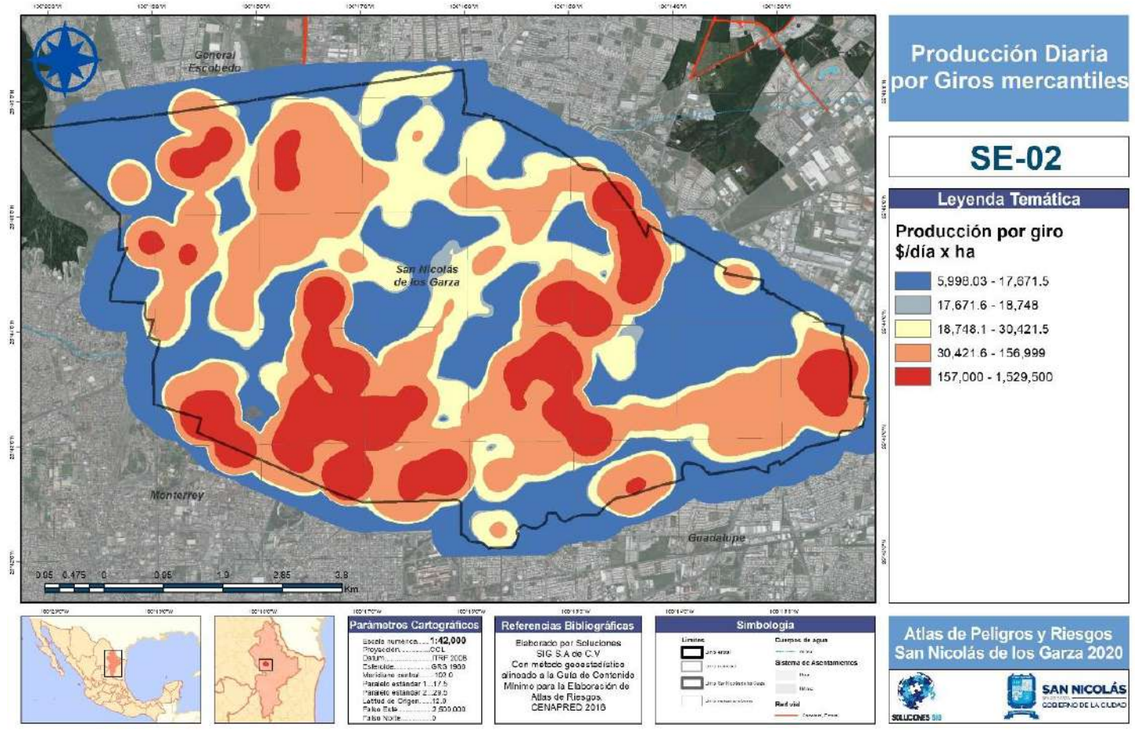
Para la estimación de producción económica se emplearon dos fuentes de información principal; el directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE) 2020 y el Censo económico 2019 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Gracias a la clasificación del SCIAN del DENUE del INEGI, se realizó una estimación de producción per cápita considerando los rangos de población empleada identificada en la base de datos y el valor de la producción a rama de actividad de la clasificación SCIAN de las actividades económicas. La producción per cápita es la razón que resulta de la división entre la producción económica de cada subsistema y la población empleada estimada total de dicho subsistema.

El proceso se validó a partir de una metodología propuesta por el Colegio de México en el documento de investigación SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO: RIESGOS DE INUNDACIONES, Fase 1, Diagnóstico. Donde se establece una metodología para estimar la producción por giro con los datos disponibles en el Censo económico y la misma información del DENUE.

El método permite establecer una razón de producción por giro la cual se estimó anualmente y por día, donde se identifican núcleos de alto valor productivo en el territorio no concentrados solamente en el centro o sur industrial, sino ampliamente distribuido en el territorio de San Nicolás de los Garza.

Mapa 3.1 *Producción Diaria por Giros Mercantiles*

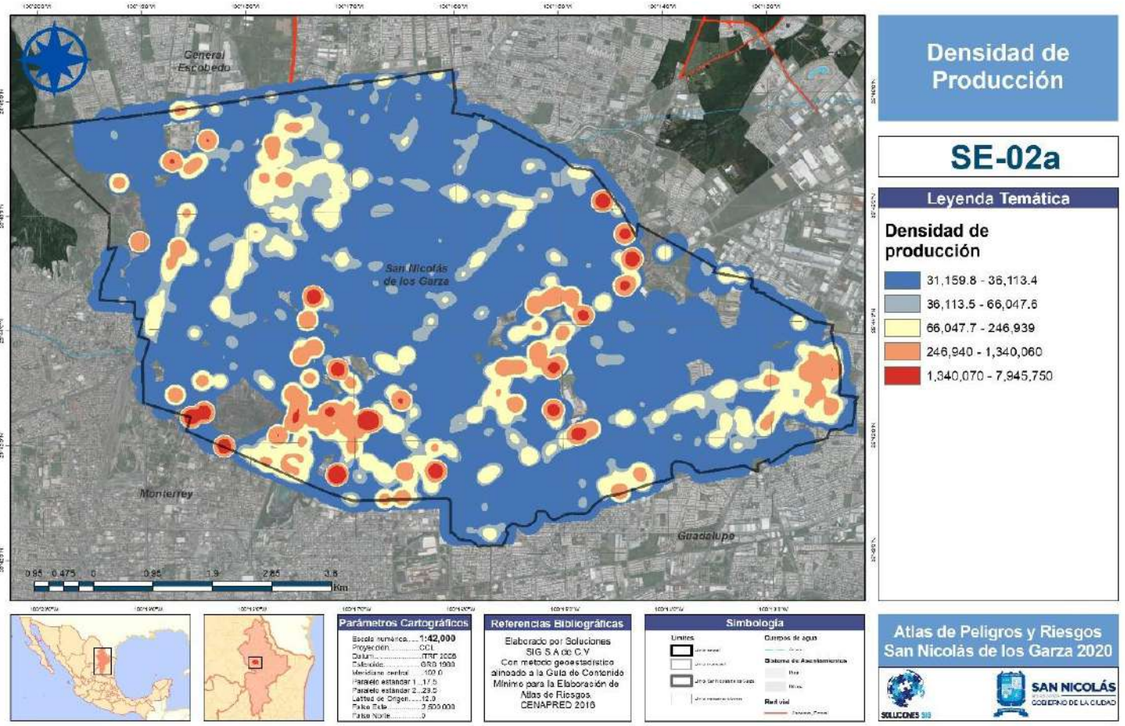


Fuente*: Censo Económico 2019, INEGI*

El mapa de producción diaria por giros es resultado de una interpolación de Kernel que permite reconocer por área la concentración acumulada del valor de producción estimado en cada giro.

Dentro de cada uno de los equipamientos evaluados por cada sector, los englobamos por su Nivel de Atención dentro de cada categoría encontramos el costo total por cada uno de los niveles.

Mapa 3.2 *Densidad de Producción*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

La densidad de producción se observamos la mayor concentración en la zona de la central de abastos, teniendo también una gran densidad de producción en algunas zonas cercanas al poniente y oriente del municipio.

a) Tipo de Giros Mercantiles

En el presente apartado se describe brevemente la dinámica de concentración de giros económicos de acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), lo cual permitirá determinar los sistemas expuestos como zonas propensas al daño que pueda tener un costo social por tipo de giro.

(1) Comercio al por mayor

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la compra-venta (sin transformación) de bienes de capital, materias primas y suministros utilizados en la producción, y de otros bienes para ser revendidos a otros comerciantes, distribuidores, fabricantes y productores de bienes y servicios. Comprende también unidades económicas dedicadas solamente a la compra o la venta, por ejemplo, unidades que compran las mercancías, aunque no las venden ellas directamente sino que las distribuyen para su reventa a otras unidades económicas con las cuales comparten la misma razón social, así como a las que reciben esas mercancías y las venden sin haberlas comprado.

También se clasifican en este sector las unidades económicas dedicadas principalmente a actuar como intermediarias entre negocios en la compra o venta de productos, ya sea a través de métodos tradicionales o exclusivamente a través de internet y otros medios electrónicos.

Los comercios al por mayor que venden bienes de su propiedad son conocidos como distribuidores importadores-exportadores, distribuidores de fábrica, abastecedores de mercancías, entre otras denominaciones, mientras que los que promueven la compra-venta de bienes propiedad de otros a cambio de una comisión o pago, son conocidos como agentes de ventas, corredores de mercancías, comisionistas, intermediarios de comercio o agentes importadores y exportadores.

Los comercios al por mayor pueden proporcionar servicios adicionales a la venta de los bienes, como clasificación, inventariado, embalaje, empacado y etiquetado.

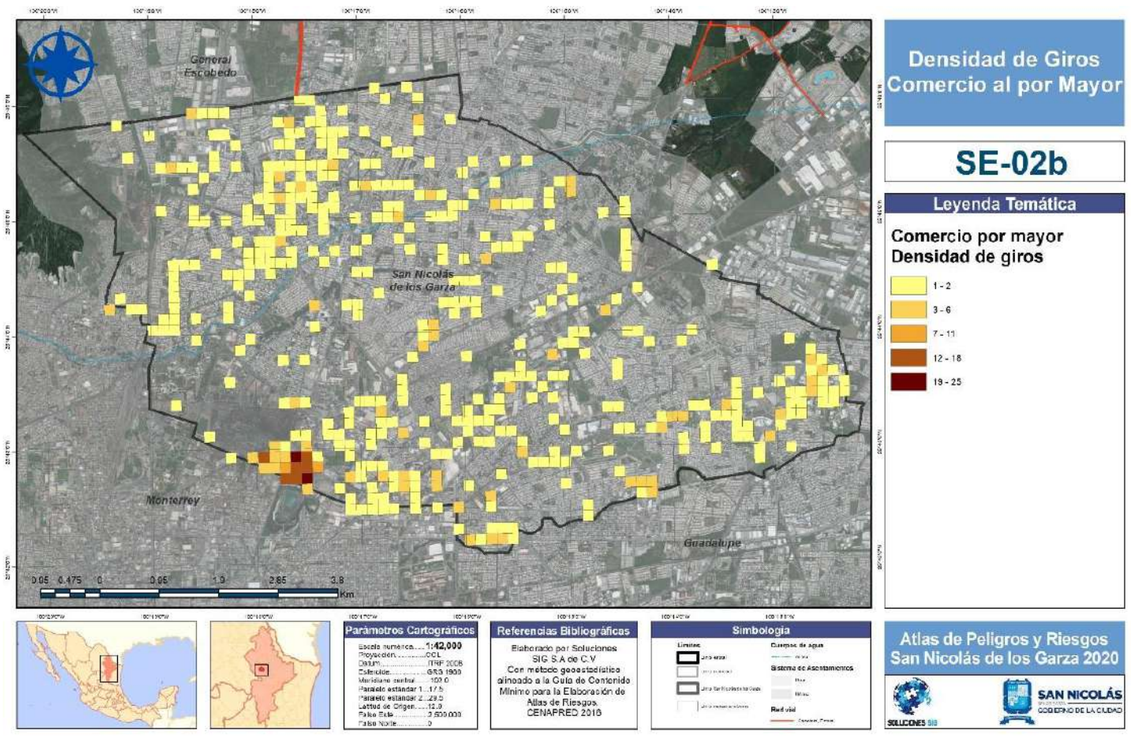
La construcción de este sector se basó en el análisis de tres componentes en conjunto, éstos son: tipo de bien que se comercializa (bienes de capital, materias primas y suministros utilizados en la producción, y otros bienes para ser revendidos); tipo de cliente (otros comerciantes, distribuidores, fabricantes o productores de bienes y servicios), y el preponderante, que es la forma de comercializar (las unidades operan desde una bodega u oficina de ventas, tienen poca o nula exhibición de mercancías, atraen clientes generalmente por vía telefónica, mercadeo personalizado o por medio de publicidad especializada a través de medios electrónicos, ferias y exposiciones; ni el diseño ni la ubicación de las unidades económicas tienen el propósito de proporcionar acceso al público en general).

En este sector se clasifican siempre, independientemente de la forma en que comercializan, las unidades económicas que tienen como actividad principal el comercio de: cueros y pieles, materias primas para el curtido y para la elaboración de los productos de cuero y piel; fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra; medicamentos veterinarios y alimentos para animales (excepto para mascotas); ganado y aves en pie; productos químicos para la industria farmacéutica y para otro uso industrial; envases en general, papel y cartón para la industria; equipo y material eléctrico; materiales de desecho; maquinaria y equipo (agropecuario, forestal, para la pesca, construcción, minería, industria manufacturera); mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio; mobiliario y equipo de oficina; maquinaria y equipo para otros servicios y para actividades comerciales; camiones; madera para la construcción y la industria; materiales metálicos para la manufactura y la construcción; comercio especializado de material para la construcción, como cemento, tabique, grava, productos de asfalto, láminas de cartón, asbesto o acrílico, aislantes térmicos, tablarroca; comercio especializado de artículos y accesorios para diseño y pintura artística.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“comercio al por mayor”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco
- Comercio al por mayor de productos textiles y calzado
- Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca
- Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho
- Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general
- Comercio al por mayor de camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones

Mapa 3.3 *Densidad de Giros Comercio al por Mayor*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Para el giro de comercios al por mayor, observamos que se distribuyen ampliamente en el municipio, teniendo una mayor concentración de unidades economicas en la proción sur del territorio, lo que concuerda con la zona de la central de abastos, representando hasta 25 UE.

(2) Comercio al por menor

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la compra-venta (sin transformación) de bienes para el uso personal o para el hogar para ser vendidos a personas y hogares, aunque en algunas ocasiones esos productos también se comercializan a negocios, como el comercio de gasolina o de automóviles. Comprende también unidades económicas dedicadas a revender mercancías sin haberlas comprado, es decir, las reciben de otras unidades económicas con las cuales comparten la misma razón social.

También se clasifican en este sector las unidades económicas dedicadas principalmente al comercio al por menor de productos propios exclusivamente a través de internet de negocios a consumidores; a actuar como intermediarias de negocios a consumidores y entre consumidores en la compra o venta de productos exclusivamente a través de internet; a la venta por televisión, y al comercio al por menor mediante la utilización de alguno de los siguientes métodos:

. Comercio de productos a través de máquinas expendedoras;
a. Comercio puerta por puerta;
b. Comercio por catálogo;
c. Comercio multinivel;
d. Comercio con demostración de productos en hogares;
e. Telemercadeo con ventas vía telefónica.

Los comercios al por menor son conocidos como tiendas, farmacias, supermercados, minisupers, ferreterías, tlapalerías, o derivan su nombre de los productos que comercializan.

Los comercios al por menor pueden proporcionar servicios adicionales a la venta de los bienes, como empacado, envasado y entrega a domicilio.

La construcción de este sector se basó en el análisis de tres componentes en conjunto, éstos son: tipo de bien que se comercializa (bienes para el uso personal o para el hogar); tipo de cliente (personas y hogares), y el preponderante, que es la forma de comercializar [“lucen como tiendas”, es decir, tienen acceso al público en general (se trata de lugares de venta abiertos al público) y extensa exhibición de mercancías para facilitar a los clientes la selección de las mismas (mercancías disponibles a través de dependientes, mercancías presentadas en aparadores, salas de exhibición, unidades económicas con pasillos que permiten al cliente transitar para elegir su mercancía), atraen clientes por la ubicación y diseño del establecimiento, hacen publicidad masiva por medio de volantes, prensa, radio, televisión, etcétera].

En este sector se clasifican siempre, independientemente de la forma en que comercializan, las unidades económicas que tienen como actividad principal el comercio de lentes; artículos ortopédicos; instrumentos musicales; mascotas; regalos; artículos religiosos; artesanías; ataúdes; pañales desechables; muebles para el hogar; muebles para jardín; cristalería, loza y utensilios de cocina; artículos para la decoración de interiores (alfombras, tapices y similares; plantas y flores naturales; antigüedades y obras de arte; lámparas ornamentales y candiles); artículos para la limpieza (excepto papel higiénico, detergentes y jabones); artículos para albercas; artículos usados; automóviles y camionetas; partes y refacciones usadas para automóviles, camionetas y camiones; llantas y cámaras para automóviles, camionetas y camiones; motocicletas y otros vehículos de motor; gas L.P. en cilindros, para tanques estacionarios y en estaciones de carburación; gas natural vehicular en estaciones de gas natural vehicular; el comercio en farmacias, supermercados, minisupers, tiendas departamentales, ferreterías y tlapalerías, y materiales para la construcción en tiendas de autoservicio.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“comercio al por menor”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco
- Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales
- Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado
- Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud
- Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal
- Comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados
- Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios
- Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes
- Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares

Mapa 3.4 *Densidad de Giros Comercio al por Menor*

Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Por su parte el comercio al por menor se encuentra distribuido en casi la totalidad de la aglomeración urbana, concentrándose evidentemente el mayor número de unidades económicas al Noroeste del territorio, con una densidad de hasta 37 unidades.

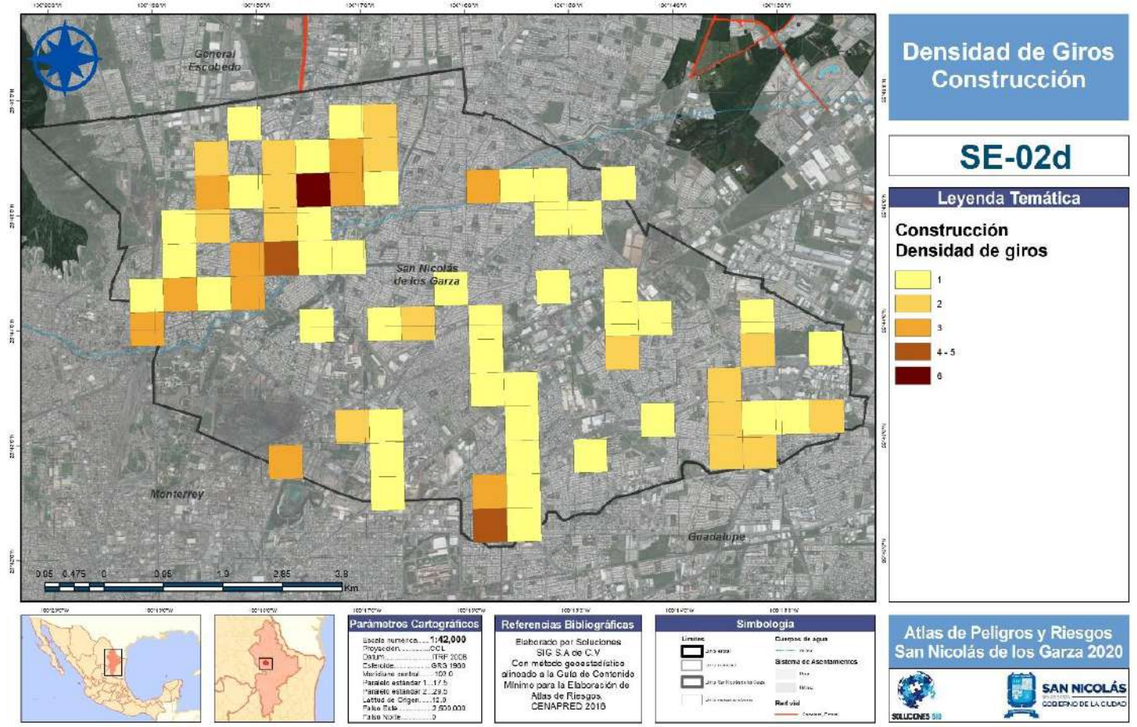
(3) Construcción

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la edificación; a la construcción de obras de ingeniería civil; a la realización de trabajos especializados de construcción como preparación de terrenos, y a la supervisión de la construcción de las obras con la finalidad de que se respeten los tiempos programados, así como la calidad conforme a lo estipulado y la reglamentación vigente (las unidades que supervisan no construyen ni son responsables del proyecto de construcción).

Existen diferencias sustanciales en las clases de equipo, habilidades de la fuerza laboral y otros insumos requeridos por las unidades económicas en este sector. Para resaltar esas diferencias y las variaciones subyacentes en la función de producción, este sector está dividido en tres subsectores. Las unidades económicas se dividen inicialmente en dos tipos: aquellas que se hacen cargo de proyectos para cuya realización se requieren varias actividades de construcción diferentes y las que se especializan en una sola actividad. Las unidades económicas dedicadas principalmente a la edificación están separadas, a su vez, en edificación residencial y no residencial y se clasifican en el subsector 236, Edificación; en el subsector 237, Construcción de obras de ingeniería civil, se clasifica la construcción de obras de ingeniería civil y los trabajos especializados que requieren habilidades y equipo específicos para obras de ingeniería civil, y en el subsector 238, Trabajos especializados para la construcción, se clasifican las unidades económicas dedicadas principalmente a actividades especializadas necesarias en la construcción de todo tipo de edificios y estructuras, como albañilería, pintura o trabajo eléctrico.

Las unidades económicas en el sector de la construcción pueden operar por cuenta propia o bajo un contrato con otra unidad económica o con los dueños de la propiedad. Pueden producir proyectos completos o solamente partes de los proyectos. Las unidades económicas frecuentemente subcontratan algunos o todos los trabajos involucrados en un proyecto, o trabajan juntas en asociaciones. En este sector se clasifica la construcción nueva, ampliación, remodelación, mantenimiento o reparación de las construcciones.

Mapa 3.5 *Densidad de Giros Construcción*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Para giros de construcción tenemos pocos sitios, observamos una densidad de hasta 6 UE, el giro de contrucción representa apenas el 1% del total, la mayor concentración se tiene en la parte noroeste del municipio.

(4) Industria Manufacturera

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Asimismo, se incluye aquí la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes. El trabajo de transformación se puede realizar en sitios como plantas,

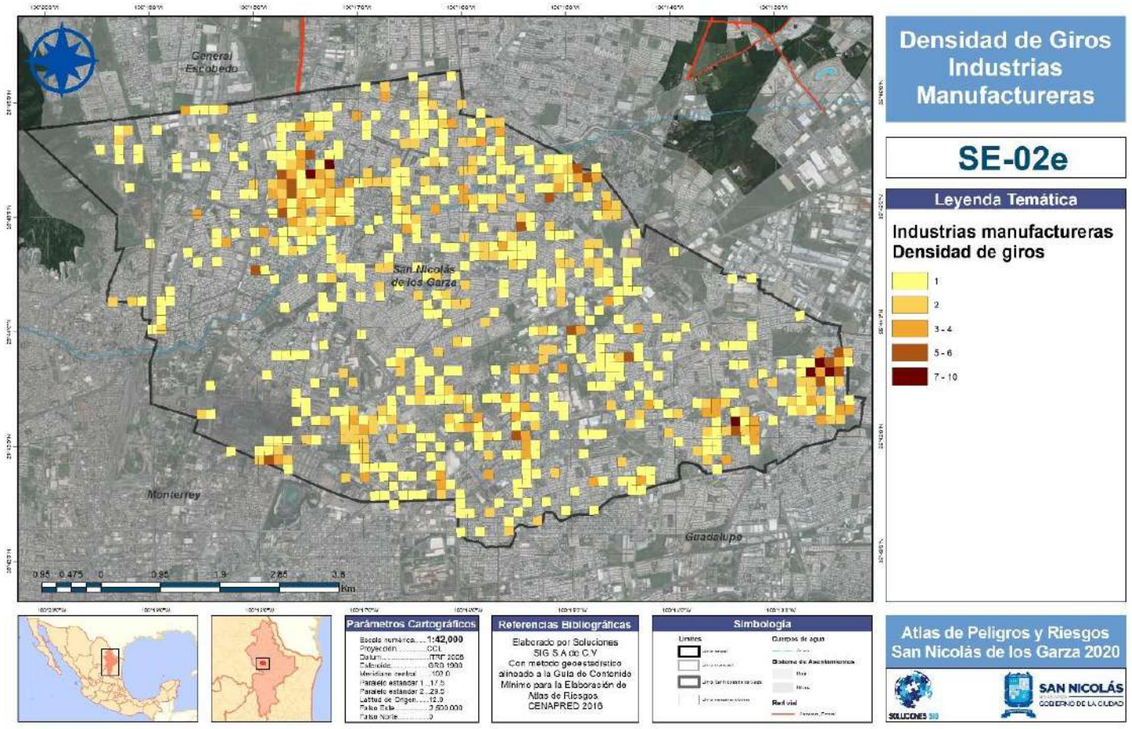
fábricas, talleres, maquiladoras u hogares. Estas unidades económicas usan, generalmente, máquinas accionadas por energía y equipo manual.

El criterio para clasificar la fabricación de “partes” de algún producto es, en primer lugar, localizar si hay una categoría específica en la que se clasifique la fabricación de la “parte”, si no la hay, entonces la fabricación de la parte se clasificará en la categoría donde se fabrica el producto completo.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“industria ligera”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Industrias manufactureras
    - Industria alimentaria
    - Industria de las bebidas y del tabaco
    - Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles
    - Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
    - Fabricación de prendas de vestir
    - Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
    - Industria de la madera
    - Industria del papel
    - Impresión e industrias conexas
    - Industria del plástico y del hule
    - Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
    - Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
    - Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
    - Fabricación de muebles, colchones y persianas
    - Otras industrias manufactureras
        - Fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio, y artículos oftálmicos
        - Metalistería y joyería
        - Fabricación de artículos deportivos
        - Fabricación de juguetes
        - Fabricación de artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina
        - Fabricación de anuncios y señalamientos

Mapa 3.6 *Densidad de Giros Industrias Manufactureras*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Las industrias manufactureras se distribuyen ampliamente en el municipio de San Nicólas, tambien tenemos la mayor concentración en la parte noroeste y este del territorio, con hasta 10 unidades ecónomicas, este giro representa el 8% de la totalidad.

(5) Información en medios masivos

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a producir, administrar, explotar o distribuir productos protegidos por la ley de derechos de autor. En él se distinguen tres tipos de unidades económicas: 1) las dedicadas a la producción, manejo y distribución de información y productos culturales (que son aquellos que expresan directamente actitudes, opiniones, ideas, valores y creatividad artística; proporcionan entretenimiento e información); 2) las que proporcionan los medios para transmitir o distribuir estos productos, la información o las comunicaciones, y 3) las que procesan información.

Los productos informativos y culturales, y los procesos involucrados en su producción y distribución tienen características únicas:

1. La “información o producto cultural”, como un periódico en línea o un programa de televisión, no necesariamente tiene cualidades tangibles ni está asociada forzosamente con una forma particular de distribución, debido al mejoramiento de las tecnologías de información se ha revolucionado la distribución de estos productos, por ejemplo, una película puede ser exhibida en un cine, transmitida por televisión abierta, o mediante un servicio solicitado por el cliente en la modalidad de pago por evento, o alquilada en un centro de videos; una grabación

sonora puede ser transmitida al aire por radio, fijada en productos multimedia o vendida en una tienda de discos; un periódico puede ser vendido en un puesto de periódicos o distribuido en línea. La expansión de las actividades de los operadores de telecomunicaciones y proveedores de acceso a internet refleja el importante papel que desempeñan al hacer accesible al público en general los productos informativos y culturales.

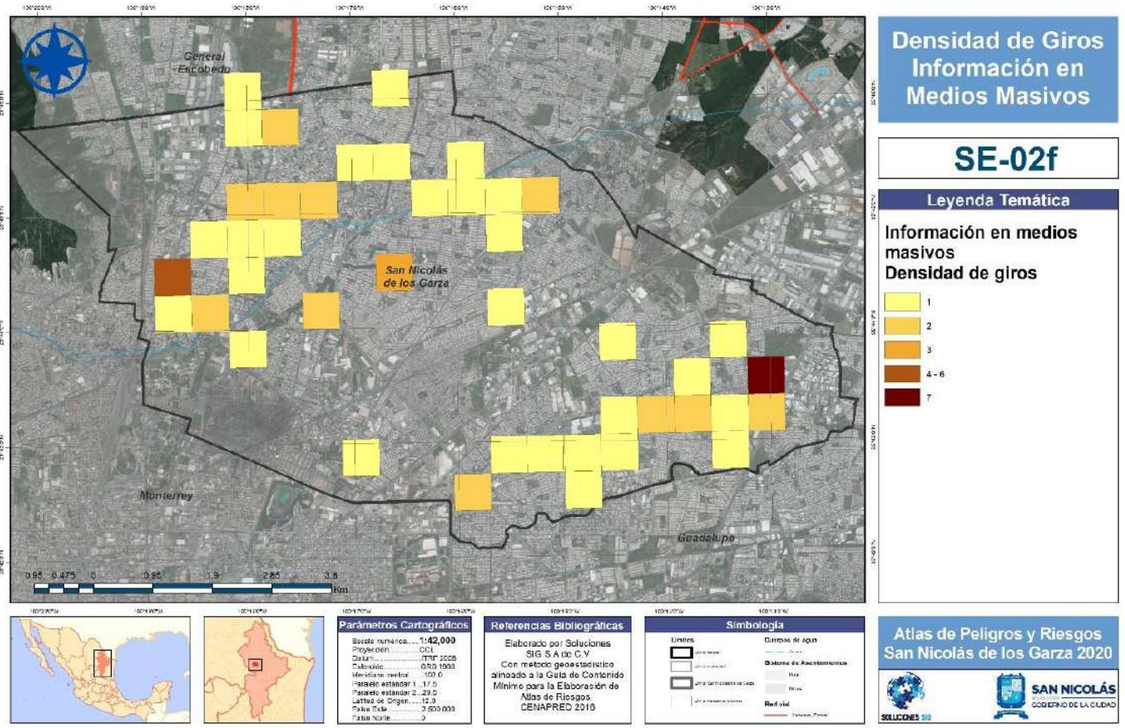
2. La entrega de estos productos no requiere contacto directo entre el proveedor y el consumidor.

3. Para el consumidor, el valor de estos productos no radica en sus cualidades tangibles sino en su contenido informativo, educativo, cultural o de entretenimiento.

4. Los productos informativos y culturales se pueden reproducir fácilmente. Se encuentran protegidos por la ley de derechos de autor. Sólo aquellos que poseen los derechos de estos trabajos están autorizados a reproducirlos, modificarlos, mejorarlos, distribuirlos y exhibirlos. Los derechos de autor se aplican a toda obra original literaria, dramática, musical y artística, incluso a bancos de datos y programas de computación.

5. Los distribuidores de productos informativos y culturales pueden agregar valor fácilmente a los productos que distribuyen. Por ejemplo, quienes transmiten por radio o televisión, agregan publicidad que no estaba contenida en el producto original. Esta capacidad significa que, a diferencia de los distribuidores tradicionales, ellos obtienen sus ganancias no de la venta del producto distribuido al consumidor final, sino de quienes pagan por el privilegio de agregar información al producto original. En forma semejante, un editor de bases de datos puede adquirir los derechos de miles de artículos previamente publicados en diarios y publicaciones periódicas y agregarles nuevo valor al seleccionar y organizar la información y diseñar un software que facilite su consulta."

Mapa 3.7 *Densidad de Giros Información en Medios Masivos.*

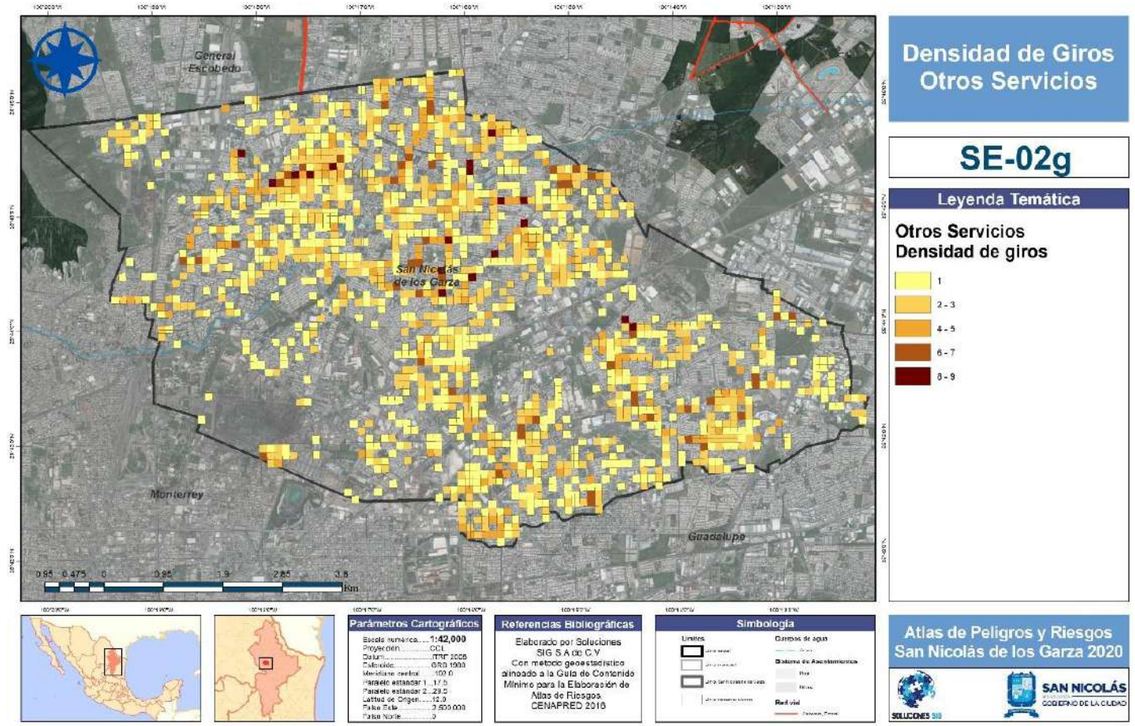


Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Los giros de información de medios masivos, tienen su mayor concentración al el este y oeste del municipio, con un máximo de 7 unidades economicas.

(6) Otros Servicios

Mapa 3.8 *Densidad de Giros Otros Servicios*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

La mayor parte de estos se concentra en la zona norte de la ciudad y la zona centro, cabe resaltar que esta categoria excluye a los servicios de tipo gubernamentales. Tenemos hasta 9 unidades economicas, para el municipio de San Nicólas representa el 19% del total.

(7) Servicios Hoteleros y Restauranteros

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios de alojamiento temporal en hoteles, moteles, hoteles con casino, cabañas, villas y similares, campamentos y albergues recreativos; casas de huéspedes, pensiones y departamentos amueblados con servicios de hotelería; a la preparación de alimentos y bebidas para consumo inmediato en las instalaciones de la unidad económica o para llevar; a la preparación de alimentos por encargo, y a la preparación y servicio de bebidas alcohólicas para consumo inmediato.

En su mayoría, el criterio rector para diferenciar las ramas de este sector fue considerar el tipo de instalación (hoteles con o sin instalaciones para brindar otros servicios integrados; servicios de alojamiento en cabañas, campamentos, pensiones; preparación de alimentos en restaurantes, en unidades móviles). Adicionalmente, en el subsector de preparación de alimentos, se consideró el hecho de que las unidades económicas de la primera rama

preparan alimentos por encargo, en la segunda se clasifican sólo unidades económicas especializadas en la preparación de bebidas alcohólicas, y en la última se tiene a las que preparan alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas para su consumo inmediato en las instalaciones de la unidad económica o para llevar.

El término “restaurante” se utiliza en forma genérica en el subsector de preparación de alimentos, entendiendo por “restaurante” un sitio en el que se preparan alimentos y bebidas directamente al cliente para que los consuma de manera inmediata en el lugar o para llevar listos para comerse."

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema “recreacion y deporte” se consideraron las actividades económicas siguientes:

f. Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
g. Compañías y grupos de espectáculos artísticos
h. Deportistas y equipos deportivos profesionales
i. Agentes y representantes de artistas, deportistas y similares
j. Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos

- Parques con instalaciones recreativas y casas de juegos electrónicos
- Casinos, loterías y otros juegos de azar
- Otros servicios recreativos

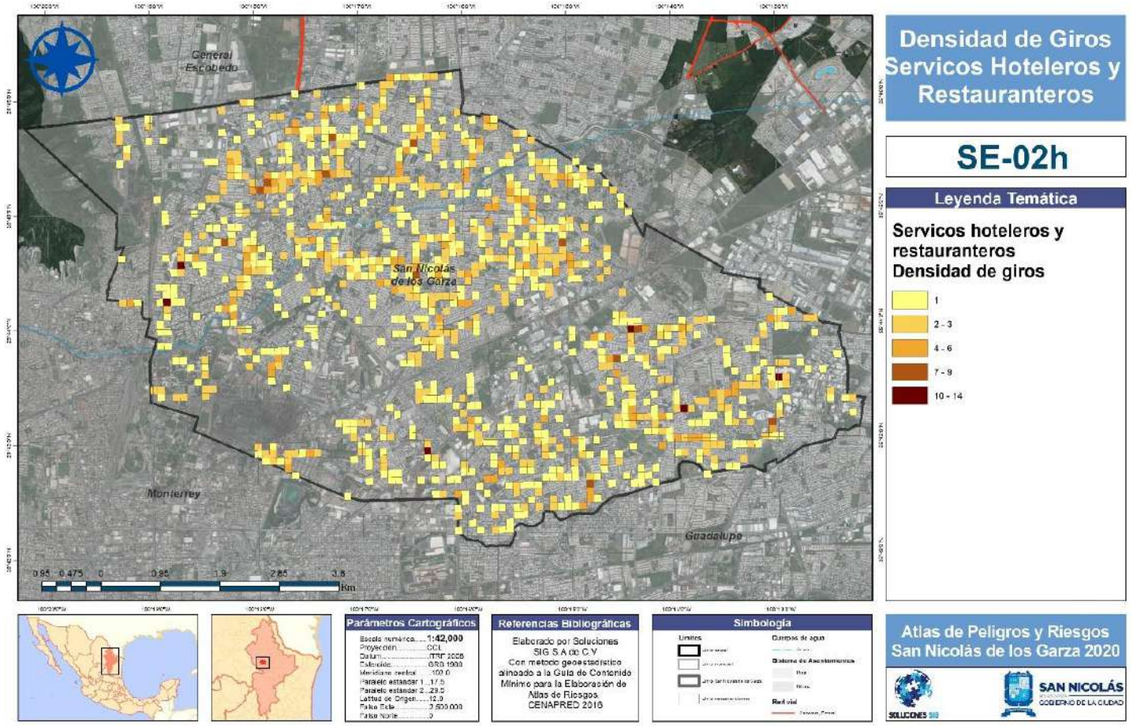
k. Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
l. Servicios de alojamiento temporal

- Hoteles, moteles y similares
- Campamentos y albergues recreativos

m. Servicios de preparación de alimentos y bebidas

- Centros nocturnos, bares, cantinas y similares
- Servicios de preparación de alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas

Mapa 3.9 *Densidad de Giros Servicios Hoteleros y Restauranteros*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Los servicios hoteleros y restauranteros tambien se distribuyen ampliamente por todo el municipio, las zonas con mayor densidad tienen hasta 14 UE, esta actividad representa el 14% del totla municipal.

(8) Servicios de esparcimiento culturales y deportivos

Este sector comprende tres subsectores, con unidades económicas dedicadas principalmente a los servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos.

Las unidades económicas que se clasifican en el subsector Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados se dedican principalmente a la producción, promoción y presentación de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares; a la representación y administración de artistas, deportistas y similares, y a la creación y producción, por cuenta propia, de trabajos artísticos y culturales o a proveer la experiencia técnica necesaria para realizar dichos trabajos.

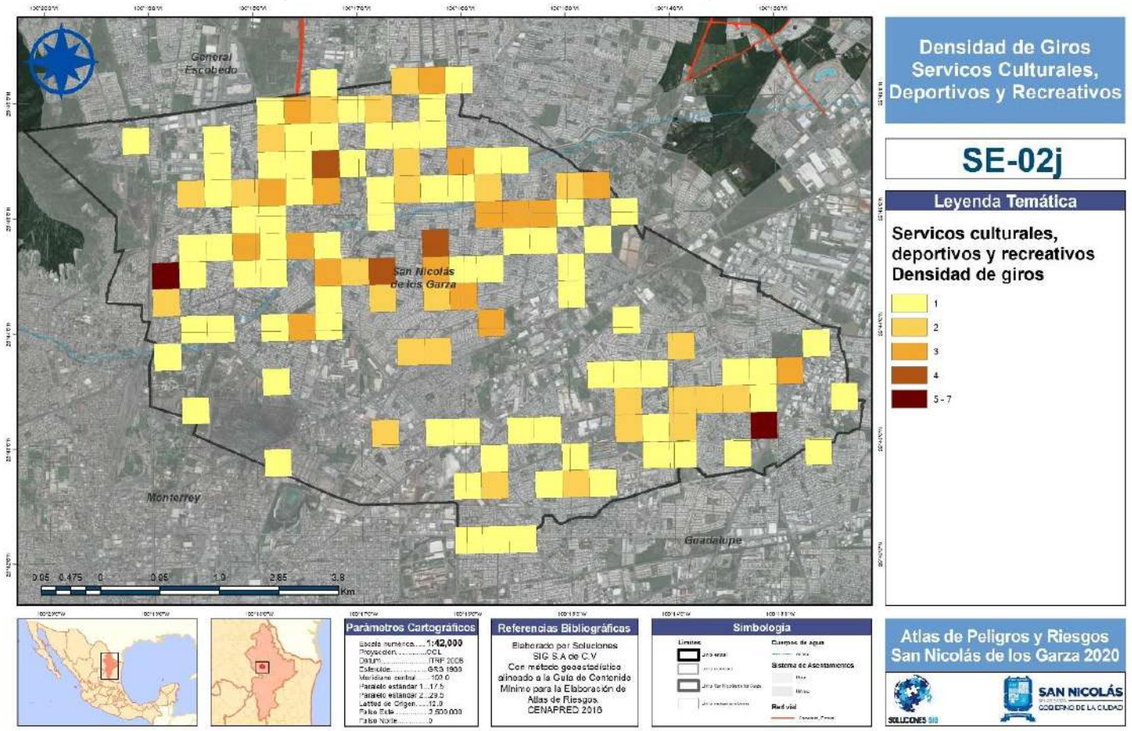
El subsector Museos, sitios históricos, zoológicos y similares agrupa unidades económicas que se dedican principalmente a exhibir colecciones de carácter artístico, científico, histórico y en general de valor cultural; a exhibir plantas y animales salvajes vivos; a hacer posible el acceso del público a edificios históricos, zonas arqueológicas y otros lugares de interés histórico, y a hacer posible el acceso del público a zonas naturales y otros sitios del patrimonio cultural de la nación.

En el subsector Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos se clasifican las unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios de entretenimiento en instalaciones equipadas para la práctica de actividades deportivas y otras de tipo recreativo.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“cultura y religión”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
- Servicios artísticos, culturales y otros servicios relacionados
- Promotores de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares
- Artistas, escritores y técnicos independientes
- Museos, sitios históricos, zoológicos y similares
- Parques naturales y otros sitios del patrimonio cultural de la nación
- Otros servicios excepto actividades gubernamentales
- Asociaciones y organizaciones
- Asociaciones y organizaciones religiosas, políticas y civiles
- Asociaciones y organizaciones religiosas
- Asociaciones y organizaciones civiles

Mapa 3.10 *Densidad de Giros Servicios Culturales, Deportes y Recreativos.*



Fuente*: Censo Económico 2019, INEGI*

La mayor concentracion de giros recreativos, deportivos y culturales, se encuentra en la zona norte de la mancha urbana, con una densidad de 7 unidades econimocas.

(9) Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación

Este sector comprende dos subsectores que agrupan unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios de apoyo a los negocios, y manejo de residuos y servicios de remediación. Las unidades económicas que se clasifican en el primer subsector proporcionan servicios que por lo regular son parte integral de las actividades de las unidades económicas que se encuentran en todos los sectores de la economía, como: administración de negocios, contratación y colocación de personal, preparación de documentos, fotocopiado, fax, acceso a computadoras y afines, recepción de llamadas telefónicas, cobranza, organización de viajes, vigilancia y seguridad, limpieza de inmuebles, y empacado y etiquetado de bienes propiedad de terceros. Estas unidades económicas se especializan en una o más de las actividades de apoyo y pueden, por lo tanto, proporcionar servicios a clientes de todos los sectores económicos y, en algunos casos, a hogares.

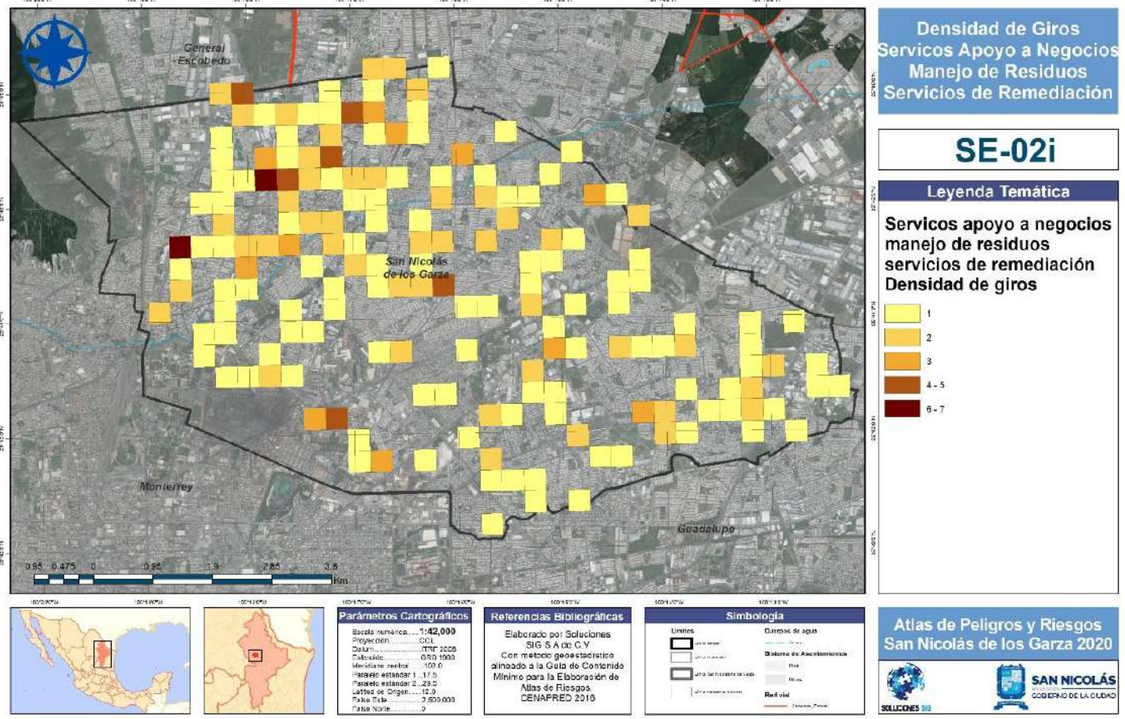
Las unidades económicas del sector privado que se clasifican en el segundo subsector están dedicadas a proporcionar servicios de manejo de residuos y de remediación a zonas dañadas por materiales o residuos peligrosos, o residuos no peligrosos, como recolección de residuos, tratamiento de residuos peligrosos, disposición de residuos, recuperación y clasificación de materiales reciclables no peligrosos, y rehabilitación y limpieza de zonas contaminadas.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“sanitario”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Manejo de residuos, y servicios de remediación
  - Recolección de residuos
    - Recolección de residuos peligrosos
    - Recolección de residuos no peligrosos
  - Tratamiento y disposición final de residuos
    - Tratamiento y disposición final de residuos peligrosos
    - Tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos
  - Servicios de remediación, recuperación, y otros servicios de manejo de residuos
    - Servicios de remediación
    - Recuperación de residuos
    - Otros servicios de manejo de residuos

En el mapa equipamiento sanitario se pueden observar diversos puntos de concertación, principalmente en los puntos Pueblo San Lorenzo Tezonco, Consejo Agrarista Mexicano II, Zacahuitzco y Barrio San Lucas.

Mapa 3.11 *Densidad de Giros de Servicio de apoyo a negocios*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

Esta actividad es importanet en el municipio para el manejo de sustancias diversas, la mayor concentración se tiene en la zona noroeste de San Nicólas de los Garza, con una densidad de hasta 7 unidades económicas.

(10) Salud y Asistencia Social

Este sector comprende unidades económicas dedicadas a proporcionar servicios de cuidados de la salud y asistencia social.

La función de producción de las actividades económicas incluidas en este sector tiene como componente muy importante el capital humano: una característica común a todas las actividades de este sector es el requisito de conocimientos y experiencia por parte de quienes las desarrollan. Muchas de las actividades económicas de este sector fueron definidas con base en el nivel de estudios del personal que lleva a cabo tales actividades. Otro componente importante de la función de producción son las instalaciones y el equipo con que deben contar las unidades económicas.

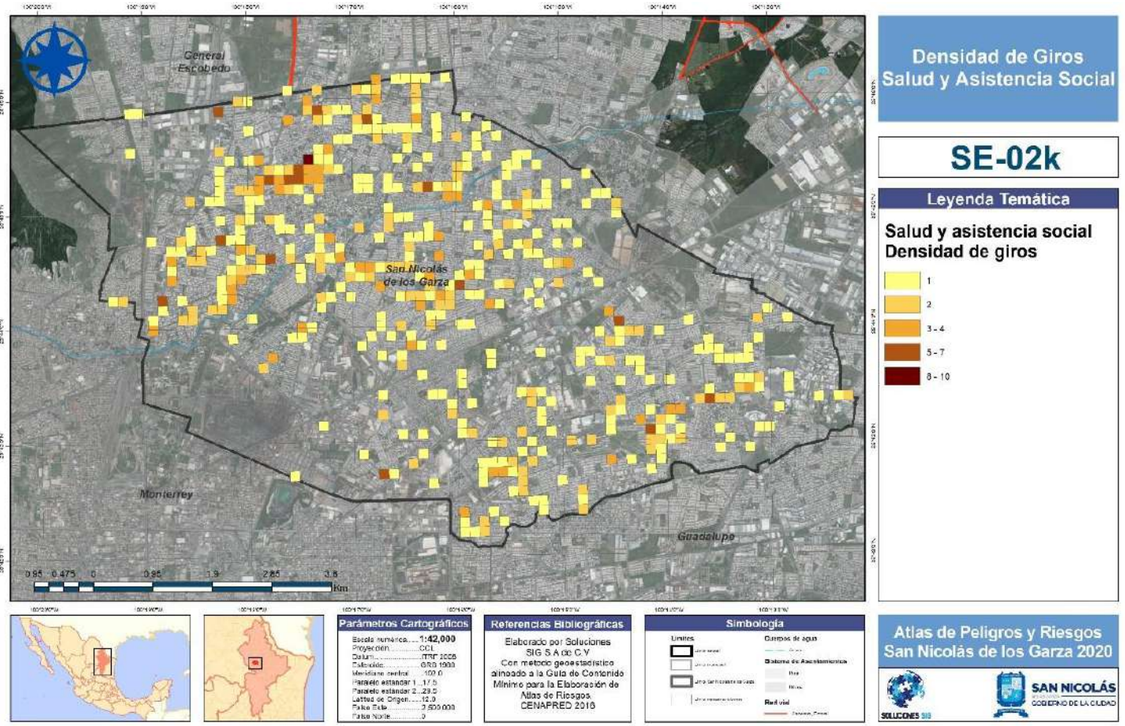
Los servicios de salud y de asistencia social se conjuntan en un solo sector debido a que es difícil distinguir los límites entre el cuidado de la salud y la asistencia social.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *"salud y asistencia social"* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios de salud y de asistencia social
- Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados
- Consultorios médicos
- Consultorios de medicina general del sector privado
- Consultorios de medicina general del sector público
- Consultorios de medicina especializada del sector privado
- Consultorios de medicina especializada del sector público
- Clínicas de consultorios médicos del sector privado
- Clínicas de consultorios médicos del sector público
- Consultorios dentales
- Consultorios dentales del sector privado
- Consultorios dentales del sector público
- Otros consultorios para el cuidado de la salud
- Consultorios de quiropráctica
- Consultorios de optometría
- Consultorios de psicología
- Consultorios de audiología y de terapia ocupacional, física y del lenguaje
- Consultorios de nutriólogos y dietistas
- Centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización
- Centros de planificación familiar
- Centros de atención médica externa para enfermos mentales y adictos
- Otros centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización
- Laboratorios médicos y de diagnóstico
- Servicios de enfermería a domicilio
- Servicios de ambulancias, de bancos de órganos y otros servicios auxiliares al tratamiento médico
- Hospitales
- Hospitales generales
- Hospitales psiquiátricos y para el tratamiento por adicción
- Hospitales de otras especialidades médicas
- Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud
- Residencias con cuidados de enfermeras para enfermos convalecientes, en rehabilitación, incurables y terminales
- Residencias para el cuidado de personas con problemas de retardo mental, trastorno mental y adicciones
- Asilos y otras residencias para el cuidado de ancianos
- Orfanatos y otras residencias de asistencia social
- Otros servicios de asistencia social
- Servicios de orientación y trabajo social
- Servicios de orientación y trabajo social para la niñez y la juventud
- Centros de atención y cuidado diurno de ancianos y personas con discapacidad
- Otros servicios de orientación y trabajo social
- Agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones
- Otros servicios de orientación y trabajo social prestados por el sector privado
- Otros servicios de orientación y trabajo social prestados por el sector público

- Servicios comunitarios de alimentación, refugio y emergencia
- Servicios de alimentación comunitarios
- Refugios temporales comunitarios
- Servicios de emergencia comunitarios
- Servicios de capacitación para el trabajo para personas desempleadas, subempleadas o con discapacidad
- Guarderías
- Guarderías del sector privado
- Guarderías del sector público

Mapa 3.12 *Densidad de Giros Salud y Asistencia Social.*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

La mayor densidad para servicios de salud y asistencia social, se tiene en la parte noreste del municipio, con una densidad de hasta 10 unidades económicas.

(11) Educación

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a ofrecer servicios de enseñanza y capacitación en una gran variedad de materias. Estas unidades económicas (como escuelas, colegios, universidades, academias, centros de entrenamiento o capacitación) pueden ser privadas —con o sin fines lucrativos— o públicas, y pueden ofrecer también servicios de alimentación o alojamiento para sus alumnos.

Los lugares donde se ofrece la instrucción son diversos y van desde las instituciones educativas y centros de entrenamiento hasta el hogar, a través de correspondencia, televisión u otros medios. Todas las categorías definidas en este sector tienen algo en común en cuanto a sus procesos de producción: capital humano —maestros e instructores— con conocimiento sobre una materia determinada y con aptitudes para la enseñanza.

