SEDATU

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH

PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

Atlas de Peligros y/o Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán *2015*

Noviembre 2015
Número de expediente
Aquiles Serdán, Chihuahua
Ases S.C. Av. Francisco Villa #7701, Chihuahua, Chihuahua
614-4-26-26-66 www.ases-sc.com

FASE I.

Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines Políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la Ley aplicable y ante la autoridad competente.

MARCO TEÓRICO

Introducción (Entendiéndose como la síntesis del contenido

1. **Antecedentes y Objetivos**
   - 1.1. Antecedentes (Antecedentes históricos de peligros o riesgos)
   - 1.2. Objetivos
2. **Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.**
   - 2.1. Mapa Base.
3. **Caracterización de los elementos del medio natural**
   - 3.1. **Fisiografía.** Elementos formadores del medio físico, provincias y subprovincias fisiográficas.
   - 3.2. **Geomorfología.** Principales formas del relieve (sistemas de topoformas).
   - 3.3. **Geología.** Litología (geología superficial), secciones geológicas, minas, rasgos estructurales.
   - 3.4. **Edafología.** Tipos de suelo, descripción, propiedades físicas y químicas.
   - 3.5. **Hidrología.** Recursos hídricos superficiales y subterráneos, ciclos de recarga.
   - 3.6. **Cuencas y Sub-cuencas**. Mapa integral y completo de áreas de captación hídrica del municipio, los escurrimientos emplearán la clasificación Horton Strahler.
   - 3.7. **Clima.** Elementos del clima: temperatura, humedad, presión, viento, etc.; fenómenos climatológicos regionales y locales que inciden en la zona.
   - 3.8. **Uso de suelo y vegetación**
   - 3.9. **Áreas naturales protegidas**.
4. **Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos**
   - 4.1. Dinámica demográfica;
     - 4.1.1. Análisis comparativo (valores absolutos y porcentajes) de la población de la Entidad con respecto al municipio, en caso de pertenecer a alguna Zona Metropolitana, realizar análisis comparativo con respecto al municipio.
     - 4.1.2. Proyección al 2010 - 2030 (por municipio y por localidad según CONAPO),
     - 4.1.3. Distribución de población (por localidad)
     - 4.1.4. Densidad de la población (por manzana en zonas urbanas).
   - 4.2. Características sociales como
     - 4.2.1. Porcentaje de analfabetismo, población de 14 años y más que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.
     - 4.2.2. Población con discapacidad (población con limitación en la actividad) por localidad y manzana.
     - 4.2.3. Población que habla alguna lengua indígena y no habla español,
     - 4.2.4. Salud (población sin derechohabiencia, médicos por cada mil habitantes y tasa de mortalidad).
     - 4.2.5. Pobreza
     - 4.2.6. Porcentaje de población de habla indígena.
     - 4.2.7. Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto) por manzana y
     - 4.2.8. Marginación por localidad y AGEB (en zonas urbanas).
   - 4.3. Características de la Vivienda
     - 4.3.1. Pisos de tierra,
     - 4.3.2. Servicios (agua, luz, drenaje)
     - 4.3.3. Déficit de vivienda
   - 4.4. Empleo e ingresos
     - 4.4.1. Sectores de ocupación, porcentaje de ingresos de la PEA, razón de dependencia y tasa
   - 4.5. Equipamiento e infraestructura
     - 4.5.1. Salud,
     - 4.5.2. Educativo
     - 4.5.3. Recreativo y/o de esparcimiento (plazas, centros comerciales, teatros, cines, auditorios, etc.).
     - 4.5.4. Estación de bomberos, seguridad pública, albergues, ruta de evacuación etc.
     - 4.5.5. Presas, líneas de conducción de gas y combustible, plantas de tratamiento, estaciones eléctricas, etc.
   - 4.6. Identificar reserva territorial y si es parte de una Zona Metropolitana mencionar las conurbaciones principales.
   - 4.7. Expansión de la Ciudad 1980 – 2010 (elaborar mapa identificando la expansión de la ciudad incluyendo año, población y superficie)

FASE II.

5. **Identificación de amenazas y peligros, ante fenómenos perturbadores de origen natural y químico-tecnológico.**
   - **5.1. Fenómenos Geológicos**
     - 5.1.1. Vulcanismo
     - 5.1.2. Sismos
     - 5.1.3. Tsunamis
     - 5.1.4. Deslizamientos
     - 5.1.5. Flujos
     - 5.1.6. Caídos o derrumbes
     - 5.1.7. Hundimientos
     - 5.1.8. Subsidencia
     - 5.1.9. Agrietamientos
   - **5.2. Fenómenos Hidrometeorológicos**
     - 5.2.1. Ondas cálidas y gélidas
     - 5.2.2. Sequías
     - 5.2.3. Heladas
     - 5.2.4. Tormentas de granizo
     - 5.2.5. Tormentas de nieve
     - 5.2.6. Ciclones tropicales
     - 5.2.7. Tornados
     - 5.2.8. Tormentas polvo
     - 5.2.9. Tormentas eléctricas
     - 5.2.10. Lluvias extremas
     - 5.2.11. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.
   - **5.3. Fenómenos Químico – Tecnológicos.**
     - 5.3.1. Incendios

5.3.2. Explosiones
5.3.3. Derrames y Fugas Tóxicas
5.3.4. Radiaciones

NOTA: EL DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE CADA FENÓMENO PERTURBADOR, DEBERÁ PRESENTAR LOS SIGUIENTES SUBAPARTADOS:

- Metodología
- Memoria de Cálculo
- Resultado del Análisis
- Mapas resultantes con ponderación (Amenaza, Susceptibilidad o Peligro)

FASE III.

6. Vulnerabilidad

6.1. Vulnerabilidad Social
6.1.1. Características sociales y económicas
6.1.2. Capacidad de respuesta
6.1.3. Percepción local
6.2. Vulnerabilidad física

FASE IV.

7. Riesgo/Exposición

El desarrollo de esta fase consiste en que una vez analizada la amenaza-peligro de cada fenómeno perturbador presente en el municipio de estudio y su vulnerabilidad, se procede a estimar y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica.

Estimación de Pérdidas Económicas

Estimación de vivienda e infraestructura dañada

Estimación del Costo mínimo, máximo y probable

FASE V.

8. Propuesta de estudios, obras y acciones.

8.1. Planteamiento de propuestas
8.2. Evaluación de Propuestas
8.3. Priorización de acciones
8.4. Conciliación de propuestas y priorización con Autoridades Locales
8.5. Plan de obras o acciones
8.6. Cuadro de estudios, obras y acciones.

Introducción

El estado de Chihuahua, año tras año se ve afectado por diversos fenómenos hidrometeorológicos, los cuales intensifican y dañan cada vez más nuestra población. Entre estos peligros están: nevadas, heladas, granizadas, lluvias, entre otros. Sin embargo, el mayor peligro que desafía la población Chihuahuense es el de lluvias torrenciales y tormentas fuertes de corto tiempo, como lo menciona la Coordinación Estatal de Protección Civil en su Plan de contingencias (Coordinación estatal de protección civil, 2013), en lo especifico se tiene el antecedente que el municipio de Aquiles Serdán de estas tormentas fuertes que provocaron grandes daños, para después tener un periodo donde no se percibieron precipitaciones significativas hasta el mes de Junio de 2011, las cuales fueron escasas y no llegaron a la media anual, debido a la sequía extrema que se presentó en el municipio y en el estado. Otro antecedente que se observa como riesgo latente es la contaminación por jales mineros, que ocurrieron al realizar descargas a cielo abierto de metales químicos disueltos en agua que se extrae del subsuelo, sin utilizar recubrimientos que protejan de la contaminación a los mantos freáticos como fue denunciado por el ayuntamiento de Aquiles Serdán en septiembre del 2014 y que actualmente es analizado por CIMAV.

Por ello es necesario continuar con el desarrollo de estudios, planes y elementos que permitan identificar los riesgos y la forma en que la población debe informarse e involucrarse para disminuir y erradicar pérdidas humanas y materiales.

El Ayuntamiento de Aquiles Serdán en su compromiso de fortalecer las políticas públicas, se establece como usuario principal y autoridad de primer contacto con la sociedad y el territorio municipal, actor de compromiso con la fiabilidad y veracidad de la información que contenga este documento, dará la certidumbre de que en él se vean reflejados todos los registros, datos, conocimiento, vox populi y cualquier otra información que es útil al estudio y determina a la empresa Asesores de Servicios Agropecuarios y Ecología Sustentable S.C. como consultor.

1.1. Antecedentes (Antecedentes históricos de peligros o riesgos)

El Atlas de riesgos del municipio de Aquiles Serdán, Chihuahua, conjunta un grupo de herramientas con el objetivo de aportar a la prevención de desastres, al Ordenamiento Territorial y al Desarrollo Urbano, los conocimientos de los fenómenos perturbadores que impactan a la población, fortaleciendo así la toma de decisiones y contribuyendo a la consolidación de los asentamientos humanos en zonas aptas, mejorando así la calidad de vida de la población.

La metodología para la realización del documento está definida en los siguientes pasos del proceso: recopilación de información, realización del análisis de la misma, generación de la información cartográfica digital, estructuración de las bases de datos de los Atlas, presentación de propuestas de acciones de prevención y/o mitigación.

Nuestro análisis de gráficas y cartografía resultante contribuirá a detectar, clasificar, zonificar las áreas de amenaza, susceptibilidad, peligro, vulnerabilidad, riesgo y/o índice de exposición; corroborando la correlación entre las zonas propensas al desarrollo de fenómenos perturbadores y el espacio físico vulnerable, considerando las variables socioeconómicos y demográficos establecidos en la Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo 2015.

Los productos intermedios y resultantes son los siguientes: Aspectos generales y específicos de la determinación de los niveles análisis y escalas de la representación cartográfica, caracterización de los elementos del medio natural, sociales, económicos y demográficos, análisis de peligros, amenazas de peligros geológicos e Hidrometeorológicos, vulnerabilidad, riesgo y propuestas de estudios, obras y acciones para el municipio de Aquiles Serdán.





1.2. Objetivos

Establecer los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros, vulnerabilidades y estimar los riesgos en el espacio geográfico a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias.

Ser un elemento Básico para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial hacia espacios ordenados y sustentables.

Que la información contenida en el Atlas de Riesgos y/o Peligros sea una herramienta para detectar, clasificar y zonificar las áreas de amenaza, peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Ubicar e identificar el tipo y grado de peligros y riesgos existentes ante los distintos fenómenos de origen natural y quimico tecnológico.

2 Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.

El análisis espacial para determinar la problemática del municipio de Aquiles Serdán por riesgos ante fenómenos perturbadores se determinará considerando el nivel geográfico. Para lo cual es necesario considerar las aproximaciones de los establecimientos humanos y las condiciones específicas de estas, con el fin de determinar las áreas de tratamiento para desarrollar las acciones de nivel territorial que permita configurar y delimitar representaciones territoriales óptimas.

Aquiles Serdán es un municipio con características geográficas de superficie y forma que hacen posible el estudiarlo integralmente en escala a 1:55,000 para representaciones cartográficas impresas en 90cm por 60cm, el cual se muestra en el apartado anterior de mapa base.

Para la detección de áreas susceptibles a fenómenos naturales se analizarán las características propias del territorio municipal en relación con sus condiciones y propensión a ser impactado, para lo que su representación cartográfica será adecuada al nivel de detalle de los centros de población, por lo que en el municipio de Aquiles Serdán todos los asentamientos humanos se establecen en la zona noroeste en el límite con el municipio de Chihuahua, donde se analizará de manera indirecta cómo estas localidades se pueden ver afectadas o las afectaciones que estas pudieran provocar al municipio debido a su urbanización, quedando a una escala a emplear de 1:20,000 o mayores. El siguiente mapa ilustra su representación a este nivel de detalle.

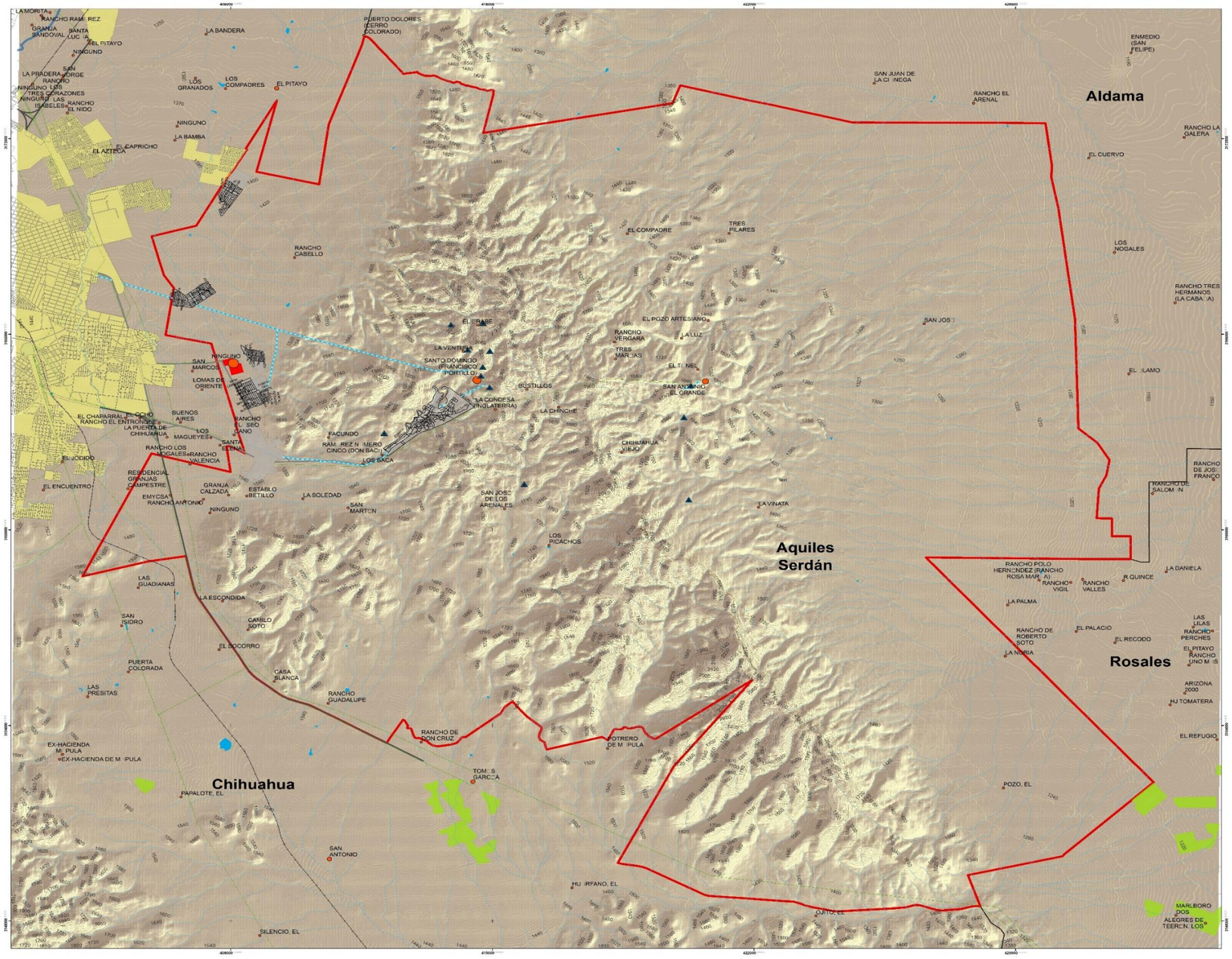
TABLA 1 FENÓMENOS PERTURBADORES

Tipo	Fenómeno	Nivel de análisis	Escala cartográfica
Geológico	Vulcanismo	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Sismos	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tsunamis	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Inestabilidad de laderas	Nivel 3	Escala inicial de trabajo 1:20000
	Flujos	Nivel 3	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Caídas o derrumbes	Nivel 3	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Hundimientos	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Subsidencia	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Agrietamiento	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
Hidrometeoroló gicos	Ondas cálidas y gélidas	Nivel 2	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Sequias	Nivel 3	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Heladas	Nivel 2	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tormentas de granizo	Nivel 2	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tormentas de nieve	Nivel 2	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Ciclones tropicales	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tornados	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tormentas polvo	Nivel S/N	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Tormentas eléctricas	Nivel 2	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y	Nivel 2	Escala inicial de trabajo 1:20000
Químico tecnológico	Incendios	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Explosiones	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000
	Derrames y fugas toxicas	Nivel 1	Escala inicial de trabajo 1:20000
	Radiaciones	Nivel 1	Escala Inicial de trabajo 1:55000

Fuente: SEDATU. Bases para la estandarización para la elaboración de Atlas de Riesgos

2.1 Mapa Base.

El mapa base representa los principales elementos cartográficos que describe el territorio del área de estudio, considera los elementos naturales, sociales y políticos. Para su elaboración se considera la escala de representación, la cual está relacionada con el comportamiento de los fenómenos perturbadores que se presentan en el municipio. Para definir los elementos que se muestran en el mapa base se tomó en cuenta lo señalado en el punto 4.1.2 de las bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de riesgos 2015. Los elementos que interfieren son: limites políticos administrativos, localidades, curvas de nivel, modelo digital del terreno, rasgos topográficos, corrientes y urbana y rural, parámetro de proyección y fuente de elementos básicos e información temática. Cuerpos de agua con nombre, principales obras de infraestructura, límites, equipamiento, vialidades, AGEB, manzana



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Simbología Convencional

Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

Mapa Base | MB: 01

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



3 Caracterización de los elementos del medio natural.

La caracterización consiste en la evaluación de los principales componentes y factores que inciden directa o indirectamente en el uso y gestión del territorio que permite una comprensión integral de los factores que dan origen a la estructura y función del territorio Esta caracterización es imprescindible para los programas y proyectos de planeación territorial como lo es el atlas de riesgos del cual se forma la base para el análisis y toma de decisiones a partir de la información expedida por las fuentes oficiales y considerando la versión más actualizadas. Considerando lo anterior se utilizó la información cartográfica expedida por el INEGI para mostrar la distribución espacial de las variables y se realizó una revisión bibliográfica de SEMARNAT, CONABIO, INECC, entre otros.

3.1 Fisiografía

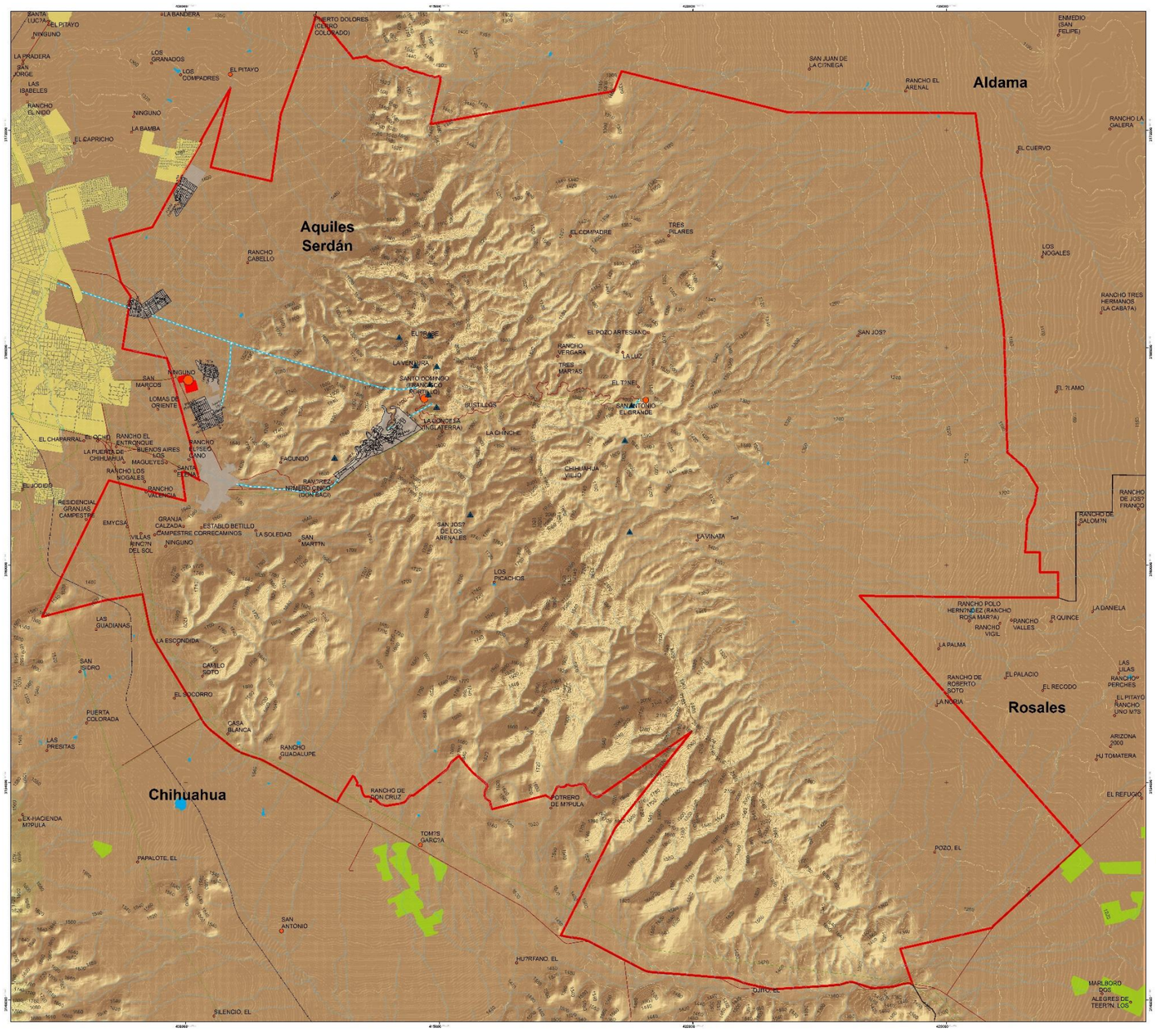
Los grandes conjuntos estructurales que integran la porción territorial se delimitan de acuerdo a unidades morfológicas superficiales de características distintivas. La clasificación comprende la provincia, que es una gran área con características similares; la subprovincia, primera subdivisión en donde las condiciones paisajísticas son más recurrentes; la discontinuidad fisiográfica, que es una zona con morfología propia que la distingue; los sistemas de topoformas que agrupan elementos, y las topoformas, que constituyen el producto de la interacción de los agentes formadores del relieve (INEGI, 2010). Para este apartado se determinaron las topoformas, provincias y subprovincias fisiográficas que corresponden al municipio de Aquiles Serdán.

3.1.1 Provincias fisiográficas

El municipio de Aquiles Serdán se ubica en la región este del Estado que pertenece a la provincia de Sierras y llanuras del norte justo donde inicia su delimitación con la otra provincia que existe en el Estado que corresponde a Sierra Madre Occidental. Esta provincia se caracteriza por estar conformada por sierras, más bien bajas y abruptas, posee características áridas, también semiáridos, y se extiende profundamente hacia el territorio de Estados Unidos de América. En el siguiente mapa se muestra en color verde claro la parte que ocupa esta provincia sobre del municipio de Aquiles Serdán y en la parte izquierda inferior del mapa en color café se observa la delimitación con la provincia de la Sierra madre occidental.

3.1.2 Subprovincias fisiográficas

La subprovincia que corresponde al área de estudio es el bolsón de Mapimí, esta subprovincia se caracteriza por presentar un estado de erosión avanzado, con grandes cuencas continentales rellenas de sedimentos aluviales y lacustres, también llamados bolsones. Esta subregión tiene altitudes de 1200 msnm.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

SUBPROVINCIAS

- DEL BOLSÓN DE MAPIMÍ
- SIERRAS Y LLANURAS DE DURANGO

Simbología Convencional

- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

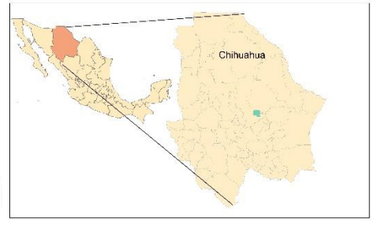
Subprovincias fisiográficas

MB: 04

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 000 1.800 3.000 5.400 7.200 Metros



3.2 Geomorfología

Las formas del relieve (Sistema de topoformas) se delimitan de acuerdo a algún patrón (o patrones) estructural(es) o degradativo(s) y además presentan un mayor grado de uniformidad paisajística en relación a la unidad jerárquica que las comprende, de otra forma se puede definir como la geoforma geométricamente reducible a un número pequeño de elementos topográficos. En el municipio de Aquiles Serán ocupan 5 tipos de topoformas, en donde la más significativa de acuerdo a la superficie que ocupa es la 12 Bajada Típica que ocupa el 63.75% de la superficie total. En la siguiente tabla se muestran los tipos de topoformas que corresponden al municipio y posterior a este se muestra el mapa donde se muestra su distribución espacial.

TABLA 2 TIPO DE TOPOFORMAS Y SUPERFICIE QUE OCUPAN EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Topoformas	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Bajada típica	31542.62	63.75
Llanura aluvial de piso rocoso o cementado	3917.73	7.92
Lomerío escarpado con llanuras	0.1499	0.0003
Meseta típica	39.72	0.08
Sierra escarpada	13977.86	28.25
Total, general	49478.099	

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2010

3.3 Geología

La geología superficial representada por las regiones litológicas que forman las condiciones especiales de acuerdo a los diferentes tipos de suelo que constituyen la corteza terrestre que además se constituye por rocas que, a su vez, contienen elementos menores que son los minerales. La clasificación de las rocas se efectúa, de acuerdo con su origen. El conocimiento de la litología es fundamental para entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas se comportarán de una manera 14 concreta ante los empujes tectónicos, los agentes de erosión y transporte, y los diferentes climas de la Tierra. Los tipos de roca que corresponden al municipio son 3 tipos y todo estos son de la era cenozoico cuaternario: el primer tipo es de ígneas extrusiva acida que se forman a partir de materiales existentes en el interior de la corteza terrestre, los cuales están sometidos a temperaturas y presiones muy elevadas, estos materiales reciben el nombre genérico de magma. El otro tipo que se encuentra son rocas calizas que son de origen sedimentaria que son fundamentalmente de fuente químico u organógeno, formadas al menos por un 50% de carbonato cálcico. Por último y en menor proporción son rocas de conglomerado también del grupo de las sedimentarias formada por cantos redondeados de gran tamaño (> 2mm), unidos por un cemento o una matriz. En la siguiente tabla se muestra la superficie que ocupa y al sistema geológico al que pertenece.

TABLA 3. LITOLOGÍA CON SUPERFICIE Y SISTEMA GEOLÓGICO QUE PERTENECE

Litología	Sistema geológico	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Ígnea extrusiva ácida	Neógeno	23229.39	46.95
Caliza	Cretácico	7108.077	14.37
Conglomerado	Neógeno	3387.64	6.85
N/A	Cuaternario	15752.97	31.84
Total, general		49478.099	

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2010

La región que ocupa la caliza es la parte centro norte donde se ubican la mayor parte de las minerías, mientras que los asentamientos humanos el más importante está en el tipo ígnea extrusiva y el resto en la categoría clasificada como N/A (no aplica).

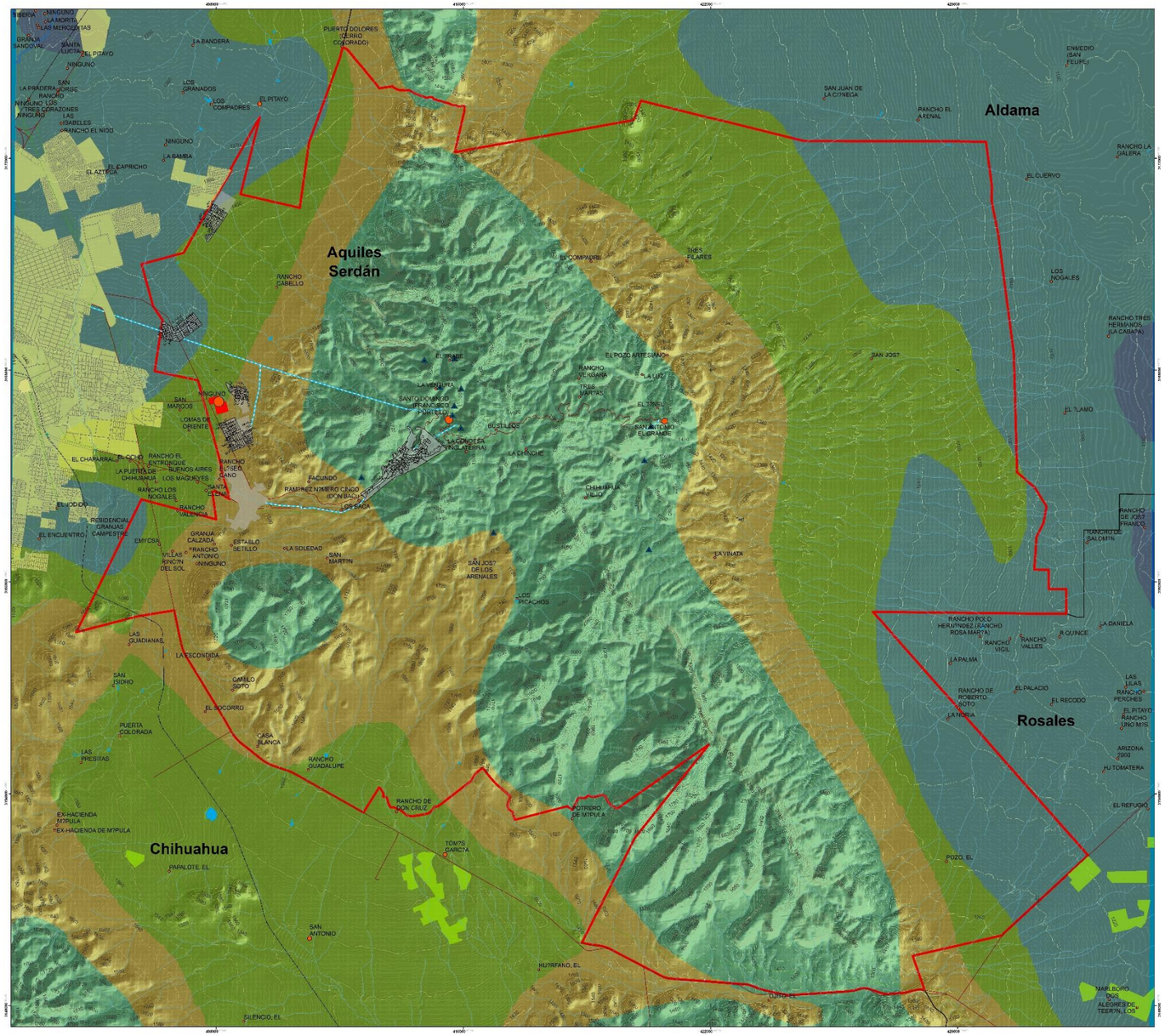
3.3.1 Minas rasgos estructurales

Santa Eulalia permaneció como una importante población minera, llegando a establecerse 12 minas, a mediados del siglo XX comenzó a decrecer tras el cierre de varias minas lo que provoco una baja en la actividad económica. Actualmente solo esta una mina en 16 operación de extracción de plomo, oro, plata, cobre y zinc, se sitúa dentro de la mancha urbana en Santa Eulalia, se denomina San Antonio y es operada por Minerales Metálicos del Norte S.A. de C.V. de la unidad de Santa Eulalia Grupo México. El resto de las minas que se observan en el mapa anterior con una simbología de un triángulo se muestran en la siguiente tabla de acuerdo a su operación.

TABLA 4 MINERAS DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN Y SU CONDICIÓN.

Nombre de la mina	Condición
La ventura	Fuera de uso
Ninguno	Fuera de uso
Ninguno	Fuera de uso
Ninguno	Fuera de uso
Ninguno	Fuera de uso
Mina vieja	Fuera de uso
Velardeña	Fuera de uso
Ninguno	En operación
Ninguno	En operación
Número cinco	En operación
Buena tierra	En operación
Número uno	En operación
San Antonio	En operación

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

TOPOFORMAS

- LLANURA COLINOSA
- LLANURA ONDULADA
- LLANURA PLANA
- LOMERIOS Y COLINAS
- MONTAÑAS

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdan
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

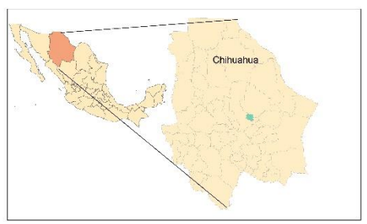
Disección vertical

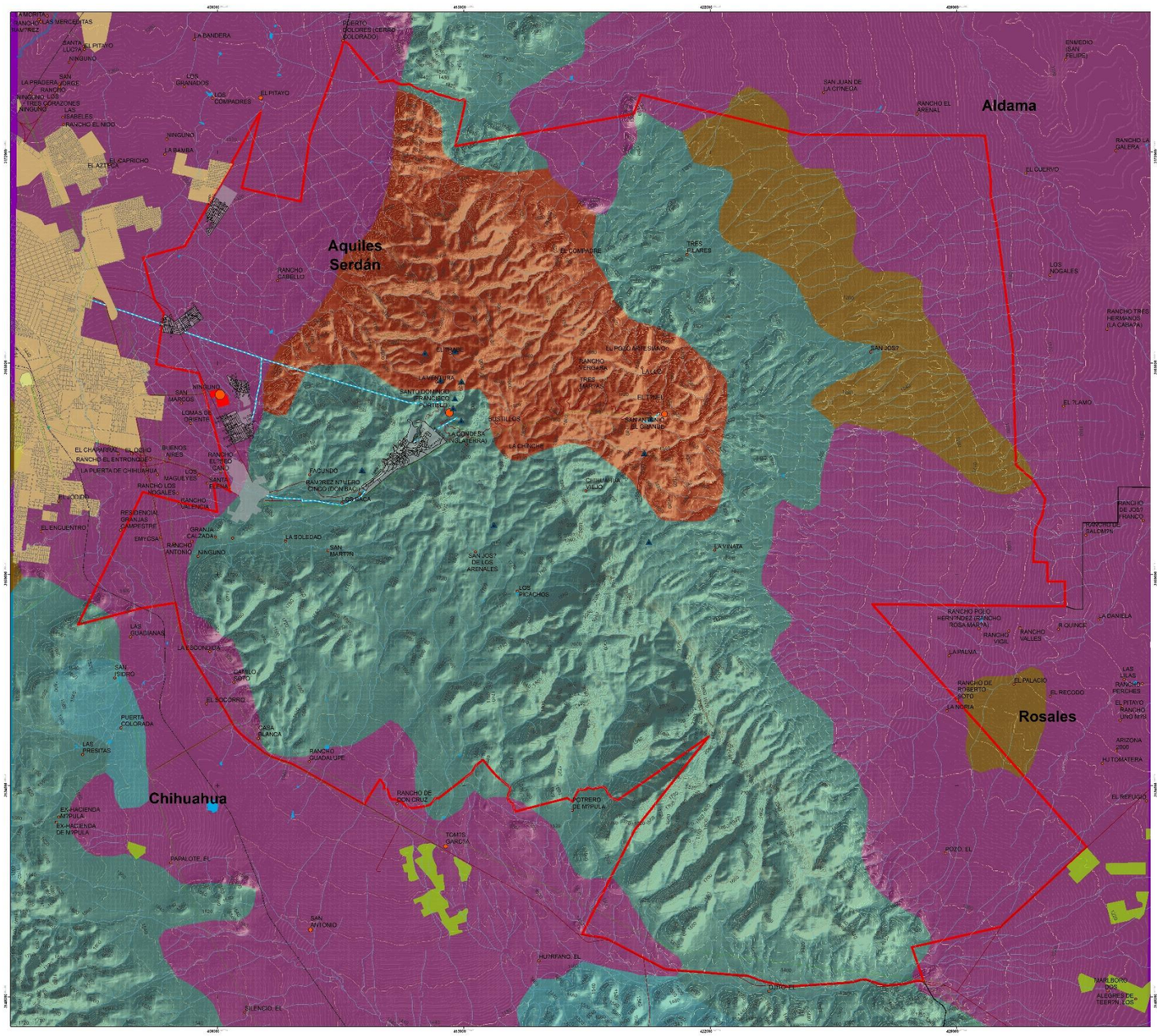
MB: 05

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Litología

- Caliza
- Conglomerado
- N/A
- Ígnea extrusiva intermedia
- Ígnea extrusiva ácida

Simbología Convencional

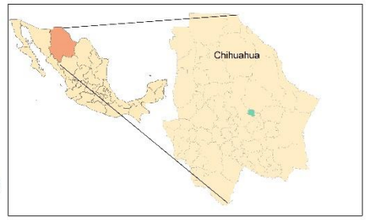
- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Puente
- Acueducto
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Litología	MB: 06

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



3.4 Edafología

La edafología se describe de acuerdo a los tipos de suelo para conocer las características específicas de estos, así como sus propiedades físicas y químicas. Por lo que con la cartografía de INEGI se realizó un corte con el municipio para conocer cuáles son los tipos que existen y la superficie que ocupan, el resultado mostro dos tipos de suelos, que se describen a continuación:

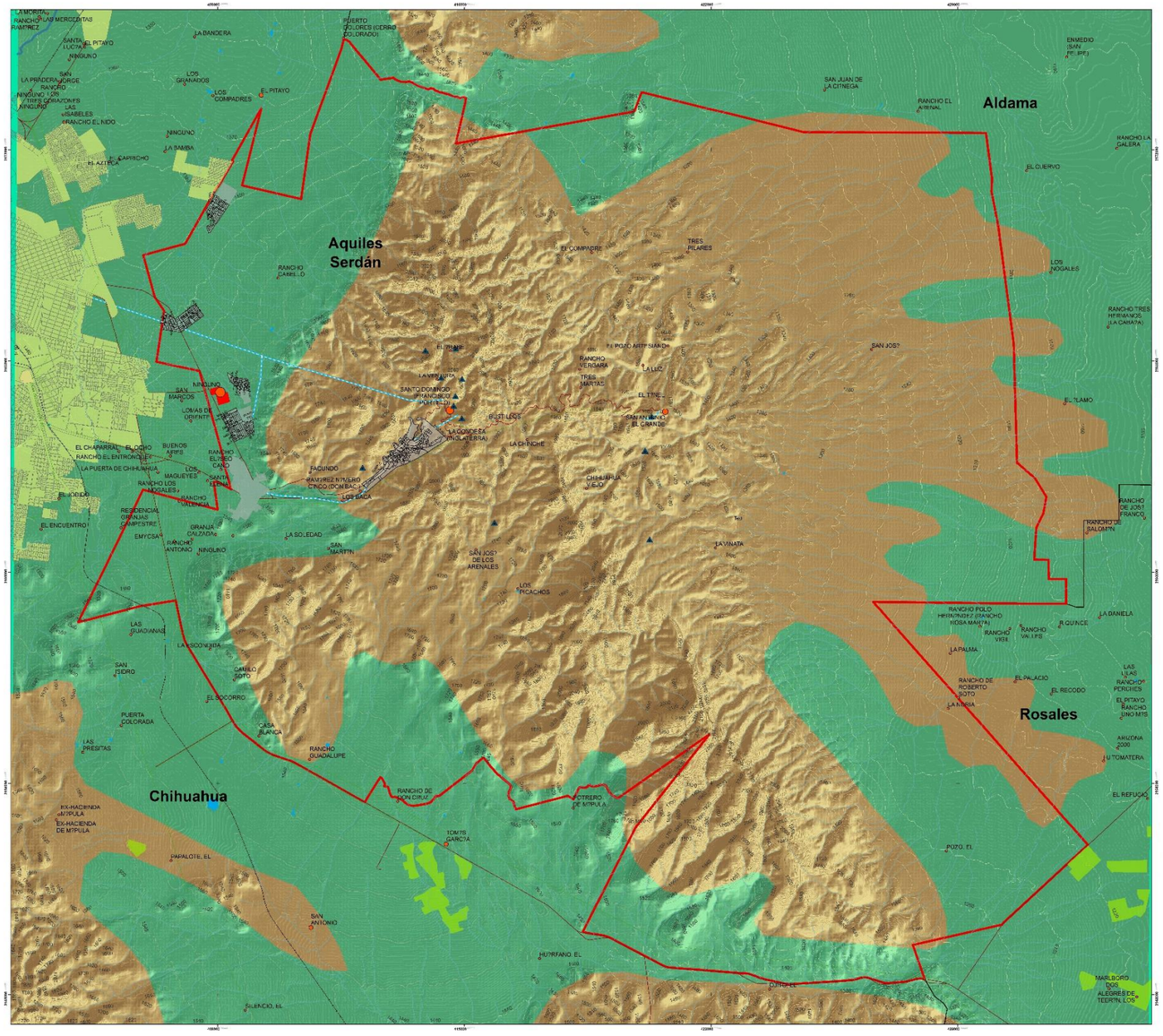
Regosol. - Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen.

Xerosol. - Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y este del estado. Su vegetación natural es de matorral y pastizal. Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica.

TABLA 5 SUPERFICIE QUE OCUPAN LOS TIPOS DE SUELO

Tipo de Suelos	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Regosol	33982.08684	68.68
Xerosol	15496.01168	31.32
Total, general	49478.099	

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2010



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Tipos de suelo

- Regosol
- Xerosol

Simbología Convencional

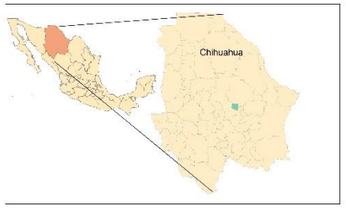
Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

Edafología | **MB: 07**

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



En el mapa se observa en color café que los regosoles se ubican en la parte central del municipio, mientras que en las orillas en las partes bajas de las pendientes se distribuyen los suelos xerosoles.

3.5 Hidrología

Los recursos hídricos superficiales que se encuentran en el municipio son principalmente arroyos de tipo intermitentes, además se incluyó el análisis de orden de corrientes estatal usando el método de Horton (Horton, 1954) para conocer las características morfométricas que tienen una relación con el orden, resultando solo 2 corrientes de primer orden que cruzan el municipio. Las corrientes y arroyos del municipio a la escala máxima que se encontró para cartografía que corresponde a 1:20,000, se identifican 20 corrientes aquellas que están nombradas, siendo la de mayor longitud la corriente Ibera, que se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 6 CORRIENTES DE AGUA Y SU LONGITUD DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Nombre de la corriente	Longitud (m)	Nombre de la corriente	Longitud (m)
Agua zarca	933	La chinche	13156
Cacahuatal	122	La tijera	114
Dolores	1326	Llano el mudo	10538
El mudo	15005	Los arenales	4519
El terminal	8729	Los mimbres	686
El tubo	8112	Los moritos	4101
Guadalupe	7392	Los nogales	7968
Ibera	16399	Los picachos	5376
La boquilla	10497	Los tamales	6647
La cendrada	4831	Mina vieja	10546

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015

En lo que respecta a los cuerpos de agua son de tipo intermitente y por ser de muy poca superficie es difícil observarse en el mapa que se presenta para este tema, por lo que se presenta una tabla con los cuerpos de agua presentes y la superficie que ocupan; solo dos de ellos tienen una denominación, mientras que el resto se muestran con el número que se identifican en la carta topográfica correspondiente.

TABLA 7 CUERPOS DE AGUA DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN Y SUPERFICIE

Nombre del cuerpo de agua	Superficie (m2)
El Guamis	4050
El huérfano	4389
0	739
1	1777
3	2124
5	2106
6	3577
7	3365
8	2859
20	10449
37	1983

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2015

La hidrología subterránea del municipio está conformada por 3 acuíferos, siendo el más predominante en cuanto a superficie el de Villalba. Los aprovechamientos subterráneos por acuífero se muestran en la siguiente tabla, que de acuerdo a la información de CONAGUA la mayoría son para actividades agropecuarias.

TABLA 8 DISPONIBILIDAD DE LOS ACUÍFEROS Y POZOS DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Nombre del acuífero	Disponibilidad		Numero de pozos
Aldama - San Diego	Acuífero sin disponibilidad de agua subterránea publicada	1457946.144	9
Tabalaopa - Aldama	Acuíferos no publicados en D. O.	728042.35	10
Villalba		2479715.342	13

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2010

Para conocer su distribución en el municipio se muestra el siguiente mapa de la hidrología, en donde se observa los aprovechamientos subterráneos principalmente en la zona oeste del municipio, mientras que las corrientes que se clasificaron de acuerdo al orden de Horton (Horton, 1954) solo se presentan en la parte sur del municipio

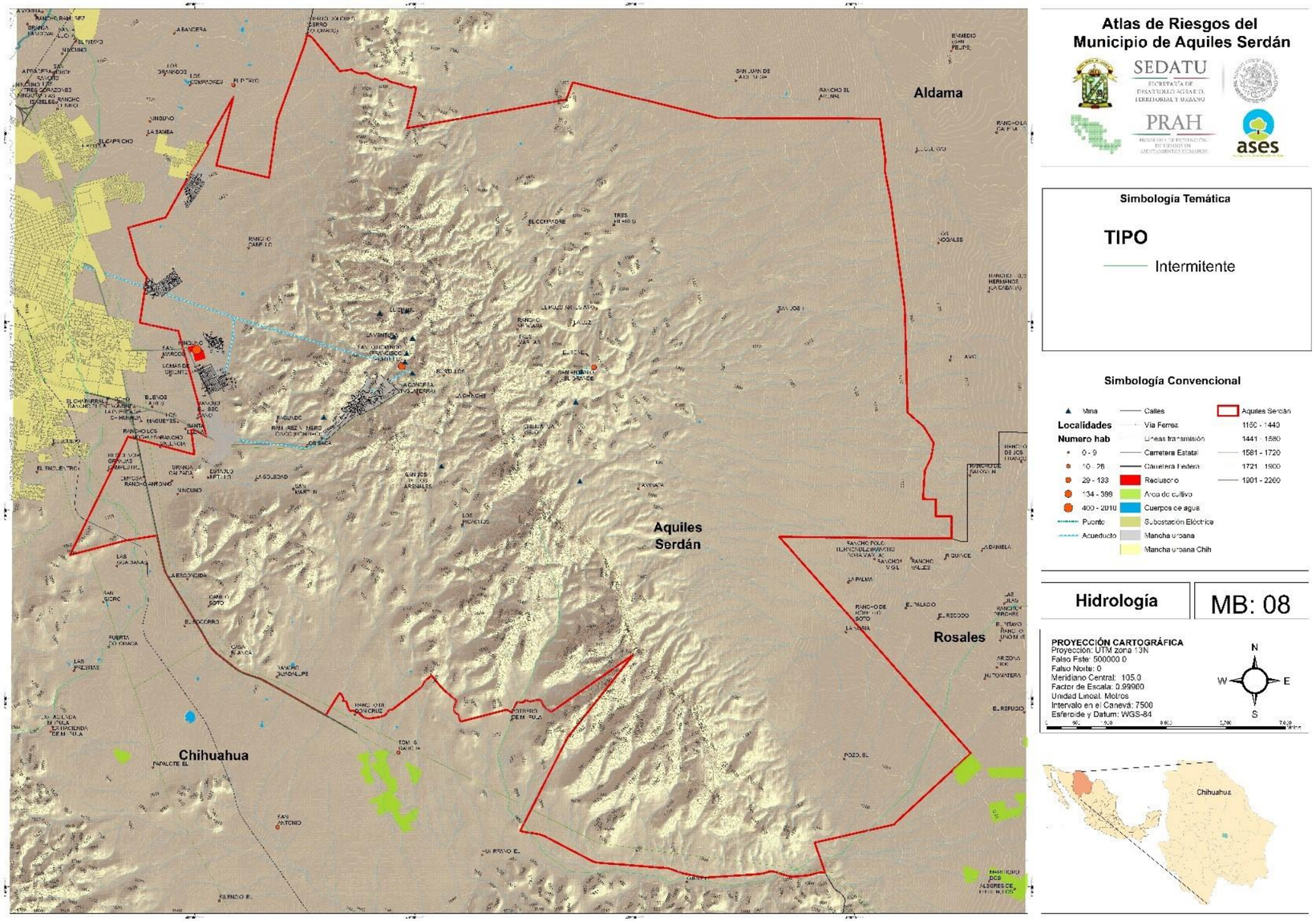
3.6 Cuencas y subcuenca

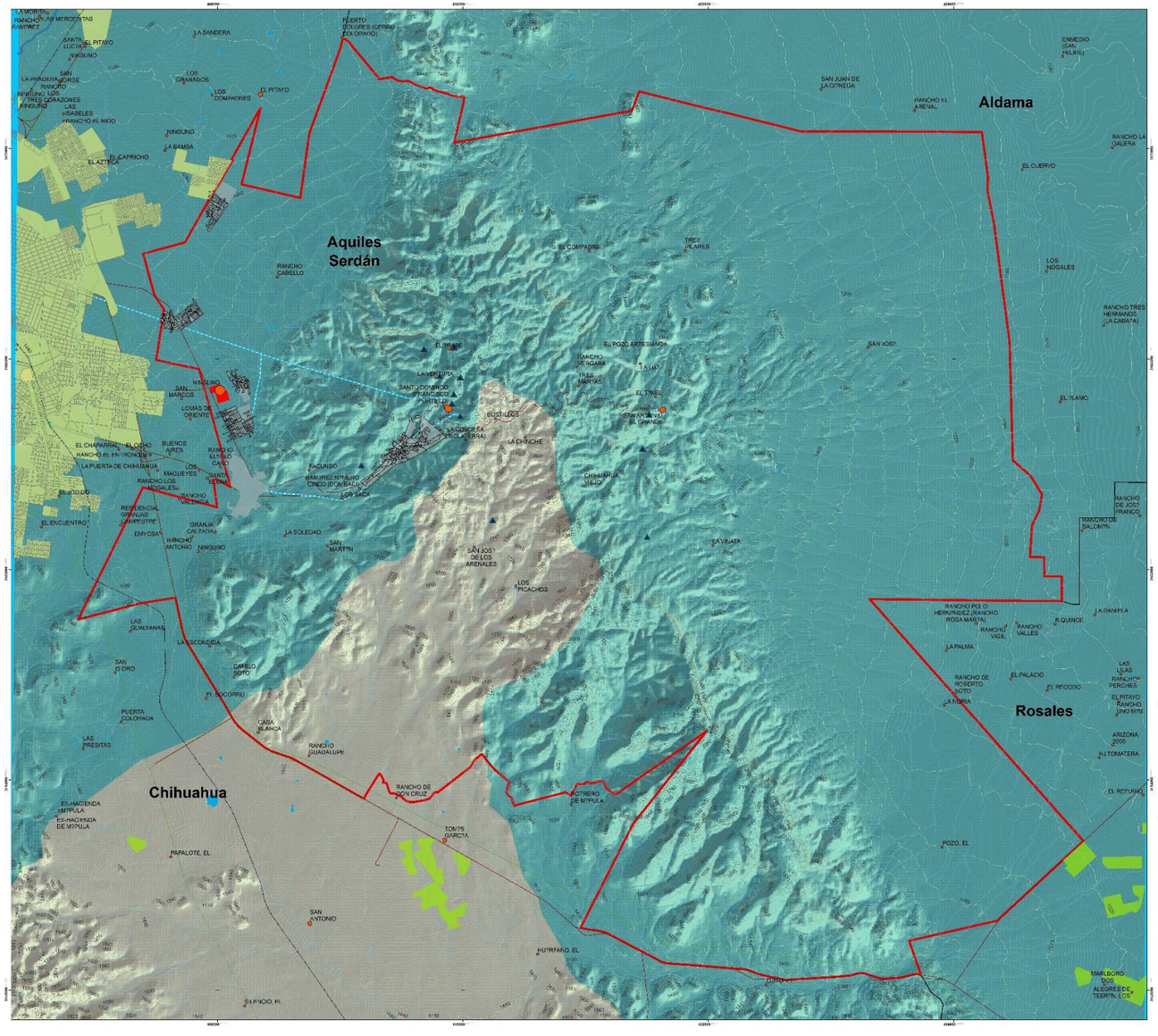
La clasificación de acuerdo a CONAGUA se delimita en regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas, cada una de ellas consideradas por sus características semejantes y zona de captación. De acuerdo a la superficie que ocupa el municipio éstas áreas solo corresponden a una por su magnitud, las cuales se describen en la siguiente tabla.

TABLA 9. CUENCAS Y SUBCUENCA

Área	Nombre	Descripción
Región hidrológica	Bravo - Conchos	El Río Bravo nace en las montañas San Juan, las cuales forman parte de la cordillera de las Rocallosas, en el Estado de Colorado cerca del paralelo 38° norte en los Estados Unidos de América, fluye a través del valle de San Luis hacia el sur pasando por Nuevo México a través de Albuquerque y Las Cruces, hacia El Paso, Texas, hasta llegar a formar parte de la frontera entre los Estados Unidos de América y los Estados Unidos Mexicanos
Cuenca	Río conchos – Presa Colina	Forma parte de la subregión de los seis tributarios de esta región hidrológica. Hidrológicamente la cuenca tiene como corriente principal al río Conchos y como tributarios de éste a los ríos San Pedro, Balleza, Florido, Parral y Chuviscar.
Subcuenca	Río medio Conchos – Río Chuviscar	La subcuenca hace mención de la subregión que se delimita de acuerdo a la cercanía al cauce principal. Esta subcuenca abarca el territorio de Aquiles Serdán y Chihuahua.

Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2000





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Subcuencas

- A. Bachimba
- R. Chuvscar

Simbología Convencional

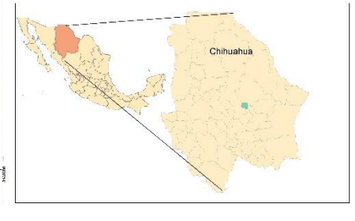
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmision
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Subcuencas | MB: 10

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



3.7 Clima

Para conocer el clima que existe en el municipio se describió conforme a la cartografía de INEGI que incluye la clasificación según Köppen modificada por Enriqueta García. Los cuales pertenecen al grupo de los climas secos, que corresponden a climas intermedios en cuanto a humedad y son considerados como una transición entre los muy secos y los semisecos. La temperatura media anual es de 17.57 ºC, una temperatura diurna de 22.26 ºC y nocturna de 12.86 ºC.; la temperatura máxima extrema de 49.0 ºC una mínima extrema de -21.5 ºC con una oscilación térmica media es de 17.71 ºC; una precipitación 23 promedio para la zona climática de 361.23 mm, con un promedio de 51 días de lluvias en el año y una máxima para 24 horas de 125.2 mm. Con base en su temperatura y su régimen de lluvia se clasifican en seco templado y seco semicálido con lluvias en verano.

TABLA 10 TIPOS DE CLIMA Y SUPERFICIE EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN (INEGI 2010)

Tipos de clima		Superficie	Porcentaje (%)
BS0hw(w)	Seco semicálido	2874.188687	5.81
BS0kw(w)	Seco templado	28150.16311	56.89
BWhw(w)	Muy seco semicálido	18453.74671	37.30
Total, general		49478.099	

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

El mapa muestra cómo se distribuye en proporciones iguales los climas BS0hw(w) en la parte oeste y BS0kw(w) en la parte este, mientras que el menos predominante en color verde solo se muestra en la parte norte y al sur del municipio.

Ya que el clima es una de los principales elementos en cuanto al comportamiento de los riesgos, se muestran en tabla los valores de las principales variables de este, de acuerdo a las estaciones meteorológicas correspondientes por su cercanía.

TABLA 11 TEMPERATURA MÍNIMA

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
-0.41	1.83	4.31	8.11	12.55	16.57	17.04	16.16	13.79	8.67	2.77	-0.47

Fuente: UNIATMOS 2012

TABLA 12 TEMPERATURA MÁXIMA

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15.85	18.99	22.28	26.43	30.50	32.89	31.15	29.45	27.65	24.98	19.89	16.00

Fuente: UNIATMOS 2012

TABLA 13 PRECIPITACIÓN MEDIA

Precipitación media
125 a 400 mm

Fuente: INEGI 2010

TABLA 14 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

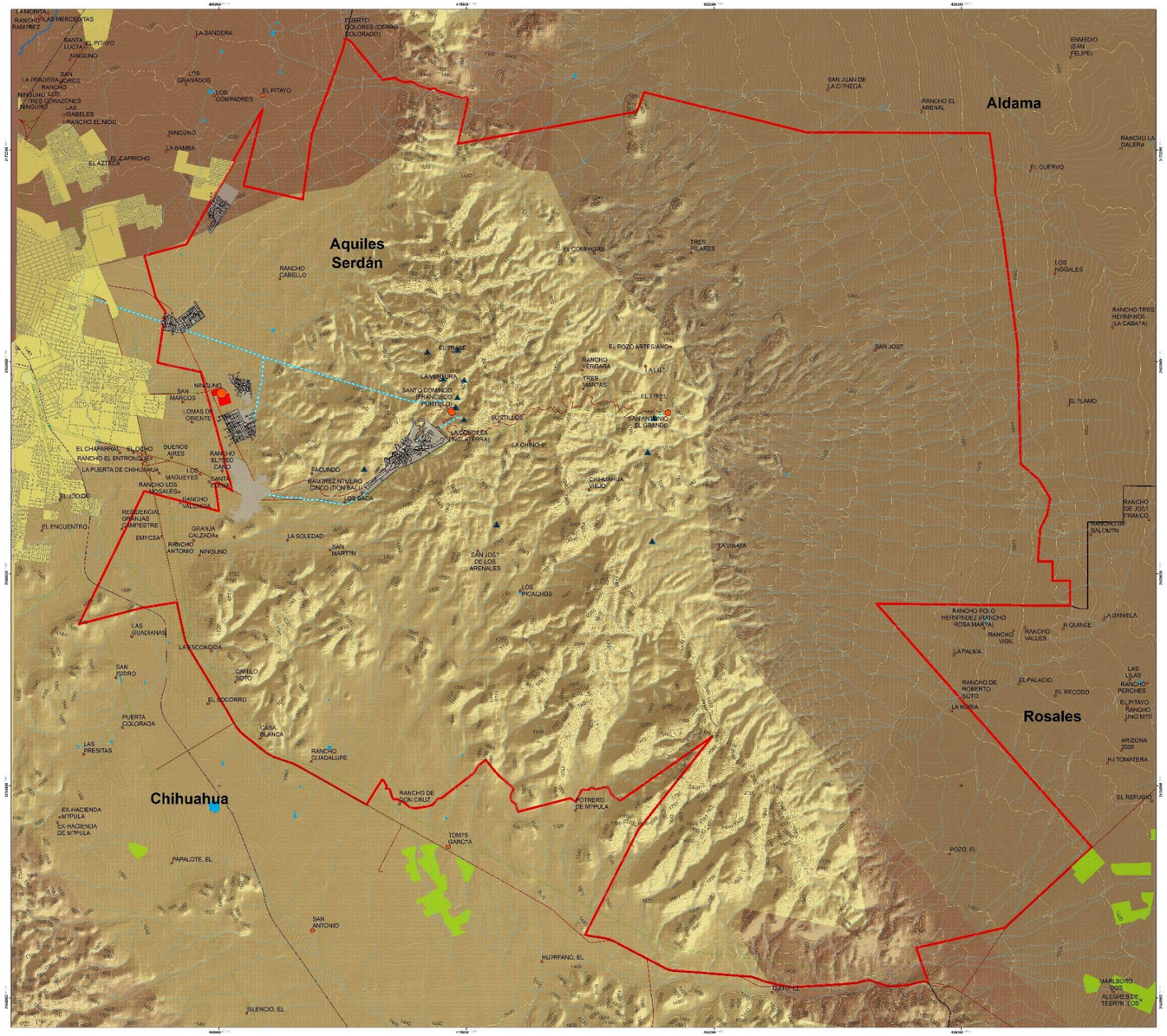
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Dirección	suroeste	suroeste	suroeste	noreste	suroeste	suroeste
Velocidad (kts)	7	8	9	9	9	8
Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Dirección	suroeste	suroeste	suroeste	suroeste	suroeste	suroeste
Velocidad (kts)	7	6	6	6	8	8

Fuente: Estación meteorológica chihuahua-aeropuerto 2014

TABLA 15 VARIACIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE ACUERDO A LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Altitud	Presión (kPA)
1000	1376634
1200	2356499
1400	4862936
1600	589510
1800	3715910
2000	2936730

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Clave

- BS0hw(w)
- BS0kw(w)
- BS1kw(w)
- BWhw(w)

Simbología Convencional

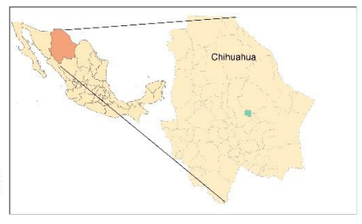
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Via Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Clima | MB: 02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Cañevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



De acuerdo a lo observado en el mapa anterior, las claves observadas que corresponden a la clasificación hecha por Enriqueta Garcia, la cual se describe a continuación:

Grupo climático	Clave	Características
Seco semicálido	BS0hw(w)	BS, estepario, 0, seco, h, semicálido, w, de verano, (w), < 5, entre 18 y 22, < 18, N/A, invierno fresco
Seco templado	BS0kw(w)	BS, estepario, 0, seco, k, templado, w, de verano, (w), < 5, entre 12 y 18, entre - 3 y 18, > 18, verano cálido
Semiseco templado	BS1kw(w)	BS, estepario, 1, semiseco, k, templado, w, de verano, (w), < 5, entre 12 y 18, entre - 3 y 18, > 18, verano cálido
Muy seco semicálido	BWhw(w)	BW, desértico, N/A, N/A, h, semicálido, w, de verano, (w), < 5, entre 18 y 22, < 18, N/A, invierno fresco

3.8 Uso de suelo y vegetación

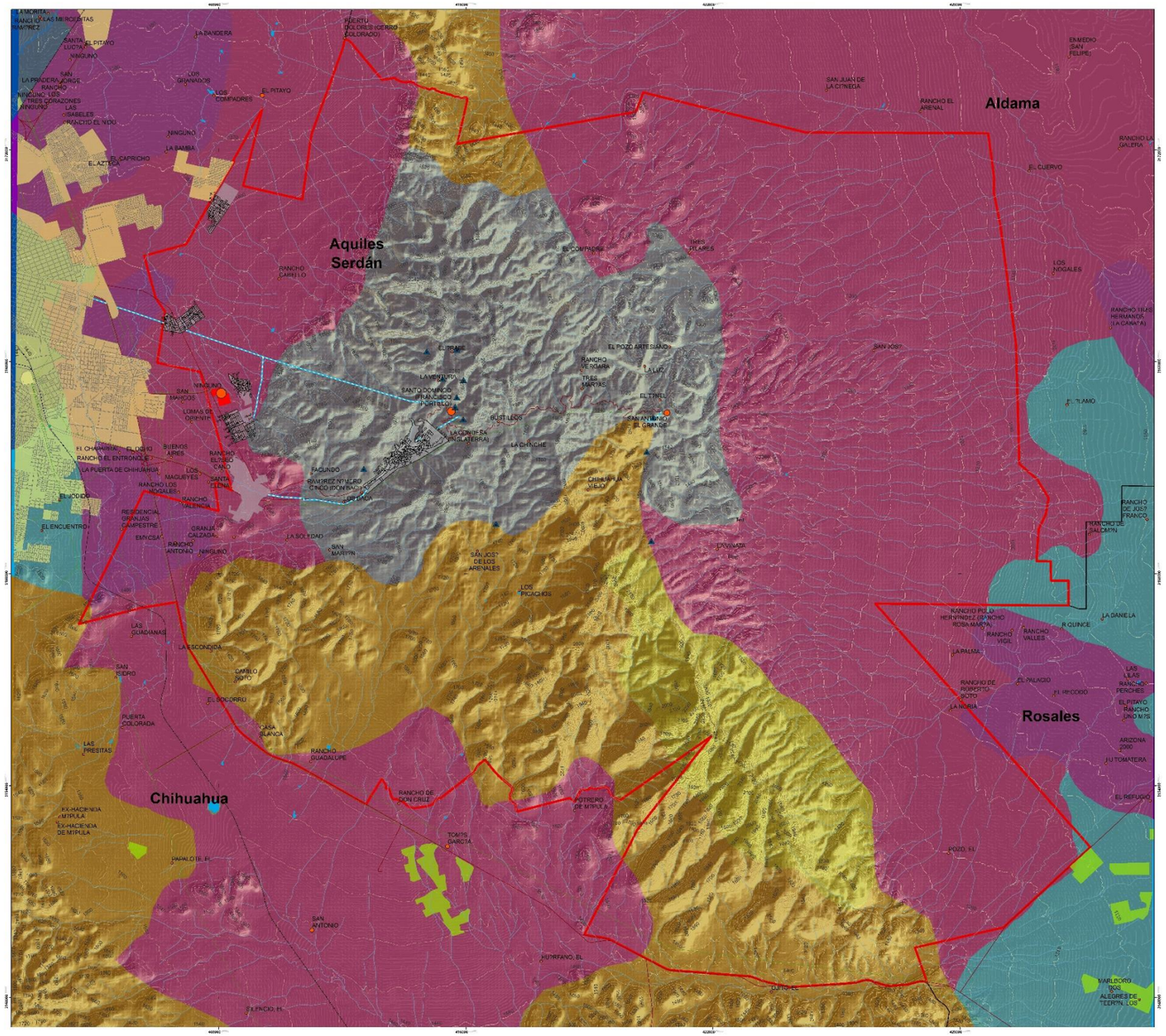
En el municipio de Aquiles Serdán se identifica 2 usos de suelo de agricultura y 4 tipos de vegetación. Sin embargo, de acuerdo a las estadísticas que emite SAGARPA no se muestran datos de su producción agrícola. Para conocer la superficie que ocupa cada uno se muestra la siguiente tabla y debajo el mapa con la distribución.

TABLA 16 USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Tipo y uso de suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de Riego	721.50	1.46
Agricultura de Temporal	260.17	0.53
Bosque de Encino-Pino	3370.12	6.81
Matorral Desértico Micrófilo	24090.87	48.69
Matorral Desértico Rosetófilo	10049.39	20.31
Pastizal Natural	10986.01	22.20
Total, general	49478.099	

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

Los usos agrícolas se observan en el mapa como solo una porción de grandes extensiones que se ubican en los municipios que colindan con este, mientras que en la región centro-norte y en los costados es de tipo matorral y una franja en el norte y en sur de pastizal.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Uso de suelo

- Agricultura de Riego
- Agricultura de Temporal
- Area Urbana
- Bosque de Encino-Pino
- Cuerpo de Agua Peranne interior
- Matorral Desertico Microfilo
- Matorral Desertico Rosetofilo
- Pastizal Halofilo
- Pastizal Natural

Simbología Convencional

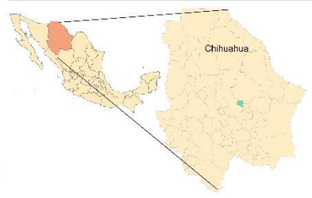
- Mina
- Calles
- Aquiles Serdán
- **Localidades**
- Via Ferrea
- 1150 - 1440
- **Numero hab**
- Lineas transmisión
- 1441 - 1580
- 0 - 9
- Carretera Estatal
- 1581 - 1720
- 10 - 28
- Carretera Federal
- 1721 - 1900
- 29 - 133
- Reclusorio
- 1901 - 2260
- 134 - 399
- Area de cultivo
- 400 - 2010
- Cuerpos de agua
- Puente
- Subestación Eléctrica
- Acueducto
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih

Uso de suelo | **MB: 11**

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



4. **Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.**

4.1 Dinámica demográfica

El estudio de la demografía permite determinar cómo las poblaciones se forman, conservan y desaparecen. El comportamiento demográfico de la población se encuentra establecido por la dinámica de sus elementos, como lo son la fecundidad, mortalidad y migración, tanto al interior como al exterior del territorio.

4.1.1 Análisis comparativo

El análisis de los esquemas demográficos, como su estructura y su distribución, permite generar la instrumentación de acciones encaminadas al desarrollo económico y social en búsqueda de mejorar las condiciones de vida de la población. (Gobierno Federal, 20132018)

La distribución de la población en el estado de Chihuahua, para junio del 2010, según el XIII Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI arrojó que el municipio de Aquiles Serdán tenía una población de 10,688 habitantes, es decir el 0.31% de la población total del estado de Chihuahua. Por otro lado, Santa Eulalia, cabecera municipal alojaba una población de 7,135 habitantes, concentrando el 66.76% de la población del municipio.

TABLA 17 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y COMPARATIVA PORCENTUAL DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN Y EL ESTADO DE CHIHUAHUA, 2010.

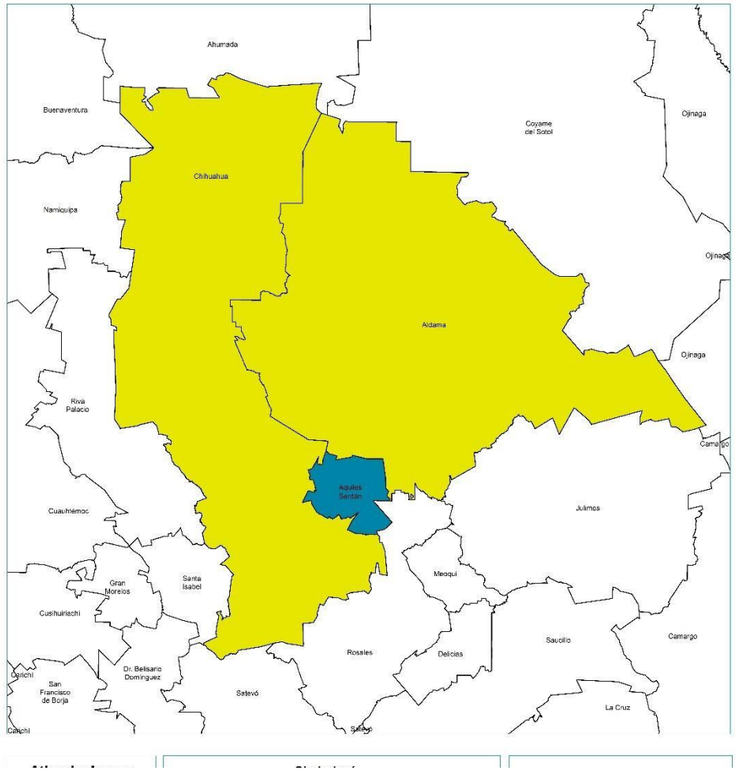
Municipio	Población total1	%	Sexo			
			Hombres	% Hombres	Mujeres	% Mujeres
Estado	3,406,465		1,692,545		1,713,920	
Aquiles Serdán	10,688	0.31%	6,272	0.37%	4,416	0.26%

Fuente: Elaboración propia con datos del XII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

El municipio de Juárez y municipio de Chihuahua en su conjunto con datos del 2010 alojan al 63.1 % de la población total del estado de Chihuahua. Dicha distribución sobre el territorio chihuahuense, se suele asociar al patrón de alta concentración poblacional en los núcleos urbanos altamente desarrollados, que contrasta con la enorme dispersión en zonas rurales o núcleos urbanos menos desarrollados.

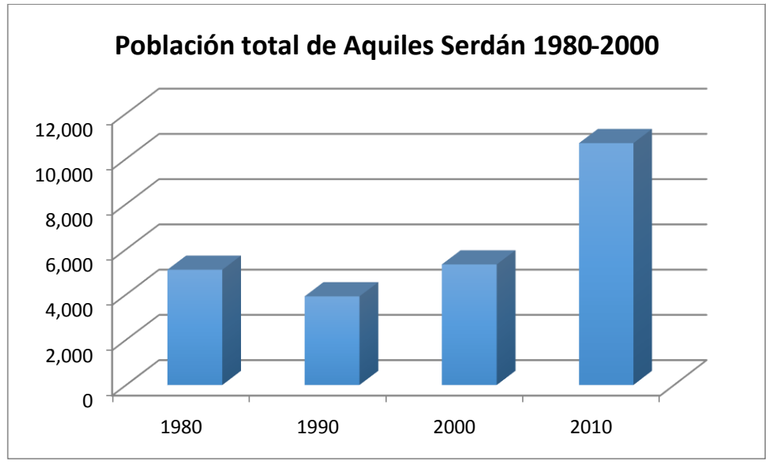
A lo largo de cuatro décadas han sido los mismos cinco municipios los que han concentrado la mayor población del estado. En primer lugar, se encuentra el municipio de Juárez, seguido de Chihuahua, Cuauhtémoc, Delicias e Hidalgo del Parral; estos cinco han reunido más del 50% del total de la población, esta ordenanza se presenta desde 1970 hasta el 2010.

En 1970, estos cinco municipios concentraban el 55.45% de la población, una década después el 60.88%; el 67.01% para 1990, sin embargo, ya para las últimas dos décadas de análisis sobrepasaron el 70%, con 73.11% y 74.89% para el 2000 y 2010 respectivamente. De acuerdo a estas zonas metropolitanas se muestra el siguiente mapa para conocer la localización de las mismas.



El mayor crecimiento para el municipio de Aquiles Serdán se dio entre 2000 y 2010, donde tuvo una tasa de crecimiento anual del 100.7% dado que, entre estas dos fechas, la población se duplicó (pasó de 5,327 a 10,688), mientras que su tasa más baja fue para el año 1990, con una tasa de -23.1% entre 1980 y 1990 (la población pasó de 5,092 habitantes a 3,916).

Grafica 1 Población total



Fuente: Elaboración propia con datos varios Censos de Población y Vivienda 1970-2010, INEGI.

La dinámica de crecimiento poblacional ha presentado cambios en diferente intensidad. En 1910 en todo el territorio mexicano se sufrió bajas o pérdidas de población derivadas del movimiento revolucionario, mismo que ocasionó tasas de crecimiento negativas.

Periodos consecuentes las tasas se manifestaban ascendentemente, a partir del setenta la población siguió un ritmo de crecimiento en desaceleración. Todos los cambios que se generan tienen relación con el proceso económico, patrones de distribución de la población asociados a su vez con la modernidad y la globalización.

Las proyecciones de población son estimaciones del tamaño y composición futura de una población cuya finalidad es proveer indicadores y brindar escenarios acerca del crecimiento y la evolución de los componentes del cambio demográfico, bajo los supuestos de que determinadas pautas en los fenómenos demográficos se mantendrán durante un periodo de tiempo. Dichos supuestos incorporan tanto las tendencias observadas en el pasado reciente, como las metas posibles de alcanzar mediante la instrumentación de políticas públicas, las cuales buscan armonizar el desarrollo económico, social y humano. (CONAPO, 2012).

Según datos de la CONAPO el municipio de Aquiles Serdán llegará a tener una población de 17,028 personas para el año 2030, lo que significa una tasa de crecimiento del 54.1% entre 2010 y 2030.

La tabla 18 nos muestra que solo la cabecera municipal es importante para generar proyecciones de población ya que las demás localidades no tienen la suficiente población, es decir no son localidades urbanas. Como se puede observar en la tabla, la población que vive en el resto de las localidades disminuirá a lo largo de los años, según la proyección de CONAPO.

TABLA 18 PROYECCIONES DE POBLACIÓN 2010 -2030 EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN Y SUS LOCALIDADES.

Año	Municipio	Localidad	CERESO	Resto de las localidades
	Aquiles Serdán	Santa Eulalia		
2010	11,052	7,378	2,078	1,596
2011	11,892	8,051	2,218	1,623
2012	12,618	8,658	2,333	1,628
2013	13,217	9,187	2,420	1,610
2014	13,723	9,656	2,488	1,578
2015	14,149	10,075	2,539	1,535
2016	14,511	10,451	2,575	1,485
2017	14,824	10,793	2,601	1,430
2018	15,095	11,106	2,617	1,372
2019	15,332	11,394	2,626	1,312
2020	15,542	11,661	2,628	1,252
2021	15,732	11,913	2,626	1,193
2022	15,908	12,154	2,620	1,135
2023	16,073	12,384	2,611	1,078
2024	16,229	12,607	2,599	1,023
2025	16,377	12,822	2,585	970
2026	16,519	13,030	2,569	919
2027	16,654	13,232	2,551	871
2028	16,784	13,428	2,532	824
2029	16,908	13,618	2,511	779
2030	17,028	13,803	2,489	736

Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo Nacional de Población, CONAPO.
Nota: “Se seleccionaron las localidades para las que se estima que en cualquier año del periodo de prospección alcancen los 2,500 habitantes” (CONAPO)

El municipio de Aquiles Serdán cuenta con 156 localidades, de las cuales sólo la cabecera municipal es considerada una localidad urbana debido a la población con la que cuenta. Las demás 155 localidades oscilan entre una persona y 7,378 personas, lo que muestra la disparidad entre una localidad y otra. La dispersión de la población conlleva al rezago de algunas comunidades lejanas, lo que complica dotar a estas poblaciones con los servicios de infraestructura necesaria.

TABLA 19 LOCALIDADES CON MAYOR POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN, 2010

Localidad	Población
Santa Eulalia	7,135
CERESO	2,010

San Guillermo (Santa Elena)	979
Santo Domingo (Francisco Portillo)	399
San Antonio El Grande	133
Rancho baca	9
La Soledad	6
Facundo	4
El Pozo	4
La Ventura	4
La Noria	2
Rancho casa Blanca	1
Total	10,686

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

En el siguiente mapa se muestra los mismos datos de la tabla anterior.

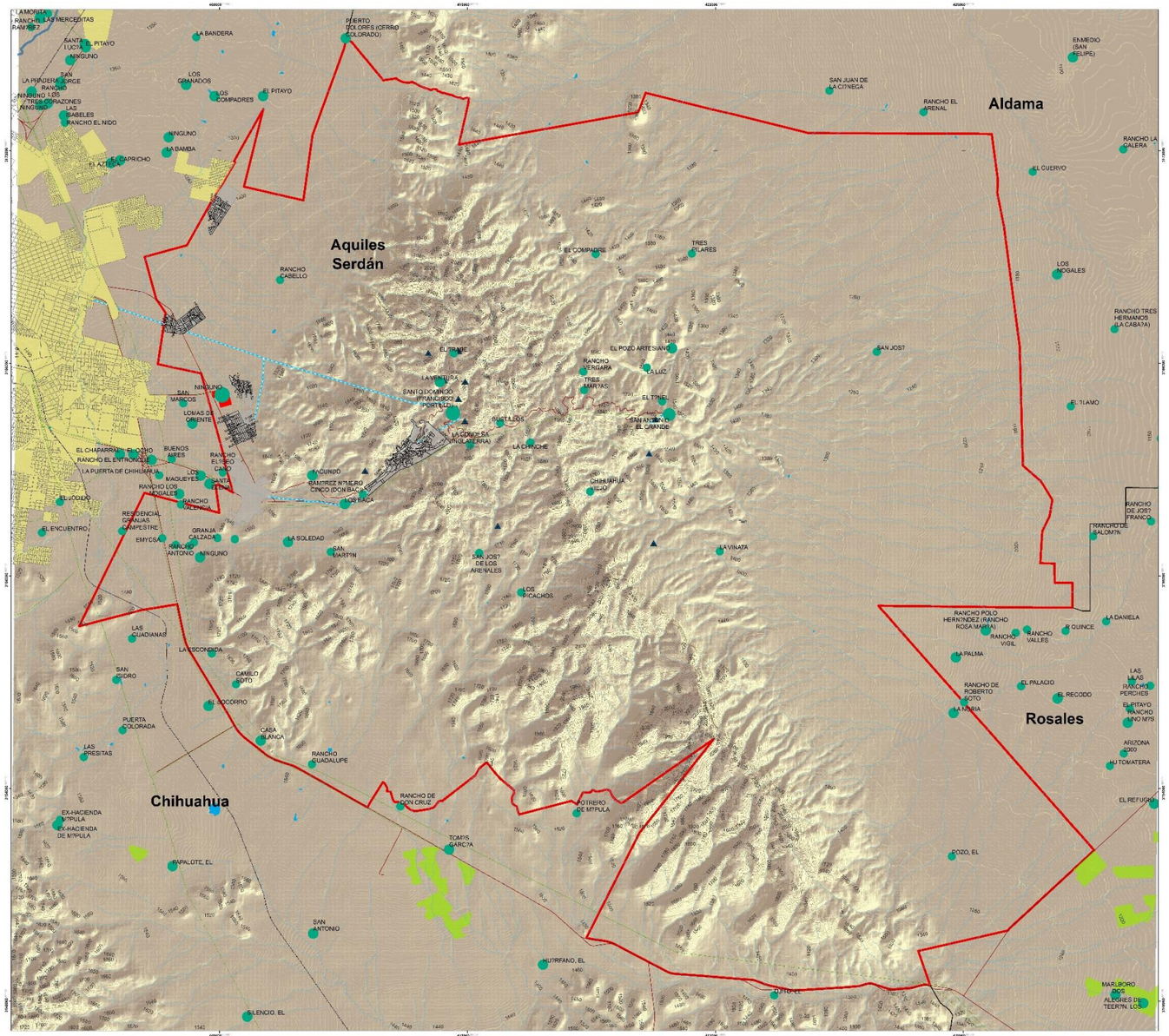
El estudio del espacio y de cómo la población se distribuye y se establece permite buscar soluciones para poder contrarrestar la desigualdad y disminuir costos, que a su vez se verán reflejados en una mayor calidad de vida para todos y cada uno de los habitantes. La relación que existe entre un espacio determinado y el número de personas que lo habitan, se define como la densidad de población. (INEGI, s.f.) Para generar este indicador es necesario dividir el número de habitantes entre la superficie de un área determinada. En la cartografía de INEGI por AGEB se muestra los datos de la población por manzana y se representa en el siguiente mapa:

TABLA 20 DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

2000	2010
10.74	21.6

Fuente: Elaboración propia con datos varios Censos y Conteos de Población y Vivienda 19952010, INEGI.

El municipio de Aquiles Serdán es uno de los municipios más pequeños del estado de Chihuahua, con una superficie de 495.79 kilómetros cuadrados, la cual representa el 0.50% de la superficie total del estado. En cuanto a la densidad de población del municipio, era de 10.74 en 2000 y de 21.6 en 2010, lo que muestra que la población en el municipio aumentó de manera significativa en 10 años. La densidad de población es uno de los indicadores que proporcionan información sobre la intensidad del uso del suelo o territorio y es de vital importancia para identificar la situación en la materia y así generar los lineamientos necesarios para re densificar o densificar las áreas necesarias, ya que la expansión del territorio y por lo tanto la disminución de la densidad trae consigo factores ajenos a la población, como los ya mencionados; la falta de dotación de los servicios básicos, altos costo de transportación, la inseguridad entre otros.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población

- 0
- 1 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

Simbología Convencional

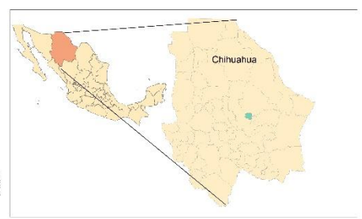
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

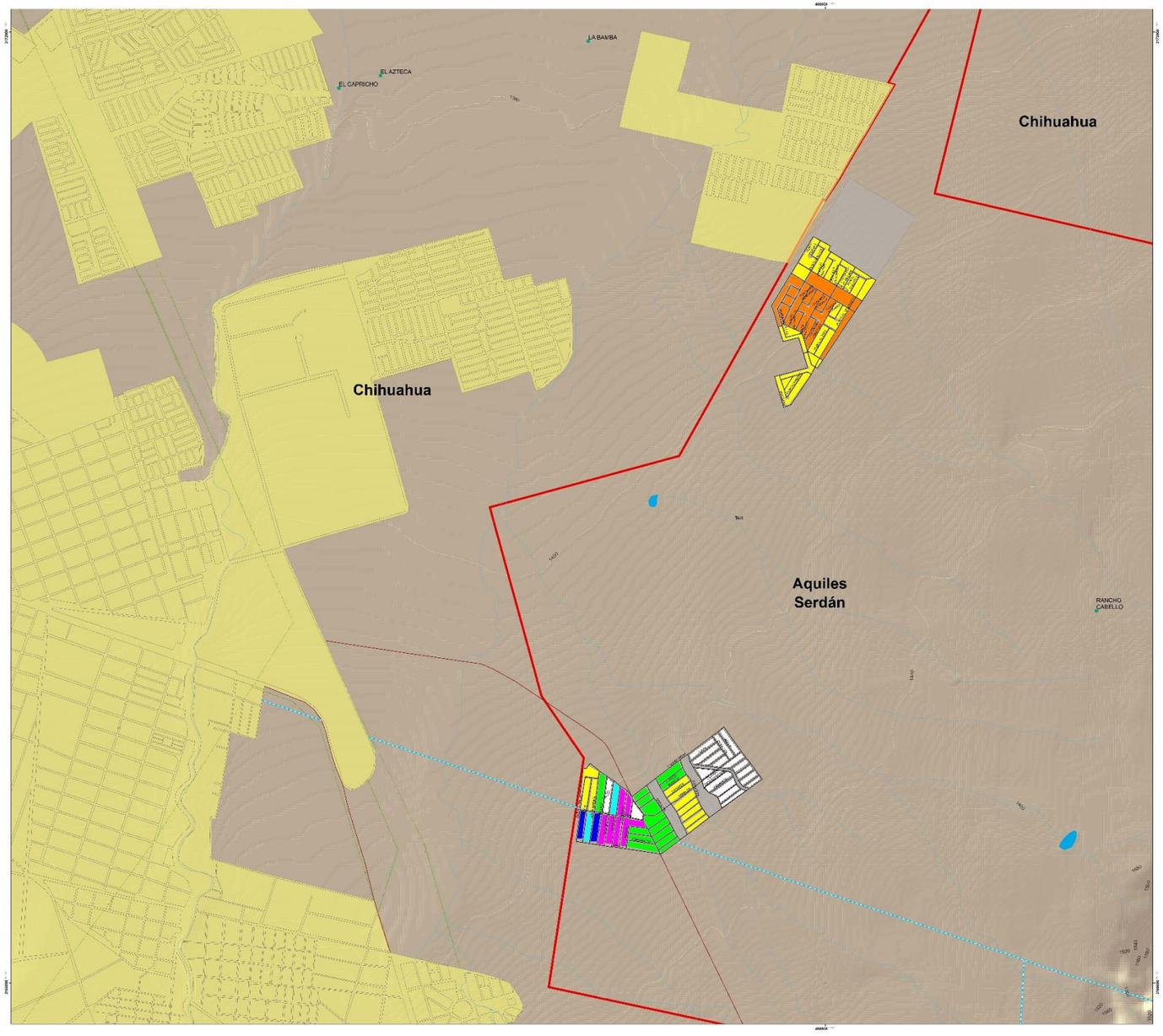
Población por localidad	MB: 12

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 900 1,800 2,800 3,700 4,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población
Población por localidad

0 - 9

Población por manzana

- 0.00 - 21.00
- 21.00 - 53.91
- 53.91 - 76.04
- 76.04 - 98.79
- 98.79 - 120.92
- 120.92 - 142.43
- 142.43 - 163.95
- 163.95 - 184.85

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

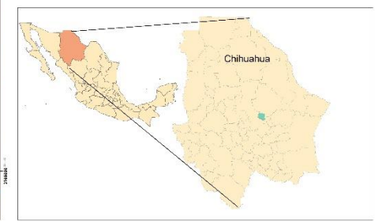
Población por localidad

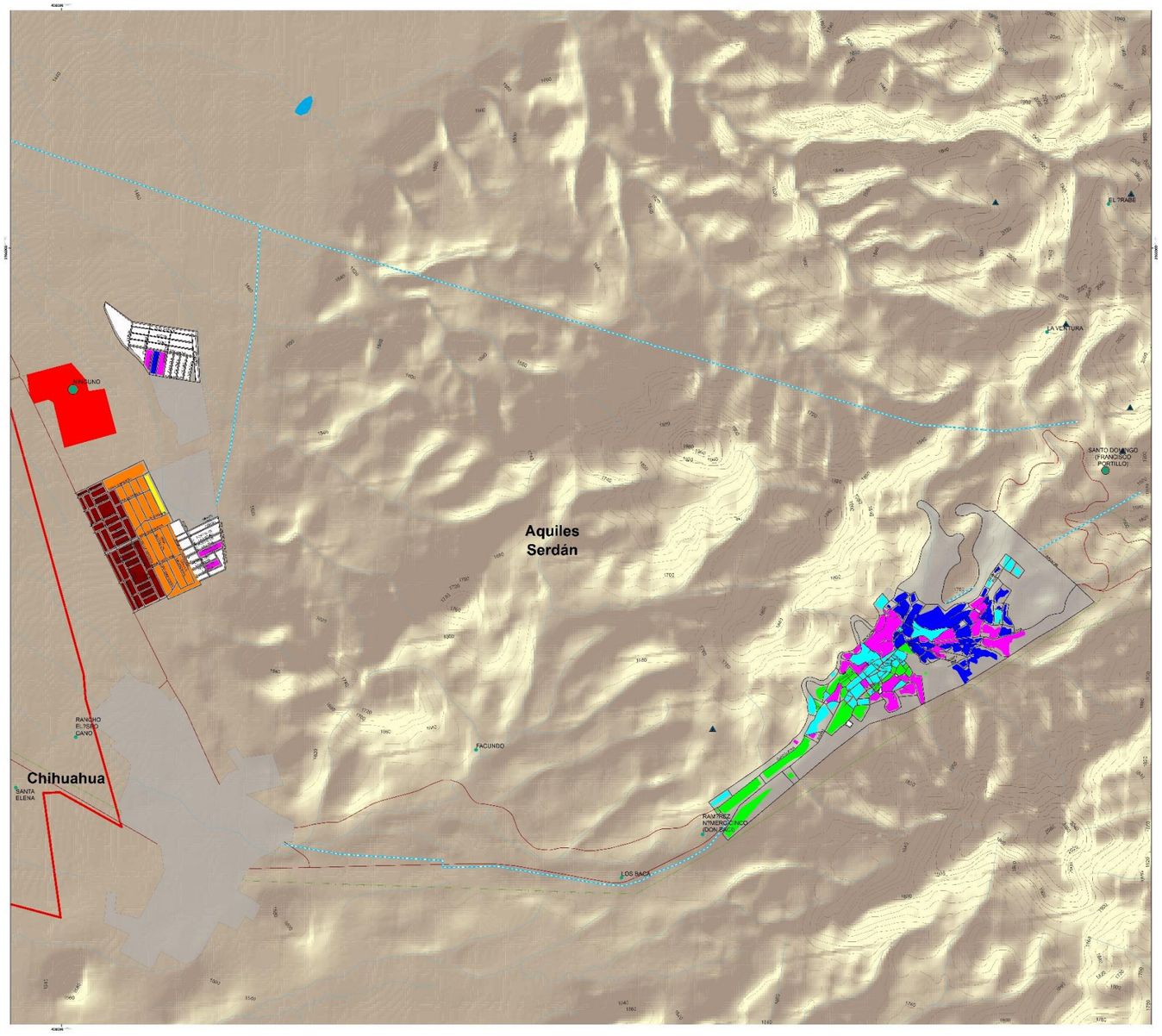
MB: 12.1

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 210 420 840 1,260 1,680 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población
Población por localidad
- 0 - 9
- 134 - 399
- 400 - 2010

Población por manzana
- 0.00 - 21.00
- 21.00 - 53.91
- 53.91 - 76.04
- 76.04 - 98.79
- 98.79 - 120.92
- 120.92 - 142.43
- 142.43 - 163.95
- 163.95 - 184.85

Simbología Convencional

- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

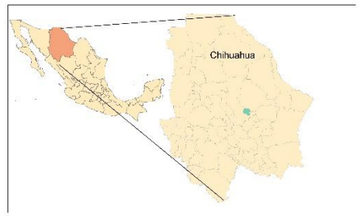
Población por localidad

MB: 12

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 215 430 860 1,290 1,680 Meters



4.2 Características sociales

4.2.1 Educación

La educación es uno de los principales vértices de la competitividad de todo país o región, ya que constituye una medida de la calificación de la mano de obra con que cuenta un determinado ámbito geográfico que, entre otros aspectos, le permiten adoptar nuevas tecnologías y adaptarlas a las necesidades de la planta productiva local.

Una medida habitualmente examinada en materia educativa es el porcentaje de personas que saben leer y escribir respecto del total de la población; es decir, la tasa de alfabetismo.

De acuerdo al XIII Censo de Población y Vivienda 2010 en el municipio hay 87 personas de 15 años y más que no saben leer ni escribir, lo que representa el 1.6% de la población total en ese rango de edad.

En las siguientes tablas, sólo aparecen las localidades para las cuales contamos con información. Para las otras localidades, los datos son nulos o no contamos con la información.

TABLA 21 PORCENTAJE DE POBLACIÓN ANALFABETA EN LAS LOCALIDADES DE AQUILES SERDÁN

Nombre de la localidad	Población	Porcentaje
San Antonio El Grande	0	0%
San Guillermo (Santa Elena)	19	2.9%
Santa Eulalia	58	1.3%
Santo Domingo (Francisco Portillo)	10	3.5%
Total	87	1.6%

Fuente: Elaboración propia con datos varios Censos y Conteos de Población y Vivienda 2010, INEGI.

El 7.96% de la población de 15 años y más de Aquiles Serdán asiste a la escuela, esto quiere decir que quienes están en edad de cursar el nivel bachillerato son muy pocos en asistir a la escuela, como se puede observar en la tabla 22.

TABLA 22 POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS QUE ASISTE A LA ESCUELA, 2010

Nombre de la localidad	Población que asiste a la escuela	Porcentaje
San Antonio El Grande	2	2.5%
San Guillermo (Santa Elena)	52	8.1%
Santa Eulalia	353	7.8%
Santo Domingo (Francisco Portillo)	31	11%
Total	438	7.96%

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

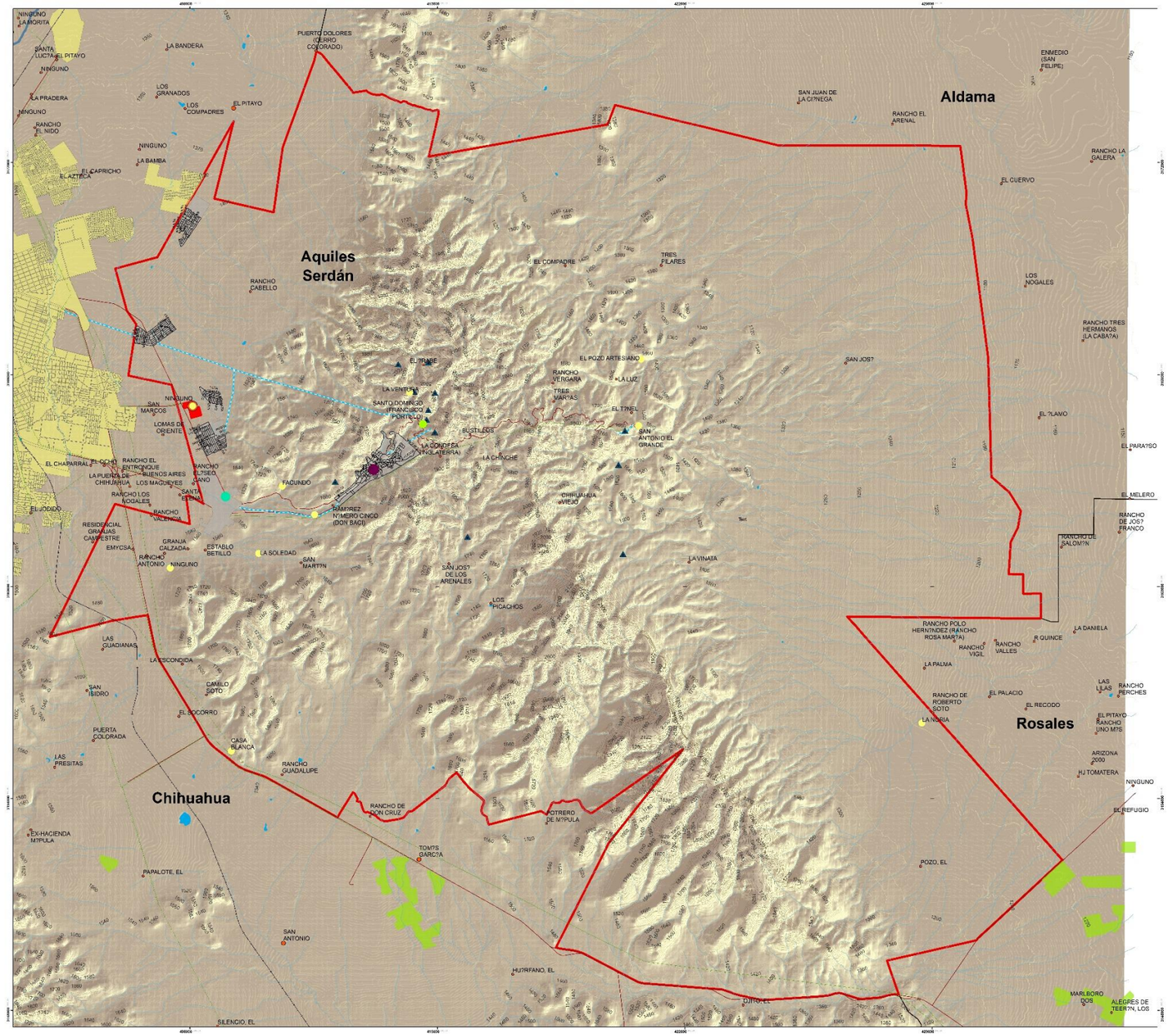
El grado promedio de escolaridad permite conocer el nivel de educación de una población determinada. Al año 2010 el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más fue de 8.2 para el municipio, lo que equivale a poco más del segundo año de secundaria. Cabe mencionar que el grado promedio de 2010 es superior a los grados de 2005 (que corresponde a primer año de secundaria), con lo cual se puede decir que la asistencia escolar en el municipio de Aquiles Serdán es cada vez mayor.