Para estructurar este sector se consideraron los siguientes criterios: el nivel de enseñanza y el tipo de servicios educativos. De acuerdo con el nivel de enseñanza se encuentran las escuelas de educación preescolar, primaria, secundaria, media, técnica superior y superior, que corresponden a niveles educativos seriados entre sí, reconocidos formalmente mediante certificados, títulos, diplomas y grados. El resto de las categorías se basan en el tipo de instrucción o entrenamiento ofrecido y los niveles no siempre se hallan formalmente definidos. Los establecimientos están a menudo altamente especializados, algunos en un número muy limitado de materias, como puede ser la instrucción de un paquete de software para computadora. Dentro del sector, el nivel y los tipos de entrenamiento que se requieren para los instructores y maestros varían dependiendo de la instrucción que se quiera impartir.

Por educación formal se entiende la enseñanza impartida en instituciones educativas que constituyen una “escalera” de enseñanza de tiempo completo para niños y jóvenes, mientras que la educación no formal se puede impartir dentro o fuera de una unidad económica docente y está destinada a personas de cualquier edad. Los programas de educación no formal no siguen necesariamente el sistema de “escalera” y su duración es variable.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *“educación”* se consideraron las actividades económicas siguientes:

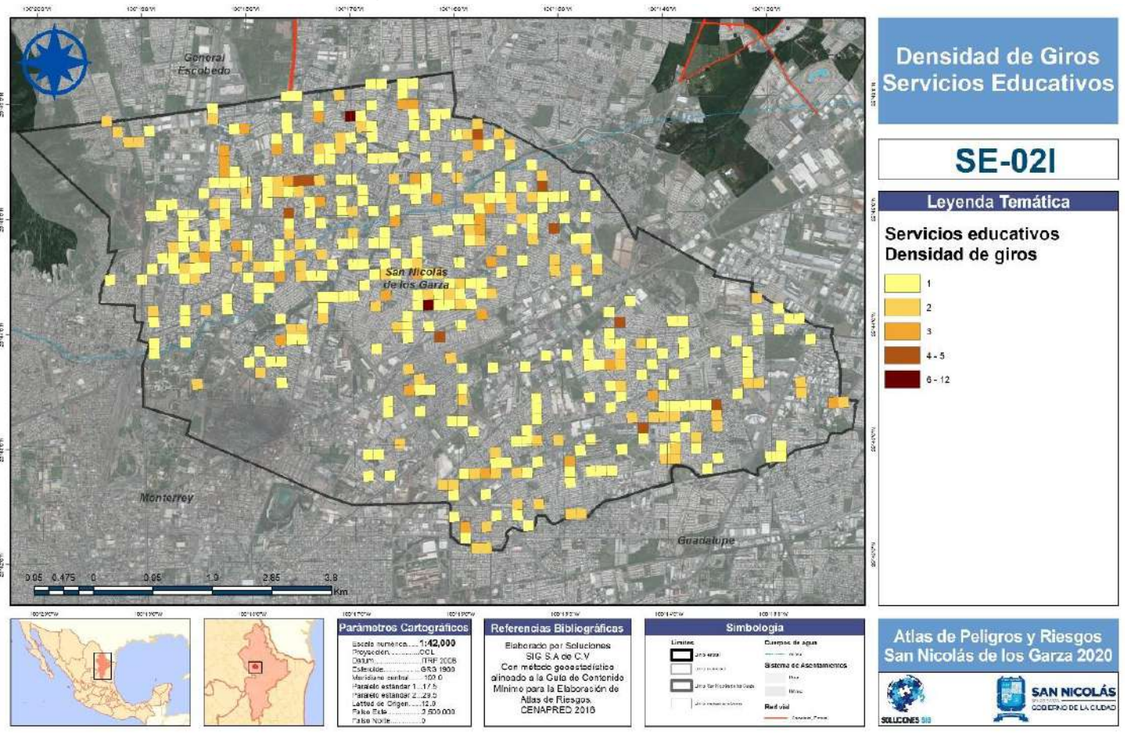
Servicios educativos

- Escuelas de educación básica, media y para necesidades especiales
    - Escuelas de educación preescolar
    - Escuelas de educación primaria
    - Escuelas de educación secundaria general
    - Escuelas de educación secundaria técnica
    - Escuelas de educación media técnica terminal
    - Escuelas de educación media superior
    - Escuelas que combinan diversos niveles de educación
    - Escuelas de educación para necesidades especiales
- Escuelas de educación técnica superior
    - Escuelas de educación técnica superior del sector privado
    - Escuelas de educación técnica superior del sector público
- Escuelas de educación superior
    - Escuelas de educación superior del sector privado
    - Escuelas de educación superior del sector público
- Escuelas comerciales, de computación y de capacitación para ejecutivos
    - Escuelas comerciales y secretariales
    - Escuelas de computación
    - Escuelas para la capacitación de ejecutivos
- Escuelas de oficios
    - Escuelas del sector privado dedicadas a la enseñanza de oficios
    - Escuelas del sector público dedicadas a la enseñanza de oficios
- Otros servicios educativos

- Escuelas de arte
- Escuelas de deporte
- Escuelas de idiomas
- Servicios de profesores particulares
- Otros servicios educativos proporcionados por el sector privado
- Otros servicios educativos proporcionados por el sector público

- Servicios de apoyo a la educación

Mapa 3.13 *Densidad de Giros Servicios Educativos.*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

(12) Servicios financieros y de Seguros

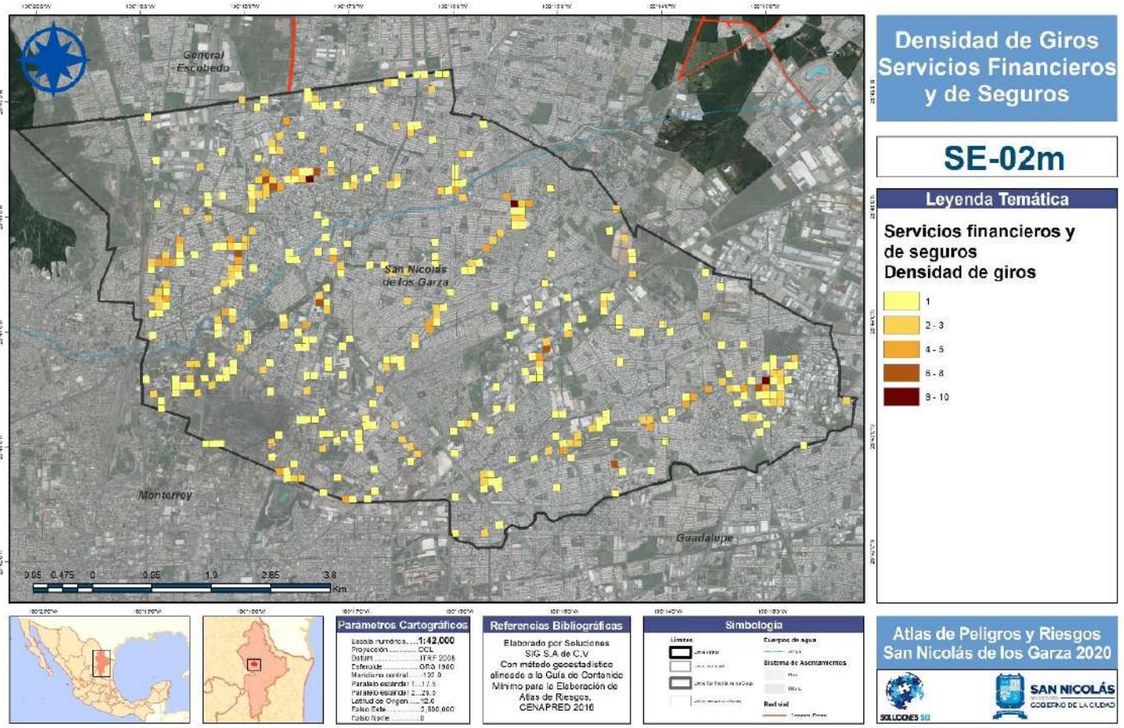
Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la regulación de la emisión y circulación de la moneda (Banca central); a la intermediación crediticia y financiera no bursátil; a las actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera; a la emisión de pólizas de seguros y suscripción de pólizas de fianzas; a proporcionar servicios relacionados con los seguros y fianzas; a la administración de fondos para el retiro, y sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro y fondos de inversión.

El sector fue estructurado con base en procesos de producción que se distinguen por el uso de capital y recursos humanos especializados, así como por la manera en que las unidades económicas adquieren y colocan capital financiero, su fuente de fondos y el uso de esos fondos.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *"servicios"* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios financieros y de seguros
- Banca central
- Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil
- Banca múltiple
- Instituciones financieras de fomento económico
- Uniones de crédito e instituciones de ahorro
- Otras instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil
- Servicios relacionados con la intermediación crediticia no bursátil
- Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera
- Casas de bolsa, casas de cambio y centros cambiarios
- Bolsa de valores
- Asesoría en inversiones y otros servicios relacionados con la intermediación bursátil
- Compañías de seguros, fianzas, y administración de fondos para el retiro
- Compañías de seguros y fianzas
- Agentes, ajustadores y gestores de seguros y fianzas
- Administración de fondos para el retiro
- Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro y fondos de inversión
- Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro
- Fondos de inversión
- Servicios de revelado e impresión de fotografías y otros servicios personales

Mapa 3.14 Densidad *de Giros Servicios Financieros de Seguros*



Fuente*: Censo Económico 2019, INEGI*

(13) Servicios Inmobiliarios y Alquiler de bienes muebles

Este sector comprende tres subsectores, que agrupan unidades económicas dedicadas principalmente a los servicios inmobiliarios, al alquiler de bienes muebles y al alquiler de bienes intangibles.

Las unidades económicas clasificadas en el primer subsector se dedican a actividades como el alquiler de viviendas, oficinas y locales comerciales, teatros y otras edificaciones, así como al alquiler de terrenos y a los servicios relacionados con los servicios inmobiliarios. Los bienes raíces se caracterizan por tener una ubicación física fija y alquilarse por periodos relativamente largos.

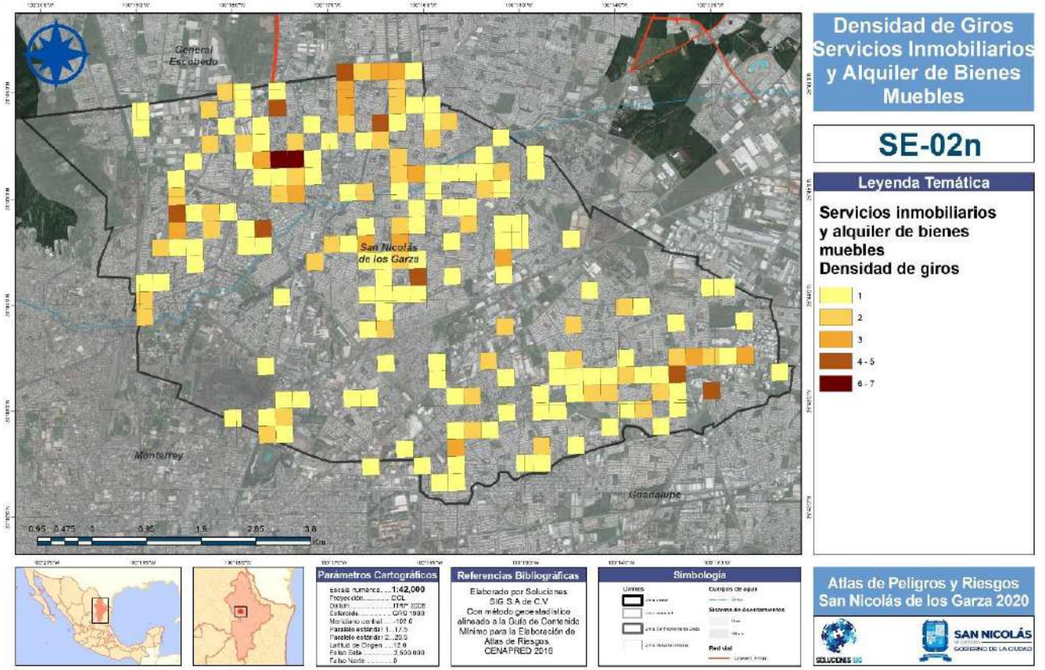
Las unidades económicas clasificadas en el subsector Servicios de alquiler de bienes muebles se dedican a actividades como el alquiler de automóviles, camiones y otros transportes terrestres; artículos para el hogar y personales, y maquinaria y equipo agropecuario, pesquero, industrial, comercial y de servicios.

En el subsector Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias, conformado por una sola rama, una subrama y una clase de actividad, los bienes alquilados son intangibles (como nombres e imágenes comerciales, diseños industriales, procedimientos y modos de operar) y su uso por terceros está sujeto a un pago. Los periodos en que un bien intangible se alquila pueden variar, aunque generalmente son largos. Las unidades económicas que se dedican a alquilar estos bienes se caracterizan por la vigilancia del uso del bien durante el alquiler del mismo, que es un proceso de producción que no está presente de la misma forma en los otros subsectores. La vigilancia protege al bien intangible; así, por ejemplo, en el caso de una franquicia, la falta de apego a las normas y procedimientos va en detrimento de la imagen del bien alquilado y, por lo tanto, de su valor.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *"servicios"* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
- Servicios inmobiliarios
- Alquiler sin intermediación de bienes raíces
- Inmobiliarias y corredores de bienes raíces
- Servicios de alquiler de bienes muebles
- Alquiler de automóviles, camiones y otros transportes terrestres
- Alquiler de artículos para el hogar y personales
- Centros generales de alquiler
- Alquiler de maquinaria y equipo agropecuario, pesquero, industrial, comercial y de servicios
- Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias

Mapa 3.15 Densidad *de Giros Servicios Inmobiliarios y Alquiler de Bienes Muebles.*5



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI*

(14) Servicios Profesionales, Científicos y Técnicos

Este sector comprende unidades económicas cuya actividad consiste en prestar servicios profesionales, científicos y técnicos. Estos servicios requieren conocimientos y habilidades especializados, por lo que el principal componente de la función de producción de las unidades económicas que forman este sector es, precisamente, el capital humano.

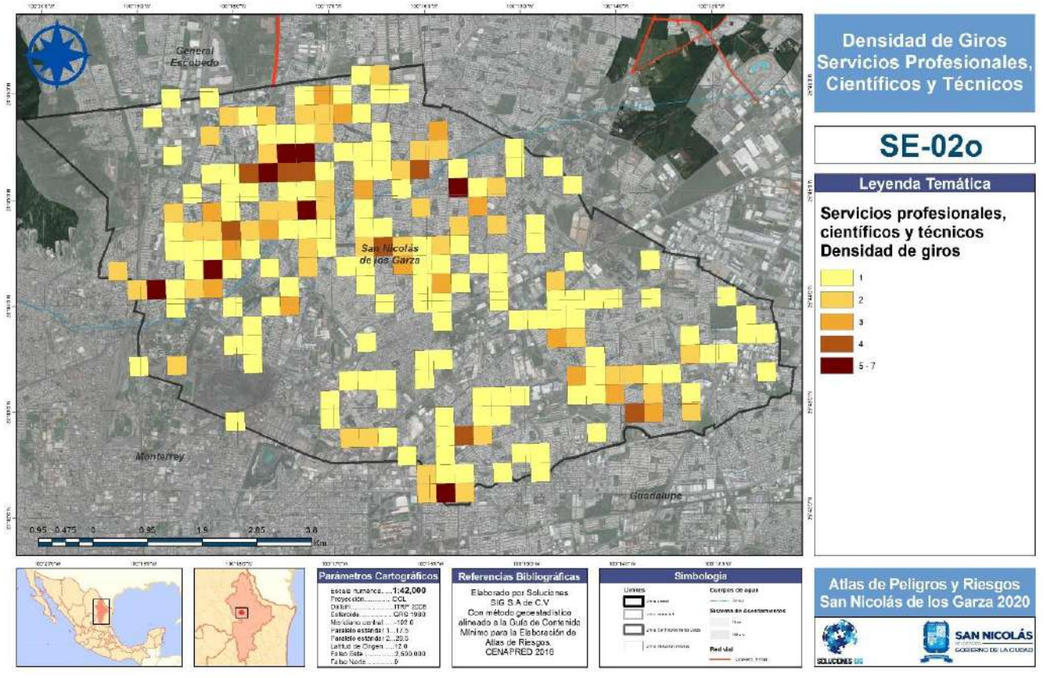
Las unidades económicas incluidas en este sector se dedican principalmente a proporcionar servicios legales, de contabilidad y auditoría, arquitectura e ingeniería, diseño especializado, diseño de sistemas de cómputo,

consultoría administrativa, científica y técnica, investigación científica y desarrollo, publicidad, investigación de mercados y encuestas de opinión pública, fotografía y videograbación, traducción e interpretación, servicios veterinarios, y otros servicios profesionales, científicos y técnicos.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al tema *"servicios"* se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios profesionales, científicos y técnicos
- Servicios legales
- Servicios de contabilidad, auditoría y servicios relacionados
- Servicios de arquitectura, ingeniería y actividades relacionadas
- Diseño especializado
- Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados
- Servicios de consultoría administrativa, científica y técnica
- Servicios de investigación científica y desarrollo
- Servicios de publicidad y actividades relacionadas
- Otros servicios profesionales, científicos y técnicos
- Servicios de fotografía y videograbación
- Servicios de traducción e interpretación
- Servicios veterinarios
- Otros servicios excepto actividades gubernamentales
- Servicios de reparación y mantenimiento
- Reparación y mantenimiento de automóviles y camiones
- Reparación y mantenimiento de equipo electrónico y de equipo de precisión
- Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo agropecuario, industrial, comercial y de servicios
- Reparación y mantenimiento de artículos para el hogar y personales
- Servicios personales
- Salones y clínicas de belleza, baños públicos y bolerías
- Lavanderías y tintorerías
- Servicios funerarios y administración de cementerios
- Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores
- Servicios de revelado e impresión de fotografías y otros servicios personales

Mapa 3.16 *Densidad de Giros Servicios Profesionales, Científicos y Técnicos.*



Fuente*: Censo Económico 2019, INEGI*

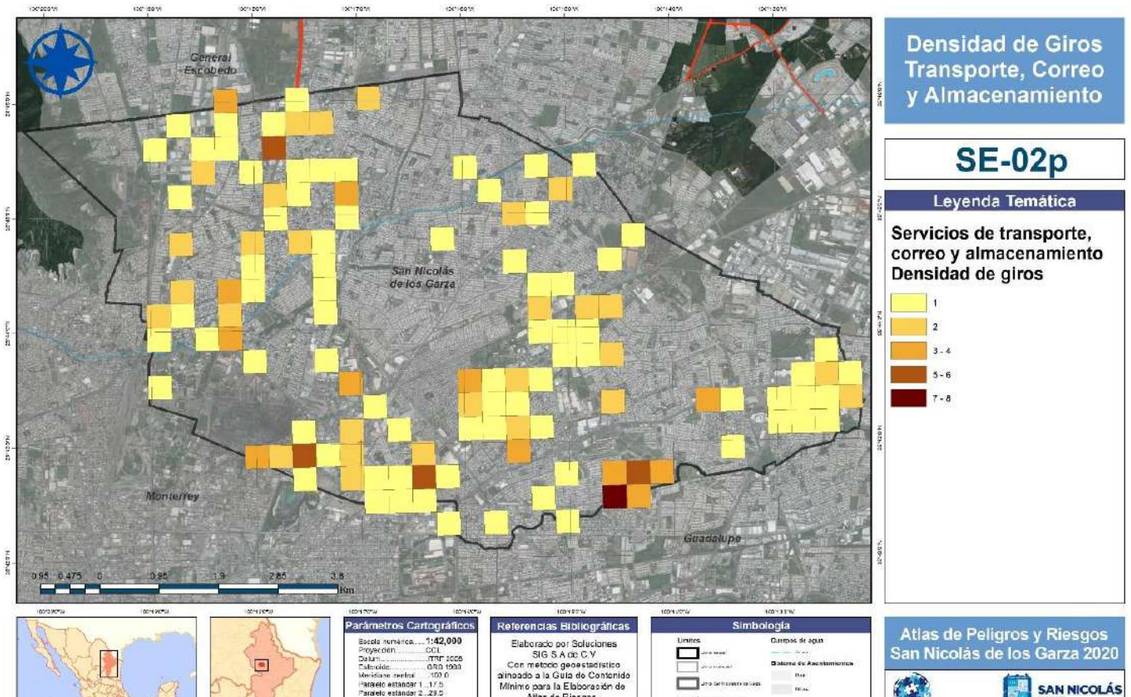
(15) Servicios de Transporte, Correo y Almacenamiento

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente al transporte de personas y de carga, a proporcionar servicios especializados relacionados directamente con el transporte, y al almacenamiento de bienes. En virtud de que las actividades de las oficinas postales y de las mensajerías consisten en transportar bienes, también fueron clasificadas en este sector.

Dentro del transporte, la desagregación se estableció según los diferentes modos de transporte: aéreo, ferroviario, por agua, autotransporte de carga, autotransporte de pasajeros, por ductos y turístico. Para el desglose de correos se diferencia el servicio postal tradicional, generalmente operado por el Estado, de los establecimientos de mensajería y paquetería. Por su parte, los almacenes y bodegas están subdivididos según el tipo de instalaciones con que operan. Una característica común a la mayoría de las unidades económicas de los subsectores de transportes y de correos es el hecho de que están estructuradas como redes, con instalaciones, trabajadores y actividades distribuidos a lo largo de extensas áreas geográficas.

Se considera como servicios relacionados con el transporte a los servicios especializados de apoyo para cada modo de transporte en particular, como los servicios a la navegación aérea, administración de puertos y muelles, administración de centrales camioneras, o bien pueden ser establecimientos que sirven a distintos modos de transporte, como agencias aduanales o servicios de intermediación para el transporte de carga. Asimismo, en los servicios relacionados con el transporte se clasifica a los servicios de reparación y mantenimiento de equipo de transporte, como actividades de limpieza exterior de aviones en el aeropuerto, de vagones y locomotoras en una terminal ferroviaria, o servicios de reparación, mantenimiento y conversión de barcos y yates que requieren tripulación.

Mapa 3.16 *Densidad de Giros Transporte, Correo y Almacenamiento*



Fuente*: Censo Económico 2019, INEGI*

2. Tipología Constructiva de Catastro

Con la información provista por la Dirección de Catastro y Obras Públicas del ayuntamiento, se clasificó la información de las construcciones del municipio, las cuales se construyeron a partir de la clasificación de insumos de percepción remota por la empresa CartoData y el personal de la dirección.

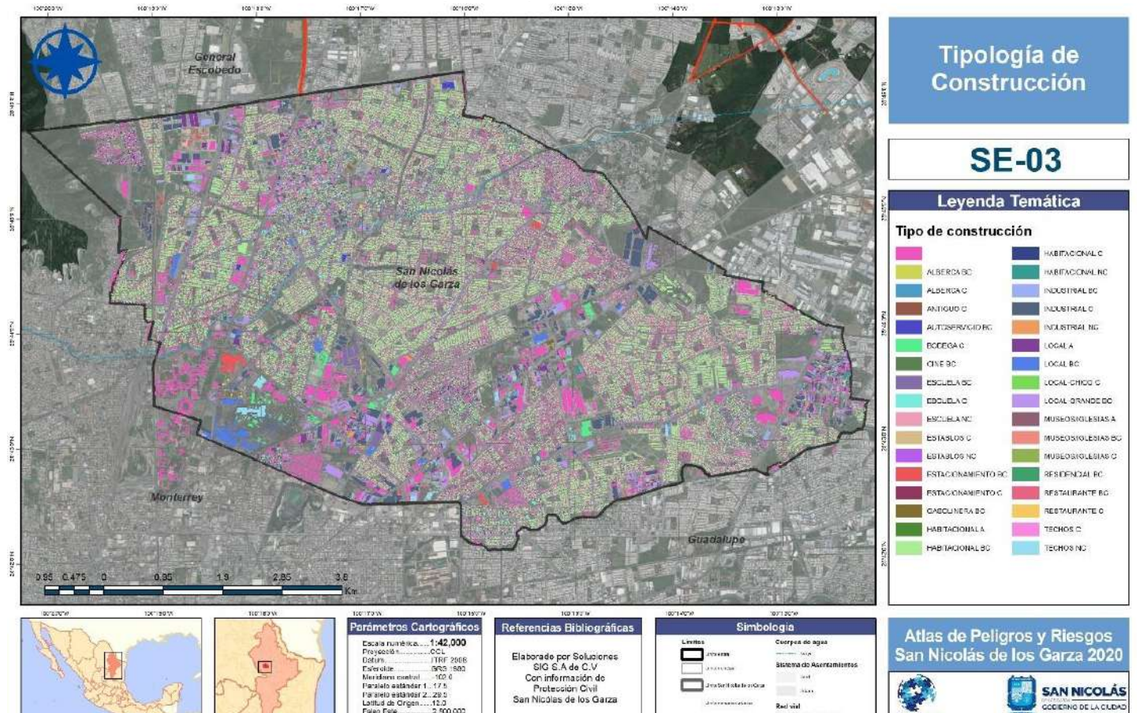
A través de vuelos LIDAR que se actualizan cada año y de fotos aéreas se clasifica el tipo de construcción, niveles y techumbres en el municipio, y se clasifican como lo establece el libro de Tipos y Valores Unitarios de Construcción 2017donde se genera una tipología de techos y construcciones aportando datos referentes a la calidad de la construcción.

La calidad de la construcción se tradujo en 4 claves tomando en cuenta los tipos establecidos en dicha fuente, y considerando la descripción del tipo y material constructivo que se establece por cada tipología;

Tabla. 3.1 *Calidad constructiva con base en Tipos y Valores Unitarios de Construcción 2017*

Clave	Descripción
BC	Construcciones bien consolidadas, cimentadas y con muros y techos de concreto o materiales no flexibles.
C	Construcciones consolidadas, bien cimentadas con techos con material flexible
NC	Construcciones no consolidadas, con cimentación desconocida pero muros y techos de material flexible
A	Construcciones identificadas como antiguas no reforzadas

Mapa 3.17 *Tipología de Construcción*



Fuente: *Censo Económico 2019, INEGI**

Tabla 3.2. *Representación del tipo de construcción con su costo de reposición*

Tipo de Construcción	Costo de reposición
ALBERCA BIEN CONSOLIDADA	22,848,402.43
ALBERCA C	68,69,131.67
ANTIGUO C	2,529,303.63
AUTOSERVICIO BIEN CONSOLIDADA	199,584,628.2
BODEGA C	167,530,818.1
CINE BIEN CONSOLIDADA	2,590,421.393
ESCUELA BIEN CONSOLIDADA	1,256,979,731
ESCUELA C	196,919,466.8
ESCUELA NO CONSOLIDADA	28,395,812.54
ESTABLOS C	4,208,171.326
ESTABLOS NO CONSOLIDADA	2,450,025.799
ESTACIONAMIENTO BIEN CONSOLIDADA	532,136,300.9
ESTACIONAMIENTO C	1,180,237.975
GASOLINERA BIEN CONSOLIDADA	35,183,876.26
HABITACIONAL ANTIGUA	10,304,831.01
HABITACIONAL BIEN CONSOLIDADA	39,603,309,187
HABITACIONAL C	634,577,705
HABITACIONAL NO CONSOLIDADA	942,408,766.3

Tipo de Construcción	Costo de reposición
INDUSTRIAL BIEN CONSOLIDADA	1,070,015,688
INDUSTRIAL C	3,320,095,251
INDUSTRIAL NO CONSOLIDADA	74,225,659.73
LOCAL ANTIGUA	762,343,201.8
LOCAL BIEN CONSOLIDADA	3,007,727,819
LOCAL-CHICO C	59,487,052.72
LOCAL-GRANDE BIEN CONSOLIDADA	5,935,117,082
MUSEOS/IGLESIAS ANTIGUA	2,669,226.248
MUSEOS/IGLESIAS BIEN CONSOLIDADA	3,899,009.628
MUSEOS/IGLESIAS C	10,655,704.29
RESIDENO CONSOLIDADAIAL BIEN CONSOLIDADA	118,573,079
RESTAURANTE BIEN CONSOLIDADA	20,958,667.73
RESTAURANTE C	92,064,307.97
TECHOS C	966,490.4479
TECHOS NO CONSOLIDADA	257,071,045.1
Total	**58,385,876,101**

3. Educativo

De acuerdo a la metodología para obtener los costos de reposición, que fueron basados en los 2 equipamientos analizados (salud y educativo) se obtuvieron estos datos a través de las siguientes fuentes:

- IMIC -Insitituo Mexicano de Ingeniería de Costos
- INFED -Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa
- DENUE -Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
- Censo Digital Google Earth

Del IMIC y del INFED se obtuvieron los datos de costos por m2 para cada uno de los equipamientos por sector educativo y salud. Con la información del DENUE se ubicaron los puntos en formato shapefile, que después se transformaron a archivo KML para tener información por medio de polígonos referenciados y del CENSO Digital realizado mediante la herramienta Google Earth se obtuvieron las áreas con las que se estimaron los costos.

Inmuebles destinados a la educación básica, educación media superior y educación superior bajo la jurisdicción del gobierno estatal, y en caso de un siniestro o desastre de origen natural es atribución del Estado restablecer, recuperar, rehabilitar o reconstruir si es que se presentan daños estructurales.

La tabla y gráfica muestran el área de construcción total de 55,111.68 m2 en equipamientos educativos. Se observa que el área de construcción mayor de acuerdo con el nivel educativo se ubica en el nivel medio superior con 37,131.209 m2, las cuales representan el 58% de la superficie total construida de centros educativos en el Municipio, mientras que los centros con menor área de construcción son de educación inicial, los cuales tienen una superficie de construcción de 2,259.991, es decir, el 0.01 de la superficie total.

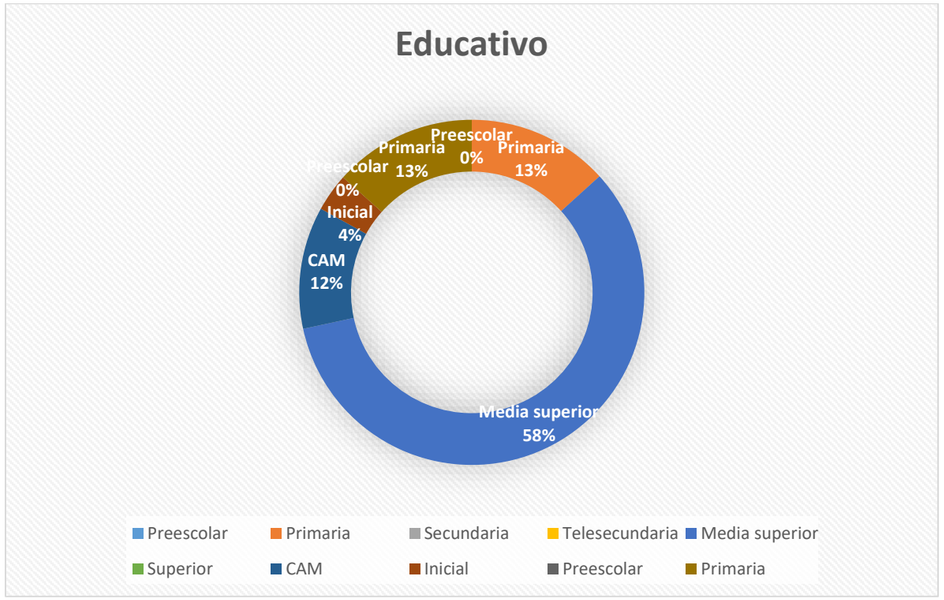
Tabla. 3.3 *Distribución por tipología y área de los equipamientos educativos del Municipio*

Tabla 1.1.A. Análisis de costos de infraestructura física educativa por nivel y modalidad.

Nivel Educativo	Modalidad	Costo / m²
Básico	Jardín de Niños	$5,750.00
	Primaria	$6,700.00
	Telesecundaria	$5,600.00
	Secundaria General	$7,200.00
	Secundaria Técnica	
Medio Superior	Bachillerato General	$7,225.00
	CBTA	$8,465.00
	CBTIS	
	CETIS	$6,945.00
	CET del Mar	$8,120.00
	CONALEP	$8,049.00
Superior	Institutos Tecnológicos.	$12,000.00
	Universidades Tecnológicas.	
	Universidades Politécnicas.	
Educación Extraescolar y de Capacitación	Centro de Desarrollo Infantil.	$7,420.00
	Audición y Lenguaje.	$6,820.00
	Deficientes Mentales.	$6,560.00
	Audición y Deficientes Mentales.	$6,819.00
	Centro Psicopedagógico.	$7,275.00
	Capacitación para el Trabajo de Educación Especial.	$6,190.00
	Centro Múltiple Único.	$7,420.00
	Centro de Estimulación Temprana.	$7,740.00
	Centro de Capacitación para el Trabajo.	$6,190.00

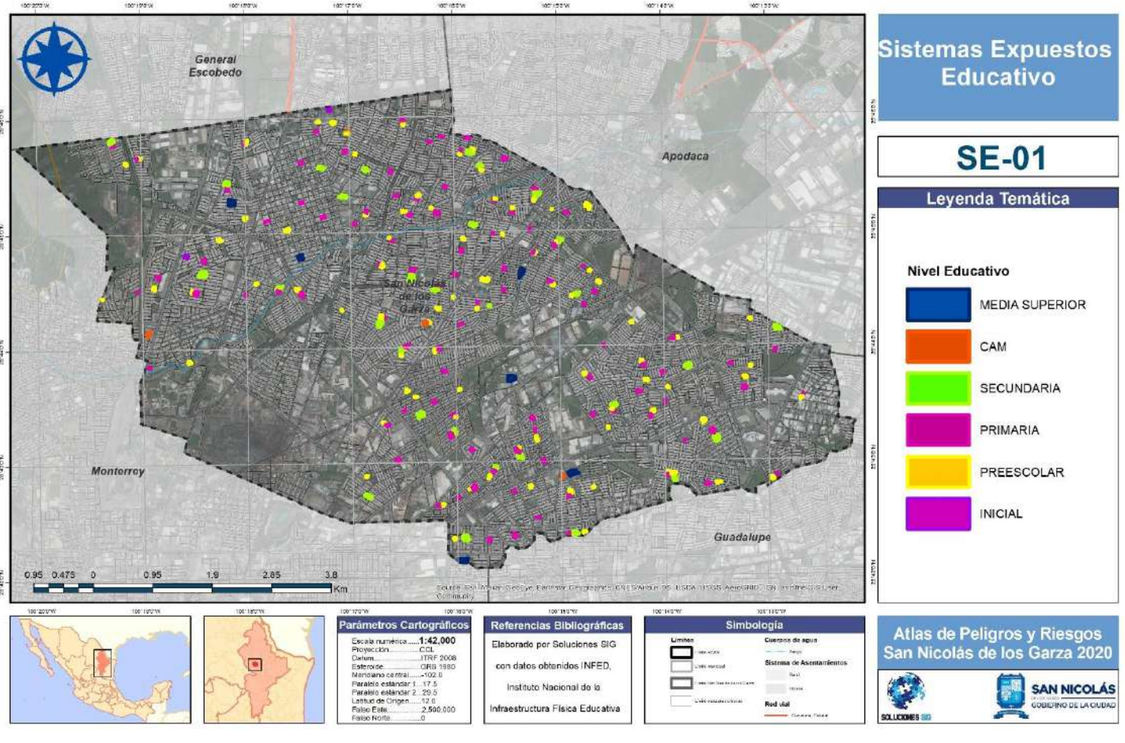
Nivel Educativo	Área	Costos
Preescolar	944,97.711	$543,361,838.75
Primaria	8,437.222	$1,256,915,435.73
Secundaria	Sin Información	$795,319,082.40
Telesecundaria	Sin Información	Sin Información
Media superior	37,131.209	$268,272,992.1
Superior	Sin Información	Sin Información
CAM	7,283.261	$47,778,195.35
Inicial	2,259.991	$25,414,953.86
Total	55,111.68	$323,686,544.34

Figura 3.1. *Porcentajes de la distribución de Nivel educativo del Municipio.*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V*

Mapa 3.18. *Sistemas Expuestos- Educativo.*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos obtenidos del Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INFED).*

4. Salud

Clínicas, Hospitales y Centros de Salud que son responsabilidad y administrados por el Gobierno Estatal, y que, en caso de un siniestro o desastre de origen natural es atribución del Estado restablecer, recuperar, rehabilitar o reconstruir si es que se presentan daños estructurales.

La tabla y gráfica muestran el área de construcción total que es de 39.912.06m^2 de los equipamientos salud, clasificados por tipología, se puede observar que, primer nivel con el 45% representan clínicas y centros de salud, segundo nivel con 44% con hospitales generales.

Dentro de cada uno de los equipamientos evaluados por cada sector, los englobamos por su Nivel de Atención dentro de cada categoría encontramos el costo total por cada uno de los niveles.

CLÍNICA	M0880	1,200 m2	2 Niveles	No incluye equipamiento

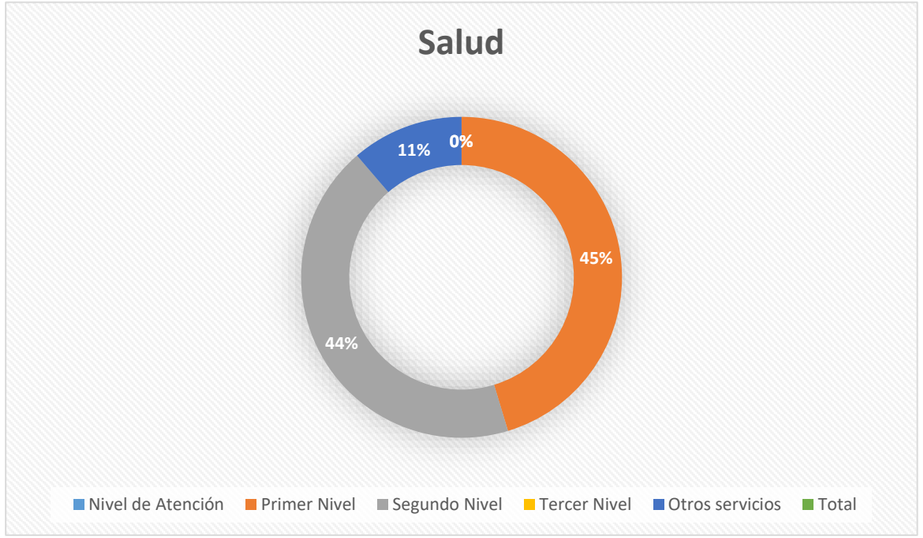
RESUMEN POR PARTIDAS

No.	PARTIDA	Importe a Costo Directo	% Del CD	Costo Directo Por m2	P.U. por m2 incluye 28% de Indirectos + Utilidad	$ / m2 del Valor de Reposición Nuevo
1	CIMENTACIÓN	1,069,926.00	19.47	891.61	1,141.25	1,312.44
2	ESTRUCTURA	1,454,676.00	26.47	1,212.23	1,551.65	1,784.40
3	FACHADAS Y TECHADOS	710,357.99	12.92	591.96	757.72	871.37
4	ALBAÑLERÍA Y ACABADOS	1,777,733.84	32.34	1,481.44	1,896.25	2,180.69
5	OBRAS EXTERIORES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	INST. HIDRAULICAS Y SANITARIAS	402,900.00	7.33	335.75	429.76	494.22
7	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	INSTALACIONES ESPECIALES	80,772.00	1.47	67.31	86.16	99.08
	TOTALES:	5,496,365.83	100.00	4,580.30	5,862.79	6,742.21

Tabla 3.4 *Distribución por tipología y área de los equipamientos salud del Municipio.*

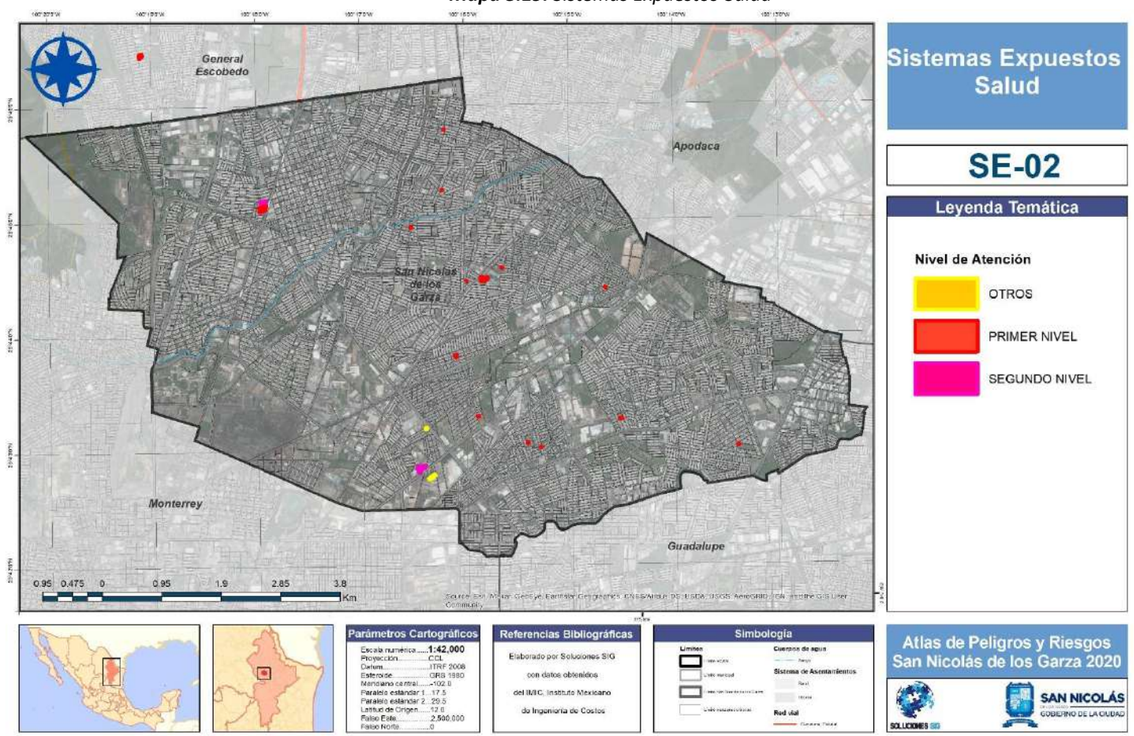
Nivel de Atención	Área	Costo
Primer Nivel	18090.467	146,422,271.09
Segundo Nivel	17313.257	147,689,585.23
Tercer Nivel		
Otros servicios	4508.336	29,574,688.02
Total	**39,912.06**	**323,686,544.34**

Figura 3.2 *Porcentajes de distribución de Nivel de atención en el Municipio*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V.*

Mapa 3.19. *Sistemas Expuestos-Salud*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos obtenidos del Instituto Mexicano de Ingeniería de Costos (IMIC).*

B. Vulnerabilidad

El grado de afectación procedente de la incidencia de algún fenómeno perturbador, la magnitud de un desastre, depende en gran medida de la vulnerabilidad que presenta una población. Diferentes condiciones sociales, económicas, físicas y políticas contribuyen a la posible generación de afectaciones (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003). El análisis de Vulnerabilidad se elabora en tres dimensiones: Vulnerabilidad Social, Física y Global.

5. Vulnerabilidad Social

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) define la Vulnerabilidad Social como el "conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de esta frente a un fenómeno" (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014).

El análisis de la Vulnerabilidad Social del municipio de San Nicolás de los Garza se basa en la metodología propuesta por el CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014), la cual considera las condiciones socioeconómicas de la población mediante indicadores de Vulnerabilidad. Este estudio efectúa la estimación de Indicadores de condiciones pertinentes a la Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población del territorio, a dos escalas: municipal y localidad-manzana urbana. La escala que detalla información al interior municipal proporciona herramientas de gestión para la toma de decisiones locales.

a) Condiciones socioeconómicas por indicadores de Vulnerabilidad

Las condiciones socioeconómicas se analizan a través de 18 indicadores que integran cinco temáticas: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población, acorde con la metodología del CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014). Los indicadores se elaboraron con la información oficial de mayor precisión existente, razón por la cual se emplea el censo de población y vivienda de INEGI, 2020 tanto a nivel municipal como a nivel localidad y manzana urbana. Los indicadores fueron concebidos a una escala municipal por lo que existen algunos que solo presentan información a dicho nivel, en este caso las fuentes empleadas son dependencias gubernamentales como el Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD) del INEGI (2010d) y el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS) de la Secretaría de Salud.

Los cinco componentes constituyen el 50% del Grado de Vulnerabilidad Social, cada uno representa el 10%. El otro 50% se completa con la información adquirida por las capacidades de respuesta y percepción local actual del municipio según la metodología del CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014). Ésta institución asigna a nivel nacional un grado de vulnerabilidad a cada uno de los indicadores a nivel municipal para establecer cada uno de los componentes de vulnerabilidad social.

El análisis espacial agrupa una cartografía de cada componente temático de Vulnerabilidad Social; Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y Población, en una sola cobertura concerniente a las condiciones socioeconómicas presentes en el municipio. En la caracterización social, expuesta en la fase I, se distingue la representación cartográfica de las variables individuales que integran los indicadores de vulnerabilidad, junto con una breve descripción de su representación en el territorio municipal, ellas se clasificaron con el proceso estadístico de cortes naturales para identificar el comportamiento de cada indicador en la región. No obstante, en este análisis los indicadores son ajustados a los rangos de vulnerabilidad de la evaluación física y social de CENAPRED, 2014.

El valor de vulnerabilidad de los indicadores se clasifica en cinco grados; muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo grado de vulnerabilidad, donde un alto grado constituye condiciones socioeconómicas deficientes y un bajo grado mejores condiciones.

Clasificar la vulnerabilidad al interior de San Nicolás de los Garza proporciona información para la toma de decisiones a nivel local al identificar zonas específicas con menor o mayor grado de vulnerabilidad, ya que la asignación de un solo valor municipal no identifica las diferentes condiciones presentes en las localidades y manzanas urbanas de la región. Sin embargo, la metodología contiene indicadores disponibles únicamente a nivel municipal, como es el caso de: cobertura de servicios de salud (médicos por cada 1,000 habitantes), Tasa de Mortalidad Infantil, Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón, Porcentaje de la PEA que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos, Déficit de Vivienda, por lo que el grado de vulnerabilidad se elabora con la información disponible en las fuentes oficiales (ver información de INEGI, Secretaría de Salud, entre otras).

Cada cobertura temática representa, conforme a sus condiciones socioeconómicas, las zonas con mayor susceptibilidad de sufrir impactos dentro del municipio. Las áreas identificadas con mayor vulnerabilidad necesitan instituir mecanismos que contribuyan al fortalecimiento de la atención y prevención ante siniestros para aumentar la capacidad de resistencia y resiliencia de su población mediante la ejecución oportuna de programas sociales, infraestructura, campañas de seguridad ciudadana, entre otros muchos aspectos. Asimismo, de enfocar recursos y planeación para mejorar la gestión en lo pertinente a la acción civil y gubernamental.

(1) Características sociales y económicas por componente temático

Este apartado se realiza conforme lo dispuesto a la metodología de la "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (SEGOB/CENAPRED, 2014), la cual se constituyó para evaluar las condiciones socioeconómicas que generan vulnerabilidad en la población de los distintos municipios del país, considera indicadores que manifiestan condiciones de bajo nivel de calidad de vida en materia de salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población de los municipios rurales y urbanos a nivel nacional, lo que genera que los rangos de clasificación del grado de vulnerabilidad no sean tan representativos para el contexto urbano del municipio, razón por la cual se integra un análisis de la distribución espacial de la Vulnerabilidad Social por componente socioeconómico para que el instrumento aporte mayor detalle del territorio.

El análisis de componentes se despliega a nivel municipal (información estadística con los rangos establecidos por el CENAPRED a nivel nacional) y a nivel local mediante el análisis espacial de cada indicador y su integración cartográfica por componente temático.

- **Componente Salud**

El componente *Salud* revela el desarrollo socioeconómico y grado de vulnerabilidad presente en el municipio al valorar el acceso y la capacidad de atención a servicios básicos de salud que la población asume. Los indicadores que constituyen este componente son: 1) Cobertura de servicios de salud (Médicos por cada mil habitantes), 2) Porcentaje de población no derechohabiente, 3) Tasa de mortalidad. A continuación, se presenta una tabla resumen donde se identifica la fuente de las variables empleadas y el proceso de construcción de cada indicador.

***Tabla 3.5**. Proceso de construcción de indicadores del componente Salud*

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Cobertura de servicios de salud (médicos por cada mil habitantes)	La proporción de médicos por mil habitantes se adquiere de la multiplicación del número de médicos por mil y se divide entre el total de la población	Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD) del INEGI (2010d)
Tasa de mortalidad infantil	Este indicador se puede definir para un periodo dado, en este caso el primer año de vida. El resultado se obtiene de dividir el número de defunciones de niños menores de un año de edad en un período determinado, entre los nacidos vivos en el mismo periodo y el resultado se multiplica por cien.	Consejo Nacional de Población, 2015 (CONAPO)
Porcentaje de la población no derechohabiente	El porcentaje de la población no derechohabiente se obtiene dividiendo el total de la población no derechohabiente entre el total de la población y el resultado se multiplica por cien.	Censo de población y Vivienda INEGI, 2020

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

La siguiente tabla identifica los valores de los indicadores en San Nicolás de los Garza con su calificación de vulnerabilidad y la clasificación de cada factor en el sector salud de acuerdo con la metodología del CENAPRED, 2014.

***Tabla 3.6.** Indicadores del componente Salud*

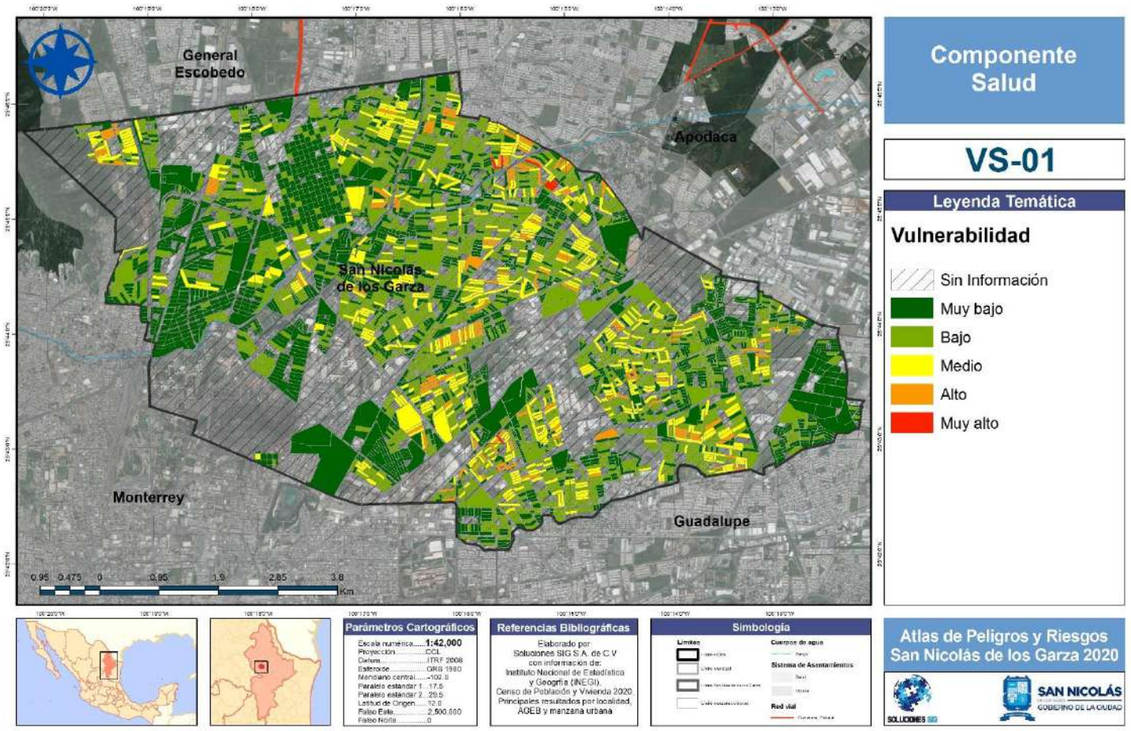
Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Municipio San Nicolás de los Garza
Salud	Cobertura de servicios de Salud. (Médicos por cada 1,000 habitantes)	De 0.20 a 0.39 médicos por cada 1,000 habitantes	Muy Alto	1	
		De 0.4 a 0.59 médicos por cada 1,000 habitantes	Alto	0.75	
		De 0.6 a 0.79 médicos por cada 1,000 habitantes	Medio	0.5	0.0238
		De 0.8 a 0.99 médicos por cada 1,000 habitantes	Bajo	0.25	
		Uno o más médicos por casa 1,000 habitantes	Muy Bajo	0	
	Tasa de Mortalidad Infantil	De 17.2% a 27.1%	Muy Bajo	0	
		De 27.2% a 37.0%	Bajo	0.25	
		De 37.1% a 47.0%	Medio	0.5	0.0871
		De 47.1% a 56.9%	Alto	0.75	
		De 57.0% o más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de la población no derechohabiente	De 17.63% a 34.10%	Muy Bajo	0	
		De 34.11% a 50.57	Bajo	0.25	
		De 50.58% a 67.04%	Medio	0.5	
		De 67.05% a 83.51%	Alto	0.75	0.1547
		83.52% o más	Muy Alto	1	
Total Salud					0

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD) del INEGI (2010d).*

Los indicadores del componente S*alud* a nivel espacial son: 1) Cobertura de servicios de salud, población sin derechohabiencia. 2) Población con limitación en la actividad. (Ver mapas CS-06, CS-07, CS-07a, CS-07b, CS-07c, CS-07d, CS-07e, en Fase I. en el apartado de "Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos"). El producto

cartográfico de la composición de estas dos variables pertinentes al componente salud, identifica una muy baja y baja vulnerabilidad en la mayoría del territorio municipal, no obstante se manifiestan manzanas con grados medios de vulnerabilidad en la periferia norte, oriental y sur del área urbana. El alto grado de vulnerabilidad se puede identificar principalmente en la zona sur las colonias Miguel Alemán, La Talaverna Croc, Infonavit Blas Chumacero, Paseo de los Ángeles, Los Ángeles Sector 3, San Cristobal, Valle de Casa Blanca Sector 2 y 3, Ampliación del Vidrio Sector 1 y 3, Villa Luis, Jardines de Casa Blanca, Constituyentes de Querétaro Sector 1 a 6, Fidel Velázquez, 4 de Octubre, Pedregal de Santo Domingo Sector 1, 2 y 3 y Salvador Allende; al noreste en las colonias Mirador de San Nicolás; y por último al noroeste Jardines de Santo Domingo, Unidad Laboral, Las Puentes Sector 15, Las Américas, La Enramada y Las Alamedas (ver mapa VS01).

***Mapa 3.20**. Componente Salud, 2020**



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI.*

*La clasificación del rango de los valores resultantes del grado de vulnerabilidad se aprecia en la *Tabla Rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social* en el apartado "Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social" de este documento.

Componente Educación

La educación que asume la población contribuye en el bienestar personal y en las acciones preventivas y reactivas que ésta presenta frente a riegos a desastres. Los tres indicadores que este componente considera son: 1) Porcentaje de analfabetismo. 2) Porcentaje de la demanda en educación básica (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela). 3) Grado promedio de escolaridad (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014).

El método de obtención y clasificación de los indicadores socioeconómicos construidos para medir el componente educación de la vulnerabilidad social en el municipio sigue la metodología propuesta por la "Evaluación de la Vulnerabilidad Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB/CENAPRED, 2014).

***Tabla.3.7** Proceso de construcción de indicadores del componente Educación*

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de Analfabetismo	Se obtiene dividiendo a la población analfabeta de 15 años y más entre el total de la población de ese mismo rango de edad. El resultado se multiplica por cien.	Censo de población y Vivienda INEGI, 2020
Porcentaje de la demanda en educación básica. (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela)	Este indicador se estima dividiendo la matrícula de educación básica (primaria y secundaria) entre la población de 6 a 14 años, rango de edad de asistencia a dichos niveles educativos.	
Grado Promedio de Escolaridad	El INEGI elabora este indicador. Lo obtiene de dividir la suma de los años aprobados desde el primero de primaria hasta el último año alcanzado de las personas de 15 años y más entre el total de la población de 15 años y más. Considera a la población de 15 años y más, excluye a la población de 15 años y más con grados no especificados en algún nivel y a la población con nivel de escolaridad no especificado.	

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

La siguiente tabla presenta los valores establecidos a nivel nacional por la "Evaluación de la Vulnerabilidad Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB/CENAPRED, 2014) y el valor calculado por Soluciones SIG para San Nicolás de los Garza, así como la respectiva calificación que obtendría según dicha metodología.

***Tabla 3.8**. Indicadores del componente Educación*

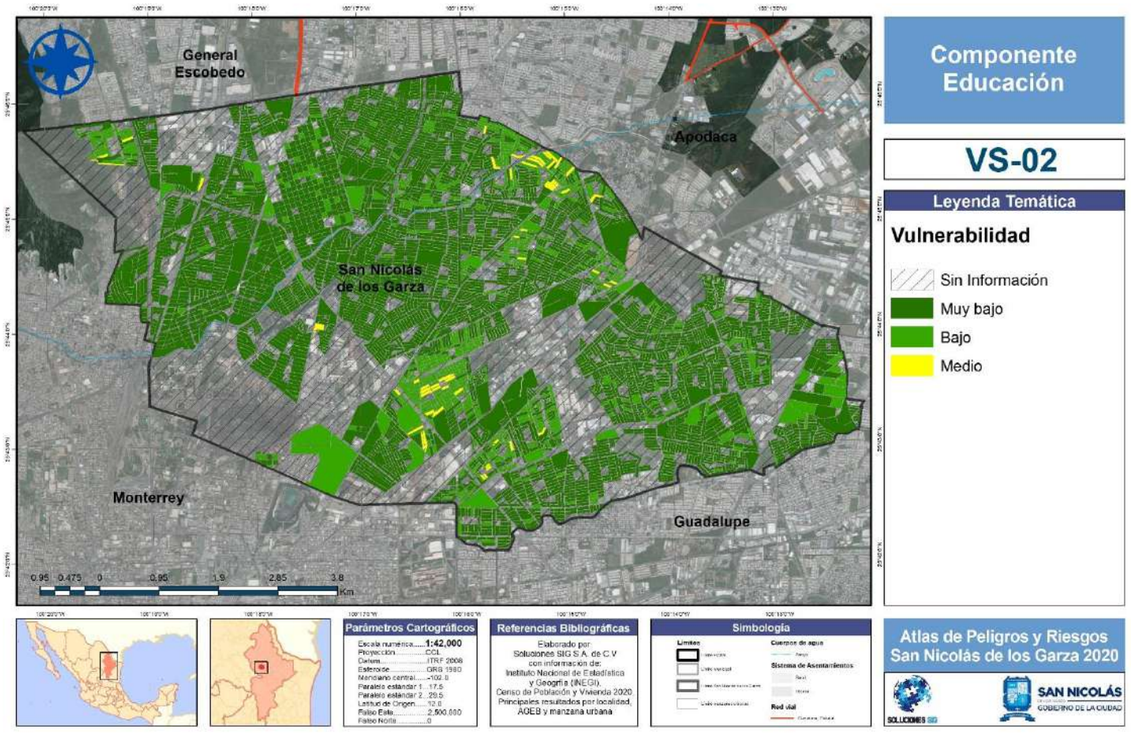
Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del municipio de San Nicolás de los Garza
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07% a 15.85%	Muy Bajo	0	
		De 15.86% a 30.63%	Bajo	0.25	
		De 30.64% a 45.41%	Medio	0.5	1.63%
		De 45.42% a 60.19%	Alto	0.75	
		60.20% o más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de la demanda en Educación básica. (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela)	De 42.72% a 54.17%	Muy Alto	1	
		De 54.18% a 65.62%	Alto	0.75	32.74%
		De 65.63% a 77.07%	Medio	0.5	
		De 77.08% a 88.52%	Bajo	0.25	
		88.53% o más	Muy Bajo	0	
	Grado Promedio de Escolaridad	De 1 a 3.2	Muy Alto	1	
		De 3.3 a 5.4	Alto	0.75	
		De 5.5 a 7.6	Medio	0.5	11.40%
		De 7.7 a 9.8	Bajo	0.25	
		De 9.9 o más	Muy Bajo	0	
Total Educación					1

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI*

Dentro del análisis espacial los tres indicadores que integran este componente son: 1) Población analfabeta. 2) Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela. 3) Grado promedio de escolaridad, ellos pueden observarse en "Fase I. apartado "Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos" de este documento (Ver mapa CS-08, CS-09, CS-10).

El mayor grado de vulnerabilidad relativo al componente Educación se concentra en las colonias Mirador de San Nicolás, La Enramada, Las Américas, Valle de Santo Domingo, Valle del Mezquital, Salvador Allende y José López Portillo, 4 de octubre, Paseo del Nogalar, Floridos del Bosque Nogalar, Constituyentes de Querétaro Sector 2, Peña Guerra y Valle del Mezquital con algunas manzanas urbanas con grados medios de vulnerabilidad, por su parte para los grados bajos y muy bajos se considera que el mayor porcentaje del área urbana presenta estos umbrales de vulnerabilidad. No obstante, se distingue que el menor acceso a educación en las localidades del polígono sureste y noreste del área urbana (ver mapa VS-02).

***Mapa 3.21**. Componente Educación, 2020**



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI.*

*La clasificación del rango de los valores resultantes del grado de vulnerabilidad se aprecia en la *Tabla Rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social* en el apartado "Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social" de este documento.

- **Componente Vivienda**

Las características de la vivienda manifiestan el grado calidad de vida y de exposición de determinada población. Los seis indicadores que integran este componente son: Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje, Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad, Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón, Porcentaje de viviendas con piso de tierra y déficit de vivienda (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014). La siguiente tabla identifica la fuente de las variables empleadas y el procedimiento de elaboración de cada indicador.

***Tabla 3.9**. Proceso de construcción de indicadores del componente Vivienda*

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	Este porcentaje se obtiene de la diferencia del total de viviendas particulares habitadas y el total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.	Censo de población y Vivienda INEGI, 2020
Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	Este indicador se adquiere de la diferencia del total de viviendas particulares habitadas y el total de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje. El resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.	
Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	Este porcentaje se calcula con la diferencia del total de viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.	
Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	Se obtiene dividiendo el total de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón entre el total de viviendas y multiplicando el resultado por cien.	
Porcentaje de viviendas Con piso de tierra	Este indicador se obtiene de la diferencia del total de viviendas habitadas y el total de viviendas con piso de material diferente a tierra, el resultado se divide entre el total de viviendas habitadas y se multiplica por cien.	
Déficit de Vivienda	El déficit de vivienda se obtiene de la diferencia del total de hogares y el total de viviendas particulares habitadas, este resultado representa el número de viviendas faltantes para satisfacer la demanda de hogares. A este resultado se le suman las viviendas construidas con material de desecho y lámina de cartón, así como las viviendas con piso de tierra. El resultado representa tanto las viviendas nuevas que se requieren, sumado a las viviendas que necesitan mejoramiento. Para efectos de la metodología el resultado deberá ser un porcentaje, por lo que a dicho resultado se le debe multiplicar por cien y dividir entre el total de viviendas particulares habitadas.	

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

A continuación, se detallan los valores establecidos por la "Evaluación de la Vulnerabilidad Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB/CENAPRED, 2014), el valor calculado por Soluciones SIG para el caso específico de San Nicolás de los Garza y la respectiva calificación que obtendría según dicha metodología.

***Tabla 3.10**. Indicadores del componente Vivienda*

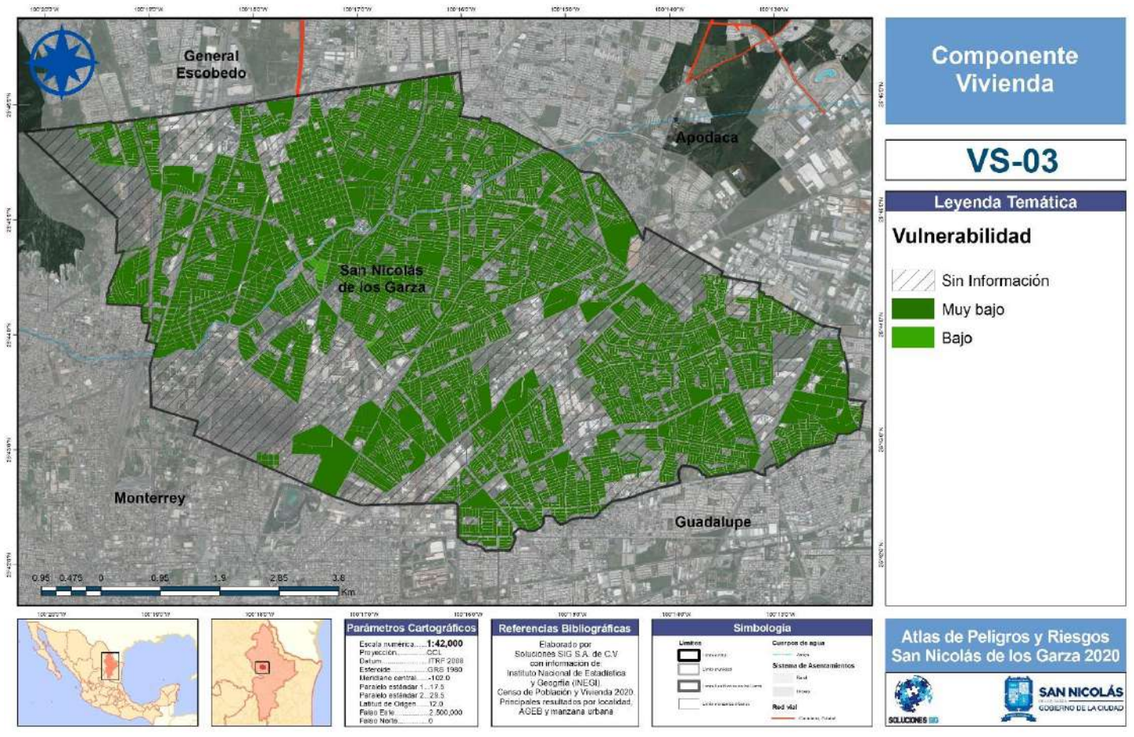
Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del municipio de San Nicolás de los Garza
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0% a 19.96%	Muy Bajo	0	0.03%
		De 19.97% a 39.92%	Bajo	0.25	
		De 39.93% a 59.88%	Medio	0.5	
		De 59.89% a 79.84%	Alto	0.75	
		79.85% o más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 0% a 20.96%	Muy Bajo	0	
		De 20.97% a 40.71%	Bajo	0.25	
		De 40.72% a 60.46%	Medio	0.5	0.01%
		De 60.47% a 80.21%	Alto	0.75	
		De 80.22% o más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	De 0% a 19.76%	Muy Bajo	0	
		De 19.77% a 39.52%	Bajo	0.25	
		De 39.53% a 59.28%	Medio	0.5	0.04%
		De 59.29% a 79%.04%	Alto	0.75	
		De 79.05% ó más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	De 0% a 3.84%	Muy Bajo	0	
		De 3.85% a 7.68%	Bajo	0.25	0.0% (2010)
		De 7.69% a 11.52%	Medio	0.5	
		De 11.53% a 15.36%	Alto	0.75	
		De 15.37% o Más	Muy Alto	1	
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	De 1.52% a 20.82%	Muy Bajo	0	
		De 20.83% a 40.12%	Bajo	0.25	
		De 40.13% a 59.42%	Medio	0.5	
		De 59.43% a 78.72%	Alto	0.75	
		De 78.73% o más	Muy Alto	1	
	Déficit de Vivienda	De 1.63% a 13.72%	Muy Bajo	0	
		De 13.73% a 25.81%	Bajo	0.25	2.38%
		De 25.82% a 37.90%	Medio	0.5	
		De 37.91% a 49.99%	Alto	0.75	
		De 50% o más	Muy Alto	1	
Total Vivienda					vxdv

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI*

Los indicadores que constituyen este componente para su respectivo análisis espacial son: 1) Porcentaje de viviendas con piso de tierra, 2) Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad, 3) Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, 4) Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje. La distribución individual de sus valores absolutos se detalla en el apartado "Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos" de la Fase I. de este estudio (Ver mapa CS-11, CS-12, CS-13, CS-14).

Como se aprecia en el mapa VS-03 el umbral de vulnerabilidad es casi nulo por lo que se deduce que el territorio municipal asume niveles muy bajos según los estándares de cobertura de servicios en la vivienda establecidos a nivel nacional por el CENAPRED, sin embargo se distingue (pese a su grado bajo de vulnerabilidad) solamente en la periferia central del municipio la única colonia llamada Villa Las Puentes, la cual es clasificada con una vulnerabilidad con un grado bajo. El municipio por ende es un lugar libre de vulnerabilidad de vivienda.

***Mapa 3.22.** Componente Vivienda, 2020**



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.*

- **Componente Empleo e Ingresos**

El poder adquisitivo y los ingresos de una población revelan los grados de vulnerabilidad de ella ante un posible siniestro. El componente *Empleo e Ingresos* se conforma por los indicadores de: Porcentaje de la población Económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos, Razón de Dependencia y Tasa de desempleo abierto (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014).

A continuación, se expone el respectivo proceso de construcción de cada indicador, así como la fuente de las variables empleadas.

***Tabla 3.11**. Proceso de construcción de indicadores del componente Empleo e Ingresos*

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de la Población económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	El indicador se calcula al dividir a la Población Económicamente Activa (PEA) que recibe hasta 2 salarios mínimos entre el total de la PEA y el resultado se multiplica por cien. Este indicador lo estima el INEGI.	Encuesta Intercensal INEGI, 2015
Razón de Dependencia	La razón de dependencia se obtiene de la suma del total de las personas que por su edad se consideran como dependientes (menores de 15 años y mayores de 64 años) entre el total de personas que por su edad se identifican como económicamente productivas	Censo de población y Vivienda INEGI, 2020

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
	(mayores de 15 años y menores de 64 años), y dicho resultado se multiplica por cien.	
Tasa de desempleo Abierto	Para calcular la Tasa de Desempleo Abierto se debe dividir el número de personas desocupadas (sin empleo) entre la PEA y multiplicar el resultado por cien.	

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

La siguiente tabla identifica los grados de vulnerabilidad de dichos indicadores establecidos por la "Evaluación de la Vulnerabilidad Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB/CENAPRED, 2014), el valor estimado por Soluciones SIG para el municipio y la respectiva calificación que obtendría acorde a dicha metodología.

Tabla 3.122*. Indicadores del componente Empleo e Ingresos*

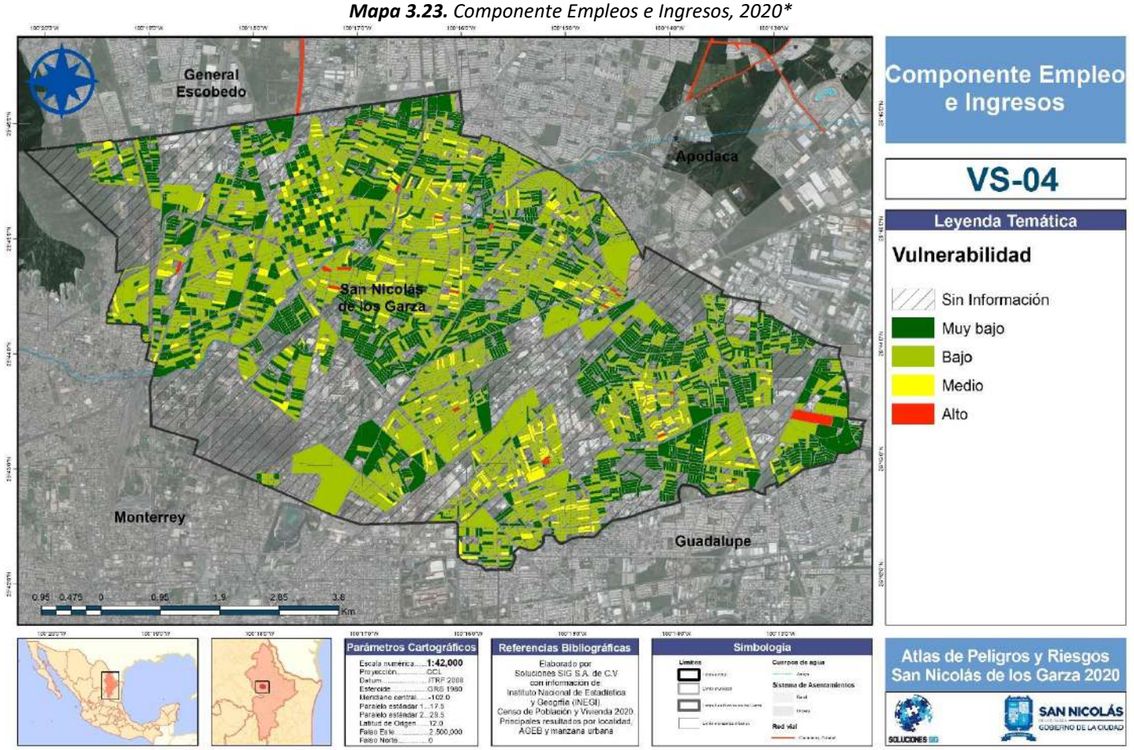
Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del municipio de San Nicolás de los Garza
Empleo e Ingresos	Porcentaje de la población económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	De 0% a 34.50%	Muy Bajo	0	13.14%
		De 34.51% a 50.59%	Bajo	0.25	
		De 50.60% a 66.68%	Medio	0.5	
		De 66.69% a 82.77%	Alto	0.75	
		De 82.78% o más	Muy Alto	1	
	Razón de Dependencia	De 30% a 57.69%	Muy Bajo	0	1.98%
		De 57.70% a 77.66%	Bajo	0.25	
		De 77.67% a 97.63%	Medio	0.5	
		De 97.64% a 17.60	Alto	0.75	
		117.61% ó más	Muy Alto	1	
	Tasa de desempleo abierto	De 0% a 3.09%	Muy Bajo	0	3.60%
		De 3.10% a 6.18%	Bajo	0.25	
		De 6.19% a 9.27%	Medio	0.5	
		De 9.28% a 12.36%	Alto	0.75	
		12.37% ó más	Muy Alto	1	
Total Empleo e ingresos					ff

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2020, Encuesta Intercensal 2015, INEGI*

En el análisis territorial este componente se integra de los indicadores a nivel manzanas urbanas y localidad: Tasa de desempleo abierto, Razón de Dependencia económica, los cuales pueden ser observados de manera particular en los mapas CS-16, CS-17 de la Fase I. "Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos".

Los mayores grados de vulnerabilidad (alto) concernientes al componente empleo e ingresos se sitúan en las colonias Residencial Anáhuac, Las Puentes Sector 2, Valle de Las Puentes, Las Puentes Sector 3, Las Puentes Sector 9, Villas de Santo Domingo, Las Puentes Sector 7, Valle Azteca y Constituyentes de Querétaro Sector 1, donde cada colonia alberga menos de 2 manzanas con esta clasificación (Ver mapa VS-04).

Mapa 3.23. *Componente Empleos e Ingresos, 2020**



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI*

*La clasificación del rango de los valores resultantes del grado de vulnerabilidad se aprecia en la *Tabla Rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social* en el apartado "Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social" de este documento.

- **Componente Población**

Los diversos grados de susceptibilidad a afectaciones en caso de catástrofe se reflejan por las desiguales características que posee determinada población, es significativo para la planeación territorial reconocer patrones de concentración y dispersión habitacional, así como la diversidad de prácticas culturales para poder establecer mecanismos de acción ante el riesgo a desastres. El componente de Población se constituye por estos indicadores: Densidad de Población, Porcentaje de población de habla indígena y Dispersión poblacional (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014). La siguiente tabla exhibe el procedimiento de elaboración y la fuente de las variables manejadas de cada indicador para la integración de este componente de vulnerabilidad.

Tabla 3.13. *Proceso de construcción de indicadores del componente Población*

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Densidad de Población	Se obtiene de dividir el total de la población de un determinado territorio entre la superficie de este. El resultado indica el número de habitantes por kilómetro cuadrado (nivel municipal) o por hectárea (nivel urbano, análisis espacial) según la unidad de medida de la superficie territorial.	Censo de población y Vivienda INEGI, 2020
	Se obtiene de dividir a la población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena entre el total de la población de 5 años y más, el resultado se multiplica por cien.	

Porcentaje de población de habla Indígena	El INEGI establece que para considerar a una población predominantemente indígena al menos el 40% de la población debe hablar alguna lengua indígena.	
Dispersión poblacional	La dispersión poblacional se calcula con el porcentaje de personas con respecto al total de la población de un territorio que habitan en localidades pequeñas, el INEGI consideran localidades pequeñas a las menores de 2,500 habitantes.	

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

***Tabla3.14**. Indicadores del componente Población*

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del municipio de San Nicolás de los Garza
Población	Densidad de población	De 1 a 99 Habitantes por km2	Muy Bajo	0	
		De 100 a 499 Habitantes por km2	Bajo	0.25	
		De 500 a 999 Habitantes por km2	Medio	0.5	4748.84 habitantes/ km2
		De 1,000 a 4,999 Habitantes por km2	Alto	0.75	
		Más de 5,000 Habitantes por km2	Muy Alto	1	
	Porcentaje de población de habla indígena	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0	0.43%
		Más del 40% de la población	Predominantemente Indígena	1	
	Dispersión poblacional	De 0 a 9.9	Muy Bajo	0	0.00%
		De 10 a 19.9	Bajo	0.25	
		De 20 a 29.9	Medio	0.5	
		De 30 a 39.9	Alto	0.75	
		40 ó más	Muy Alto	1	
Total Población					0.75

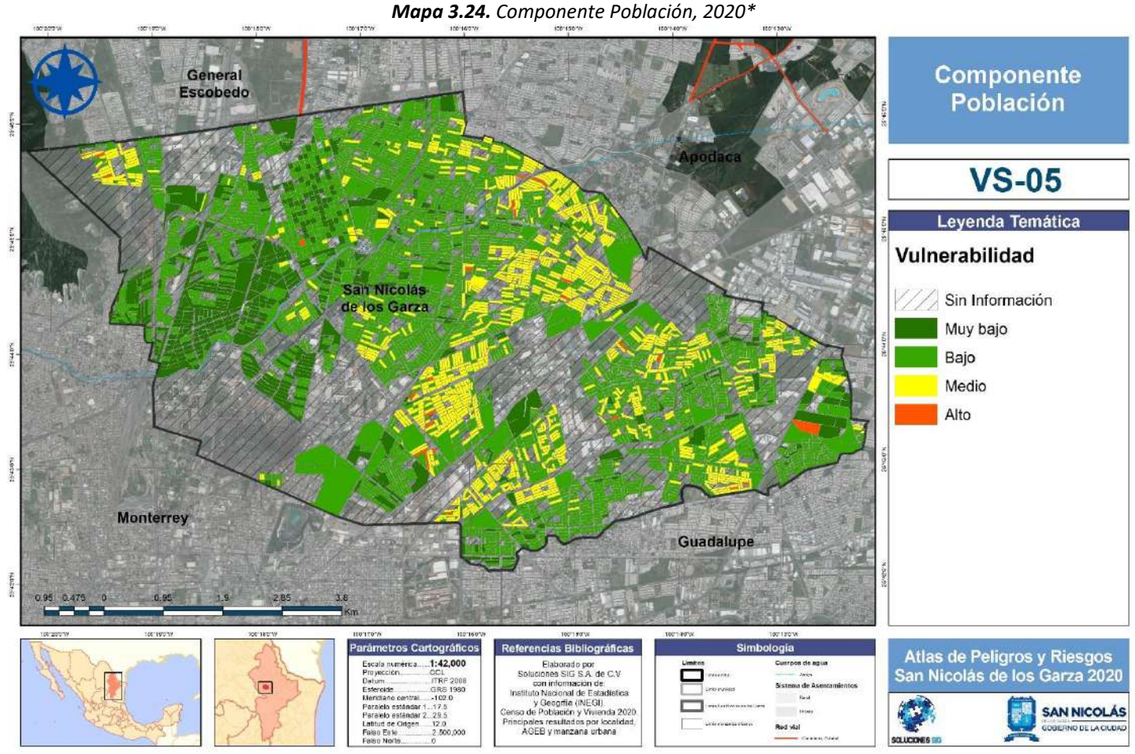
***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con información de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI*

Los indicadores que integran el componente en el análisis espacial son: 1) Porcentaje de población de habla indígena, 2) Promedio de ocupantes por cuarto (Condición de hacinamiento), 3) Dispersión poblacional (población total y densidad de la población), su respectiva representación cartográfica y descripción se encuentra en el apartado “Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos” de la Fase I. de este instrumento (Ver mapa CS-18, CS-19, CS-01, CS-05).

Como se observa en el mapa VS-05 los mayores grados de vulnerabilidad (alto según la clasificación del SEGOB/CENAPRED, 2014f) se concentran en algunas manzanas de las colonias Unidad Habitacional Constituyentes de Querétaro Sector 6, Peña Guerra, Estancia Minera Sector 1, Los Ángeles Sector 1, Jardines de Casa Blanca Infonavit Blas Chumacero, La Fe, Las Américas, Arboledas y Hacienda de Santo Domingo Salvador Allende, Cuchilla La Morena, 4 de Octubre y Los Naranjos.

Los siguientes sitios con condiciones adversas (con muy nivel de vulnerabilidad) se presentan en varias manzanas en las colonias Lázaro Cárdenas, Residencial Anáhuac, Anáhuac, Ciudad Universitaria, El Roble Sector 1 y 2, Roble Norte, Villa Universidad Periférico, Villa Azul, Tabachines, Chapultepec, Las Puentes Sector 1, Centro de San Nicolás de los Garza, Rincón de los Álamos, Cuautémoc Sector 1, 2 y 3, Villas del Roble, Arboledas de San Jorge, Villa de Las Puentes, Las Puentes Sector 2, Valle de Las Puentes, Las Puentes Sector 3 y 5, Valle de Nogalar, Antiguo de Nogalar, Privada de Nogalar, Colonial Lagrange, San Felipe, Unidad Habitacional del Vidrio Sector 1 y 2, Hacienda Los Morales Sector 2, Los Laureles, Del Lago Sector 1 y 2, Estancia Minera Sector 1, La Fe y Fraccionamiento Hacienda Las Fuentes.

***Mapa 3.24.** Componente Población, 2020**



***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.*

- **Calificación de las características socioeconómicas**

La calificación de las características socioeconómicas de vulnerabilidad de cada componente temático en San Nicolás de los Garza, estimada conforme con la metodología del CENAPRED obtuvo los siguientes resultados:

***Tabla 3.15**. Calificación de las características socioeconómicas*

Rubro	Número de indicadores	Calificación	Promedio
Salud	3	0	0
Educación	3	1	0.333
Vivienda	6	0	0
Empleo e ingresos	3	0	0
Población	3	0.75	0.255
Total	18	0.588	
Calificación finalSan Nicolás de los Garza		(0.588/5)= 0.1176	

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI*

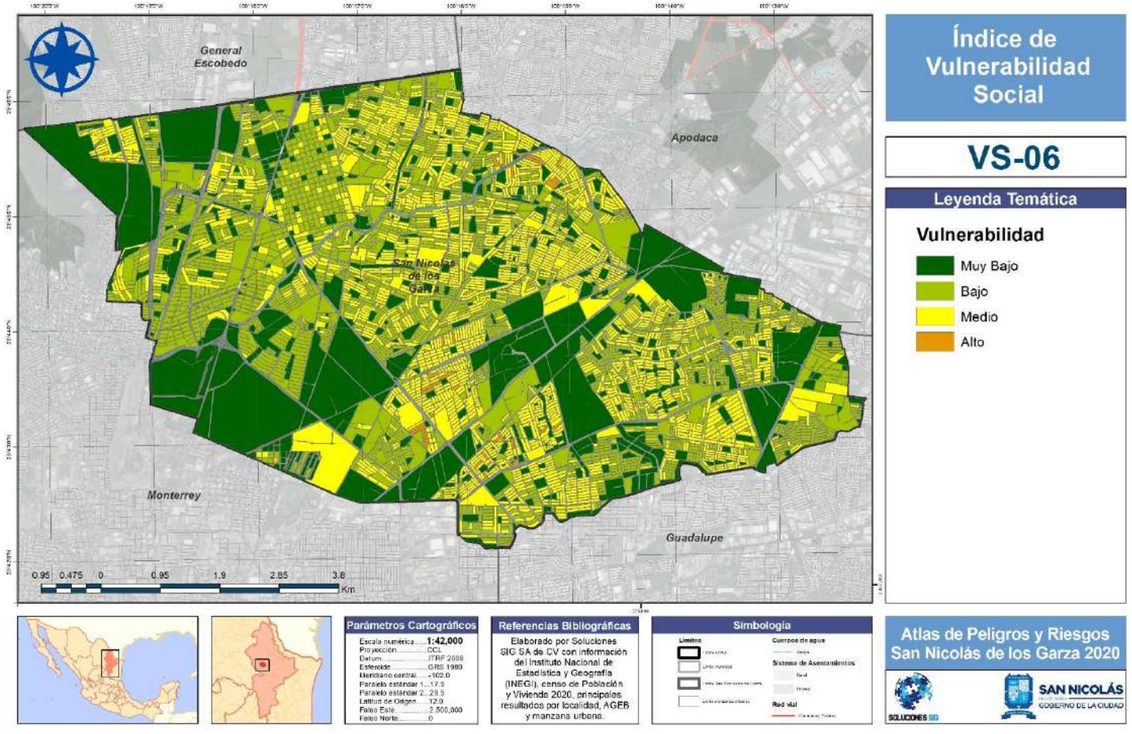
Es importante aclarar que los rangos de vulnerabilidad de las características socioeconómicas se establecen a nivel nacional considerando municipios rurales, por lo que en un territorio de las características de San Nicolás de los Garza puede valorarse con un grado de vulnerabilidad bajo a nivel municipal sin reflejar todas las situaciones socioeconómicas presentes, razón por la cual la distribución espacial de los componentes es muy relevante para apreciar el contexto vigente de la condición de vulnerabilidad social en los habitantes de la demarcación.

Distribución espacial de la Vulnerabilidad Social de los componentes socioeconómicos

El índice de Vulnerabilidad Social identifica las características socioeconómicas de la población presentes en el interior municipal, para su elaboración se integran mediante algebra de mapas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) los cinco componentes temáticos (Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y Población) clasificados por grados de vulnerabilidad con la información de los indicadores de las localidades y manzanas urbanas. Se emplean cinco grados de vulnerabilidad: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, donde un alto grado representa condiciones socioeconómicas más adversas y un bajo grado mejores condiciones. Los mapas VS-01 al VS-05, mostrados en la sección anterior identifican por cada componente socioeconómico las zonas de mayor y menor grado de vulnerabilidad en el territorio.

En la cartografía VS-06 se observan los resultados de este análisis espacial, en donde los mayores niveles de vulnerabilidad (grados altos) se reconocen en algunas manzanas al suroeste en las colonias Salvador Allende, José López Portillo Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Pedregal de Santo Domingo Sector 1; al noroeste algunas manzanas de la colonia el Mirador de San Nicolás y al noreste solamente La Enramada y Las Américas o zonas industriales (ver mapa VS-06).

***Mapa 3.25.** Índice de Vulnerabilidad Social, 2020**



***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.*

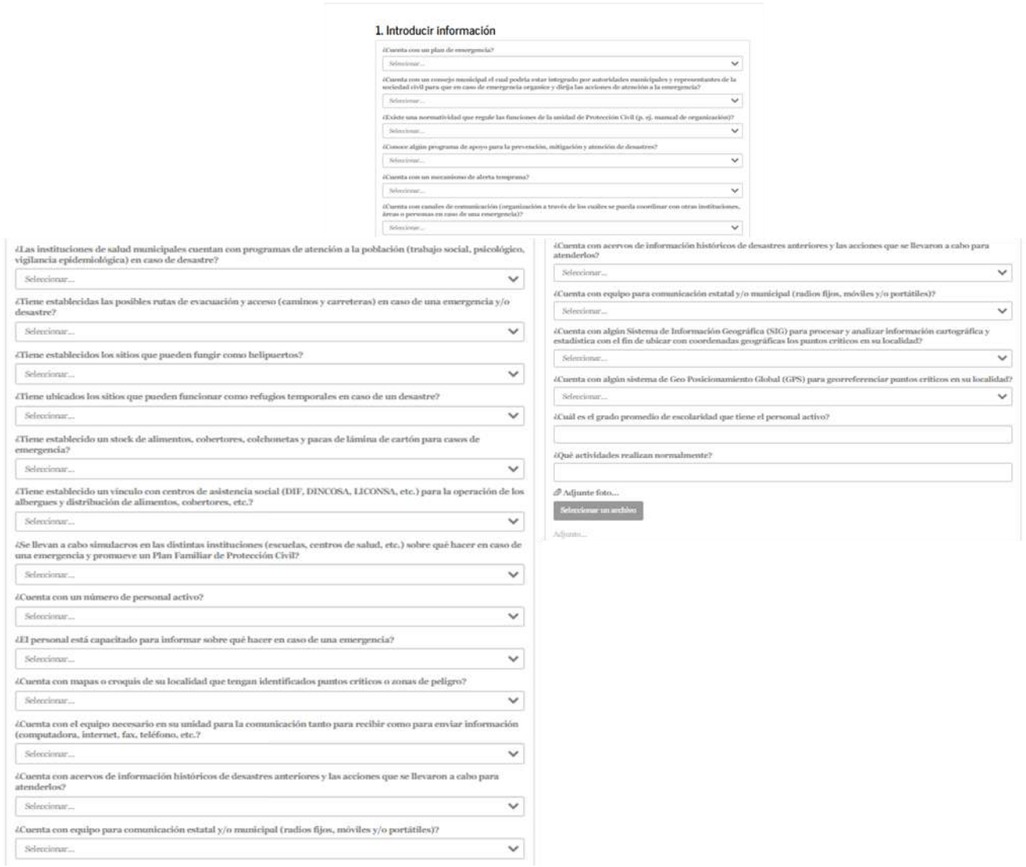
*La clasificación del rango de los valores resultantes del grado de vulnerabilidad se aprecia en la *Tabla Rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social* en el apartado "Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social" de este documento.

(2) Capacidad de respuesta

La capacidad de respuesta expresa el nivel de preparación que se tiene ante una contingencia natural o social en un municipio (Pérez, L. A. y Ruiz, N., 2015). Para evaluar las capacidades de respuesta municipales se aplicó a parte del personal operativo y administrativo de la Coordinación de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza el cuestionario elaborado por el CENAPRED en su metodología para evaluar la vulnerabilidad social, al ser la principal dependencia encargada de la gestión de todo lo pertinente a los peligros y riesgos que afronta la población municipal.

Las capacidades de respuesta en cantidad y calidad contribuyen a la reducción de vulnerabilidad de determinada población, las respuestas que manifiestan una preparación más elevada por parte de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza se les asigna una menor vulnerabilidad (valor 0), en contraste las respuestas que revelan falta de capacidades de respuesta se valoran con 1 y otorgan un incremento de vulnerabilidad ante el posible impacto de fenómenos naturales. El cuestionario consta de 24 reactivos, a continuación se presenta captura de pantalla de la misma para apreciar las preguntas realizadas y sus respectivas respuestas, las cuales solo podían ser afirmativas o negativas, con excepción de los dos últimos reactivos "¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo? y ¿Qué actividades realizan normalmente?" cuyas respuestas fueron las siguientes: "Bachillerato/Media superior/Técnico" "Actividades de prevención y mitigación de emergencias en el municipio" respectivamente

Figura *Cuestionario Capacidad de Respuesta. Protección Civil y Bomberos.*



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014) e información de la aplicación del cuestionario a la Coordinación de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza, 2020

Conforme a los resultados obtenidos en la aplicación de dicho cuestionario al distinto tipo de funcionarios de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza, se obtuvieron los siguientes resultados[4]:

Tabla 3.16 *Resultados de la aplicación del cuestionario de capacidad de respuesta del personal de Protección Civil y Bomberos*

Personal de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza	Valor asignado de condición de vulnerabilidad según el cuestionario de Capacidad de respuesta
Personal operativo	3
Personal administrativo	2
Valor Promedio	**5/2=**
	2.5

[4] Evidencia digital de la encuesta de Capacidad de respuesta realizada a Personal operativo y administrativo de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza en el anexo estadístico

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información de la aplicación del cuestionario de (SEGOB/CENAPRED, 2014) a personal de la Coordinación de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Gaza, 2020

Por tanto, San Nicolás de los Garza obtiene un puntaje de valor 2.5, lo que refleja una *muy alta* capacidad de respuesta y por consiguiente un grado *muy bajo* de vulnerabilidad en este aspecto, una calificación de ***0*** de acuerdo con el valor asignado según condición de vulnerabilidad del formato de la metodología del CENAPRED, situación que mejorará con el empleo estratégico y operativo de este instrumento.

Tabla 3.17 *Resultados de capacidad de respuesta*

Rangos con respecto a la suma de las respuestas	Capacidad de respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 4	**Muy alta**	**0**	**0**
De 4.1 a 8	Alta	0.25	
De 8.1 a 12	Media	0.5	
De 12.1 a 16	Baja	0.75	
De 16 o más	Muy baja	1	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014) e información de la aplicación del cuestionario a la Coordinación de Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza, 2020

(3) Percepción local del riesgo

La comprensión que los habitantes del municipio asumen acerca de las amenazas a las que se encuentran expuestos, el grado de preparación y experiencias de desastre existente en su comunidad ante la incidencia de algún fenómeno perturbador, entre otros aspectos concernientes al riesgo son características que se consideran dentro de la percepción local del riesgo.

La evaluación del nivel de percepción local de la población municipal se efectúa mediante la aplicación del cuestionario determinado en la metodología para medir la vulnerabilidad social del CENAPRED (2014), sin embargo por la dificultad que significa el contacto personal debido a la situación de la pandemia vigente en el año 2020 por el COVID-19, el cuestionario de 25 reactivos se adaptó a 10 preguntas clave, las cuales integran varias preguntas de verificación en una sola, y su aplicación se realizó con una muestra representativa de 102 personas de manera remota, con la participación voluntaria de la ciudadanía municipal a través de las redes sociales oficiales de Protección Civil y Bomberos de San Nicolás de los Garza. Es posible visualizar dicho cuestionario en la liga: http://solucionessig.com.mx/PERCEPCIONLOCAL_TORREON/Index.html. A continuación, se presentan una captura de pantalla como ejemplo del llenado del cuestionario en línea.

Figura Cuestionario en línea de percepción local

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014), 2020

La siguiente tabla muestran la adaptación de los 10 reactivos del cuestionario percepción local del CENAPRED, con sus respectivas valoraciones de vulnerabilidad y los resultados de la aplicación de la muestra (102 cuestionarios), en amarillo claro se marca la respuesta de la mayoría de la población.

Tabla 3.18 *Cuestionario percepción local, resultados*

Pregunta	Valores de respuesta con su rango de Vulnerabilidad					
	Valor	Rango	Valor	Rango	Valor	Rango
¿Sabe si en su comunidad ha habido emergencias asociadas a alguna amenaza natural u originada por el humano en los últimos años? (inundaciones, sismos, procesos de remoción en masa, incendios, explosiones, etc.)	Sí	0	No	1	No sé	1
Respuestas de la población	67		26		9	
¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, en una zona inundable, etc.)?	Sí	0	No	1	No sé	1
Respuestas de la población	30		69		3	
En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	0.25	Personas lesionadas, daño en algunas viviendas y daños a infraestructura (medio)	0.5	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	1
Respuestas de la población	86		12		4	
¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Sí	0	No	1	No sé	1
Respuestas de la población	33		63		6	
¿Sabe a quién o a dónde acudir en caso de alguna emergencia?	Sí	0	No		1	
Respuestas de la población	50		52			
De acuerdo con experiencias anteriores. ¿Considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastres tomando en cuenta las labores de prevención? (Ha habido campañas de información acerca de los peligros existentes, simulacros, conoce rutas de evacuación, albergues, etc.)	Sí	0	No	1	No sé	1
Respuestas de la población	18		75		9	
¿Existe en su comunidad/localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastre?	Sí	0	No	1	No sé	1
Respuestas de la población	45		18		39	
¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la Unidad de Protección Civil?	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	0	Sé dónde se encuentra y sé sus funciones	1	Sé que hace, pero no sé dónde se encuentra	0.5
Respuestas de la población	32		31		39	
¿Qué tanto puede ayudar la Unidad de Protección Civil Municipal? ¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	0	Nada	1	Poco	0.5
Respuestas de la población	43		9		50	
¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en situación de peligro estaría dispuesta a reubicarse?	Sí	0	No		1	
Respuestas de la población	93		9			

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información de la aplicación del cuestionario a la población voluntaria municipal a través de las redes sociales oficiales del Protección Civil y Bomberos de San Nicolás de los Garza, 2020*

Todos los valores de cada cuestionario deben ser sumados (485) y divididos entre el número de cuestionarios aplicados en la muestra (102) para poder adquirir el valor general que represente la condición de vulnerabilidad según la percepción local en el municipio, conforme lo indica la metodología propuesta por el CENAPRED. Para el caso de San Nicolás de los Garza este valor es de 4.75 lo que de acuerdo con la tabla de rangos de percepción local del CENAPRED sitúa en una media percepción local del riesgo por tanto en un grado medio de vulnerabilidad en este rubro.

Tabla 3.19 *Percepción local del riesgo*

Rangos	Percepción Local	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 2.0	Muy alta	0	**0.5**
De 2.1 a 4.0	Alta	0.25	
De 4.1 a 6.0	Media	0.5	
De 6.1 a 8.0	Baja	0.75	
Más de 8	Muy baja	1	

(4) Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social

El grado de Vulnerabilidad Social se integra en un 50% por las condiciones económicas y sociales presentes en San Nicolás de los Garza, definidas acorde a los cinco componentes socioeconómicos antes mostrados (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población), en un 25% por la capacidad de respuesta actual de Protección Civil y Bomberos, y el 25% restante por la percepción local del riesgo de la población municipal. La suma de estos tres aspectos se desarrolló mediante la siguiente expresión:

$$GVS = (R1 \times 0.50) + (R2 \times 0.25) + (R3 \times 0.25)$$

Dónde:

GVS = Es el Grado de Vulnerabilidad Social asociada a desastres
R1 = Resultado de los indicadores socioeconómicos
R2 = Resultado del cuestionario de capacidad de respuesta
R3 = Resultado de percepción local del riesgo

Al sustituir los valores de la situación específica del municipio de San Nicolás de los Garza,la ecuación se presenta de la siguiente forma:

$$GVS = (0.1176 \times 0.50) + (0 \times 0.25) + (0.5 \times 0.25)$$

Por tanto, el resultado final de Vulnerabilidad Social es el siguiente:

Tabla 3.20 Resultados *de Vulnerabilidad Social*

Concepto	Puntaje	Porcentaje	Puntaje final
Indicadores socioeconómicos	0.1176	0.50	0.0588
Capacidad de respuesta	0	0.25	0
Percepción local	0.5	0.25	0.125
Grado de Vulnerabilidad Social			**0.128**

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

Este resultado se debe confrontar con los rangos de vulnerabilidad propuestos por el CENAPRED, en el cual San Nicolás de los Garza tiene un Grado de Vulnerabilidad Social *muy bajo*. Es importante señalar que estos rangos fueron establecidos a nivel nacional y que comprenden condiciones de municipios rurales, por lo que las condiciones socioeconómicas de las ciudades representan las de menor grado de vulnerabilidad dentro del país. Por esta situación el análisis de la distribución al interior del municipio es significativo, el siguiente apartado presenta dicho estudio.

Tabla 3.21 *Rangos para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social*

Valor Final	Grado de Vulnerabilidad Social	Resultado Final
De 0 a 0.20	Muy bajo	**0.128 (Grado de Vulnerabilidad Social muy bajo)**
De 0.21 a 0.40	Bajo	
De 0.41 a 0.60	Medio	
De 0.61 a 0.80	Alto	
Más de 0.80	Muy alto	

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

(5) Distribución espacial de la Vulnerabilidad Social por fenómeno perturbador

Los componentes que definen condiciones de la sociedad que impactan en el territorio municipal y por tanto son empleados para el análisis espacial de la Vulnerabilidad Social son los que integran el Índice de Vulnerabilidad Social según la metodología del CENAPRED (2014), los indicadores socioeconómicos de Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos, Población y el índice de marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO). Este último debido a su reconocimiento nacional para reflejar las condiciones estructurales que limitan el desarrollo social de una determinada población tanto urbana como rural, ya que mantienen carencia y difícil acceso a servicios, entre otros aspectos.

El índice de marginación urbana elaborado por CONAPO se toma en cuenta ya que en él se identifican condiciones que limitan a la población en materia de educación (% Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela,% Población de 15 años o más sin secundaria completa), salud (% Hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años, % Población sin derecho-habiencia a los servicios de salud), calidad (% Viviendas particulares con piso de tierra) y acceso a servicios básicos en la vivienda (%Viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda, sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica, sin excusado con conexión de agua), calidad de vida de la población (% Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento, % Viviendas particulares sin refrigerador). Con ello CONAPO considera un cálculo de marginación específico para el contexto urbano donde los indicadores varían un poco para reflejar problemáticas más reducidas, dicho cálculo se elabora dentro de cada área geoestadística básica (AGEB) urbana (delimitado por el INEGI).

La marginación urbana en San Nicolás de los Garza integra AGEBs con media, baja y muy baja marginación. De acuerdo con los datos del año 2010 de CONAPO los mayores grados de marginación (2010c) clasificados como medios se localizan en la zona noroeste del área urbana en la colonia Mirador de San Nicolás; al noreste Las Américas y manzanas cercanas a la colonia Torres de Santo Domingo y Parques de Santo Domingo, Valle del Mezquital y Arboledas del Mezquital; al suroeste Antiguo Nogalar, Garza Cantú, Bosques, Industrial y Jardines del Nogalar, 4 de Octubre y Carmen Romano de López Portillo (ver mapa CS-20, en Caracterización de los elementos sociales y demográficos")

La Vulnerabilidad Social refleja las zonas de mayores carencias en la calidad de condiciones socioeconómicas en los cinco aspectos evaluados: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población, y por tanto de la calidad de vida de los habitantes de San Nicolás de los Garza, identificar estas áreas vulnerables son de gran relevancia en la función preventiva y reactiva ante la ocurrencia de algún fenómeno perturbador ya que señalan aquellas zonas con mayor propensión a sufrir afectaciones, lo que de acuerdo a la teoría de la construcción social del riesgo desencadena los desastres y las diferentes posibilidades de daño.

Con el objetivo de diferenciar la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la población de San Nicolás de los Garza según los diferentes fenómenos perturbadores se clasifico con distintos grados de ponderación porcentual a cada uno de los seis componentes del Índice de Vulnerabilidad Social (Salud, Educación, Vivienda, Empleo e ingresos, Población y Marginación) de acuerdo a las características específicas que más afectan a la población según el tipo de fenómeno natural o antropogénico que pueda desencadenar un desastre.

Para los fenómenos geológicos las condiciones de marginación (pobreza) y de vivienda inciden de manera más importante en caso de un siniestro que el grado de educación que los habitantes de determinada región asuman, ya que en caso de un derrumbe si los habitantes se encuentran aislados y la vivienda se destroza por su condición marginal, pese a que tengan el bachillerato completo, será más difícil para ellos salvaguardar sus pertenencias e inclusive su vida, que a unos habitantes con la secundaria terminada pero con una vivienda menos precaria. Situación similar al impacto que puede ocasionar un fenómeno hidrometeorológico como una inundación en la vida de los habitantes de San Nicolás del os Garza, donde un mayor ingreso puede ayudar a recuperar o mitigar daños personales.

Es importante aclarar que el aspecto de la vivienda en el componente social se refiere al acceso que ésta tiene en cuanto a disponibilidad de servicios (luz eléctrica, drenaje, agua potable) y su calidad (piso de tierra), pero lo referente a la condición estructural derivada del tipo de material que presentan las edificaciones se valora como un aspecto de la vulnerabilidad física.

Para el caso de las ondas gélidas o heladas resulta de mayor relevancia privilegiar el aspecto de salud que el de la educación, ya que en caso de una pulmonía es más importante contar con los medios para atender la emergencia (acceso a la derechohabiencia) que tener una licenciatura concluida, no obstante la educación es un factor de mayor consideración en otro tipo de fenómeno por ejemplo en el caso de los incendios forestales, los cuales provienen la mayoría de las veces de la ignorancia cuando son ocasionados por la acción humana, una situación vigente en la formación de incendios dentro del municipio se deben a la quema de basura clandestina, procedente de una falta de educación y prevención de sus habitantes.

En cuanto a los fenómenos de origen Químico-Tecnológicos se privilegian aspectos como la población ya que una alta concentración de población (hacinamiento) hace más susceptible a una catástrofe de mayor magnitud en caso de una explosión. En los Fenómenos Sanitario-Ecológicos la salud, la marginación y la concentración de población inciden en mayor medida que el empleo e ingresos en por ejemplo contaminar el agua. Para el caso de los

fenómenos Socio-Organizativos elementos como la población tienen una importancia similar a la condición de educación, empleo e ingresos y marginación, ya que la concentración de habitantes con carencias sociales y descontento incide en manifestaciones negativas como el vandalismo, terrorismo, etc.

Aspectos como los mencionados anteriormente y la experiencia en temas de gestión de riesgos hacen posible una distinción de vulnerabilidades por fenómenos perturbadores. La siguiente tabla muestra las ponderaciones en los porcentajes por componente empleadas para la construcción de los distintos índices de vulnerabilidad por fenómeno, por colores se identifican aquellos que resultan similares debido a las características afines de los fenómenos en cuestión, para los cuales se integran sus respectivos mapas.

Tabla 3.22 *Porcentaje de los componentes de Vulnerabilidad Social por fenómeno perturbador*

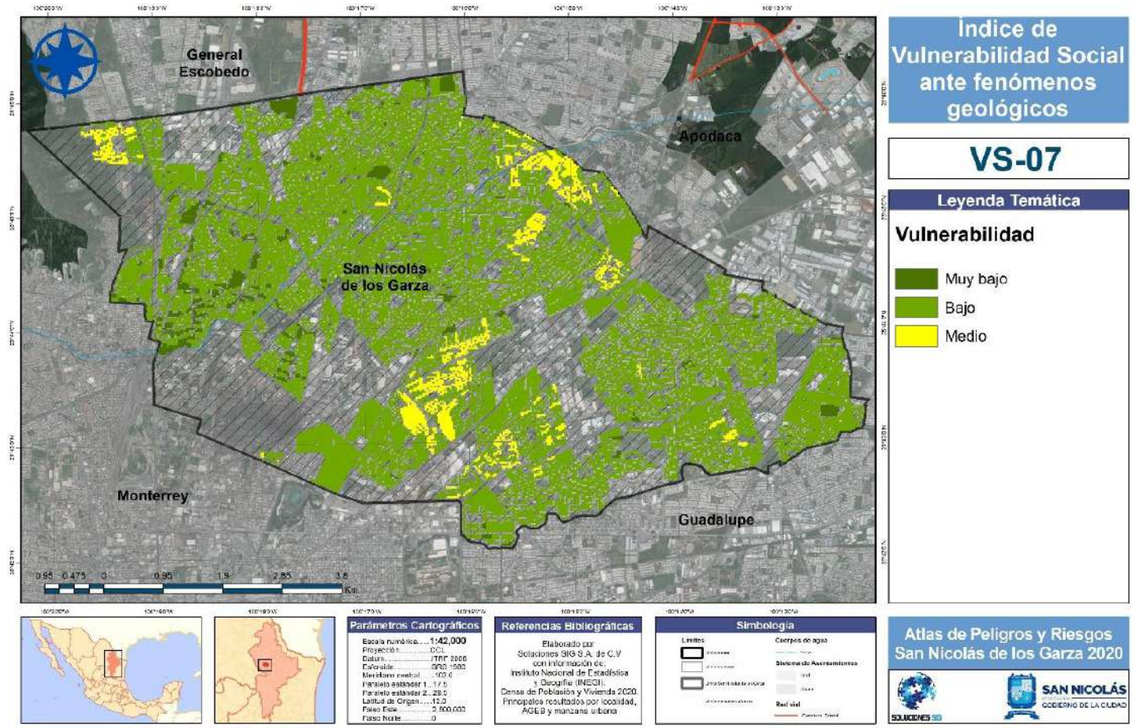
Fenómenos perturbadores		Porcentaje del Componente de Vulnerabilidad Social						
		Salud	Educación	Vivienda	Empleo e ingresos	Población	Marginación	Total
I. Fenómenos Geológicos	Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)	15%	10%	25%	10%	15%	25%	100%
	Karstificación	15%	10%	25%	10%	15%	25%	100%
	Sismos	15%	10%	25%	10%	15%	25%	100%
	Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno	15%	10%	25%	10%	15%	25%	100%
II. Fenómenos Hidrometeorológicos	Ciclón tropical (vientos y lluvias)	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Inundaciones pluviales	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Inundaciones fluviales	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Tormentas de granizo	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Tormentas eléctricas	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Sequías	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Tornados	10%	10%	25%	15%	15%	25%	100%
	Ondas cálidas	25%	10%	20%	10%	15%	20%	100%
	Ondas gélidas	25%	10%	20%	10%	15%	20%	100%
	Heladas	25%	10%	20%	10%	15%	20%	100%
	Tormentas de nieve	25%	10%	20%	10%	15%	20%	100%
III. Fenómenos Químico-Tecnológicos	Almacenamiento de sustancias peligrosas	15%	20%	10%	10%	25%	20%	100%
	Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	15%	20%	10%	10%	25%	20%	100%
	Transporte por ductos	15%	20%	10%	10%	25%	20%	100%
	Incendios forestales	15%	25%	10%	10%	20%	20%	100%
IV. Fenómenos Sanitario-Ecológico	Contaminación del suelo, aire y agua	25%	15%	10%	10%	20%	20%	100%
	Epidemias y plagas	25%	15%	10%	10%	20%	20%	100%
V. Fenómenos Socio-Organizativos	Demostraciones de inconformidad social	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Concentración masiva de población	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Terrorismo	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Sabotaje	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Vandalismo	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Accidentes aéreos	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Accidentes terrestres	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%
	Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica	10%	20%	10%	20%	20%	20%	100%

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG*

La integración de los componentes de Vulnerabilidad Social por fenómeno perturbador se elabora mediante algebra de mapas a nivel localidad y manzana urbana. A continuación se presentan los resultados de este análisis espacial, se identifican los sitios donde se deben enfocar los mayores esfuerzos para realizar campañas de prevención, concientización de medidas de protección civil, así como instaurar mecanismos gubernamentales de mejora en las condiciones de vida de los ciudadanos.