TABLA 23 GRADO PROMEDIO DE ESCOLARIDAD PARA LOS AÑOS 2005 Y 2010

Nombre de la localidad	2005	2010
Facundo	6.5	*
Rancho Baca	*	7.33
San Antonio El Grande	6.47	8.1
San Guillermo (Santa Elena)	6.88	8.23
Santa Eulalia	7.26	8.7
Santo Domingo (Francisco Portillo)	7.88	8.63
Total	7	8.2

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2005 y 2010

Sólo cuatro municipios superan el promedio estatal el cual es de 8.82: Chihuahua con 10.36, Hidalgo del Parral 9.35, Delicias y Juárez con 9.26 y 9.03 respectivamente. En estos cuatro municipios, los altos promedios muestran que su población de 15 años y más ya terminó la educación secundaria. El promedio de escolaridad de Aquiles Serdán se encuentra por debajo del promedio estatal.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población

- 0
- 1 - 10
- 11 - 19
- 20 - 58

Simbología Convencional

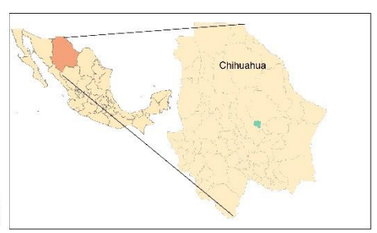
- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

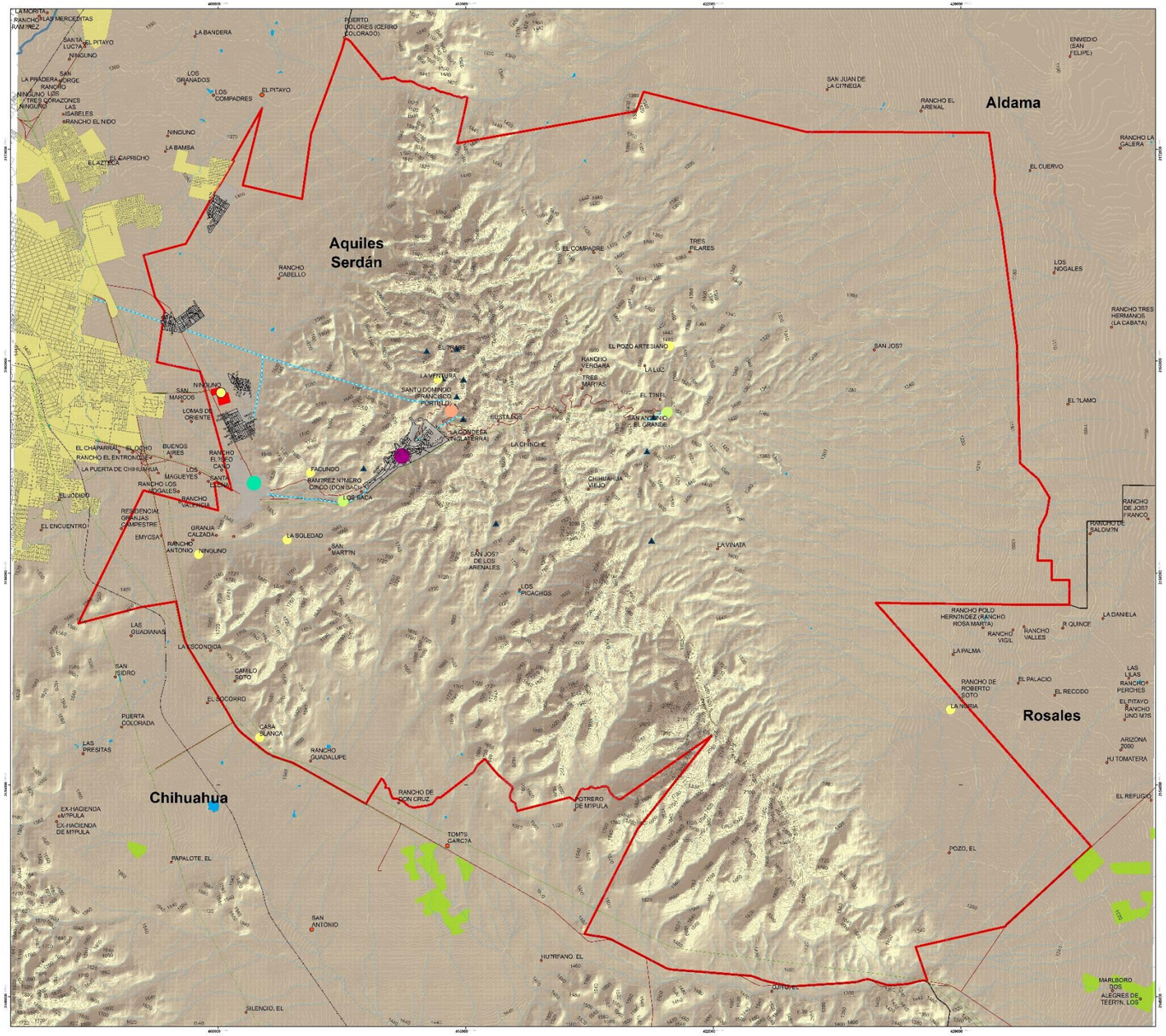
Población analfabeta	MB: 13

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población

- 0
- 1 - 6
- 7 - 35
- 36 - 73
- 74 - 340

Simbología Convencional

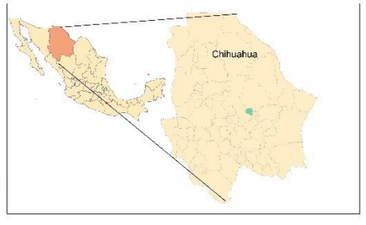
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Población sin escolaridad	MB: 14

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



4.2.2 Población con discapacidad

En el municipio de Aquiles Serdán, según el Censo de Población y Vivienda 2010, existen 350 personas con alguna discapacidad lo que equivale al 3.28% del total de la población. Las limitaciones motoras son el tipo de discapacidad de mayor presencia (el 67.1%); siguen los problemas de vista con un 37.4.3%, las limitaciones mentales con un 29.4%, los problemas auditivos con un 19.4% y las limitaciones de lenguaje con un 14.28%.

TABLA 24 POBLACIÓN CON ALGUNA DISCAPACIDAD, 2010

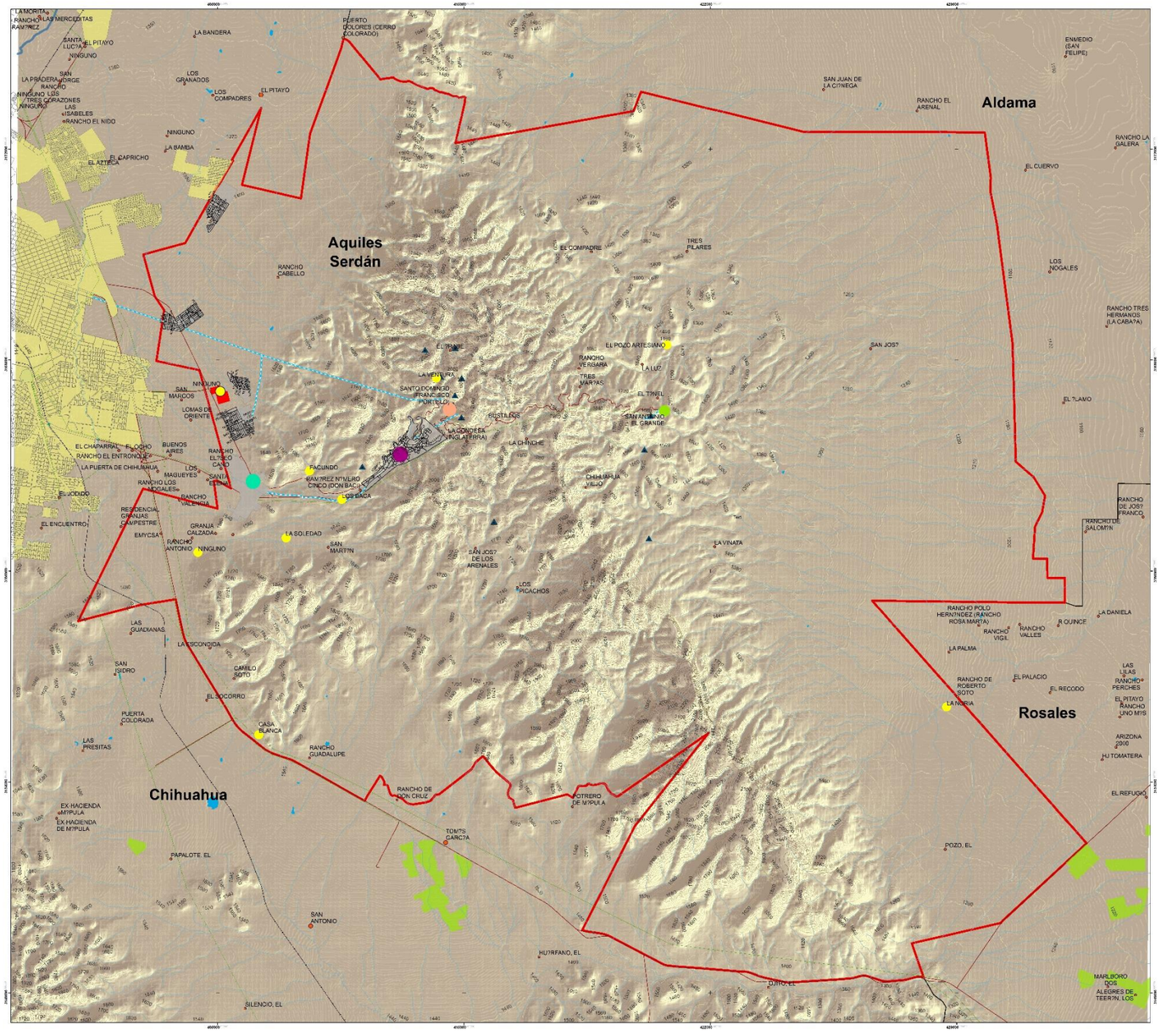
Nombre de la localidad	Con discapacidad	Con disc. motor	Con disc. visual	Con disc. leng	Con disc. Aud	Con disc. ment
San Antonio El Grande	2	0	2	0	0	0
San Guillermo (Santa Elena)	48	23	19	0	7	7
Santa Eulalia	268	196	100	49	59	88
Santo Domingo (Francisco Portillo)	32	16	10	1	2	8
Total, general	350	235	131	50	68	103

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

Nota: La suma de los distintos tipos de limitaciones puede ser mayor al total debido a la población que presenta más de una limitación.

4.2.3 Población indígena

En el municipio de Aquiles Serdán, según el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, la población que habla alguna lengua indígena y no habla español es nula, sin embargo, una menor proporción de la población habla alguna lengua indígena como se puede observar en el siguiente mapa.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de población

- 0
- 1 - 2
- 3 - 32
- 33 - 48
- 49 - 268

Simbología Convencional

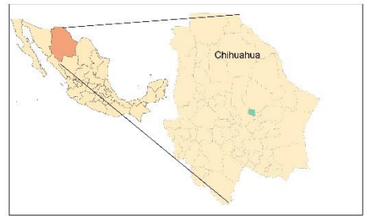
- Mina
- Localidades
- Numero hab
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdan
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

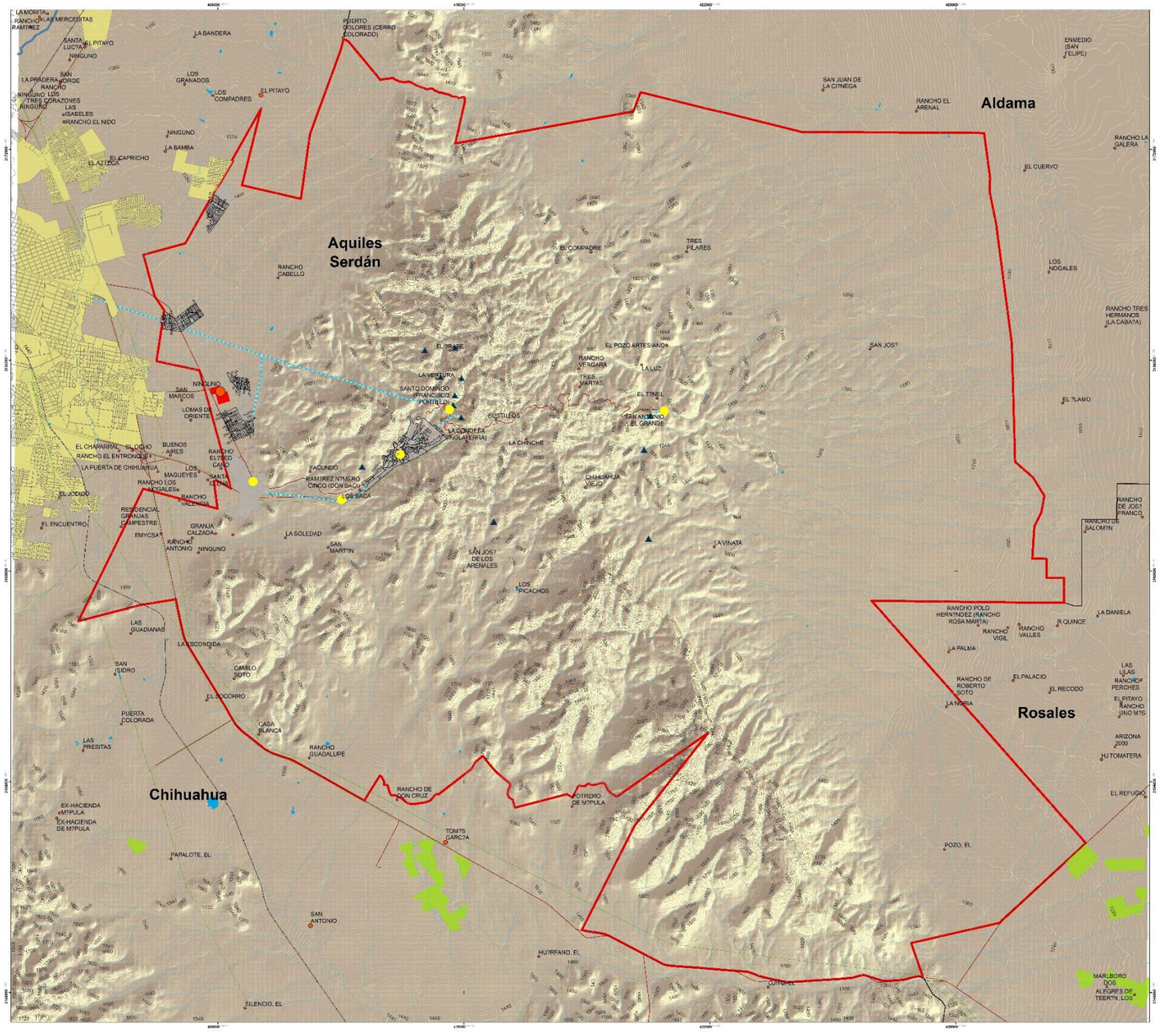
Población con discapacidad	MB: 15

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

- Localidades con población indígena

Simbología Convencional

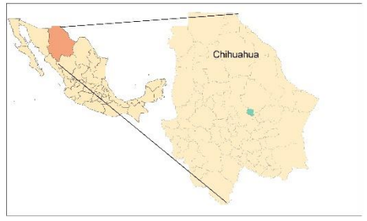
Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

Población indígena	MB: 16

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 960 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



4.2.4 Salud

La siguiente tabla nos muestra el porcentaje de la población a nivel localidad que no cuenta con servicio de salud. La localidad de San Antonio El Grande es la más afectada: un 15.8% de su población no es derechohabiente.

TABLA 25 POBLACIÓN SIN DERECHOHABIENCIA, 2010

Nombre de la localidad	Sin derechohabiencia	Porcentaje de la población
San Antonio El Grande	21	15.79%
San Guillermo (Santa Elena)	114	11.64%
Santa Eulalia	909	12.74%
Santo Domingo (Francisco Portillo)	46	11.53%

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

En cuanto al personal médico, según datos de INEGI, en 2000 el municipio de Aquiles Serdán contaba con 10 médicos, lo que da una tasa de 0.94 médicos por cada mil habitantes. Esta cifra sigue disminuyendo desde aquella fecha: para 2005, el municipio contaba con 9 médicos (0.84 por mil habitantes), 8 para 2010 (0.75 por mil habitantes) y 7 en 2011 (0.65 por mil habitantes). Cabe mencionar que, a nivel estatal, hay 112.1 médicos por mil habitantes, lo que muestra el rezago del municipio de Aquiles Serdán a nivel de salud.

TABLA 26 MÉDICOS POR CADA 1,000 HABITANTES

	2000	2005	2010	2011
Municipio de Aquiles Serdán	0.94	0.84	0.75	0.65

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

La tasa de mortalidad es otro factor primordial. En 2013, la tasa de mortalidad del estado de Chihuahua era de 6.13 y la del municipio de Aquiles Serdán de 3.71.

TABLA 27 TASA DE MORTALIDAD

	2013
Estado de Chihuahua	6.13
Municipio de Aquiles Serdán	3.71

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

4.2.6 Población de habla indígena

En el municipio, la población que habla alguna lengua indígena y no habla español es nula, sin embargo, la siguiente tabla muestra que una ínfima proporción de la población del municipio de Aquiles Serdán habla una lengua indígena.

TABLA 28 PORCENTAJE DE POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS DE HABLA INDÍGENA, 2010

Nombre de la localidad	Porcentaje de pob. de 3 años y más de habla indígena
San Antonio El Grande	0.8%
San Guillermo (Santa Elena)	0.5%
Santa Eulalia	0.3%
Santo Domingo (Francisco Portillo)	0%

Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

4.2.7 Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)

El hacinamiento en el municipio de Aquiles Serdán se encuentra por debajo del promedio de la ciudad de Chihuahua (1.1 en 2000, según un estudio sobre la evaluación de la vivienda elaborado por el Colegio de la Frontera Norte y el Instituto Municipal de Planeación de Chihuahua, IMPLAN). Cabe agregar que la ciudad de Chihuahua es la segunda ciudad del norte con el promedio más bajo (la primera siendo Saltillo con un promedio de 1 y las últimas, Acuña y Matamoros con un promedio de 2.1) y que el municipio de Aquiles Serdán se encuentra también por debajo del promedio nacional, que era de 1.6 en el año 2000.

TABLA 29 PROMEDIO DE OCUPANTES POR CUARTO

Nombre de la localidad	Promedio ocupante/cuarto
San Antonio El Grande	1.01
San Guillermo (Santa Elena)	0.87
Santa Eulalia	1.10
Santo Domingo (Francisco Portillo)	0.87
Rancho Baca	0.82

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

4.3 Características de la vivienda

TABLA 30 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA POR LOCALIDAD, 2010

	Viviendas part. habitadas	Viviendas part de uso temporal	Prom. ocupantes en viviendas part. hab.	Viviendas part. hab. con piso no de tierra	Viviendas part. hab. con piso de	Viviendas part. hab. con un solo cuarto	Viviendas part. hab. con 2 cuartos	Viviendas part. hab. con 3

					tierra			cuartos y más
San Antonio	37	56	3.59	34	0	0	2	32
Santo Guillermo	249	90	3.54	246	2	9	29	208
Santa Eulalia	1,926	357	3.54	1,887	20	143	265	1,480
Santo Domingo	100	18	3.90	98	1	0	7	92
Rancho baca	3	1	3.00	3	0	0	1	2
Total	2,315	522	3.51	2,268	23	152	304	1,814

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

TABLA 31 CONTINUACIÓN

	Viviendas part. hab. sin elect.	Viviendas part. hab. sin agua entubada	Viviendas part. bab. sin drenaje	Viviendas part hab. sin ningún bien	Viviendas part. hab. con radio	Viviendas part. hab. con televisor
San Antonio	0	0	0	0	30	35
Santo Guillermo	0	1	4	0	220	246
Santa Eulalia	4	9	24	2	1,671	1,882
Santo Domingo	2	2	5	1	86	97
Rancho Baca	0	0	0	0	3	3
Total	6	12	33	3	2,010	2,263

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

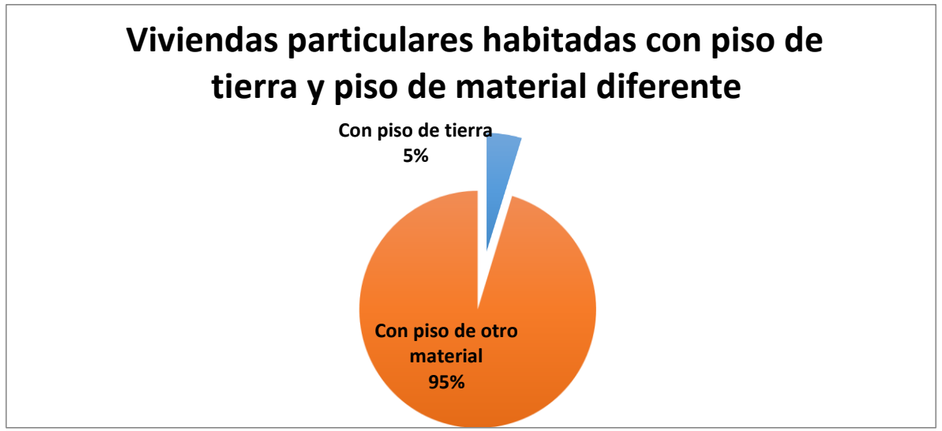
TABLA 32 CONTINUACIÓN

	Viviendas part. hab. con refrigerador.	Viviendas part. hab. con lavadora	Viviendas part. hab. con automóvil o camioneta	Viviendas part. hab. con computadora	Viviendas part. hab. con línea telefónica fija	Viviendas part. hab. con celular	Viviendas part. hab. con Internet
San Antonio	32	24	19	2	0	25	2
Santo Guillermo	243	226	177	64	100	96	12
Santa Eulalia	1,859	1,649	1,154	374	470	1,639	109
Santo Domingo	93	88	54	31	24	77	4
Rancho Baca	3	3	3	0	1	3	0
TOTAL	2,230	1,990	1,407	471	595	1,840	127

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

4.3.1 Pisos de tierra

Grafica 1 Viviendas particulares habitadas con piso de tierra y de otro material



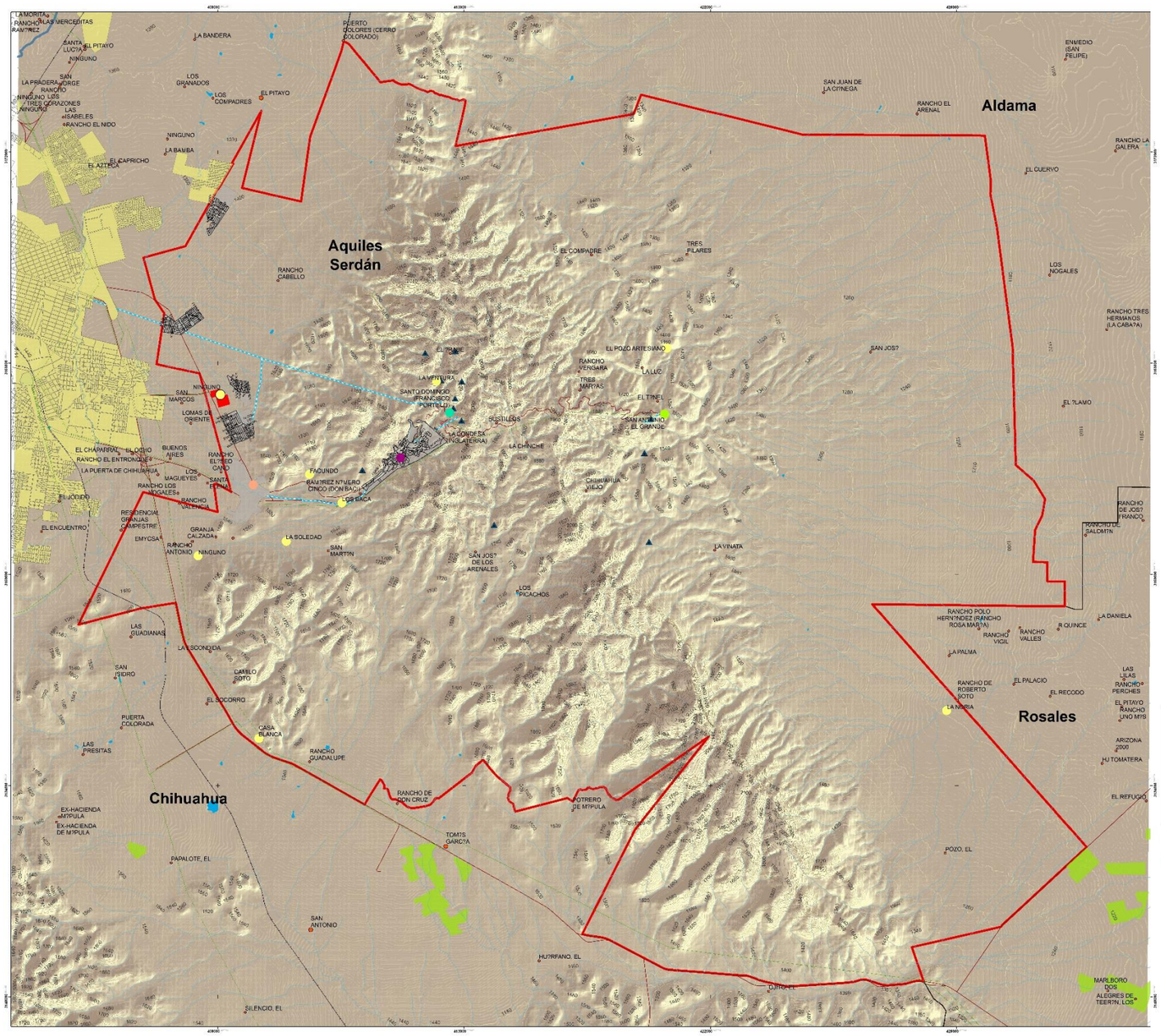
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

La tabla anterior da a conocer las características de la vivienda en las principales localidades de Aquiles Serdán. Las viviendas particulares habitadas con piso de tierra representan el 1% del total de las viviendas particulares habitadas. En cuanto a los servicios, cabe mencionar que la mayoría de las viviendas cuentan con servicios de electricidad (6 viviendas de las 2,315 no cuentan con este servicio), 12 viviendas no cuentan con tienen agua

entubada, 33 no cuentan con drenaje y 3 no disponen de ningún bien. Cabe añadir que casi el 80% de las viviendas son casas de 3 cuartos y más (el 13% cuentan con 2 cuartos y más y casi el 7% tiene un único cuarto).

En lo que se refiere a los otros servicios mencionados en la tabla 31, casi el 87% de las viviendas particulares habitadas cuentan con radio; el 98% cuentan con televisión, el 96% disponen de refrigerador, el 86% con lavadora, el 61% con automóvil o camioneta, el 20% con computadora, el 26% con línea telefónica, el 80% con teléfono celular y el 5% con internet.

Los siguientes mapas ilustran lo dicho anteriormente, mostrando la distribución de las viviendas con piso de tierra, con agua entubada, con drenaje y con luz eléctrica.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de viviendas

- 0 - 3
- 4 - 34
- 35 - 98
- 99 - 246
- 247 - 1887

Simbología Convencional

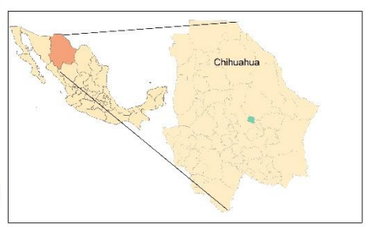
- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

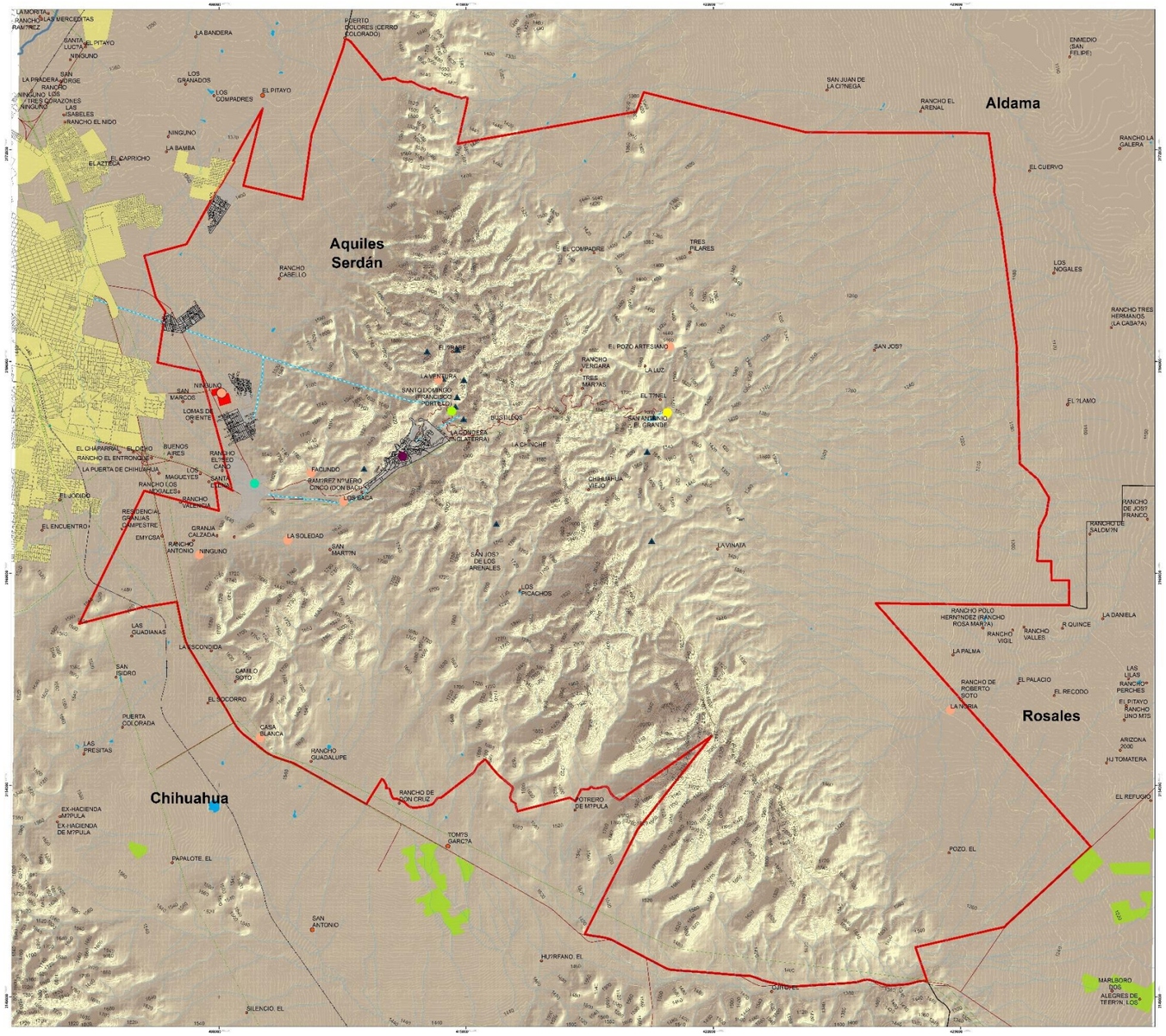
Viviendas con piso de tierra	MB: 18

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de viviendas

- 0 - 3
- 4 - 34
- 35 - 92
- 93 - 243
- 244 - 1886

Simbología Convencional

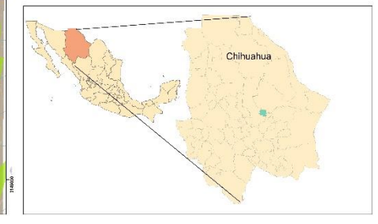
- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

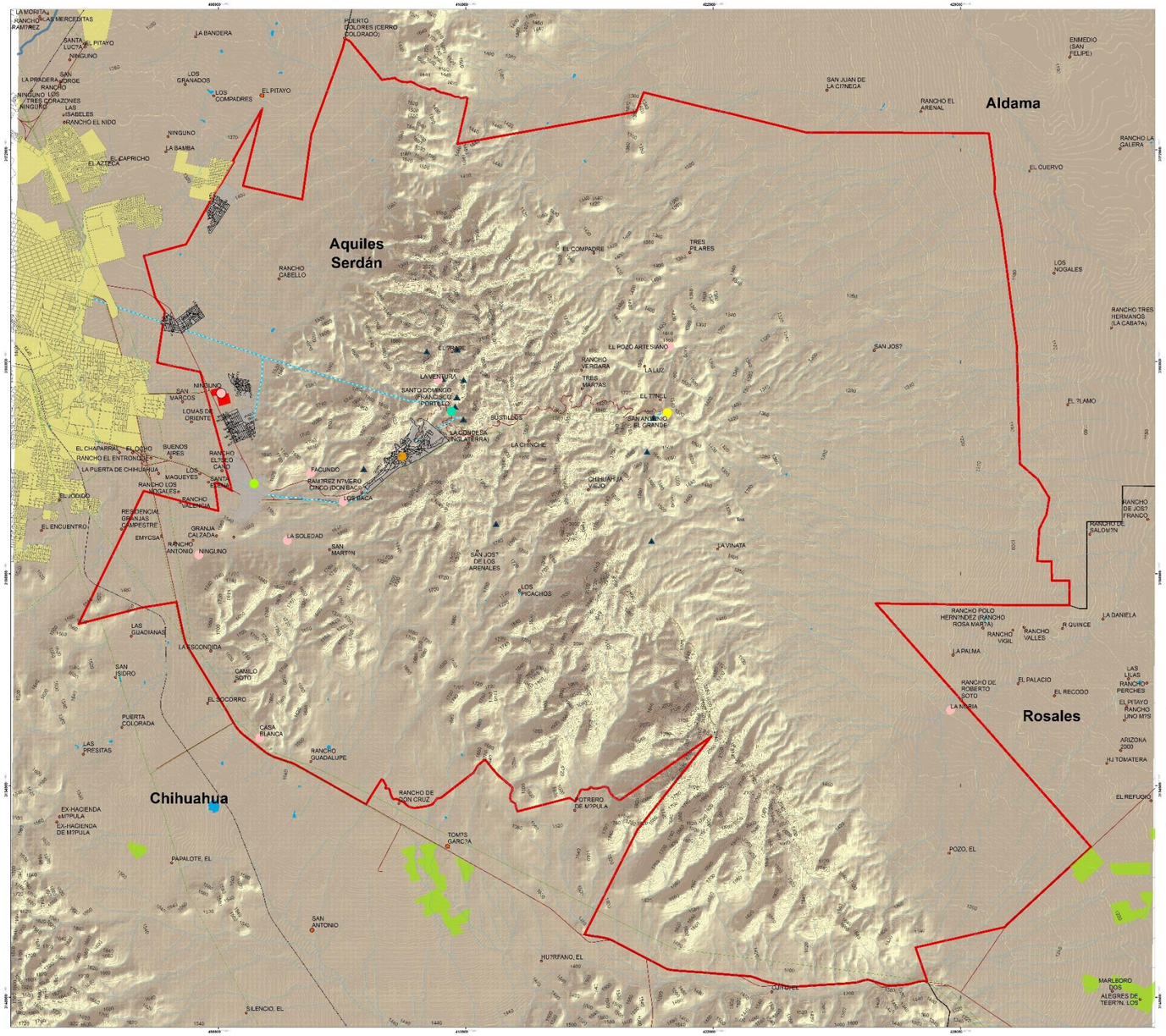
Viviendas con drenaje	MB: 19

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 980 1,900 3,800 5,700 7,600 Metros





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de viviendas

- 0 - 3
- 4 - 34
- 35 - 96
- 97 - 246
- 247 - 1903

Simbología Convencional

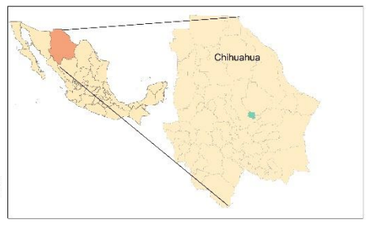
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

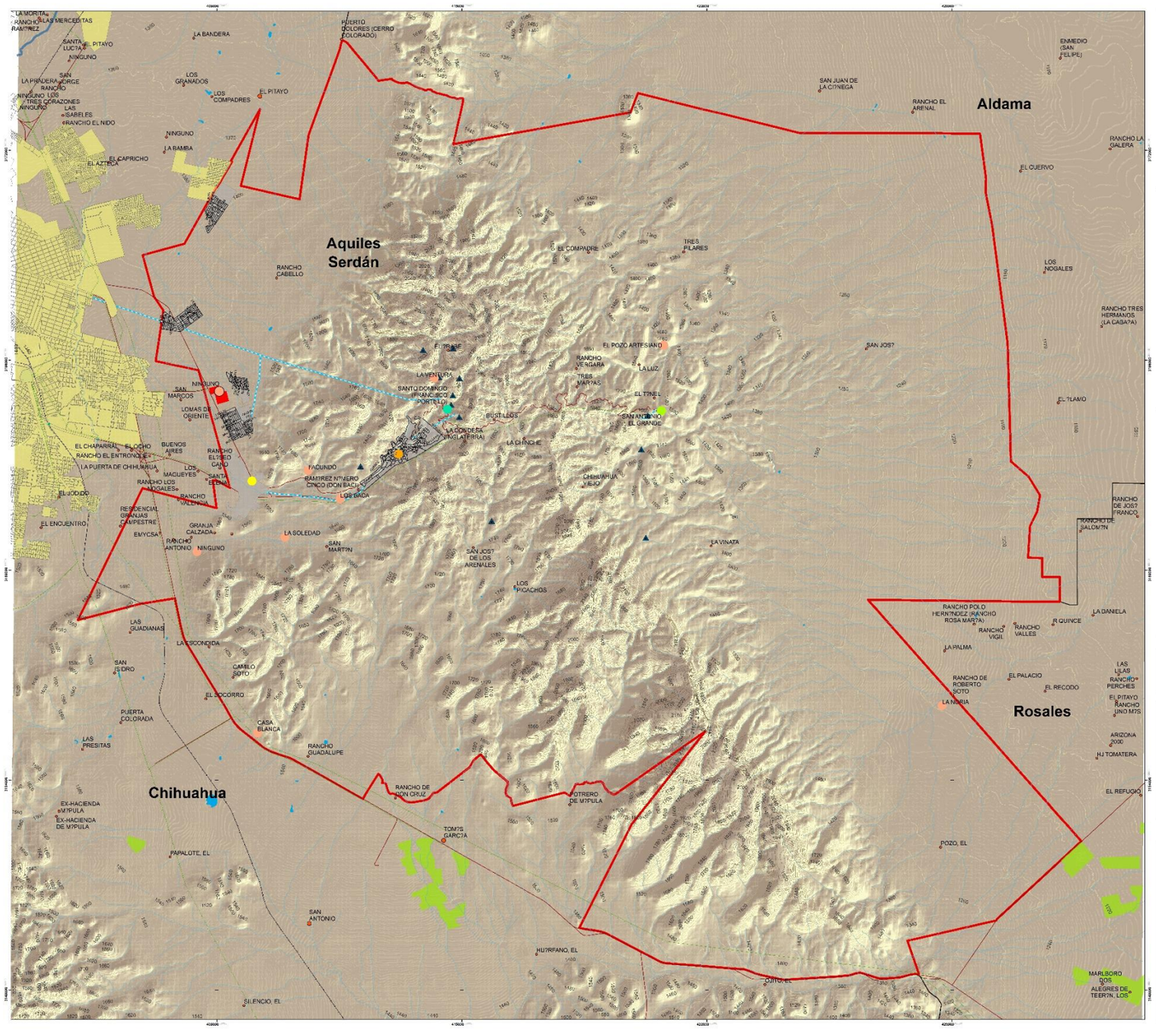
Viviendas con agua	MB: 20

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Número de viviendas

- 0 - 3
- 4 - 34
- 35 - 97
- 98 - 248
- 249 - 1912

Simbología Convencional

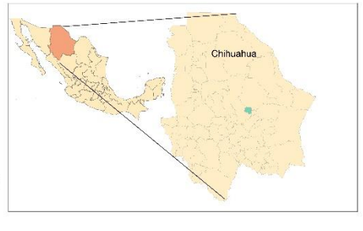
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Viviendas con electricidad	MB: 21

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



4.5 Equipamiento e Infraestructura

La relevancia de conocer la infraestructura para el atlas de riesgos es conocer donde se concentra la población para adquirir algunos servicios, que infraestructura es propensa a generar riesgos y cuáles de estas son de atención en caso de que ocurra un fenómeno perturbador. Considerando lo anterior y conforme a las bases para la elaboración se identificó la infraestructura de salud, educación, recreación, bomberos, presas, líneas de conducción de gas o combustible, plantas de tratamiento y estaciones eléctricas. Para generar esta información se utilizó la cartografía de INEGI y se obtuvo las siguientes tablas y el mapa que se muestra en este apartado.

TABLA 33. INFRAESTRUCTURA PRESENTE EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN
EQUIPAMIENTO PRESENTE EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Servicio	Cantidad
Cementerio	2
Centro de asistencia médica	2
Escuela	11
Plazas	22
Templo	10

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2015

Dentro del municipio se encuentra la presa El Guamis la cual corresponde a la subcuenca del Río Chuviscar; El Guamis tiene una altura de 5.6 metros y una longitud de 267 metros, su capacidad de almacenamiento es de 0.24. La presa se encuentra localizada al noreste del municipio, la localidad con mayor cercanía a ella es La Vinata.

Al noroeste del municipio atraviesa un conducto subterráneo de combustible, el cual en su estatus se encuentra operando; asimismo, dentro del municipio intersectan 5 líneas de transmisión eléctrica, a continuación, se muestra una tabla que indica el número y condición de éstas:

TABLA 34. EQUIPAMIENTO PRESENTE EN EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Número	Condición	Longitud (Metros)
Una línea en postería sencilla	En operación	642.74
Una línea e torres de acero	En operación	4055.02
Dos líneas en postería doble (H)	En operación	6458.25
Una línea en postería sencilla	En operación	3818.53
Dos líneas en torres de acero	En operación	2259.43

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2015

Para conocer donde se distribuye la infraestructura de la que se hace mención se muestra el siguiente mapa que muestra por colores la ubicación de cada uno.

FASE II

5. Identificación de amenazas y peligros, ante fenómenos perturbadores de origen natural y químico-tecnológico.

5.1 Fenómenos Geológicos

5.1.1 Vulcanismo

Un volcán se define como aquel sitio donde sale material magmático o sus derivados, creando una acumulación que por lo general toma una forma de loma o montaña que se construye alrededor de la abertura mencionada (CENAPRED, 2008).

Las erupciones volcánicas resultan del ascenso del magma que se encuentra en la parte interna de un volcán activo. Cuando el magma alcanza la superficie, pierde todos o parte de los gases que lleva en solución, formando gran cantidad de burbujas en su interior. Las erupciones son entonces emisiones de mezclas de magma (roca fundida rica en materiales volátiles), gases volcánicos que se separan de este (vapor de agua, bióxido de carbono, bióxido de azufre y otros) y fragmentos de rocas de la corteza arrastrados por los anteriores (CENAPRED, 2008).

El concepto de riesgo volcánico involucra la distribución y vulnerabilidad de la población y de la infraestructura de producción y comunicaciones alrededor del volcán, definida como la susceptibilidad de esos sistemas de ser afectados por el fenómeno natural.

Metodología

El presente análisis se realizó a nivel I, debido a que conforme a la base para la estandarización en la elaboración de atlas de riesgos y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2015. La zona de estudio se encuentra a una distancia mayor a los 100 km de un cuerpo volcánico activo y su posible afectación por cenizas y flujo de materiales. Para dicho análisis se revisó la ubicación de los volcanes activos en México realizada por CENAPRED. Además, se realizó una revisión bibliográfica de los antecedentes de la actividad volcánica del Municipio con la finalidad de obtener una idea de la peligrosidad que representa el riesgo volcánico.

Resultados

México, como muchas otras naciones de América Latina, es un país rico en volcanes localizados en la región circumpacífica, y cuenta con una tasa de la erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo (CENAPRED, 2015). La mayor parte del vulcanismo está relacionado con las interacciones entre las placas tectónicas de Rivera y Cocos y la Placa Norteamericana y se manifiesta principalmente en la Faja Volcánica Mexicana, que se extiende más de 1200 km con un ancho variable entre 20 y 150 km, aproximadamente a lo largo del paralelo 19°. Además, actividad importante ha ocurrido en el Noroeste (Baja California y Sonora, en las islas del Pacífico (principalmente las Revillagigedo), y en el Sureste, principalmente en Chiapas (Servicio Geológico Mexicano, 2015).

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada el municipio de Aquiles Serdán, el fenómeno volcánico no presenta amenaza. Por este motivo, no fue necesaria la obtención de datos relacionados con la zona urbana y la población del municipio.

En el siguiente mapa se presenta una serie de puntos los cuales indican la localización de los volcanes activos. Pudiendo observar una distribución sumamente significativa en el sur-centro de la república mexicana. Los estados principalmente afectados por este fenómeno geológico son: Nayarit, Jalisco, Michoacán de Ocampo, México, Hidalgo y Veracruz de Ignacio de la Llave, entre otros. Asimismo, Baja California y Baja California Sur localizados al noroeste de la republica suman un considerable número de volcanes activos. Además, en Tamaulipas, San Luis Potosí y Chiapas también hay presencia volcánica.,

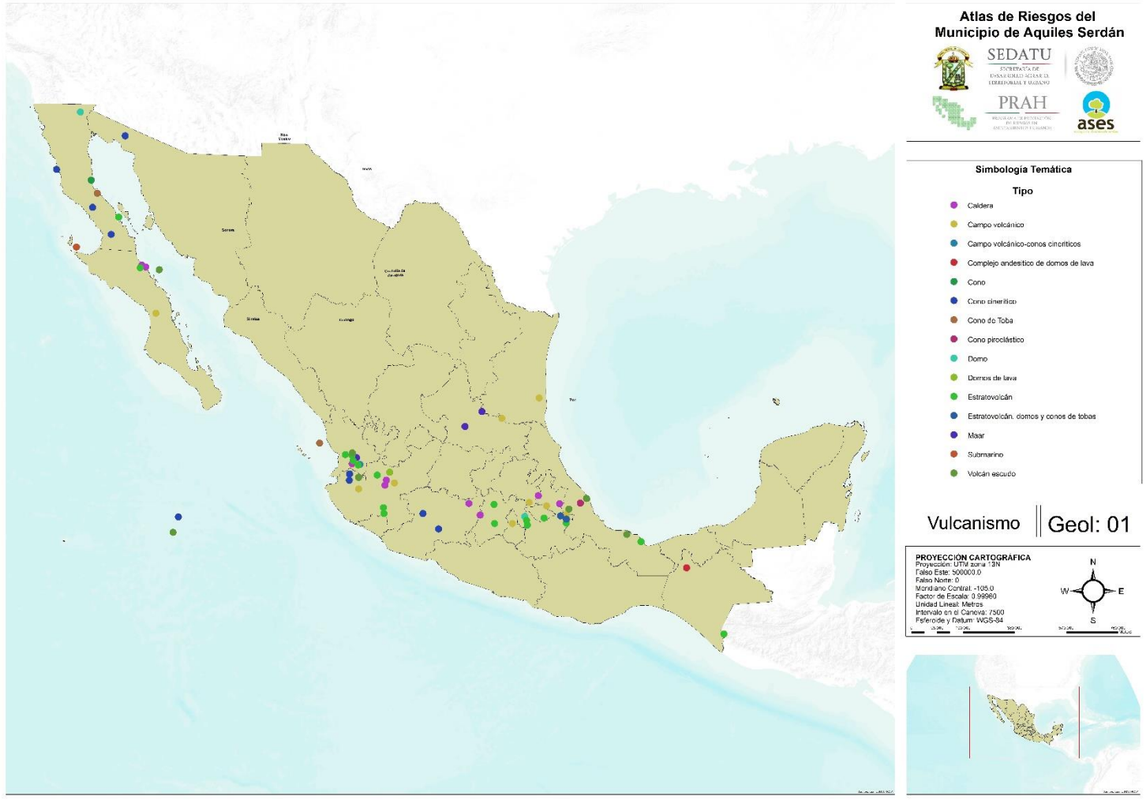


Figura 1 Ubicación geográfica de los volcanes activos de México

TABLA 35. ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES VOLCANES DE MÉXICO

Volcán	Ubicación	msnm
Ajusco	Sur del Valle de México	3929
Bárcena	Isla San Benedicto en Baja California	375
Boquerón	al N-NW del Tacaná en Chiapas	2280
Ceboruco	Nayarit	2164
Pico de Orizaba	Veracruz	5636
Naucampatépetl	Veracruz	4282
Colli	Guadalajara, Jal.	2800
Chichón	Chiapas	1315
Chichinautzin	Sierra Ajusco-Chichinautzin, Morelos	3930
Volcán de Colima	Colima y Jalisco	4100
Hueytepec	Chiapas	2761
Iztaccíhuatl	Edo. de México y Puebla	5286
Jocotitlán	Edo. de México	3928
Jorullo	Michoacán	1330
Malinche	Tlaxcala y Puebla	4461
Monte bajo, Monte alto y la Cruces	Valle de México al Oeste	3217
Nevado de Colima	Jalisco	4330
Nevado de Toluca	Estado de México	4558
Paricutín.	Michoacán	3170
Patabán	Michoacán	3750
Pico de Quinceo	Michoacán	3324
Pinacate	Sonora (desierto de Altar)	1390
Popocatépetl	Estado de México y Puebla	5452
Rancho Quemado	Chiapas	2480
San Andrés o Ucareo	Michoacán	3282
San Bartolomé	Chiapas	
San Luis Chiquinchaque	Chiapas	2000
San Martín Tuxtla	Veracruz	1700
Sangangüey	Nayarit	2050
Santa Catarina	Valle de México	2734
Sierra de Guadalupe	Valle de México	3000
Sierra de los Pitos	Hidalgo	2951
Sierra Negra	SW del Citlaltépetl	3980
Socorro o Evermann	Isla Socorro, Colima	1235
Tacana	Chiapas y Guatemala	4030
Tancítaro	Michoacán	3845
Tequila	Jalisco	3000
Tehutli	Sierra Ajusco-Chichinautzin, DF	710
Tres Vírgenes	Baja California Sur	2054
Valle de Santiago	Guanajuato	
Xitle	Sierra Ajusco-Chichinautzin, DF	3121
Zacapu	Michoacán (NW Pátzcuaro)	100
Zontéhuitz	Chiapas	2600

(Servicio Geológico Mexicano, 2014)

El municipio se encuentra ubicado en una zona geográfica que no presenta actividad volcánica significante, ya que se encuentra a una distancia que es mayor a los 100 km de cualquier volcán considerado peligroso.

Los volcanes que se encuentran más cercanos al área de estudio se ubican al menos a 500 km de la delimitación municipal de Aquiles Serdán.