La cartografía VS-07 identifica el comportamiento del índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos geológicos, el cual considera los componentes vulnerables ante los fenómenos de Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes), Karstificación, Sismos, Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno. El mayor grado de vulnerabilidad (medio) se encuentra marcado de color amarillo y se puede identificar que se encuentran localizados hacia el noreste, noroeste y suroeste del territorio municipal.

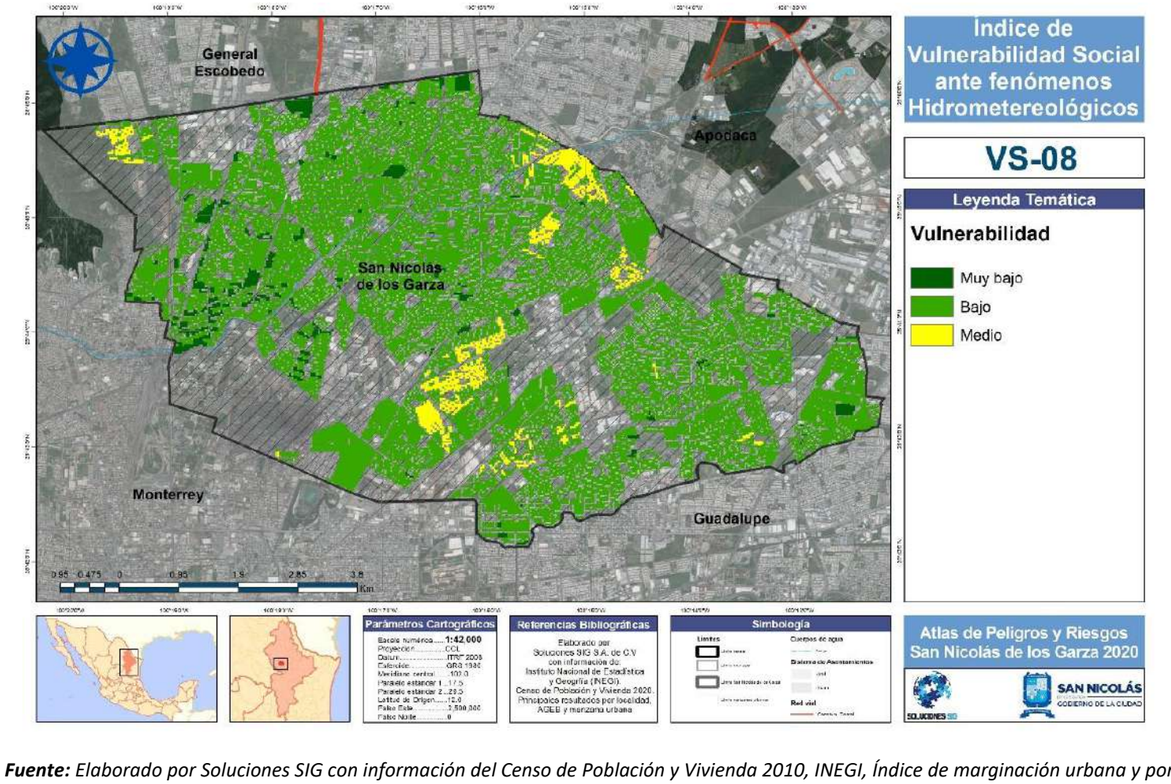
Mapa 3.26. *Índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos geológicos, 2020**



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El comportamiento del índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, ciclón tropical (vientos y lluvias), tormentas de granizo y eléctricas, sequías, tornados presenta un grado medio de vulnerabilidad al suroeste, noreste y noroeste del área urbana (mapa VS-08).

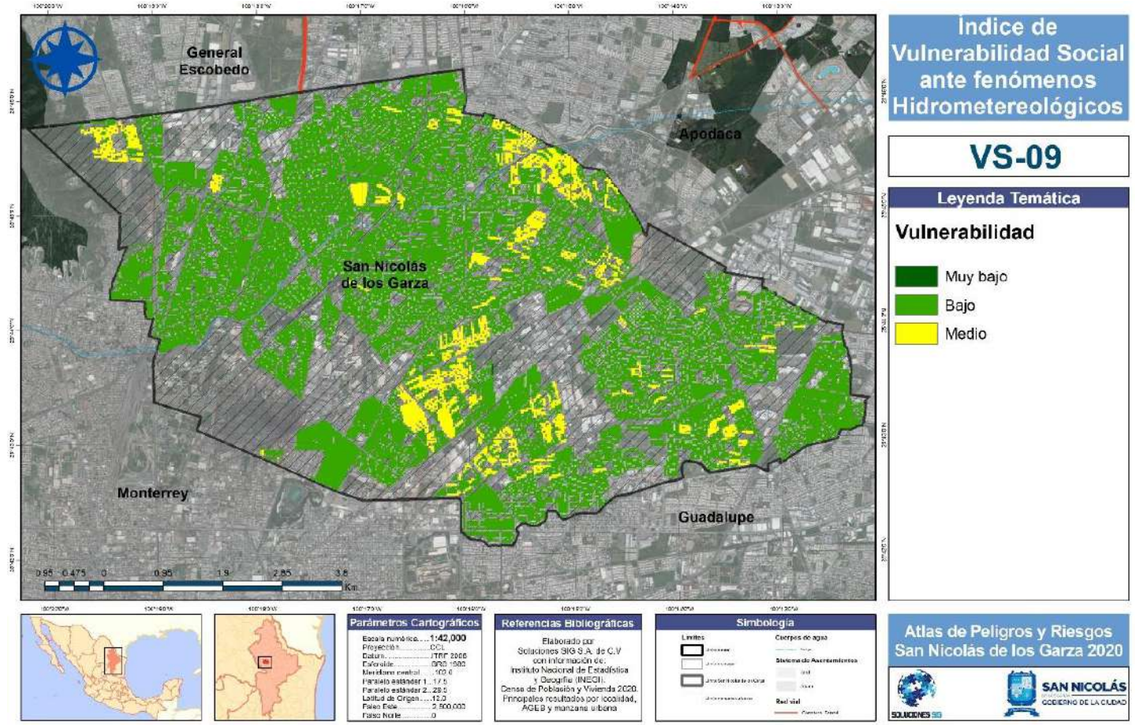
Mapa 3.27 29 *índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, ciclón tropical (vientos y lluvias), tormentas de granizo y eléctricas, sequías, tornados, 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

La mayor vulnerabilidad social la cual es media ante fenómenos hidrometeorológicos de ondas cálidas, gélidas, heladas y tormentas de nieve, se sitúa en toda la zona noreste y suroeste integrando una pequeña parte muy colindando con el Cerro del Topo Chico en la parte noroeste del área urbana (Ver mapa VS-09).

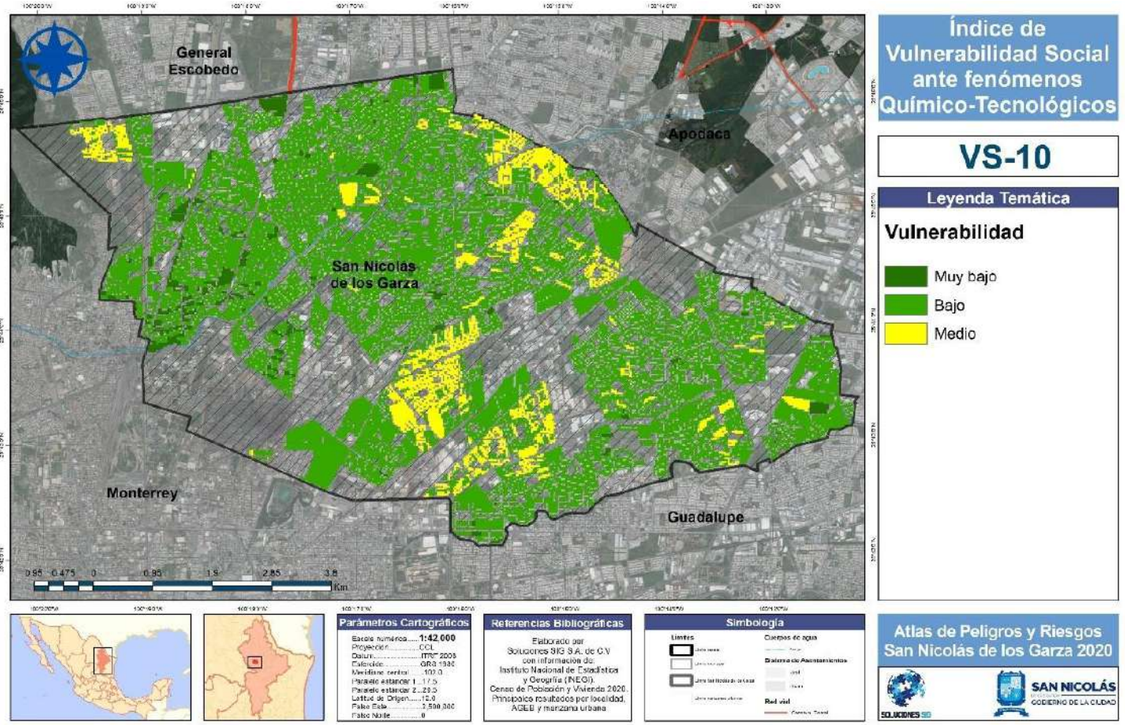
Mapa 3.28 *índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos hidrometeorológicos de ondas cálidas y gélidas, heladas, tormentas de nieve, 2010*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

La vulnerabilidad social al interior municipal ante fenómenos químico tecnológicos de almacenamiento de sustancias peligrosas, autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas, transporte por ductos se aprecia en el mapa VS-10, donde las zonas marcadas con amarillo muestran la vulnerabilidad que presenta este fenómeno, se identifican algunas localidades y colonias ubicadas principalmente en la zona suroeste, noreste y noroeste.

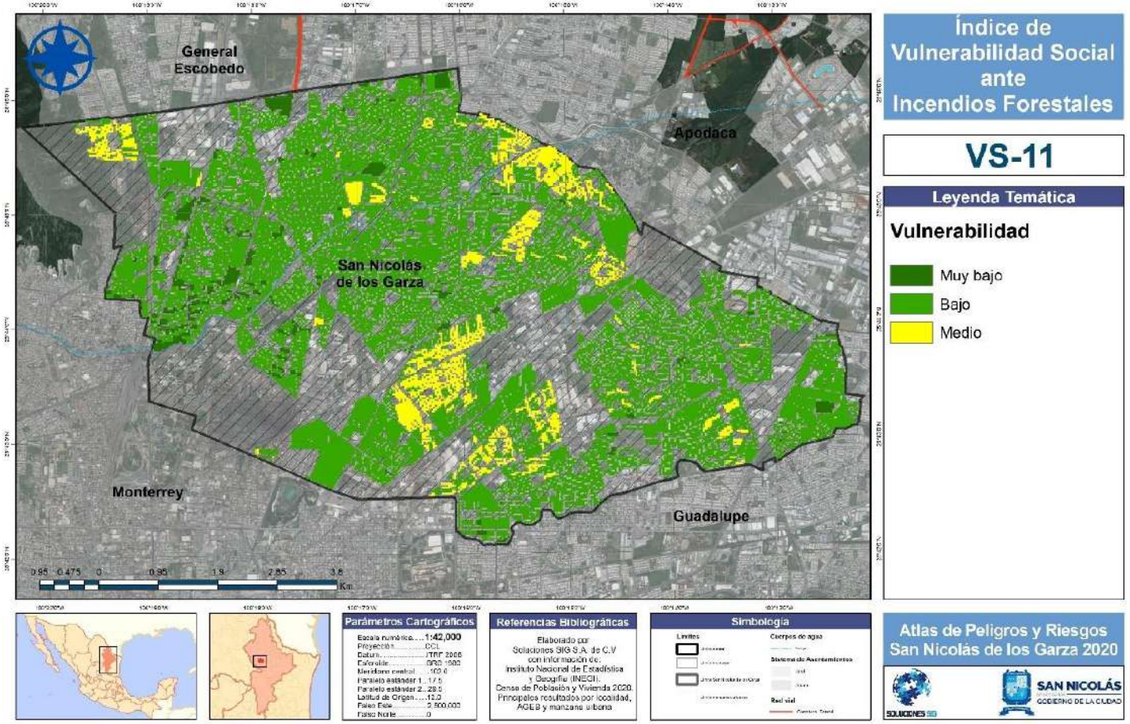
Mapa 3.29 30 *índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos químico tecnológicos, 2010*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El mapa VS-11 muestra el comportamiento del índice de Vulnerabilidad Social ante el fenómeno de incendios forestales, el cual tiene mayores grados de vulnerabilidad en los límites centro-sur, noreste y una parte pequeña del noroeste del área urbana con grados medios de vulnerabilidad.

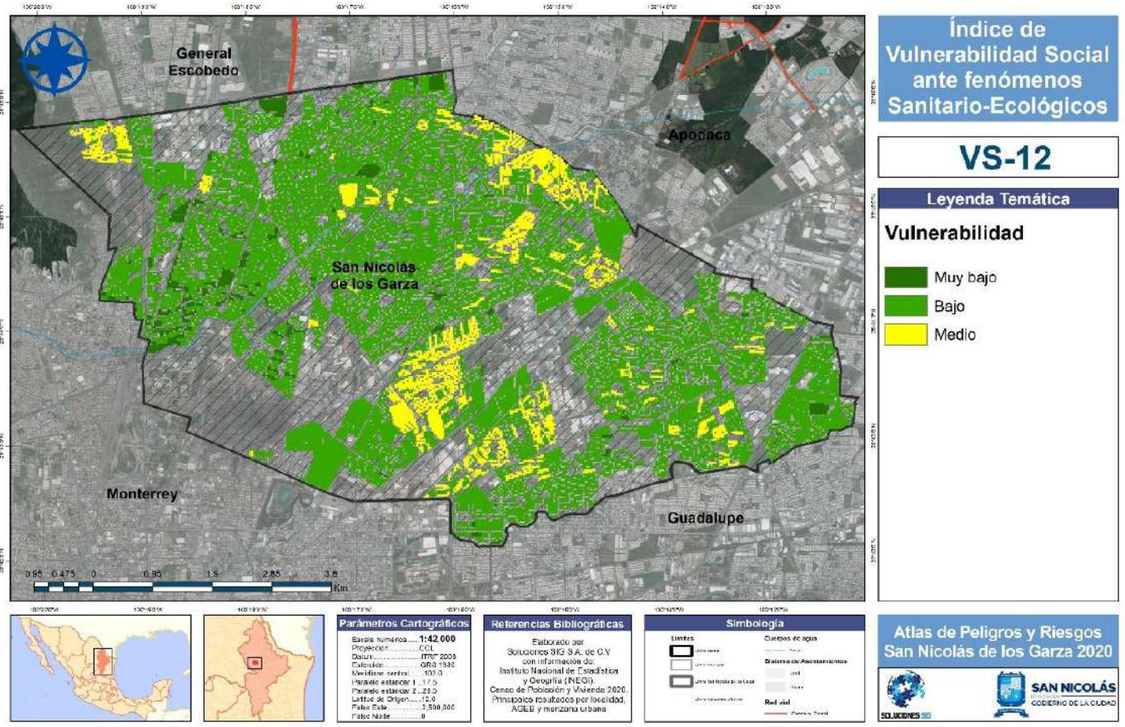
Mapa 3.30 *índice de Vulnerabilidad Social ante incendios forestales, 2010*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

La vulnerabilidad social ante los fenómenos sanitario ecológicos de contaminación del suelo, aíre y agua, epidemias y plagas se observa en el mapa VS-12 donde la mayoría del territorio presenta muy baja y muy baja vulnerabilidad, sólo la zona centro-sur, noreste y noroeste del área urbana se presenta una vulnerabilidad media.

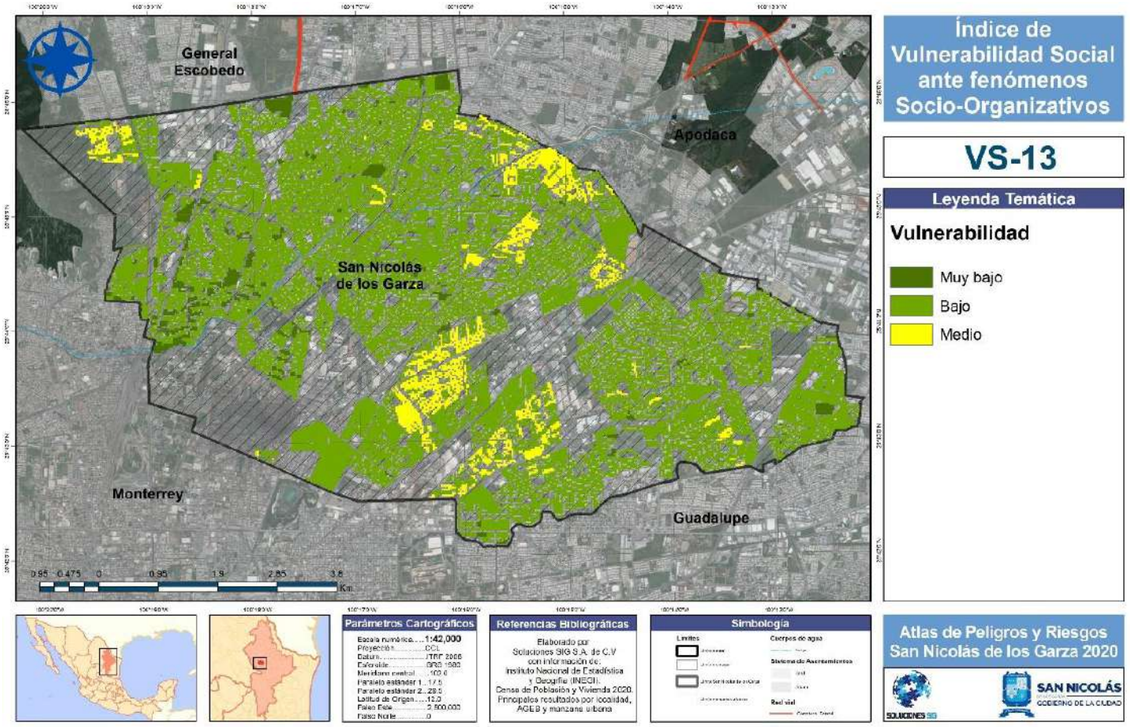
Mapa 3.31 *índice de Vulnerabilidad Social ante Sanitario-Ecológicos, 2010*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El índice de Vulnerabilidad Social ante fenómenos socio-organizativos de demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población se muestra en el mapa VS-13, donde pocas manzanas ubicadas al noreste, noroeste y centro-sur del área urbana presentan grados medios de vulnerabilidad.

Mapa 3.32 *índice de Vulnerabilidad Social ante Socio-Organizativos, 2010*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

4. Vulnerabilidad Física

La Vulnerabilidad física se define como la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo y a las deficiencias de sus estructuras físicas para “absorber” los efectos de esos riesgos (Wilches-Chaux, 1989). Un ejemplo de ello es: el riesgo de un terremoto, aquí es observable la localización de la comunidad en cercanías a fallas geológicas que se encuentran activas y también la ausencia de estructuras sismo-resistentes en las edificaciones. La vulnerabilidad física también analiza la interacción de condiciones que se encuentran asociadas a diferentes elementos que pueden desencadenar una mayor o menor afectación en caso de la ocurrencia de un fenómeno perturbador, a nivel físico factores como la morfología, topografía, pendientes, tipo de suelo, precipitación, uso de suelo, entre otros inciden en la capacidad de resistencia que asume determinada región. La Vulnerabilidad física se remite al potencial de afectación estructural de los sistemas expuestos ante el acontecimiento de algún fenómeno perturbador, dichos sistemas se integran por la infraestructura (obras civiles, construcciones, servicios, entre otros) donde el ser humano desempeña sus actividades habituales (SEGOB/CENAPRED, 2014f).

- *Condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda (vulnerabilidad estructural)*

Las condiciones de vulnerabilidad de posible impacto que cada sistema expuesto se relacionan directamente a las condiciones físicas que manifiesten y las edificaciones en el municipio, por ello se identifican las principales condiciones estructurales con base en la clasificación de la tipología de la vivienda de la metodología de la "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social" del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014).

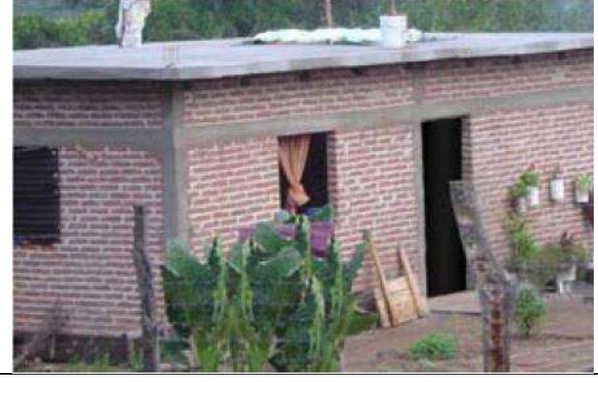
La Tipología de la Vivienda se clasifica de acuerdo con el CENAPRED por el tipo de muros, techos, cimentación y número de niveles que tiene una vivienda, la tabla siguiente contiene la información técnica que considera en cada aspecto.

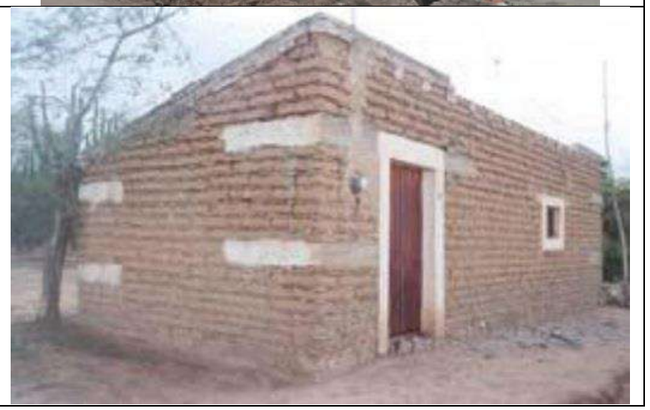
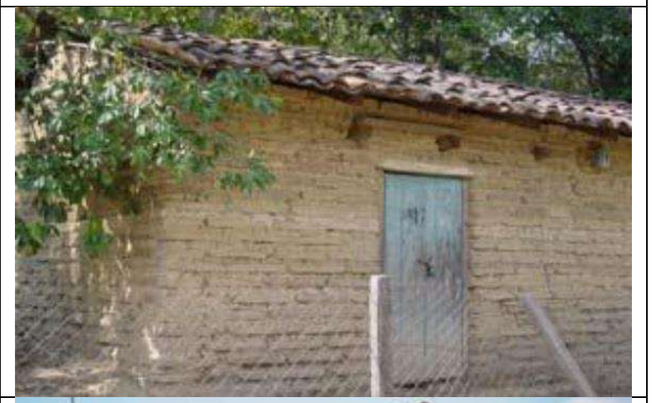
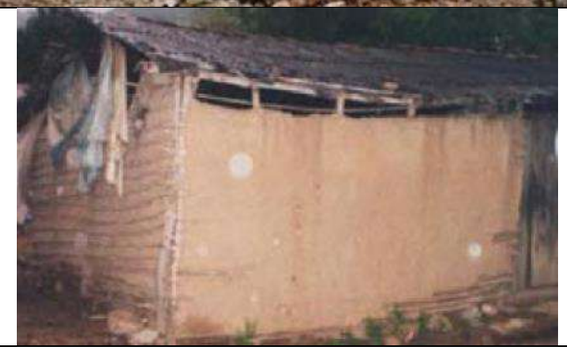
Tabla 3.23 *Información técnica considerada para clasificar la tipología de la vivienda*

Material del Muro	Material del Techo	Tipo de Cimentación	Número de Niveles
Mampostería reforzada con castillos y dalas	Rígido:	Zapata corrida de concreto o mampostería	1
Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero	Vigas de acero con bóveda de tabique	Zapata corrida de mampostería	2
Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	Vigas de acero con delgada de tabique (bóveda catalana)	Zapata de mampostería	3
Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos (aberturas sin refuerzo)	Losa de concreto reforzado	Sin mampostería	4
Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	Prefabricados (vigueta-bovedilla u otros)		5
Mampostería simple (sin elementos de refuerzo o confinamiento)	Material de desecho		
Concreto colado en el lugar			
Paneles prefabricados			
Adobe Simple (sin elementos de refuerzo)	Flexible:		
Adobe (Confinado con castillos y dalas o malla y mortero)	Enramado cubierto de palma o fibra vegetal (Palma, Tejamanil, etc.)		
De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	Madera		
Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	Lámina de cartón asfáltico		
Flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla)	Lámina de plásticos o fibra de vidrio		
Tabique macizo de barro recocido	Lámina metálica (zinc)		
Tabique hueco de barro recocido (extruido "tabique aparente")	Lámina de asbesto		
Tabique multiperforado de barro recocido	Teja de barro		
Tabique macizo de concreto (tabicón de cemento-arena)			
Bloque hueco de concreto			
Piedras naturales			

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)

Tabla 3.24 *Tipos de vivienda con base en información técnica, clasificación de la tipología de la vivienda*

Tipo de vivienda	Características de la vivienda	Foto representativa
1	**Muros:** Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior. **Techo:** techo y entrepisos rígidos. **Cimentación:** zapata corrida de concreto o mampostería. **Altura:** uno a cinco niveles.	
2	**Muros:** Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior. **Techo:** Flexibles. **Cimentación:** zapata corrida de mampostería. **Altura:** un nivel.	
3	**Muros:** Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente. **Techo:** techo y entrepisos rígidos. **Cimentación:** zapata corrida de mampostería. **Altura:** uno a cinco niveles.	

Tipo de vivienda	Características de la vivienda	Foto representativa
4	**Muros:** Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente. **Techo:** Flexible. Cimentació**n:** zapata corrida de mampostería. **Altura:** un nivel.	
5	Muros: Mampostería simple. Techo: techo y entrepisos rígidos. Cimentación: zapata de mampostería. Altura: uno a tres niveles.	
6	Muros: Mampostería simple. Techo: Flexible. Cimentación: zapata de mampostería. Altura: un nivel.	
7	**Muros:** Adobe. **Techo:** Rígido. **Cimentación:** Cuando existe, de mampostería. **Altura:** uno a dos niveles.	
8	**Muros:** Adobe. **Techo:** Flexible. **Cimentación:** Cuando existe, de mampostería. **Altura:** un nivel.	
9	**Muros:** De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera), Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera). **Techo:** Flexible. **Cimentación:** Cuando existe, zapata de mampostería. **Altura**: un nivel.	
10	**Muros**: Flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla). **Techo:** Flexible. **Cimentación:** Cuando existe, zapata de mampostería. **Altura:** un nivel.	

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f)*

De acuerdo con la información proporcionada por SEDATU y CENAPRED, en la primera etapa del trabajo, se realizó en campo el reconocimiento correspondiente de tipología de viviendas con el llenado de identificación de tipología de vivienda en las zonas de mayor grado de marginación

Se realizó el reconocimiento en campo de la tipología de las viviendas de áreas de control en campo con el llenado de la cédula de identificación de tipología de la vivienda en las zonas de mayor grado de marginación según CONAPO, 2010 y vulnerabilidad identificadas por Protección Civil y Bomberos de San Nicolás de los Garza. A continuación se presenta un ejemplo del llenado de dicha cédula.

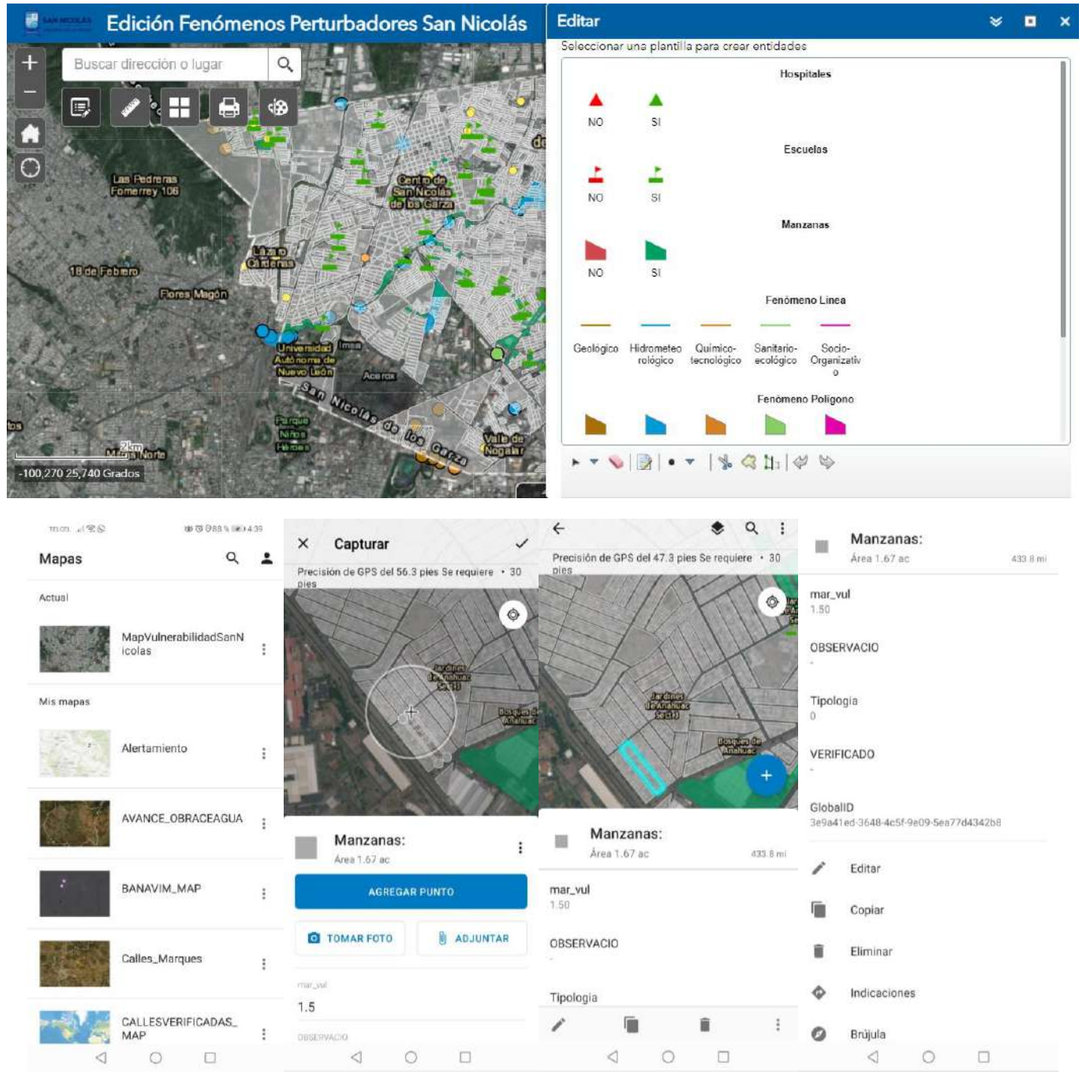
Figura 3.3 *Captura de pantalla de la aplicación la cédula de identificación de tipología de la vivienda, San Nicolás de los Garza, 2020*

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG, 2020*

Este levantamiento de información se elaboró en con dos Sistemas de Información Geográfica desarrollados para la toma de información y edición de polígonos de forma presencial llamados Collector de ArcGIS y Aplicativo Web para edición en línea con ESRI web app builder donde se hizo el reconocimiento en campo de la tipología de la tipo de vivienda según la condición del material estructural de las viviendas que se presentaban en las manzanas del municipio, se colocaba el tipo de la mayoría de las viviendas de la manzana para atribuir los distintos tipos de vivienda conforme lo establecido en la metodología del CENAPRED, 2014 en la ”Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social”. Además se tomaron algunas evidencias fotográficas.

Este levantamiento de información se elaboró mediante dos Sistemas de Información Geográfica, desarrollado para la toma de información y edición de polígonos de forma presencial. El primero llamado ArcGis Online y el segundo Collector de ArcGIS (ambos con capas editables entre ellos). En ambos se hizo el reconocimiento en campo de la tipología de la tipo de vivienda según la condición del material estructural de las viviendas que se presentaban en las manzanas del municipio, se colocaba el tipo de la mayoría de las viviendas de la manzana para atribuir los distintos tipos de vivienda conforme lo establecido en la metodología del CENAPRED, 2014 en la “Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social”. Además se tomaron algunas evidencias fotográficas.

Figura 3.4 *Capturas de pantalla del registro en campo de la tipología de la vivienda en Aplicativo Web para edición en línea con ESRI web app builder, San Nicolás de los Garza, 2020*

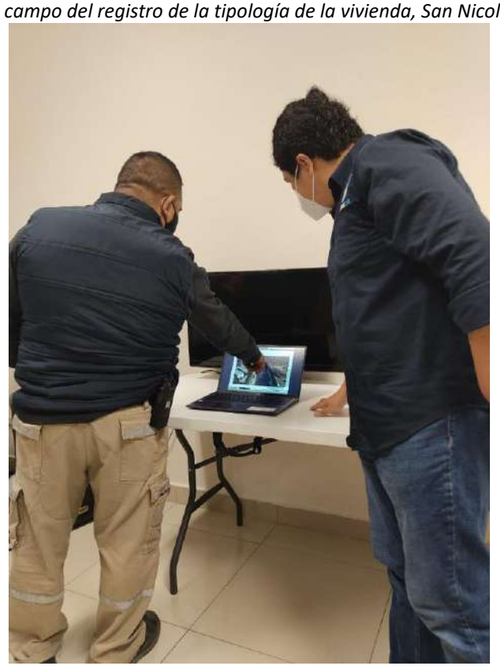


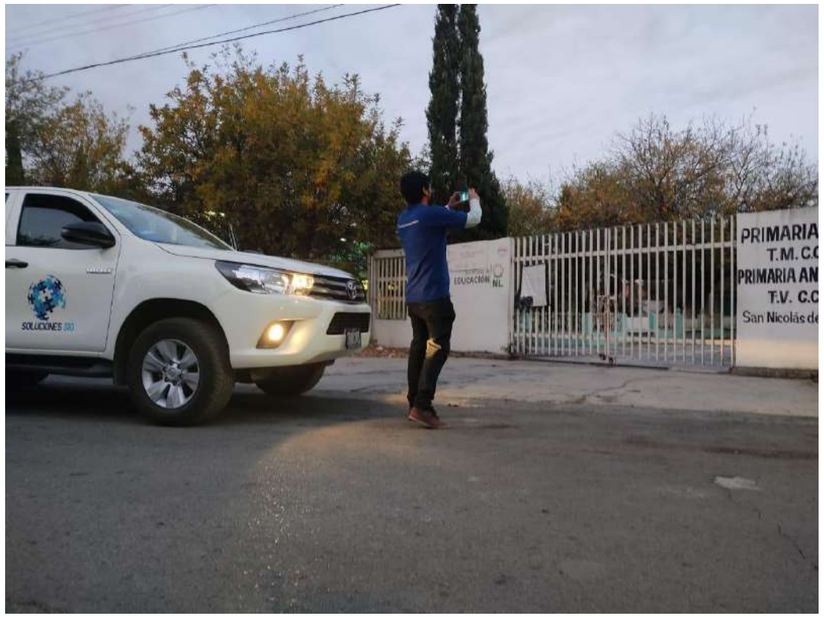
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG, 2020*

Figura 3.5 *Capturas de pantalla del registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Collector ArcGis y Aplicativo Web para edición en línea, San Nicolás de los Garza, 2020*

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, 2020*

Figura 3.6 *Trabajo en campo del registro de la tipología de la vivienda, San Nicolás de los Garza, 2020*



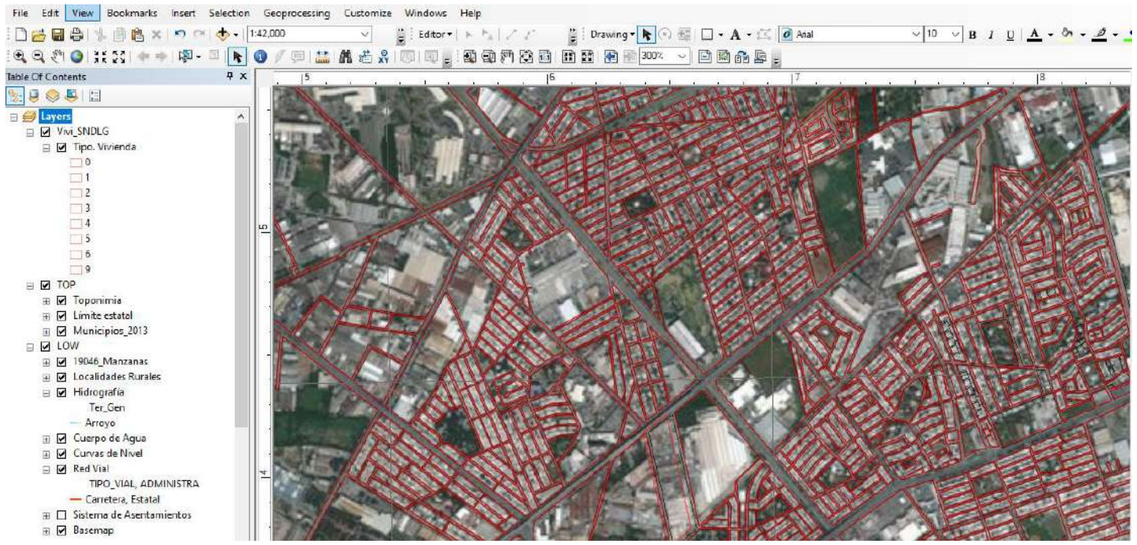


Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, 2020*

Con las herramientas de percepción remota disponibles, la revisión de ortofoto de San Nicolás de los Garza 2020, el uso de imágenes de Google Earth, vista de planta, el procesamiento de los puntos de control en campo y las cédulas arriba mostradas, se elaboró mediante un Sistema de Información Geográfica SIG en el software ArcGis el mapa de condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda (VF-03) en el cual se identifica la tipología de la

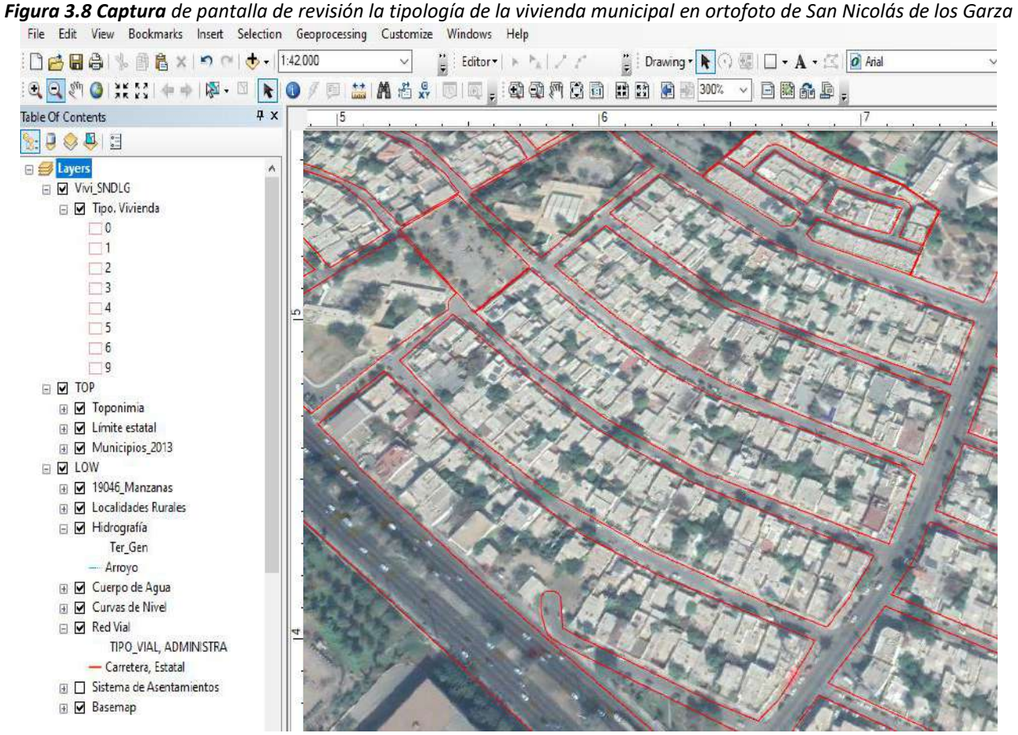
vivienda en 10 clasificaciones: Tipología 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Cabe mencionar que en campo al igual que con las imágenes satelitales de Google Earth y vista en planta no fueron identificadas las tipologías 8 y 9, por lo que, no se integraron en el mapa de vulnerabilidad de material de vivienda (VF-03). Para la tipología 10 no se clasificaron manzanas con este tipo de viviendas, pero si fueron reconocidas en las manzanas que presentan tipología 9. Ya que el municipio cuenta con parques recreativos, terrenos baldíos, jardineras, jardines y áreas verdes se añadió una tipología más, esta es clasificada como tipología 0. A continuación se presenta un ejemplo de cada tipología observada en el municipio y los productos cartográficos derivados de este trabajo.

Figura 3.7 *Captura de pantalla de revisión la tipología de la vivienda municipal en ortofoto de San Nicolás de Los Garza, 2017*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, 2020, ortofoto de San Nicolás de los Garza, 2020.*

Figura 3.8 Captura *de pantalla de revisión la tipología de la vivienda municipal en ortofoto de San Nicolás de los Garza*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, 2020 con ortofoto San Nicolás de los Garza"2020*

Figura 3.9 *Ejemplo de jardinera, tipología 0*

Fuente: *Jardinera de la colonia Los Ángeles Sector 2, San Nicolás de los Garza, 2020. Imagen satelital tomada de Google Earth*

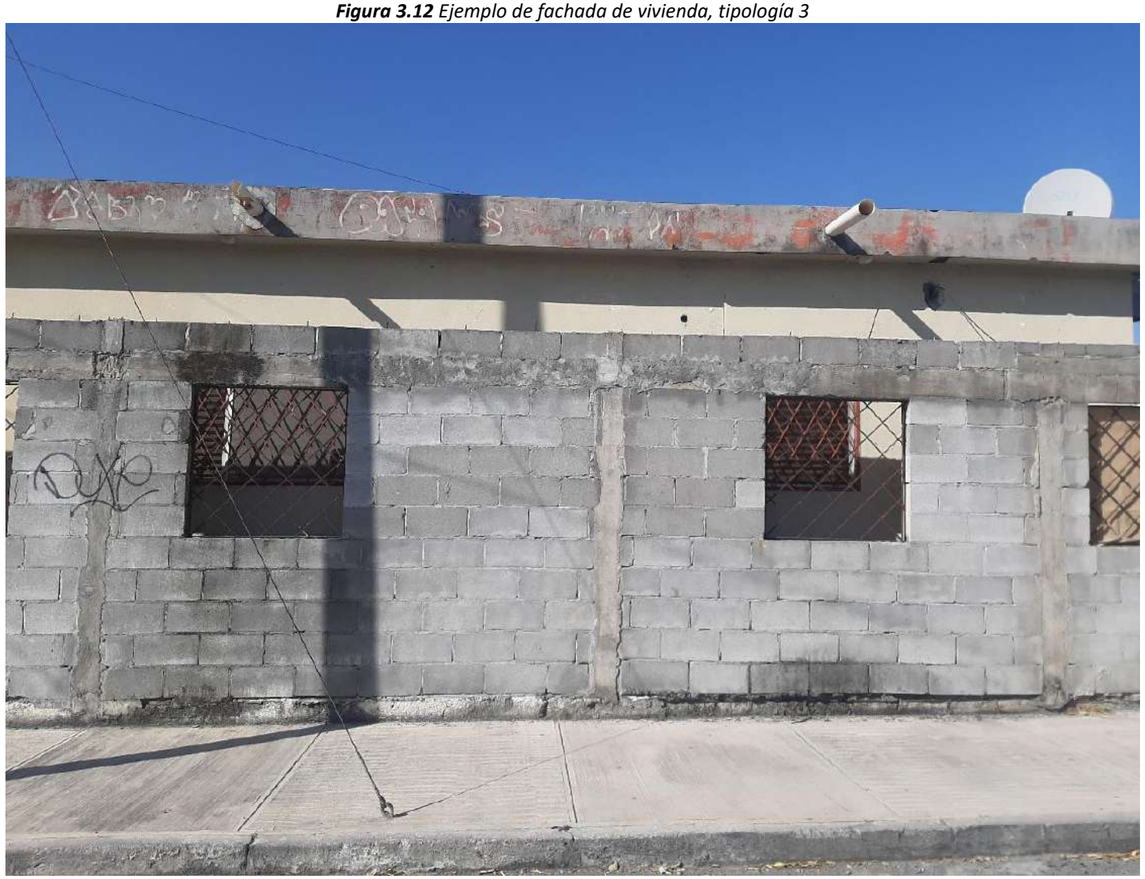
Figura 3.10 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 1*

Fuente*: Fachada de vivienda de la colonia Residencial Anáhuac, San Nicolás de los Garza, 2020*

Figura 3.11 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 2*

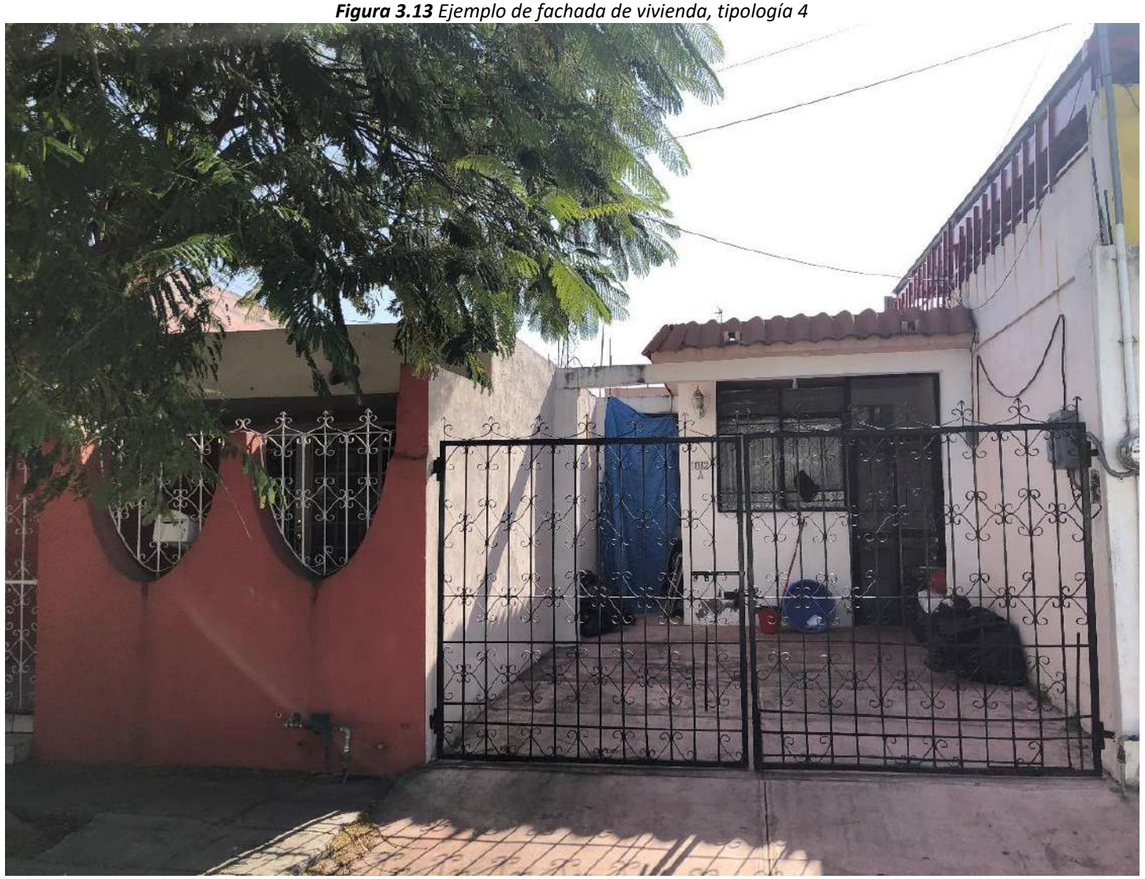
Fuente*: Fachada de vivienda de la colonia El Roble Sector 1, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.12 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 3*



Fuente: *Fachada de vivienda de la colonia Las Puentes Sector 14, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.13 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 4*



Fuente*: Fachada de vivienda Las Puentes Sector 9, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.14 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 5*

Fuente*: Fachada de vivienda de la colonia 4 de Octubre, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.15 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 6*

Fuente: *Fachada de vivienda de la colonia Unidad Habitacional 4 de Octubre, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.16 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 9*

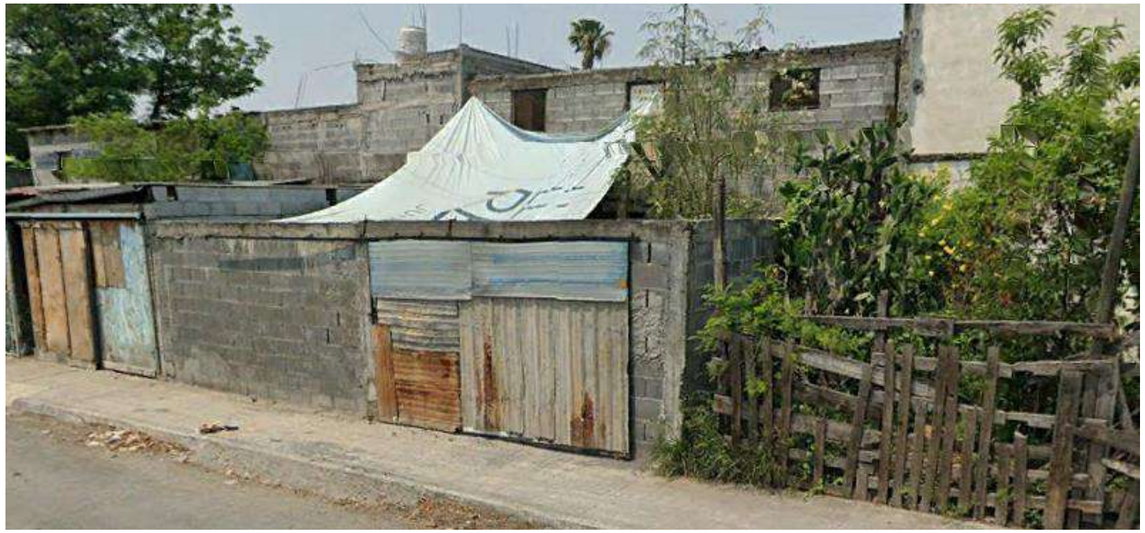
Fuente*: Fachada de vivienda de Unidad Habitacional 4 de Octubre, San Nicolás del os Garza, 2020. Elaboración propia.*

Figura 3.17 *Ejemplo de fachada de vivienda, tipología 10*

Fuente: *Fachada de vivienda de la colonia 4 de Octubre, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia.*

Es importante aclarar que la mayoría de las viviendas en los desarrollos habitacionales del municipio presentan condiciones estructurales positivas conforme la Información técnica considerada para clasificar la tipología de la vivienda de la metodología del CENAPRED, 2014, con muros y techos rígidos, recordemos que la misma es propuesta para las condiciones de las viviendas de todo el país de entornos urbanos y rurales. No obstante existen unidades habitacionales con viviendas en mal estado, con agrietamientos y descuidadas, lo cual es evidencia de un entorno vulnerable por su descuido social, ejemplo de ello son las viviendas que se encuentran en la colonia Azteca.

Figura 3.18 *Material de desecho, láminas y ladrillos en muros y techos de casas que se encuentran en mal estado, San Nicolás de los Garza, 2020*



Fuente*: Material de desecho, láminas y ladrillos en muros, techos y entradas de viviendas dela colonia Azteca, San Nicolás de los Garza, 2020. Tomada de imágenes satelitales de Google Earth.*

De acuerdo a las observaciones en campo se identificó que ciertas zonas del municipio de San Nicolás de los Garza cercanas a la red ferroviana del AMM se encuentran en mal estado, ya que muchas viviendas se encuentran en construcción con materiales poco resistentes como: material de desecho, lámina, madera y pocas de ellas construidas con ladrillos o en obra negra. Un ejemplo de ello son las viviendas de la Unidad Habitacional 4 de octubre.

Figura 3.20 *Vista de las condiciones en el exterior de la vivienda de la unidad habitacional construida por material poco resistente, San Nicolás de los Garza, 2020*

Fuente*: Exterior de viviendas de la Colonia La Estancia, San Nicolás de los Garza, 2020. Fotografía tomada de Google Earth.*

Una circunstancia de alerta en cuanto a las condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda y por ende la vulnerabilidad de sus habitantes al impacto de cualquier fenómeno perturbador, tanto natural como social, es aquella que se encuentra presente en las algunas zonas de la parte sur, cercanas a la vía férrea y en la parte noroeste del municipio, cercano al Cerro del Topochico, donde en los recorridos en campo el equipo técnico pudo observar que existe una mejora en los muros hechos de ladrillos pero aún no se han implementado medidas para el mejoramiento de la estructura de la vivienda, por lo que la infraestructura continua susceptible al posible impacto de los fenómenos tanto naturales como antrópicos que pudieran desencadenar algún tipo de desastre. Dicha situación se observa en las siguientes evidencias fotográficas, donde es posible apreciar que el material de la estructura de la vivienda se encuentra constituida en su mayoría material de desecho, lámina, madera y ladrillo, material endeble a procesos geológicos e hidrometeorológicos, catalogado con tipologías 5, 6 y 9 dentro de la metodología del CENAPRED, 2014, por lo que pese a que su fachada se edifica ladrillo y concreto, material de una resistencia media ante los fenómenos perturbadores, no contribuye a la disminución de la condición real de vulnerabilidad que asumen los habitantes, solamente contribuye al mejoramiento de la imagen urbana. Es transcendental recomendar que los esfuerzos destinados al apoyo de los habitantes también consideren las condiciones estructurales, de aspectos tanto físicos como sociales, para fortalecer la calidad de vida y generar entornos resilientes.