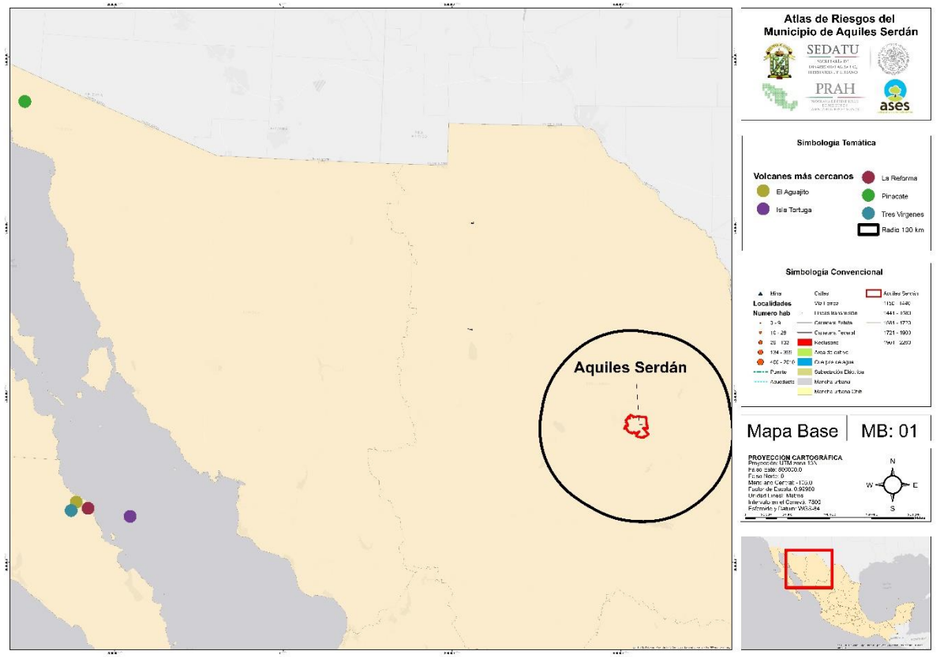
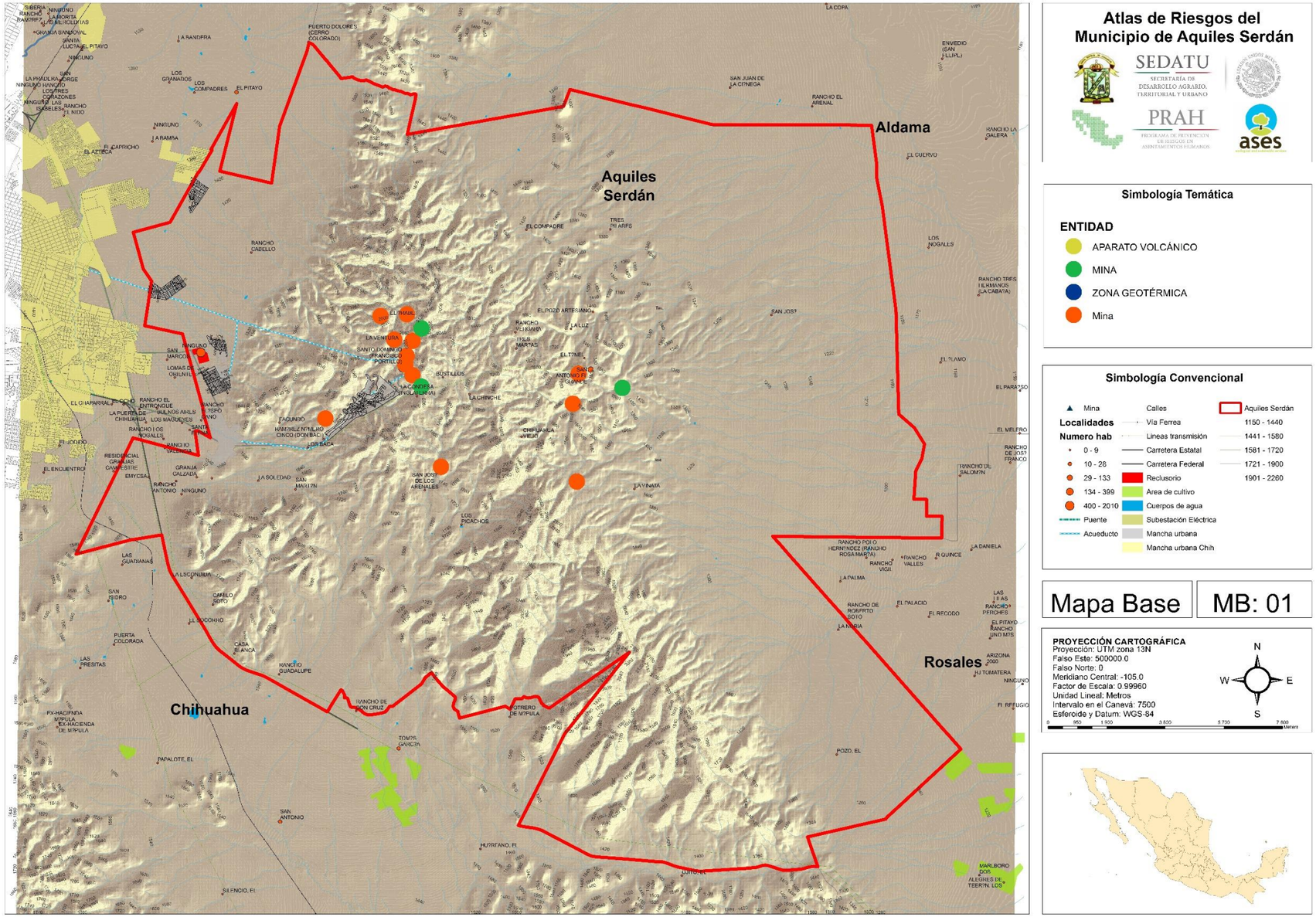


Figura 2. Delimitación municipal de Aquiles Serdán y la cercanía de volcanes activos considerando el rango de 100 km de radio.

Figura 3. Aparatos volcánicos, bancos de minerales pétreos y minas.



5.1.2 Sismos

La corteza terrestre está dividida en varias placas que se desplazan varios centímetros por año. El territorio mexicano se encuentra afectado por la interacción de cinco placas tectónicas (Norteamérica, Cocos, Pacífico, de Rivera y del Caribe). En los contactos entre placas se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca o vencen las fuerzas friccionantes, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el origen (foco), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la Tierra en todas direcciones (CENAPRED, 2011).

Un sismo se define como la vibración de la Tierra producida por una rápida liberación de energía. Lo común es que los sismos se produzcan por el deslizamiento de la corteza terrestre a lo largo de una falla. La energía liberada irradia en todas las direcciones desde su origen (foco) en forma de ondas (Tarbuck y Lutgens, 2000).

Conocer la frecuencia, el impacto que se tendría o ha tenido, el tamaño del área afectable derivado de un sismo, permite dar la debida importancia a la generación, actualización y aplicación de reglamentos de construcción, así como de especialistas en construcción, definición y planeación de acciones de prevención (CENAPRED, 2014).

Peligro por sismos

El peligro sísmico representa la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, un movimiento sísmico con una intensidad determinada. Los estudios de peligro sísmico tienen como objetivo estimar el movimiento del terreno en un lugar determinado, o proporcionar una evaluación del tamaño del sismo en la zona en estudio.

Metodología

El primero de abril de 1904 se reunieron en Francia, dieciocho países, entre ellos México, con el fin de crear la Asociación Sismológica Internacional y mejorar la instrumentación sísmica a nivel mundial. Para cumplir con los compromisos adquiridos en esa reunión, el gobierno mexicano decretó la fundación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) el 5 de septiembre de 1910. En ese momento, el SSN quedó bajo el cargo del Instituto Geológico Nacional dependiente de la Secretaría de Minería y Fomento.

Entre 1910 y 1923 se instalaron 9 estaciones sismológicas mecánicas autónomas. La central fue instalada en Tacubaya, D. F. y las foráneas en las ciudades de Oaxaca, Mérida, Chihuahua, Veracruz, Guadalajara, Monterrey y Zacatecas. Se eligieron sismógrafos "Wiechert" de fabricación alemana. Siete de estos todavía operan en la actualidad y constituyen probablemente, el sistema más antiguo de América que ha operado por mayor tiempo en forma continua.

El SSN pasó a ser parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1929 y desde 1948 quedó adscrito al Instituto de Geofísica de la UNAM. En sus inicios, el SSN contó con los instrumentos más modernos de la época, sin embargo, es hasta los años sesenta que se comienza la instalación de sismógrafos electromagnéticos, llegando a tener aproximadamente 20 instrumentos autónomos, con grabación de las señales sísmicas en papel ahumado y fotográfico.

Hoy el SSN cuenta con 22 observatorios sísmicos en todo el país y tiene planeado aumentar la red a 33 observatorios.

Desde la instalación de estas primeras estaciones sismológicas, se comenzó con los registros de movimientos sísmicos presentes en nuestro país generando así el catálogo de registros. Mediante este registro y ubicación de los puntos sísmicos se realizó el trazo o delimitación de las regiones sísmicas del territorio nacional. En nuestro país se identifican cuatro zonas sísmicas generales.

Resultados

Para el desarrollo del presente fenómeno se considera la información de regionalización sísmica generada por la CFE, las cartas de intensidad de Mercalli y de Riesgo sísmico de CENAPRED, y los datos históricos del Servicio Sismológico Nacional – UNAM. Los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Regionalización Sísmica del Municipio

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. El municipio de Aquiles Serdán se ubica dentro de la zona A; zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

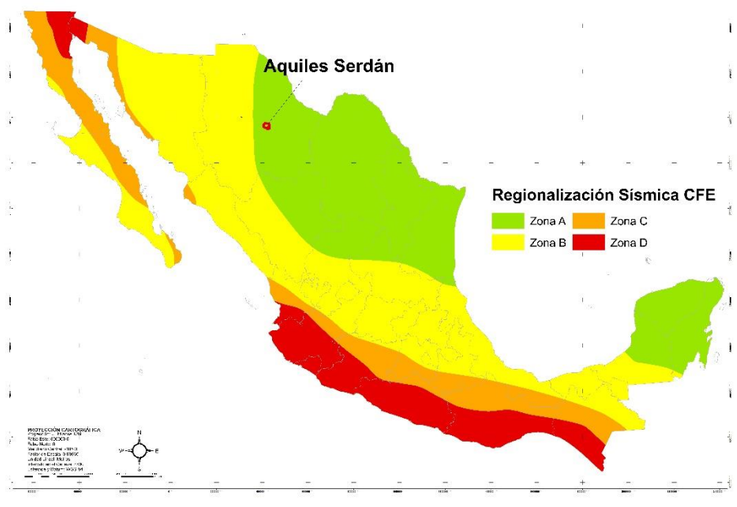


Figura 4. Ubicación del Municipio de Aquiles Serdán en el contexto Nacional de Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad.

Aunque un lugar no tenga registro de sismos en el pasado, no es inusual que la zona registre movimiento sísmico, pues existe el movimiento o nacimiento de fallas geológicas que puedan desencadenar enjambres sísmicos. El Estado de Chihuahua se ubica en zonas con riesgo sísmico bajo o nulo.

Intensidad sísmica

Una de las principales referencias de la intensidad de un sismo, es la escala de Intensidad Mercalli; dicha escala se refiere a la fuerza con la que se siente un terremoto en un punto de la superficie de la Tierra, es una medida indirecta y subjetiva basada en los efectos que ocasiona en las construcciones y en las personas. Depende de la magnitud, la distancia con relación al epicentro y las características del terreno. Un mismo terremoto produce distintos grados de intensidad dependiendo del lugar en que se sienta.

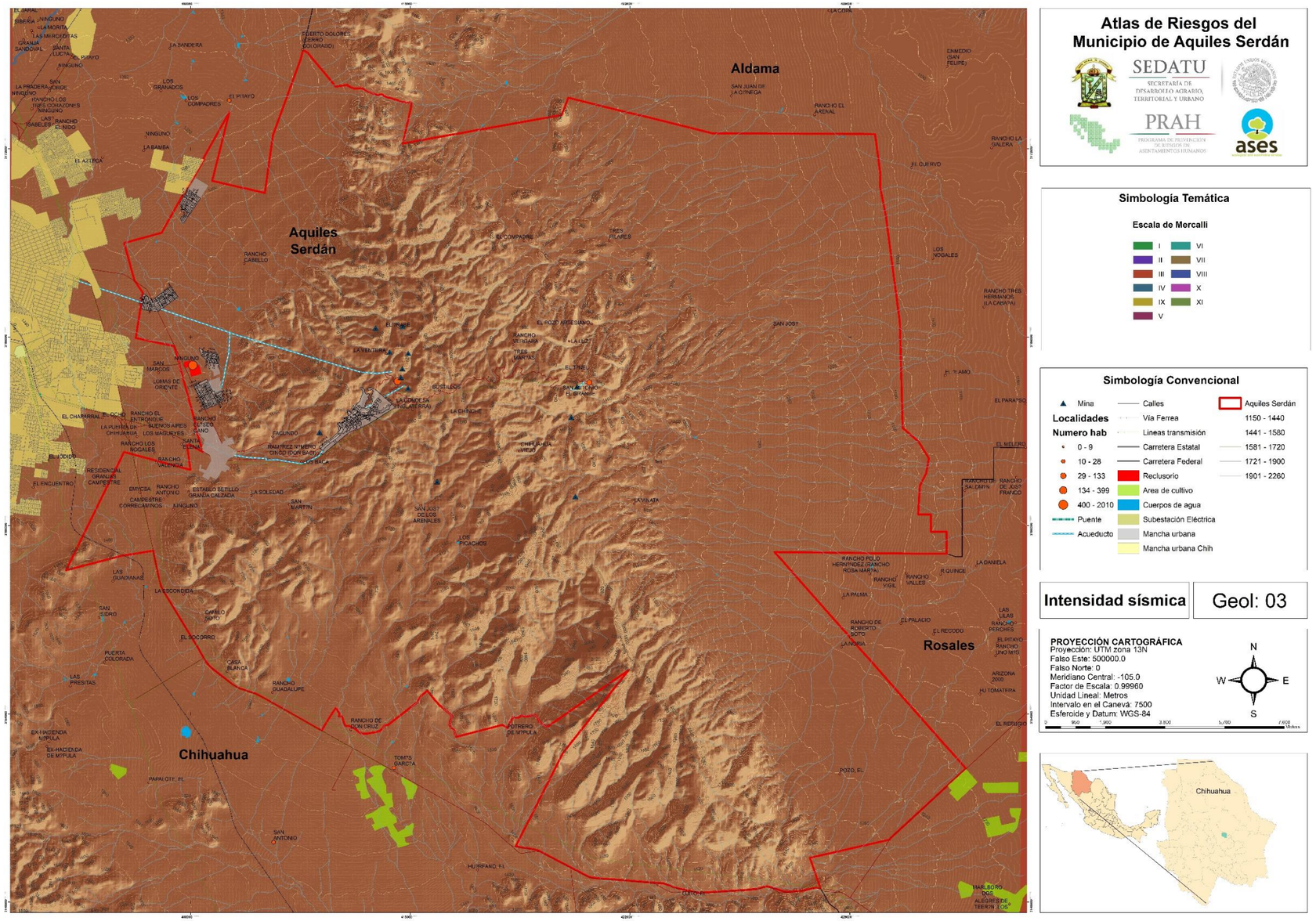


Figura 5. Ubicación del Municipio de Aquiles Serdán en el contexto Intensidad Global de Escala de Mercalli conforme a CENAPRED.

El Municipio de Aquiles Serdán se encuentra ubicado en zona de nivel III con referencia a la Escala Global de Mercalli conforme a la carta de CENAPRED, la definición técnica de un sismo a esta escala es: Sentido claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.

Conforme a las bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo (CENAPRED; 2015), En el siguiente mapa se muestran los sismos con epicentros conforme al historial del Servicio Sismológico Nacional (2010-2015), en el Estado de Chihuahua. Recordemos que el foco es el lugar del interior de la Tierra donde se originan las ondas sísmicas. El epicentro es el punto de la superficie situado directamente encima del foco (Tarbuck y Lutgens, 2000).

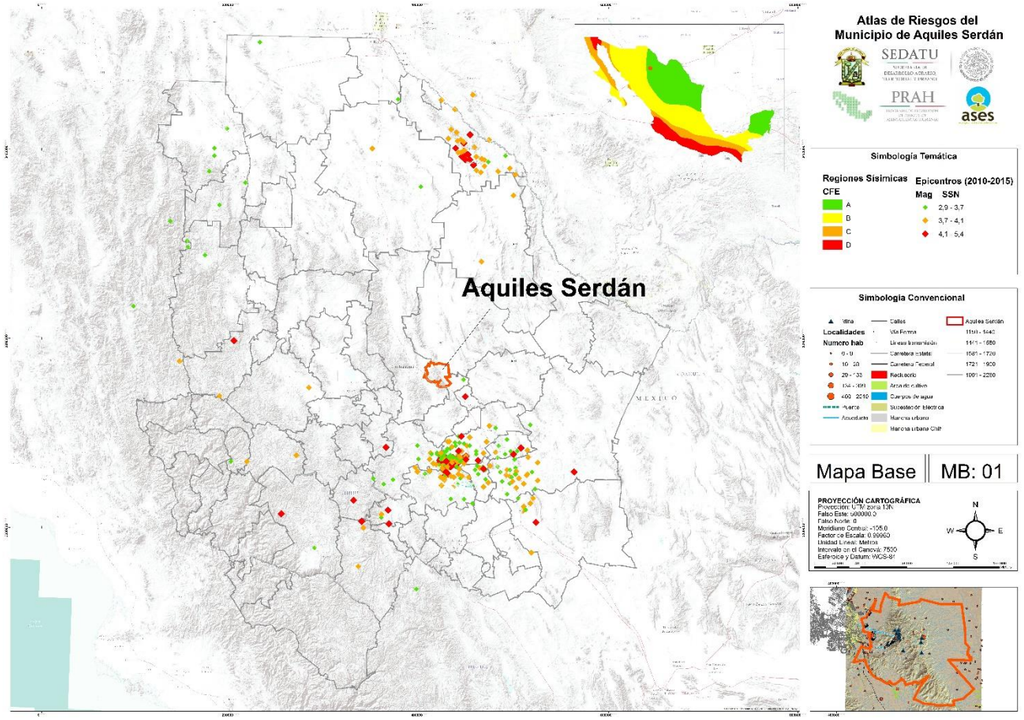


Figura 6. Ubicación de epicentros en el Estado de Chihuahua conforme a Servicio Sismológico Nacional (2010 – 2015)

TABLA 36. EPICENTROS REGISTRADOS A MENOS 70 KM DEL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN SSN (2010 – 2015)

Latitud	Longitud	Prof. (KM)	Mag	Fecha	Zona
28,37	-105,53	21,0	4,2	01/05/2010	12 km al NOROESTE de PEDRO MEOQUI, CHIH
27,90	-106,04	20,0	3,6	22/09/2013	64 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,87	-105,69	20,0	3,4	23/09/2013	42 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,84	-105,76	20,0	3,6	27/09/2013	48 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,83	-105,83	20,0	3,6	28/09/2013	54 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,85	-105,57	20,0	4,0	18/10/2013	39 km al SUR de DELICIAS, CHIH
27,90	-105,51	4,0	4,0	21/10/2013	32 km al SUR de DELICIAS, CHIH
27,85	-105,73	1,0	3,4	04/12/2013	46 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,92	-105,54	22,0	3,4	17/01/2014	31 km al SUR de DELICIAS, CHIH
27,94	-105,72	11,0	4,0	13/02/2014	37 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,89	-105,67	5,0	4,0	19/02/2014	39 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
28,09	-105,27	4,0	3,8	21/02/2014	23 km al SURESTE de DELICIAS, CHIH
27,93	-105,64	27,0	3,2	08/03/2014	33 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,90	-105,48	10,0	3,3	20/03/2014	32 km al SUR de DELICIAS, CHIH
27,93	-105,59	20,0	3,5	20/03/2014	32 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,90	-105,63	11,0	3,7	08/05/2014	36 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,99	-105,60	10,0	3,7	19/08/2014	25 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,87	-105,72	20,0	3,6	13/11/2014	43 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,85	-105,60	14,0	4,3	13/11/2014	41 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
28,07	-105,20	10,0	3,5	13/11/2014	30 km al SURESTE de DELICIAS, CHIH
28,53	-105,55	20,0	3,6	13/11/2014	30 km al NORTE de PEDRO MEOQUI, CHIH
27,98	-105,48	20,0	3,8	13/11/2014	24 km al SUR de DELICIAS, CHIH
27,94	-105,70	3,0	4,1	14/06/2015	36 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH
27,83	-105,79	1,0	4,1	01/07/2015	51 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH

27,99	-105,57	20,0	4,3	15/10/2015	24 km al SUROESTE de DELICIAS, CHIH

Fuente: Elaboracion propia con información del Servicio Sismológico Nacional (2010 – 2015)

Debido a que existe un solo registro sísmico dentro del municipio, el cálculo del periodo de retorno no sería representativo, por lo que se hizo uso de los mapas de aceleración para 10, 100 y 500 años generados por el instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Comisión Federal de Electricidad y el CENAPRED, a través del programa sísmico en México (PSM, 1996)

5.1.3 Tsunamis

La ocurrencia de un tsunami es generada cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto, se genera una secuencia de olas de gran altura que pueden arribar en las costas y provocar efectos destructivos: pérdida de vidas y daños materiales (CENAPRED, 2015).

Una vez creado, un tsunami la energía del tren de olas generado, se mueve a velocidades asombrosas de 500 a 950 kilómetros por hora desde su origen hasta la superficie. Pese a esta notable característica, un tsunami puede pasar desapercibido en mar abierto porque su altura suele ser inferior a un metro y la distancia entre las crestas de las olas grandes oscilar entre 100 y 700 kilómetros (Tarbuck y Lutgens, 2000).

En México, los tsunamis son generados principalmente por sismos en la Fosa Mesoamericana (zona de hundimiento de la Placa de Cocos y de la Placa de Rivera bajo la Placa de Norteamérica). Es por esto que la costa occidental de México (Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas) está expuesta al arribo de estos tsunamis de origen local (riesgo mayor) (CENAPRED, 2005).

Metodología

Conforme a lo indicado en las bases para la estandarización en la elaboración de atlas de riesgos y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2015 en su nivel I, se realizó una revisión bibliográfica. En específico se revisó el diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México (CENAPRED, 2001) y el catálogo de Tsunamis ocurridos en México a partir del siglo XVIII y el Catálogo de tsunamis (maremotos) en la costa occidental de México. Además, sobre la carta de riesgo por tsunamis del CENAPRED se ubicó el Municipio de Aquiles Serdán con la finalidad de determinar la distancia en kilómetros de la línea de costa y determinar la altura en metros sobre el nivel del mar.

Resultados

La información histórica registra el arribo de más de 60 tsunamis a la costa occidental de México en los últimos 283 años. Los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 m. de altura y los de origen local han tenido olas de 5 m. en promedio y excepcionalmente hasta 10 m. de altura, causando pérdida de vidas y bienes con la consecuente destrucción de comunidades (catálogo de Tsunamis ocurridos en México a partir del siglo XVIII, año).

Derivado de este efecto han ocurrido tsunamis en 1925 en Zihuatanejo Gro, con olas de 11 metros de altura, junio de 1932; Cuyutlán, Colima; con olas de 10 metros de altura, septiembre de 1985, Lázaro Cárdenas, Mich.; e Ixtapa Zihuatanejo en Gro, con olas de 3 metros de altura, y en octubre de 1995, varias poblaciones costeras de Colima y Jalisco se vieron afectadas por olas de hasta 5 metros (Sánchez y Farreras, 1991).

Por análisis de los registros mareográficos, se ha inferido la ocurrencia de amplificación resonante de las olas de tsunamis en Ensenada, La Paz, Acapulco y Manzanillo, que son bahías semicerradas (CENAPRED, 2005).

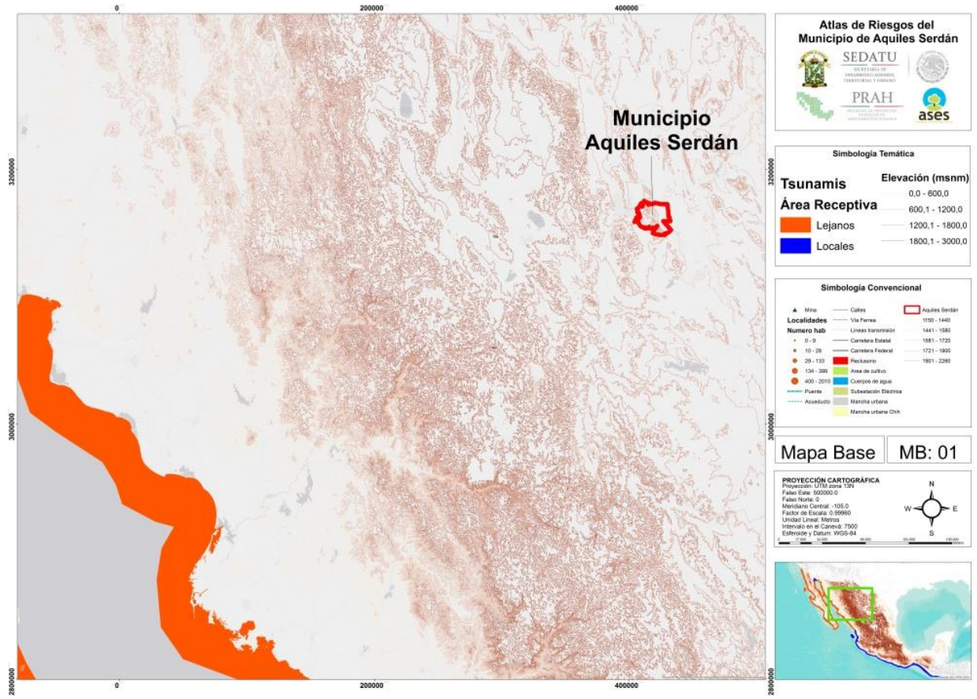


Figura 7. Ubicación del Municipio de Aquiles Serdán respecto a la línea de costa más cercana.

El municipio de Aquiles Serdán se encuentra geográficamente ubicado fuera de la zona de afectación por tsunami, a una distancia de 419,86 km y a una altura entre los 1400 a los 2000 msnm del área de costa que podría verse afectada por tsunami del tipo lejano.

5.1.4 Deslizamientos

Un deslizamiento ocurre cuando se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan abajo por acción de la gravedad. Aunque los deslizamientos usualmente suceden en taludes escarpados, tampoco es raro que se presenten en laderas de poca pendiente. Son primariamente ocasionados por fuerzas gravitacionales y resultan de una falla por corte a lo largo de la frontera de la masa en movimiento, respecto a la masa estable (CENAPRED, 2001).

Según la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de CENAPRED (2006), las características intrínsecas y las debilidades inherentes en las rocas y en los suelos frecuentemente se combinan con uno o más eventos desestabilizadores, como lluvias intensas. Además de la identificación del fenómeno, la evaluación del riesgo requiere de información sobre los elementos en riesgo y el análisis de su vulnerabilidad.

Existen dos tipos de deslizamientos:

Rotacionales: Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba, definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad.

Traslacionales: Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

Factores que determinan la inestabilidad de laderas

Factores condicionantes: Los factores internos están directamente relacionados con el origen y las propiedades de los suelos que componen la ladera, así como por su distribución espacial y de manera muy particular, por la presencia de agua. Propiedades de los suelos y rocas, estratigrafía y estructuras geológicas, mecanismo de falla por aumento de la presión del agua.

Factores detonantes: Los factores externos que propician la inestabilidad de laderas son aquellos sistemas ajenos a la ladera que perturban su estabilidad; usualmente producen un incremento de los esfuerzos cortantes actuantes, aunque de manera indirecta pueden producir un cambio en la resistencia al esfuerzo cortante del material que compone el talud. Lluvias intensas y prolongadas y causas humanas o antrópicas.

Metodología

Conforme a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2015 para alcanzar el nivel III de análisis, se realizó un análisis multicriterio aplicando a nuestro caso específico los siguientes factores condicionantes: geología, edafología, uso de suelo y vegetación y pendiente, como factores detonantes se consideraron los periodos de retorno de lluvias a 5, 10, 50 y 100 años. La información geoespacial utilizada para el análisis derivó de la cartografía digital de INEGI a escala 1:250,000 y el Modelo Digital de Elevación de INEGI a 15 m. Los periodos de retorno de precipitación se obtuvieron a partir de la información generada por la SEDATU.

El mapa de peligro de inestabilidad de laderas es producto de la sumatoria lineal ponderada de los factores condicionantes ya mencionados, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno.

El álgebra de mapas requiere de uso de información tipo ráster, en donde se administra la información por medio de pixeles o celdas (cuadrícula), que contienen una valoración que dependerá de los atributos relativos asignados para cada factor, el tamaño de celda para todos los factores es de 15 m, debido a que se estandarizó con el tamaño de resolución del archivo del Continuo Mexicano de Elevaciones 3.0 (INEGI).

La metodología empelada en este análisis es de característica cualitativa y los factores utilizados, así como sus valoraciones, fueron asignados con base a la información y la metodología expuesta en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, para el caso de Fenómenos Geológicos de CENAPRED (2006), sin embargo, la información se adecuó debido a que el nivel de análisis es distinto.

La ecuación que expresa el peligro es la siguiente:

$$\boldsymbol{Pe = 0.70\ (FC) + 0.30\ (FD)}$$

Donde:

Pe = Peligro.
FC = Factores condicionantes.
FD = Factores detonantes.

Los factores condicionantes y detonantes tienen un peso diferente, esto debido a que para cada tipo de fenómeno un factor será más determinante para que este se presente, sustituyendo los factores con su respectiva ponderación en la ecuación de peligro se expresa como:

$$\boldsymbol{Pe = 0.70\ [0.1(Eda) + 0.25(Lit) + 0.3(Pen) + 0.15(USV)] + 0.30\ [0.5(Prec) + 0.1(Esc) + 0.4\ (Fal)]}$$

Donde:

Pe = Peligro.
Eda = Edafología.
Lit =Litología.
Pen = Grado de inclinación de la pendiente.
USV = Usos de suelo y vegetación.
Prec = Periodos de retorno de precipitación.
Esc = Escurrimientos.
Fal = Fallas y fracturas.

Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en cinco categorías con la técnica de Intervalo de igualdad, la cual consiste en la asignación de intervalos equivalentes, los cuales dividen el rango de valores de cada factor en intervalos del mismo tamaño. Los valores mayores indican un peligro mayor, mientras que los más bajos indican bajo peligro. La categorización para el fenómeno de deslizamientos es la siguiente:

TABLA 37. CATEGORIZACIÓN PARA EL FENÓMENO DE DESLIZAMIENTOS.

Valoración	Categorías
Menor que 0.58	Muy bajo
0.58 - 0.71	Bajo

0.71 - 0.84	Medio
0.84 - 0.97	Alto
Mayor que 0.97	Muy alto

La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Memoria de cálculo

Características edafológicas
Los planos de estratificación, discontinuidades o zonas de contacto de estructuras geológicas, se convierten con frecuencia en potenciales superficies de falla en una ladera, principalmente cuando los planos de estratificación y las zonas de contacto resultan con pendientes inclinadas con lo que son proclives al deslizamiento.

TABLA 38.CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

Tipo de suelo	Descripción	Atributo Relativo
Chernozems	Moderadamente susceptibles a la erosión, más fértiles que los Kastañozems, se caracterizan por ser ricos en materia orgánica. Tiene una profundidad media importante de 1 metro aproximadamente.	0.5
Calcisoles	Pobres en materia orgánica y nitrógeno.	2
Cambisoles	Respecto a los Calcisoles, presentan mayor contenido de arcilla y menor en carbonatos. Se componen por materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas. Se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental.	1
Fluvisoles	Se caracteriza por ser formado por materiales acarreados por el agua, presentan capas alternadas de arena con piedras y gravas redondeadas.	2
Kastañozems	Suelos ricos en materia orgánica y nutrientes, con alta fertilidad natural, moderadamente susceptibles a la erosión	1
Leptosoles	Suelos susceptibles a la erosión, se caracterizan por ser suelos someros.	1
Luvisoles	Suelo con acumulación de arcilla, con alta susceptibilidad a la erosión.	1.5
Phaeozems	Se parecen a los Chernozems y Kastañozems, pero se encuentran lixiviados. Son ricos en materia orgánica, compuestos con materiales no consolidados. Son suelos porosos y fértiles.	0.5

Características litológicas

Las características de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y de las rocas que forman las laderas son variables que dependen principalmente de las condiciones geológicas y climáticas de una región, y varían en el espacio y en el tiempo. Las debilidades inherentes en las rocas y en los suelos frecuentemente se combinan con uno o más eventos desestabilizadores (factores externos) tales como lluvias intensas, cambios en el nivel del agua dentro del terreno, actividad sísmica o actividad volcánica.

TABLA 39. CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS.

Tipo de roca	Descripción	Atributo relativo
Ígnea extrusiva	Se forman a partir de magma solidificado en grandes masas en el interior de la corteza terrestre, formando cristales grandes.	0.2
Sedimentaria	Se forman por acumulación de sedimentos de diversos tamaños que son transportadas por agua, hielo o aire y son sometidas a procesos físicos y químicos que dan lugar a materiales consolidados.	0.6
Aluvial	Se forman por acumulación de sedimentos de diversos tamaños que son transportadas por agua, hielo o aire y son sometidas a procesos físicos y químicos que dan lugar a materiales consolidados.	0.6

Fuente: Elaboracion propia con datos de INEGI 2010

Características del uso de suelo y vegetación

Aunque es el factor menos constante de los hasta ahora mencionados, condiciona de forma notable la acción de otros factores. El efecto positivo que produce la vegetación es mantener la estabilidad superficial del terreno y evitar su degradación. La presencia de una cobertura vegetal favorece el drenaje por la absorción del agua superficial del terreno, disminuyendo el efecto producido por la erosión hídrica.

TABLA 40. CARACTERÍSTICAS DEL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Tipo de usos de suelo	Descripción	Atributo relativo
Agrícola-pecuaria-forestal	Se considera que esta área se utiliza para la agricultura y actividades productivas.	1.5
Asentamientos humanos	Esta zona se considera como zona urbana.	2
Bosque de mezquite	En áreas del país como Durango, los bosques de mezquite presentan sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea por lo que son susceptibles a la erosión hídrica.	0
Desprovisto de vegetación	Las áreas deforestadas se consideran con una puntuación alta.	2
Matorral desértico Micrófilo	Este tipo de matorral se encuentra conformado por arbustos de hoja pequeña, se caracteriza por presentarse en llanuras con suelo profundo.	0.8
Matorral desértico Rosetófilo	Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado.	0.8
Pastizal inducido	Surge cuando es eliminada la vegetación original. La permanencia de estos géneros se ve favorecida por los grupos humanos ya que se utilizan para realizar artesanías, como el caso de Sabal mexicana.	0.8

Tipo de usos de suelo	Descripción	Atributo relativo
Pastizal natural	Comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por arbustos y hierbas compuestas, leguminosas. Se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas.	0.8

Características de la pendiente

La pendiente topográfica y la altura de las laderas son factores que condicionan el desarrollo de procesos de deslizamiento por su contribución a la inestabilidad de los materiales. En terrenos homogéneos, cada tipo de material tendrá una altura crítica y un ángulo máximo, a partir de los cuales se producirá un desequilibrio gravitacional, siendo posible la rotura.

TABLA 41. CARACTERÍSTICAS DE LA PENDIENTE

Categorías	Atributo relativo
Mayor que 45o	2
36 a 45o	1.8
26 a 35o	1.4
16 a 25o	1
Menor que 15o	0.5

Valoración de periodos de retorno y escurrimientos

Durante una lluvia intensa el flujo de agua puede inducir esfuerzos de corte en la superficie del talud producto de la velocidad de arrastre del flujo de lodos. En este caso, dependiendo de la distribución granulométrica y la densidad específica del material se puede iniciar un proceso de erosión cuando se excede un valor crítico de flujo de agua.

En el caso de la lluvia, estas registran un umbral máximo de precipitación, que corresponde a la cantidad de lluvia que logra llevar al suelo a su punto de saturación (Glade, Crozier y Smith, 2000).

Las precipitaciones rigen como factor detonante externo de los movimientos de masa, como los deslizamientos debido a que influyen en factores como la erosión, meteorización y en los niveles de agua subterránea. La lluvia puede terminar en distintos destinos una vez que precipita, una parte de la precipitación es acumulada en depresiones logrando la infiltración, otra parte es requerida por la vegetación, otra parte del volumen de la lluvia que se evapora, finalmente otra parte de este volumen se escurre formando cárcavas, escorrentías, arroyos y ríos.

Los escurrimientos son un factor detonante que se desencadena por la presencia de precipitaciones, en el caso del municipio de Aquiles Serdán la mayoría de escorrentías son intermitentes por lo que se presenta únicamente en épocas de lluvias.

TABLA 42. VALORACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR ESCURRIMIENTO

Orden de magnitud	Atributo Relativo
5	2
4	1.6
3	1.2
2	0.8
1	0.6

Aunque el volumen que se escurre es importante considerarlo como un factor detonante, en el caso de deslizamientos, cuando la lluvia cesa y se origina la infiltración la humedad del suelo y el nivel freático aumentan, cada sitio según las condiciones litológicas y de suelo presentan distintos valores de umbrales de inestabilidad que detonan un movimiento de ladera (Alzate et al., 2012).

En el caso del estado de Chihuahua el umbral máximo es de 77.4 mm en 24 horas. De acuerdo a este valor umbral se realizó una ponderación en donde los valores por encima presentan un atributo relativo de 2 y en el caso de que se presenten valores por debajo se considera un atributo de 1, como se observa en la siguiente tabla.

TABLA 43. VALORES DE LLUVIA Y ATRIBUTO RELATIVO

Lluvia (mm/año)	Atributo Relativo
Mayor 77.4	2
Menor o igual a 77.4	1

Los valores de precipitación que se utilizaron fueron los correspondientes a los periodos de retorno a 2, 5, 10, 50 y 100 años de la lluvia en 24 horas, que se presentan en el apartado de fenómenos hidrometeorológicos del presente atlas.

Debido a que los valores de precipitación no varían mucho en cada periodo de retorno y están por debajo del valor umbral, en el resultado se muestra el peor escenario para este factor detonante, por lo que se realizó el cálculo del algebra de mapas obteniendo un solo escenario.

Fallas y fracturas.
La presencia de fallas y fracturas presentes en el municipio pueden precipitar o influir en los deslizamientos de ladera. Las fallas son superficies de ruptura en rocas a lo largo de la cual existió un movimiento relativo, el desplazamiento de cada falla puede variar de centímetros a kilómetros (CENAPRED, 2006).

Las fallas activas presentan movimientos Existen diversos tipos de fallas como las normales, inversas, de desgarre y oblicua. Las fallas que se encuentran en el municipio son de tipo normal, la mayoría son con movimiento vertical a la derecha y una falla con movimiento vertical a la izquierda.

Las fallas normales presentan un movimiento vertical generado por tensión horizontal, en donde las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares a la línea de ruptura superficial, y el movimiento es vertical respecto al plano de falla.

En el municipio se observan fallas y fracturas en la zona centro y suroeste principalmente y la presencia de estas fallas aumenta una unidad los factores detonantes dentro de la ecuación para evaluar el peligro por deslizamientos.

TABLA 44. DESCRIPCIÓN DE FALLAS

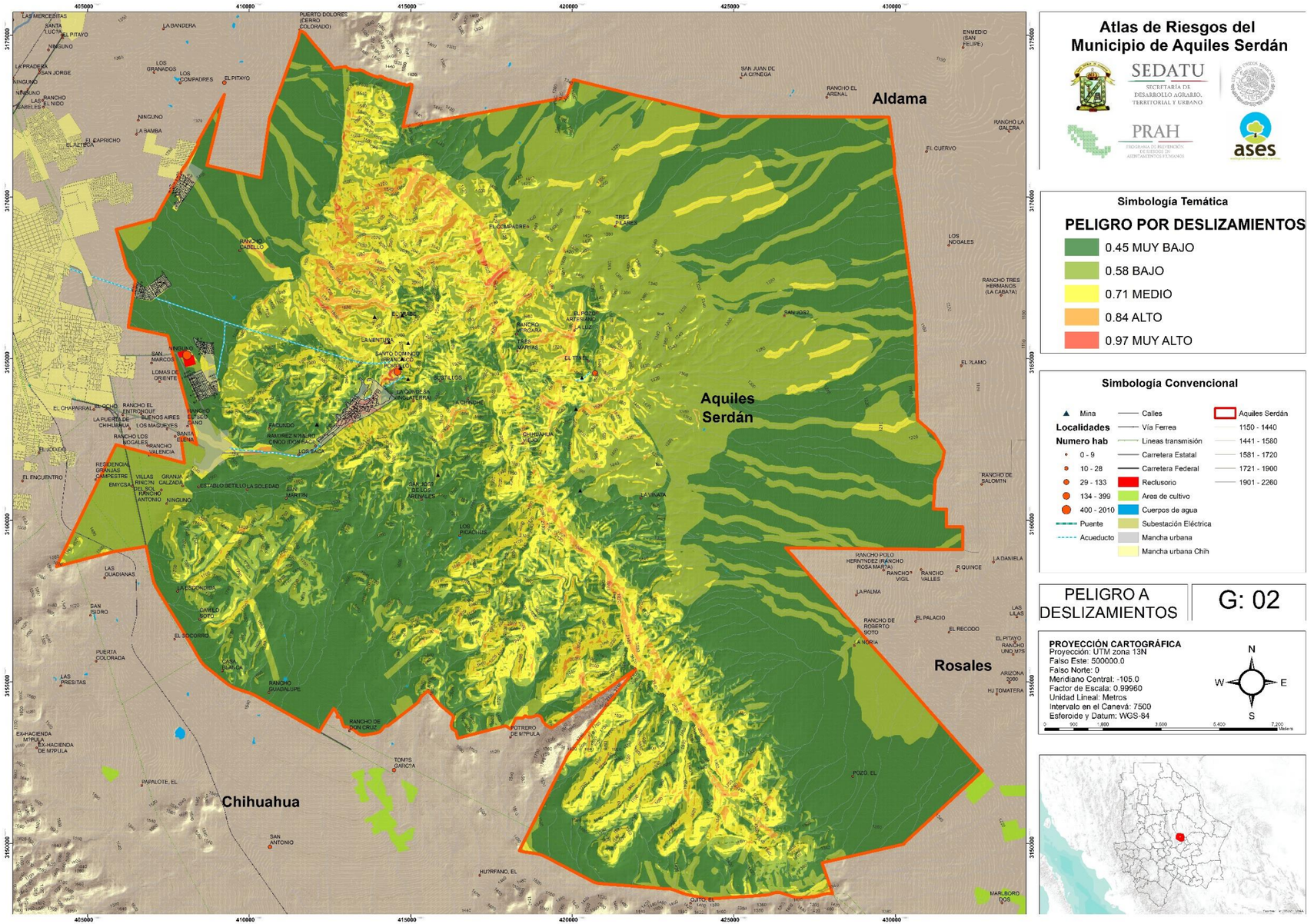
Fallas	Descripción	Ponderación
Presencia	Se considera que las fallas pueden desencadenar un deslizamiento.	1

Resultados

El peligro por deslizamiento del municipio de Aquiles Serdán generalmente se encuentra entre muy bajo y bajo. El marco geológico del municipio de Aquiles Serdán es estable, además los factores detonantes presentan valores bajos en consideración de los factores condicionantes que se presentan. Derivado del análisis realizado sobre la zona de estudio, se puede identificar que las zonas donde el peligro es medio o alto, se concentran en los centros poblacionales.

En general, las zonas que marcan niveles altos corresponden a estructuras geológicas con pendientes pronunciadas, que además se acompañan por cauces de corrientes de agua. El factor condicionante evaluado en este riesgo nunca excede el umbral de precipitación de 77.4 mm/ día. Considerando dentro del análisis la precipitación registrada a través de los periodos de retorno a 2, 5, 10 y 100 años, no existe una variante considerable, por lo que se desarrolló un mapa respecto a este factor detonante.

Con el uso de la técnica de categorización Intervalo de igualdad, se obtuvieron 5 categorías de intervalos equivalentes los cuales dividen el rango de valores de cada factor en intervalos del mismo tamaño. De acuerdo a la memoria de calculo los valores resultantes están normalizados a 1, por lo que los valores resultantes se categorizaorn en 5 clases, los mayores indican un peligro mayor, mientras que los más bajos indican bajo peligro. En el mapa se muestran los valores resultates que en ninguno de los casos supera a 1.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

PELIGRO POR DESLIZAMIENTOS

- 0.45 MUY BAJO
- 0.58 BAJO
- 0.71 MEDIO
- 0.84 ALTO
- 0.97 MUY ALTO

Simbología Convencional

Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

PELIGRO A DESLIZAMIENTOS

G: 02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters

Fig. 5.1.8 Mapa de peligro de deslizamiento considerando factores condicionantes.

La zona urbana de la localidad de Santo Domingo (Francisco Portillo) se ubica en una zona de peligro medio –alto, considerando que el uso del suelo urbano tiene el valor más alto en la ponderación de peligro por deslizamiento, más una geología representada por un conglomerado sedimentario de clastos redondeados de tamaño grava sobre un basamento ígneo intrusivo riolítico y un suelo del tipo leptosol réndsico, que se caracteriza por una textura migajosa equilibrada tendiendo a gruesa y con una gran pedregosidad muy adecuada para el crecimiento vegetal del tipo de vegetación dominada por arbustos de altura inferior a 4 m, característico de la zona de matorral desértico Rosetófilo, por lo que estas características lo hacen ser más susceptible al peligro por deslizamiento.

La localidad San Antonio el grande se encuentra ubicada en una zona de riesgo entre muy bajo y bajo. Dicha localidad es una pequeña colonia minera adjunta a una mina activa. La geología de la zona se basa en rocas sedimentarias compuestas principalmente por carbonatos de calcio y en pequeñas cantidades de arcilla y materiales no consolidados, acompañada de un suelo del tipo leptosol calcáreo, aunque estos factores tienen alta ponderación, el resto de los factores condicionantes no resultaron ser muy susceptibles al peligro por deslizamientos.

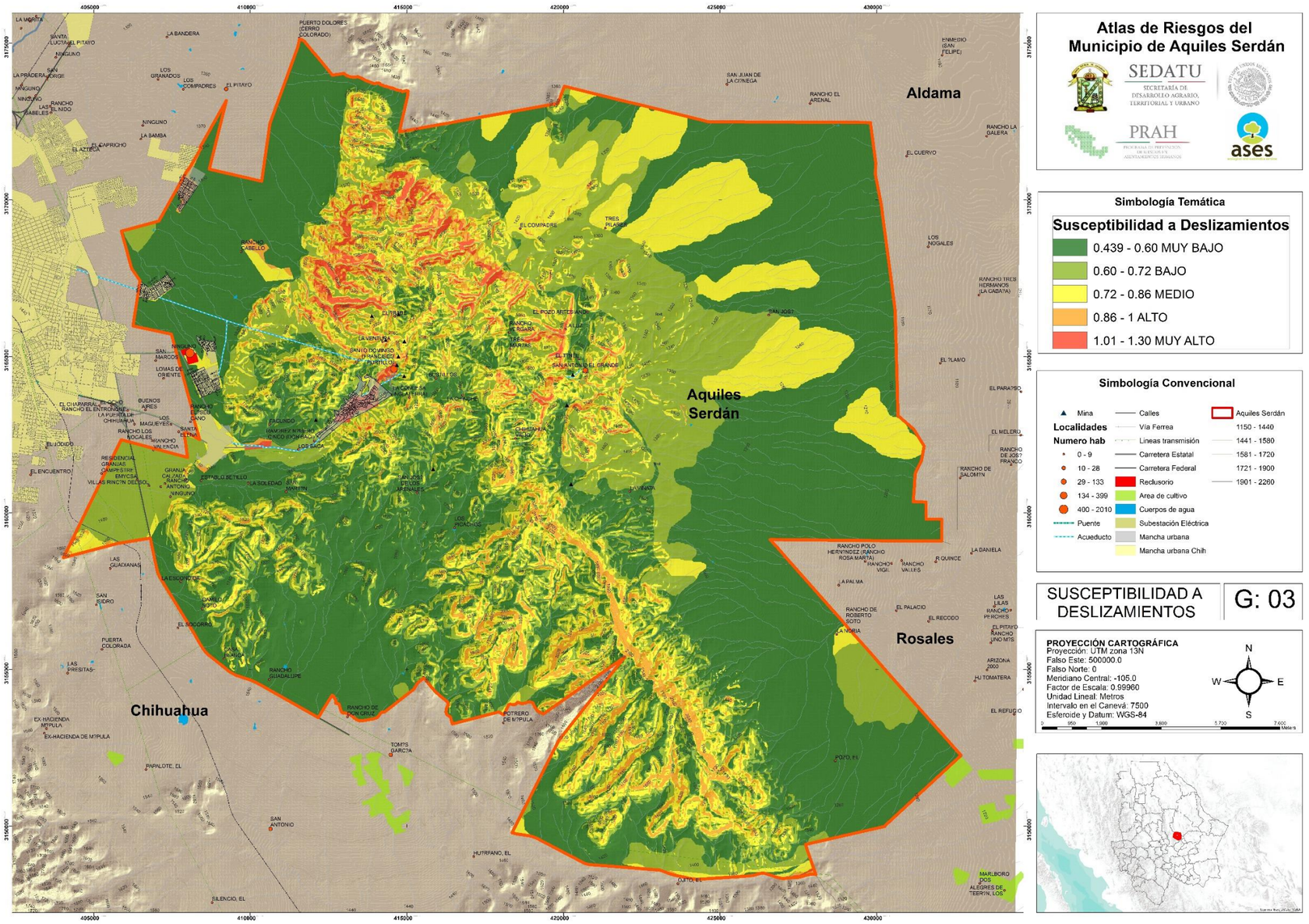


Fig. 5.1.9 Mapa de susceptibilidad a deslizamiento considerando factores detonantes (periodos de retorno de lluvia a 2, 5, 10 y 100 años).

La localidad de San Guillermo (Santa Elena), así como la vía de acceso principal que conecta a Aquiles Serdán con el municipio de Chihuahua, están situados sobre un relieve de llano a suavemente ondulado cubierto por vegetación herbácea de tipo estepa. Este asentamiento humano se acompaña de vegetación de desierto árido arenoso caracterizada por un matorral desértico espinoso, se ubica sobre un suelo aluvial del tipo Chernozem derivado de una deposición eólica de materiales del tipo loess con una estructura migajosa, granular o poliédrica fina. Debido a dichas características de la zona, el peligro presentado resultó en medio – medio alto.

Aunque los factores detonantes considerados en la evaluación del peligro son relativamente estables, se tomaron en cuenta condiciones extremas para que se presente el fenómeno y poder identificar las zonas potenciales expuestas al peligro por deslizamiento dentro del municipio. De esta forma el nivel de peligro aumenta, mostrando las áreas de sucesos potenciales. Al agregar el factor detonante de la precipitación al análisis, se incrementó el peligro por deslizamiento en las zonas anteriormente mencionadas.

Los valores de los factores condicionantes y detonantes no arrojan valores críticos por lo que la mayor parte del municipio contiene valores por debajo de la categoría media de peligro.

TABLA 45. PORCENTAJES DE INTENSIDAD DE PELIGRO DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL MUNICIPIO.

Intensidad	Porcentaje
Muy baja	44.9%
Baja	36.0%
Media	16.5%
Alta	2.5%
Muy alta	0.1%

Finalmente se hace la recomendación de realizar estudios con mayor detalle, en donde se puedan identificar puntos clave de peligro dentro de las zonas que presentan una intensidad arriba de la categoría Media.