Figura 3.19 *Evidencia fotográfica de fachada de material de desecho, madera, lámina y material del muro de ladrillo y concreto, San Nicolás de los Garza, 2020*

Fuente: *Fachada de vivienda de la Colonia Mirador San Nicolás, San Nicolás de los Garza, 2020. Imagen satelital tomada de Google Earth*

Figura 3.21 *Evidencia fotográfica de fachada de material de desecho y lámina, San Nicolás de los Garza, 2020*

Fuente*: Fachada de vivienda de la Unidad Habitacional 4 de Octubre, San Nicolás de los Garza, 2020. Imagen satelital tomada de Google Earth*

Un ejemplo de las viviendas que presentan otro tipo de daños en sus fachadas es en la colonia La Estancia en la calle Lago de Pátzcuaro, éstas han sido afectadas posiblemente por el mal mantenimiento del drenaje pluvial o por el mal diseño y planeamiento de construcción de casas. Como evidencia las viviendas presentan grietas y fisuras en sus muros y pisos, como a continuación se muestra:

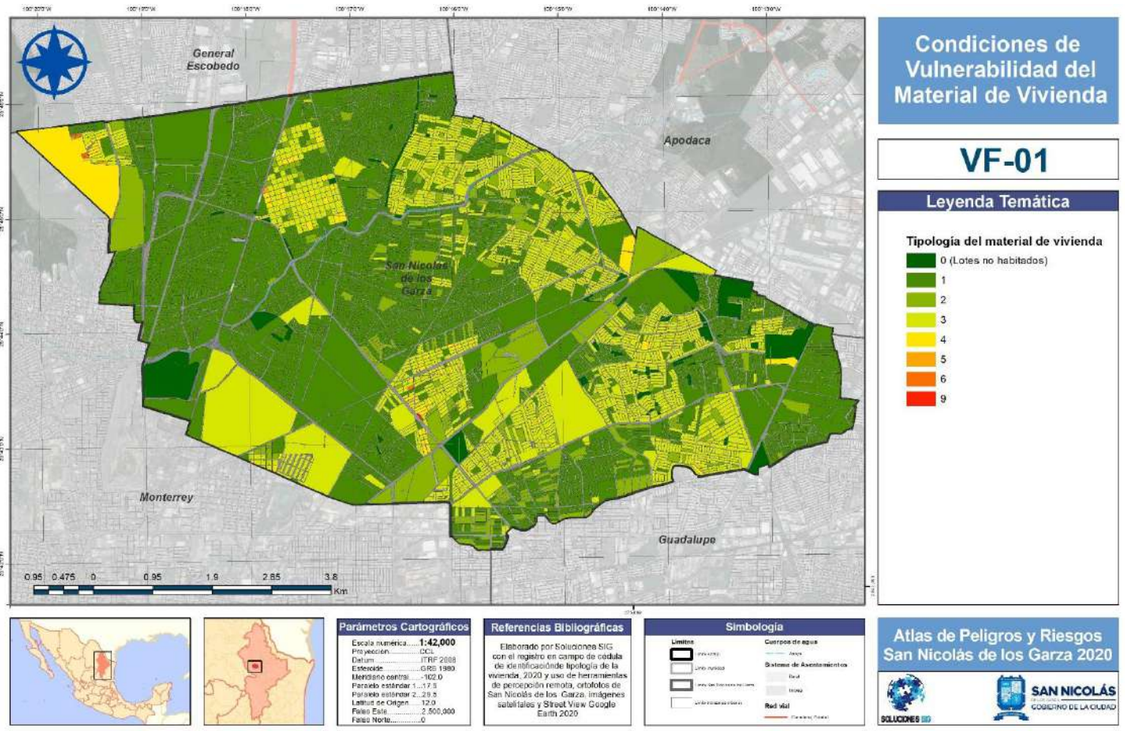
Figura 3.22 *Evidencia fotográfica de las grietas visualizadas en la fachada e interior de casas habitacionales, San Nicolás de los Garza*

Fuente: *Exterior e interior de vivienda de la Colonia La Estancia, San Nicolás de los Garza, 2020. Elaboración propia*

A continuación, se mostrarán diferentes mapas (tipología de vivienda, material de consolidación, material de techumbre y calles) que ayudan a tener un mayor conocimiento sobre la vulnerabilidad estructural de los bienes, como viviendas, comercios, oficinas, escuelas, hospitales, edificios de gobierno, etc. Cabe mencionar que parte de la información fue proporcionada por Dirección de Protección Civil.

El mapa VF-03 muestra los resultados de la clasificación de la tipología de la vivienda de acuerdo con el levantamiento hecho en campo de las características físicas de viviendas. Tomando en cuenta la información técnica dada por CENAPRED se tiene una tipología que va desde 0 a 9, donde los valores de 8 y 7 fueron anexados, ya que, no fueron identificados en campo y tampoco en el corrido de imágenes satelitales de alta resolución de Google Earth, para el valor 0, éste fue integrado para identificar lotes no habitados. Los mayores grados de vulnerabilidad concorde con la tipología de vivienda, se encuentran marcados con naranja y rojo, los cuales, se ubican en una pequeña fracción al noroeste del municipio lejos del pie de talud del Cerro del Topochico en la colonia Mirador de San Nicolás. En la parte central del municipio se presentan algunas manzanas de la colonia Centro de San Nicolás y al suroeste también se encuentran viviendas vulnerables de las colonias Azteca y 4 de Octubre. Éstas son identificadas por un color amarillo, lo cual indica que su tipología es de un grado medio de vulnerabilidad. Para las tipologías 1 y 2, se les asigna un grado de vulnerabilidad bajo que caracteriza aproximadamente un 90% del municipio, lo cual indica que es la vivienda típica del territorio. A pesar esto, es importante mejorar la calidad de algunas viviendas en estos puntos específicos.

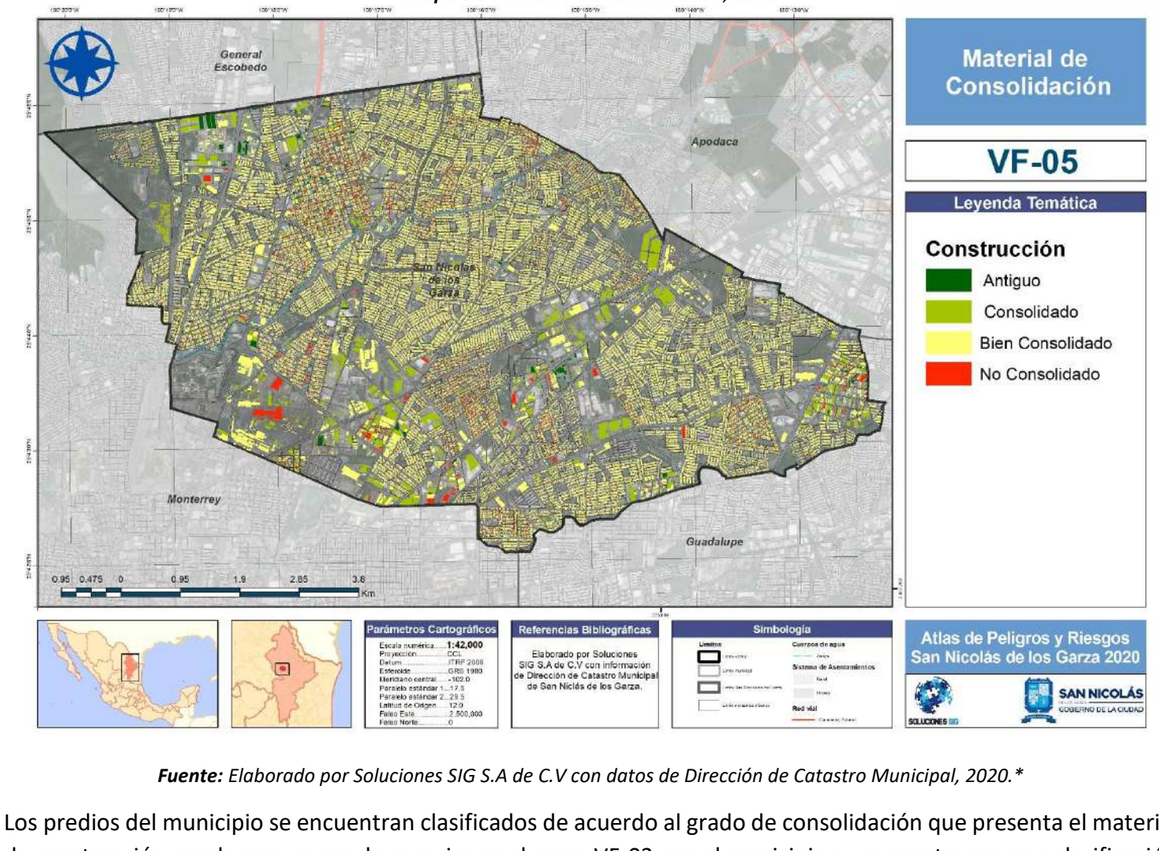
Mapa 3.33 *Condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda, 2020*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con el registro en campo de la cédula de identificación de tipología de la vivienda, 2020 y uso de herramientas de percepción remota; ortofoto San Nicolás de los Garza 2020, imágenes satelitales y Street View de Google Earth, 2020.*

Así mismo, el siguiente mapa (VF-04) nos muestra las condiciones de vulnerabilidad de acuerdo al material de consolidación se puede identificar que las colonias más vulnerables del municipio se clasifican en antiguo, consolidado, bien consolidado y no consolidado. El municipio se encuentra caracterizado por un porcentaje alto de material de consolidación como Bien Consolidado. Sólo en algunos casos tenemos algunas zonas industriales y colonias que se encuentran al suroeste del territorio con una clasificación no consolidado éstas son: Constituyentes de Querétaro Sector 1,2 3, 4 y 6, Valle de Lagrange, Valle de Nogalar, Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Industrial Nogalar, Antiguo Nogalar, Jardines de Nogalar, 4 de octubre, José López Portillo, Cuchilla La Morena, Azteca, Floridos del Bosque de Nogalar, Valle Azteca, Paseos del Nogalar, Lago de Chapultepec, Valle Las Granjas, Costal del Sol, Cuauhtémoc Sector 1 y 3, Villas del Roble, Francisco Garza Salada, Industrias del Vidrio Sector 1, 2 y 3; al sureste se tienen las colonias Miguel Alemán y La Fe; al centro-norte del municipio se tienen algunas de las manzanas dentro de las colonias centro de San Nicolás de los Garza, Rincón de los Álamos, Las Puentes Sector 7 y Chapultepec; al noroeste tenemos la colonia Mirador de San Nicolás y al noreste La Enramada, Las Alamedas, Hacienda de Santo Domingo y Las Américas.

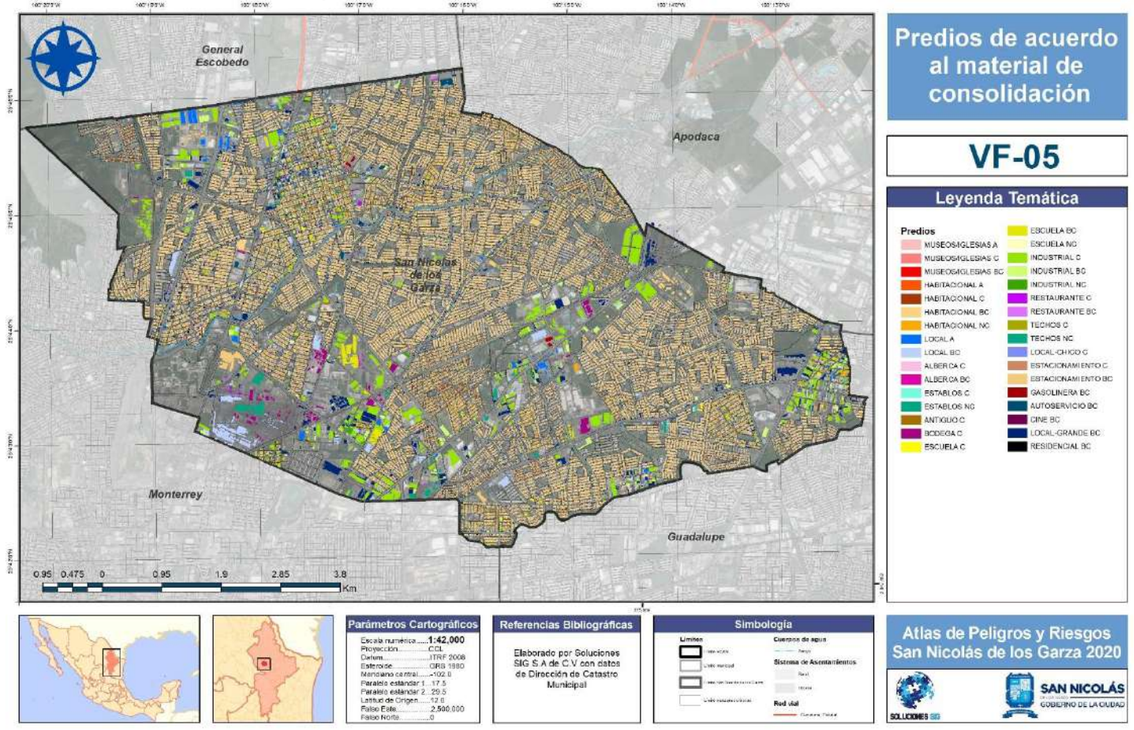
Mapa 3.34 *Material de consolidación, 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos de Dirección de Catastro Municipal, 2020.**

Los predios del municipio se encuentran clasificados de acuerdo al grado de consolidación que presenta el material de construcción, por lo que, se puede apreciar en el mapa VF-03 que el municipio se encuentra con una clasificación mayoritario de predios habitacionales bien consolidados, también se puede apreciar que en las zonas industriales y colonias Mariano Escobedo, Antiguo Nogalar, Futuro de Nogalar, Valle de Nogalar, Constituyentes de Querétaro Sector 6, Cuauhtémoc Sector 1 y 2 y Arboledas de San Jorge ubicadas en el sector suroeste de la zona urbana se tienen predios de bodega consolidados, techos no consolidados, industrial consolidado, local grande bien consolidado, escuelas consolidadas, locales antiguos, unidades habitacionales no consolidadas y antiguas. En la zona sureste se presentan locales grandes bien consolidados, industriales consolidados, unidades habitacionales no consolidados, bodegas consolidadas, locales chicos consolidados en las colonias La Fe, La Talaverna y Miguel Alemán. Al noreste se tienen los predios, local grande consolidado, industrial consolidado, bodegas consolidadas y locales antiguos en zonas industriales y en las colonias Los Ángeles Sector 8, Margarita Salazar y Los Morales Sector 1; en la parte noroeste se presentan predios como industrial consolidado y bien consolidado, locales antiguos, consolidados y grandes bien consolidaos, bodegas consolidadas, unidades habitacionales antiguas y consolidadas en la colonia El Mirador de San Nicolás y zonas industriales. Por último en la parte central del municipio en la colonia centro de San Nicolás, se tiene se concentra la mayoría de los predios que se especifican en el mapa.

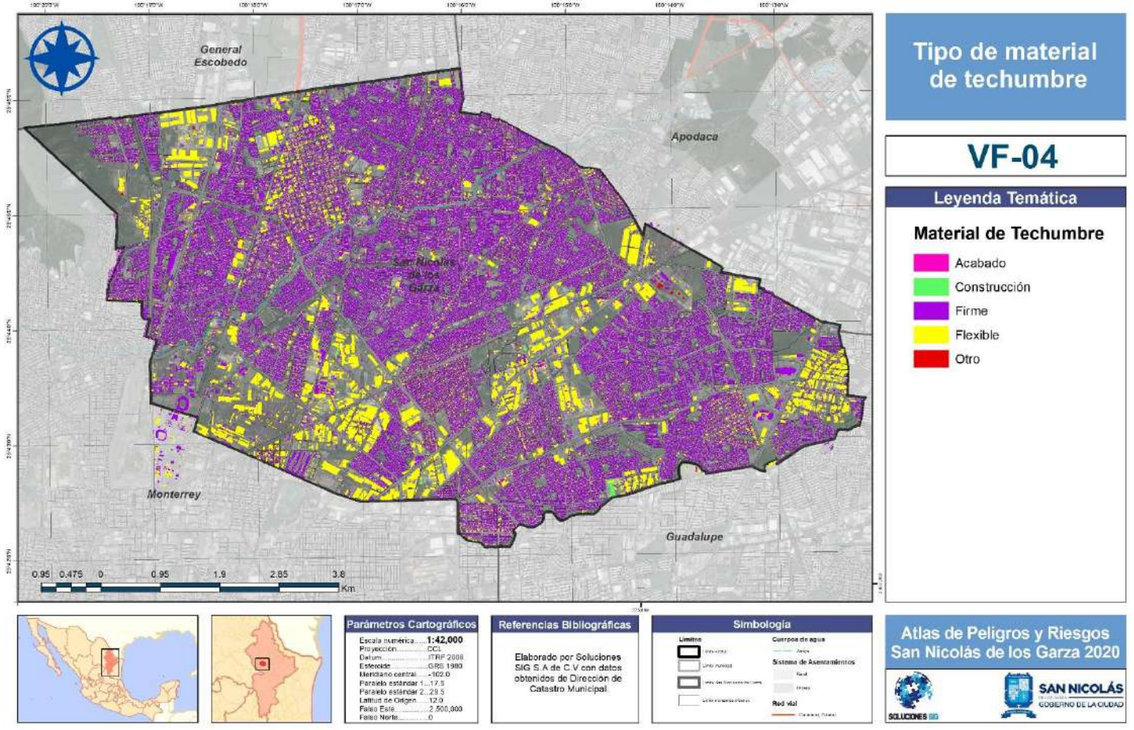
Mapa 3.35 *Predios de acuerdo al material de consolidación, 2020*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos de Dirección de Catastro Municipal, 2020.*

El mapa VF-04 muestra los diferentes materiales de techumbre los cuales se presentan de la siguiente manera: acabado, construcción, firme, flexible y otros. El municipio es caracterizado principalmente por un material firme y flexible, pero en su mayoría es firme, solamente en algunas manzanas de zonas industriales al suroeste, sureste y noreste del área urbana se tienen clasificado como construcción y otros.

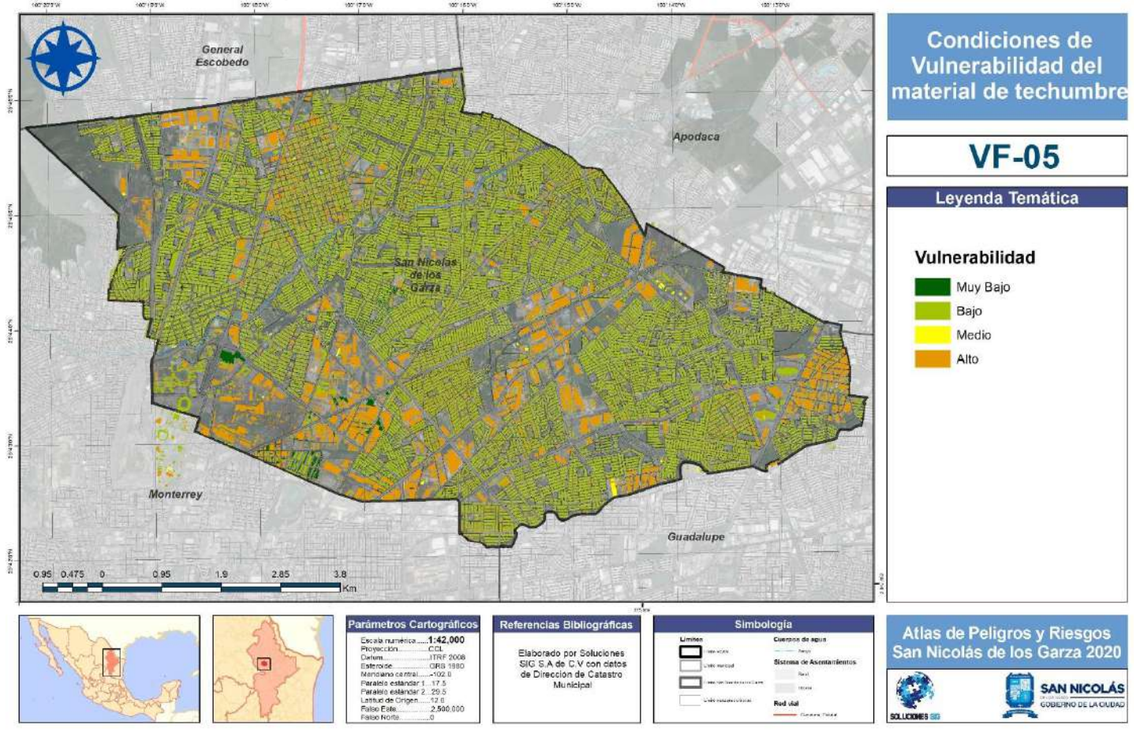
Mapa 3.36 *Tipo de material de techumbre, 2020*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos de Dirección de Catastro Municipal, 2020.*

Concorde con lo dicho anteriormente se clasificó el tipo de material de techumbre y se obtuvieron los siguientes rangos: muy bajo, bajo, medio y alto. A continuación se muestra el mapa VF-05, éste nos indica que el municipio presenta una vulnerabilidad (engeneral) baja ante esta condición, aunque, cabe destacar que en algunas partes del territorio se tiene una vulnerabilidad alta, ésta se presenta en las zonas industriales y colonias como Antiguo Nogalar, Mariano Escobedo, Valle de Nogalar, Bosques del Nogalar, Salvador Allende, Gustavo Díaz Ordaz, Industrial Nogalar, Bosques de Santo Domingo, Futuro Nogalar, José López Portillo, Arboledas de San Jorge, Cuauhtémoc Sector 2, Bosques de Anáhuac, Valle de Lagrange y Los Mezquites al suroeste del municipio; al sureste se tienen zonas industriales y las colonias de La Fe, San Cristobal, Misión de San Cristobal y Margarita Salazar; al noreste se tiene la colonia Las Américas; al centro-norte se encuentra las colonias Rincón Los Álamos y Centro de San Nicolás y al noreste en zonas industriales y en la colonia Mirador de San Nicolás.

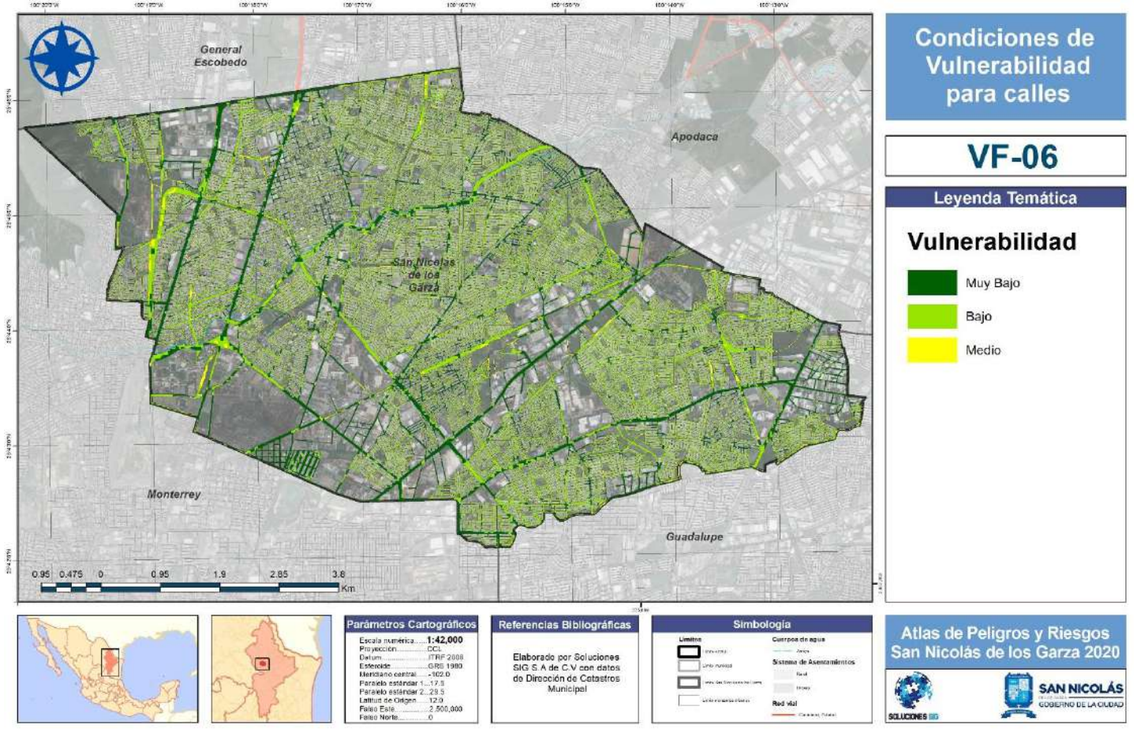
Mapa 3.37 *Condiciones de Vulnerabilidad de material de techumbre, 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos de Dirección de Catastro Municipal, 2020.*

El mapa VF-06 nos muestra las condiciones de vulnerabilidad para calles del municipio, en donde se representan tres clasificaciones: muy bajo, bajo y medio. La mayoría de las avenidas principales como Av. San Blas, Av. Manuel L. Barragán, Carretera Nuevo Laredo-Monterrey, Lic. Jorge A. Treviño, Cristina L. de Treviño, Av. Alonso Reyes, Av. Juan Diego Díaz de Berlanga, Lic. Adolfo López Mateos, Rómulo Garza, Av. Miguel Alemán, Acapulco, Anillo Vial Metropolitano y Nogalar Sur se encuentran en una vulnerabilidad muy baja y baja, por otro lado, en las calles de casi todo el municipio y algunas avenidas principales como Las Torres Oriente, Del Sur, Del Arroyo Norte, Las Torres, Torres de Santo Domingo, Roberto Espinoza, vías férreas, República Mexicana, De la Aurora e intersección entre Carretera Nuevo-Laredo-Monterrey, Nogalar Sur y Av. Alonso Reyes presentan una vulnerabilidad media.

Mapa 3.38 *Condiciones de Vulnerabilidad para calles, 2020*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG S.A de C.V con datos de Dirección de Catastro Municipal, 2020.*

Cabe mencionar que la información dada por Dirección de Protección Civil y la recopilada en campo puede ser complementada para realizar un análisis más local, el cual puede obtener la vulnerabilidad física de inmuebles expuestos ante el impacto de un siniestro, por las peculiaridades y condiciones del municipio el fenómeno con mayor rango perjudicial son las Inundaciones. Para llevar a cabo este tipo de estudio se recomienda tener un formato especial para entrevistar a la población expuesta. A continuación, se muestra un formato sugerido para ser llenado por el personal de Protección Civil en sus evaluaciones estructurales, el cual se basa en el estudio del Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México. El método propuesto se basa en el proceso analítico jerárquico donde se establece un rango de calificación ponderada y una calificación inversa para evaluar las características estructurales de los inmuebles, presentes en la siguiente ficha.

Tabla 3.25. *Ficha técnica para determinar la Vulnerabilidad Estructural de las viviendas*

Vulnerabilidad Estructural								
Clave de vivienda:			Coordenadas:					
Brigada:			Fecha:			Clasificación:		
Material	Piso	Muros	Ponderaciones					
			Sismos		Inundaciones		Hundimientos	
Tierra			5		5		5	
Madera			1	1	4	4	4	4
Lamina				2		3		3
Adobe				5		5		5
Concreto			3	3	2	2	2	2
Loseta			4		3		3	
Tabique				4		3		3
Concreto Reforzado			2	2	1	1	1	1
Material	Techo		Sismos		Inundaciones		Hundimientos	

Lámina	Metal		1	5	5
	Cartón				
	Asbesto				
	Fibra de vidrio		5	1	1
Concreto	Reforzado				
	Prefabricado				
Estado de la vivienda		Opciones		Observaciones:	
Grietas		Forma	Tamaño		
		Verticales (1)	No significantes		
		Horizontales (2)	Milimétricas		
		Diagonales (3)	Centimétricas		
		Sintéticas (4)	>= 1m		
		Radiales (5)	>1m		

Fuente: *Elaboración propia de Soluciones SIG S.A de C.V con base en el Instituto de Geofísica.*

Para desarrollar con mayor precisión un análisis de este tipo es necesario apoyarse de otros estudios específicos que complementen la identificación de la vulnerabilidad estructural del municipio. Para determinar la vulnerabilidad física ante fenómenos geológicos (principalmente sismos) se remite al estudio de microzonificación y la instalación de sismómetros que auxilian la identificación el periodo de vibración del suelo y por consiguiente de los muros de la vivienda. Referente a fenómenos hidrometeorológicos particularmente hablando de lluvias e inundaciones el realizar un estudio de campo a profundidad midiendo (en cada uno de los predios) la altura de los manchones humedad, el tiempo que tardan en desaparecer, en qué época del año es más recurrente que aparezcan, etc., nos proporciona un mejor criterio para determinar la vulnerabilidad estructural. Para el fenómeno de vientos fuertes se puede llegar a identificar las viviendas más vulnerables en cuestión al material de techumbre posiblemente instalando anemómetros que midan la velocidad y la dirección en la que sopla el viento en esas zonas vulnerables.

- *Obtención del Índice de Vulnerabilidad Física*

Las condiciones de vulnerabilidad física del territorio y las condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda de la Tipología de Vivienda del municipio de San Nicolás de los Garza se integran en la producción del índice de vulnerabilidad física.

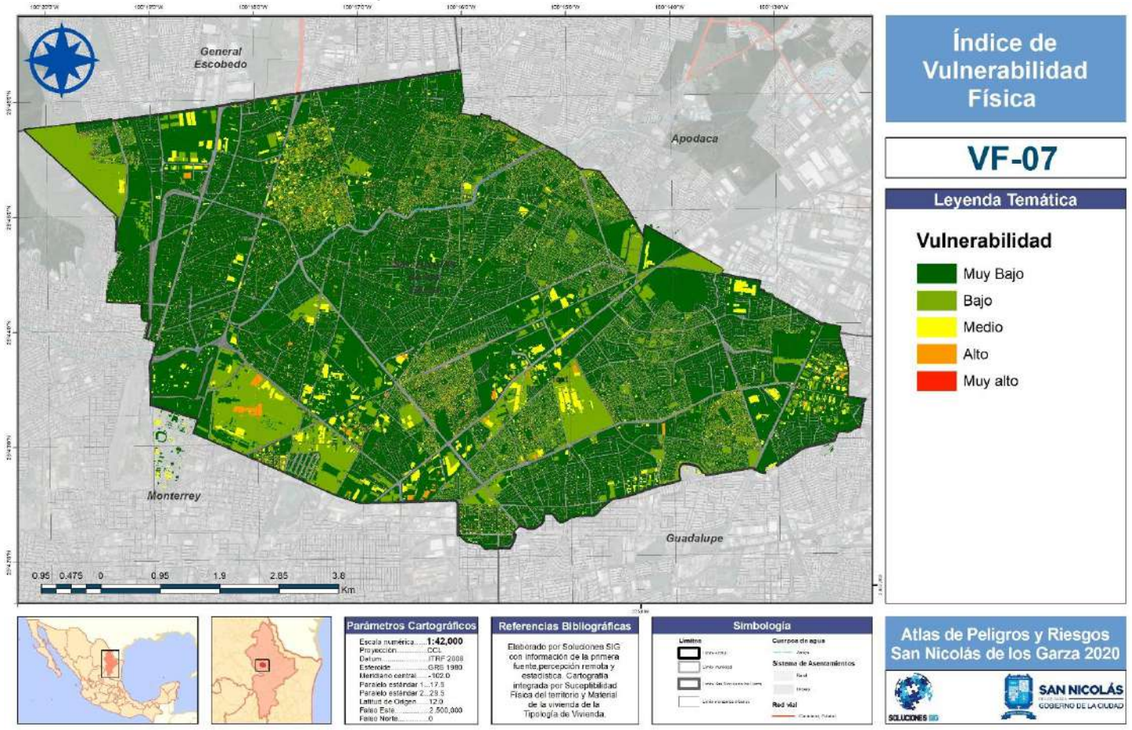
Por su parte el análisis espacial de los puntos de control de las cédulas de identificación de tipología de la vivienda en campo (puntos de mayor marginación según CONAPO y alta vulnerabilidad identificados por Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza) y su respectivo procesamiento con el uso de herramientas de percepción remota, identificó los materiales de la vivienda para aplicar la metodología del CENAPRED, 2014 y generar la cobertura de las condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda de la Tipología de Vivienda.

Las dos coberturas se clasifican en cinco grados de vulnerabilidad, de muy baja a muy alta, se relacionan aritméticamente mediante algebra de mapas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para integrar la función de vulnerabilidad física. Esta función está constituida por: El valor asignado por las condiciones de vulnerabilidad física del territorio con 50% y la cobertura de las condiciones de vulnerabilidad del material de la vivienda de la Tipología de Vivienda equivalente al 50%.

El resultado de dicha integración se clasifica en cinco grados de vulnerabilidad física: muy baja (verde fuerte), baja (verde claro), media (amarillo), alta (anaranjado) y muy alta (rojo). La cartografía siguiente es resultado de la aplicación de dicha función e identifica el índice de Vulnerabilidad Física presente en el territorio de municipal.

Los mayores grados de vulnerabilidad física (muy alto - alto) está caracterizado por el color rojo y naranja. Éstos e localizan en zonas industriales del suroeste del área urbana y en las colonias Antiguo Nogalar, Constituyentes de Querétaro Sec 5 y 6, Los Mezquites, 4 de Octubre, Paseo del Nogalar, Jardines del Nogalar, Cuchilla La Morena, Floridos del Bosque de Nogalar, Lago de Chapultepec, Valle Azteca, Deportivo Lagrange, Valle Las Granjas, Pegregal de Santo Domingo Sector 1, 2, 3, Carmen Romano de López Portillo, al sureste se tienen la colonia La Fe; al noroeste la colonia el Mirador de San Nicolás y zonas industriales y al centro-norte la colonia Centro de San Nicolás. (Ver mapa VF-04).

Mapa 3.39 Índice *de Vulnerabilidad Física, 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI.*

6. Vulnerabilidad Global

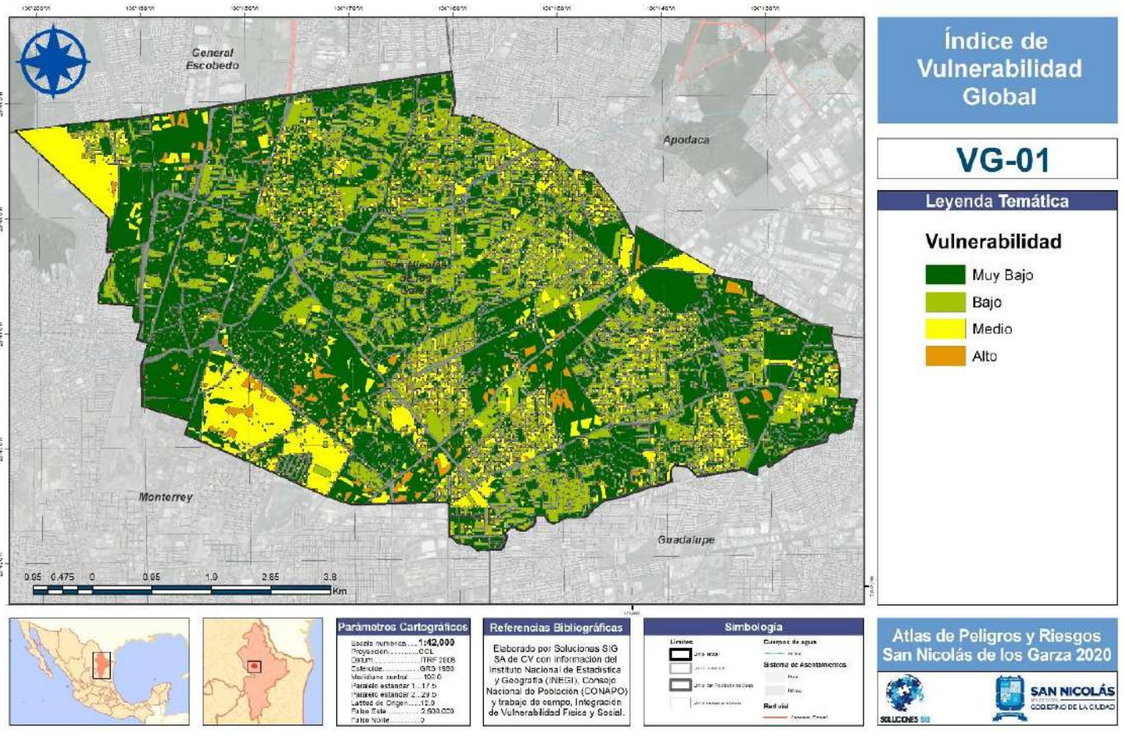
El grado de vulnerabilidad que un determinado territorio puede experimentar frente a la ocurrencia de algún fenómeno perturbador es consecuencia de una serie de factores físicos y sociales; de las condiciones socioeconómicas, la percepción local del riesgo, la capacidad de respuesta y prevención y de las condiciones de vulnerabilidad al daño físico por sistema de exposición que cierta población asume para hacer frente al riesgo natural o antropogénico que dicho fenómeno desencadenó (SEGOB/CENAPRED, 2014).

La vulnerabilidad considera la capacidad y los recursos que tiene una comunidad para enfrentar adversidades provocadas por una amenaza en conjunto con la exposición física de la infraestructura que cada población tiene producto de su situación.

Los productos cartográficos de la Vulnerabilidad Social y Física se relacionan con la misma ponderación (50%) en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para componer la cobertura de Vulnerabilidad Global frente a fenómenos perturbadores, ambas coberturas detallan un entorno espacial que exhibe información al interior municipal.

El resultado de esta ponderación se presenta en los mapas de vulnerabilidad global, en donde con base en el análisis de vulnerabilidad de diversos componentes socioeconómicos y físicos, igualmente con la información de predios actualizados proporcionada por Protección Civil de San Nicolás, se pudo ubicar las zonas con mayor grado de vulnerabilidad (alta), mismas que se concentran en las áreas identificadas con color anaranjado en varias manzanas al suroeste del área urbana como por ejemplo en las zonas industriales principalmente y en las colonias Cuauhtémoc Sect 1 y 2, Arboledas de San Jorge, Antiguo Nogalar, Garza Cantú, Valle de Nogalar, Mariano Escobedo, Constituyentes de Querétaro Sect 6, Valle de la Grange y Los Mezquites, al sureste se tiene algunos predios pero solamente en zonas industriales; al noroeste la colonia Mirador de San Nicolás y zona industrial y por último centro-norte del municipio asumen también grados altos de vulnerabilidad. En contraste observamos que las menores vulnerabilidades se ubican en tonos verdes verde oscuro representando una muy baja vulnerabilidad en casi todo el territorio municipal (Ver mapas VG-01). Por esta razón es de vital importancia que el municipio de San Nicolás de los Garza invierta esfuerzos para generar elementos que contribuyan al fortalecimiento de capacidades estructurales que fomenten entornos resilientes en materia de gestión gubernamental, planeación territorial y social para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Mapa 3.40 *Vulnerabilidad Global, 2020*



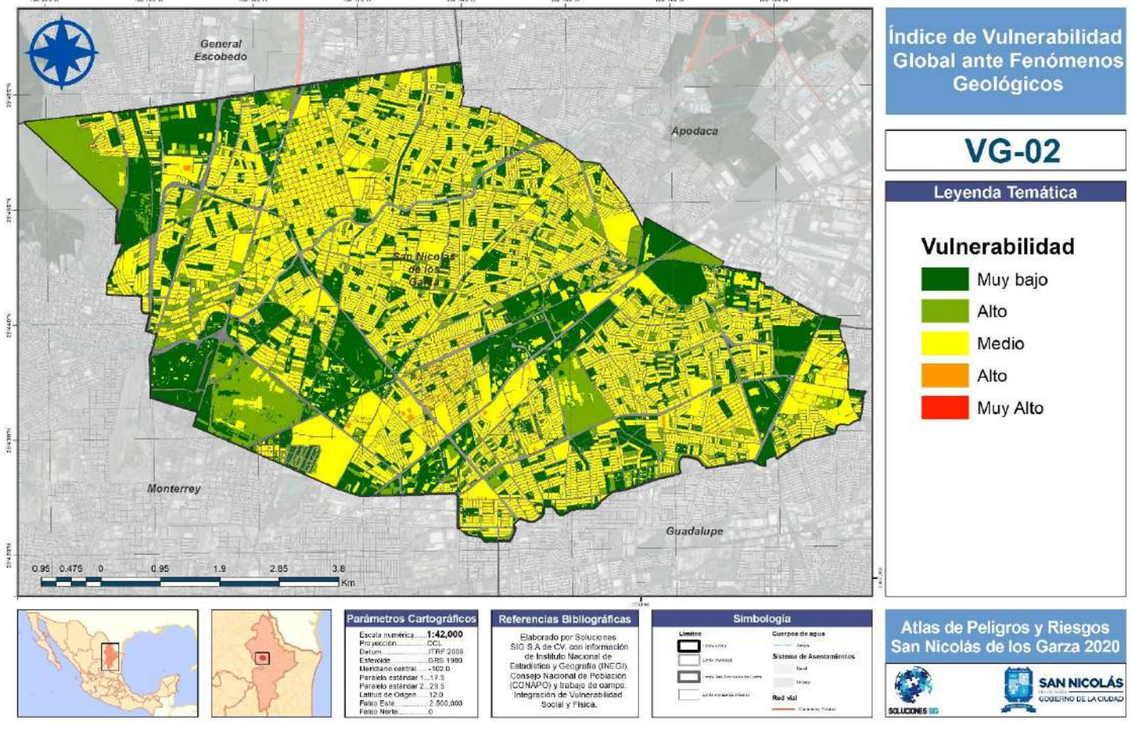
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI*

a) Distribución espacial de la Vulnerabilidad Global por fenómeno perturbador

La integración de los componentes de Vulnerabilidad Global por fenómeno perturbador se elabora mediante algebra de mapas utilizando la información generada a nivel localidad y manzana urbana de la Vulnerabilidad Social por fenómeno perturbador y el índice de Vulnerabilidad Física, componentes analizados en las etapas anteriores de este estudio. Los resultados de este análisis espacial identifican las zonas donde se deben enfocar los mayores esfuerzos para prevenir y reducir la vulnerabilidad presente ante determinado tipo de fenómeno perturbador mediante la acción coordinada de los organismos gubernamentales municipales enfocados a la planeación territorial, a la atención y reacción como lo es Protección Civil y Bomberos San Nicolás de los Garza, entre otros muchos actores e inclusive la ciudadanía en general, para instaurar mecanismos de mejora en las condiciones de vida actuales.

La cartografía VG-02 identifica el comportamiento del índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos geológicos, el cual considera los componentes vulnerables ante los fenómenos de Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes), Karstificación, Sismos, Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno, analizados en la Fase II de este documento por su incidencia en el territorio municipal. Los mayores grados de vulnerabilidad, muy alta se localizan en la zona noroeste del municipio en la colonia Mirador de San Nicolás: al centro-norte en la colonia en Rincón de los Álamos; al noreste las colonias La Enramada, Las Américas y Valle de Santo Domingo suroeste del área urbana en los límites de las colonias Valle Lagrange, Peña de Guerra Y constituyentes de Querétaro Sector 2.

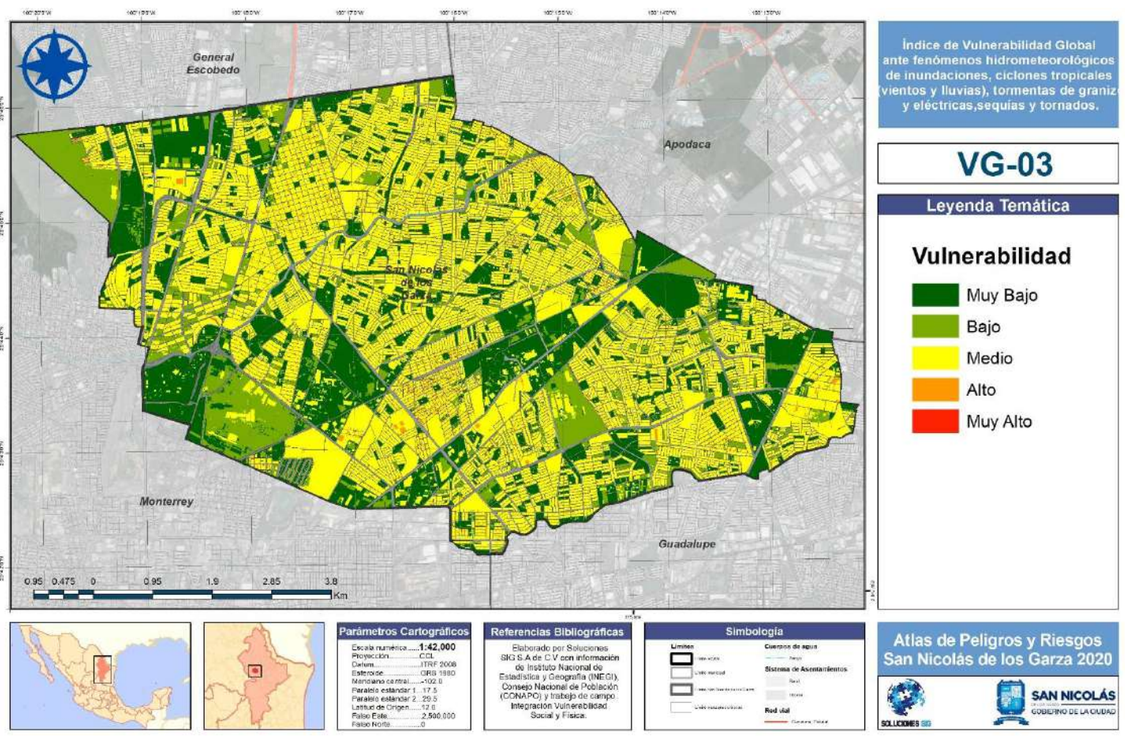
Mapa 3.41 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos geológicos, 2010 y 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El mapa VG-03 muestra el comportamiento del índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, ciclón tropical (vientos y lluvias), tormentas de granizo y eléctricas, sequías, tornados, analizados en la Fase II de este documento por su ocurrencia en el territorio municipal. Los sitos con más vulnerabilidad, muy alta, se presentan en algunas manzanas al sureste del área urbana en la colonia Miguel Alemán; por otra parte en la zona noroeste se tiene solamente con esta vulnerabilidad la colonia Mirador de San Nicolás; al noreste se tienen La Enramada, Jardines La Enramada, Las Amércias y Paraderas de Santo Domingo; por último al suroeste Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalary Carmen Romano de López Portillo.

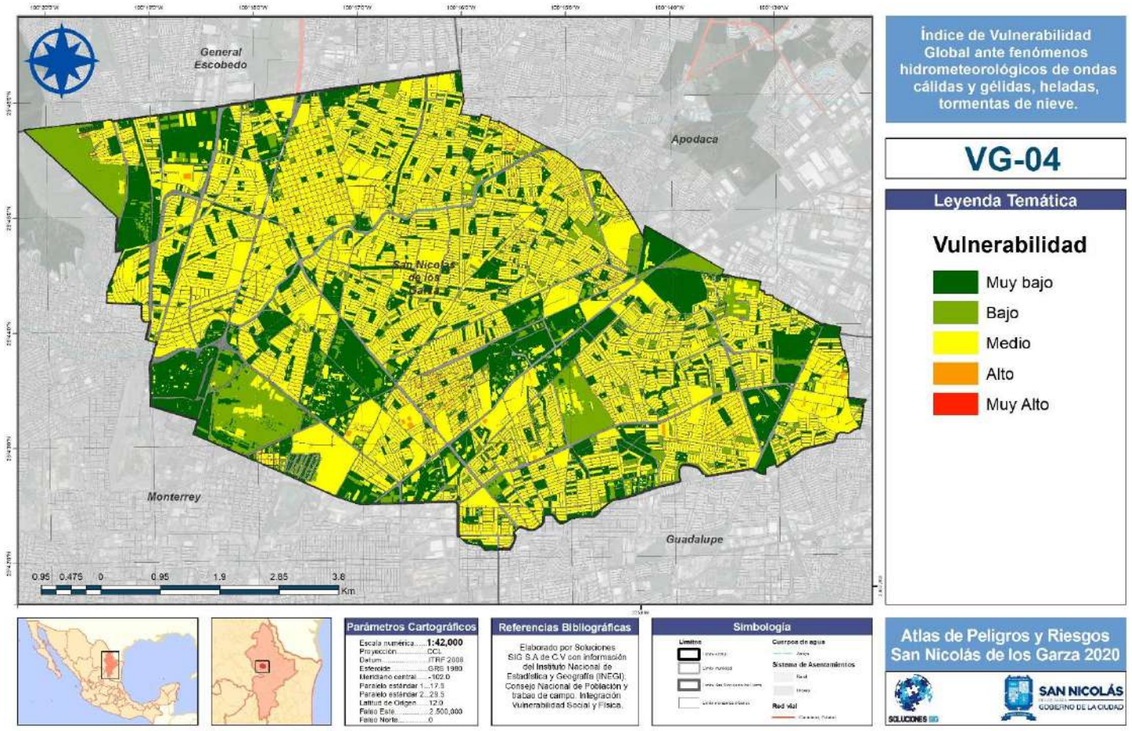
Mapa 3.42 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, ciclón tropical (vientos y lluvias), tormentas de granizo y eléctricas, sequías, tornados, 2010 y 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

La cartografía VG-04 muestra la distribución del índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de ondas cálidas, gélidas, heladas y tormentas de nieve, analizados en la Fase II de este estudio por su presencia en el territorio municipal. Los sitos que presentan la vulnerabilidad más alto, se encuentran en colonias que se ubican al sureste del área urbana en algunas manzanas de las colonias Miguel Alemán y La Fe; en la parte noroeste la colonia Mirador de San Nicolás; con unas cuantas colonias al noreste se tienen La Enramada, Jardines La Enramada, Las Amércias y Paraderas de Santo Domingo y al suroeste Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalary Carmen Romano de López Portillo.

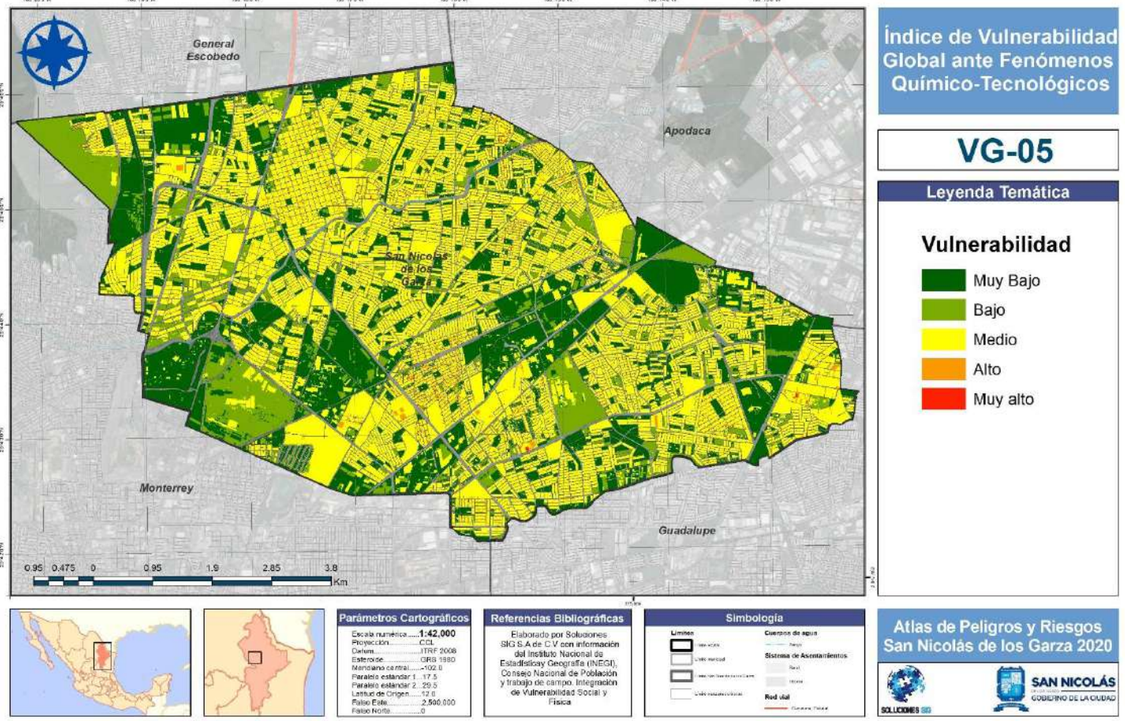
Mapa 3.43 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de ondas cálidas y gélidas, heladas, tormentas de nieve, 2010 y 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El mapa VG-05 muestra el comportamiento del índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos químico-tecnológicos de almacenamiento de sustancias peligrosas, autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas, transporte por ductos, el mapa VG-06 identifica el índice de Vulnerabilidad Global ante el fenómeno de incendios forestales, fenómenos examinados en la Fase II de este documento por su acontecimiento en el municipio. Los mayores grados de vulnerabilidad, muy alta, se ubican al noroeste en la colonia El mirador de San Nicolás la cual se encuentra colindando con el Cerro del Topochico. En la parte sureste del área urbana en algunas manzanas de las colonias Miguel Alemán y La Fe, hacia el suroeste se encuentran algunas manzanas dentro de colonias que presentan esta vulnerabilidad como Mariano Escobedo, Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalar, Carmen Romano de López Portillo, Peña Guerra, Constituyentes de Querétaro Sector 1 y 2; y por último al noreste se tienen las colonias La Enramada, Jardines La Enramada, Las Américas y Las Alamedas.