5.1.5 Flujos

Movimientos de suelos y fragmentos de rocas ladera abajo en donde sus partículas, granos o fragmentos de rocas y vegetación con aire y agua tienen movimientos relativos dentro de la masa que se desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser de lodo o pueden ser flujos de suelos y roca.

Los flujos pueden alcanzar velocidades considerables (hasta 60 km por hora), estos se originan en taludes con pendientes inclinadas. Una vez que un flujo inicia es capaz de moverse por áreas relativamente planas o de poca inclinación. Y típicamente los flujos se originan en depresiones en las partes altas de un talud. Esto hace que el área localizada cuesta abajo de depresiones en un talud sean particularmente peligrosas.

Factores que determinan la inestabilidad de laderas

El principal factor detonante que propicia la generación de flujos, es principalmente la manifestación de lluvias intensas en suelos con cierta saturación.

Es común que se originen flujos o deslizamientos durante las lluvias intensas y en áreas donde las corrientes de agua son canalizadas, como a lo largo de las carreteras o debajo de las cunetas.

Metodología

Para la realización de los mapas de peligro por flujos, se realizó un análisis multicriterio considerando la geología, la edafología, el uso de suelo y vegetación y la pendiente como factores condicionantes. Como factores detonantes, se consideraron los periodos de retorno de lluvias a 5, 10, 50 y 100 años con referencia a SEDATU y las escorrentías tomadas de la Red Hidrológica 2.0 de INEGI presentes en la zona de evaluación. La información geoespacial utilizada para el análisis derivó de la cartografía digital de INEGI a escala 1:250,000 y El Modelo Digital de Elevación de INEGI a 15 m.

El análisis multicriterio se realizó por medio de álgebra de mapas, mismo que requiere de uso de archivos tipo ráster, mediante estas capas de información se valora los atributos asignados por cada uno de los factores, la información de las capas se encuentra en formato ráster, en donde cada celda representa esta valoración asignada.

El tamaño de celda de las capas se estandarizó conforme al Continuo Mexicano de Elevaciones 3.0 (INEGI), quedando 15 metros de resolución.

El mapa de peligro de fluidos es producto del cálculo del algebra de mapas entre los factores condicionantes (geología, edafología, uso de suelo y vegetación, pendiente) y detonantes (periodos de retorno de precipitación) ya mencionados, y se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinan pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno.

El análisis multicriterio que se realizó para evaluar este fenómeno es conforme a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2015 para así alcanzar el nivel III de análisis.

La metodología empelada en este análisis es de característica cualitativa y los factores utilizados, así como sus valoraciones fueron asignados con base a la información y la metodología expuesta en la Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, para el caso de Fenómenos Geológicos de CENAPRED (2006), sin embargo, la información se adecuó debido a que el nivel de análisis es distinto.

La ecuación que expresa el peligro es la siguiente:

$$\boldsymbol{Pe = 0.70\,(FC) + 0.30\,(FD)}$$

Donde:

Pe = Peligro.
FC = Factores condicionantes.
FD = Factores detonantes.

Los factores condicionantes y detonantes tienen un peso diferente, esto debido a que para cada tipo de fenómeno un factor será más determinante para que este se presente, sustituyendo los factores con su respectiva ponderación en la ecuación de peligro se expresa como:

$$Pe = 0.70\,[0.3(Eda) + 0.3(Lit) + 0.3(Pen) + 0.1(USV)] + 0.30\,[0.5(Prec) + 0.2(Esc) + 0.3\,(Fal)]$$

Donde:
Pe = Peligro.
Eda = Edafología.
Lit =Litología.
Pen = Grado de inclinación de la pendiente.
USV = Usos de suelo y vegetación.
Prec = Periodos de retorno de precipitación.
Esc = Escurrimientos.
Fal = Fallas y fracturas.

Con el uso de la técnica de categorización Intervalo de igualdad, se obtuvieron 5 categorías de intervalos equivalentes los cuales dividen el rango de valores de cada factor en intervalos del mismo tamaño. De acuerdo a la memoria de calculo los valores resultantes están normalizados a 1, por lo que los valores resultantes se categorizaorn en 5 clases, los mayores indican un peligro mayor, mientras que los más bajos indican bajo peligro. La categorización para el fenómeno de fluidos es la siguiente:

TABLA 46. CATEGORIZACIÓN PARA EL FENÓMENO DE FLUIDOS.

Valoración	Categorías
Menor que 1.29	Muy bajo
1.29 – 1.57	Bajo
1.57 – 1.85	Medio
1.85 – 2.12	Alto
Mayor que 2.12	Muy alto

La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Memoria de cálculo

Características del factor edafológico

Existen numerosas asociaciones bien conocidas de movimientos de masas con tipos particulares de rocas o suelos que muestran la importancia clave de la litología en estos procesos, aun sin contar con la influencia de estructuras geológicamente desfavorables.

TABLA 47. CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR EDAFOLÓGICO.

Tipo de suelo	Descripción	Atributo Relativo
Chernozems	Moderadamente susceptibles a la erosión, se caracterizan por ser ricos en materia orgánica. Tiene una profundidad media importante de 1 metro aproximadamente.	.5
Calcisoles	Pobres en materia orgánica y nitrógeno.	2
Cambisoles	Se componen por materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas. Se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental.	1
Fluvisoles	Se caracteriza por ser formado por materiales acarreados por el agua, presentan capas alternadas de arena con piedras y gravas redondeadas.	2
Kastañozems	Suelos ricos en materia orgánica y nutrientes, con alta fertilidad natural, moderadamente susceptibles a la erosión	1
Leptosoles	Suelos susceptibles a la erosión, se caracterizan por ser suelos someros.	1
Luvisoles	Suelo con acumulación de arcilla, con alta susceptibilidad a la erosión.	1.5
Phaeozems	Se parecen a los Chernozems, pero se encuentran lixiviados. Son ricos en materia orgánica, compuestos con materiales no consolidados. Son suelos porosos y fértiles.	.5

Características del factor geológico

La presencia de materiales alterados por meteorización, la falta de cohesión de los materiales que componen la roca, o bien la alternancia de estratos de diferente naturaleza son factores condicionantes que se determina a partir de la caracterización de la litología de la zona.

TABLA 48. CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR GEOLÓGICO.

Tipo de roca	Descripción	Atributo relativo
Ígnea extrusiva	Se forman a partir de magma solidificado en grandes masas en el interior de la corteza terrestre, formando cristales grandes.	0.2
Sedimentaria	Se forman por acumulación de sedimentos de diversos tamaños que son transportadas por agua, hielo o aire y son sometidas a procesos físicos y químicos que dan lugar a materiales consolidados.	0.6
Aluvial	Se forman por acumulación de sedimentos de diversos tamaños que son transportadas por agua, hielo o aire y son sometidas a procesos físicos y químicos que dan lugar a materiales consolidados.	0.6

Características del factor Uso de suelo y vegetación

Los flujos de lodo se presentan muchas veces en laderas donde, debido a la ausencia o escasez de vegetación que sujete el terreno. Los flujos comienzan con muy modestas proporciones, creciendo rápidamente con un poder de transporte del suelo sobre el que pasa que parece fuera de proporción con su importancia inicial.

TABLA 49. CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.

Tipo de usos de suelo	Descripción	Atributo relativo
Agrícola-pecuaria-forestal	Se considera que esta área se utiliza para la agricultura y actividades productivas.	1.5
Asentamientos humanos	Esta zona se considera como zona urbana.	2
Bosque de mezquite	Los bosques de mezquite presentan sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea por lo que son susceptibles a la erosión hídrica.	0
Desprovisto de vegetación	Las áreas deforestadas se consideran con una puntuación alta.	2
Matorral desértico Micrófilo	Este tipo de matorral se encuentra conformado por arbustos de hoja pequeña, se caracteriza por presentarse en llanuras con suelo profundo.	.8
Matorral desértico Rosetófilo	Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado.	.8
Pastizal inducido	Surge cuando es eliminada la vegetación original. La permanencia de estos géneros se ve favorecida por los grupos humanos ya que se utilizan para realizar artesanías, como el caso de Sabal mexicana.	.8
Pastizal natural	Comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por arbustos y hierbas compuestas, leguminosas. Se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas.	.8

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Valoración de la altura y la pendiente

Grandes masas del suelo se pueden mover desde unas decenas de metros hasta varios kilómetros. Estos flujos usualmente ocurren en cuando la fuerza de la gravedad moviliza la roca, el derrubio o los suelos por la pendiente pronunciadas a moderadamente pronunciadas.

TABLA 50. VALORACIÓN DE LA ALTURA Y LA PENDIENTE

Categorías	Atributo relativo
Mayor que 45o	2
36 a 45o	1.8
26 a 35o	1.4
16 a 25º	1
Menor que 15o	0.5

Fuente: Elaboración propia

Características del factor detonante de precipitación

La necesidad de agua que sature a los sedimentos, generalmente se genera tras lluvias intensas, y así se supera el límite el límite plástico de los primeros. Los movimientos de masa se comportan como el fluir del agua a lo largo de una ladera.

En el estado de Chihuahua el umbral máximo es de 77.4 mm en 24 horas. De acuerdo a este valor umbral se realizó una ponderación en donde los valores por encima presentan un atributo relativo de 2 y en el caso de que se presenten valores por debajo se considera un atributo de 1, como se observa en la siguiente tabla

TABLA 51. PONDERACIÓN DE ATRIBUTO RELATIVO

Lluvia (mm/año)	Atributo Relativo
Mayor 77.4	2
menor o igual a 77.4	1

Fuente: Elaboración propia

Los valores de precipitación que se utilizaron fueron los correspondientes a los periodos de retorno a 2, 5, 10, 50 y 100 años de la lluvia en 24 horas, que se presentan en el apartado de fenómenos hidrometeorológicos del presente atlas.

Debido a que los valores de precipitación no varían mucho en cada periodo de retorno y están por debajo del valor umbral, en el resultado se muestra el peor escenario para este factor detonante, por lo que se realizó el cálculo del algebra de mapas obteniendo un solo escenario.

Escurrimientos

La magnitud de los caudales depende de los volúmenes de agua y sólidos disponibles para fluir y de la concentración de los sedimentos. Se consideró el escurrimiento como parte fundamental de este estudio. Los arroyos fueron clasificados conforme al orden de magnitud que presentan. Un único arroyo pequeño se considera de primer orden. Cuando dos arroyos de primer orden se unen se forma un arroyo de segundo orden, dos corrientes de segundo orden forman uno de tercer orden y sucesivamente.

Los escurrimientos son un factor detonante que se desencadena por la presencia de precipitaciones, en el caso del municipio de Aquiles Serdán la mayoría de escorrentías son intermitentes por lo que se presenta únicamente en épocas de lluvias.

TABLA 52. ESCURRIMIENTOS ORDEN DE MAGNITUD / ATRIBUTO RELATIVO

Orden de magnitud	Atributo Relativo
5	2
4	1.6
3	1.2
2	0.8
1	0.6

Fuente: Elaboración propia

Resultados

El peligro por flujo en el municipio de Aquiles Serdán resulta regionalmente bajo. El peligro identificado entre medio y alto se ubica al noroeste del municipio, y este depende principalmente del uso de suelo y la vegetación que ahí se

presenta. Las zonas que registran alto riesgo se concentran en asentamientos humanos como son Santo Domingo (Francisco Portillo), San Antonio, San Guillermo y el Rancho Cabello.

Los factores detonantes considerados fueron la precipitación, que en este caso rebasa el umbral de lluvias (77.4 mm/día) en todos los casos de los periodos de retorno considerados, así como las corrientes de agua, en sus diferentes órdenes, únicamente acentuaron el peligro, remarcando las zonas definidas con potencial de flujos.

Los resultados se muestran en el siguiente mapa, observando valores que van de 1.02 a 2.12, que con el uso de la técnica de categorización Intervalo de igualdad, se obtuvieron 5 categorías considerando que en la memoria de cálculo los valores resultantes están normalizados a 1. Los mayores indican un peligro mayor, mientras que los más bajos indican bajo peligro. La categorización para el fenómeno de fluidos es la siguiente:

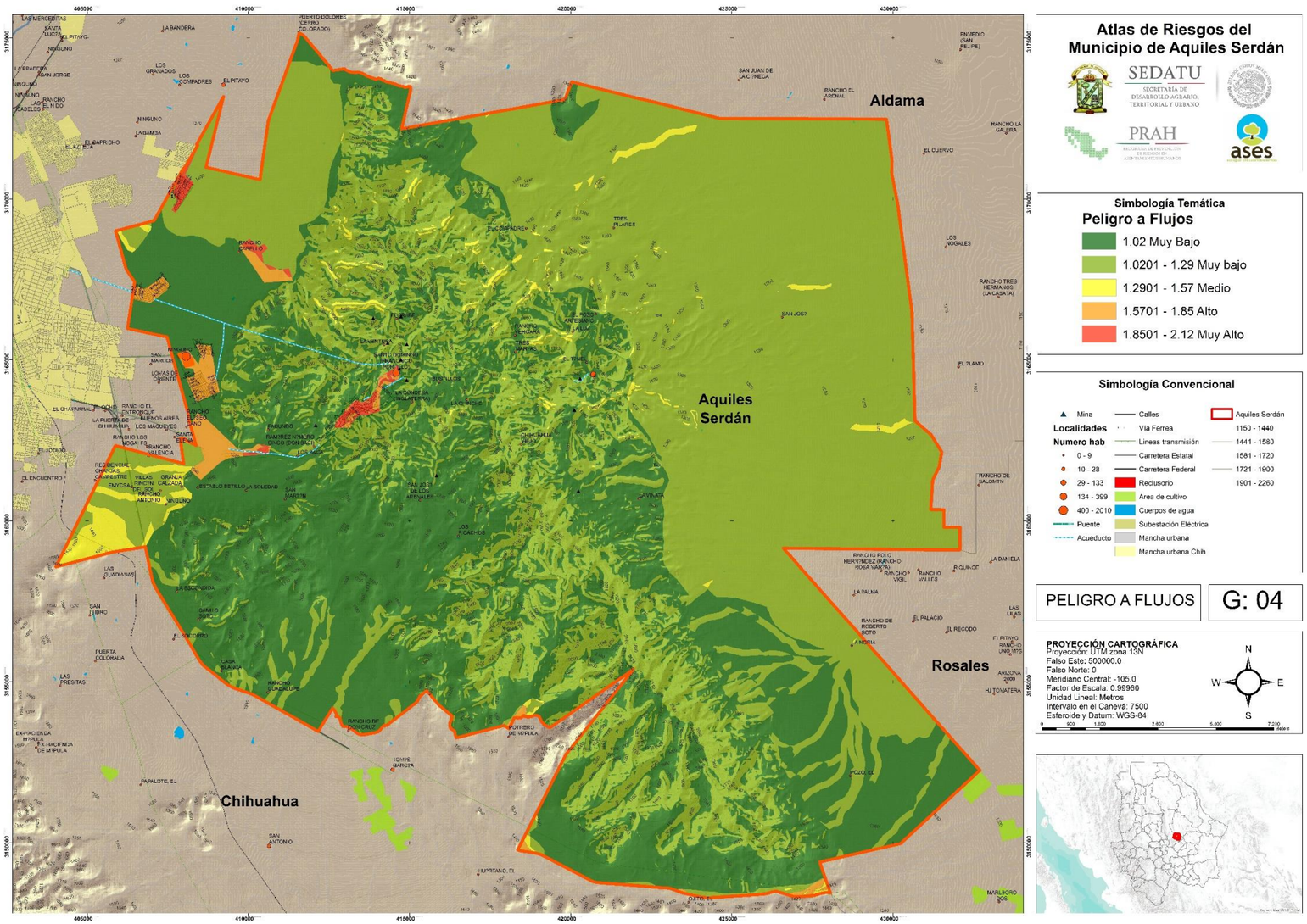
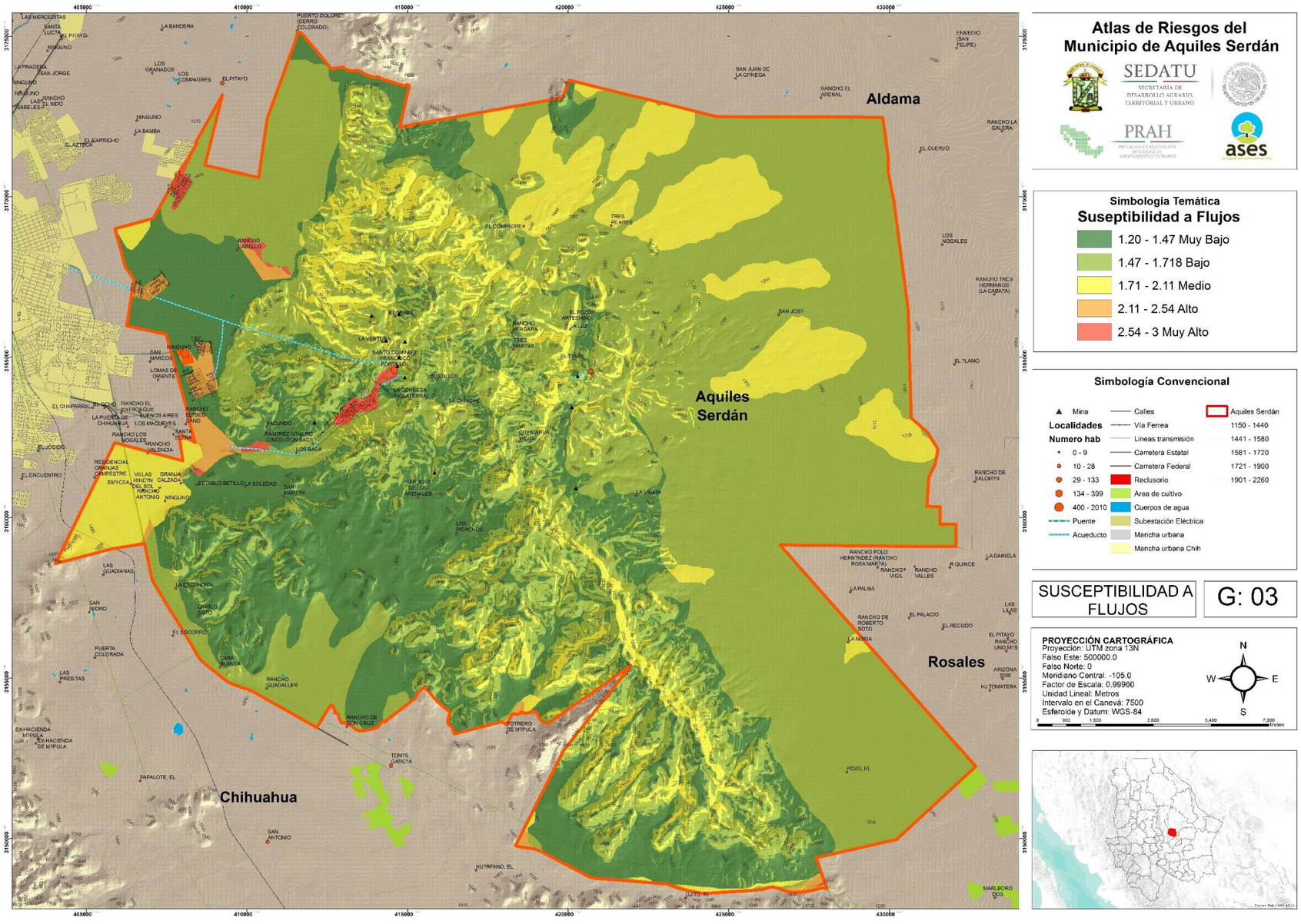


Fig. 5.1.10 Mapa de peligro por flujos considerando factores condicionantes

La zona Noroeste del municipio identificada como peligrosa se caracteriza por un suelo del tipo leptosol lítico (carbonato cálcico equivalente mayor del 40%), este tipo de suelo es de pobre desarrollo y calidad edafológica muy baja, que se caracteriza por estar limitado dentro de los 25 cm de la superficie del suelo en profundidad por una roca dura continua o material muy calcáreo, desarrollados a partir de rocas calizas, sedimentarias consolidadas, que se compone principalmente de calcita. Estos rasgos lito geológicos se acompañan de una vegetación con predominancia de especies con hojas en forma de roseta inerme o espinosa, característica sobre laderas de origen sedimentario en zonas áridas y semiáridas, como lo es la región de estudio.

San Guillermo se caracteriza por materiales geológicos que constituyen la zona son conglomerados aluviales depositados por medio de una sucesión granodecreciente en una pendiente no mayor a los 15 grados de inclinación, cubiertos por un suelo Chernozem propios del clima continental extremado, semiárido con lluvias escasas de la zona. Sus principales propiedades se determinan por la poca aluviación y color oscuro debido a la presencia de humus formado durante los veranos, que sobrepasan comúnmente los 80 cm de profundidad y son moderadamente susceptibles a la erosión. Estas tierras negras se forman sobre rocas con alto contenido en carbonatos cálcicos y magnesio, en condiciones naturales tienen vegetación de pastizal que pueden soportar la sequedad y que toleran suelos con exceso de sales. La pendiente de la zona oscila entre 15 y 35 grados, y registra corrientes intermitentes de segundo y tercer orden.

La suma de las características del municipio son las que arrojan el resultado del análisis multicriterio, mismo que no resulta obtener valores críticos de peligro, por lo que el resultado se asocia principalmente a los factores detonantes.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Suseptibilidad a Flujos

- 1.20 - 1.47 Muy Bajo
- 1.47 - 1.718 Bajo
- 1.71 - 2.11 Medio
- 2.11 - 2.54 Alto
- 2.54 - 3 Muy Alto

Simbología Convencional

Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

SUSCEPTIBILIDAD A FLUJOS

G: 03

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters

Fig. 5.1.11 Mapa de susceptibilidad por flujos considerando los factores detonantes (periodos de retorno de precipitación a 2, 5, 10 y 100 años y fallas y fracturas).

La localidad urbana de Santo Domingo registra un nivel de peligro alto, esto derivado a que se ubica en una zona con pendientes entre los 15 y 35 grados de inclinación y una geología del tipo volcánico, con una edafología ígneo intrusiva de rocas riolíticas y tobas acidas, de ligera de consistencia, porosas, formadas por la acumulación de cenizas y otros elementos liberados durante una erupción volcánica, de textura criptocristalina o porfídica, cubierta de un suelo del tipo leptosol calcáreo lítico, de escasa profundidad, escasa cantidad de tierra fina y con registro de mayor cantidad de piedras o afloramientos de rocas, sobre el cual se desarrolla un estrato arbustivo donde es común encontrar especies como Agave lechuguilla, entre otras variedades de tamaño menor a los 4 m y de raíz poco profunda, con corrientes de agua intermitentes de segundo y tercer orden.

Los valores de los factores condicionantes y detonantes no arrojan valores críticos por lo que la mayor parte del municipio contiene valores por debajo de la categoría media de peligro. En el municipio principalmente se observa una mayor cantidad de superficie en la categoría Baja y la categoría Muy alta en menor proporción. Sin embargo, se hace la recomendación de realizar estudios con mayor detalle, en donde se puedan identificar puntos clave de peligro dentro de las zonas que presentan una intensidad arriba de la categoría Media.

TABLA 53. PORCENTAJES DE INTENSIDAD DE PELIGRO DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL MUNICIPIO.

Intensidad	Porcentaje
Muy baja	38.9%
Baja	58.2%
Media	1.7%
Alta	1.0%
Muy alta	0.3%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, menos del 3% del riesgo por flujos es de un grado medio a alto. Sin embargo, el 0.3 corresponde a una de las localidades más importantes del municipio que resulta afectada es santo domingo, la cual se muestra en la siguiente tabla, asi como la infraestructura y equipamiento con la que cuenta.

TABLA 54. MUNICIPIO AFECTADO, INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO CON LA QUE CUENTA.

Fenómenos	Grado de riesgo	Localidad afectada	Población afectada (No. de habitantes)	Infraestructura y equipamento	Ubicación (Coordenada X UTM)
Flujos	Muy alto	Santo Domingo	399	Vías de comunicación 5 Templos 6 Plazas 1 Centro de atención medica 4 Escuela 1 Cementerio 1 Palacio de Gobierno	414587.50

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010

5.1.6 Caídos o derrumbes

Caídos y derrumbes

Los caídos o derrumbes son movimientos repentinos de suelo o fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, ocasionando movimientos en caída libre, rodando y rebotando (CENAPRED, 2001).

Los caídos incluyen dos tipos de mecanismos principales (CENAPRED, 2006):

- Desprendimientos. Se refiere a la caída de suelos que se producen con procesos erosivos o por bloques rocosos, que principalmente se ubican en discontinuidades estructurales, como grietas, planos de estratificación y fracturamiento.

- Vuelcos y volteos. Representan la caída de bloques rocosos que presentan un giro hacia delante, mismo que se origina por discontinuidades estructurales, como grietas de tensión, formaciones columnares o diaclasas.

Estos movimientos se encuentran agrupados como un tipo de mecanismo básico de inestabilidad de laderas. Los movimientos por inestabilidad de laderas ocasionan víctimas, heridos y damnificados, así como pérdidas económicas (CENAPRED, 2001).

Es por ello que al identificar los lugares que por sus características pueden verse afectados por este tipo de fenómenos. En el caso de la inestabilidad de laderas los factores que influyen para que se presente el fenómeno son la geología, el tipo de suelo, las pendientes, la presencia de escorrentías y fallas activas.

Analizar el peligro de un municipio ante un fenómeno como los caídos y derrumbes es importante debido a que se pueden definir diferentes usos de suelo dependiendo de los niveles que se encuentren en un análisis previo.

Metodología

Para evaluar el fenómeno conocido como caídos y derrumbes conforme a lo establecido en las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2015 para el análisis Nivel III, se llevó a cabo un análisis multicriterio que utiliza como base cartografía temática por medio de Algebra de Mapas.

Para realizar el álgebra de mapas se requiere especificar el peso de cada uno de los factores que se van a considerar los cuales pueden influir en el peligro del fenómeno, las capas de información de cada factor son de tipo ráster.

Los archivos tipo ráster son un conjunto de valores organizados en cuadricula (filas y columnas), para realizar el álgebra de mapas cada parámetro tendrá su propio archivo ráster con los valores que correspondan.

Para realizar estas valoraciones se utilizó como base la metodología propuesta en la Guía para la elaboración de fenómenos geológicos (CENAPRED, 2006), en el apartado de inestabilidad de laderas, sin embargo, fue modificada

debido a que las escalas de análisis son distintas, la metodología que se utilizó en este análisis es de tipo cualitativo y empírico.

La ecuación que expresa el peligro es la siguiente:

$$\boldsymbol{Pe = 0.70\ (FC) + 0.30\ (FD)}$$

Donde:

Pe = Peligro.
FC = Factores condicionantes.
FD = Factores detonantes.

Los factores condicionantes tienen un peso distinto debido a que cada tipo de fenómeno dependerá más de un factor que de otro, si se sustituyen los factores con su Valor relativo en la ecuación de peligro se expresa como:

$$\boldsymbol{Pe = 0.70\ [0.15(Eda) + 0.30(Lit) + 0.35(Pen) + 0.20(USV)] + 0.30\ [0.30(Fal) + 0.70(Prec)]}$$

Donde:

Pe = Peligro.
Eda = Edafología.
Lit =Litología.
Pen = Grado de inclinación de la pendiente.
Alt = Altitud.
USV = Usos de suelo y vegetación.
Fal = Presencia de fallas y fracturas.
Prec = Periodos de retorno de precipitación.

La suma ponderada se clasificó en cinco clases por medio de la técnica de Intervalo de igualdad, esta técnica consiste en asignar intervalos equivalentes en donde se dividen en rangos todos los valores y se clasifican intervalos del mismo tamaño. Entre mayor sea el valor, mayor es el peligro. Las categorías y su respectiva valoración se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 55. CATEGORIAS Y SU VALORACIÓN

Valoración	Categorías
Menor que 0.63	Muy bajo
0.63 - 0.77	Bajo
0.77 - 0.91	Medio
0.91 – 1.05	Alto
Mayor que 1.05	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

Memoria de cálculo

Factores condicionantes

El grado de estabilidad de una ladera depende de las características in situ que se conocen como factores condicionantes, tales como la geología, la geomorfología, la deforestación y la actividad humana, entre otros (Gutiérrez, et al., 2006). Los factores condicionantes que se consideran en este análisis son el tipo de roca, la edafología, los usos de suelo, la vegetación, el grado de inclinación de pendientes y la altitud.

Factores topográficos

Pendiente

Se alcanza un caído o derrumbe cuando la gravedad moviliza la roca por la pendiente, debido a que la gravedad actúa de manera permanente sobre una pendiente, los deslizamientos de rocas ocurren cuando la fuerza de gravedad excede la resistencia del material (OEA, 1993).

La contribución del grado de inclinación a la inestabilidad de los materiales se expresa con los siguientes intervalos:

TABLA 56. CONTRIBUCIÓN DEL GRADO DE INCLINACIÓN A LA INESTABILIDAD DE LOS MATERIALES.

Categorías	Atributo relativo
Mayor que 45o	2
36 a 45o	1.8
26 a 35o	1.4
16 a 25o	1
Menor que 15o	0.5

Fuente: Elaboración propia

Factores geotécnicos

Litología

Las características de resistencia al esfuerzo cortante de las rocas que forman las laderas nos indican que tan susceptible es cada tipo de geología para que ocurra un caído o derrumbe. La Valor relativo que se le atribuyó a cada clase de roca se realizó con base a la información expuesta en CENAPRED (2006).

TABLA 57. LITOLOGÍA.

Tipo de roca	Descripción	Atributo relativo
Ígnea extrusiva	Se forman a partir de magma solidificado en grandes masas en el interior de la corteza terrestre, formando cristales grandes.	0.2

Tipo de roca	Descripción	Atributo relativo
Sedimentaria	Se forman por acumulación de sedimentos de diversos tamaños que son transportadas por agua, hielo o aire y son sometidas a procesos físicos y químicos que dan lugar a materiales consolidados.	0.6

Fuente: CENAPRED 2006

Edafología

La compactación de los suelos influye en un proceso de inestabilidad en donde los suelos arcillosos o compactos presentan un valor bajo, mientras que los suelos granulares compactos a sueltos que reblandecen con la absorción de agua son los que presentan mayor puntuación, mismo que corresponde a la Valor relativo propuesta por CENAPRED (2006). En la siguiente tabla se presentan los tipos de suelo que se encuentran dentro del municipio y su respectiva Valor relativo según sus características (INEGI, 2004; FAO, 2007).

TABLA 58. EDAFOLOGÍA

Tipo de suelo	Descripción	Valor relativo
Chernozems	Moderadamente susceptibles a la erosión, más fértiles que los Kastañozems, se caracterizan por ser ricos en materia orgánica.	0.5
Calcisoles	Pobres en materia orgánica y nitrógeno.	2
Cambisoles	Respecto a los Calcisoles, presentan mayor contenido de arcilla y menor en carbonatos. Se componen por materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas. Se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental.	1
Fluvisoles	Se caracteriza por ser formado por materiales acarreados por el agua, presentan capas alternadas de arena con piedras y gravas redondeadas.	2
Kastañozems	Suelos ricos en materia orgánica y nutrientes, con alta fertilidad natural, moderadamente susceptibles a la erosión	1
Leptosoles	Suelos susceptibles a la erosión, se caracterizan por ser suelos someros.	1
Luvisoles	Suelo con acumulación de arcilla, con alta susceptibilidad a la erosión.	1.5
Phaeozems	Se parecen a los Chernozems y Kastañozems, pero se encuentran lixiviados. Son ricos en materia orgánica, compuestos con materiales no consolidados. Son suelos porosos y fértiles.	0.5

Fuente: CENAPRED 2006

Factores geomorfológicos y ambientales

Vegetación y usos de la tierra

El cambio de uso de suelo, propicia a problemas asociados a la erosión debido a que la mayoría se requiere un desmonte de la vegetación natural. Asimismo, la vegetación es un indicador de erosión debido a que cierta vegetación será menos susceptible que otras, como el tamaño de raíz, su abundancia o su distribución.

TABLA 59. VEGETACIÓN Y USOS DE LA TIERRA

Tipo de usos de suelo	Descripción	Valor relativo
Agrícola-pecuaria-forestal	Se considera que esta área se utiliza para la agricultura y actividades productivas.	1.5
Asentamientos humanos	Esta zona se considera como zona urbana.	2
Bosque de mezquite	En áreas del país como Durango, los bosques de mezquite presentan sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea por lo que son susceptibles a la erosión hídrica (Valenzuela-Núñez, et al., 2012).	1.5
Desprovisto de vegetación	Las áreas deforestadas se consideran con una puntuación alta.	2
Matorral desértico Micrófilo	Este tipo de matorral se encuentra conformado por arbustos de hoja pequeña, se caracteriza por presentarse en llanuras con suelo profundo.	0.8
Matorral desértico Rosetófilo	Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado.	0.8
Pastizal inducido	Surge cuando es eliminada la vegetación original. La permanencia de estos géneros se ve favorecida por los grupos humanos ya que se utilizan para realizar artesanías, como el caso de Sabal mexicana.	0.8
Pastizal natural	Comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por arbustos y hierbas compuestas, leguminosas. Se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas.	0.8

Factores detonantes o externos

Los factores detonantes son aquellos que ocasionan o desencadenan un evento de deslizamiento o caído, como son los sismos, las lluvias y la actividad volcánica (CENAPRED, 2006). En este caso se consideran los periodos de retorno de la lluvia acumulada en 24 horas cada 5, 10, 50 y 100 años y la presencia de fallas y fracturas como factores detonantes.

Fallas y fracturas

La presencia de fallas y fracturas presentes en el municipio pueden precipitar o influir en el movimiento de un caído o derrumbe. Las fallas son superficies de ruptura en rocas a lo largo de la cual existió un movimiento relativo, el desplazamiento de cada falla puede variar de centímetros a kilómetros (CENAPRED, 2006).

Las fallas activas presentan movimientos Existen diversos tipos de fallas como las normales, inversas, de desgarre y oblicua. Las fallas que se encuentran en el municipio son de tipo normal, la mayoría son con movimiento vertical a la derecha y una falla con movimiento vertical a la izquierda.
Las fallas normales presentan un movimiento vertical generado por tensión horizontal, en donde las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares a la línea de ruptura superficial, y el movimiento es vertical respecto al plano de falla.

TABLA 60. FALLAS Y SU DESCRIPCIÓN

Fallas	Descripción	Valor relativo
Presencia	Se considera que las fallas pueden desencadenar un evento de caído o derrumbe	1

Precipitación

La precipitación es uno los factores externos que más contribuyen a la inestabilidad de laderas, debido a su relación con la saturación del terreno, en el aumento del peso volumétrico del suelo y en la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos. Por otro lado, se producen corrientes extraordinarias que propician socavación, deslaves y cambios en la geometría de las laderas (CENAPRED, 2006).

La lluvia de 24 horas generalmente refleja lluvias cortas de intensidad alta, y ésta puede por tanto usarse como un indicador de la probabilidad de deslizamientos. Una lluvia de 24 horas de menos de 100 mm difícilmente provocará un deslizamiento mayor, sin embargo, el valor umbral para el estado de Chihuahua (Glade, Crozier y Smith, 2000) es de 77.4 mm, por lo que se tomó como referencia para la Valor relativo de este factor, donde los valores por encima presentan una Valor relativo mayor.

TABLA 61. PRECIPITACIÓN

Precipitación (mm/día)	Atributo relativo
Mayor a 77.4	2
Menor o igual a 77.4	1

Los valores de precipitación que se utilizaron fueron los correspondientes a los periodos de retorno a 2, 5, 10, 50 y 100 años de la lluvia en 24 horas, que se presentan en el apartado de fenómenos hidrometeorológicos del presente atlas.

Debido a que los valores de precipitación no varían mucho en cada periodo de retorno y están por debajo del valor umbral, en el resultado se muestra el peor escenario para este factor detonante, por lo que se realizó el cálculo del algebra de mapas obteniendo un solo escenario.

Resultados

Conforme al resultado del análisis multicriterio para evaluar el peligro en el municipio de Aquiles Serdán se determinaron zonas con peligro al fenómeno de caídos y derrumbes, lo que se puede observar en los mapas resultantes.

El peligro por derrumbes en el municipio de Aquiles Serdán se observa desde el Sureste hasta el Noroeste, registrando un nivel de peligro que va de medio a alto en las zonas donde la pendiente se encuentra entre los 35 y los 63 grados de inclinación.

En las zonas con una intensidad de peligro alta predomina una litología principalmente de tipo sedimentaria, compuesta por superficies conglomeráticas derivadas de asentamientos aluviales, además la edafología se caracteriza por ser de suelos poco profundos, de composición pedregosa y poco desarrollada.

Asimismo, los factores condicionantes se acompañan de zonas de fallamiento y una vegetación de raíces muy largas adaptadas a vivir en lugares con escasez de agua.

La lluvia es el principal factor detonante, ya que reduce la resistencia al esfuerzo cortante del material que constituye a la ladera, por lo que se genera presión de poro al acumularse en el material térreo. Este factor al igual que las fallas registradas en la zona, alteran de forma negativa los factores condicionantes evaluados, aumentando el nivel de peligro regionalmente.

Considerando dentro del análisis la precipitación registrada a través de los periodos de retorno a 2, 5, 10 y 100 años, no existe una variante considerable, más al contrario, en todos los periodos de recurrencia se registraron valores cercanos al umbral de precipitación por lo que se desarrolló un mapa respecto a este factor detonante.

Los resultados se muestran en el siguiente mapa, que muestra 5 categorías según la técnica de categorización Intervalo de igualdad, en donde los valores resultantes están normalizados a 1, observándose en color rojo las zonas de mayor riesgo.

Fenómenos	Grado de riesgo	Localidad afectada	Población afectada (No. de habitantes)	Infraestructura y equipamento	Ubicación (Coordenada X UTM)
Caídas/ Derrumbes	Medio	La Noria	2	Vías de comunicación	428720.950
		Chihuahua Viejo	*	*	418463.07
		Santo Domingo	399	Vías de comunicación 5 Templos 6 Plazas 1 Centro de atención medica	414587.50
		Tres Marías	*		418292.840
		La Ventura	4	Mina	414218.90
		La Luz	*		420062.51
		El Árabe	*		414606.730
		Tres pilares	*		421333.380
		El Compadre	*		418618.27

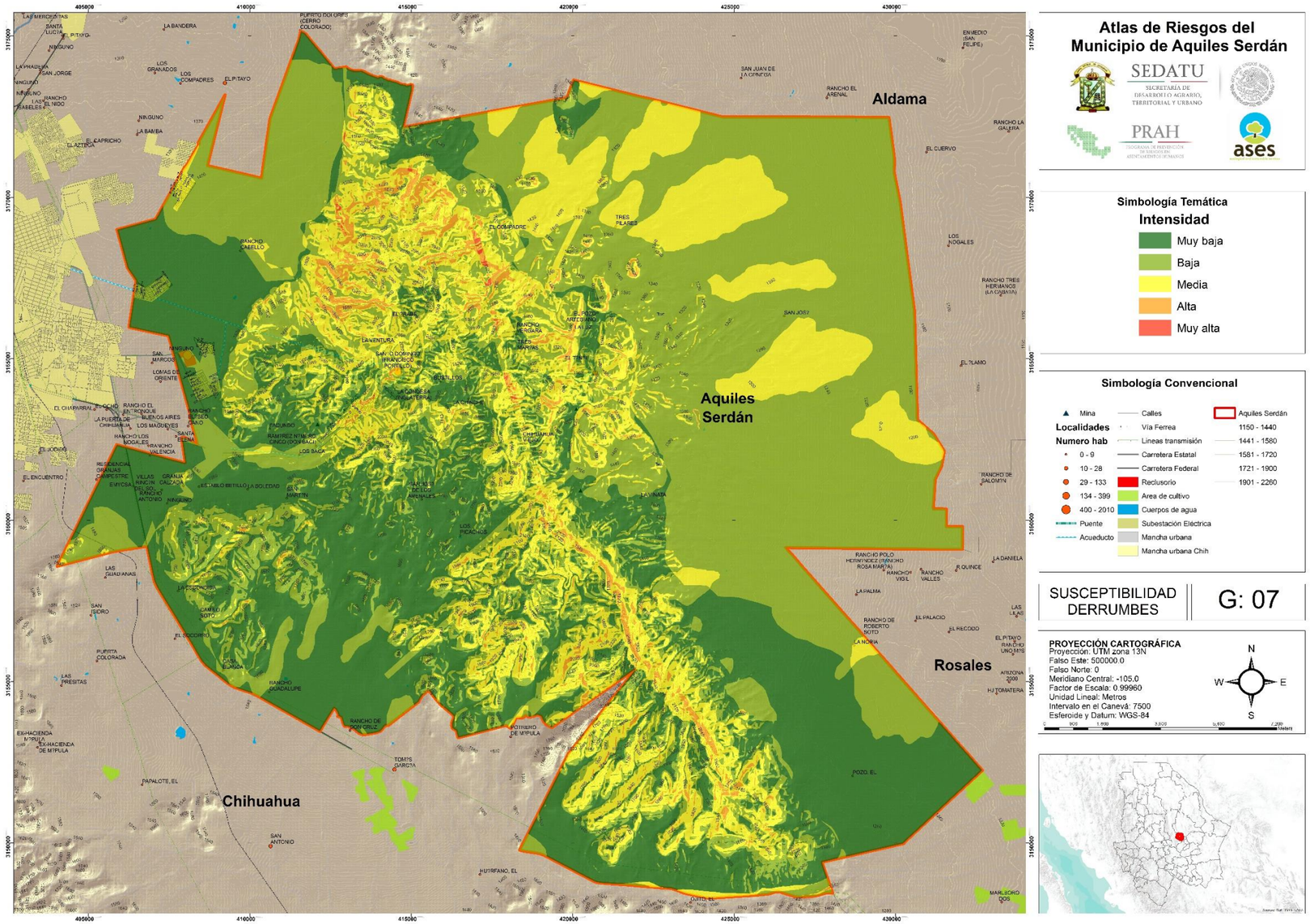


Fig. 5.1.12 Mapa de susceptibilidad de derrumbes considerando factores condicionantes.

La geología de la región donde se ubican las localidades de Santo Domingo, Bustillos y La Ventura se caracteriza por tener una pendiente entre los 15 y 35 grados de inclinación, de una formación deposicional de conglomerados sedimentarios. Las características del suelo en la región es la poca profundidad que yace sobre rocas cohesivas continuas. El peligro aumenta debido a que son centros poblacionales, las características vegetativas de la región se conforman por matorrales debido a la escasa precipitación, donde predominan los arbustos y plantas que se desarrollan debajo de la tierra o de raíces largas.

En la zona donde se ubican las localidades de San Antonio el grande, Rancho Vergara, Tres Marías, La luz, la geología se conforma por una transición entre una roca ígnea intrusiva. La geología reolita - toba acida es considerada geológicamente estable y segura debido a su estructura microcristalina compacta. Seguida por una región de roca caliza sedimentaria, donde el nivel de peligro aumenta de medio a alto.

Los resultados se muestran en el siguiente mapa, observando valores que van de 0.45 a 0.97, que con el uso de la técnica de categorización Intervalo de igualdad, se obtuvieron 5 categorías considerando que en la memoria de cálculo los valores resultantes están normalizados a 1. Los mayores indican un peligro mayor, mientras que los más bajos indican bajo peligro. La categorización para el fenómeno de fluidos es la siguiente:

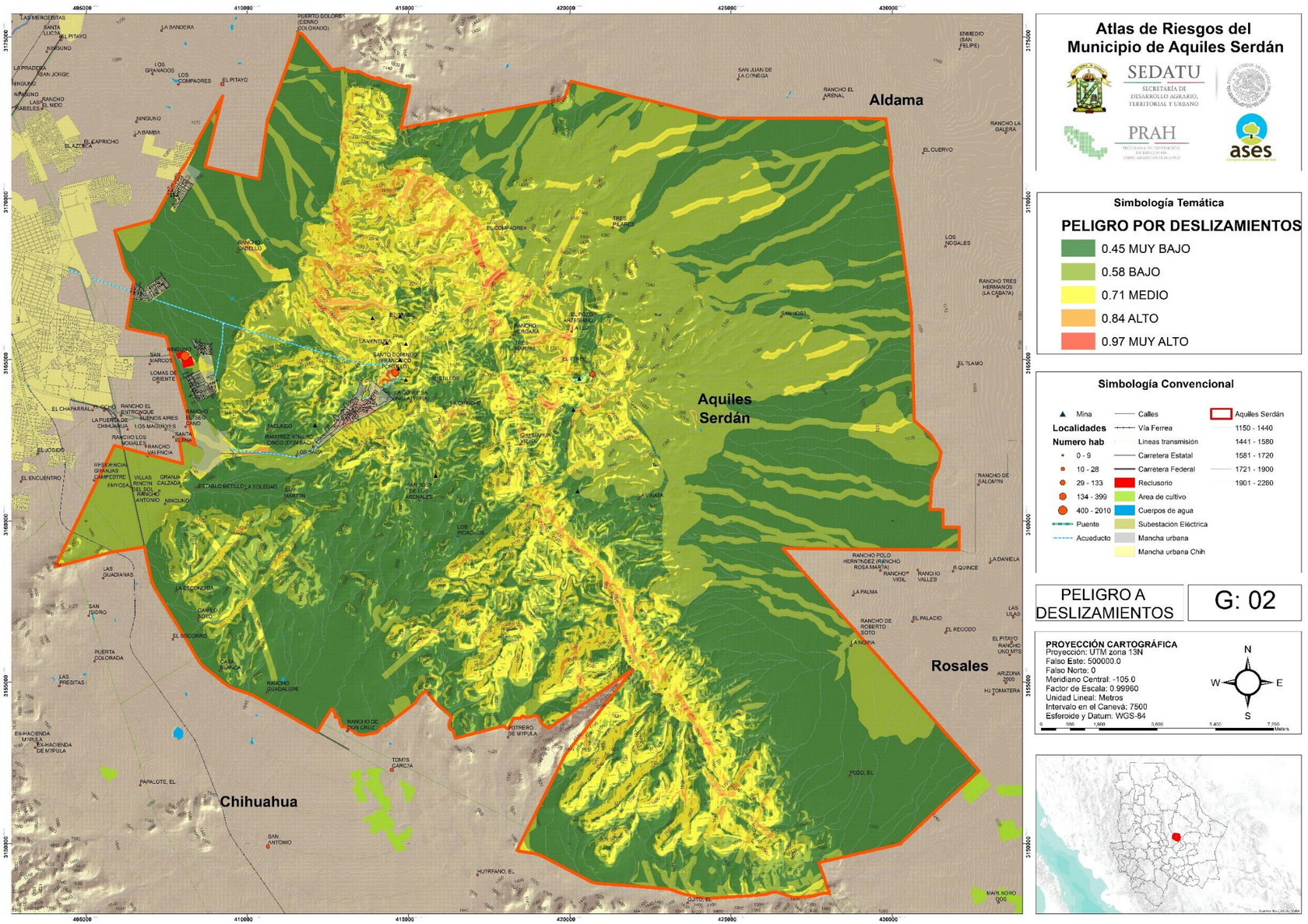


Fig. 5.1.13 Mapa de peligro de deslizamiento considerando factores detonantes (periodos de retorno de lluvia a 2, 5, 10 y 100 años)

Aunque los factores detonantes considerados en la evaluación del peligro son relativamente estables, se tomaron en cuenta condiciones extremas para que se presente el fenómeno y poder identificar las zonas potenciales expuestas al peligro por caídos y derrumbes dentro del municipio. De esta forma el nivel de peligro aumenta, mostrando las áreas de sucesos potenciales. Al agregar el factor detonante de la precipitación al análisis, se incrementó el peligro por deslizamiento en las zonas anteriormente mencionadas.

Los valores de los factores condicionantes y detonantes no arrojan valores críticos, por lo que la mayor parte del municipio contiene valores por debajo de la categoría media de peligro, siendo la intensidad de Baja la que ocupa mayor superficie del municipio.

TABLA 62. PORCENTAJES DE INTENSIDAD DEL PELIGRO DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL MUNICIPIO.

Intensidad	Porcentaje
Muy baja	30.1%
Baja	45.4%
Media	22.4%
Alta	2.1%
Muy alta	0.1%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se hace la recomendación de realizar estudios con mayor detalle, en donde se puedan identificar puntos clave de peligro dentro de las zonas que presentan una intensidad arriba de la categoría Media.

TABLA 63. FENÓNEMOS Y CARACTERÍSTICAS

Fenómenos	Grado de riesgo	Localidad afectada	Población afectada (No. de habitantes)	Infraestructura y equipamento	Ubicación (Coordenada X UTM)
Inestabilidad de laderas/ Deslizamientos	Medio	Chihuahua viejo	*		418463.07
		Tres Marías	*		418292.8
		La Ventura	4	Mina	414218.9
		La Luz	*		420062.51
		El Árabe	*		414606.73
	Alto	Santo Domingo	399	Vías de comunicación 5 Templos 6 Plazas	414587.50
					1 Centro de atención medica 4 Escuela 1 Cementerio 1 Palacio de Gobierno

5 Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

5.1.6 Hundimientos

Hundimientos Regionales y Locales

El hundimiento regional se manifiesta por el descenso de la superficie del terreno en una determinada región. Dicho fenómeno se relaciona con la extracción de agua subterránea y se presenta principalmente en valles formados por depósitos de suelos lacustres, aluviales y fluviales constituidos por mezclas de suelos finos con arenas y gravas (hundimiento regional). O bien hundimientos locales, que son causados por el colapso del subsuelo o de la roca en zonas donde existen huecos o cavidades producidas actividades mineras, extracción de materiales para construcción, excavaciones, o por karsticidad (regiones geológicas compuestas por rocas calizas fácilmente solubles: yeso, calizas, sal, etc.) según CENAPRED (2014).