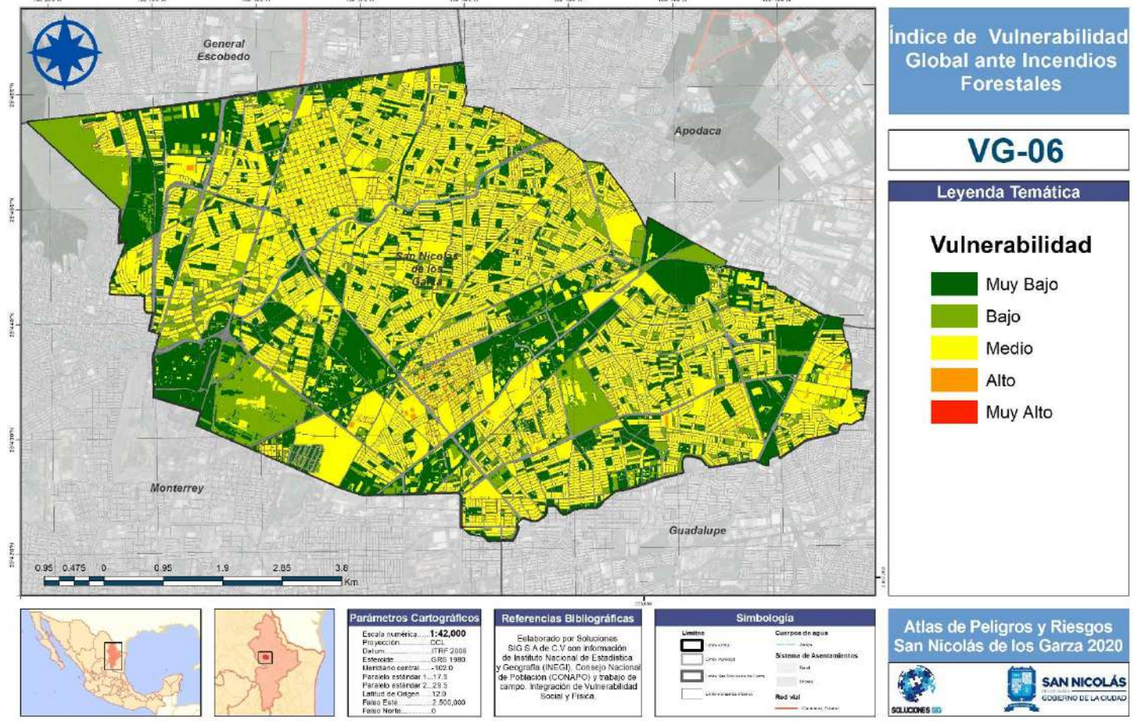
Mapa 3.44 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos químico tecnológicos 2010 y 2020.*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

La cartografía VG-07 identifica la distribución del índice de Vulnerabilidad Global ante los fenómenos sanitarios-ecológicos de contaminación del suelo, aíre y agua, epidemias y plagas, desarrollados en la Fase II de este documento por su posible impacto en el territorio municipal. La mayor vulnerabilidad (alta) se encuentra al noroeste en la colonia Mirador de San Nicolás; al suroeste de la zona urbana en algunas manzanas de las colonias Mariano Escobedo, Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalar, Carmen Romano de López Portillo, Industriales del Vidrio Sector 1 y 3; al noreste Las Alamedas, La Enramada, Jardines La Enramada y Las Américas y al sureste con una sola colonia llamada Miguel Alemán.

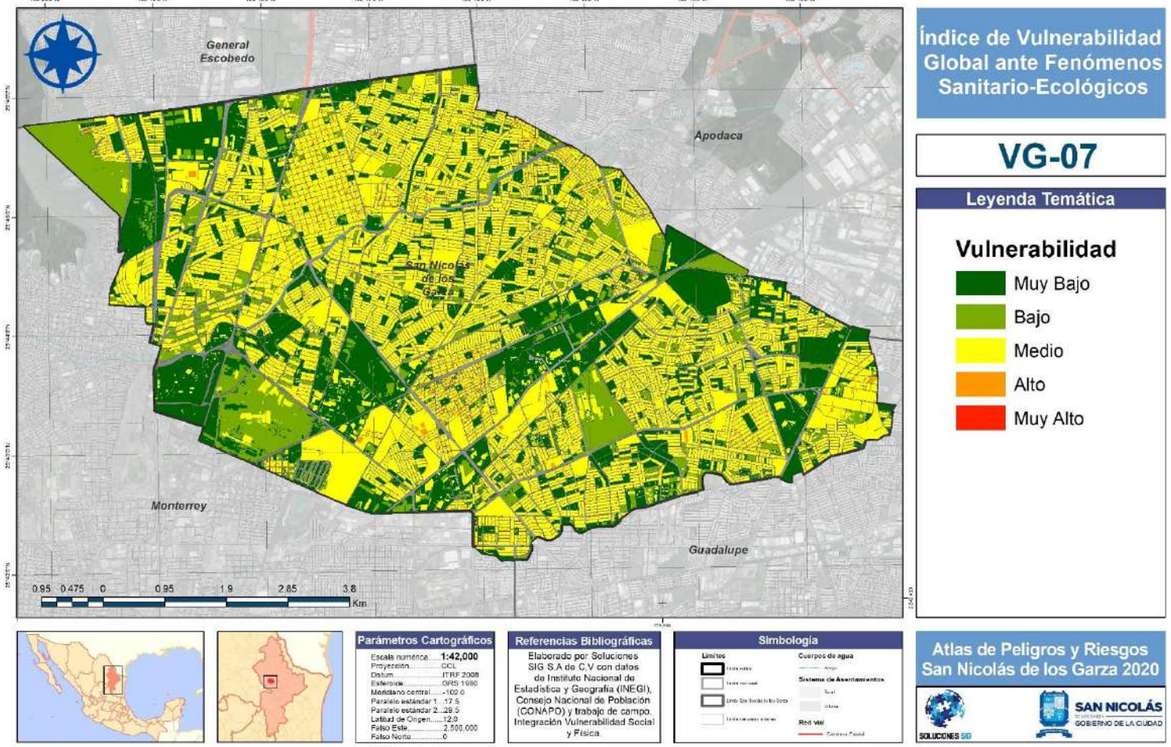
Mapa 3.45 *índice de Vulnerabilidad Global ante incendios forestales, 2010 y 2020*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2020, CONAPO*

La cartografía VG-07 identifica la distribución del índice de Vulnerabilidad Global ante los fenómenos sanitarios-ecológicos de contaminación del suelo, aíre y agua, epidemias y plagas, desarrollados en la Fase II de este documento por su posible impacto en el territorio municipal. La mayor vulnerabilidad (alta) se sitúa al sureste de la zona urbana en algunas manzanas de la colonia Miguel Alemán; al suroeste se tienen las colonias de Mariano Escobedo, Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalar, Carmen Romano de López Portillo, Constituyentes de Querétaro Sector 1, 2 y 4; al centro en la colonia Rincón de los Álamos y al noreste Las Alamedas, La Enramada, Jardines La Enramada y Las Américas.

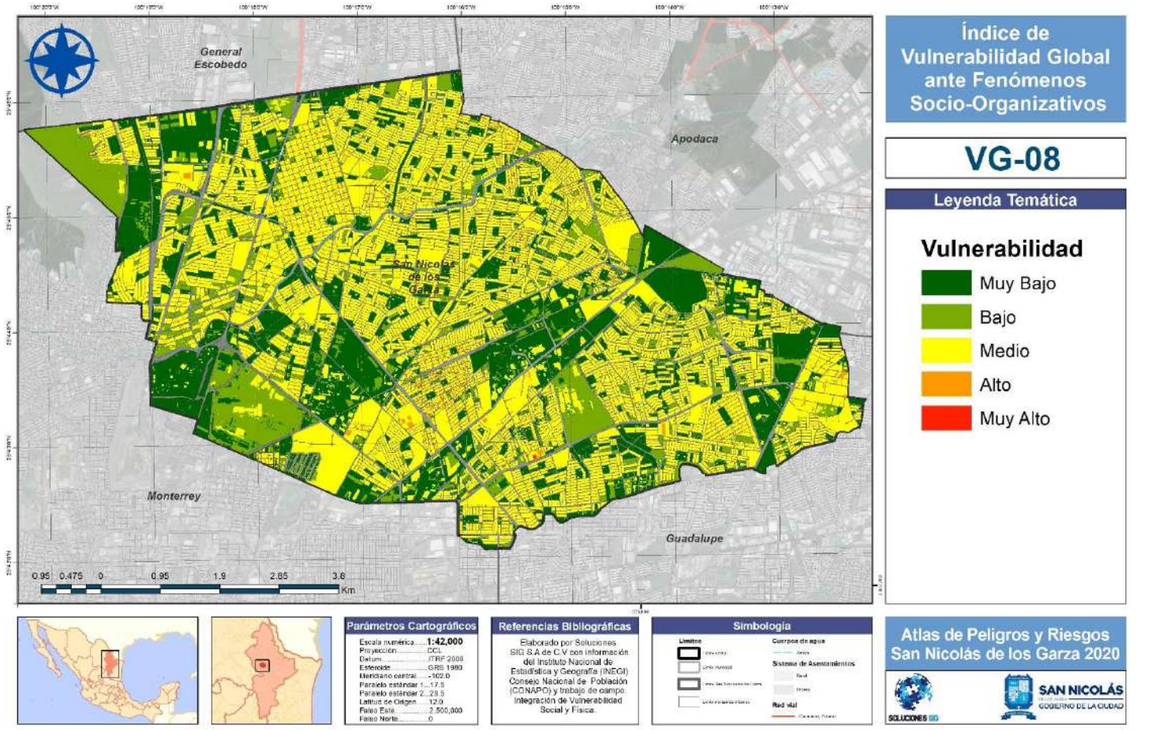
Mapa 3.46 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos sanitarios ecológicos, 2010 y 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

El mapa VG-08 detalla el índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos socio-organizativos de demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, accidentes terrestres, interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica, antes especificada su posible ocurrencia en el municipio en la Fase II de este estudio. Una vulnerabilidad alta se presenta en los límites de la colonia Mirador de San Nicolás (noreste); al noroeste se encuentran La Enramada, Jardines La Enramada y Las Américas y Santo Domingo; en algunas manzanas de la colonia Miguel Alemán (sureste) y con la mayor concentración de manzanas en las colonias Mariano Escobedo, Constituyentes de Querétaro Sector 2, 4 y 5, Gustavo Díaz Ordaz, Salvador Allende, Bosques del Nogalar, Azteca, Floridos del Nogalar, Paseo del Nogalar, 4 de Octubre, Valle Azteca, Floridos del Bosque de Nogalar, Carmen Romano de López Portillo e Industrial Nogalar.

Mapa 3.47 *índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos socio-organizativos, 2010 y 2020*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, Índice de marginación urbana y por localidad 2010, CONAPO*

IV. Riesgo / Exposición y Escenarios de Riesgo

El riesgo se concibe como la probabilidad de alguna afectación derivada del acontecimiento de algún fenómeno perturbador, se integra de dos factores: el peligro o la amenaza y la vulnerabilidad. Este documento considera al factor *peligro* como la máxima intensidad de un fenómeno natural que por sus características constituye una amenaza. La vulnerabilidad, se define como una condición determinada por diversos factores que actúan paralela y sistemáticamente y pueden ser de índole económica, social, política o física. Estos factores intervienen en los daños que pueden ocurrir en la población de un territorio ante la incidencia de algún fenómeno perturbador. El CENAPRED clasifica dos tipos de vulnerabilidad como condición social y física.

La vulnerabilidad social se constituye de cinco componentes temáticos (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población) elaborados a partir de 18 indicadores de variables socioeconómicas presentes en las localidades y manzanas urbanas del territorio municipal, así como de las condiciones actuales de capacidad de respuesta de protección civil municipal ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores y la percepción local del riesgo de los habitantes del municipio. Por su parte, la vulnerabilidad física detalla el grado de afectación estructural que pudieran presentar los sistemas expuestos y las viviendas ante la incidencia de algún fenómeno.

La integración del peligro proyectado ante los distintos fenómenos de origen natural o antrópico y la vulnerabilidad global evaluada por los distintos tipos de fenómenos, resultado del análisis de la vulnerabilidad social y física de cada área que integra los distintos asentamientos humanos del municipio, define diferentes índices de riesgo. Estos índices detallan grados del posible riesgo ante la presencia de algún siniestro, por ello se constituye en una sola cobertura el nivel de peligro de algún fenómeno perturbador y el grado de vulnerabilidad global que la población asume.

Definición de índices de riesgo

El riesgo es un elemento multifactorial resultado de la integración de diversos elementos físicos y sociales que expresan la probabilidad de que ocurra alguna afectación estimulada por algún fenómeno perturbador. El índice de riesgo se puede formular de la siguiente manera:

Riesgo = peligro (amenaza) por vulnerabilidad

La integración del peligro y la vulnerabilidad establece el grado de riesgo ante determinado fenómeno, en este estudio se elabora un índice de riesgo que considera la cobertura del nivel de peligro o amenaza de los fenómenos de mayor recurrencia en el entorno municipal de todos los analizados en la Fase II y el grado de vulnerabilidad global por cada tipo de fenómeno a analizar obtenido en la Fase III, coberturas que contemplan el mayor grado de susceptibilidad de impacto ante la presencia de algún fenómeno dentro de San Nicolás de los Garza.

En el análisis del índice de riesgo se consideran las distintas coberturas de peligro y vulnerabilidad con un valor que varía según la clase de fenómeno que se estudie. El riesgo de afectación es distinto ante los diferentes tipos de fenómenos, por ejemplo en el riesgo ante fenómenos de tipo geológico el factor peligro incide en mayor medida que el factor vulnerabilidad, ya que con un nivel de peligro alto el posible daño esperado en una comunidad es elevado tanto en poblaciones con alto y bajo grado de vulnerabilidad, la situación es similar en algunos fenómenos de origen hidrometeorológico como las inundaciones, ya que el flujo del agua afecta a comunidades marginadas y aquellas que pueden registrar mayores daños materiales, en cuestión del valor económico de las afectaciones.

En el caso de algunos otros fenómenos de origen hidrometeorológico (como las temperaturas máximas) y antropogénico (como los químico tecnológicos) el nivel de riesgo se establece por las afectaciones que el siniestro puede producir entre la población más vulnerable. Es decir, en este tipo de fenómenos el nivel de impacto o daño se delimita por una mayor o menor vulnerabilidad, pues a pesar de que el nivel de peligro sea semejante en distintas zonas el impacto experimentado por los habitantes es desigual dependiendo su condición de vulnerabilidad, pues zonas con mayor grado de vulnerabilidad suelen presentar mayores afectaciones en sus sistemas expuestos, viviendas y condiciones de vida.

1. Índices de riesgo ante fenómenos de origen geológico

Los índices de riesgo estimados para los fenómenos de origen geológico conceden mayor jerarquía al nivel de peligro con respecto al grado de vulnerabilidad. Los índices se calculan con un promedio ponderado que asigna 70% al peligro geológico y 30% a la vulnerabilidad global ante fenómenos geológicos.

En un Sistema de Información Geográfica (SIG) se integran las coberturas de peligro y vulnerabilidad mediante algebra de mapas se aplica dicho promedio ponderado, el índice de riesgo se clasifica en cinco categorías: verde fuerte-muy bajo riesgo, verde claro-bajo riesgo, amarillo-medio riesgo, anaranjado-alto riesgo y rojo-muy alto riesgo.

Los criterios en la determinación de dichos índices de riesgo se aprecian en la siguiente tabla que identifica el riesgo en una escala ascendente de colores que van de verde al rojo conforme su menor a mayor intensidad.

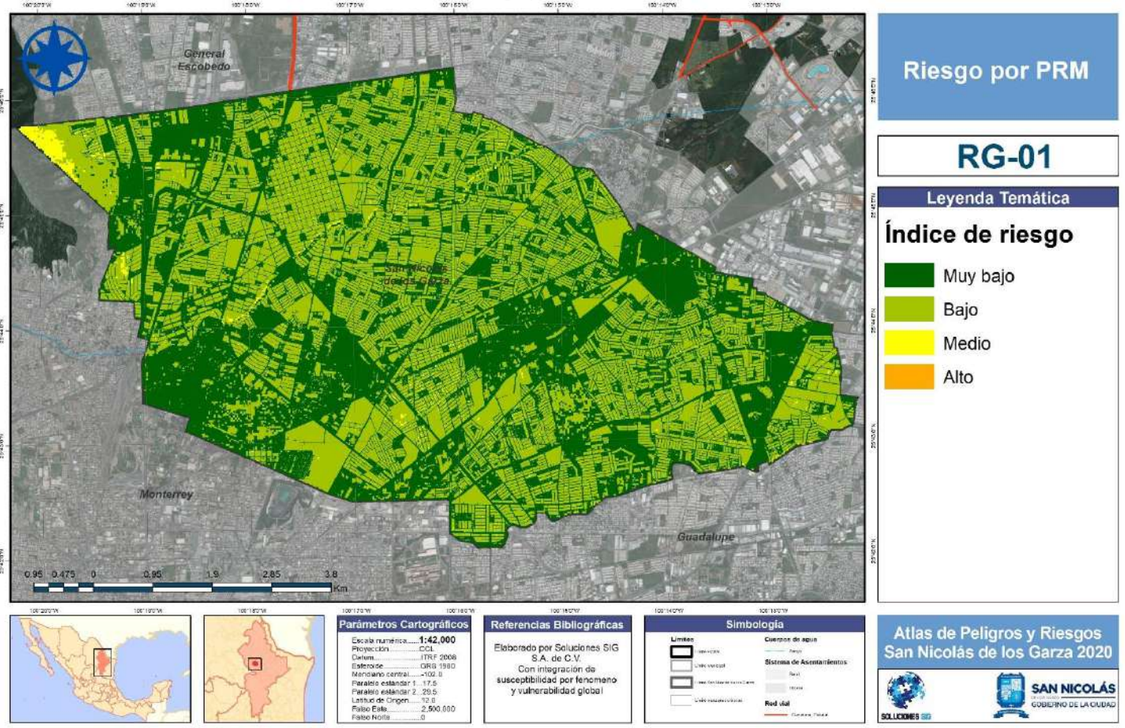
Tabla 4.1 *Índice de Riesgo ante fenómenos de origen geológico*

índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos geológicos	Nivel de peligro Geológico					
	1	2	3	4	5
1	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8
2	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1
3	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4
4	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7
5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG*

El índice de riesgo, producto de la unión del grado de vulnerabilidad global ante fenómenos geológicos con la intensidad de peligro, presente en los fenómenos de mayor recurrencia en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, analizados en la Fase II) se presenta a continuación. Por su relevancia en el contexto municipal el índice de riesgo por procesos de remoción en masa y el índice de riesgo por compactación son estimados y se visualizan en la siguiente cartografía para los

Mapa 4.1 *índice de Riesgo por procesos de remoción en masa*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos geológicos*

2. Índices de riesgo ante fenómenos de origen hidrometeorológico

Debido a la relevancia en el contexto municipal de los fenómenos de origen hidrometeorológico analizados en la Fase II de este documento, se calcularon los índices de riesgo ante los fenómenos de inundaciones, sequías, vientos, ondas cálidas y heladas. Por las características de gran afectación en caso de la ocurrencia de los tres primeros fenómenos se considera, como en los fenómenos de origen geológico, una ponderación del 70% al peligro y 30% a la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, sequías, vientos, los valores asignados para los índices de riesgo que van de muy bajo (verde fuerte) a muy alto (rojo) se observan en la siguiente tabla.

Por su parte los índices de riesgo estimados para los fenómenos de ondas cálidas y heladas constituyen al grado de vulnerabilidad tan importante como el grado de peligro, por lo que la integración de la información espacial de sus respectivas coberturas se calcula con un promedio de las dos variables, en la siguiente tabla se muestran los resultados de dicha operación y con la gama de colores de verde a rojo se representan las cinco categorías de los grados de riesgo (muy bajo a muy alto) relativos para los fenómenos de esta índole.

Tabla 4.2 *Índice de Riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos*

índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, sequías, vientos	Nivel de peligro Hidrometeorológico					
		1	2	3	4	5
	1	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8
	2	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1
	3	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4
	4	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7
	5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG*

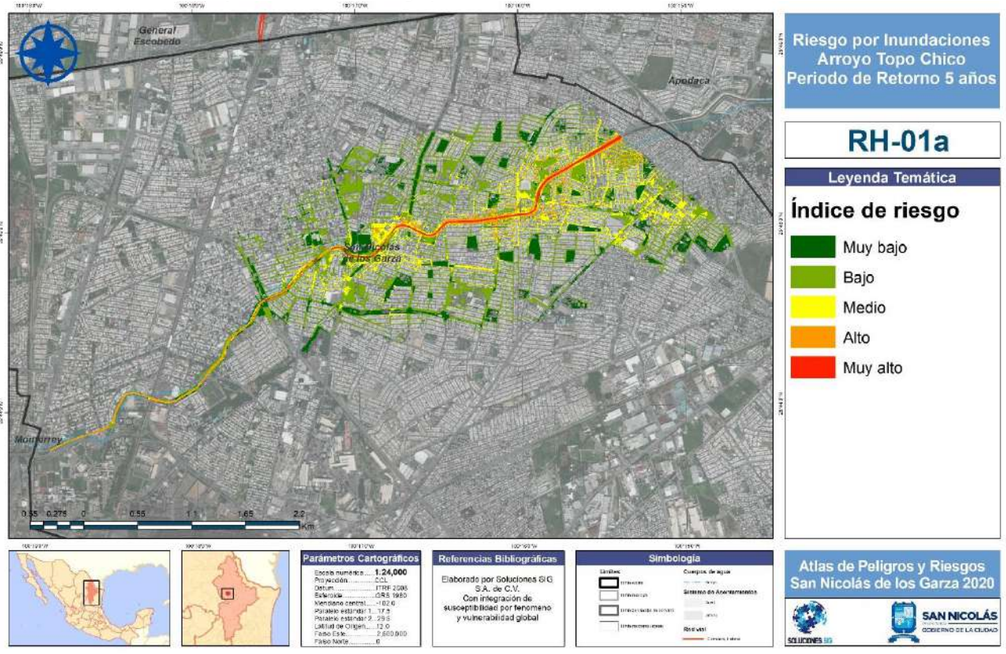
Tabla 4.3 *Índice de Riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos*

índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de ondas cálidas, heladas	Nivel de peligro Hidrometeorológico					
		1	2	3	4	5
	1	1	1.5	2	2.5	3
	2	1.5	2	2.5	3	3.5
	3	2	2.5	3	3.5	4
	4	2.5	3	3.5	4	4.5
	5	3	3.5	4	4.5	5

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG*

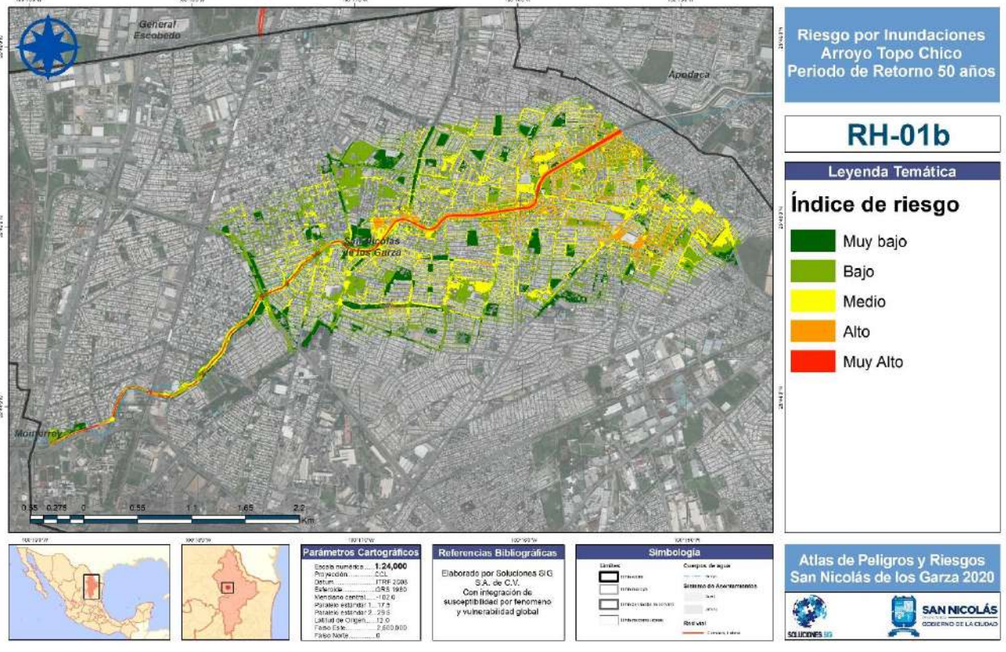
A continuación se presentan los índices de riesgos estimados para los fenómenos de origen hidrometeorológico en el orden que se presentaron en la fase II.

Mapa 4.2 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



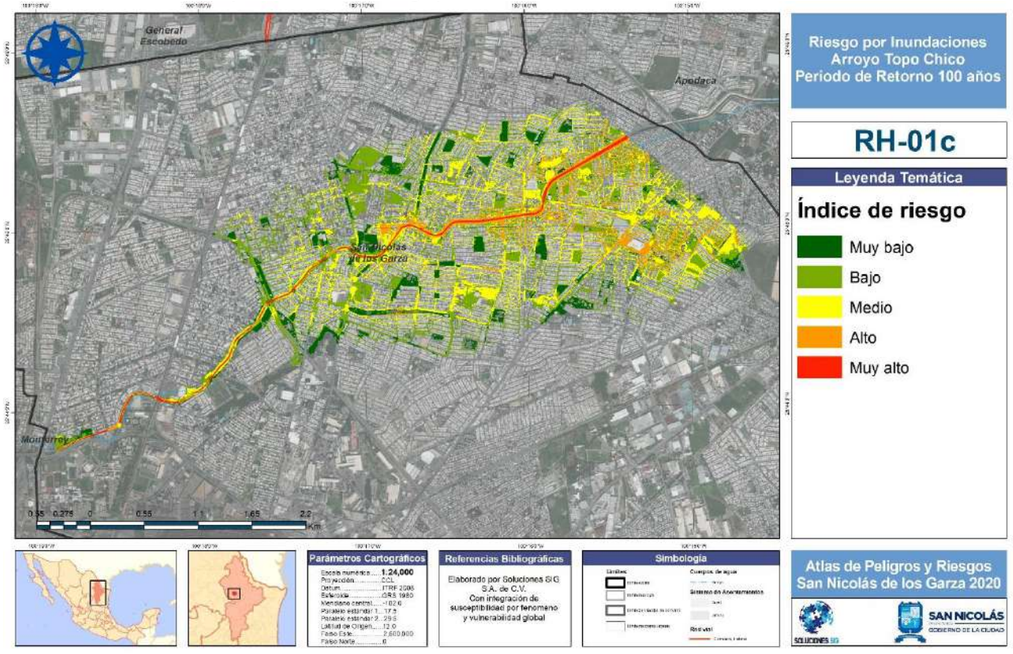
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.3 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



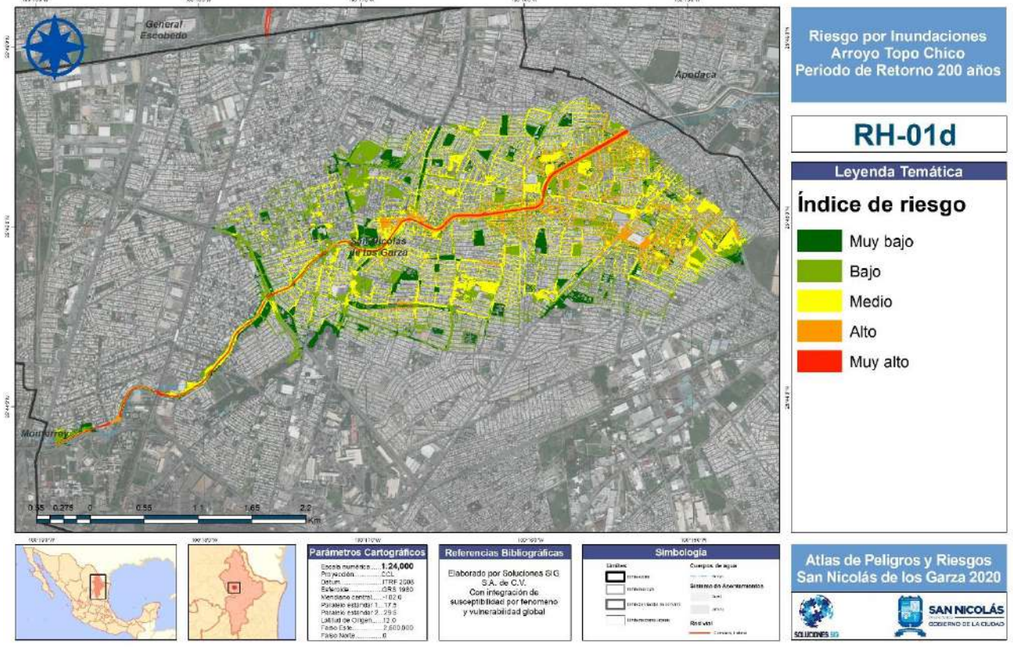
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.4 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



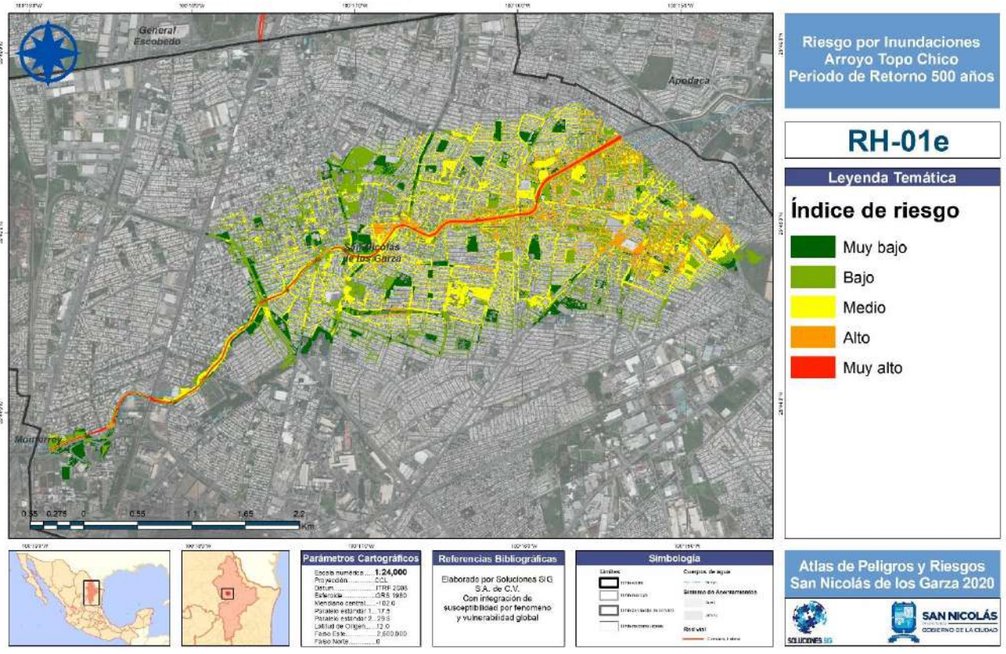
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.5 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



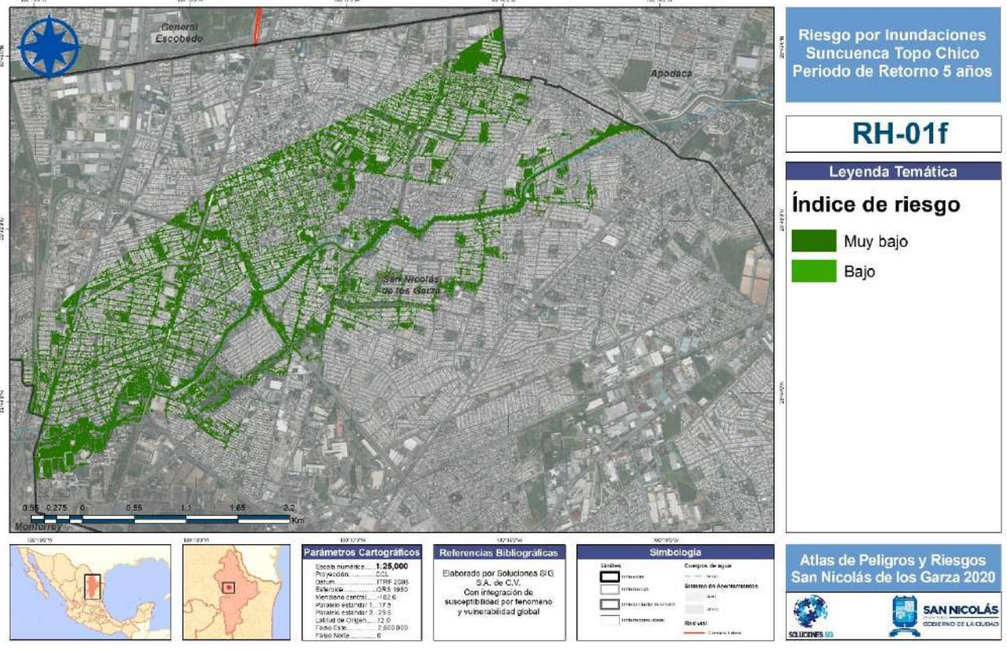
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.6 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



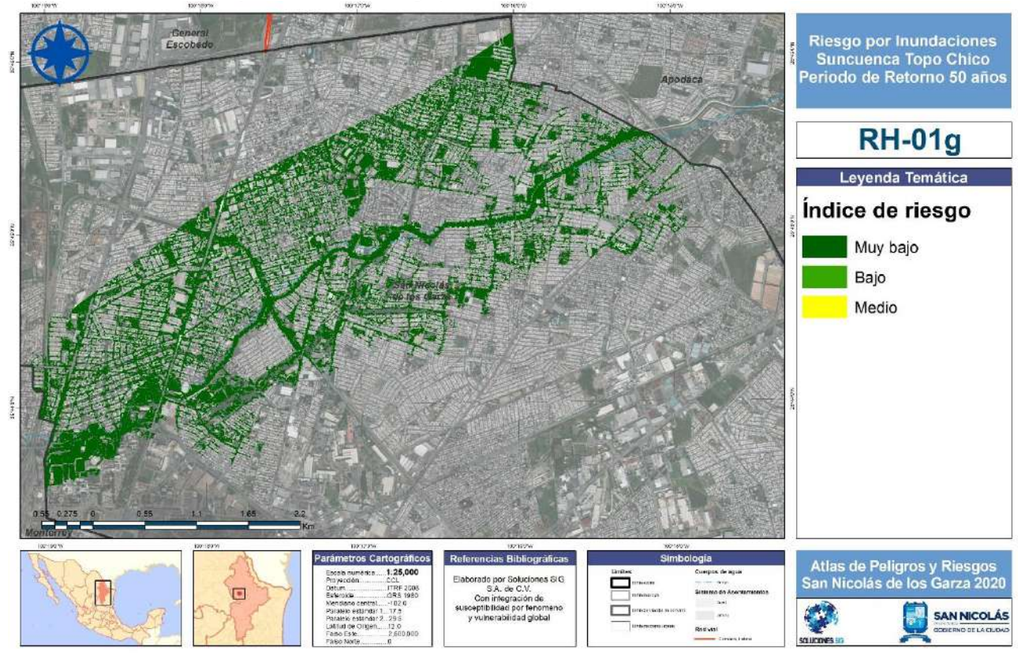
Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.7 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



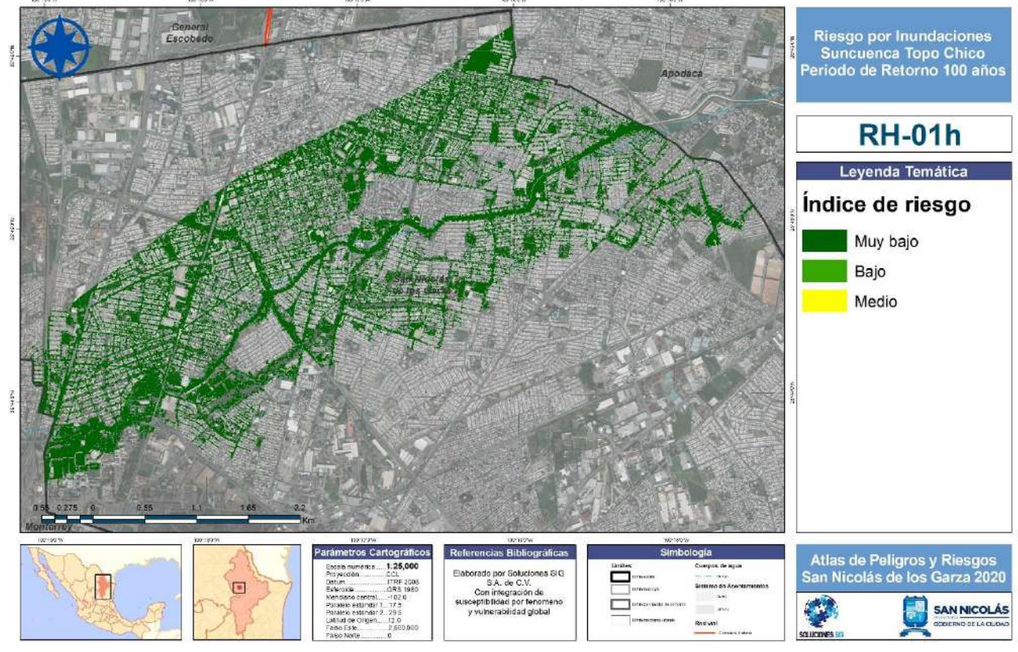
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.8 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



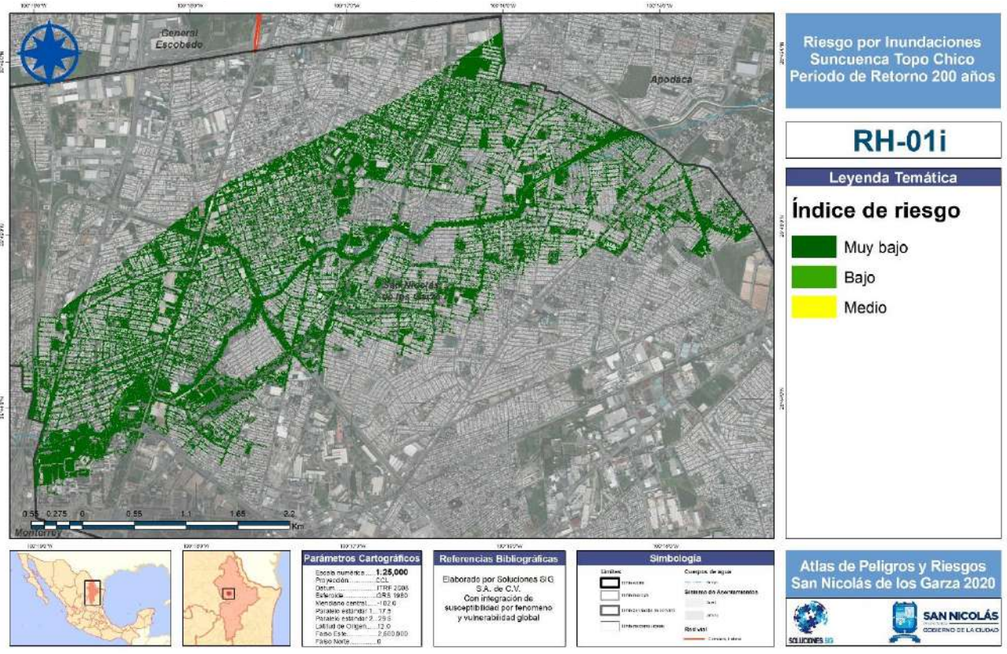
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.9 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



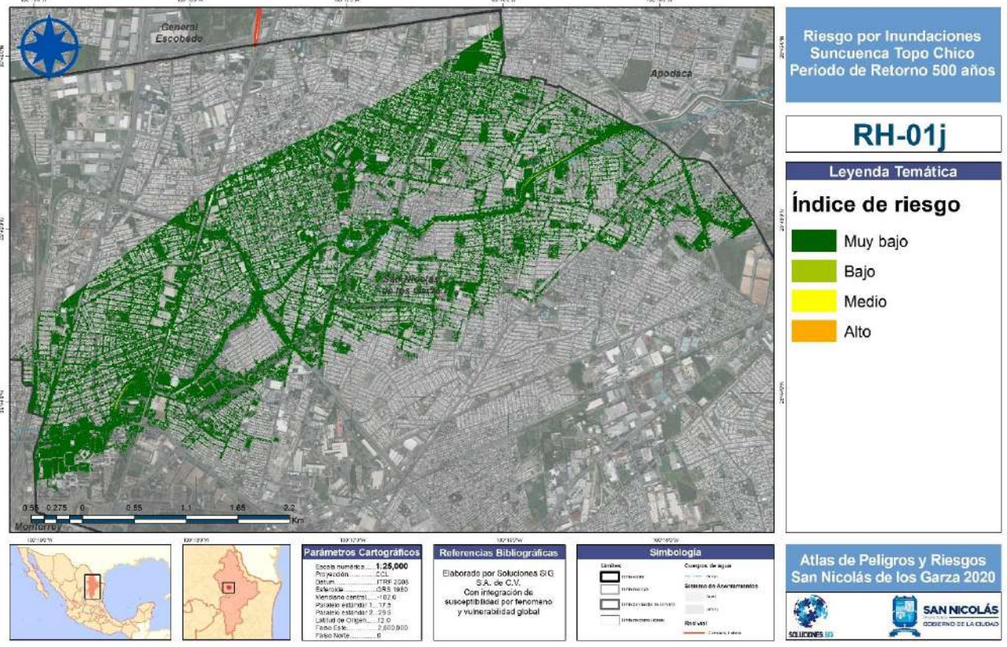
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.10 índice *de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



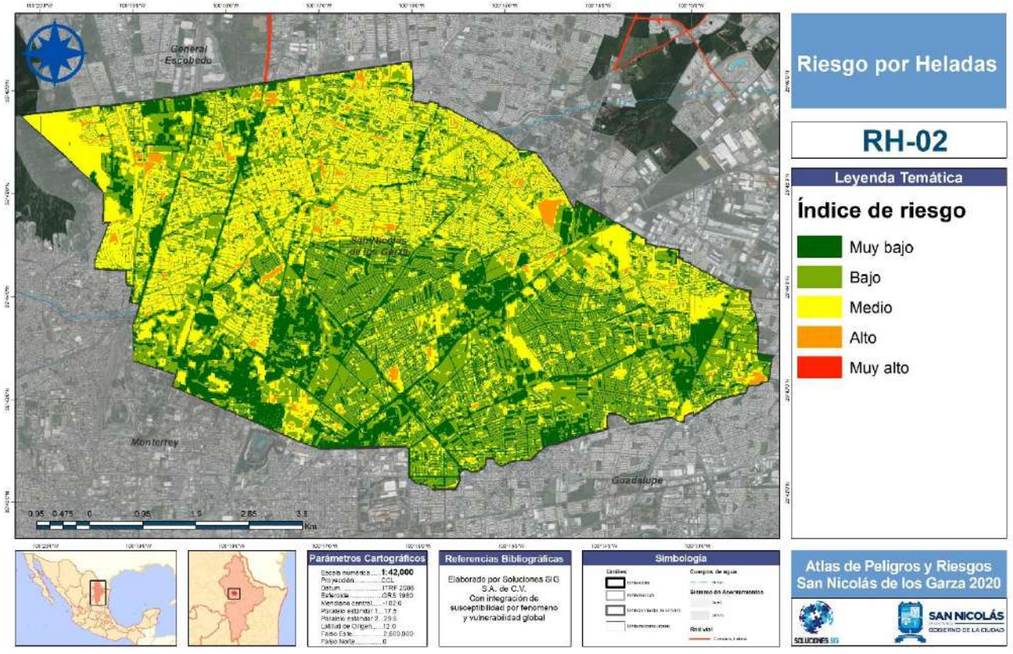
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.11 índice *de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



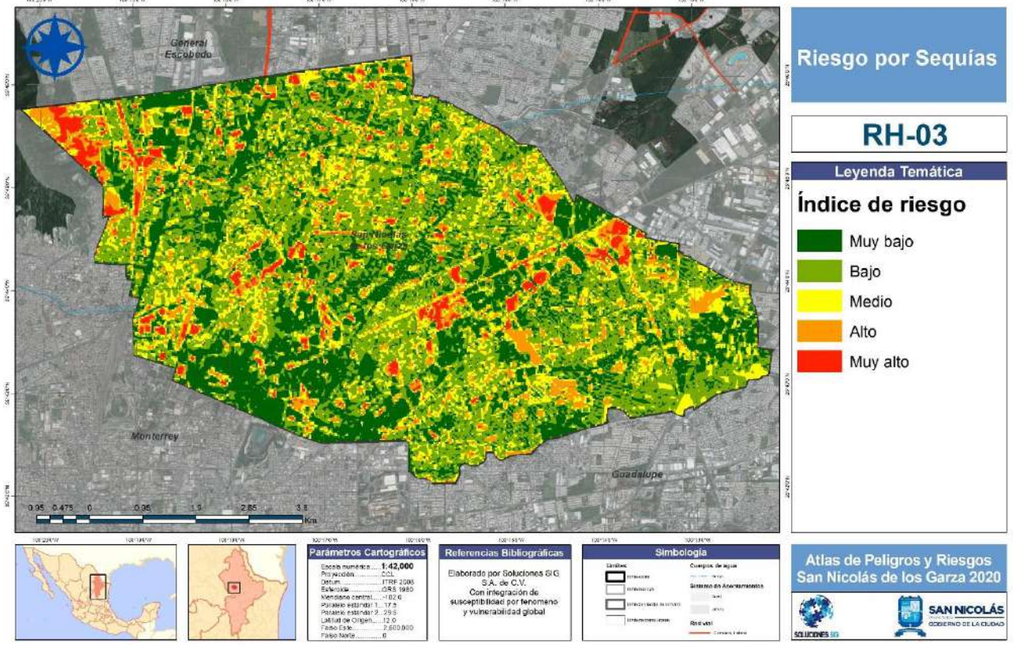
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.12 índice *de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



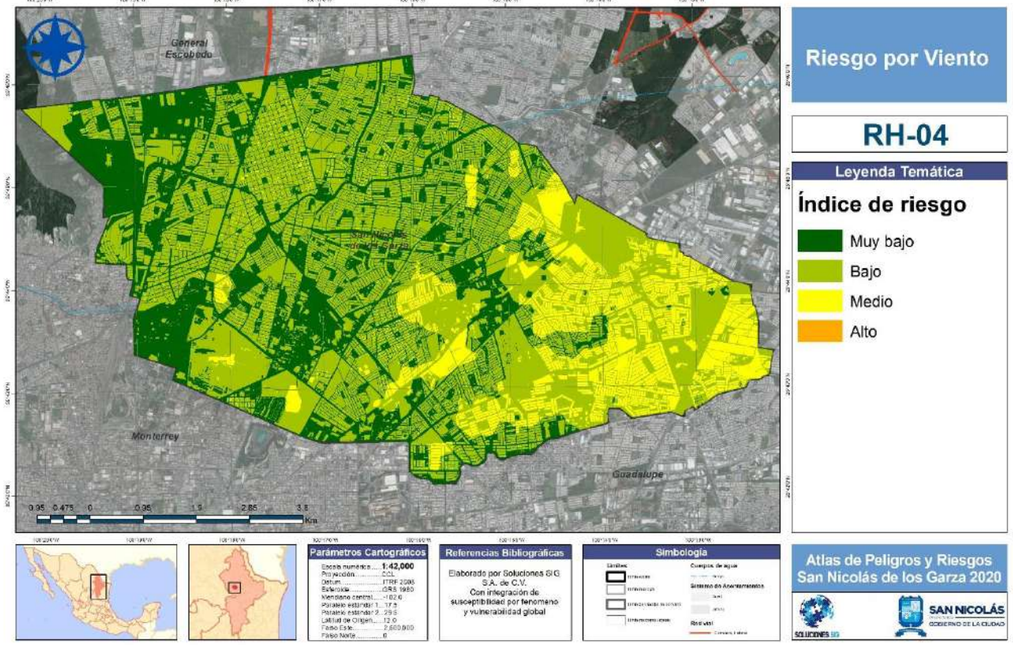
Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Mapa 4.13 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.14 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

3. Índices de riesgo ante fenómenos de origen antropogénico

El cálculo de los índices de riesgo para el caso de los fenómenos de origen antropogénico considera al nivel de peligro igual de importante que el grado de vulnerabilidad, por lo que la constitución de la información de las coberturas referentes es un promedio de las dos variables. La tabla siguiente detalla, como de manera similar a la aplicación a algunos fenómenos de origen hidrometeorológico, los resultados de la integración de los componentes de peligro y vulnerabilidad, se clasifican en cinco grados de riesgo que van de muy bajo (verde) a muy alto (rojo).

Tabla 4.4 *Índice de Riesgo ante fenómenos antropogénicos*

Grado de vulnerabilidad	Nivel de peligro antropogénico					
		1	2	3	4	5
	1	1	1.5	2	2.5	3
	2	1.5	2	2.5	3	3.5
	3	2	2.5	3	3.5	4
	4	2.5	3	3.5	4	4.5
	5	3	3.5	4	4.5	5

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG*

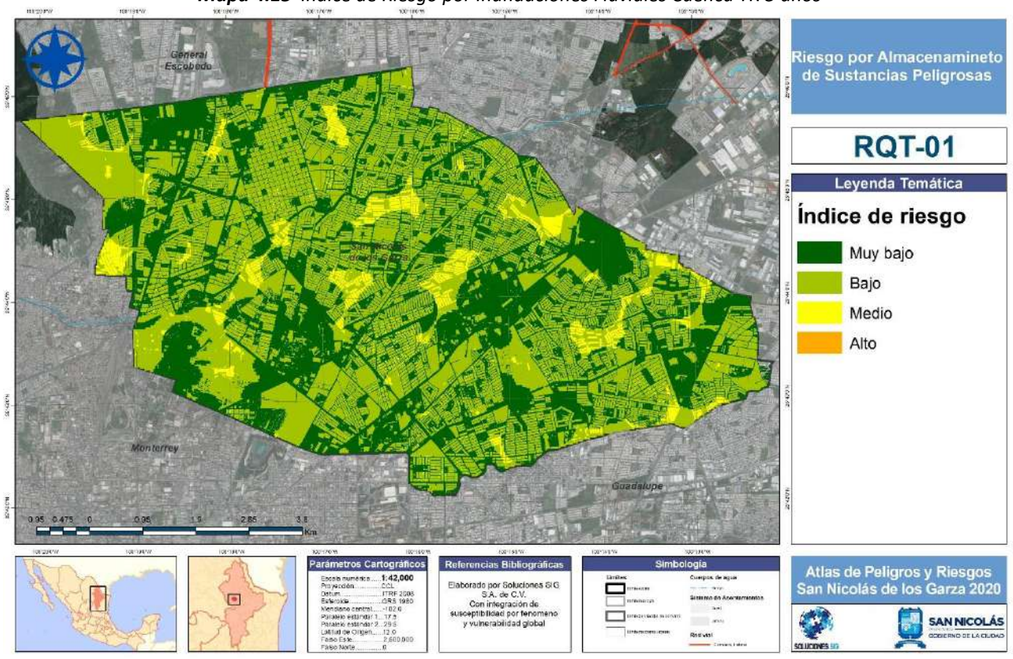
Debido a la mayor probabilidad de impacto en el municipio dentro de este tipo de fenómenos se estimaron los índices de riesgos para algunos fenómenos de origen químico tecnológico.

a) Riesgos ante fenómenos Químico tecnológicos

La estimación de índices de riesgo ante los fenómenos químico tecnológicos contempla el riesgo por incendios forestales, por actividades peligrosas, por actividades industriales peligrosas (actividades definidas como peligrosas conforme los criterios establecidos por el CENAPRED, ver apartado C-Químico-Tecnolgico, en la Fase II de este documento), riesgo por estaciones de servicio y de carburación, los mapas siguientes muestran su distribución dentro del territorio municipal.

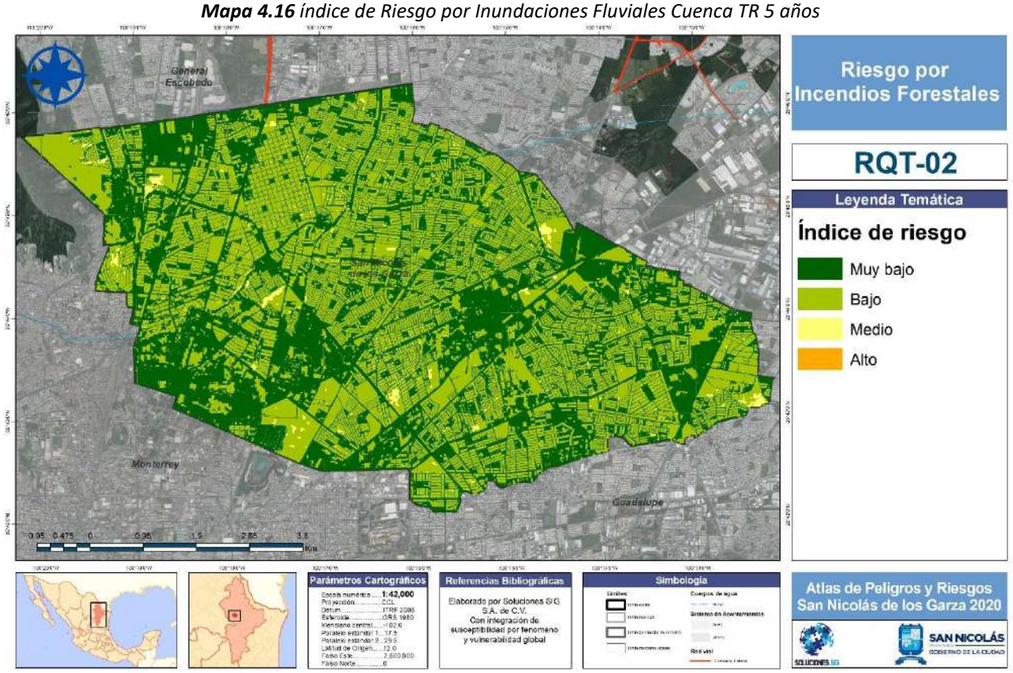
Mapa *índice de Riesgo por incendios forestales*

Mapa 4.15 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos*

Mapa 4.16 *índice de Riesgo por Inundaciones Fluviales Cuenca TR 5 años*



Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad global ante fenómenos hidrometeorológicos.*

Estimación de Superficie en Riesgo

La estimación de las áreas en riesgo se construyó tomando como base la poligonal de las manzanas para reconocer edificaciones de cualquier tipo contenidas en las manzanas y que se encuentran en un rango de riesgo.

Tabla 4.5 *Tipo de fenómeno con su respectivo índice de riesgo indicando el área de manzanas (ha) que puede presentar afectaciones.*

TIPO DE FENÓMENO	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	SUMA (ha)	SUMA (km2)
GEOLÓGICO							
INESTABILIDAD DE LADERAS	2,929.14	1,687.44	26.22	25.97	10.41	4679.18	46.79
HIDOMETEOROLÓGICOS							
INUNDACIONES FLUVIALES LIDAR PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS	148.43	102.96	60.63	4.72	0.24	316.98	3.17
INUNDACIONES FLUVIALES LIDAR PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS	160.22	130.08	78.73	35.03	19.35	423.41	4.23
INUNDACIONES FLUVIALES SUBCUENCA PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS	146.72	107.86	60.56	6.85	1.29	323.28	3.23
INUNDACIONES FLUVIALES SUBCUENCA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS	178.82	164.05	124.75	28.86	2.56	499.04	4.99
HELADAS	4,301.98	2,32.83	61.21	68.88	1.58	4433.65	44.34
SEQUÍAS	1,793.36	2,378.15	494.33	0.13	0	4665.97	46.66
VIENTO	399.43	2,931.85	1342.28	0	0	4673.56	46.74
ANTROPOGÉNICOS							
INCENDIOS FORESTALES	0.06	4,062.76	563.18	34.76	5.8	4666.56	46.67
SUSTANCIAS PELIGROSAS	2353.41	1,895.20	359.05	39.45	2.78	4649.89	46.50

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020 e índice de peligro.*

Escenarios de afectación a la población vulnerable

Debido a la alta relevancia por frecuencia e intensidad de la posibilidad de ocurrencia e impacto de los fenómenos de origen geológico de procesos de remoción en masa y compactación del suelo, de los fenómenos de origen hidrometeorológico de inundaciones pluviales, sequías, ondas cálidas, temperaturas máximas urbanas, vientos fuertes, de los fenómenos de origen químico tecnológico asociados a la presencia de actividades (generales e industriales) de alto riesgo, conforme al CENAPRED, y de estaciones de carburación y gasolineras, se estimó el potencial de afectación a población vulnerable, para identificar el escenario de afectación a la población de San Nicolás de los Garza.

El potencial de afectación se estima mediante el cálculo de peligro o amenaza presentado en la fase II y su relación con la vulnerabilidad identificada en la fase III, es el resultado del cálculo geoespacial presentado en el apartado de índices de riesgo, y su objetivo es identificar aquellas zonas donde el peligro o amenaza y la vulnerabilidad confluyan, definiendo distintos grados de riesgo. Las siguientes tablas identifican la población vulnerable según la condición de riesgo (intensidad del índice que puede variar de muy bajo a muy alto) ante los fenómenos de mayor relevancia en el contexto municipal.

Tabla 4.6 *Población vulnerable según condición de riesgo por Inestabilidad de laderas*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculina	Femenina	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Vivienda
Muy bajo	35515	17613	17838	7320	2332	59	818	6201	10598
Bajo	399958	197604	201992	81763	27958	906	10502	75793	116510
Medio	7366	3703	3647	1727	576	83	239	1841	1902

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.7 *Población vulnerable según condición de riesgo por Inundaciones TR 100*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenino	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de Lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Viviendas
Muy Bajo	432208	213703	218082	88738	30142	1019	11352	81643	125912
Bajo	857	420	437	177	35	0	16	186	235
Medio	7303	3588	3708	1358	514	8	136	1476	2192
Alto	2201	1076	1113	475	155	18	42	457	591
Muy Alto	270	133	137	62	20	3	13	73	80

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla4.8 *Población vulnerable según condición de riesgo por Inundaciones TR 5*

Intensidad del Riesgo	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenino	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de Lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Viviendas
Muy bajo	418225	206764	211074	86548	28621	998	10922	79093	121353
Bajo	24614	12156	12403	4262	2245	50	637	4742	7657

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.9 *Población vulnerable según condición de riesgo por Heladas*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenina	Infante	Adulta Mayor	Habitantes de Lengua Indígena	Con Límites	Sin derecho a servicio de salud	Viviendas
Muy Baja	118,088	58,315	59,653	23,995	6,323	163	2,388	20,823	35,433
Baja	116,801	57,973	58,727	25,080	8,483	374	3,603	21,235	32,871
Media	162,890	80,539	82,232	32,762	12,068	376	4,340	32,573	47,093
Alta	37,779	18,573	19,119	7,515	3,421	119	1,075	7,734	11,433
Muy Alta	7,265	3,514	3,736	1,452	571	16	153	1,470	2,171

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.10 *Población vulnerable según condición de riesgo por Sequías*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenina	Infante	Adulta Mayor	Habitantes de Lengua Indígena	Con Límites	Sin derecho a servicio de salud	Viviendas
Muy Baja	117,842	58,195	59,527	23,949	6,295	163	2,374	20,794	35,351
Baja	254,974	126,238	128,557	52,456	18,455	666	6,896	49,103	72,977
Media	59,941	29,575	30,247	12,399	5,276	192	2,028	11,950	17,636
Alta	8,844	4,318	4,502	1,734	704	27	214	1,741	2,660
Muy Alta	1,222	588	634	266	136	-	47	247	377

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.11*Población vulnerable según condición de riesgo por Vientos*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenino	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de Lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Viviendas
Muy Bajo	15365	7715	7631	2967	919	30	275	2800	4582
Bajo	308462	152183	155972	60853	23823	751	8237	58481	90489
Medio	118668	58840	59712	26910	6109	260	3036	22467	33852
Alto	344	182	162	80	15	7	11	87	87

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.12 *Población vulnerable según condición de riesgo por Incendios*

Intensidad del Fenómeno	Sumatoria de Población								
	Total	Masculina	Femenina	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de Lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Viviendas
Muy Bajo	42976	21383	21528	8974	2590	88	1004	7602	12671
Bajo	392175	193699	198099	79950	27671	887	10294	74349	114309
Medio	7688	3838	3850	1886	605	73	261	1884	2030

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 4.13 *Población vulnerable según condición de riesgo por actividades de alto riesgo en cuestión a sustancias químicas*

Intensidad del Riesgo	Sumatoria de Población								
	Total	Masculino	Femenino	Infante	Adulta Mayor	Hablantes de Lengua indígena	Con Límites	Sin derecho a servicios de salud	Viviendas
Muy Bajo	29267	14565	14663	6061	1883	51	707	5247	8660
Bajo	370063	182773	186900	75586	26152	872	9883	70499	107813
Medio	43251	21447	21791	9098	2831	125	969	8018	12478
Alto	258	135	123	65	0	0	0	71	59

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Aproximación de daños por intensidad y fenómeno perturbador

Con la información generada en la aproximación de daños de los sistemas expuestos deportivo, educativo y salud se integró mediante el uso de un sistema de información geográfica los valores económicos de reposición por cada uno de los índices de riesgo estimados por los fenómenos perturbadores de mayor relevancia en el contexto municipal. A continuación, se detallan los costos de reposición de cada uno de estos sistemas expuestos por cada grado de riesgo de cada tipo de fenómeno perturbador.

Tabla 4.14 *Costo de reposición según condición de riesgo por Inestabilidad de laderas*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	7,805,050.28	**16,738,632.06**	-	-
ALBERCA C	1,549,448.09	**5,592,862.63**	-	-
ANTIGUO C	-	**2,529,303.48**	-	-
AUTOSERVICIO BC	135,804,833.64	**65,512,416.81**	-	-
BODEGA C	89,253,898.66	**79,065,938.62**	-	-
CINE BC	2,590,429.29	**-**	-	-
ESCUELA BC	824,432,231.90	**451,518,162.67**	-	-
ESCUELA C	52,542,089.10	**147,908,283.31**	627,283.32	-
ESCUELA NC	-	**30,208,112.97**	3,363,243.01	-
ESTABLOS C	-	**4,208,173.42**	-	-
ESTABLOS NC	-	**2,450,023.47**	-	-
ESTACIONAMIENTO BC	366,484,304.78	**190,097,483.07**	-	-
ESTACIONAMIENTO C	-	**1,180,238.40**	-	-
GASOLINERA BC	18,450,659.06	**17,809,570.04**	-	-
HABITACIONAL A	-	**10,304,831.15**	-	-
HABITACIONAL BC	4,738,184,948.31	**39,890,999,369.10**	44,453,828.82	-
HABITACIONAL C	30,316,923.69	**733,352,461.83**	-	-
HABITACIONAL NC	2,154,454.48	**584,028,591.87**	386,157,902.12	362,263.96
INDUSTRIAL BC	566,235,575.81	**580,057,797.73**	318,903.77	-
INDUSTRIAL C	1,114,844,118.42	**2,306,220,992.30**	561,199.70	-
INDUSTRIAL NC	-	**71,573,149.46**	8,848,472.95	-
LOCAL-CHICO C	3,622,645.56	**61,699,892.24**	1,083,115.77	-
LOCAL-GRANDE BC	2,364,037,547.59	**4,058,970,719.62**	18,109,339.07	-
LOCAL A	933,680.06	**789,820,117.59**	4,273,887.30	-
LOCAL BC	2,644,951,157.45	**635,730,098.18**	-	-
MUSEOS/IGLESIAS A	-	**4,398,409.85**	-	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	3,899,011.16	**-**	-	-
MUSEOS/IGLESIAS C	418,335.25	**10,743,265.58**	-	-
RESIDENCIAL BC	22,990,318.36	**94,361,291.94**	1,647,556.85	-
RESTAURANTE BC	13,410,746.75	**7,498,124.06**	-	-
RESTAURANTE C	49,540,889.74	**51,769,865.93**	-	-
TECHOS C	-	**1,380,551.32**	-	-
TECHOS NC	-	249,696,754.82	8,843,604.34	-

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.15*Costo de reposición según condición de riesgo por Inundaciones TR 100*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	-	-	-	-
ALBERCA C	-	193,930.88	-	-
ANTIGUO C	-	-	-	-
AUTOSERVICIO BC	-	-	-	-
BODEGA C	-	-	-	-
CINE BC	-	-	-	-
ESCUELA BC	-	-	-	-
ESCUELA C	-	-	-	-
ESCUELA NC	-	1,324,630.91	-	-
ESTABLOS C	-	-	-	-
ESTABLOS NC	-	-	-	-
ESTACIONAMIENTO BC	-	-	-	-
ESTACIONAMIENTO C	-	394,139.29	107,486.67	-
GASOLINERA BC	-	-	-	-
HABITACIONAL A	-	-	83,272.99	-
HABITACIONAL BC	-	-	-	-
HABITACIONAL C	46,581,801.02	640,599,312.85	86,746,251.76	251,946.95
HABITACIONAL NC	-	19,456,279.14	2,874,997.27	-
INDUSTRIAL BC	-	2,905,201.86	12,074,314.86	1,837,445.01
INDUSTRIAL C	851,204.34	6,350,601.91	764,572.46	-
INDUSTRIAL NC	-	433,955.55	-	-
LOCAL-CHICO C	-	-	281,721.06	-
LOCAL-GRANDE BC	-	551,540.78	2,385,633.99	-
LOCAL A	740,564.10	22,255,807.13	9,156,851.06	-
LOCAL BC	-	614,488.66	-	1,259,204.09
MUSEOS/IGLESIAS A	-	79,289.20	-	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	-	-	-	-
MUSEOS/IGLESIAS C	-	-	-	-
RESIDENCIAL BC	-	-	-	-
RESTAURANTE BC	-	-	-	-
RESTAURANTE C	-	-	-	-
TECHOS C	-	-	1,959,310.93	-
TECHOS NC	-	-	-	-

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.16 *Costo de reposición según condición de riesgo por Heladas*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	-	6,034,679.05	17,541,746.02	967,257.27
ALBERCA C	-	1,939,689.52	5,202,621.20	-
ANTIGUO C	-	1,971,149.99	558,153.49	-
AUTOSERVICIO BC	29,838,616.78	169,745,987.04	1,732,646.63	-
BODEGA C	127,760,633.85	37,741,091.80	2,818,111.63	-
CINE BC	-	-	2,590,429.29	-
ESCUELA BC	571,865,837.13	518,405,531.09	174,701,780.91	10,977,245.44

ESCUELA C	40,922,209.56	88,664,819.00	68,946,664.07	2,543,963.11
ESCUELA NC	-	2,584,776.94	30,706,997.70	279,581.34
ESTABLOS C	353,635.85	3,854,537.57	-	-
ESTABLOS NC	-	1,364,423.80	1,085,599.68	-
ESTACIONAMIENTO BC	347,618,291.14	155,114,140.51	52,940,911.41	908,444.79
ESTACIONAMIENTO C	-	378,807.27	801,431.13	-
GASOLINERA BC	18,450,659.06	14,168,200.49	3,641,369.55	-
HABITACIONAL A	-	5,431,239.84	4,488,168.28	385,423.04
HABITACIONAL BC	1,860,291,157.03	21,402,045,020.80	20,824,161,306.10	587,588,871.42
HABITACIONAL C	9,349,244.47	378,252,297.96	364,128,545.65	11,939,297.45
HABITACIONAL NC	584,233.07	167,259,596.29	578,497,820.35	224,147,742.38
INDUSTRIAL BC	393,484,454.28	521,910,753.68	224,146,881.58	7,070,187.77
INDUSTRIAL C	1,663,437,271.06	1,505,601,994.12	246,556,318.64	6,030,726.59
INDUSTRIAL NC	-	64,724,199.38	10,410,970.03	5,286,453.00
LOCAL-CHICO C	-	40,150,278.30	26,255,375.27	-
LOCAL-GRANDE BC	1,837,997,117.94	3,540,075,595.66	1,030,732,714.79	32,312,177.88
LOCAL A	933,680.06	594,105,071.94	195,468,074.55	4,520,858.40
LOCAL BC	2,534,363,263.48	628,570,932.47	117,232,909.76	514,149.92
MUSEOS/IGLESIAS A	-	497,372.15	3,901,037.71	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	-	-	3,899,011.16	-
MUSEOS/IGLESIAS C	-	5,591,598.25	5,570,002.58	-
RESIDENCIAL BC	-	24,720,883.48	92,379,513.13	1,898,770.53
RESTAURANTE BC	12,167,200.30	8,075,285.44	666,385.06	-
RESTAURANTE C	31,740,327.98	56,247,190.58	11,602,084.22	1,721,152.89
TECHOS C	-	414,059.30	966,492.02	-
TECHOS NC	-	226,626,042.49	23,068,929.99	8,845,386.67

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.17 *Costo de reposición según condición de riesgo por Sequías*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	-	18,632,170.28	5,911,512.06	-
ALBERCA C	-	2,496,022.10	4,646,288.62	-
ANTIGUO C	-	2,529,303.48	-	-
AUTOSERVICIO BC	31,671,690.27	167,912,913.56	1,732,646.63	-
BODEGA C	127,760,633.85	38,317,794.30	2,241,409.13	-
CINE BC	-	2,590,429.29	-	-
ESCUELA BC	659,364,093.55	575,355,282.99	41,231,018.03	-
ESCUELA C	40,922,209.56	137,515,911.65	22,639,534.52	-
ESCUELA NC	-	25,156,297.14	8,415,058.84	-
ESTABLOS C	353,635.85	3,854,537.57	-	-
ESTABLOS NC	-	1,364,423.80	1,085,599.68	-
ESTACIONAMIENTO BC	348,278,076.87	183,519,105.84	24,784,605.15	-
ESTACIONAMIENTO C	-	1,180,238.40	-	-
GASOLINERA BC	18,450,659.06	16,782,890.43	1,026,679.61	-
HABITACIONAL A	-	7,846,067.22	2,458,763.93	-
HABITACIONAL BC	2,503,174,011.33	35,452,092,588.80	6,671,677,011.74	47,142,743.50
HABITACIONAL C	9,857,199.11	621,434,863.14	131,222,576.81	1,154,746.46
HABITACIONAL NC	1,459,752.29	175,165,481.04	727,146,941.13	68,931,037.98
INDUSTRIAL BC	449,893,155.11	646,550,502.46	44,429,360.51	5,739,259.23
INDUSTRIAL C	1,661,368,977.32	1,664,087,195.29	93,112,580.69	3,057,557.12
INDUSTRIAL NC	-	64,724,199.38	13,571,666.33	2,125,756.70
LOCAL-CHICO C	-	62,415,501.88	3,990,151.70	-
LOCAL-GRANDE BC	2,040,623,377.88	4,098,825,692.80	301,668,535.59	-
LOCAL A	933,680.06	749,240,772.44	44,853,232.45	-
LOCAL BC	2,548,402,216.97	706,967,564.89	24,797,323.85	514,149.92
MUSEOS/IGLESIAS A	-	1,107,635.91	3,290,773.94	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	-	3,010,396.25	888,614.91	-
MUSEOS/IGLESIAS C	-	10,868,455.96	293,144.87	-
RESIDENCIAL BC	3,030,327.24	89,709,070.01	26,259,769.89	-
RESTAURANTE BC	13,157,844.41	7,751,026.40	-	-
RESTAURANTE C	31,740,327.98	66,157,159.66	3,413,268.02	-
TECHOS C	-	1,380,551.32	-	-
TECHOS NC	-	227,721,503.53	23,425,753.27	7,393,102.35

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.18 *Población vulnerable según condición de riesgo por Vientos*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	861,076.91	21,998,638.30	1,683,967.13	-
ALBERCA C	-	6,869,136.72	273,174.00	-
ANTIGUO C	-	2,093,351.87	435,951.61	-
AUTOSERVICIO BC	21,920,077.58	177,664,526.24	1,732,646.63	-
BODEGA C	3,192,644.44	145,904,461.80	19,222,731.03	-
CINE BC	-	2,590,429.29	-	-
ESCUELA BC	723,772,743.76	493,159,513.14	59,018,137.67	-
ESCUELA C	4,455,287.60	162,901,902.56	33,720,465.58	-
ESCUELA NC	-	29,250,596.57	4,320,759.40	-
ESTABLOS C	-	542,983.95	3,665,189.47	-
ESTABLOS NC	-	-	2,450,023.47	-
ESTACIONAMIENTO BC	162,881,768.63	365,064,794.42	28,635,224.80	-
ESTACIONAMIENTO C	-	801,431.13	378,807.27	-
GASOLINERA BC	17,072,175.44	19,188,053.65	-	-
HABITACIONAL A	-	9,655,030.60	649,800.55	-
HABITACIONAL BC	1,832,494,359.18	32,397,176,126.20	10,444,415,870.00	-
HABITACIONAL C	6,841,731.04	583,915,726.20	172,911,928.28	-
HABITACIONAL NC	1,790,977.48	84,029,926.66	867,572,175.64	19,310,132.65
INDUSTRIAL BC	326,710,114.53	643,516,794.50	176,385,368.28	-
INDUSTRIAL C	349,714,038.61	2,413,163,222.65	658,749,049.16	-
INDUSTRIAL NC	-	34,686,424.83	45,735,197.59	-
LOCAL-CHICO C	-	58,057,479.21	8,348,174.36	-

LOCAL-GRANDE BC	1,619,632,845.21	3,569,188,437.94	1,252,296,323.12	-
LOCAL A	617,992.85	667,018,696.21	127,390,995.89	-
LOCAL BC	2,326,681,241.70	725,407,156.97	228,592,856.95	-
MUSEOS/IGLESIAS A	-	3,901,037.71	497,372.15	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	-	3,899,011.16	-	-
MUSEOS/IGLESIAS C	-	5,988,337.82	5,173,263.00	-
RESIDENCIAL BC	8,198,294.69	108,882,360.43	1,918,512.03	-
RESTAURANTE BC	11,290,366.94	8,952,118.80	666,385.06	-
RESTAURANTE C	2,030,711.62	91,328,648.76	7,951,395.29	-
TECHOS C	-	828,157.80	552,393.52	-
TECHOS NC	-	126,428,129.74	132,112,229.41	-

Fuente: *Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.19 *Población vulnerable según condición de riesgo por Incendios*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio
ALBERCA BC	6,251,657.07	18,292,025.28	-
ALBERCA C	1,549,448.09	5,592,862.63	-
ANTIGUO C	558,153.49	1,971,149.99	-
AUTOSERVICIO BC	135,804,833.64	65,512,416.81	-
BODEGA C	133,048,862.82	35,270,974.45	-
CINE BC	2,590,429.29	-	-
ESCUELA BC	809,783,681.71	464,845,162.64	1,321,550.22
ESCUELA C	54,232,575.73	146,845,080.00	-
ESCUELA NC	-	32,917,322.92	654,033.05
ESTABLOS C	353,635.85	3,854,537.57	-
ESTABLOS NC	-	2,450,023.47	-
ESTACIONAMIENTO BC	361,710,553.78	194,871,234.07	-
ESTACIONAMIENTO C	-	1,180,238.40	-
GASOLINERA BC	19,711,127.71	16,549,101.39	-
HABITACIONAL A	-	10,304,831.15	-
HABITACIONAL BC	5,140,757,452.68	39,439,394,080.50	88,942,116.28
HABITACIONAL C	49,780,679.86	710,334,944.55	3,553,761.11
HABITACIONAL NC	2,331,720.22	633,164,538.48	337,206,953.74
INDUSTRIAL BC	584,119,310.32	556,753,707.77	5,739,259.23
INDUSTRIAL C	1,875,131,240.23	1,543,126,947.34	3,368,122.85
INDUSTRIAL NC	-	74,410,349.63	6,011,272.78
LOCAL-CHICO C	2,165,604.99	64,240,048.58	-
LOCAL-GRANDE BC	2,480,174,448.63	3,958,322,357.58	2,620,800.06
LOCAL A	933,680.06	792,105,438.49	1,988,566.40
LOCAL BC	2,662,450,430.68	617,716,675.02	514,149.92
MUSEOS/IGLESIAS A	-	4,398,409.85	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	3,899,011.16	-	-
MUSEOS/IGLESIAS C	418,335.25	10,743,265.58	-
RESIDENCIAL BC	27,238,741.70	91,760,425.45	-
RESTAURANTE BC	13,410,746.75	7,498,124.06	-
RESTAURANTE C	53,713,588.92	47,597,166.75	-
TECHOS C	-	1,380,551.32	-
TECHOS NC	-	246,693,463.83	11,846,895.32

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Tabla 4.20 *Población vulnerable según condición de riesgo por actividades de alto riesgo en cuestión a sustancias químicas*

TIPO	Muy bajo	**Bajo**	Medio	Alto
ALBERCA BC	2,808,977.99	18,915,343.12	2,819,361.24	-
ALBERCA C	-	6,879,354.58	262,956.15	-
ANTIGUO C	-	2,529,303.48	-	-
AUTOSERVICIO BC	28,340,439.22	172,976,811.24	-	-
BODEGA C	72,410,087.37	95,909,749.91	-	-
CINE BC	-	2,590,429.29	-	-
ESCUELA BC	769,432,635.44	491,321,180.92	14,628,195.85	-
ESCUELA C	63,157,986.51	136,076,276.26	1,843,392.96	-
ESCUELA NC	-	31,481,467.55	2,089,888.42	-
ESTABLOS C	-	4,208,173.42	-	-
ESTABLOS NC	-	1,745,611.66	704,411.81	-
ESTACIONAMIENTO BC	171,954,804.40	358,732,892.25	25,894,091.20	-
ESTACIONAMIENTO C	-	1,180,238.40	-	-
GASOLINERA BC	18,450,659.06	17,809,570.04	-	-
HABITACIONAL A	-	10,304,831.15	-	-
HABITACIONAL BC	3,837,979,047.56	36,749,596,529.40	4,082,460,033.24	-
HABITACIONAL C	31,283,768.79	679,842,346.04	52,543,270.70	-
HABITACIONAL NC	1,872,701.85	483,981,993.79	482,167,074.15	4,681,442.63
INDUSTRIAL BC	550,489,827.12	582,842,240.00	13,280,210.20	-
INDUSTRIAL C	794,592,893.44	2,537,827,190.91	89,206,226.06	-
INDUSTRIAL NC	-	69,062,131.36	11,359,491.05	-
LOCAL-CHICO C	1,743,244.08	57,928,515.08	6,733,894.41	-
LOCAL-GRANDE BC	2,312,136,754.23	3,991,915,843.76	113,359,812.25	-
LOCAL A	933,680.06	743,529,130.34	50,564,874.55	-
LOCAL BC	2,647,486,173.35	619,355,893.32	13,839,188.97	-
MUSEOS/IGLESIAS A	-	4,398,409.85	-	-
MUSEOS/IGLESIAS BC	3,899,011.16	-	-	-
MUSEOS/IGLESIAS C	418,335.25	10,743,265.58	-	-
RESIDENCIAL BC	19,273,823.55	90,505,185.88	9,220,157.72	-
RESTAURANTE BC	13,410,746.75	5,529,970.63	1,968,153.43	-
RESTAURANTE C	3,611,313.11	97,632,398.96	67,043.60	-
TECHOS C	-	584,500.06	796,051.26	-
TECHOS NC	-	132,650,017.92	125,890,341.24	-

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios y Dirección de Catastro y Obras Públcas*

Estimación de pérdidas a la producción diaria estimada por subsector económico en riesgo por fenómenos perturbadores

El análisis de la estimación de pérdidas en San Nicolás de los Garza se desarrolló en dos aspectos; la producción diaria estimada por subsector económico y la producción agrícola anual, para cada uno de los índices de riesgos estimados por los fenómenos perturbadores de mayor impacto en el municipio.

Para la estimación de producción económica diaria se utilizó el directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE) 2020 y el Censo económico 2019 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se elaboró el proceso descrito en la metodología empleada por el Colegio de México en el documento de investigación SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO: RIESGOS DE INUNDACIONES, Fase 1, Diagnóstico. El método permite establecer una razón de producción por giro la cual se estimó anualmente y por día, donde se identifican núcleos de alto valor productivo en el territorio.

Como se detalló en el apartado de sistemas expuestos, la información se clasifico conforme al SCIAN del DENUE del INEGI y se realizó una estimación de producción per cápita considerando los rangos de población empleada identificada en la base de datos y el valor de la producción a rama de actividad de la clasificación SCIAN de las actividades económicas. La producción per cápita resulta de la división entre la producción económica de cada subsector y la población empleada estimada total de dicho subsector. Las siguientes tablas identifican la producción diaria estimada por subsector económico en riesgo.

Tabla 4.21 *Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Procesos de remoción en masa*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	41,706.85		
Comercio al por mayor	29,317,921.05	64,378.39	
Comercio al por menor	40,295,732.96	409,801.44	
Construccion	5,092,342.91	557,312.84	
Corporativos	239,583.56		
Industrias manufactureras	404,703,598.16	3,908,016.80	
Informacion en medios masivos	1,408,194.01		
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	6,202,158.56	47,311.55	
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	8,707,812.81	18,282.13	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	14,491,945.55	30,808.10	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4,400,907.37	2,023.57	
Servicios de salud y de asistencia social	2,693,738.76	6,568.42	
Servicios educativos	3,458,280.00	12,729.87	
Servicios financieros y de seguros	2,932,360.03	305,693.11	4,631.71
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3,363,920.29	5,411.09	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	2,397,293.15		
Transportes, correos y almacenamiento	12,004,794.82	581,428.81	
Grand Total	541,752,290.83	5,949,766.12	4,631.71

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

Tabla 4.22 *Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante inundaciones fluviales TR 100 años*

Actividad	Muy bajo	Bajo
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	41,706.85	
Comercio al por mayor	26,890,855.56	2,774,708.82
Comercio al por menor	34,300,802.68	6,514,575.41
Construccion	3,986,949.15	1,670,259.07
Corporativos	239,583.56	
Industrias manufactureras	403,310,571.59	19,535,535.26
Informacion en medios masivos	1,251,976.82	156,412.22
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	5,398,871.67	862,084.49
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	6,649,393.46	2,101,839.41
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	13,120,984.88	1,463,384.98
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	3,683,473.19	723,504.89
Servicios de salud y de asistencia social	1,776,691.71	1,047,880.89
Servicios educativos	3,192,013.65	286,421.96
Servicios financieros y de seguros	2,474,626.07	800,480.78
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	2,893,978.14	480,764.33
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	2,012,847.51	384,445.64
Transportes, correos y almacenamiento	11,667,663.83	923,445.76
Grand Total	522,892,990.34	39,725,743.91

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

Tabla 4.23 *Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante inundaciones fluviales TR 100 años*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza					
Comercio al por mayor	160,945.99	412,021.73	321,891.97	296,140.62	
Comercio al por menor	853,400.93	2,260,245.03	2,526,404.73	405,576.68	
Construccion	53,239.25	151,879.91	366,821.07		
Corporativos					
Industrias manufactureras	219,105.93	3,516,692.86	1,559,447.88	366,031.18	
Informacion en medios masivos	3,153.49	78,911.80	7,331.58	195.03	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	75,824.22	377,341.46	323,718.62	154,597.59	2,422.09
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	100,551.73	507,434.15	436,485.92	73,128.53	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	118,097.74	220,791.42	108,628.57	15,404.05	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	10,117.85	137,602.78	188,607.32	35,697.89	
Servicios de salud y de asistencia social	66,890.98	69,294.91	116,368.51	10,509.47	
Servicios educativos	184,583.04	230,198.39	128,359.47	73,196.72	
Servicios financieros y de seguros	35,248.02	243,792.64	95,415.36	25,474.43	
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	48,699.81	167,267.50	80,733.37	43,158.82	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	16,476.24	107,095.57	87,873.29	52,174.77	
Transportes, correos y almacenamiento		1,001,621.06	781,753.02	4,885.96	
Grand Total	1,946,335.22	9,482,191.21	7,129,840.67	1,556,171.74	2,422.09

Fuente*: Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

Tabla 4.24 *Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Heladas*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto

Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	10,812.89	30,893.96		
Comercio al por mayor	22,828,578.84	6,154,574.56	231,762.22	
Comercio al por menor	28,124,207.83	11,660,329.52	811,153.36	
Construccion	3,365,546.52	2,065,664.39	218,444.84	
Corporativos	59,895.89	179,687.67		
Industrias manufactureras	278,382,536.07	140,215,240.81	2,555,279.02	
Informacion en medios masivos	1,034,532.03	369,305.33	4,356.64	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	3,558,220.27	2,538,275.81	156,691.49	
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	5,709,228.16	2,875,180.25	143,971.79	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	9,106,195.59	5,230,109.03	186,449.03	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	987,710.68	3,382,843.14	32,377.12	
Servicios de salud y de asistencia social	1,466,741.46	1,169,938.24	64,941.17	
Servicios educativos	1,026,875.78	2,176,806.92	270,509.63	
Servicios financieros y de seguros	2,127,767.25	979,184.89	121,837.57	6,947.57
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	2,387,240.82	906,551.79	75,538.77	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	1,362,035.97	1,007,796.78	27,460.40	
Transportes, correos y almacenamiento	9,097,650.78	2,320,829.28	1,138,427.84	
Grand Total	370,635,776.82	183,263,212.37	6,039,200.90	6,947.57

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

***Tabla 4.25** Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Sequías*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	10,812.89	30,893.96		
Comercio al por mayor	27,457,385.44	1,718,903.14	38,627.04	
Comercio al por menor	34,909,167.69	5,386,565.27	299,957.75	
Construccion	4,155,534.02	1,494,121.73		
Corporativos	239,583.56			
Industrias manufactureras	336,709,211.90	82,944,235.94	1,499,608.05	
Informacion en medios masivos	1,145,490.73	262,508.25	195.03	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	5,008,439.83	1,227,915.18	16,832.56	
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	7,549,182.65	1,165,485.96	13,711.60	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	12,169,467.91	2,348,151.06	5,134.68	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4,247,842.40	153,064.97	2,023.57	
Servicios de salud y de asistencia social	1,946,312.63	719,082.23	36,226.01	
Servicios educativos	1,802,336.72	1,662,308.21	9,547.40	
Servicios financieros y de seguros	2,659,571.48	534,480.38	39,369.57	2,315.86
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	2,970,036.48	393,927.10	5,367.79	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	1,820,624.70	576,668.46		
Transportes, correos y almacenamiento	10,182,333.09	1,832,233.64	542,341.16	
Grand Total	454,983,334.14	102,450,545.46	2,508,942.21	2,315.86

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

***Tabla 4.26** Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Viento*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	32,438.66	9,268.19	
Comercio al por mayor	20,105,372.74	9,167,483.44	
Comercio al por menor	27,689,057.86	13,062,948.87	38,022.81
Construccion	3,431,163.02	2,209,619.52	8,873.21
Corporativos	209,635.62	29,947.95	
Industrias manufactureras	319,749,050.72	101,459,951.13	
Informacion en medios masivos	473,915.85	934,278.16	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	4,533,219.19	1,723,517.20	898.84
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	6,416,842.58	2,316,108.17	2,285.27
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	10,262,899.69	4,264,988.64	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	3,939,999.99	464,954.53	
Servicios de salud y de asistencia social	2,126,936.17	578,625.75	
Servicios educativos	2,722,069.47	755,305.32	
Servicios financieros y de seguros	1,929,218.67	1,000,825.51	317,272.39
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	2,738,355.48	636,386.99	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	2,106,212.88	291,080.27	
Transportes, correos y almacenamiento	8,653,028.75	3,938,080.84	
Total	417,119,417.31	142,843,370.47	367,352.52

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

***Tabla 4.27** Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Actividades químicas*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	41,706.85		
Comercio al por mayor	27,232,061.06	2,388,438.45	
Comercio al por menor	38,749,471.87	1,943,388.25	8,449.51
Construccion	5,049,268.74	600,387.01	
Corporativos	59,895.89	179,687.67	
Industrias manufactureras	403,090,831.76	19,652,724.36	
Informacion en medios masivos	1,280,889.99	127,304.02	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	5,807,786.87	442,978.60	
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	8,285,038.49	427,344.85	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	14,377,382.09	145,371.56	
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4,227,191.42	175,739.52	
Servicios de salud y de asistencia social	2,608,113.67	80,370.35	
Servicios educativos	3,172,918.86	300,212.65	
Servicios financieros y de seguros	2,850,794.87	380,310.70	4,631.71
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3,304,658.09	64,673.29	

Servicios profesionales, cientificos y técnicos	2,323,150.06	74,143.09	
Transportes, correos y almacenamiento	12,004,794.82	581,428.81	
Grand Total	534,465,955.41	27,564,503.19	13,081.23

***Fuente**: Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

***Tabla 4.28** Producción diaria estimada por subsector económico según grado de riesgo ante Incendios*

Actividad	Muy bajo	Bajo	Medio
Agricultura, cria y explotacion de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	41,706.85		
Comercio al por mayor	29,465,991.36	90,129.75	
Comercio al por menor	40,460,498.49	168,990.28	
Construccion	5,101,216.12	548,439.63	
Corporativos	239,583.56		
Industrias manufactureras	416,491,682.06	5,417,988.13	
Informacion en medios masivos	1,406,015.68	2,178.32	
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	6,225,670.43	28,643.86	
Servicios de alojamiento temporal y de preparacion de alimentos y bebidas	8,700,957.01	27,423.20	
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediacion	14,491,945.55		
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4,400,907.37	2,023.57	
Servicios de salud y de asistencia social	2,428,687.17	271,620.01	
Servicios educativos	3,403,117.25	71,075.08	
Servicios financieros y de seguros	2,923,096.60	310,324.82	2,315.86
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3,363,963.58	5,367.79	
Servicios profesionales, cientificos y técnicos	2,397,293.15		
Transportes, correos y almacenamiento	11,657,891.92	928,331.71	
Grand Total	553,200,224.17	7,872,536.16	2,315.86

***Fuente:** Elaborado por Soluciones SIG, con base en Censo económico 2019 y DENUE 2020.*

V. Propuesta de estudios y obras y acciones

En este apartado se proponen aquellas acciones prioritarias identificadas en el estudio como prioritarias para la reducción de riesgos y la mitigación de sus efectos adversos, de manera general se plantea para los fenómenos perturbadores más relevantes, con base en la información generada en gabinete y aquella observada en campo acciones y prácticas para evitar la construcción de riesgos y la mitigación de su efecto.

A. Obras de mitigación

1. Planteamiento de propuestas

El Atlas de Peligros y Riesgos es un instrumento que tiene la finalidad de facilitar la gestión territorial tanto a la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos, y demás dependencias municipales que tienen a su cargo la gestión territorial en la entidad. El objetivo es que tales autoridades sean capaces de tomar mejores decisiones al momento de emplear medidas que permitan mitigar y reducir los riesgos mediante el condicionamiento, cuando sea necesario, mediante los análisis realizados en este documento, adicionalmente se tiene por finalidad vincular los resultados con la financiación de obras mitigantes que se establecen a través de las Reglas de Operación del Programa de Reducción de Riesgos.

Tabla 5.1. *Obras de mitigación por tipo de fenómeno perturbador*

Fenómenos	Lista de Obras de mitigación
Geológicas	Estabilización de taludes y laderas
	Estabilización de rocas
	Tratamiento de grietas u oquedades
	Muros de contención
	Reconstrucción
	Rehabilitación
	Remoción o traslados
Hidráulicas	Presas de gavión
	Bordos
	Construcción, ampliación de drenaje pluvial y sanitario
	Pozos de absorción
	Canales de desvío
	Muros de contención
	Reconstrucción
	Rehabilitación de obras de mitigación
	Desazolve
	Limpieza del terreno
Ecológicas	Reforestación con fines de prevención
	Terrazas naturales
	Barreras de árboles
Otras	Plataformas para viviendas
	Construcción de bermas o rellenos de contrapeso
	Construcción de trincheras estabilizantes, zanjas de infiltración
	Construcción de diques trasversales, embalses de regulación o reservorios

Fuente: Catalogo de obras SEDATU, 2017 en Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos, ejercicio fiscal 2018.

a) Planteamiento de propuestas por fenómeno perturbador

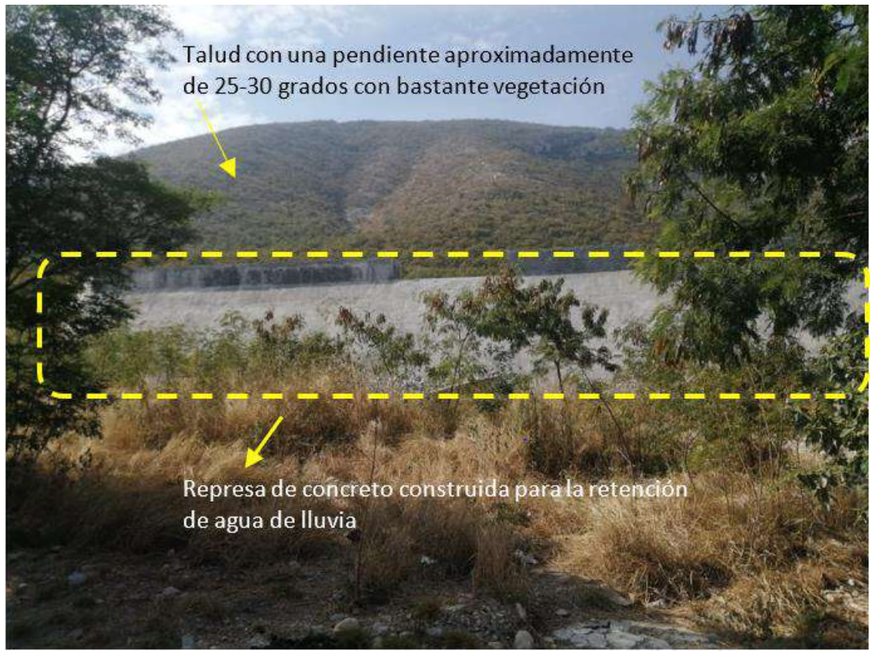
(1) Propuestas de Estudios y Obras por Inestabilidad de Taludes

Dentro del municipio de San Nicolás de los Garza de acuerdo con los análisis realizados dentro de la Fase 2, este fenómeno perturbador actualmente tiene principalmente incidencias en el extremo Noroeste, donde se localizan asentamientos humanos con una vulnerabilidad global relativamente alta en algunas manzanas de la colonia Mirador San Nicolás, desplantados próximos a pie de ladera solamente con una medida de mitigación pero enfocada en fenómenos hidrometeorológicos particularmente de escorrentía y lluvias (inundaciones). El Cerro del Topo Chico presenta pendientes no muy prolongadas de aproximadamente 30º a 40º y un pie de talud en un rango de 7 a 15 m, se pueden apreciar en éste rodados de detritos a bloques de tamaños que van desde los 15 cm a los 4 m que se encuentran a 10 m aproximadamente de las viviendas e inclusive estas mismos llegan a sufrir daños colaterales por los flujos o arroyos generados en temporada de precipitaciones, por lo que, son afectadas por los escurrimientos que acarrean fragmentos de rocas de las partes más altas.

Figura 5.1. Colonia Mirador de San Nicolás, asentamientos más próximos al pie de talud y a las pendientes pertenecientes del Cerro del Topo Chico de 30º a 40º con evidencia de detritos o fragmento de rocas al pie de talud de 1 a 4m.

Fuente: *Soluciones SIG SA de CV, 2020.*

Figura 5.2. *Imagen Satelital* del Nuevo Fraccionamiento que se encuentra en construcción, éste se encuentra próximo a pendientes de aproximadamente 30°, en la que existen evidencia la construcción de una represa.



Fuente: *Soluciones SIG SA de CV, 2020.*

En la parte sur de esta misma colonia se identifica otra represa que se encuentra en el pie de talud y en construcción. Igualmente se muestran detritos de hasta 4 o 5 m, los cuales, posiblemente sean parte de la remoción de material para la realización de la construcción de dicha represa.

Figura 5.3 Colonia El Mirador de San Nicolás zona sur pendiente de pie de talud de alrededor de 20º, bloques de 4 a 5 m y represa en construcción.

Fuente*: Soluciones SIG SA de CV, 2020.*

Existen de manera general estudios referentes a conocer la evolución que guardan ante el fenómeno de Inestabilidad de laderas:

Monitoreo de Agrietamientos Superficiales

En caso de presentar esta situación, se puede realizar mediante el uso de cinta y nivel el cual se utiliza para medir la magnitud de los movimientos locales y superficiales de una masa de suelo o roca; particularmente se utiliza para dar seguimiento con el tiempo a la abertura y desnivel que experimentan grietas que se generan en los hombros de laderas y/o taludes antes de su falla. Las grietas principales se orientan en dirección perpendicular al movimiento del área inestable, por lo que la atención de la medición debe centrarse en los componentes horizontal y vertical del desplazamiento, en dirección perpendicular a las grietas.

Monitoreo de los Desplazamientos a Profundidad

El monitoreo de las deformaciones a profundidad en laderas inestables permite conocer, entre otros aspectos, la profundidad de la potencial superficie de falla de una ladera o talud, definida por el movimiento relativo de la masa deslizante con respecto a la masa estable remanente.

Para conocer el desplazamiento relativo a profundidad entre dos masas en movimiento, se requiere de la perforación de un pozo o sondeo, a lo largo del cual se instalan tubos que permiten guiar en su interior con cierta

dirección a una sonda mecánica o eléctrica, la cual detecta las inclinaciones entre sus apoyos en un plano, respecto a un eje vertical. La profundidad de los puntos de medición se determina al acompañar la sonda con una cinta métrica, con la que se registra ésta respecto a la boca de la perforación. El movimiento lateral de los tubos testigos a través del tiempo, se determina tomando lecturas periódicas que pueden ser mensuales, semanales o diarias, si así lo requiere el problema. Al costo de la perforación se añade el de estos equipos que es relativamente alto, ya que requiere una sonda eléctrica hermética dotada con una longitud de cable suficiente, además de los tubos especiales que se describen más adelante.

Una labor fundamental, en general, es la estabilización de deslizamientos, caída de roca potencialmente inestable o en actividad para poder controlar y proteger a la población. Es una labor compleja relativamente ya que necesita metodologías especiales de construcción y diseño. Estas metodologías en general se basan en la implementación de estructuras que detengan el movimiento de las masas.

Se requieren diseñar estructuras que controlen la caída de bloques de roca y ello requiere analizar la dinámica de rocas para obtener conocimiento sobre las fuerzas de impacto y la distancia a la que deben ponerse las mallas de retención o los muros de contención.

A continuación, se señalan algunas propuestas para llevar a cabo los procesos de mitigación para los diferentes procesos de remoción en masa detectados, cabe señalar que para realizar alguna de la propuesta se debe determinar la combinación de sistemas de estabilización más adecuados teniendo en cuenta las especificidades las zonas que se requieran: esto incluye el detallado diseño del sistema que se va a utilizar, los planos y diversas especificaciones.

Uso de contrapesos

Para contrarrestar las fuerzas actuantes en un talud se utilizan contrapesos. Esta técnica se basa en la implementación de pesos de gran calado en la parte inferior del deslizamiento o talud. Cuando a la base de un deslizamiento de rotación se le coloca carga adicional se genera fricción y movimiento resistente contrario al movimiento de deslizamiento lo que produce el incremento de seguridad deseado

El sistema de contrapeso tiene por objetivo hacer que el círculo crítico de la parte baja de un talud se alargue. Para ello, se debe saber el peso que se necesitará para lograr un determinado factor de seguridad.

Para elaborar contrapesos se usan diversos materiales, entre ellos están las estructuras de suelo reforzado, el enrocado o los rellenos de materiales. Asimismo, los contrapesos se complementan a veces con más sistemas de estabilización como los son los sistemas de subdrenaje y las estructuras de contención.

Bermas bajas o contrabermas

Un terraplén de baja altura junto al terraplén principal es una berma, éstas sirven de contrapeso cuando aumentan la longitud de la superficie de la falla. Bermas y contrabermas se utilizan para poner carga al pie de un terraplén sobre suelo blando para incrementar la resistencia bajo pie. De acuerdo con el estudio de estabilidad se colocan las bermas donde se pueda levantar al ocurrir un deslizamiento. Las contrabermas se diseñan de manera que sean estables por sí mismas y eficaces al garantizar la estabilidad del terraplén principal. Las contrabermas crean contrapesos en el círculo crítico de falla que incrementan su profundidad y longitud.

Estructuras de contención

Una estructura de contención de tierra tiene la finalidad de poner fuerzas adicionales que sean capaces de resistir movimiento. Su objeto es poner fuerzas externas para aumentar las fuerzas resistentes y no disminuir las fuerzas actuantes. Si el peso de la estructura es un factor importante, o si las estructuras son ancladas, se habla de estructuras de contención masivas En éstas la fuerza pasa al suelo profundo mediante una varilla o cable de acero. Cada tipo estructural posee un sistema diferente de trabajo y se diseña en consonancia con su particular comportamiento.

Con el objetivo de remediar deslizamientos se pueden enumerar los siguientes sistemas de contención:

- Estructuras de gravedad: constituidos por muros que funcionan como contrafuerte o peso en el la parte baja pueden estar hechos de concreto ciclópeo, simple, criba, gaviones, muros MSE (mechanically stabilized earth), enrocado y mampostería. Estos muros son flexibles o rígidos según el material de construcción, su peso es determinante y son muy eficaces.

- Muros en Voladizo: Estas estructuras tienen estribos o contrafuertes, se elaboran de concreto armado y son delgadas. Además del peso del concreto se pone relleno de tierra en su cimentación para incrementar el peso del sistema muro-suelo. Es posible, también, poner espolones o llaves debajo de los cimientos que las condiciones de estabilidad de la estructura mejoren.

- Estructuras ancladas: Se perforan inclusiones de acero al interior del suelo y se inyectan para constituir bulbos de anclaje (anclajes postensados). También pueden cementarse a todo su largo (anclajes pasivos). Se complementan, en general, con muro o pantalla en la superficie del terreno en el que sus anclas se apoyan.

- Estructuras enterradas: Se componen de pilotes o pilas y tablestacas que se ponen por debajo de la superficie de una falla. Estas estructuras transfieren cargas a los materiales componentes más profundos e incrementan la resistencia al cortante en la superficie del deslizamiento. Es importante decir que se debe complementar con sistemas de subdrenaje que disminuyan las presiones sobre los muros abatiendo los niveles de agua en el suelo tras las paredes. Para elegir la estructura se tiene que reflexionar sobre costos, disponibilidad de materiales para construcción y comportamiento de la estructura.

Tabla 5.2. *Métodos estructurales de contención*

Método	Ventajas	Desventajas
Muros en bloques de roca	Efectivos en los deslizamientos no muy grandes, especialmente en los rotacionales que actúan como contrapeso. Son flexibles y permeables.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno del enrocado. Se necesitan grandes volúmenes de roca.
Muros en Gaviones	Son flexibles y se acomodan a los movimientos. Son permeables.	Actúan por gravedad y comúnmente se requiere que tengan un gran volumen.
Muros MSE (Tierra con refuerzo)	Utilizan el suelo del sitio. El refuerzo ayuda a la estabilidad interna.	Son muy vulnerables a los movimientos. Requieren de un sistema de drenaje.
Muros de concreto	Poseen buena resistencia interna. Útiles para estabilizar movimientos relativamente pequeños. Son rígidos.	Se necesita una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en los taludes de gran altura.
Pilas, Pilotes o tablestacas	No requieren gran espacio. Se pueden cimentar a gran profundidad. Son efectivos en movimientos poco profundos. Su construcción es rápida.	No son efectivos en los deslizamientos profundos o cuando aparece la roca o el suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en los deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en la roca, especialmente, cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y que son costosos, por lo general.
Pantallas ancladas o claveteadas	Útiles como estructuras de contención de masas, de tamaño pequeño a mediano. Son muy efectivas cuando hay roca para el anclaje.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad cuando hay aguas subterráneas. Generalmente son costosas.

Fuente*: Suarez, 2009*

Tabla5.3. *Métodos de estabilización de talud conforme a su topografía.*

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
Colocación de bermas o contrapesos	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y además, actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

Fuente: *Suarez, 2009*

Drenaje y subdrenaje

Controlar aguas subterráneas y superficiales es una de las más efectivas técnicas para estabilizar taludes y laderas. El drenaje y el subdrenaje, así, tienen la finalidad de controlar los efectos del agua y disminuir las fuerzas que provocan su movimiento aumentando las fuerzas resistentes. Subdrenaje y drenaje son efectivos para prevenir movimientos y, en general, también son poco costosos, lo que constituye una gran ventaja. Estas obras complementan otros sistemas estabilizantes y son fáciles de construir y diseñar. A continuación, se mencionan algunas tecnologías de drenaje y subdrenaje aplicado a estabilizar deslizamientos de tierra.

Tabla 5.4. *Métodos de drenaje y subdrenaje*

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados subsuperficialmente	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos y complejos de construir.
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Fuente: *Suarez, 2009*

La Bioingeniería y la Vegetación

Cubrir de vegetación una superficie de talud es la mejor protección, pero, por regla general, es muy difícil colocar vegetación en taludes de 45 grados de pendiente y, si la pendiente es de más de 60 grados la vegetación no se puede colocar pues los pastos se desarrollan naturalmente en terrenos planos y no se establecen con facilidad en regiones de pendientes altas (Suarez, 2009).

Tabla 5.5. *Métodos de recubrimiento de la superficie del talud*

Método	Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad generalmente es limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas se pueden abrir nuevamente y se requiere mantenimiento por períodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y las presiones de poros en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que deben ser selladas.
Cobertura vegetal, árboles, arbustos y pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden necesitar mantenimiento para su establecimiento.

Fuente: *Suarez, 2009*

Éstas metodologías pueden ser utilizadas para evitar cualquier siniestro principalmente en la población e infraestructura que se encuentre muy cercano a la zona que presente este fenómeno, a continuación se muestran infografías de las metodologías específicas que se pueden implementar en el Cerro del Topo Chico.

(2) Propuestas de Estudios y Obras por Subsidencia y Agrietamientos

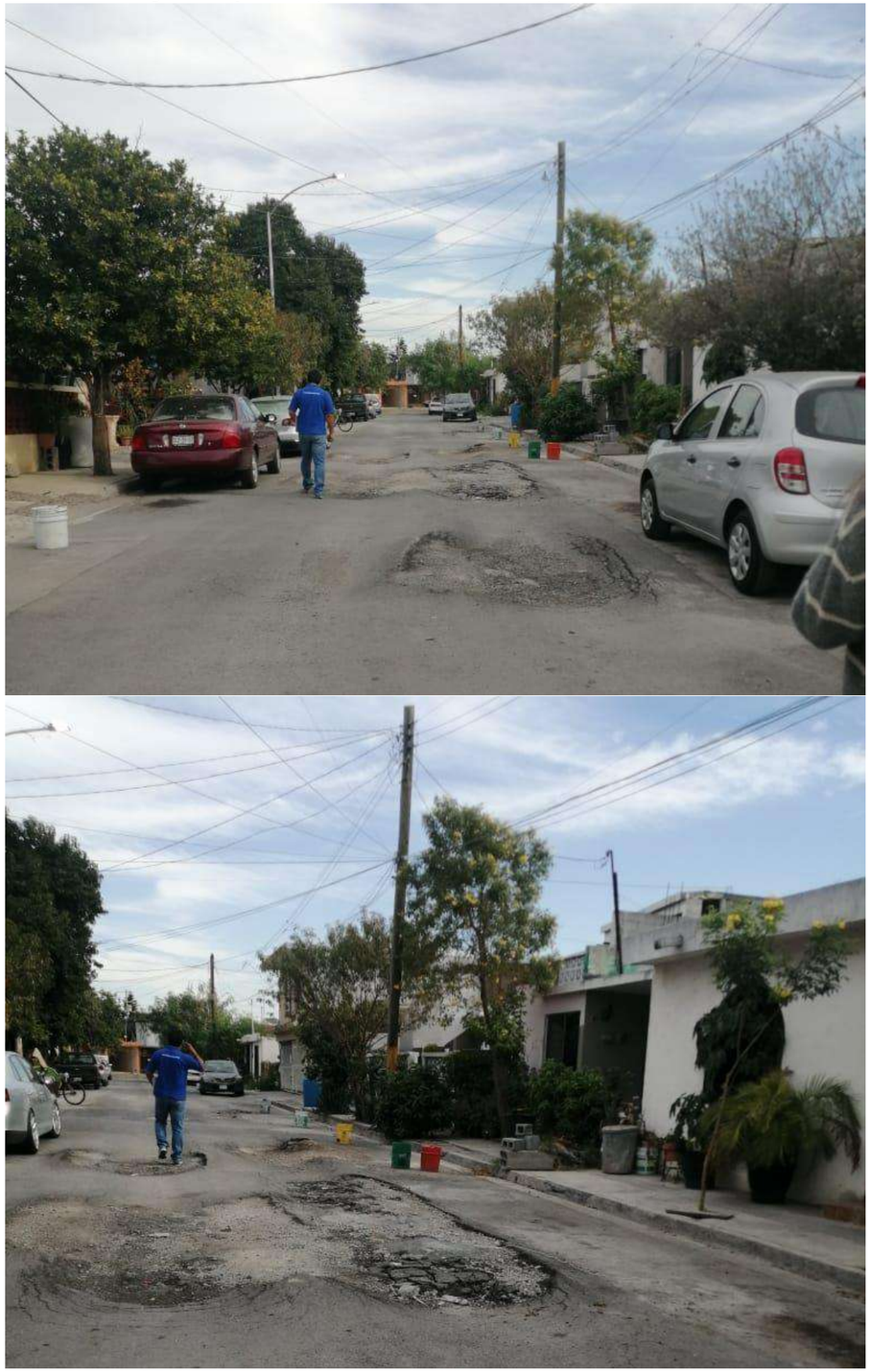
El fenómeno de subsidencia y agrietamiento es uno de los que presenta afectaciones menores a la población e infraestructura, su recurrencia se ha visto presente en los últimos años, desde 1970 a la fecha, a pesar de ello su impacto ante las viviendas y calles o avenidas del municipio ha tenido un lento proceso. Este fenómeno repercute principalmente en la parte suroeste y sureste de la zona urbana. En éstas áreas se observan agrietamientos y rupturas en la carpeta asfáltica de 1 m en la Av. Los Ángeles y a lo largo de los muros de concreto de viviendas en la calle Lago de Pátzcuaro. También se presentan subsidencias o hundimientos de alrededor de 15 a 30 cm en la Av. Los Ángeles y en la Calle Mina de Cu, lo cual, genera un deterioro en la carpeta asfáltica.