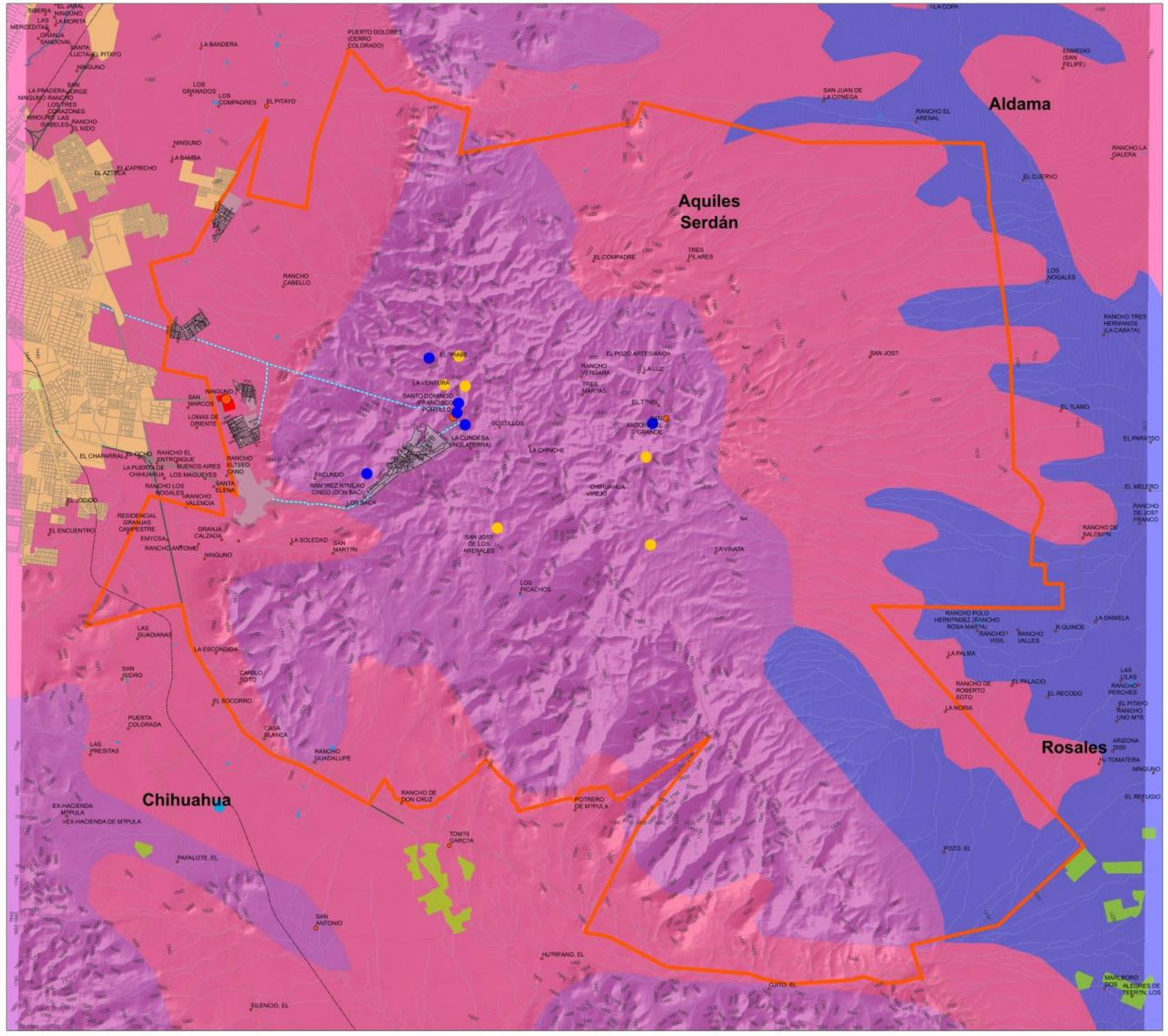
Metodología

Conforme a lo mencionado en el nivel I en las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Altas de Riegos (BEEAR ,2015), se realizó una revisión bibliográfica local con la finalidad de realizar un inventario de los casos de hundimiento que se hayan presentado en el Municipio de Aquiles Serdán, así como la información digital y cartografía temática existente del Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Resultados

Debido a que no existen reportes de hundimientos en la zona evaluada, no se considera que sea un fenómeno de riesgo potencial. Aunque el riesgo siempre está latente, aún es muy bajo, y se relaciona directamente con la actividad minera que en el municipio se desarrolló o bien, se encuentra activa a la fecha.

El municipio de Aquiles Serdán es relativamente estable desde el punto de vista geológico. Conforme a la carta de geología de INEGI, se conforma de regiones de roca litificada, caracterizada por la cementación de partículas sedimentarias que conforme aumenta la profundidad, más compactas y firme se vuelve. Y regiones petrocálcicas, que presentan una solidificación a tal extremo que los fragmentos secos no se sueltan al sumergirlos en agua y las raíces no pueden entrar en él. Es extremadamente duro en seco, y muy firme o extremadamente firme en húmedo.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Mina CONDICION
- EN OPERACIÓN
- FUERA DE USO

Tipo de Suelo
Fas. Física
- Dúrica
- Gravosa
- Lítica
- Pedregosa
- Petrocálcica
- Pretrogypsica

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Puente
- Subestación Eléctrica
- Acueducto
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Mapa Base | MB: 01

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S



Fig. 5.1.14 Mapa de geología del municipio de Aquiles Serdan

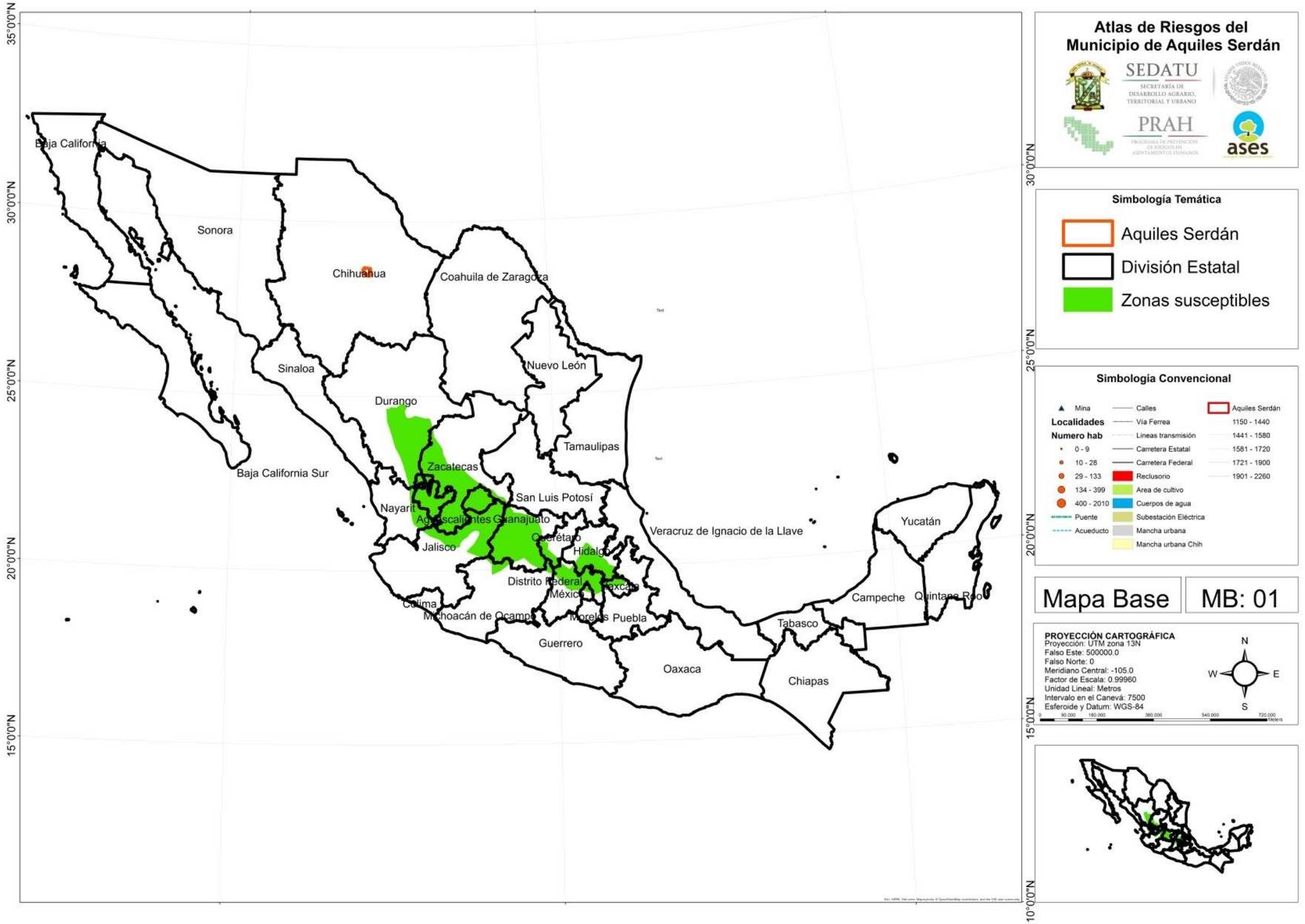


Fig. 5.1.15 Mapa de zonificación de hundimiento nacional, CENAPRED.

Karsticidad

Aproximadamente un 20% Del territorio nacional está subyacido por rocas solubles, principalmente calizas y en menor proporción yesos. La mayoría de estas rocas están distribuidas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur, Chiapas y la Península de Yucatán.
La generación de hundimientos repentinos e instantáneos es el único peligro kárstico que regularmente provoca pérdidas de vidas humanas.

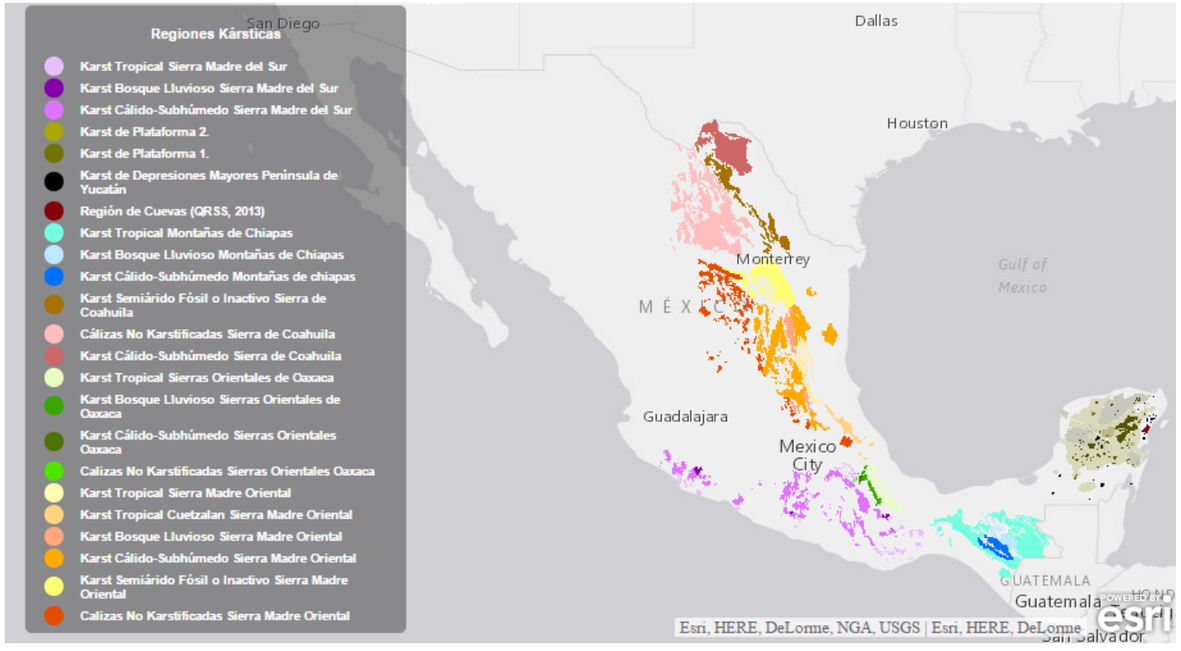


Figura 8. Mapa de Regiones kársticas: Espinosa Pereña y Nieto Torres (2014)

5.1.3 Subsidencia

La subsidencia del terreno es la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación que involucra el hundimiento relativo de la superficie terrestre, debido a la actividad tectónica de las placas, la carga de sedimentos y la remoción del fluido de los yacimientos. Desde un punto de vista genético, la subsidencia se puede clasificar en dos tipos: endógena y exógena (Tomás et al., 2010).

El primero de estos términos hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos (Tomás et al., 2010).

La subsidencia del terreno puede deberse a numerosas causas como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo o la compactación de los materiales que constituyen el terreno. Todas estas causas se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros, esto durante periodos de tiempo que varían desde minutos hasta años (CENAPRED, 2014).

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Debido a que la magnitud de los hundimientos puede ser de solo nos cuantos centímetros por año, y a que afectan superficies muy extensas (kilómetros), son casi imperceptibles, sin embargo, tienden a generan problemas tales como la aparición de grietas en la superficie, las cuales pueden dañar todo tipo de infraestructura civil, desde edificaciones hasta tuberías de agua potable, drenaje, gas, etc. (Pacheco, 2007).

Metodología

Debido a que la subsidencia está ligada directamente al proceso de hundimientos del terreno, se realizó la misma metodología que en el apartado de hundimientos.

Resultados

Debido a que no existen reportes de hundimientos en la zona evaluada, no se considera que sea un fenómeno de riesgo potencial. Aunque el riesgo siempre está latente, aún es muy bajo, y se relaciona directamente con la actividad minera que en el municipio se desarrolló o bien, se encuentra activa a la fecha.

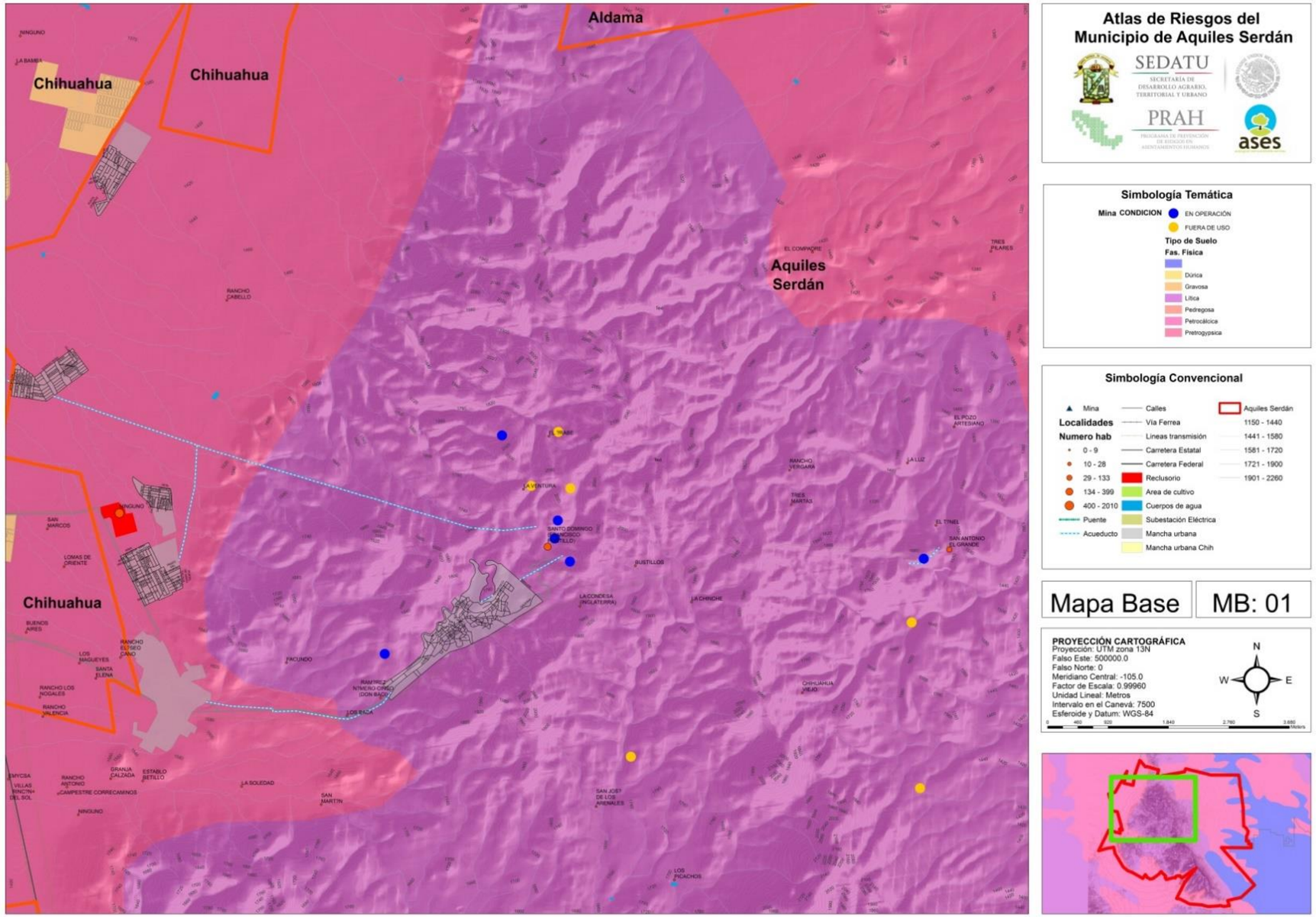


Figura 9 Ubicación de zonas mineras y la relación con las características físicas del suelo en el Municipio de Aquiles Serdán

5.1.4 Agrietamientos

El Centro Nacional de Prevención de Riesgos y Desastres (CENAPRED) define al agrietamiento como la manifestación superficial de una serie esfuerzos que se generan en el subsuelo debido a fuerzas y deformaciones inducidas por el hundimiento regional, desecación de los suelos, deslizamientos de laderas, ocurrencia de sismos, fallas geológicas, excavaciones subterráneas, entre otros.

El agrietamiento es un fenómeno difícil de predecir debido a que determinar la presencia de un evento de este tipo, se requiere conocer las mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del conocimiento del nivel freático y de su variación con el tiempo y de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno

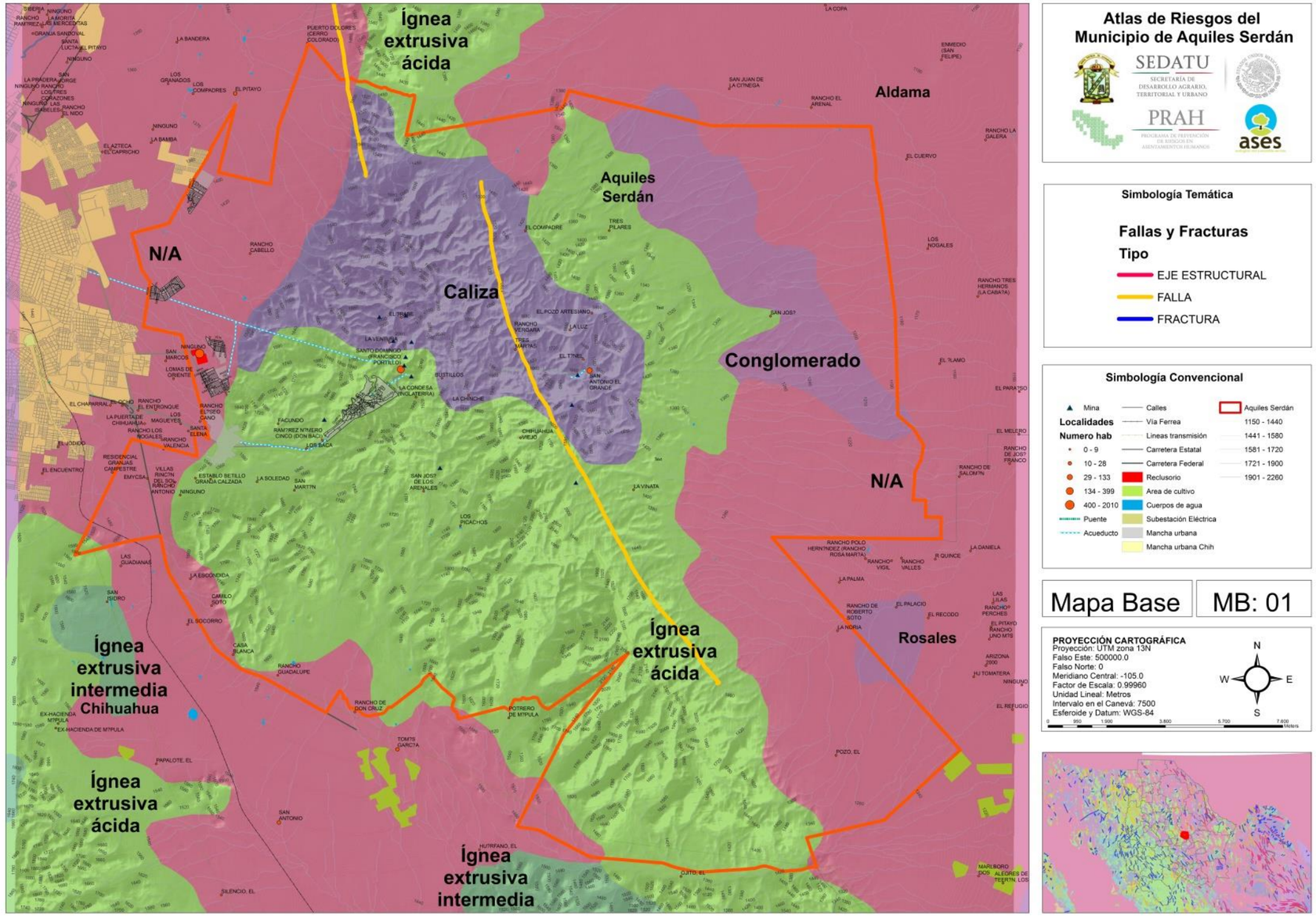
Metodología

Conforme al BEEAR 2015, se efectuó una revisión bibliográfica de casos de agrietamientos presentes en la zona. A partir de la información geográfica de INEGI, así como del Servicio Geológico Mexicano, se realizó cartografía temática para tener identificadas las zonas, que, aunque de riesgo muy bajo, presentan fallas y fracturas.

Resultados

Debido a que se trata de un fenómeno que difícilmente podría ocurrir de manera espontánea, por lo que su origen siempre está ligado a otro fenómeno que lo detona, de los cuales ninguno es un riesgo potencial en el Municipio de Aquiles Serdán.

Fig. 5.1.18. Litología de la zona de estudio y sistema de fallas y fracturas presentes.



5.2 Fenómenos Hidrometeorológicos

5.2.1 Temperaturas máximas/mínimas extremas (Ondas cálidas/gélidas)

Ondas cálidas

Las elevadas temperaturas están relacionadas con sistemas de estabilidad atmosférica principalmente en las estaciones de primavera y verano, así como de la ocurrencia de ondas de calor. Una onda de calor es un periodo más o menos prolongado, excesivamente cálido, que puede durar 1 o más días consecutivos. Se consideran ondas de calor aquellas temperaturas que generan una descompensación en el cuerpo humano, para ello se analizan las variaciones en las temperaturas que someten a una exposición prolongada a la población, enfocándose en las temperaturas máximas y el impacto que este fenómeno provoca en las actividades económicas y en el propio ser humano. Los últimos años se han observado a nivel mundial tendencias anómalas hacia el aumento de la temperatura, que se relacionan con el cambio climático global. La vulnerabilidad física y social, por este fenómeno, es más frecuente en los meses de junio a agosto, es decir durante la temporada de verano.

De acurdo con el CENAPRED, las temperaturas altas, generan las siguientes condiciones de molestia, afectando a las personas cuya vulnerabilidad es considerada alta, en la Tabla 64 se describen atendiendo a las temperaturas consideradas como muy altas.

TABLA 64. CONDICIONES DE MOLESTIA POR ALTAS TEMPERATURAS

Temperaturas	Designación	Vulnerabilidad
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.
31.1 a 33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolvaneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.
33.1 a 35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.
>35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.

Metodología

En el caso del análisis de ondas de calor para el presente estudio se llevó a cabo el análisis de las ondas cálidas desde tres perspectivas: la temperatura máxima extrema, el registro de días por encima de un umbral definido y la duración y frecuencia de ondas cálidas. Con la información disponible fue posible alcanzar el nivel 2 de identificación del riesgo, de acuerdo a los criterios establecidos por las Bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de Riesgos.

Temperaturas máximas extremas

La temperatura máxima es la temperatura más alta registrada durante cada día. De acuerdo con los criterios utilizados, se consideraron extremas al sobrepasar los 28°C.

Nivel 1

Debido a que no se cuenta con registros de estaciones meteorológicas dentro del municipio, se recopilaron registros de temperatura máxima de las estaciones meteorológicas localizadas cerca de los límites municipales del área de estudio. Posteriormente se seleccionaron únicamente aquellas estaciones que contaran con al menos 25 años de información. Las estaciones seleccionadas son las siguientes:

- Estación 8044 – Delicias (DGE)
- Estación 8049 – Luis L. León
- Estación 8092 – Las Burras
- Estación 8185- Presa Chihuahua (DGE)

En la Figura 10 se muestra la ubicación de las estaciones consideradas.



TABLA 65. TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1950			38	
1951			42	
1952			39.5	
1953			41.5	
1954			40	
1955			40.5	
1956			40	
1957			43	
1958			42	
1959			40	
1960			41	
1961	36		40	
1962	39		41	
1963	38		40	
1964	37		40	
1965	35	42.8	39	
1966	36	42	39	
1967	37	42.5	39	
1968	39.5	43.5	41	
1969	41	45	42	
1970	42	44	41	
1971	40	41.5	39	
1972	42	41	41	
1973	43	45	44	

TABLA 65. TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1974	39	43	42	
1975	41	45	42	
1976	38	44	41	
1977	40	41	42	
1978	41	42	42	
1979	42	42.5	44	
1980	42.5	43.5	45	
1981	43	44	42	38
1982	42	42	42.5	38
1983	41	43	42	37.5
1984	39	41.5	42	36
1985	40	41	40.5	38
1986	39	41.5	41	36
1987	40.5	40	42.5	38
1988	40	39	42	38
1989	43	40.5	43	40.5
1990	39		40	38.5
1991	40		41.5	38.5
1992	41		41	40.5
1993	39		39	35
1994	42		42.5	39.5
1995	41		43	35
1996	41		41	36
1997	40.5		42	37

TABLA 65. TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1998	42		44	39.5
1999	38.5		43	33
2000	39		38	37
2001	42			
2002	40.5	45		
2003	42	46		
2004	40	43		
2005	45	44		
2006	40	45		
2007	39	42		
2008	41	42.5		
2009	40	42.5		
2010	44	43		
2011	43	44		
2012	41	42		
2013	41	42		

Ondas gelidad Nivel 2

Para la obtención de los periodos de retorno se distribuyeron los datos por cinco métodos estadísticos: Normal, Lognormal y Gumbel, estos últimos dos por Momentos (Mo) y Máxima Verosimilitud (MV), seleccionando los valores de aquel cuyo error cuadrático fuera menor. La relación de errores cuadráticos para cada distribución se muestra en la Tabla 66.

TABLA 66. RELACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ERRORES CUADRÁTICOS

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0.4	0.4	0.4	0.7	0.9	Normal
Estación 8049 - Luis L. León	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	Normal
Estación 8092 - Las Burras	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	Normal
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	Normal

Los periodos de retorno de temperaturas máximas extremas adoptados son los siguientes que se presentan en la Tabla 67.

TABLA 67. PERIODOS DE RETORNO ADOPTADOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO DE AQUILES SERDÁN

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	42	43	44	45
Estación 8049 - Luis L. León	44	44	45	46
Estación 8092 - Las Burras	43	43	44	44
Estación 8098 - Maijoma	43	45	46	48
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	39	40	41	41

Registro de días por encima del umbral

Con los registros meteorológicos se elabora el análisis de los datos a partir de la identificación del umbral. Se entiende por umbral el valor mínimo de la magnitud de temperatura a partir de la cual se produce un efecto determinado. Para el caso de las ondas cálidas, el umbral es la temperatura de 35°C, determinada por las bases de estandarización de Atlas como el límite superior de tolerancia, a partir del cual se producen golpes de calor y aumentan las enfermedades.

En este análisis fueron cuantificados los días por cada año con temperatura registrada por encima o igual al umbral en las estaciones seleccionadas para el análisis de heladas. En la tabla se muestra la relación de años y número de días con temperatura igual o superior a 35°C por cada estación.

TABLA 68. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA SUPERIOR AL UMBRAL DE MÁXIMA

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1950			60	
1951			104	
1952			85	
1953			85	
1954			64	
1955			49	
1956			97	
1957			80	
1958			86	
1959			71	
1960			70	
1961	16		84	
1962	24		111	
1963	20		82	
1964	8		60	
1965	3	139	78	
1966	14	100	72	
1967	23	112	61	
1968	38	86	53	
1969	85	92	91	
1970	111	107	68	
1971	97	99	63	
1972	89	131	58	
1973	91	124	92	
1974	93	138	119	
1975	62	122	114	
1976	17	103	75	
1977	97	102	128	
1978	68	78	103	
1979	50	85	104	
1980	90	89	103	
1981	66	71	70	14
1982	114	120	129	15
1983	85	123	133	21
1984	32	72	86	8

TABLA 68. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA SUPERIOR AL UMBRAL DE MÁXIMA

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1985	64	93	43	34
1986	43	108	125	7
1987	41	35	86	15
1988	38	26	97	4
1989	92	73	153	47
1990	17	0	27	40
1991	49	0	99	27
1992	65	0	60	20
1993	62	0	54	1
1994	100	0	100	15
1995	84	0	113	3
1996	81	0	10	11
1997	69	0	108	14
1998	83	0	97	35
1999	60	0	48	0
2000	87	0	11	21
2001	84	0		
2002	65	124		
2003	79	109		
2004	55	97		
2005	88	124		
2006	64	106		
2007	48	80		
2008	52	72		
2009	95	108		
2010	89	102		
2011	135	123		
2012	95	112		
2013	73	93		

Duración y frecuencia de ondas cálidas

Se recopilaron los datos meteorológicos de las estaciones dentro del municipio y de otras estaciones cercanas para permitir la creación de isolíneas con la información resultante.

En cada estación se elaboró un inventario anual de ondas cálidas, entendiendo por onda cálida un registro de temperatura máxima durante el día igual o superior a los 35°C. En días consecutivos con temperaturas por encima de tal magnitud, se consideró como una sola onda cálida. Se contabilizaron anualmente las ondas cálidas, así como su duración. En la Tabla 69 se muestra el registro del número de ondas cálidas anuales para cada estación.

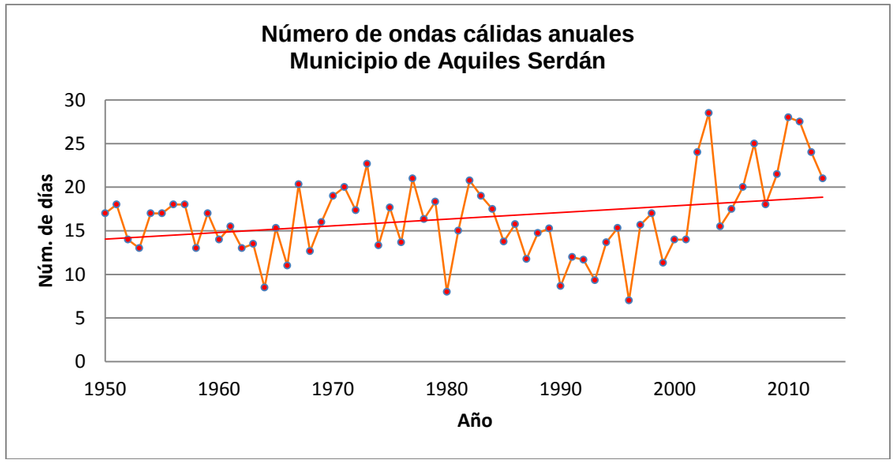
TABLA 69. ONDAS CÁLIDAS ANUALES PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1950			17		17
1951			18		18
1952			14		14
1953			13		13
1954			17		17
1955			17		17
1956			18		18
1957			18		18
1958			13		13
1959			17		17
1960			14		14
1961	10		21		16
1962	12		14		13
1963	13		14		14
1964	3		14		9
1965	3	24	19		15
1966	7	13	13		11
1967	11	30	20		20
1968	12	17	9		13
1969	21	15	12		16
1970	20	20	17		19
1971	21	22	17		20
1972	24	13	15		17
1973	26	24	18		23
1974	11	14	15		13
1975	18	15	20		18
1976	4	19	18		14
1977	24	22	17		21
1978	14	21	14		16

TABLA 69. ONDAS CÁLIDAS ANUALES PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1979	15	19	21		18
1980	6	9	9		8
1981	15	18	23	4	15
1982	29	19	29	6	21
1983	22	20	25	9	19
1984	18	20	29	3	18
1985	14	20	9	12	14
1986	11	24	24	4	16
1987	8	19	16	4	12
1988	16	19	23	1	15
1989	16	16	20	9	15
1990	11		7	8	9
1991	12		17	7	12
1992	15		15	5	12
1993	10		17	1	9
1994	16		17	8	14
1995	24		19	3	15
1996	14		2	5	7
1997	18		24	5	16
1998	17		24	10	17
1999	21		13	0	11
2000	24		8	10	14
2001	14				14
2002	21	27			24
2003	28	29			29
2004	12	19			16
2005	20	15			18
2006	18	22			20
2007	23	27			25
2008	15	21			18
2009	23	20			22
2010	28	28			28
2011	30	25			28
2012	26	22			24
2013	18	24			21

La Figura 11 muestra una gráfica de la distribución en el tiempo del número de ondas cálidas anuales promedio. Asimismo, se puede observar que, de acuerdo con la línea de tendencia, las ondas cálidas en la zona presentan una fuerte tendencia a incrementarse, lo cual debe significar la incorporación de medidas de prevención para la población.



La Tabla 70 muestra en días la duración máxima de las ondas de calor anualmente para cada estación.

TABLA 70. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA CÁLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1950			19		19
1951			28		28
1952			21		21
1953			37		37
1954			23		23
1955			11		11
1956			26		26
1957			27		27
1958			19		19
1959			21		21
1960	0		22		11
1961	3		19		11
1962	6		29		18

TABLA 70. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA CÁLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

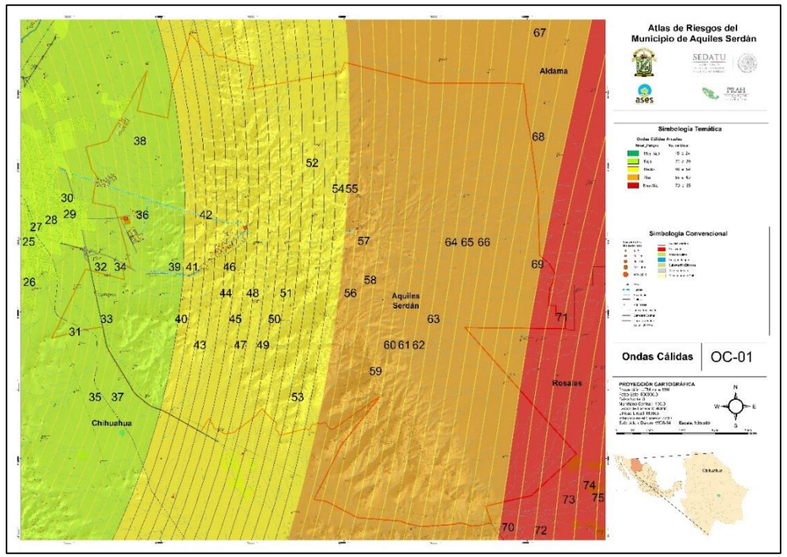
Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1963	5		20		13
1964	5		13		9
1965	1	41	24		22
1966	8	32	18		19
1967	5	13	11		10
1968	10	29	29		23
1969	22	52	32		35
1970	23	15	13		17
1971	18	27	12		19
1972	21	55	21		32
1973	16	53	16		28
1974	33	57	38		43
1975	20	44	28		31
1976	6	31	16		18
1977	15	14	23		17
1978	20	25	39		28
1979	14	12	36		21
1980	82	43	86		70
1981	16	17	11	7	13
1982	33	79	17	4	33
1983	11	21	17	4	13
1984	8	9	11	4	8
1985	13	17	18	8	14
1986	16	33	21	4	19
1987	14	9	31	9	16
1988	7	9	12	4	8
1989	38	26	68	15	37
1990	49		10	14	24
1991	16		36	14	22
1992	31		13	9	18
1993	17		10	1	9
1994	26		21	5	17
1995	12		36	1	16
1996	24		9	4	12
1997	20		24	7	17
1998	23		16	9	16

TABLA 70. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA CÁLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1999	14		13	0	9
2000	17		3	4	8
2001	30				30
2002	14	26			20
2003	17	40			29
2004	13	37			25
2005	29	52			41
2006	19	21			20
2007	8	11			10
2008	33	24			29
2009	21	20			21
2010	33	24			29
2011	43	33			38
2012	26	49			38
2013	25	15			20

A continuación, se presentan los planos que describen la zonificación de las Ondas de Calor, de acuerdo al número de días que se presentan anualmente.

Mapa 5.2.1.1. Ondas de Calor anuales



Periodos de retorno de ondas cálidas (Nivel 2)

Para la obtención de los periodos de retorno se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años tanto para la duración de la onda cálida anual mayor (en días), como para el número de ondas cálidas anuales. El análisis fue elaborado para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 71 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución para el dato de la duración de onda cálida.

TABLA 71. ERROR CUADRÁTICO PARA DURACIÓN DE ONDAS CÁLIDAS

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	5.7	3.5	3.3	4.0	4.5	Lognormal (MV)
Estación 8049 - Luis L. León	5.3	3.8	3.5	3.7	4.3	Lognormal (MV)
Estación 8092 - Las Burras	7.0	4.4	4.7	5.1	5.8	Lognormal (Mo)
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	1.3	1.5	1.5	1.2	1.2	Gumbel (Mo)

Los periodos de retorno para la duración máxima de la onda cálida son los que se presentan en la Tabla 72.

TABLA 72. PERIODO DE RETORNO PARA DURACIÓN MÁXIMA EN DÍAS DE ONDA CÁLIDA

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	29	41	54	73
Estación 8049 - Luis L. León	43	57	71	92
Estación 8092 - Las Burras	32	40	50	63
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	9	12	15	18

La Tabla 73 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución del dato de número de ondas cálidas anuales.

TABLA 73. ERROR CUADRÁTICO PARA NÚMERO DE ONDAS CÁLIDAS ANUALES

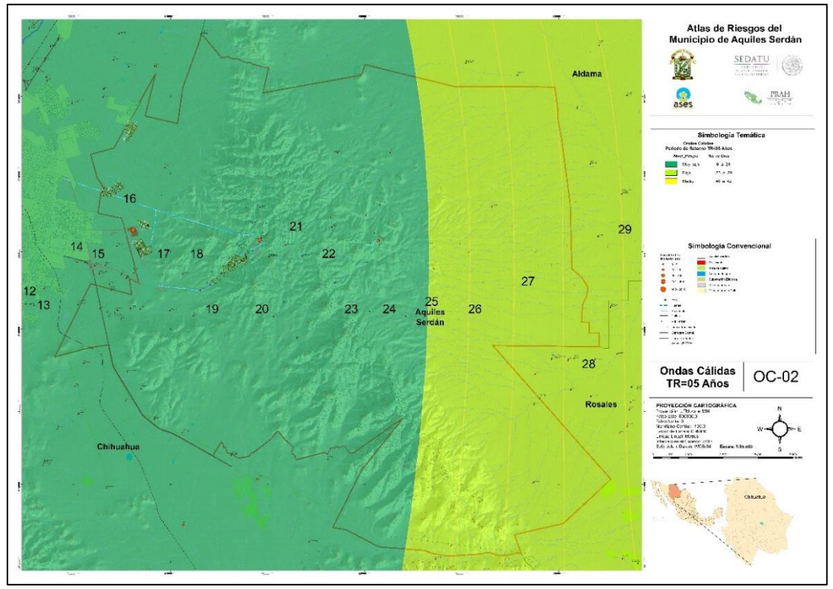
Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0.8	1.7	2.9	1.6	1.8	Normal
Estación 8049 - Luis L. León	1.0	1.1	1.1	1.3	1.3	Normal
Estación 8092 - Las Burras	1.0	1.4	2.4	1.4	1.0	Normal
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0.6	1.1	1.1	0.8	0.6	Normal

En la Tabla 74 se muestran los periodos de retorno seleccionados para el número de ondas cálidas anuales.

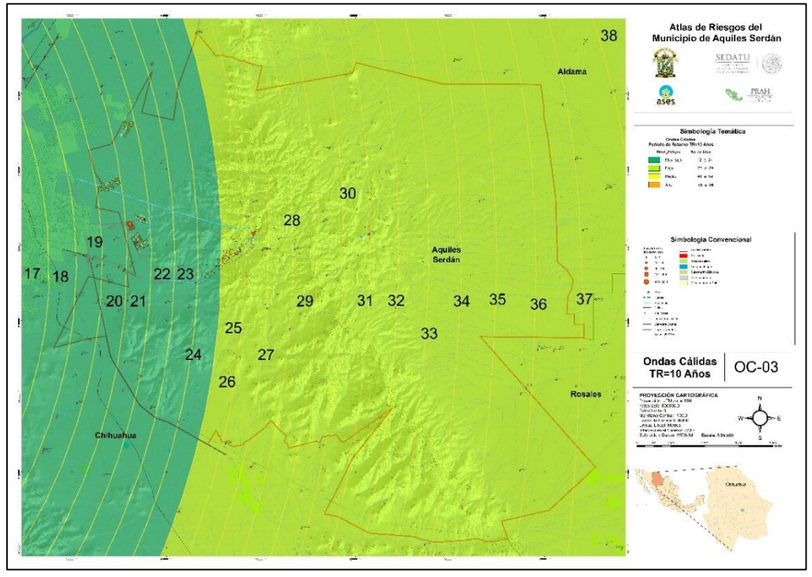
TABLA 74. PERIODO DE RETORNO PARA NÚMERO DE ONDAS CÁLIDAS ANUALES

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	22	25	28	31
Estación 8049 - Luis L. León	23	25	26	28
Estación 8092 - Las Burras	21	24	26	28
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	9	10	11	13

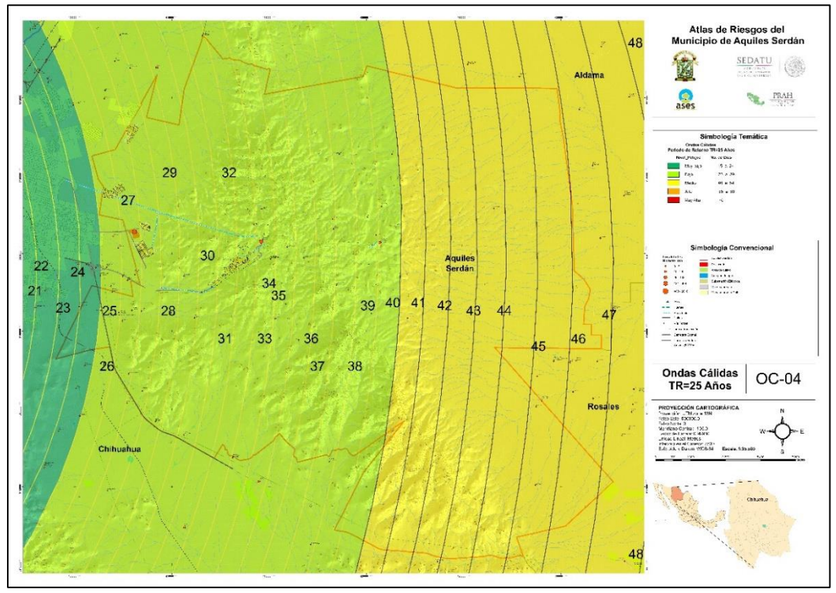
Mapa 5.2.1.2. Ondas de Calor Periodo de Retorno TR=05 Años



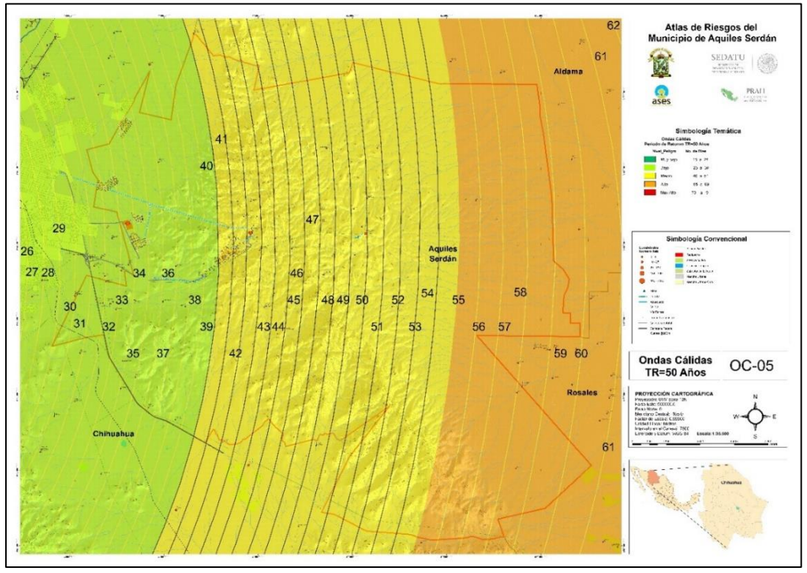
Mapa 5.2.1.3. Ondas de Calor Periodo de Retorno TR=10 Años



Mapa 5.2.1.4. Ondas de Calor Periodo de Retorno TR=25 Años



Mapa 5.2.1.5. Ondas de Calor Periodo de Retorno TR=50 Años



Ondas Gélidas

Las Ondas Gélidas se caracterizan por presencia de temperaturas por encima del umbral considerado como adecuado para el bienestar del ser humano, es decir temperaturas extremas que tienen como rasgo distintivo el que se presenten como ondas estacionarias con duración variables, pero con exposición prolongada. Las ondas gélidas en México tienen un gran significado desde el punto de vista del riesgo que representa para la población, por lo general estas condiciones se dan con el ingreso de frentes fríos procedentes del norte del continente, al igual que las heladas estas generan consecuencias que van desde enfermedades respiratorias hasta la muerte por monóxido, debido a malas prácticas o bien mal funcionamiento de los aparatos calefactores.

Análisis de ondas gélidas a partir del umbral

A partir de la recopilación de los registros meteorológicos se elaboró el análisis de datos, identificándose el umbral. Se entiende por umbral el valor mínimo de la magnitud de temperatura a partir de la cual se produce un efecto determinado. Para el caso de las ondas gélidas, el umbral es la temperatura de 0°C, a partir de la cual el agua comienza a congelarse y empiezan a presentarse pequeños daños en hojas y tallos de la vegetación. En este análisis fueron cuantificados los días por cada año con temperatura registrada por debajo del umbral en las estaciones seleccionadas para el análisis de heladas. En la tabla se muestra la relación de años y número de días con temperatura inferior 0°C a por cada estación.

TABLA 75. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA INFERIOR AL UMBRAL DE MÍNIMA

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1950			39	
1951			38	
1952			45	
1953			61	
1954			37	
1955			49	
1956			41	
1957			29	
1958			31	
1959			32	
1960			47	
1961	43		41	
1962	52		52	
1963	44		35	
1964	59		59	
1965	47	29	34	
1966	74	55	59	

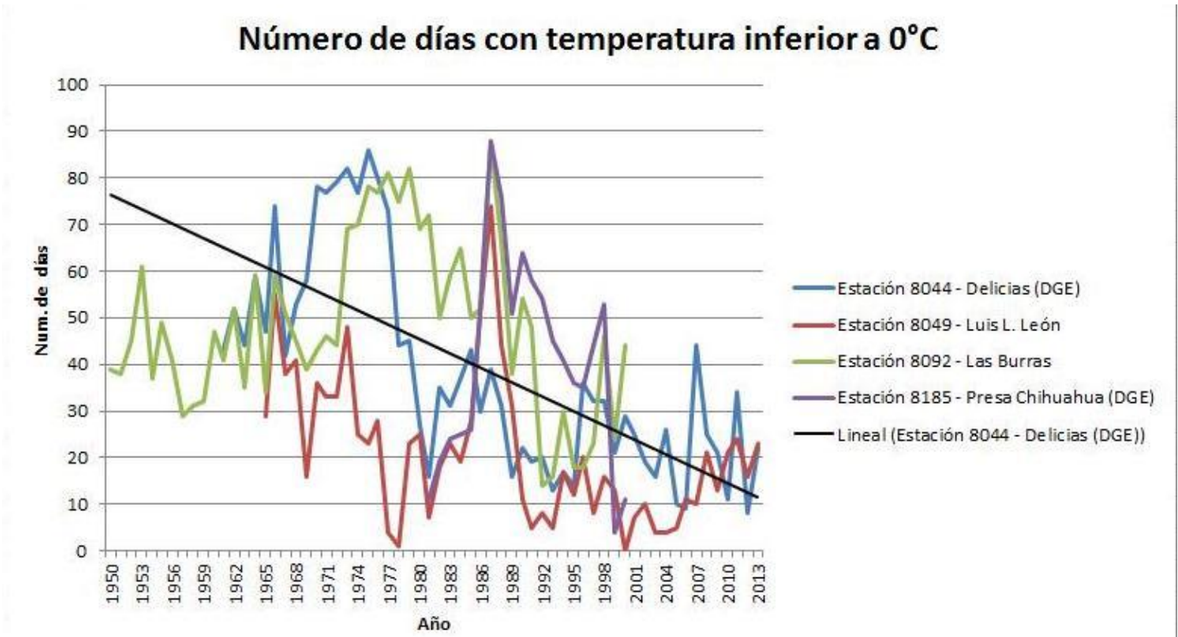
TABLA 75. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA INFERIOR AL UMBRAL DE MÍNIMA

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1967	42	38	51	
1968	53	41	45	
1969	58	16	39	
1970	78	36	43	
1971	77	33	46	
1972	79	33	44	
1973	82	48	69	
1974	77	25	70	
1975	86	23	78	
1976	80	28	77	
1977	73	4	81	
1978	44	1	75	
1979	45	23	82	
1980	27	25	69	
1981	16	7	72	11
1982	35	18	50	19
1983	31	23	59	24
1984	37	19	65	25
1985	43	28	50	26
1986	30	51	52	52
1987	39	74	88	88
1988	31	44	66	76
1989	16	31	38	51
1990	22	11	54	64
1991	19	5	48	58
1992	20	8	14	54
1993	13	5	16	45
1994	17	17	30	41
1995	14	12	18	36
1996	36	20	18	35
1997	32	8	23	44
1998	32	16	46	53
1999	21	13	24	4
2000	29	0	44	11
2001	25	7		
2002	19	10		

TABLA 75. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA INFERIOR AL UMBRAL DE MÍNIMA

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
2003	16	4		
2004	26	4		
2005	10	5		
2006	9	11		
2007	44	10		
2008	25	21		
2009	21	13		
2010	11	21		
2011	34	24		
2012	8	16		
2013	22	23		

Estos valores fueron graficados tal como se muestra en la Figura 12. Para los años 1997 y 1998 la gráfica se ve interrumpida debido a la falta de información para estas fechas.