Figura5.4. *Afectación por fracturamiento y hundimiento en Av. Los Ángeles*

Fuente*: Soluciones SIG SA de CV, 2020.*

.

Figura.5.5 *Afectación por subsidencia en distintos puntos de Calle del Cu.*



Fuente*: Soluciones SIG SA de CV, 2020.*

De manera general a los resultados generados en el presente atlas con respecto al tema de subsidencia se deben de continuar y realizar con demás estudios para obtener más opciones de análisis:

Tomografía Eléctrica

Ampliar campañas de exploración geofísica mediante el método geofísico de Tomografías Eléctricas para la identificación de sitios con susceptibilidad de generación de planos de debilidad que generen nuevos fracturamientos y fallamientos.

El resultado de la tomografía permite generar imágenes denominadas pseudosecciones el caso de las estructuras de hundimiento local se recomienda realizar para identificar los estratos de materiales porosos, y la posible existencia de discontinuidades u oquedades en el subsuelo.

GPR / Georadar

Para el caso de identificar fracturas en el subsuelo y con el fin de detectar instalaciones hidraulicas e hidrosanitarias, con problemas de mantenimiento se sugiere emplear el GPR (georadar, radar de penetración).

El cual es un método geofísico no destructivo para detectar estructuras y objetos en el subsuelo mediante antenas de transmisión que irradian impulsos de ondas electromagnéticas hacia el subsuelo. Donde cambian las propiedades eléctricas del suelo, especialmente la permitividad dieléctrica (ε) las ondas están sujetos de reflexión y difracción.

Estos fenómenos se observan sobre todo en limitaciones de capas y estratos, piedras individuales, muros y cimientos, pero cables y tuberías causan reflexiones fuertes. Un receptor integrado en la antena registra las señales de la reflexión. El tiempo transitorio de las ondas generalmente varia alrededor de 100 ns (10-7s) que permite mover continuamente la antena por perfiles durante la medición, la profundidad de penetración y la resolución del georadar dependen de la longitud de onda y de la frecuencia de la antena. Para la exploración geológica y geotécnica requiere antenas de frecuencias alrededor de 100 MHz.

Estudio de red hidrosanitaria

Elaborar un programa emergente de sustitución de la red de drenaje antigua de concreto por tubería sanitaria de materiales más resistentes a procesos de deformación como las tuberías de Polietileno de Alta Densidad en zonas donde cruce de manera perpendicular las fallas o fracturas detectadas hasta el momento, para evitar las fugas de aguas residuales que pudieran generar socavones en el suelo. Las evidencias indican que es inminente que se implemente un programa de esta naturaleza debido a la alta incidencia de hundimientos.

Adicionalmente en complemento de las medidas actuales se sugiere de manera coordinada con la Dirección General de Obras Publicas aumentar la colocación de señaléticas viales con respecto a los desniveles del terreno existente efecto del cruce de fallas y fracturas, en Calles o Avenidas del municipio que interceptan de manera casi perpendicular y se tienen desniveles mayores a 40 cm., así como en sitios con flujo vehicular considerable, ya que pueden registrarse incidentes de tránsito.

Concreto Lanzado

Se conoce como pavimento al conjunto de capas materiales seleccionadas que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Los pavimentos están constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor, de diferentes materiales, adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan en la capa subrasante, constituida por el terreno natural o por material seleccionado y han de soportar las cargas del tránsito durante un periodo de varios años.

El pavimento debe proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo de un periodo de tiempo.

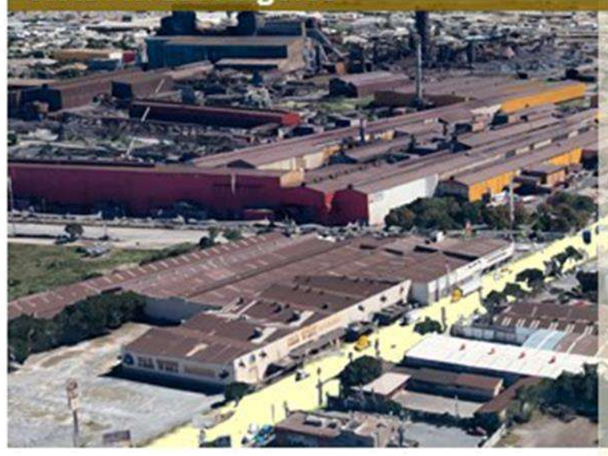
El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en ocasiones algunos aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía. Como su nombre lo dice, básicamente son pavimentos construidos en concreto, especialmente diseñados para soportar esfuerzos a flexión. Es el parámetro fundamental para diseñar las placas de concreto. Algunos beneficios del concreto hidráulico son los siguientes:

- Deterioro mínimo durante su vida útil duración de 20 a 30 años, ofreciendo una mejor resistencia a las presiones de arranque, frenado y circulación producidas por el tráfico.
- Mantenimiento mínimo, el cual consiste en el oportuno sellado de grietas que llegaran a aparecer.
- Pavimentos de menor espesor, debido a que las cualidades del material requieren menor espesor para asegurar que las terracerías queden en condiciones de recibir las cargas a que estarán sujetas por efectos del tráfico.
- Deformación mínima de su superficie, las superficies del concreto duran más y resisten los derrames de diesel, gasolina y aceite de los vehículos, también presentan mayor resistencia a los efectos del imtemperismo pues el calor tampoco lo afecta, no se vuelve pegajoso ni sus componentes se volatizan.
- Las superficies de concreto hidráulico se pueden hacer tan segura (antiderrapante) como se desee, debido a las variadas técnicas de texturizado.
- Mayor velocidad de construcción.
- Deformación mínima de su superficie.
- Requiere menor estructura de soporte.

Colocación de concreto hidráulico en Av. Los Ángeles

El pavimento debe proporcionar una superficie de rodamiento segura, cómoda y de características permanentes bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo de un periodo de tiempo.

Vista Av. Los Ángeles



Beneficios :

Mantenimiento mínimo.
Mayor reflexión de la luz.
Mejor drenaje superficial.
Pavimentos de menor espesor.
Poco deterioro durante su vida útil.
Disminución de Costos de Operación.
Deformación mínima de su superficie.
Requiere menor estructura de soporte.

El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en ocasiones aditivos; diseñada para soportar esfuerzos a flexión.

Concreto Hidráulico

Av. Los Ángeles

SOLUCIONES SIG

(3) Propuestas de Estudios y Obras para evaluar el fenómeno sísmico.

En esta propuesta se estudiará a detalle los efectos de sitio en el municipio, para prevenir el comportamiento dinámico de los suelos ante un posible escenario de un temblor superficial y cortical de una magnitud Mw=6.5 en un segmento de la falla San Marcos ubicada en la parte central de la Sierra de Coahuila; este pronóstico fue realizado por Galván-Ramírez y Montalvo-Arrieta (2008), quienes realizaron una recopilación de la sismicidad histórica en esta región. El daño asociado a este hipotético terremoto podría ser severo debido a que la mayoría de las edificaciones se construyeron sin criterios sísmicos. Estos autores, utilizando la ecuación de predicción de Toro et al. (1997) mencionaron que los valores esperados de Aceleración Máxima del Suelo (PGA) solo para el sitio rocoso obtenido para Monterrey está entre 30 a 70 cm/s 2 . Por otro lado, también se han detectado enjambres sísmicos en temporadas de lluvia, este tipo de sismos son inducidos por la acumulación de agua en las partes altas de las sierras del Estado de Nuevo León, llegando a ocurrir sismos locales con magnitudes menores a 4.7 (Rosenblueth et al. (1987, Lermo et al., 2016, Montalvo, comunicación personal).

Entendiendo al efecto de sitio, como la predicción cuantitativa del movimiento sísmico del terreno cuando se presentan terremotos destructores como los de Nigata (1964), México (1985 y 2017), Loma Prieta (1989), Kobe (1995), Taiwan (1999), etc., revela una estrecha relación entre la distribución de los daños y la de contrastes de impedancia cerca de la superficie. A estos efectos geológicos, geotécnicos de rigidez del suelo y de la topografía pueden afectar significativamente el contenido de frecuencias, amplitud y la duración del movimiento del terremoto en un sitio respecto al de la roca subyacente. Por lo 2 tanto, para la estimación del efecto de sitio, en cada una de ellas se utilizó la técnica de Nakamura o la relación H/V (MHVSR) con registros de ruido sísmico, vibración ambiental o microtremores. Introducida por Nogoshi e Igarashi (1971), revisada por Nakamura (1989) y popularizado por Lermo y Chávez-García (1993, 1994) para estimar la frecuencia predominante y el factor de amplificación de temblores. Durante el siguiente cuarto de siglo, la popularidad de esta tecnica MHVSR creció; los estudios han verificado la estabilidad de la respuesta MHVSR de un sitio a lo largo del tiempo y validaron la respuesta MHVSR con la respuesta a la respuesta EHVSR de terremoto. Hoy en día, el análisis MHVSR es una herramienta de reconocimiento popular utilizada en todo el mundo para el desarrollo de mapas de peligro sísmico y la caracterización de sitios de terremotos en numerosas regiones, específicamente, en el mapeo del período del sitio o la frecuencia fundamental e invertido para perfiles de profundidad de velocidad de onda cortante, respectivamente.

Como objetivo general esta propuesta contempla el desarrollo de mapas de peligro sísmico que contribuyan al mejoramiento de las normas para diseño sísmico de construcciones convencionales en el municipio de San Nicolás de las Garzas, Nuevo León, considerando la información, datos y parámetros locales que definen a dicho peligro y sismicidad propias de esta región.

Con respecto al objetivo planteado, se espera contar con los siguientes resultados:

1. Revisión del catálogo sísmico instrumental e histórico.

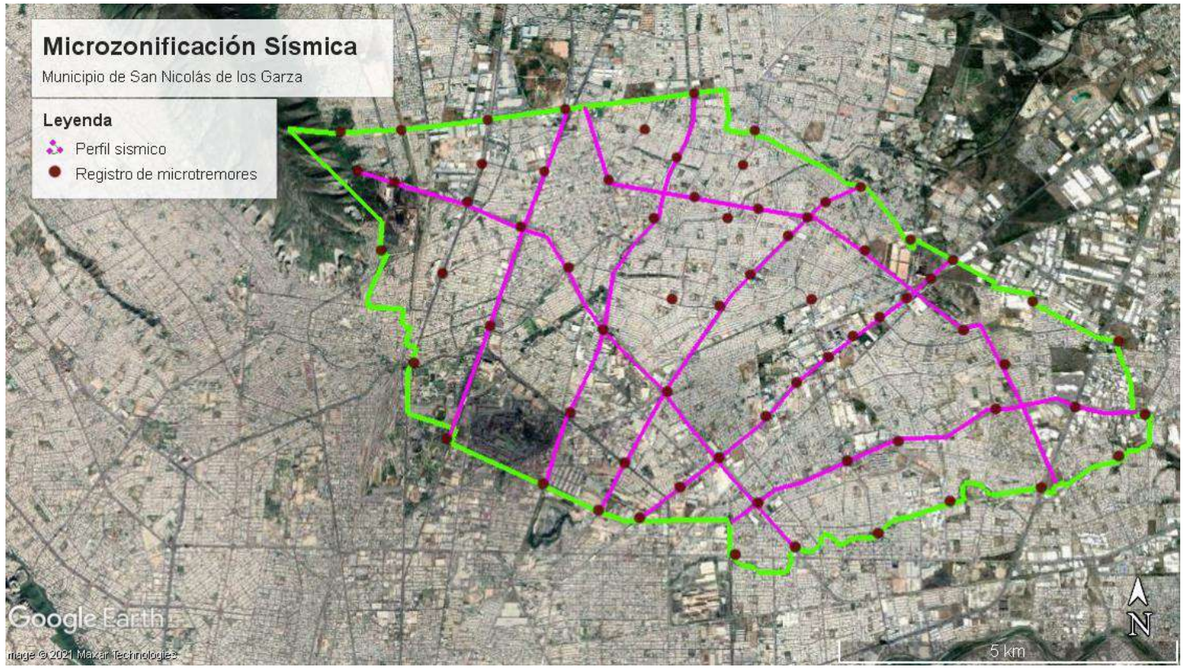
2. Mapas de peligro sísmico para el municipio San Nicolás de los Garzas, que incluyen la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico, las cuales a su vez presentan tres parámetros importantes: Mapa de periodos dominantes (segundos), mapa de amplificación relativa (veces), mapa de espesores al estrato resistente y mapa de velocidades de ondas de cortante Vs (m/s).

3. Mapa de intensidad sísmica para un escenario sísmico discutido en la primera parte de esta propuesta, para un temblor de tipo Acambay o tipo Bavispe y tipo local cortical. Para el desarrollo de este mapa de intensidad se utilizará las FTE obtenidas en el estudio del mapa de peligro sísmica. En esta etapa, nos basaremos en los recientes trabajos de Sánchez-Sesma et. al., (2011) y Ismael-Hernandez et al., (2011), que proponen una teoría que sugiere que dichas FTE son un estimador adecuado del nivel de amplificación del sitio para una banda de frecuencias entre 0.1 a 10 Hz. Por lo tanto, en este trabajo nosotros lo utilizamos para obtener acelerogramas sintéticos multiplicando el registro en roca con las FTE y estimar los correspondientes espectros de respuesta de pseudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5 % del valor crítico. Los resultados obtenidos son presentados por medio de mapas para: 1) el valor de la aceleración máxima del terreno; 2) la ordena máxima del espectro lineal de pseudoaceleración; 3) la ordenada espectral asociada al periodo de vibrar de las construcciones del lugar, para T=0.2. T=0.5, T=1.0: T=2.0 y T=3.0 s.

La contribución de la presente propuesta es de muy alto impacto para Ciudad de San Nicolás de las Garzas, ya que contar con una zonificación sísmica más detallada, precisa, hace posible tomar medidas más certeras de prevención, pues, aunque los sismos fuertes son fenómenos naturales relativamente raros, el impacto social, económico y ambiental que tienen, los hace de sumo interés. Los resultados de este proyecto de investigación sirven de base para la elaboración de las Normas.

Así mismo, se contribuye al desempeño relativo relacionado con la amenaza por un desastre sísmico de las autoridades públicas en el Estado en lo referente a prever, salvaguardar y reconstruir, que forman parte la misión de dichas autoridades, la cual contempla proteger, alertar y ayudar a la población.

Figura 5.6 *Propuesta de zonificación sísmica, en San Nicolás de los Garza*



Mapa geomorfológico del municipio de San Nicolás de los Garzas. Línea de color verde, límites del municipio; líneas azules, perfiles a lo largo de avenidas, donde se registrarán ruido sísmico con sismógrafos digitales de banda ancha (círculos rojos).

a) Estabilización de talud

Siempre que sea posible, y como paso previo a la aplicación de otras técnicas, se diseñarán actuaciones de remodelación de la geometría de los taludes, que permitan la disminución de la pendiente y/o de la longitud de ladera, tales como:

Descabezado de taludes, retirada de materiales inestables, tendido o reperfilado de taludes y banqueo de los taludes.

El siguiente paso a la remodelación geométrica será la utilización de técnicas blandas propias de la bioingeniería (mantas y redes vegetadas, hidrosiembras, fajinas, plantaciones de cobertura, etc.), que deberán primar, siempre que sea posible, sobre tratamientos duros basados en estructuras (de concreto, mampostería, gaviones, etc.), o técnicas mixtas, donde se mezclan estructuras con plantaciones.

Asimismo, la elección de la solución dependerá de ciertas condiciones asociadas al proyecto, como esfuerzos previsibles, espacio disponible, plazo de ejecución, impacto ambiental, etc.

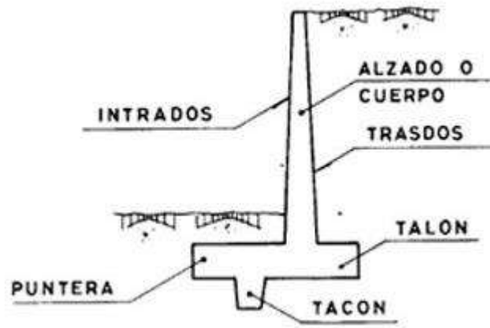
Las técnicas de bioingeniería se basan en la utilización de plantas vivas como elemento constructivo, conjuntamente o no con material inerte (material leñoso, piedras, mallas metálicas, geotextiles o productos sintéticos). Las técnicas de recubrimiento son técnicas destinadas a evitar la erosión superficial, algunas de ellas son las siembras de diversos tipos, con o sin acolchados, las hidrosiembras tanto de especies herbáceas como especies leñosas y la aplicación de las mantas y redes orgánicas.

Muro de contención

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales.

En aquellos casos en los que el suelo es muy inestable y existan altas probabilidades de derrumbe de taludes, se emplean muros pantalla anclados al suelo con varillas de acero, inyectando mortero de cemento. La longitud de los anclajes, la fuerza de tensionamiento y las especificaciones constructivas son determinadas por un geotecnista.

Esquema de muro de contención



Armado de muro de contención.

Clasificación de Muros de contención

De acuerdo a su Diseño

Muros con Talón y Puntera: para construir este muro es necesario sobrepasar la línea de edificación, a nivel de los cimientos.

Muros sin Talón: por lo general al construirlo resulta con un aumento de dimensión en la puntera de la zapata.

Muros con Talón: necesitan sobrepasar la línea de edificación. El resultado es similar al muro sin talón, pero trabaja de otra manera; esta es la mejor solución ante inestabilidades por posible vuelco.

De acuerdo a su Función

Contención de tierras: cuando el muro se destina a contener sólidos, éstos por lo general son tierras; la impermeabilización y el drenaje son dos aspectos importantes para controlar el paso de agua del terreno hacia el interior de la edificación.

Contención de líquidos: para esta función es necesario conseguir la continuidad del hormigón a fin de lograr una buena impermeabilización. Para ello se efectúa un vibrado con un control adecuado, para evitar huecos y juntas.

De acuerdo a su Forma de Trabajo

Muros de contención por gravedad: soportan los empujes con su peso propio. Los muros construidos con concreto, por ser más pesados, se utilizan habitualmente como muro de gravedad ya que contrarrestan los empujes con su propia masa. Las acciones que reciben, se aplican sobre su centro de gravedad. Este tipo de muro de contención de gran volumen, se realiza de poca altura y con una sección constante; aunque también existen los de tipo ataluzados o escalonados.

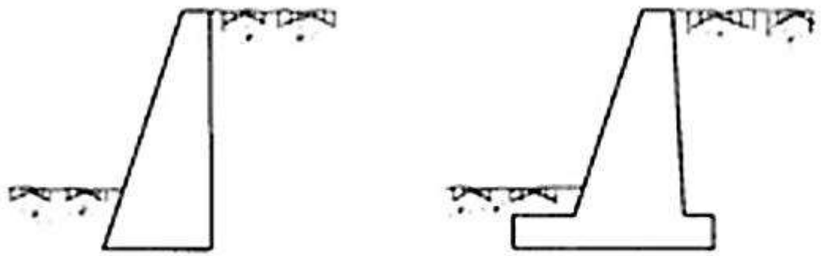
Muros de contención ligeros (a flexión): cuando el muro trabaja a flexión puede ser liviano. Dado que aparecen esfuerzos de flexión, la construcción se efectúa con concreto armado, y la estabilidad está en relación a la gran resistencia del material empleado. El diseño del muro debe impedir que flexione, ni produzca desplazamientos horizontales o vuelque, pues debido a los empujes, el muro tiende a deformarse. En la flexión aparecen esfuerzos de tracción y compresión. Por ello existen formas particulares para disponer las armaduras en estos muros.

Los tipos de muros de contención de uso más frecuentes son los siguientes:

(a) Muros de Gravedad

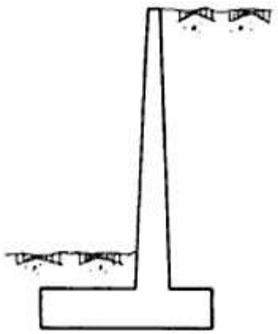
Son muros de concreto en los que la resistencia se consigue por su propio peso. Normalmente, carecen de cimiento diferenciado, aunque pueden tenerlo.

Su ventaja fundamental es que no van armados, pueden ser empleados para alturas moderadas si su longitud no es muy extensa pues, de ser así, dejan de ser una solución económica respecto de los muros de concreto armado.



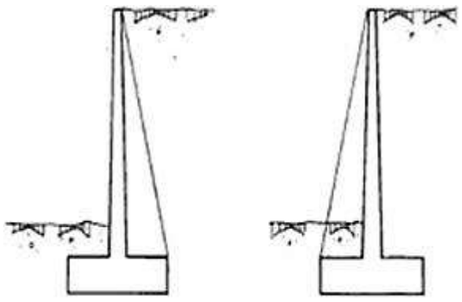
(b) Muros Ménsula

Son los muros de contención de uso más frecuente, y aunque su campo de aplicación depende de los costos de excavación, concreto, acero, encofrado y relleno, es posible considerar que constituyen la solución más económica para muros de hasta 10 o 12m de altura.



(c) Muros Contrafuertes

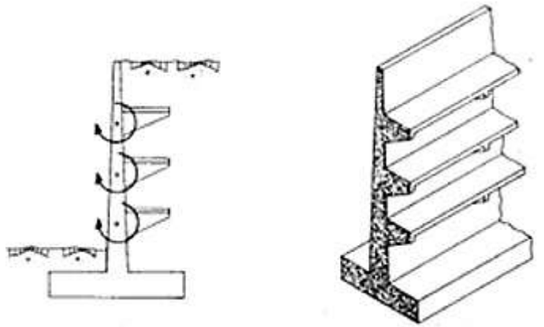
Representan una evolución respecto del tipo anterior. Al crecer la altura y por ende los espesores de concreto, compensa aligerar las piezas con la solución de los contrafuertes, aunque el procedimiento conlleve un encofrado más complicado.



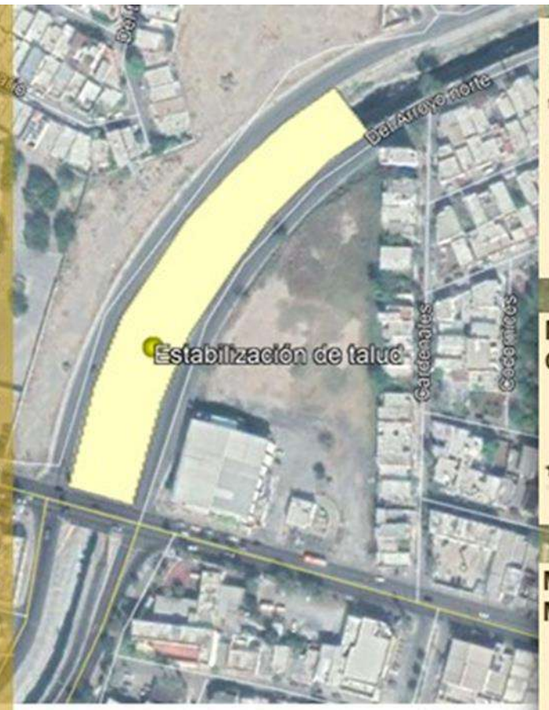
(d) Muros de Bandejas

En los muros de bandejas se pretende contrarrestar parte del momento flector que se ha de resistir mediante la colocación de bandejas a distinta altura en las que se producen momentos de sentido contrario, debidos a la carga del propio relleno sobre las bandejas.

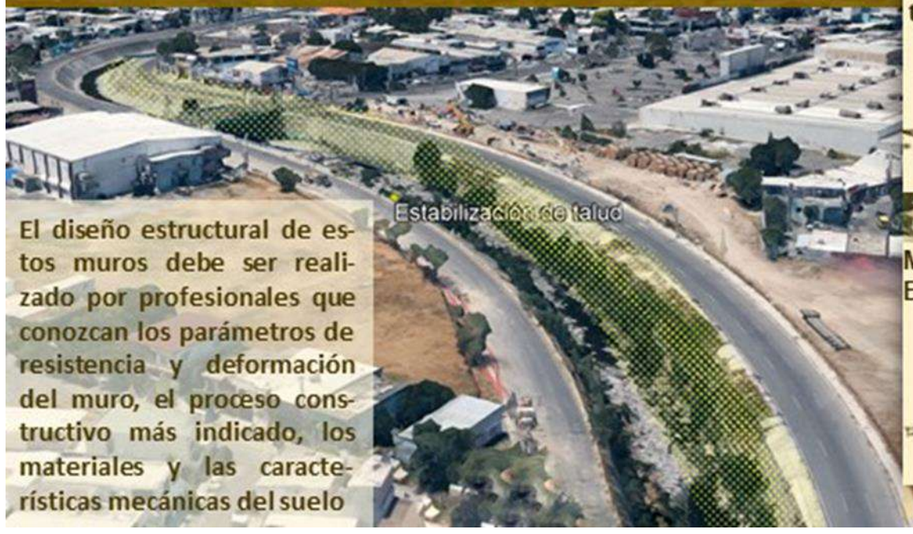
Su inconveniente principal radica en la complejidad de su construcción. Puede representar una solución alternativa respecto del muro de contrafuertes para grandes alturas, en los que para resistir el momento flector se aumenta el canto y se aligera la sección al colocar los contrafuertes.



Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales para su construcción, por lo que son relativamente sencillos y rápidos de hacer. Sin embargo requieren de terreno firme para su cimentación.



Se requiere reforzar el muro de contención existente sobre Av. del Arroyo

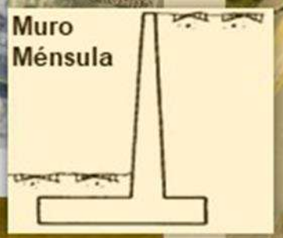


El diseño estructural de estos muros debe ser realizado por profesionales que conozcan los parámetros de resistencia y deformación del muro, el proceso constructivo más indicado, los materiales y las características mecánicas del suelo

Muro de Contención

Muro de Gravedad

Muro Ménsula



Muro contrafuerte

Muro de Bandejas

Generalmente los muros de contención se construyen en concreto reforzado y se clasifican de acuerdo a su diseño, su función o su forma de trabajo

Hundimiento en Av. del Arroyo

Componente constructivo cuya principal función es servir de retención, bien de un terreno natural, un terreno artificial o de objetos que estarán sujetos al almacenamiento.

Muro de contención

Av. del Arroyo

SOLUCIONES SIG

Muro gavión

El gavión consiste en reemplazar grandes bloques de piedra, que son de difícil transporte y manipuleo, por varios armazones metálicos unidos entre sí y rellenados con piedras de pequeñas dimensiones. Uno de los usos más importantes de los gaviones son los muros de contención, además de la conservación de suelos.

Los gaviones tienen diferentes aspectos, normalmente se encuentran con forma de cajas que pueden medir de 1 a 4 metros, con una altura de 0,5 a 1,0 metros.

Se utilizan para distintos fines, como son:
Construir muros de contención, control de ríos y conservación de suelos.
Control de erosión pluvial y fluvial
Sobre-elevación de bordos
Obras portuarias
Control de caídos en autopistas
Control de erosión
Refuerzo de pavimentos flexibles
Re-encarpetamiento (Con malla de acero a triple torsión)

Como ventajas principales de los muros de gaviones, cabe comentar que no precisan cimentación, se adaptan fácilmente al terreno, su diseño y construcción es sencillo, la mano de obra que requieren no es especializada, trabajan fundamentalmente por gravedad, son flexibles y capaces de soportar ciertos asentamientos sin fracturarse, presentan condiciones de drenaje y durabilidad excelentes, funcionan como filtrantes porque permiten el paso normal de agua y retiene azolves y para su fabricación solo requieren la utilización de materiales de la zona por lo que son de bajo coste.

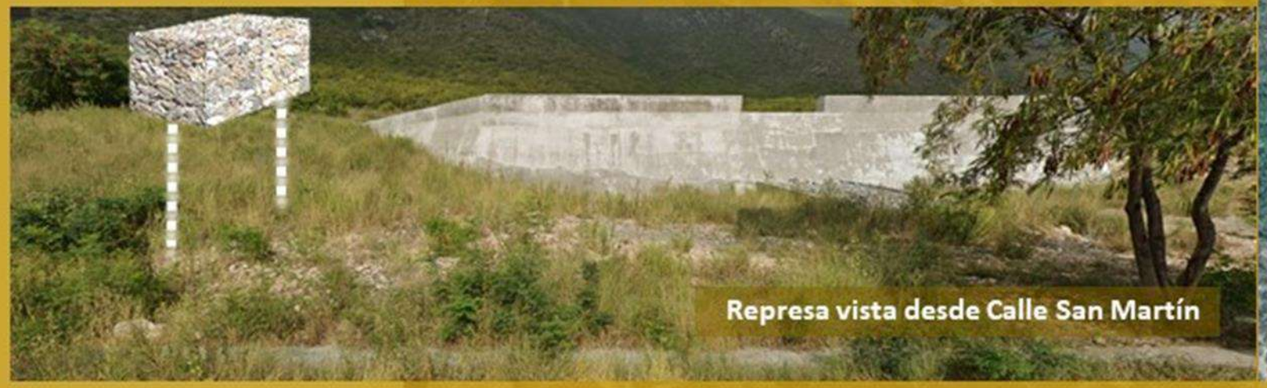
Sin embargo, es importante considerar que su utilización implica también algunas desventajas como las siguientes: las mallas de acero galvanizado pueden presentar fácilmente corrosión en ambientes ácidos, los bloques de roca no necesariamente están disponibles en todos los sitios y pueden condicionar el coste de la obra y al ser muros de gravedad, su espesor aumenta proporcionalmente con la altura, por lo que para grandes alturas el volumen de piedra aumenta de tal forma que hace antieconómica la solución.

Ejemplos muro gavión

Muro Gavión

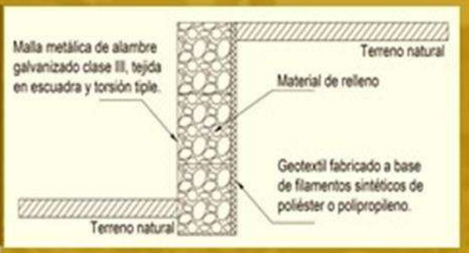
Cerro del Topo Chico

El gavión consiste en reemplazar grandes bloques de piedra, por varios armazones metálicos unidos entre sí y rellenados con piedras de pequeñas dimensiones.



Represa vista desde Calle San Martín

Se propone reforzar la represa frente a la Calle San Martín con la colocación de muros gaviones.



Funcionan gracias a su propio peso y densidad, ya que esta es suficiente para detener los empujes de cargas de tierra y agua.

Cerro del Topo Chico, de Calle San Martín a Calle del Alhelí

Principales Usos:

Control de erosión pluvial y fluvial.
Sobreelevación de bordos.
Control de caídos en autopistas.
Control de erosión.
Refuerzo de pavimentos flexibles.
Reencarpetamiento (Con malla de acero a triple torsión).
Obras portuarias.

SOLUCIONES SIG

b) Propuestas de Estudios y Obras para fenómenos hidrometeorológicos

Derivada la problemática de la susceptibilidad por inundaciones presentes en el municipio en diversas colonias de la zona urbana, ocasionada por la escorrentía del agua que proviene de zonas altas, por el exceso de agua pluvial de la temporada de lluvias y el mal funcionamiento de la red de drenaje se proponen diversos obas de mitigación. Se recomienda la construcción de obras de captación, conducción y bombeo de aguas pluviales, mismas que deberían ser drenadas y conducidas para su aprovechamiento.

Asimismo, para las obras de drenajes existentes dentro del municipio, se deben realizar estudios detallados del funcionamiento actual, con el fin de detectar zonas con dimensiones de capacidad insuficientes para los caudales generados, así como el análisis para concluir si los materiales empleados son los adecuados, y si la ampliación de la red solucionaría los problemas definidos.

Para evitar que las lluvias sigan ocasionando inundaciones y derivado de los resultados obtenidos, se propone la realización de obras de drenaje en los sitos afectados, la rectificación del trazo y mantenimiento a la red de drenaje, para reducir la cantidad de agua que fluye en la superficie, y darle una salida rápida al agua evitando que se acumule, provocando desbordamientos y afectaciones a la población.

Las obras hidráulicas son estructuras construidas con el fin de captar, extraer, desalar, almacenar, regular, conducir, controlar y aprovechar el recurso hídrico. Para su construcción se deben considerar parámetros y criterios de orden hidrológico e hidráulico.

Si bien la mayoría de ellas tienen como objetivo fundamental el abastecimiento de agua, tanto para agricultura, como para industrias y uso urbano, también pueden usarse simultáneamente como estructuras de control o regulación.

Se denomina alcantarillado o también red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío. Normalmente están constituidas por conductos de sección circular, oval o compuesta, la mayoría de las veces enterrados bajo las vías públicas.

Manejo de aguas superficiales

Las obras que tienden a la captación, conducción y entrega adecuada de las aguas superficiales, los objetivos fundamentales son los siguientes:

Controlar, en zonas con condicionantes geológicos y fuertes pendientes, las aguas superficiales antes de su acceso a taludes o laderas recientes o antiguas inestables potencialmente.

Controlar fenómenos focalizados de inundaciones o desbordamientos en zonas urbanas que se deban a la concentración de caudales de agua de lluvia muy grandes.

Controlar, mitigar o prevenir la erosión hídrica de la superficie en zonas con poca o nula vegetación protectora.

Controlar, en suelos permeables y /o regiones de baja pendiente, los volúmenes de infiltración (y los subsiguientes incrementos de los niveles freáticos, subterráneos o colgados).

Manejo de aguas subterráneas

Se agrupan en esta definición las obras que se necesitan para abatir niveles freáticos en zonas puntuales y/ o para evacuar aguas subterráneas. En estos dos casos controlar el caudal de infiltración puede provocar o incrementar presiones hidrostáticas positivas que, al desenvolverse en la masa del subsuelo, pueden ser una contribución a las fallas de laderas y taludes que sean susceptibles geológica o geotécnicamente (Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos (ROP del PPR), 2017).

Construcción de obras de captación, conducción y suministro de aguas

- Zanjas colectoras: Se elaboran a media ladera con la finalidad de colectar los caudales de escorrentía y agua de lluvia a lo largo de una terraza y/o talud cuando la misma forma parte de un sistema de abacalamiento, lo que prevé que se formen corrientes erosionadoras del talud que formen cárcavas o surcos. De concreto simple se suelen construir estas estructuras.

- Acequias: Canales pequeños de semicirculares de fácil elaboración y baratos que se utilizan para captar y conducir aguas de escorrentía hacia causas naturales estables o estructuras de bajada de mayor capacidad.

- Canal con pantallas deflectoras: Canal rectangular de sección con el fondo liso que tiene pantallas alternas deflectoras colocadas a 45 grados con el eje del canal. Tiene pestañas longitudinales sobre los bordes de sus muros que funcionan como rompeolas y evitan que el agua salte del canal. Se aplica en pendientes pronunciadas (hasta 50%) porque disipa la energía del flujo evitando velocidades exageradas sin importar la diferencia de niveles en los extremos del canal o su extensión.

- Captadores Pluviales: La recuperación de aguas pluviales consiste en utilizar las cubiertas de los edificios como captadores. De este modo, el agua se recoge mediante canalones o sumideros en un tejado o una terraza, se conduce a través de bajantes, para almacenarse finalmente en un depósito.

Estos depósitos pueden estar enterrados en el jardín o situado en superficie, en un espacio de las viviendas. A la entrada del depósito se coloca un filtro para evitar suciedades y elementos no deseados, como hojas. Este depósito se dimensiona en función de los usos acordados, la superficie de la cubierta y la pluviometría de la zona; posteriormente el agua disponible se impulsa y distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable.

Los consumos admisibles o autorizados con agua pluvial son usos donde no se requiere agua potable: lavadora, cisterna del váter, lavado de suelos, riego, etc. Lo más práctico, fácil y barato es derivarlo para riego; se necesita un mínimo de infraestructura y se consigue, así mismo, un buen ahorro. En muchos municipios ya existen normativas para el aprovechamiento de las aguas pluviales, con motivo de las recientes sequías y las perspectivas climatológicas a medio y largo plazo.

La captación de agua de lluvia tiene beneficios ambientales amplios como:

- Reducir el flujo de agua a los drenajes, lo que se traduce en menos inundaciones.
- Disminuir la cantidad de energía para bombear y transportar agua a las viviendas.
- Facilitar el acceso al servicio hídrico en viviendas entre 5 y 8 meses del año.
- Contribuir a la no sobreexplotación del acuífero y a su recuperación al reducir la demanda.

Sistema de corrección torrencial y de control de procesos erosivos en causes

Las corrientes con áreas aferentes por lo general pequeñas, con caudales muy variables (muy altos en invierno) y con altas pendientes longitudinales y muy topografía muy fuerte son los cauces torrenciales. Éstos, además, son muy comunes y tienen una gran fuerza de transportación de sedimentos y un gran poder de socavación. Para reducir los efectos nocivos de estos cauces torrenciales se elaboran:

- Diques en piedra con ligante en concreto: Se utilizan cuando el cauce es permanente y llegan a medir hasta tres metros de altura. Se pueden reemplazar por diques de concreto simple o de concreto ciclópeo. Son preferibles cuando el suelo de fundación presenta buena consolidación y resistencia.

- Diques en gaviones: Cuando los cauces aportan sedimentos en alta cantidad se utilizan estas estructuras que se recomiendan para la corrección de cauces con pocas aguas negras contaminadas. Estos diques tienen un vertedero central, generalmente de sección rectangular, que, para incrementar su vida útil, está revestido de concreto.

- Diques en concreto reforzado: Fundamentales para corregir cauces se deben localizar cuidadosamente, siempre en consonancia con obras de protección complementarias diseñadas para dar garantía de estabilidad frente a fenómenos de

socavación. Cuando una estructura es sometida a altos empujes por flujos se utiliza el concreto reforzado. Este material también se utiliza en diques de retención del caudal sólido y en diques laminadores de caudales.

- Diques de madera: De carácter temporal, estas estructuras ejercen el control de fondo de cauces intermitentes o pequeños o de una cárcava, para que se permita establecer una cobertura vegetal definitivamente.

- Diques de mampostería en seco: Si el terreno de cimentación es de baja resistencia o débil se utilizan, en general, este tipo de diques que presentan la ventaja de anular los peligros de las presiones del suelo. Su desventaja se presenta cuando está muy fracturada la roca de cimentación. En cauces secundarios con alta producción de sedimentos y bajos caudales, así como en líneas de drenaje, estos diques son implementados frecuentemente.

El municipio de San Nicolás de los Garza se encuentra expuesto a una diversidad de fenómenos naturales que de manera habitual impactan en la sociedad y afectan la vida colectiva; sin embargo, las inundaciones se presentan con especial frecuencia y magnitud, es por ello que las obras hidráulicas se convierten en acciones fundamentales tanto en conocimiento como aplicación. Considerando lo anterior y que, el municipio es la primera instancia encargada de mitigar, prevenir y atender desastres, a través de los años se ha esforzado por contrarrestar estos daños a través de la implementación y realización de diversas obras a lo largo de su territorio como el establecimiento de canales y drenaje, sin embargo, la necesidad de infraestructura de mitigación y resguarde es todavía una realidad vigente en el contexto municipal.

Las principales obras hidráulicas identificadas de acuerdo con el presente estudio mitigarán el fenómeno de inundaciones, dado que es evidente su constante ocurrencia y afectación principalmente en colonias aledañas al arroyo Topo Chico; así como también en las colonias Las misiones, estancia minera sector 1, parque Talaverna. Bosques de Nogalar

Según la evidencia recorrida en campo se observó que, aunado al mantenimiento, limpieza de calles e implementación de campañas de concientización para no arrojar basura en el drenaje; es necesaria la ampliación del mismo, ya sea con la colocación de colectores, bocas de tormenta y ampliación de la red pública en general; puesto que, en algunas zonas de la Colonia La Estancia Sector 1-4 por ejemplo, las inundaciones tienden a presentarse.

Se denomina **alcantarillado o también red de alcantarillado**, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío. Normalmente están constituidas por conductos de sección circular, oval o compuesta, la mayoría de las veces enterrados bajo las vías públicas.

Red de drenaje

La Estancia Sector 1-4

Sistema de tuberías, sumideros, colectores o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo y conducción de líquidos, generalmente pluviales.

El alcantarillado tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades.

Cruce Calle Lago Titicaca y Calle Mina de Cobre

Ampliación del drenaje, proposición de colectores o bocas de tormenta.

Col. La Estacia Sector 1-4, de Lago Titicaca a Mina de Bronce

Limpieza de calles y campañas de concientización

SOLUCIONES SIG

Una **boca de tormenta** es una coladera pluvial de banqueta con rejilla vertical y tapa que permite la entrada de una persona para el desazolve y/o limpieza del registro.

Existen varios tipos de bocas de tormenta o coladeras pluviales y que de acuerdo a su diseño y ubicación en las calles se clasifican en: coladeras de piso, banqueta, piso y banqueta, longitudinales de banqueta y transversales de piso.

La instalación de un tipo de coladera o de una combinación de ellas, depende de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal por colectar; las coladeras de banqueta se instalan cuando la pendiente de la acera es menor del 2%; cuando se tienen pendientes entre 2 y 5% se instalan coladeras de piso y banqueta, y para pendientes mayores del 5% se instalan únicamente coladeras de piso. Las coladeras de tipo longitudinal de banqueta y transversales se instalan cuando las pendientes son mayores del 5% y los caudales por captar son grandes.

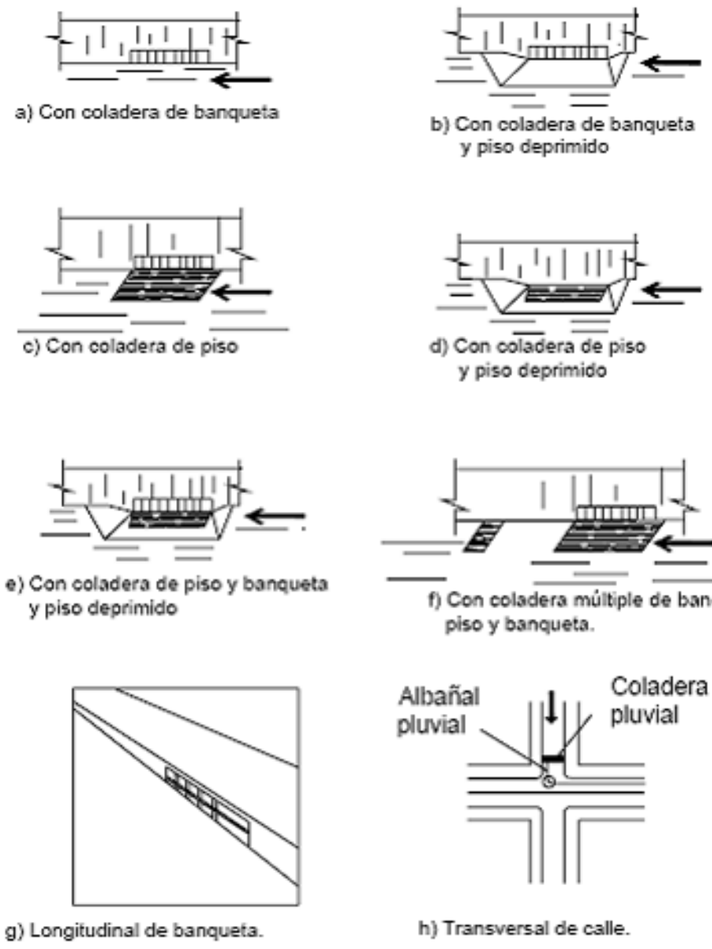


FIGURA 1.- Bocas de tormenta.

Tipos de Bocas de tormenta o coladeras pluviales ASCE 1992

Es así como, se recomienda la colocación de bocas de tormenta en diversas zonas del municipio: Cruce Av. Sendero Div. Y Av. Manuel L.B., Av. San Nicolás, Av. De la Juventud, Av. Lic. Adolfo López Mateos que ayudaran a la captación de agua a la red de drenaje, con ello consecuentemente se deberá ampliar la línea de drenaje existente, puesto que las bocas de tormentas residen hacia el drenaje de la ciudad.

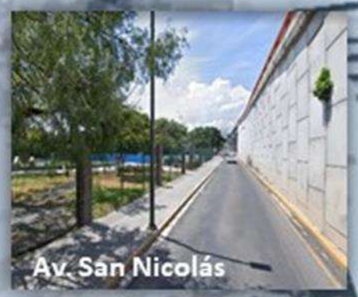
Para finalizar, se hace la recomendación, a modo de acción constante, el desazolvar. El desazolve consiste en succionar los sedimentos que se alojan al interior de tuberías de drenaje para limpiarlas, lo que evita que aparezcan taponamientos que eventualmente provocarán desbordamientos de coladeras o inundaciones.

Boca de tormenta

Una boca de tormenta es una coladera pluvial de banqueta con rejilla y tapa que permite la entrada de una persona para el desazolve y/o limpieza del registro. Existen varios tipos de bocas de tormenta o coladeras pluviales de acuerdo a su diseño y ubicación.

Colocación de bocas de tormenta

Cruce Av. Sendero Div. y Av. Manuel L. B.


Av. San Nicolás

Av. De la Juventud

Av. Lic. Adolfo López Mateos

Sobre Av. Lic. Adolfo López Mateos

Sobre Av. De la Juventud

Sobre Av. San Nicolás y Av. Juan Pablo II

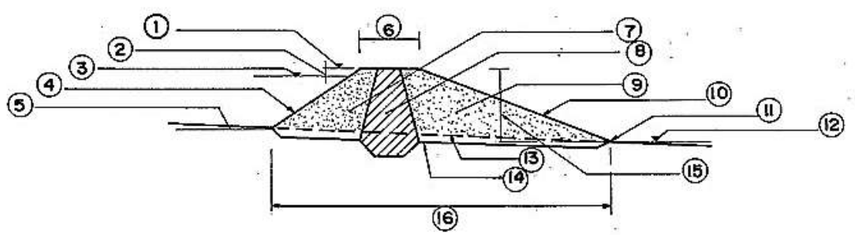
Sobre Av. Sendero Divisorio, Av. Manuel L. Barragán y Av. Universidad

SOLUCIONES SIG

Como se mencionó con anterioridad, existen estructura que se construye con el objetivo de contener el agua, **los diques,** son construcciones que tienen por finalidad de impedir que el agua pase, consisten en colocar directamente sobre la orilla un material natural o artificial que no pueda ser arrastrado por la corriente. Para ello, normalmente se perfila la orilla con un talud que permita la fácil y segura colocación del material e protección. Entre este último material y el que forma la margen usualmente se coloca un filtro, ya sea artificial, como puede ser un geotextil o natural con materiales pétreos formando una o varias capas con elementos cuyo tamaño decrece de afuera hacia la margen. El objeto del filtro es evitar que las partículas finas de la orilla salgan a través de los huecos que puede tener la capa exterior o coraza, que es diseñada para resistir altas velocidades de flujo.

Los diques pueden construirse de manera perpendicular o paralela al curso de agua que se pretende contener. Se trata de muros de concreto, piedra, tierra u otro material que pueden levantarse para prevenir inundaciones en zonas aledañas, encajonar un flujo de agua para que avance más rápido o resguardar un área de la acción de las olas. O también pueden ser naturales, los cuales se forman por el arrastre y la acumulación de materiales que genera un río, elevando la ribera de forma progresiva.

Partes de un dique



Fuente: fundamentos de ingeniería. Canales presas y diques. Ing Jose Luis Alunni

Ventajas

Fijan la orilla protegida en forma definitiva. Por esta ventaja, se utiliza siempre que se desea proteger orillas cerca de las cuales hay poblaciones, ciudades, vías de comunicación, etc.

No reducen el are hidráulica

Desventajas

Son más difíciles de construir cuando requiere filtros

Su procedimiento constructivo es más delicado y complejo.

Requieren de mantenimiento cuidadoso

Son costosos

Ejemplos de diques

Es por ello que, se propone la colocación de varios diques de contención en diversas secciones estratégicas sobre el cauce del arroyo Topo Chico, con el objetivo de disminuir la velocidad con la que corre el agua y convertirlo en un río generalmente calmado para evitar el fracturamiento del piso y muros de su cauce; así como evitar el desbordamiento que era consecuencia de la velocidad que tenía.

Diques de contención

Col. Anáhuac sobre arroyo Topo Chico

Edificación de diques o muros de contención sobre el cauce del Arroyo Topo Chico

Los diques de contención son construcciones naturales o fabricadas por el hombre que evita el paso del agua; suelen ser de concreto, piedra o tierra.

Arroyo Topo Chico

SOLUCIONES SIG

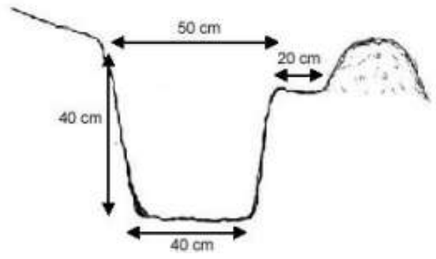
Debido a la impermeabilización creciente de los suelos (ocupación del territorio por asentamientos e infraestructuras humanas) gran parte de las aguas de escorrentía no pueden ser infiltradas en el terreno donde son generadas, esto conlleva problemas de acumulación en lugares inadecuados, caudales punta de gran intensidad y, en situaciones extremas, inundaciones. Mediante sistemas constructivos “verdes” es posible crear balsas de laminación e infiltración que reduzcan estos riesgos y problemáticas.

Pozos y zanjas rellenos de material drenante (granular o sintético), a los que vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben como estructuras de infiltración capaces de absorber totalmente la escorrentía generada por la tormenta para la que han sido diseñadas.

Las zanjas de infiltración, son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Estas obras de recuperación de suelos, pueden ser construidas de forma manual o mecanizada, y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores.

Normalmente cada zanja de infiltración tiene las siguientes dimensiones: largo = 2 m; profundidad = 0,4 m; ancho en la base = 0,4 m y ancho en la superficie = 0,5 m.

Zanja tipo



Ventajas

- Bajos costes de explotación y mantenimiento.
- Consumo energético nulo.
- Ausencia de averías electromecánicas.
- Se evita el contacto de personas o animales con las aguas residuales.
- Elevados rendimientos de depuración.

Por ello, las zanjas de infiltración son uno de los métodos útiles como medida para afrontar la sobresaturación de agua del suelo y el arrastre que tiene el exceso de precipitaciones.

Para su correcto funcionamiento se deben plantar especies herbáceas perennes o plantas arbustivas que eviten el desmoronamiento del terreno hacia la parte interior de la excavación. También es recomendable plantar árboles nativos o de uso forestal para aprovechar todos los beneficios del recurso hídrico que pasa por la zanja.

Estas zanjas, que tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo y evitar inundaciones; se proponen en los escurrimientos provenientes de Cerro Topo Chico para captar el agua que viene de la parte alta. Por esta situación se exhorta al gobierno a enfocar esfuerzos en la inversión de obra de este para generar entornos resilientes ante la incidencia de fenómenos perturbadores.

SOLUCIONES SIG

Las imágenes siguientes fueron tomadas mediante un vuelo aéreo no tripulado, con drone, sobre el cauce el arroyo Topo Chico, en las cuales se muestra la problemática que se tiene en este sitio.

Se muestra una estructura de acero que forma parte del sistema de drenaje del municipio el cual atraviesa por completo el cauce del arroyo. Cuando el arroyo se encuentra a su máxima capacidad, el agua choca contra esta estructura lo que origina que se desborde e inunde las avenidas principales, según reportes de protección Civil de san Nicolas de los Garza; Es importante que las autoridades analicen desviar al subsuelo esta tubería de drenaje.

Condiciones actuales, como el cambio de pendiente en los muros del cauce, reducción de las dimensiones del cauce, curvaturas limitadas provocan que la corriente aumente su velocidad y por ende aumenta el transporte de sedimentos, el tirante aumenta y puede variar la pendiente del fondo. Teniendo como consecuencia el desbordamiento de las aguas que corren por el arroyo que inundan y afectan la funcionalidad de avenidas principales y en ocasiones viviendas, locales comerciales.

Los posibles objetivos de un encauzamiento son:

i- Protección frente a inundaciones (impedir daños);

ii- Protección de las márgenes del río (impedir la destrucción del terreno);

iii- Fijación de un cauce para el río (asegurar el lugar futuro para dicho cauce);

iv- Mejorar las condiciones de desagüe (reducción del coeficiente de fricción);

v- Formar un canal navegable (garantizar una profundidad de agua suficiente);

vi- Recuperar la naturaleza (conseguir espacios de valor natural o recreativo);

Por lo cual es prioridad optimizar el encauzamiento del arroyo y solucionar la problemática que existe en torno a este.

Durante los trabajos se realizará la ampliación hidráulica del canal del arroyo Topo Chico, desde 50 metros aguas arriba a la altura de la avenida La Puentes hasta la avenida Santo Domingo, con una longitud de 620 metros lineales. Los taludes de ambos lados de este arroyo, serán sustituidos por paredes verticales para aumentar la capacidad de agua; la capacidad del arroyo con taludes es de 189 metros cúbicos y sin ellos aumentará a más de 460 metros cúbicos.

Para el arranque de la obra en los laterales del cauce del arroyo Topo Chico se aportará una inversión superior a los 160 millones de pesos, de los cuales 55 millones son recursos estatales.

A través de estas acciones que culminarán en septiembre 2021, se beneficiarán más de 75 mil habitantes.

Fuente: Periódico El Porvenir.mx. https://elporvenir.mx/sabiasque/llevan-un-15-de-avance-obras-de-arroyo-topo-chico/201120