Duración y frecuencia de ondas gélidas

Se recopilaron los datos meteorológicos de las para permitir la creación de isolíneas con la información resultante.

En cada estación se elaboró un inventario anual de ondas gélidas, entendiendo por onda gélida un registro de temperatura mínima durante el día igual o inferior a los 0°C. En días consecutivos con temperaturas por debajo de tal referencia, se consideró como una sola onda gélida. Se contabilizaron anualmente las ondas gélidas, así como su duración. En la Tabla 76 se muestra el registro del número de ondas gélidas anuales para cada estación.

TABLA 76. ONDAS GÉLIDAS ANUALES PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1950			6		6
1951			6		6
1952			14		14
1953			17		17
1954			10		10
1955			16		16
1956			8		8
1957			6		6
1958			10		10
1959			8		8
1960	0		13		7
1961	9		8		9
1962	8		10		9
1963	9		7		8
1964	10		14		12
1965	14	10	7		10
1966	15	11	15		14
1967	14	9	9		11
1968	18	13	13		15
1969	15	8	10		11
1970	20	14	11		15
1971	17	11	12		13
1972	13	8	12		11
1973	18	12	13		14
1974	12	8	13		11
1975	15	8	15		13
1976	17	8	15		13

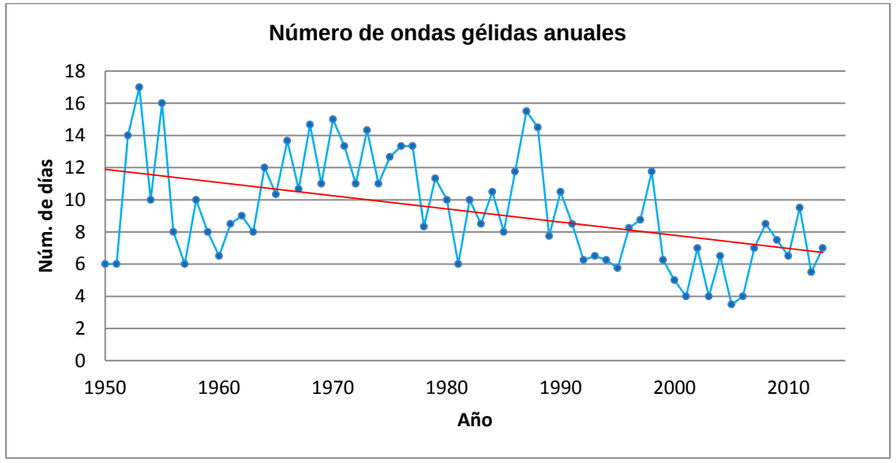
TABLA 76. ONDAS GÉLIDAS ANUALES PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1977	18	4	18		13
1978	9	1	15		8
1979	10	9	15		11
1980	8	5	17		10
1981	6	1	14	3	6
1982	10	8	14	8	10
1983	7	7	15	5	9
1984	12	8	14	8	11
1985	10	9	6	7	8
1986	9	15	12	11	12
1987	7	19	19	17	16
1988	10	14	19	15	15
1989	5	6	9	11	8
1990	11	4	12	15	11
1991	8	3	10	13	9
1992	6	4	4	11	6
1993	5	2	5	14	7
1994	5	4	6	10	6
1995	5	3	5	10	6
1996	9	6	6	12	8
1997	12	3	8	12	9
1998	14	7	13	13	12
1999	11	5	7	2	6
2000	10	0	5	5	5
2001	6	2			4
2002	7	7			7
2003	6	2			4
2004	11	2			7
2005	5	2			4
2006	3	5			4
2007	12	2			7
2008	8	9			9
2009	8	7			8
2010	4	9			7
2011	12	7			10

TABLA 76. ONDAS GÉLIDAS ANUALES PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
2012	4	7			6
2013	8	6			7

La Figura 13 muestra una gráfica de la distribución en el tiempo del número de ondas gélidas anuales promedio.



La Tabla 77 muestra la duración máxima en días de las ondas gélidas anualmente para cada estación.

TABLA 77. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA GÉLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1950			18		18
1951			11		11
1952			7		7
1953			13		13
1954			7		7
1955			7		7

TABLA 77. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA GÉLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

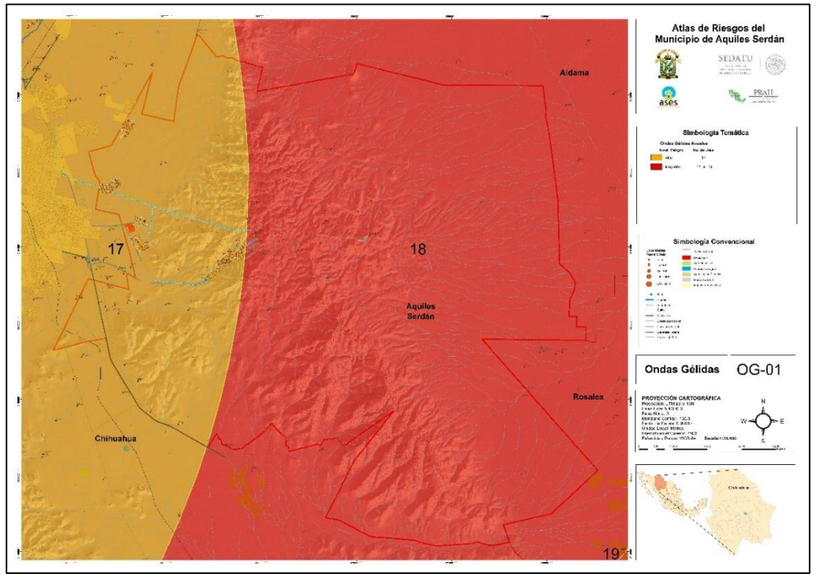
Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1956			11		11
1957			4		4
1958			5		5
1959			4		4
1960	0		8		4
1961	10		9		10
1962	13		16		15
1963	9		9		9
1964	20		12		16
1965	6	5	7		6
1966	14	12	12		13
1967	5	9	10		8
1968	8	10	7		8
1969	14	3	11		9
1970	9	5	5		6
1971	11	9	9		10
1972	12	9	6		9
1973	15	9	15		13
1974	18	8	14		13
1975	16	7	12		12
1976	10	9	11		10
1977	8	1	11		7
1978	8	1	14		8
1979	7	6	19		11
1980	4	6	8		6
1981	4	7	9	7	7
1982	5	3	6	5	5
1983	7	7	10	6	8
1984	4	4	16	4	7
1985	8	7	19	11	11
1986	7	8	18	12	11
1987	8	6	12	11	9
1988	5	4	9	12	8
1989	6	10	5	9	8
1990	4	5	8	10	7

TABLA 77. DURACIÓN MÁXIMA ANUAL DE ONDA GÉLIDA PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1991	4	2	6	16	7
1992	5	4	4	10	6
1993	3	3	3	5	4
1994	6	8	8	8	8
1995	4	3	3	6	4
1996	6	5	4	6	5
1997	5	3	3	9	5
1998	4	3	6	9	6
1999	3	5	6	2	4
2000	5	0	17	2	6
2001	5	6			6
2002	4	2			3
2003	5	3			4
2004	6	3			5
2005	2	3			3
2006	3	2			3
2007	9	1			5
2008	3	4			4
2009	4	2			3
2010	3	7			5
2011	7	5			6
2012	2	3			3
2013	4	7			6

La distribución espacial de las Ondas Gélidas que se presentan anualmente en el municipio, se describen en el Mapa 1.

Mapa 5.2.1.6 Ondas Gélidas Anuales para el municipio de Aquiles Serdán



Periodos de retorno de ondas gélidas (Nivel 2)

Para la obtención de los periodos de retorno se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años tanto para la duración de la onda gélida anual mayor (en días), como para el número de ondas gélidas anuales. El análisis fue elaborado para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 78 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución para el dato de la duración de onda gélida.

TABLA 78. ERROR CUADRÁTICO PARA DURACIÓN DE ONDAS GÉLIDAS

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	1.5	0.7	0.7	0.8	1.2	Lognormal (Mo)
Estación 8049 - Luis L. León	0.5	0.8	1.0	0.6	0.6	Normal
Estación 8092 - Las Burras	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	Gumbel (MV)
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0.7	1.0	1.1	0.9	0.8	Gumbel (Mo)

Los periodos de retorno para la duración máxima de la onda gélida son los que se presentan en la Tabla 79.

TABLA 79. PERIODO DE RETORNO PARA DURACIÓN MÁXIMA EN DÍAS DE ONDA GÉLIDA

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	10	12	15	19
Estación 8049 - Luis L. León	8	9	10	11
Estación 8092 - Las Burras	13	15	18	21
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	11	13	14	15

La Tabla 80 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución del dato de número de ondas gélidas anuales.

TABLA 80. ERROR CUADRÁTICO PARA NÚMERO DE ONDAS GÉLIDAS ANUALES

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	Gumbel (MV)
Estación 8049 - Luis L. León	0.9	0.9	0.9	0.7	0.6	Gumbel (MV)
Estación 8092 - Las Burras	0.9	0.9	1.4	0.7	0.6	Gumbel (MV)
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0.8	1.5	2.0	1.4	1.4	Normal

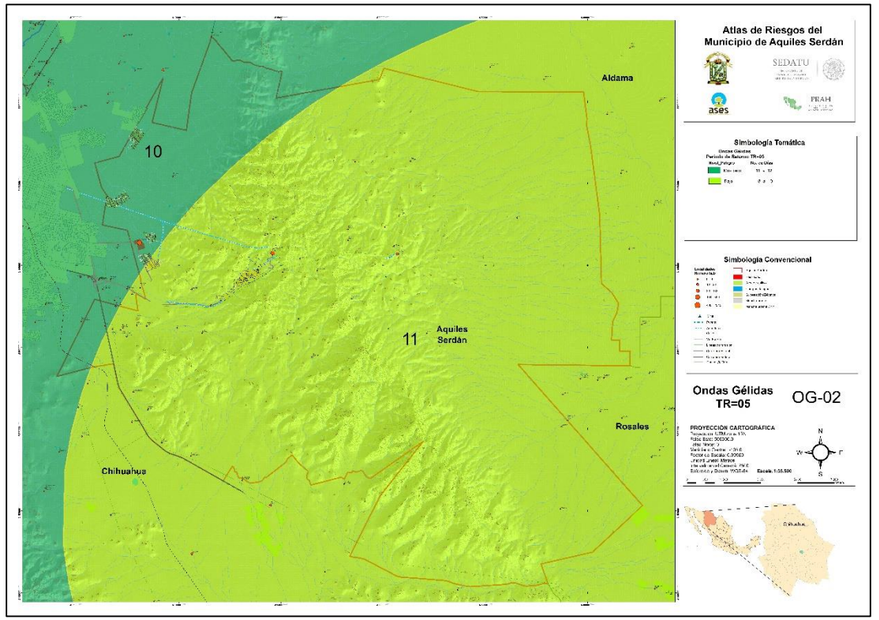
En la Tabla 81 se muestran los periodos de retorno seleccionados para el número de ondas gélidas anuales.

TABLA 81. PERIODO DE RETORNO PARA NÚMERO DE ONDAS GÉLIDAS ANUALES

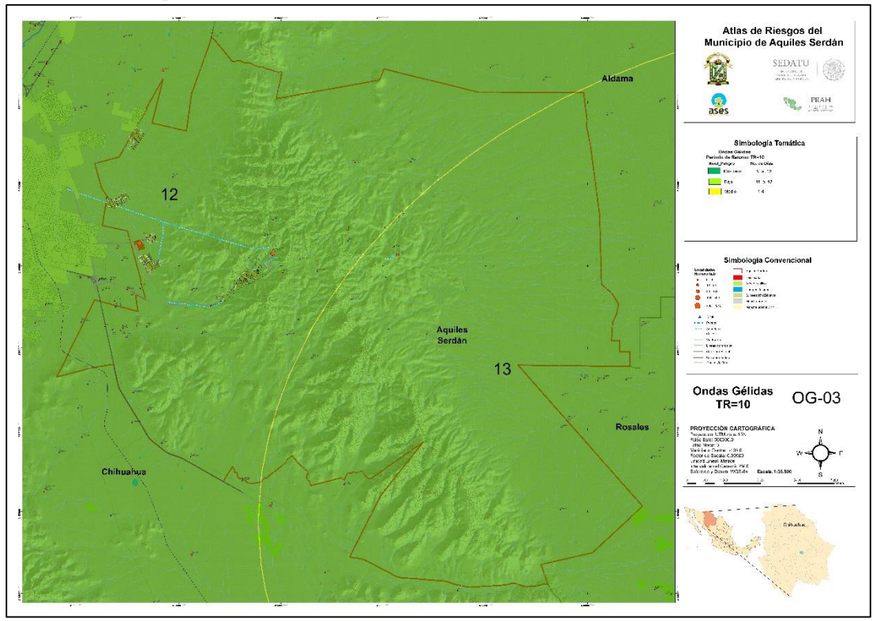
Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	13	16	18	22
Estación 8049 - Luis L. León	10	12	15	18
Estación 8092 - Las Burras	10	12	14	18
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	14	15	17	19

Tomando en cuenta los valores obtenidos para los diferentes periodos de retorno analizados se construyeron los mapas que describen la distribución espacial del número de días en el municipio.

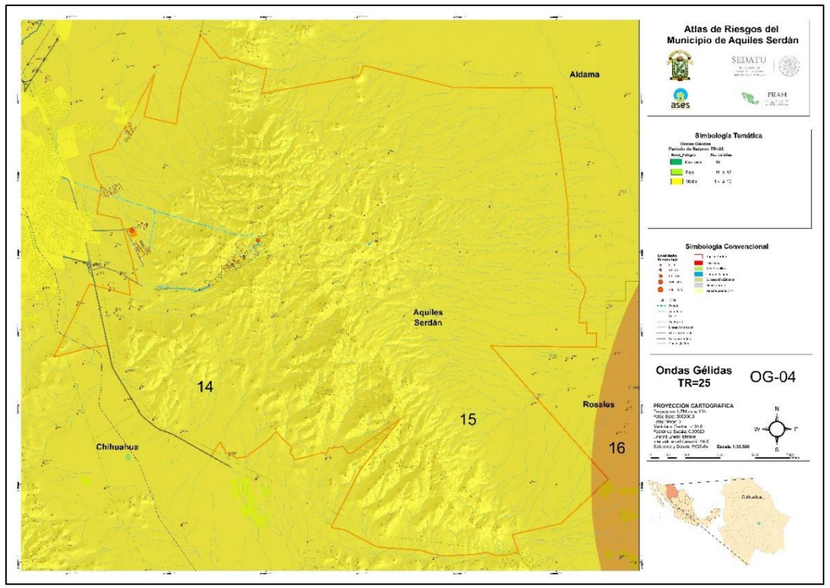
Mapa 5.2.1.7 Ondas Gélidas Periodo de retorno TR=05



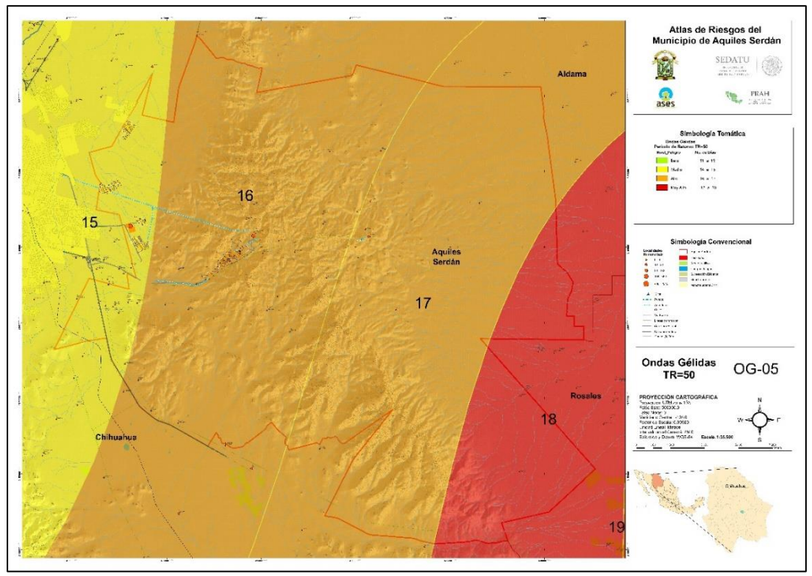
Mapa 5.2.1.8 Ondas Gélidas Periodo de retorno TR=10 Años



Mapa 5.2.1.9 Ondas Gélidas Periodo de retorno TR=25 Años



Mapa 5.2.1.10. Ondas Gélidas Periodo de retorno TR=50 Años



5.2.2 Sequia

La sequía es una de las anomalías ambientales de más difícil evaluación, debido a su complejidad, ya que a la vez que depende de las escasas o ausentes precipitaciones, también se relaciona con la capacidad de almacenamiento del suelo y la ocurrencia del fenómeno en relación con el ciclo vegetativo anual. En un sentido estricto, el riesgo natural es la probabilidad de que un espacio geográfico sea afectado por las consecuencias de la distinta vulnerabilidad ante un proceso natural (Durán, 2001). Entre las manifestaciones de la vulnerabilidad por sequía se puede mencionar la pérdida agrícola, centrada en pérdidas de cosechas anuales y perennes, daños a la calidad de las cosechas, pérdidas de ingresos para los agricultores debido a la reducción de cosechas, productividad reducida de las tierras de cultivo y aparición de plagas de insectos (SEDATU, 2014)

El fenómeno de la sequía puede presentarse tanto en países desarrollados, como en países en vías de desarrollo, como México. Sin embargo, los efectos que la sequía causa en países desarrollados no son tan destructivos, principalmente gracias a la rapidez con que son aplicadas medidas correctivas derivadas de programas vigentes (Hernández et al, 2000).

El análisis de los efectos de la sequía puede ser llevado a cabo a partir de diferentes enfoques: agrícola, hidrológica, meteorológica, biológica, ambiental, urbana o social. Para el caso del presente estudio se realizó un análisis con enfoque meteorológico, de acuerdo con la metodología propuesta por María Engracia Hernández para determinar y clasificar la sequía.

Metodología

En primer lugar, fueron recopilados los datos de precipitación de la localidad, en el periodo 1950 – 2013. De estos datos, fueron descartados los años en que no había una disponibilidad de información íntegra.

Nivel 1

Para el análisis de la sequía se recurrió a la utilización del método desarrollado por Pedro Mosiño y Enriqueta García para la determinación de sequía intraestival, correspondiente a la disminución de la cantidad de lluvia durante el verano, y la sequía pre estival, la cual se presenta en los meses de invierno (Rosales, 2013). Mosiño y Enriqueta García establecen que más del 70% de la precipitación anual recibida por cada estación climatológica del país se presenta en los meses de mayo a octubre, con lo que concluyen que la precipitación en México se manifiesta de manera estacional.

Según algunas fuentes, en el centro de México la precipitación se presenta con dos máximos relativos en el año: los meses de junio y septiembre, con un mínimo entre ellos comprendido en los meses julio y agosto. En cambio, en la zona de interés, localizada en una zona BS y BW de acuerdo con la clasificación de Köppen, que corresponde a zonas semiáridas y áridas, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (CONABIO, 2015).

De acuerdo con Mosiño y García, el índice de sequía se calcula obteniendo el área del polígono formado por los puntos extremos de las precipitaciones mensuales medias entre las que se presenta el periodo de sequía. Dependiendo de los meses de sequía comprendidos entre los máximos pueden ser utilizadas las siguientes fórmulas:

Para un polígono de tres lados:

$$A_3 = \frac{Y_1}{2} - Y_2 + \frac{Y_3}{2}$$

Para un polígono de cuatro lados:

$$A_4 = Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4$$

Para un polígono de cinco lados:

$$A_5 = \frac{3Y_1}{2} - Y_2 - Y_3 - Y_4 + \frac{3Y_5}{2}$$

Para un polígono de seis lados:

$$A_6 = 2Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 + 2Y_6$$

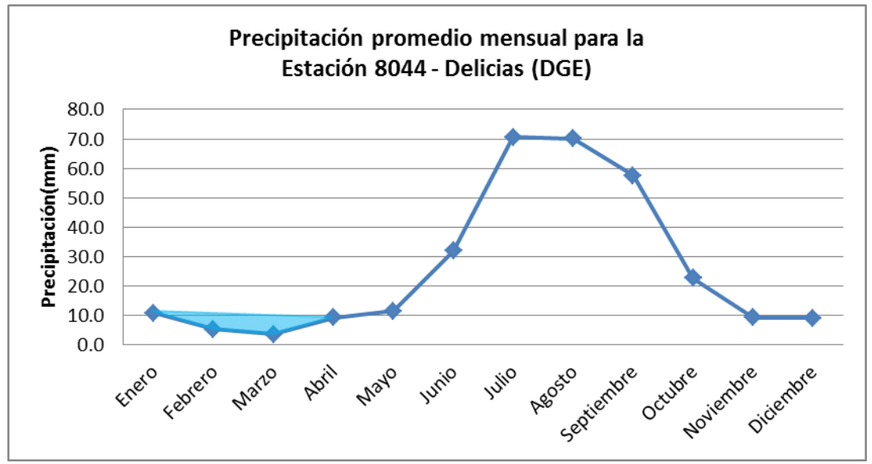
Posteriormente, el índice es calculado en función de la sumatoria de valores que conforman el polígono.

Los datos de precipitación promedio mensual se grafican a fin de determinar los meses de sequía intraestival. La Tabla 82 muestra los valores registrados en cada una de las estaciones utilizadas.

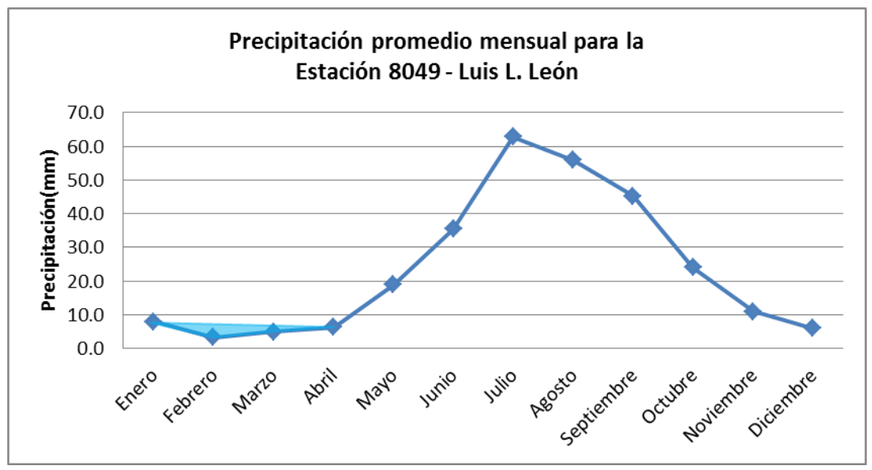
TABLA 82. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (MM) PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN.

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8044	10.8	5.3	3.7	9.2	11.6	32.0	70.7	70.1	57.6	22.7	9.4	9.1
8049	7.9	3.4	4.9	6.3	18.9	35.5	62.8	56.0	45.3	24.0	11.0	6.0
8092	8.2	4.5	2.6	8.5	13.7	40.5	75.1	68.4	62.6	26.6	9.4	9.9
8185	20.2	7.3	4.6	15.1	19.2	30.1	120.1	121.8	112.1	28.2	8.7	13.0

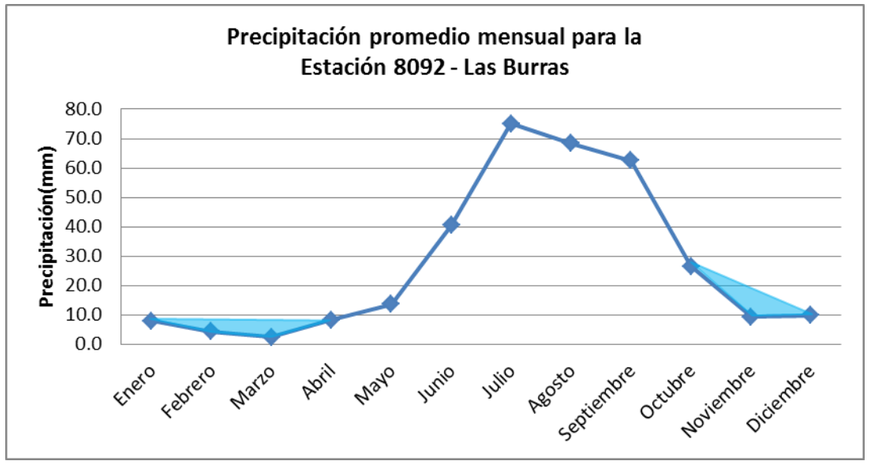
En la Figura 14 se encuentra graficada la precipitación promedio mensual para la Estación 8044 – Delicias (DGE), con la respectiva identificación del periodo de sequía intraestival.



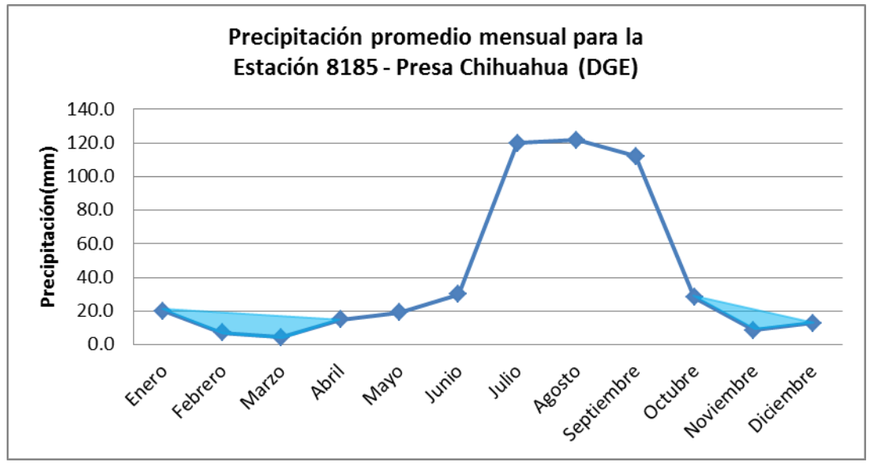
En la Figura 15 se muestra la precipitación promedio mensual para la Estación 8049 – Luis L. León, con la identificación del periodo de sequía intraestival.



En la Figura 16 está graficada la precipitación mensual promedio para la Estación 8092 – Las Burras. Se identifica el periodo de sequía intraestival.



En la Figura 17 se muestra de manera gráfica la precipitación mensual promedio para la Estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE), así como los periodos de sequía intraestival identificados.



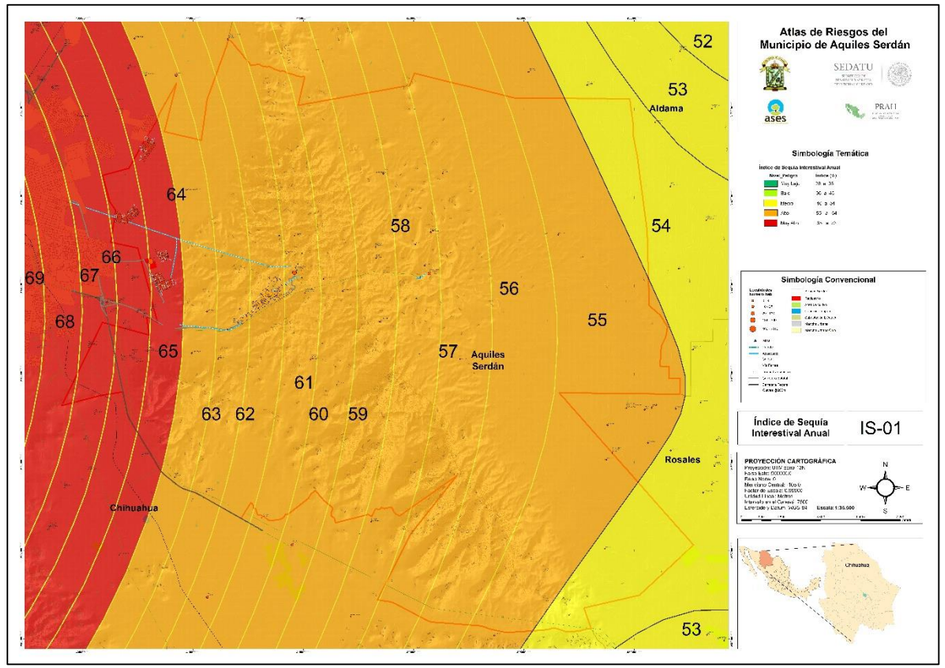
Como se aprecia en las gráficas, no existe una sequía intraestival en las estaciones consideradas, ya que en ningún mes de verano hay disminución significativa de la lluvia con respecto a los meses contiguos. En cambio, fueron identificados dos periodos de sequías pre-estivales. El primer periodo se identificó como Aene-abr y el segundo como Aoct-dic. El primero fue identificado en cada una de las estaciones, mientras que el segundo fue identificado únicamente en las estaciones 8092 – Las Burras y 8185 – Presa Chihuahua (DGE). La Tabla 83 muestra las áreas calculadas para el posterior cálculo de los índices de sequía, así como dichos índices.

TABLA 83. ÍNDICES DE SEQUÍA INTRAESTIVAL PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN.

Estación	Aene-abr	Aoct-dic	Iene-abr	Ioct-dic	Ianual
8044	11.12	-	38.3%	-	38.3%
8049	5.95	-	26.4%	-	26.4%
8092	9.63	8.81	40.7%	19.2%	59.9%
8185	23.48	11.88	49.8%	23.9%	73.7%

Para el caso de esta metodología, el índice anual se representa en una escala de 0% a 100%, en donde el 0% corresponde a una ausencia de sequía, en este caso pre estival, y el valor extremo opuesto, es decir 100%, corresponde a la sequía pre-estival más severa.

Mapa 5.2.2 1. Índice de Sequía Anual Interestival



Sequías Nivel 2

Para el análisis a nivel 2 del fenómeno de sequías, fue utilizado el índice de precipitación estandarizada del monitor de sequía del SMN.

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) es un índice de normalización de la precipitación histórica que permite identificar condiciones de déficit y exceso de precipitación a corto y largo plazo. El índice es calculado en base a la suposición de que la distribución probabilística de la precipitación es Gamma, por lo que al utilizar estos índices para ajustarlos a una distribución de probabilidad normal se le nombra como estandarización o normalización de la precipitación. Los valores son representativos de la variabilidad de la precipitación con respecto a su historial, en donde los valores negativos indican déficit y los positivos superávits (McKee et al,1993, citado por CONAGUA,2015).

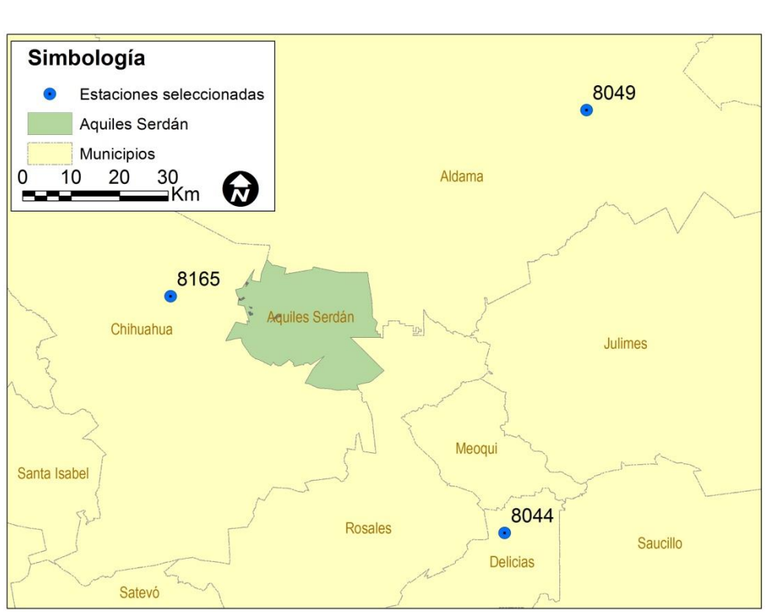
Para la elaboración de las isolíneas de sequía con la utilización de esta metodología, fueron utilizadas las estaciones aledañas al municipio incluidas en el monitor de sequía del SMN. Las estaciones seleccionadas son las siguientes:

Estación 8044 – Delicias (DGE)

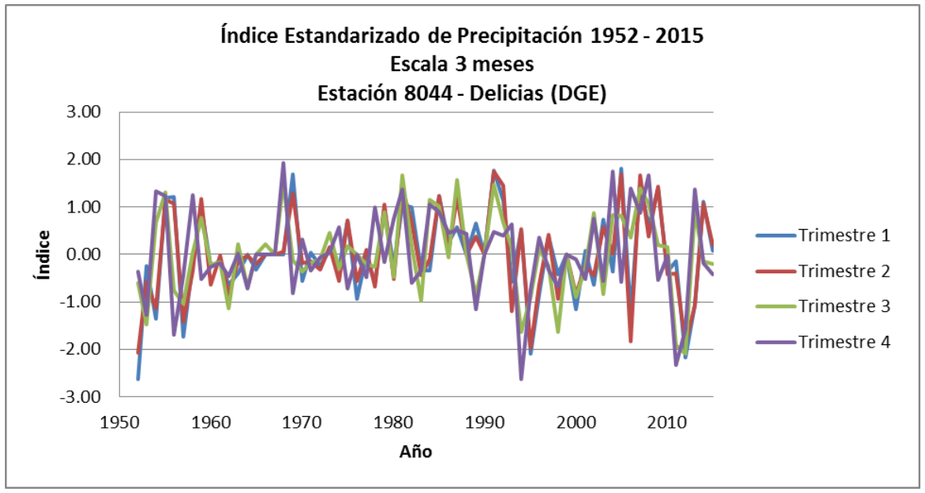
Estación 8049 – Luis L. León

Estación 8165 – Chihuahua

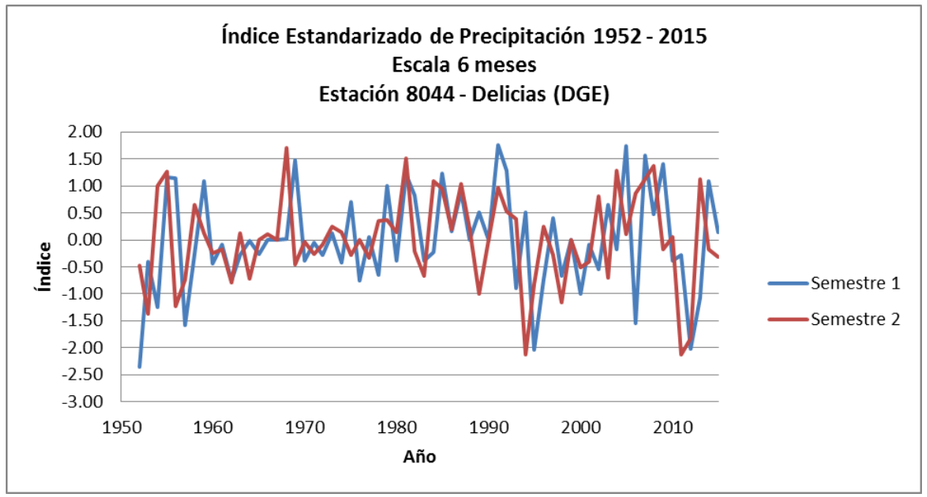
La ubicación de las estaciones seleccionadas se muestra en la Figura 18.



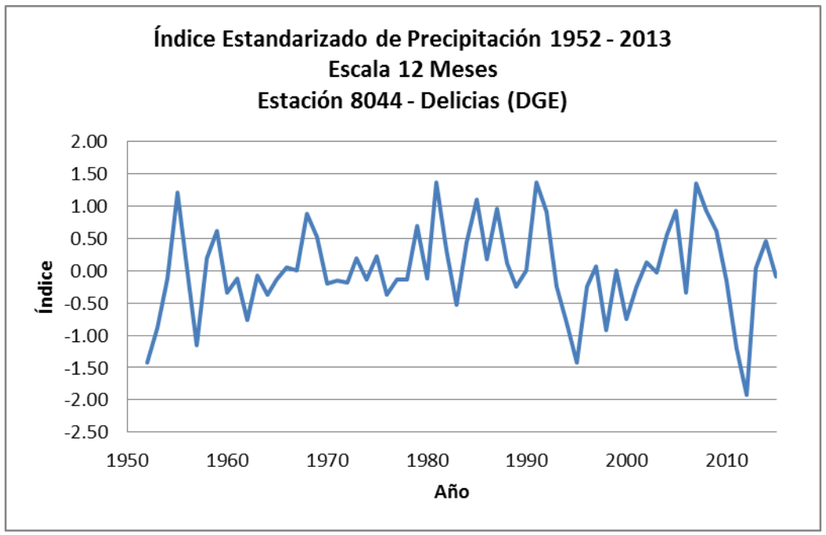
La información disponible está organizada mensualmente. Para fines del presente estudio, se utilizan las tres escalas indicadas por las Bases para la Estandarización de la SEDATU: trimestral, semestral y anual. La Figura 19 muestra los valores de SPI en escala de 3 meses para la estación 8044 – Delicias (DGE).



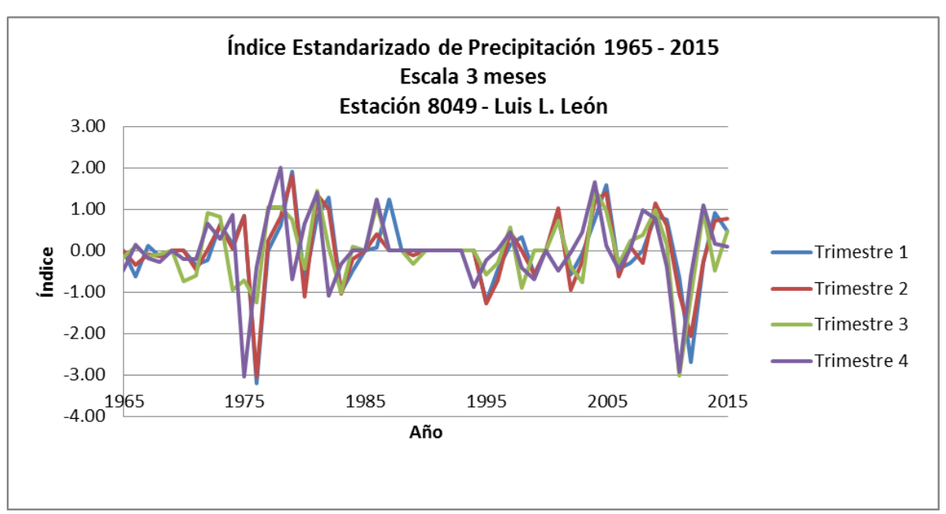
La Figura 20 ilustra los valores de SPI en escala de 6 meses para la misma estación que la figura anterior.



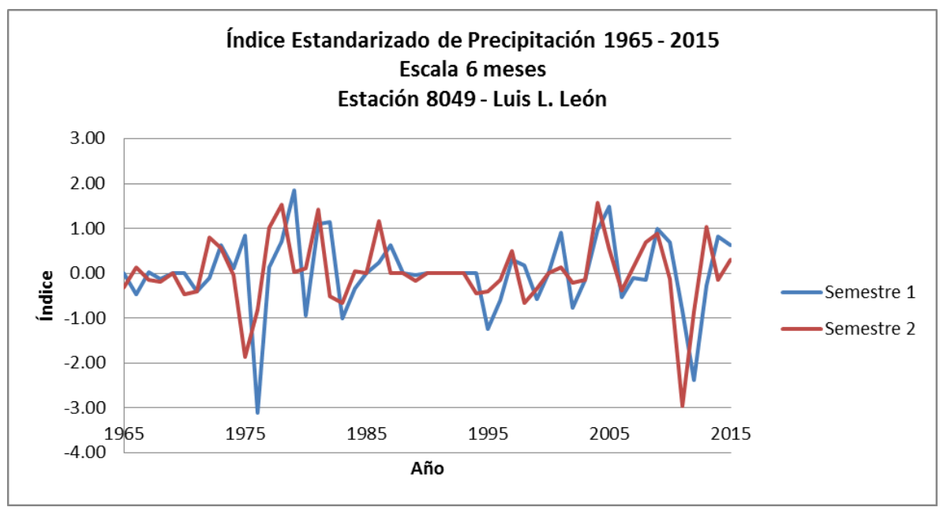
En la Figura 21 se muestra la gráfica de los valores de SPI en escala de 12 meses para la estación 8044 – Delicias (DGE).



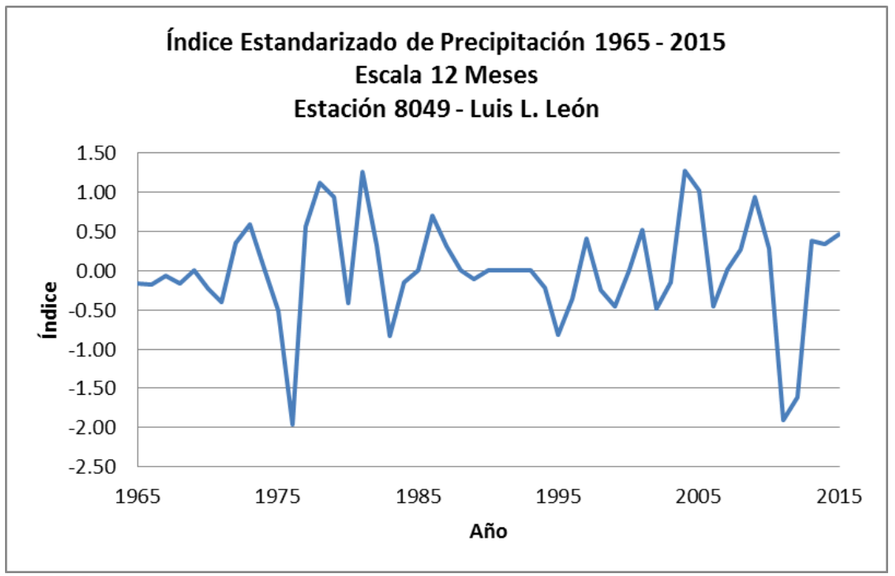
La Figura 22 ilustra los valores de SPI en escala de 3 meses para la estación 8049 – Luis L. León.

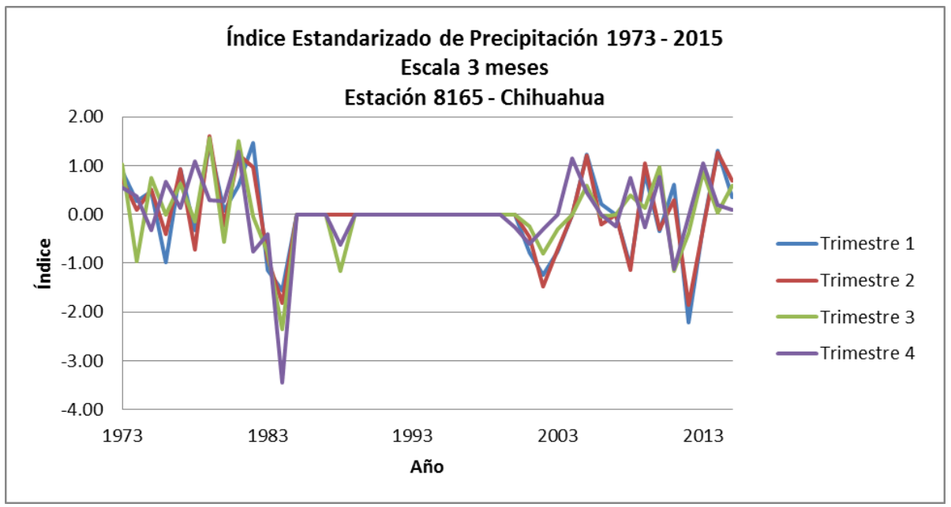


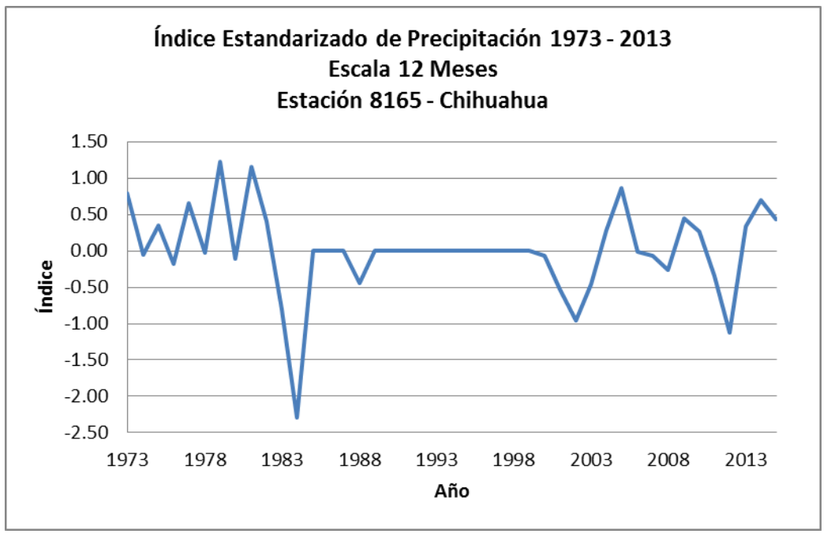
La Figura 23 ilustra los valores de SPI en escala de 6 meses para la misma estación que la figura anterior.



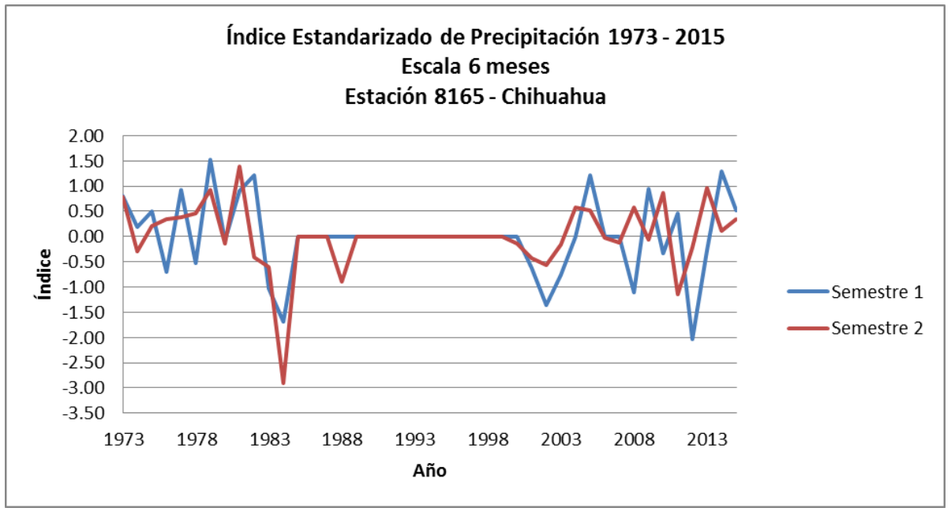
La Figura 25 corresponde a los valores de SPI para la estación 8165 – Chihuahua, en escala de 3 meses.







Los valores de SPI correspondientes a una escala de 6 meses para la estación 8165 – Chihuahua, se muestran en la Figura 26.



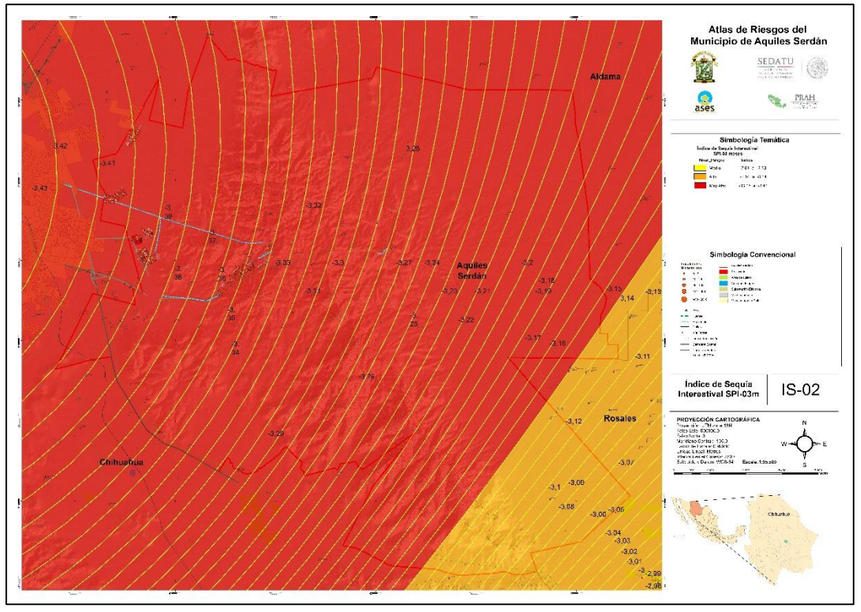
La Figura 27 contiene de manera gráfica los valores de SPI para la estación 8165 – Chihuahua, en una escala de 12 meses.

Para la elaboración de las isolíneas, en el procedimiento de interpolación se consideraron los valores más negativos registrados en cada estación para cada escala de tiempo. Posteriormente se clasificó la intensidad del fenómeno dividiendo el rango obtenido en las cinco categorías establecidas por las Bases para la Estandarización de Atlas de Riego (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto). Las categorías definidas para la clasificación de la intensidad se muestran en la Tabla 84.

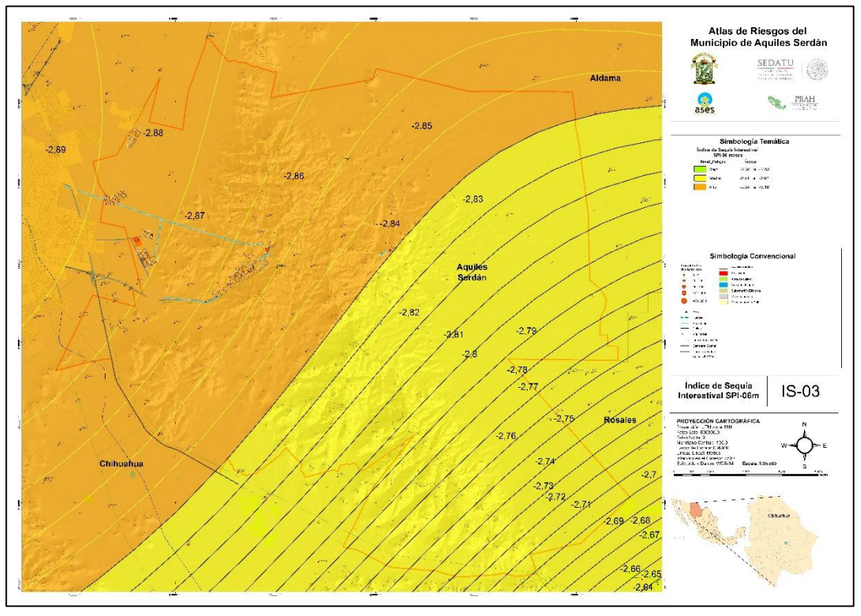
TABLA 84. CLASIFICACIÓN POR INTENSIDAD

Rango	Intensidad
-1.92 a -2.22	Muy Bajo
-2.23 a -2.53	Bajo
-2.54 a -2.83	Medio
-2.84 a -3.14	Alto
-3.15 a -3.45	Muy Alto

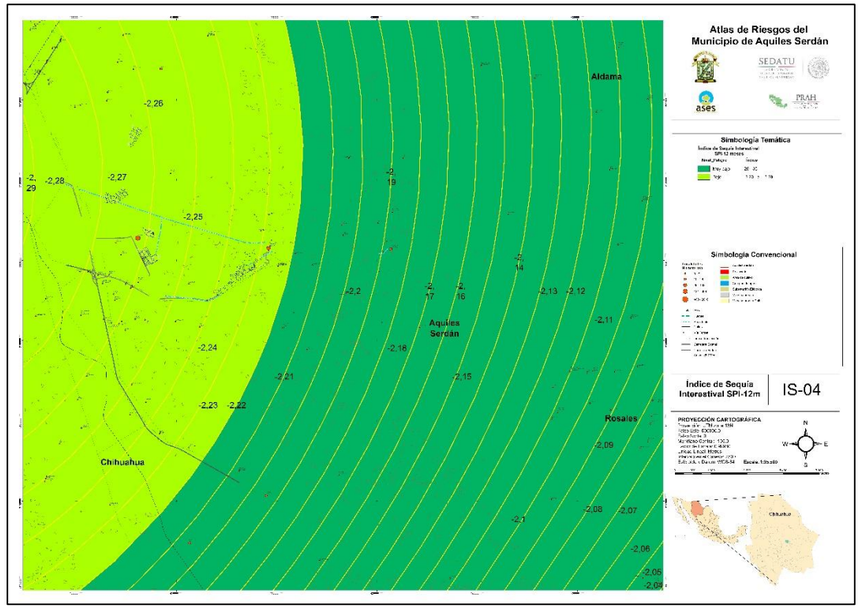
Mapa 5.2.2 3 Índice Estandarizado de Precipitación 03 meses



Mapa 5.2.2.4 Índice Estandarizado de Precipitación 06 meses



Mapa 5.2.2.5 Índice Estandarizado de Precipitación 12 meses



Sequia Nivel 3

En el nivel 3 se estimaron periodos de retorno de sequía de acuerdo con los parámetros establecidos en la metodología de Mosiño y García. Para la obtención de periodos de retorno de los índices de sequía pre-estival anual se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 85 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución.

TABLA 85. ERROR CUADRÁTICO EN DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE SEQUÍA PRE-ESTIVAL PARA AQUILES SERDÁN

Estación	Método de distribución de la probabilidad					Método seleccionado
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	
Estación 8044 - Delicias (DGE)	15.8	22.4	22.4	16.8	17.0	Normal
Estación 8049 - Luis L. León	14.8	18.9	18.9	13.8	13.9	Gumbel (Mo)

Estación 8092 – Las Burras	12.6	20.5	20.5	15.6	15.9	Normal
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	13.6	19.6	19.6	13.9	13.4	Gumbel (MV)

En la Tabla 86 se muestran los valores seleccionados de índice de sequía pre-estival para cada periodo de retorno en cada estación.

TABLA 86. VALORES ANUALES ÍNDICE DE SEQUÍA PRE-ESTIVAL, EN PORCENTAJE, POR PERIODO DE RETORNO PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	78	96	100	100
Estación 8049 - Luis L. León	65	87	100	100
Estación 8092 – Las Burras	84	100	100	100
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	69	93	100	100

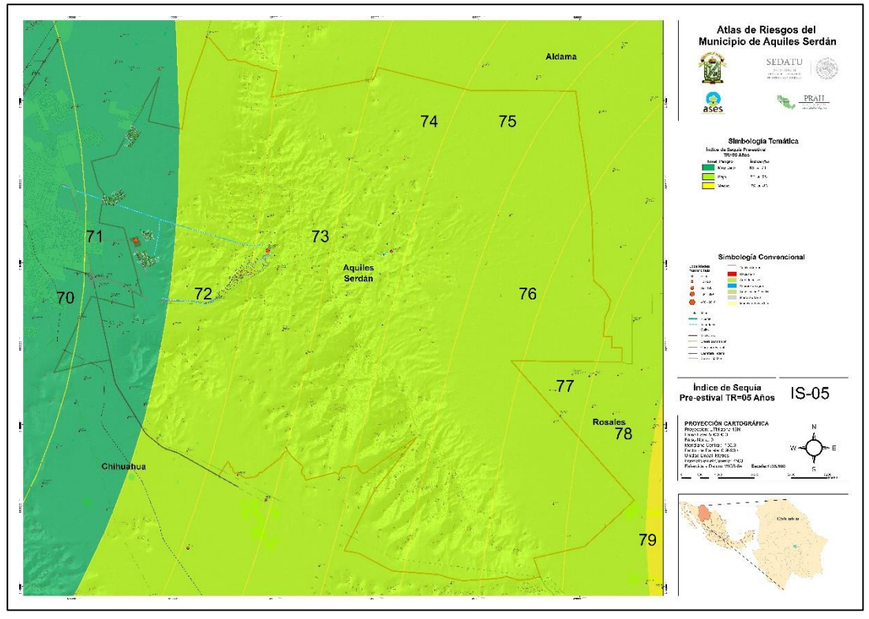
Cabe mencionar que un 100% en el índice representa la ausencia total de precipitación durante algunos de los meses del periodo de sequía pre-estival (de enero a abril y de octubre a diciembre) en un determinado año.

Para la clasificación de la intensidad del fenómeno, el rango del índice resultante fue dividido en las cinco categorías determinadas en las bases de estandarización. La Tabla 87 muestra la clasificación establecida:

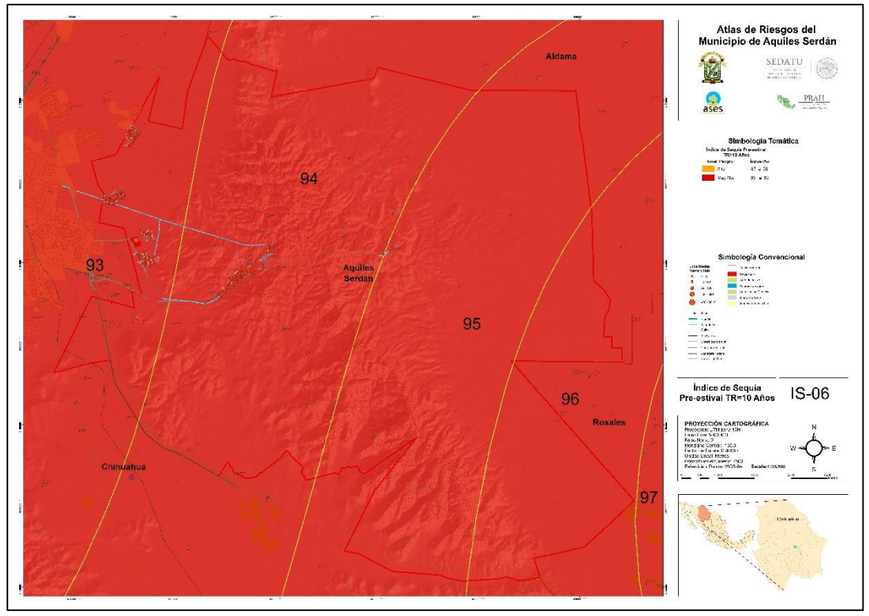
TABLA 87. CLASIFICACIÓN DE INTENSIDAD SEQUÍA PRE-ESTIVAL

Rango	Intensidad
65% a 71%	Muy Bajo
72% a 78%	Bajo
79% a 85%	Medio
86% a 92%	Alto
93% a 100%	Muy Alto

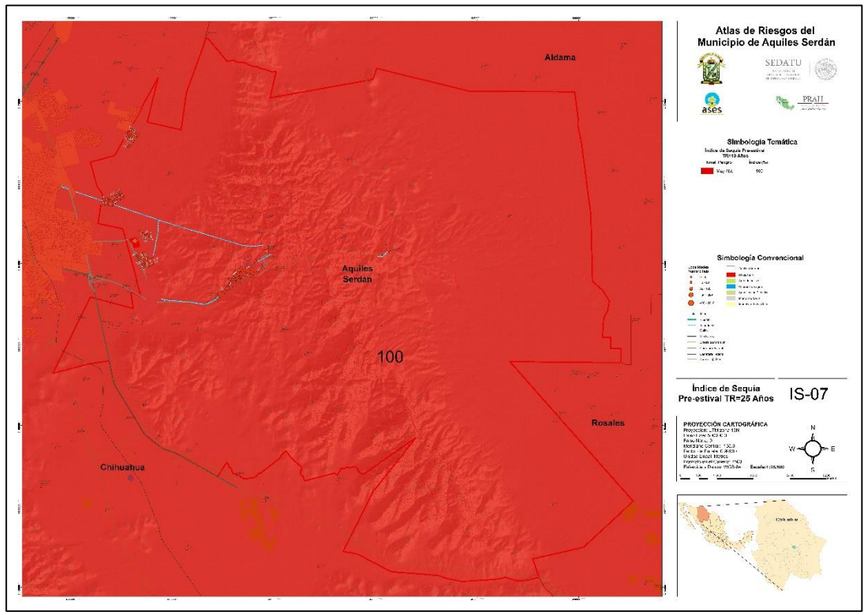
Mapa 5.2.2.6. Índice de Sequía Pr-estival TR=05 Años



Mapa 5.2.2.7. Índice de Sequía Pr-estival TR=10 Años



Mapa 5.2.2.8. Índice de Sequía Pr-estival TR=25 Años



5.2.3 Heladas

Introducción

Aunque existen varias formas de definir lo que es una helada, se dice que ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos durante un tiempo mayor a ocho horas. Cuando llegan grandes masas de aire frío de origen continental a una región 100 km² o menos, se pueden formar las heladas por advección. Ellas se desarrollan en las partes bajas de las montañas, en las cañadas y valles. Se presentan indistintamente en el día o noche. Estas heladas van acompañadas de vientos moderados a fuertes (velocidades mayores de 15 km/h); en ellas no existe inversión térmica.

En Ciudad Aquiles Serdán se presentan las heladas, es decir, descensos de la temperatura por debajo del punto de congelación (0°C), principalmente en los meses de diciembre, enero y febrero, aunque se tienen registradas heladas en los meses de marzo y noviembre. Las principales consecuencias de este fenómeno perturbador en la población son enfermedades respiratorias y decesos, estos últimos ocurriendo más frecuentemente en la población indigente. Otras consecuencias secundarias de este fenómeno son las muertes por intoxicación con monóxido de carbono y los incendios producto de fallas de calentones y otros dispositivos similares. La población más vulnerable a este fenómeno es la de escasos recursos al no contar con una vivienda y vestimentas adecuadas para soportar los descensos de temperatura.

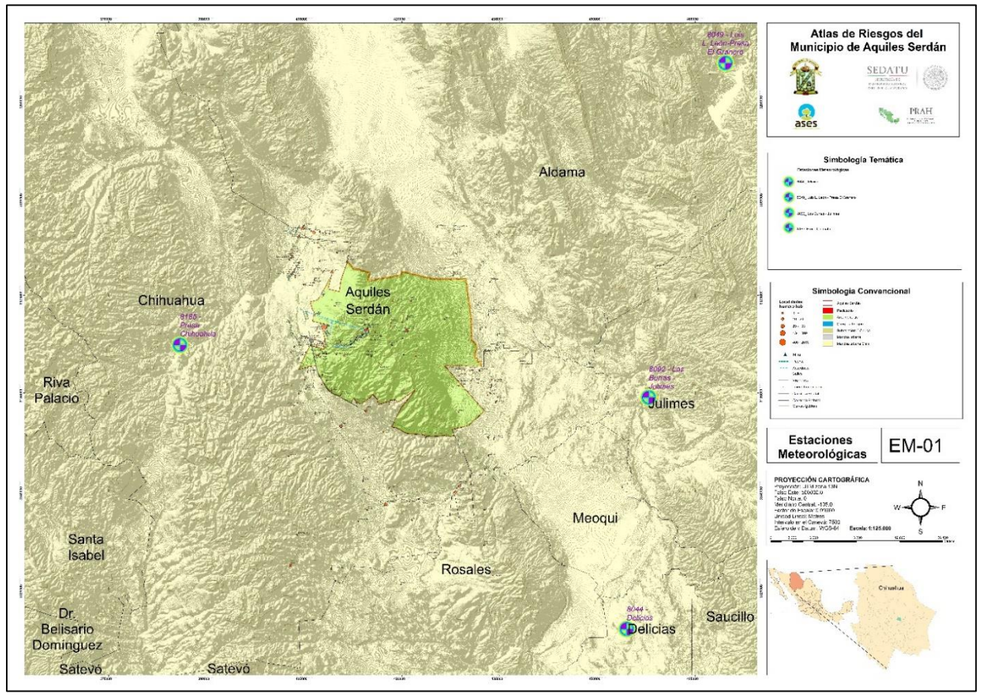
Metodología

Para el caso de este estudio, fue posible alcanzar un nivel 2 en la identificación de riesgos, de acuerdo a la metodología establecida de las bases para la estandarización de Atlas de Riesgos.

Heladas Nivel 1

Debido a que no se cuenta con información de estaciones meteorológicas dentro del municipio, se recopilaron registros de días con Heladas de las estaciones meteorológicas localizadas fuera de los límites municipales del área de estudio. Posteriormente se seleccionaron únicamente aquellas estaciones que contaran con al menos 25 años de información. De acuerdo con los criterios establecidos, se localizaron cuatro estaciones que los satisfacían: La estación 8044 – Delicias (DGE), la estación 8049 – Luis L. León, la estación 8092 – Las Burras y la estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE). La ubicación de las estaciones se muestra en el Mapa **5.2.3.**1.

Mapa 5.2.3.1 ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas.



La Tabla 88 muestra el resultado de la recopilación de los registros. Temperatura mínima anual

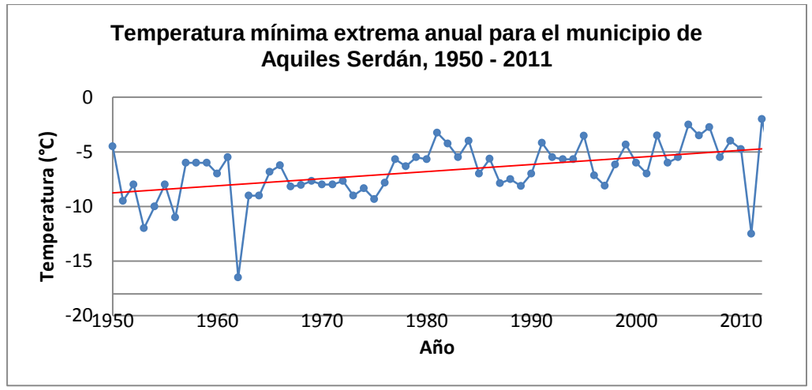
TABLA 88 REGISTROS DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1950			-4.5		-4.5
1951			-9.5		-9.5
1952			-8		-8.0
1953			-12		-12.0
1954			-10		-10.0
1955			-8		-8.0
1956			-11		-11.0
1957			-6		-6.0
1958			-6		-6.0
1959			-6		-6.0
1960			-7		-7.0
1961	-6		-5		-5.5
1962	-18		-15		-16.5
1963	-9		-9		-9.0
1964	-9		-9		-9.0
1965	-7	-6.5	-7		-6.8
1966	-6	-5.7	-7		-6.2
1967	-9	-6.5	-9		-8.2
1968	-8	-6.1	-10		-8.0
1969	-10	-5	-8		-7.7
1970	-10	-5	-9		-8.0
1971	-10	-5	-9		-8.0
1972	-9	-7	-7		-7.7
1973	-10	-5	-12		-9.0
1974	-11	-3	-11		-8.3
1975	-11	-7	-10		-9.3
1976	-8	-5.5	-10		-7.8
1977	-6	-2	-9		-5.7
1978	-8	-1	-10		-6.3
1979	-4	-3.5	-9		-5.5
1980	-5	-4	-8		-5.7
1981	-3.5	-1	-6	-2.5	-3.3
1982	-4	-2	-6	-5	-4.3
1983	-6	-5	-7	-4	-5.5
1984	-5	-4	-5	-2	-4.0
1985	-7	-6	-7	-8	-7.0
1986	-5	-4	-7	-6.5	-5.6

TABLA 88 REGISTROS DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	Promedio
1987	-5	-8	-9.5	-9	-7.9
1988	-6	-7.5	-8.5	-8	-7.5
1989	-6	-8.5	-10	-8	-8.1
1990	-5		-9	-7	-7.0
1991	-3		-5	-4.5	-4.2
1992	-6		-6	-4.5	-5.5
1993	-6		-5	-6	-5.7
1994	-5		-6	-6	-5.7
1995	-3		-3	-4.6	-3.5
1996	-8		-5.5	-8	-7.2
1997	-9		-7	-8.3	-8.1
1998	-6		-5	-7.5	-6.2
1999	-5		-4	-4	-4.3
2000	-7		-6	-5	-6.0
2001	-7				-7.0
2002	-4	-3			-3.5
2003	-7	-5			-6.0
2004	-7	-4			-5.5
2005	-2	-3			-2.5
2006	-5	-2			-3.5
2007	-3	-2.5			-2.8
2008	-4	-7			-5.5
2009	-3	-5			-4.0
2010	-3.5	-6			-4.8
2011	-14	-11			-12.5
2012	-2	-2			-2.0
2013	-9	-4			-6.5

De acuerdo con los registros, se tiene una helada crítica promedio anual de -13.3°C, siendo la más crítica la registrada en la estación “Delicias (DGE)” el 12 de enero de1962, con un valor de -18°C. Adicionalmente se presenta la Figura 29, que muestra de manera gráfica la distribución de la temperatura mínima anual para el intervalo de análisis.

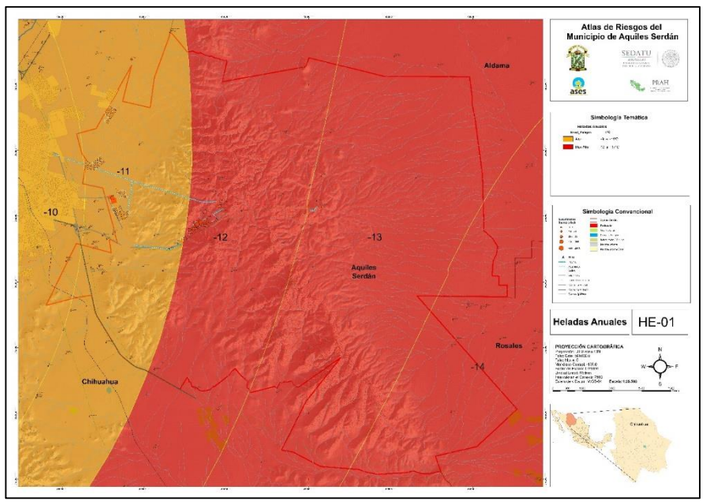


La línea roja mostrada en la figura 30 corresponde a la tendencia de las temperaturas mínimas extremas registradas anualmente. Como puede observarse, las temperaturas mínimas extremas tienden a ser, en promedio, mayores o menos severas a lo largo de los más de 60 años registrados. Comúnmente, conforme aumenta el desarrollo de un asentamiento, la temperatura promedio aumenta debido al fenómeno de la "isla de calor", el cual es consecuencia del cambio de la cobertura del suelo, tendiendo de superficies húmedas y permeables a superficies impermeables y secas debido a la pavimentación y la construcción de edificaciones. Esto trae como consecuencia que la temperatura sea más alta en la ciudad que en sus alrededores rurales.

Heladas Nivel 2

Con la información obtenida en las estaciones meteorológicas seleccionadas, se elaboró el mapa de isolíneas, mostrado en el siguiente mapa.

Mapa 5.2.3.2 grado de riesgo de heladas anuales



Nivel 3

Para la obtención de los periodos de retorno se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 89 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución.

TABLA 89. ERROR CUADRÁTICO PARA TEMPERATURAS MÍNIMAS

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	Gumbel (Momentos)
Estación 8049 - Luis L. León	0.4	0.7	1.1	0.7	0.7	Normal
Estación 8092 - Las Burras	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	Lognormal (Máx. Ver)
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	Normal

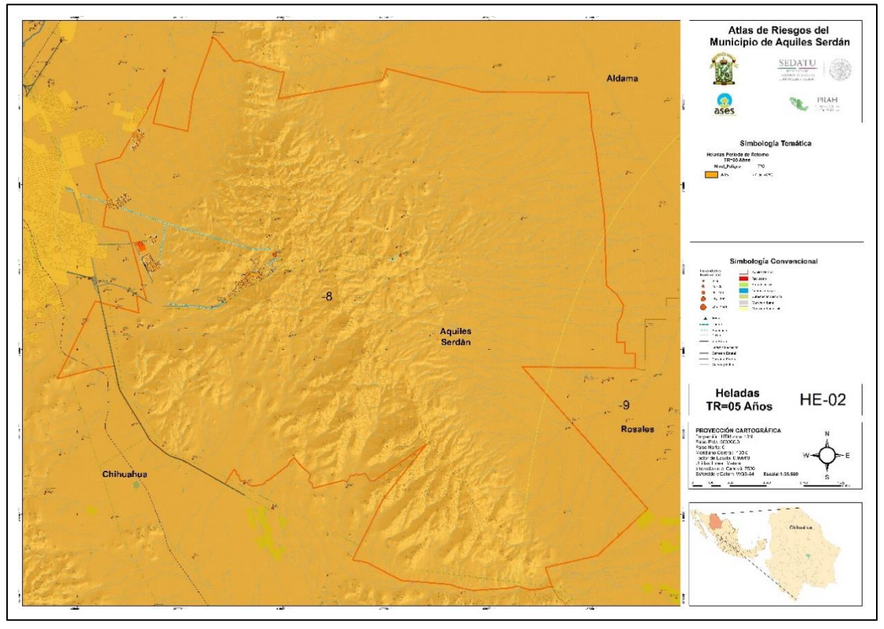
Los periodos de retorno de heladas adoptados son los que se presentan en la Tabla 90.

TABLA 90. PERIODO DE RETORNO PARA TEMPERATURAS MÍNIMAS

Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	-9	-11	-12	-15
Estación 8049 - Luis L. León	-7	-8	-8	-9
Estación 8092 - Las Burras	-10	-11	-13	-14
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	-8	-9	-9	-10

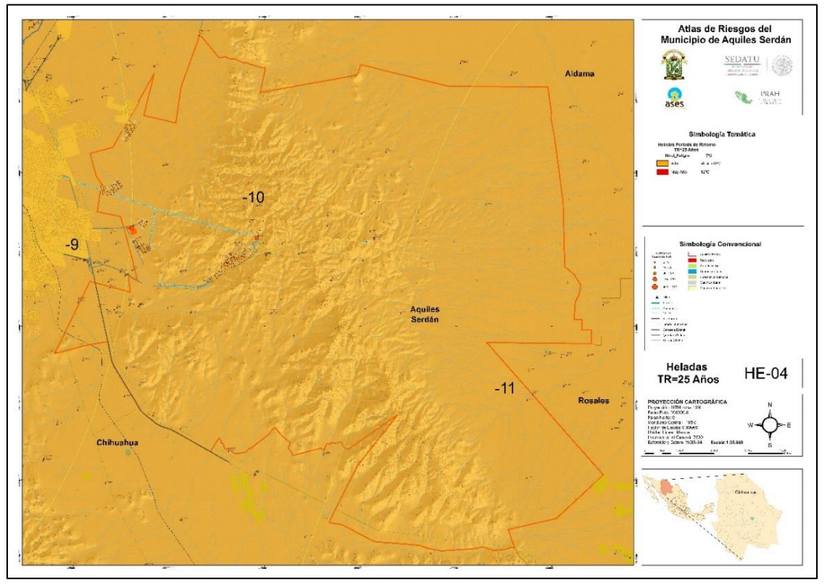
A continuación, se presentan los mapas con la zonificación de Heladas por periodo de retorno:

Mapa **5.2.3.**3. Heladas Periodo de retorno TR=05 Años

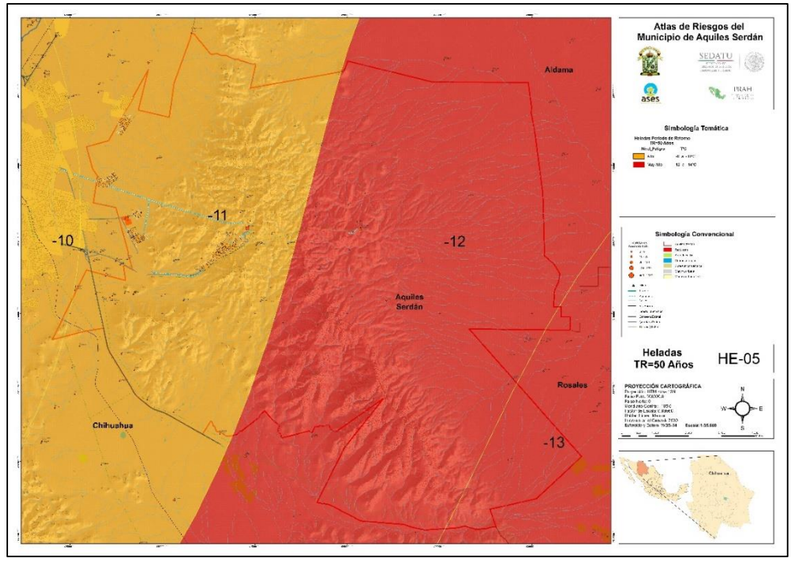


Mapa **5.2.3.**4. Heladas Periodo de retorno TR=10 Años

Mapa **5.2.3.**5. Heladas Periodo de retorno TR=25 Años



Mapa **5.2.3.**6. Heladas Periodo de retorno TR=50 Años



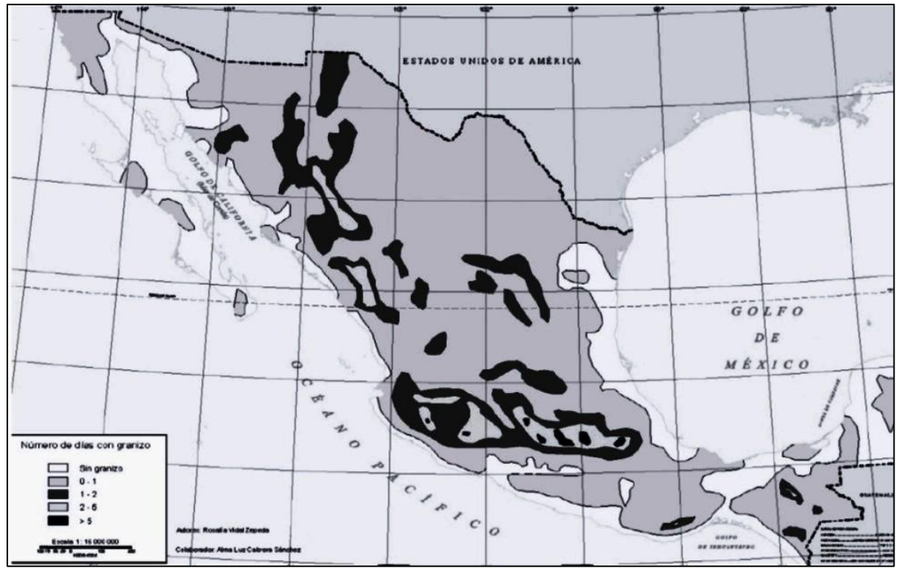
5.2.4 Tormentas de granizo

Existen varias definiciones para describir el granizo. Una aceptable es la establecida por Ceperuelo (2008), que define el granizo como granos o corpúsculos de hielo con un diámetro que oscila entre 5 mm y más y que han crecido mediante el proceso de agregación de partículas o cristales, proceso conocido como rimming en inglés.

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (2010), la mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur. En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la zona del altiplano, particularmente en los valles de la porción sur de éste y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur.

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando en ocasiones la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes; cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas (CENAPRED, 2010). La magnitud de los daños depende de la cantidad y el tamaño de la precipitación en forma de granizo.

De acuerdo con la zonificación de los eventos anuales de granizo en la República Mexicana elaborada por CENAPRED (Figura 32), el municipio de Aquiles Serdán se localiza en una zona con registro de 0 a 1 eventos anuales de granizo.



Metodología

Para el caso de este estudio, fue posible alcanzar un nivel 2 en la identificación de riesgos, de acuerdo a la metodología establecida de las bases para la estandarización de Atlas de Riesgos.

Nivel 1

Debido a que no se cuenta con información de estaciones meteorológicas dentro del municipio, se recopilaron registros de días con granizo en las estaciones meteorológicas localizadas fuera de los límites municipales del área de estudio. Posteriormente se seleccionaron únicamente aquellas estaciones que contaran con al menos 25 años de información. De acuerdo con los criterios establecidos, se localizaron cuatro estaciones que los satisfacían: La estación 8044 – Delicias (DGE), la estación 8049 – Luis L. León, la estación 8092 – Las Burras y la estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE). La ubicación de las estaciones se muestra en el siguiente mapa

Mapa **5.2.4.1** Estaciones Meteorológicas Zona de Estudio

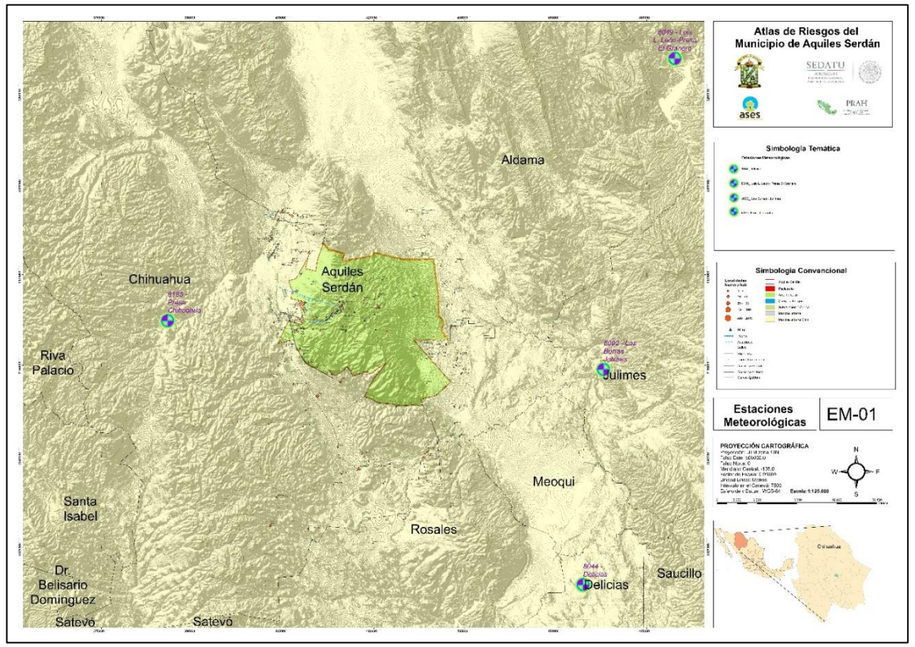


TABLA 91. DÍAS ANUALES MÁXIMOS CON GRANIZO PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN, 1950 - 2000

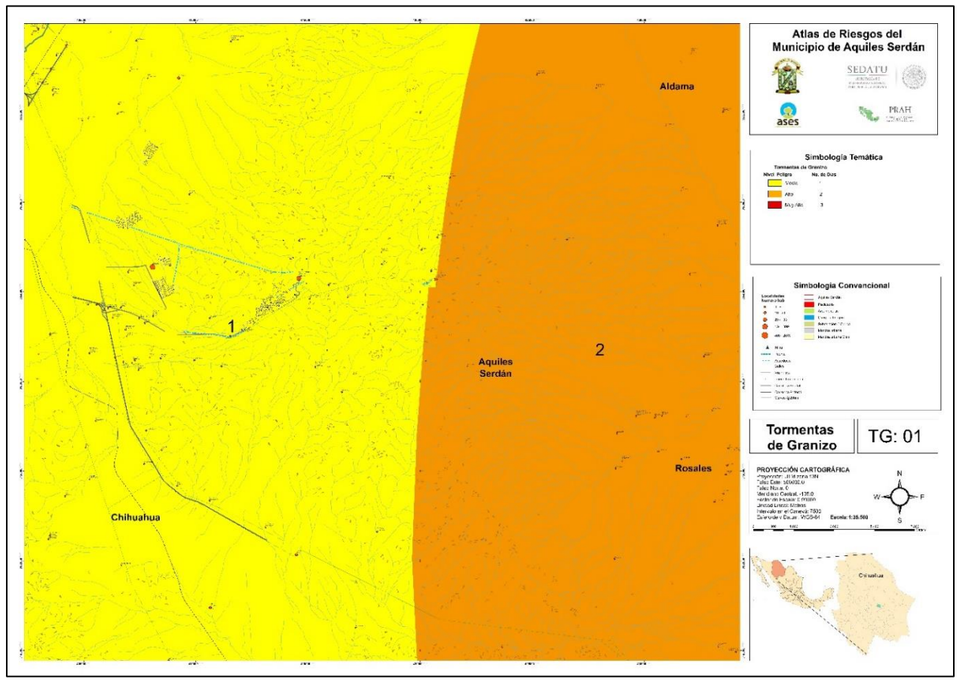
Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 - Las Burras	Estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE)
1950	0		4	
1951	1		0	
1952	0		0	
1953			0	
1954	0		0	
1955	0		0	
1956	0		0	
1957	0		0	
1958	0		0	
1959	1		0	
1960	0		0	
1961	0		1	0
1962	0		0	0
1963	0		0	0
1964	0	0	0	0
1965	0	0	0	0
1966	1	0	0	0
1967	1	0	0	0
1968	0	0	0	0
1969	0	0	0	0
1970	0	0	0	0
1971	0	0	0	0
1972	0	0	0	0
1973	0	1	0	0
1974	0	0	1	0
1975	0	0	0	0
1976	1	1	0	0
1977	0	0	0	0
1978	0	0	0	0
1979	0	0	0	0
1980	0	0	0	0
1981	0	0	0	0
1982	0	0	0	0
1983	0	1	0	0
1984	0	1	0	0
1985	0	1	0	0
1986		0	0	
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	0	1	0	0
1990	1	1	0	0
1991	0	0	0	0
1992	1	0	0	0
1993	0	0	0	0
1994	0	0	0	0
1995	0	0	0	0
1996	0	0	0	1
1997	0	0	0	0
1998	0	0	0	0
1999		0	0	0
2000	1		0	0
2001				
2002				

TABLA 91. DÍAS ANUALES MÁXIMOS CON GRANIZO PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN, 1950 - 2000

2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008				

Con los datos de las estaciones seleccionadas se elaboró el mapa de isolíneas mostrado en el Mapa siguiente

Mapa **5.2.4.2** Máximo de días con Granizo



Granizo Nivel 2

Para la obtención de periodos de retorno de granizo se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 92 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución.

TABLA 92 ERROR CUADRÁTICO EN DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE GRANIZO PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Estación	Método de distribución de la probabilidad					
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	Método seleccionado
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	Normal
Estación 8049 - Luis L. León	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	Normal
Estación 8092 - Las Burras	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	Gumbel (Momentos)
Estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE)	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	Gumbel (Momentos)

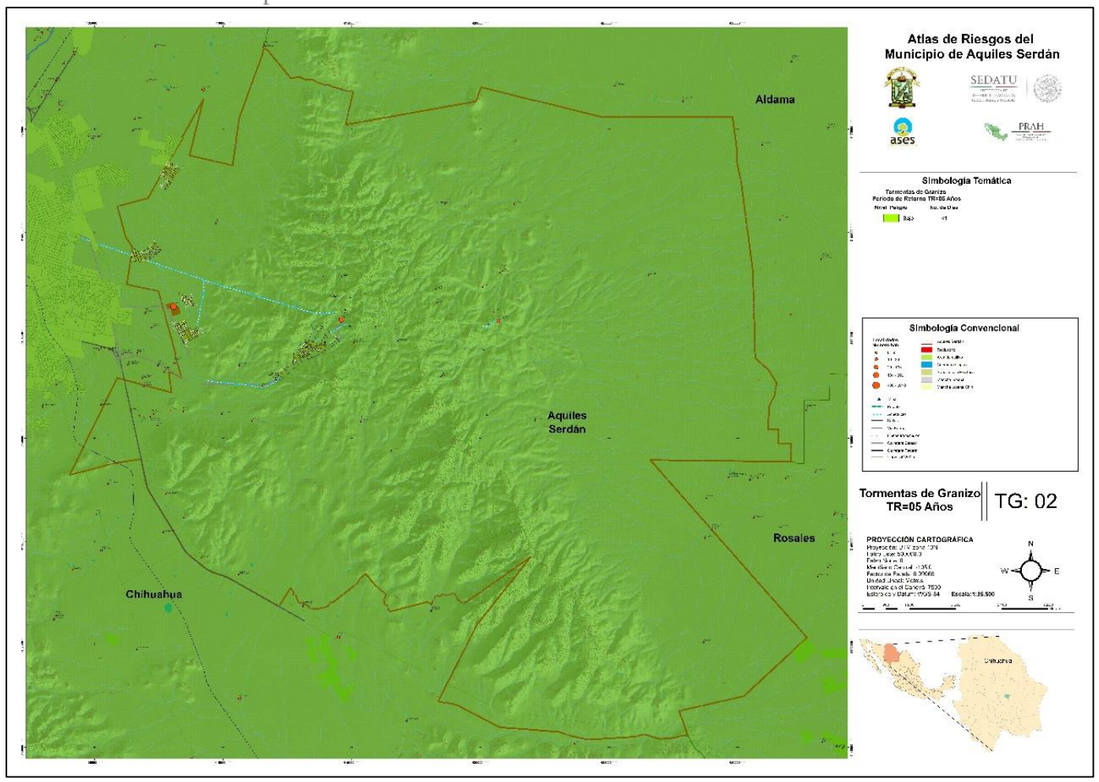
Los valores seleccionados para cada periodo de retorno por estación meteorológica se presentan en la Tabla 93. Estos valores fueron redondeados, ya que los datos corresponden a eventos de granizo anuales.

TABLA 93 VALORES DE EVENTOS ANUALES DE GRANIZO POR PERIODO DE RETORNO PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

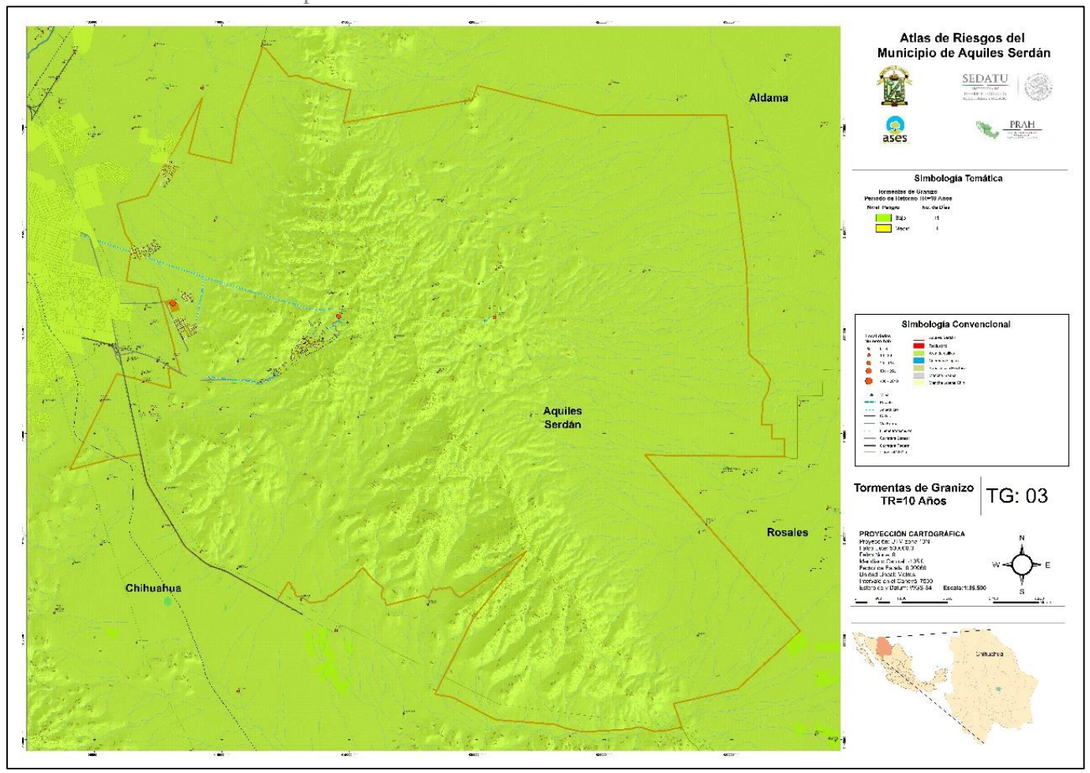
Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	0	1	1	1
Estación 8049 - Luis L. León	1	1	1	1
Estación 8092 - Las Burras	1	1	1	2
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	0	0	1	1

Con estos datos fueron construidas las isolíneas para cada periodo de retorno.

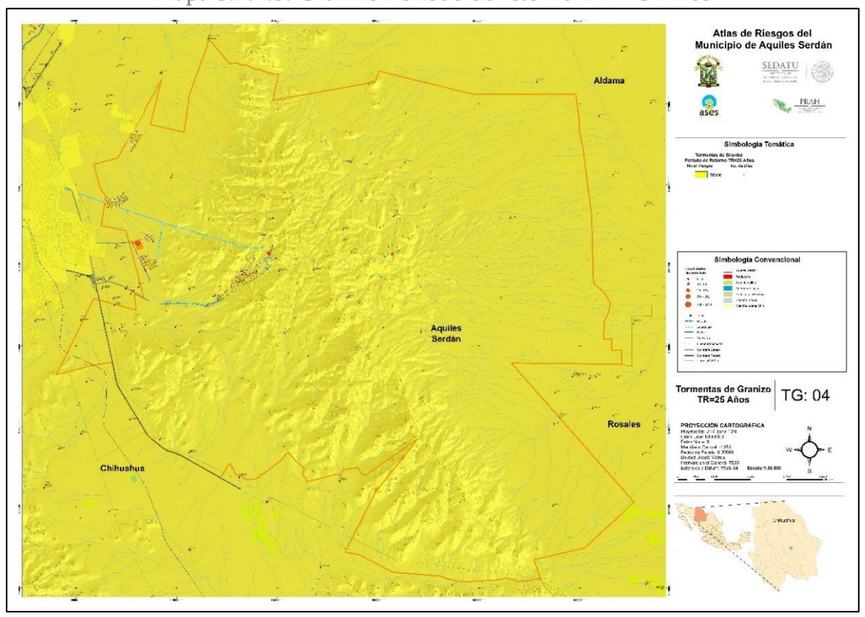
Mapa **5.2.4.**3. Granizo Periodo de retorno TR=05 Años



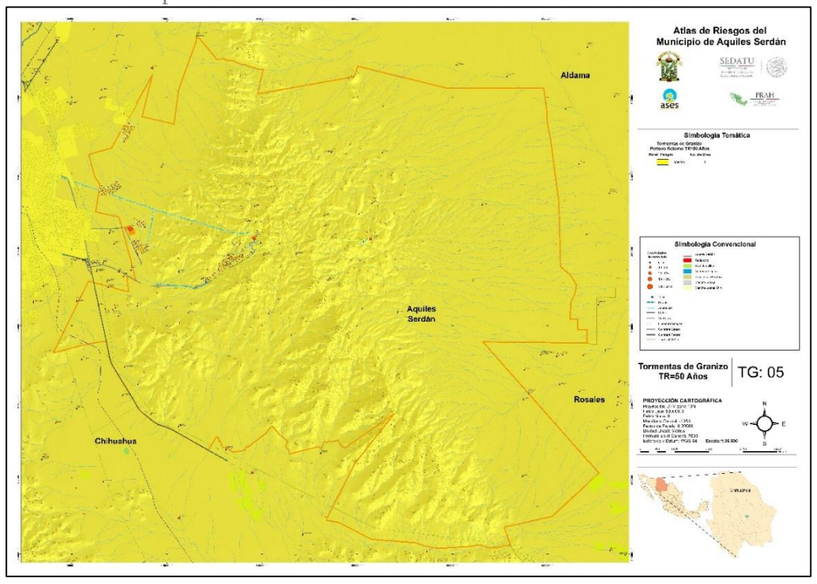
Mapa **5.2.4.**4 Granizo Periodo de retorno TR=10 Años



Mapa **5.2.4.5**. Granizo Periodo de retorno TR=25 Años



Mapa **5.2.4.6**. Granizo Periodo de retorno TR=50 Años



5.2.5 Tormentas de nieve

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

Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

DAÑOS GENERADOS POR LAS NEVADAS

Los efectos negativos de las nevadas en la población son las bajas temperaturas que se asocian a ellas, que pueden provocar enfermedades en las vías respiratorias o en el peor de los casos, muerte por hipotermia lo cual ocurre, sobre todo, a indigentes o personas de bajos recursos económicos, por habitar en viviendas precarias.

En la siguiente tabla 94 se muestra la distribución de nevadas y su nivel de afectación en la República Mexicana.

TABLA 94. NEVADAS QUE HAN AFECTADO AL ESTADO DE CHIHUAHUA.

Fecha	Lugar de afectación	Comentarios y/o daños
Enero 7 y 8 de 1997	Chihuahua (Ciudad Juárez y las localidades de las Sierra Tarahumara)	El tráfico aéreo y terrestre dejó de funcionar en Chihuahua. El número total de muertos fue de 7. Fue la peor tormenta en los últimos 20 años en Ciudad Juárez.
Noviembre 25 de 2005	Chihuahua: Sierra Tarahumara	Se alcanzaron hasta 22 cm de nieve en el municipio de Guadalupe y Calvo. En Guachochi y Balleza, la nevada alcanzó apenas los tres centímetros, mientras que el Vergel siete y en Nogorachi, nueve centímetros.
Diciembre 20 de 2006	Chihuahua	La capa de nieve alcanzó hasta ocho centímetros de nieve
Enero 2 de 2007	Chihuahua	Se registraron nevadas en 57 de los 61 municipios de Chihuahua
Noviembre 27 de 2007	Chihuahua: Ciudad Juárez, Ahumada, Bocoyna, Casas Grandes, Nuevo Casas Grandes, Carichic, Ocampo	Durante poco más de 10 horas se mantuvo la precipitación de nieve, que alcanzó seis centímetros de altura, cubrió toda la ciudad. Dejó un saldo de más de 35 accidentes viales, la suspensión de vuelos del aeropuerto local, el cierre de algunos tramos carreteros, interrupción del servicio de energía eléctrica y el deceso de un hombre.

En el Municipio de Aquiles Serdán, se han presentado heladas debido al clima tan extremoso de la zona desértica del Estado de Chihuahua, pero no hay un registro de nevadas significativas (en el periodo de 1962-2008), lo más cercano fue en la Ciudad de Chihuahua, la cual colinda con el municipio anteriormente mencionado.

5.2.6. Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Como su nombre lo indica, el ciclón tropical se origina en las regiones tropicales de nuestro planeta. Como la circulación ciclónica y bajas presiones atmosféricas relativas normalmente coexisten, es común usar los términos ciclón y baja de forma intercambiable.

Los ciclones tropicales son uno de los fenómenos naturales que provocan mayores pérdidas económicas cada año, debido al incremento de los asentamientos humanos en zonas de riesgo y a la degradación ambiental producida por el hombre.

Sin embargo, las lluvias que generan los ciclones poseen grandes beneficios ya que se recargan los mantos acuíferos y las presas retienen una cantidad de agua, que es utilizada en las zonas áridas y semiáridas de México, así como para el consumo humano, la agricultura y la generación de energía.

El ciclón tropical es una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. En el hemisferio norte giran en sentido contrario a las manecillas del reloj. Se forma en el mar, cuando la temperatura es superior a los 26°C.

Los ciclones tropicales se clasifican en tres etapas de acuerdo a la velocidad de sus vientos máximos:

- DEPRESIÓN TROPICAL: cuando sus vientos son menores a 63 km/h.
- TORMENTA TROPICAL: comprende vientos entre 63 km/h y 118 km/h.
- HURACÁN: cuando presenta vientos con una velocidad mayor a los 118 km/h, siendo esta etapa en la cual se generan los efectos destructivos.

El poder destructivo de los ciclones tropicales, obliga a que se tomen medidas especiales de seguridad, dado que son fenómenos que se pueden monitorear y pronosticar su trayectoria.

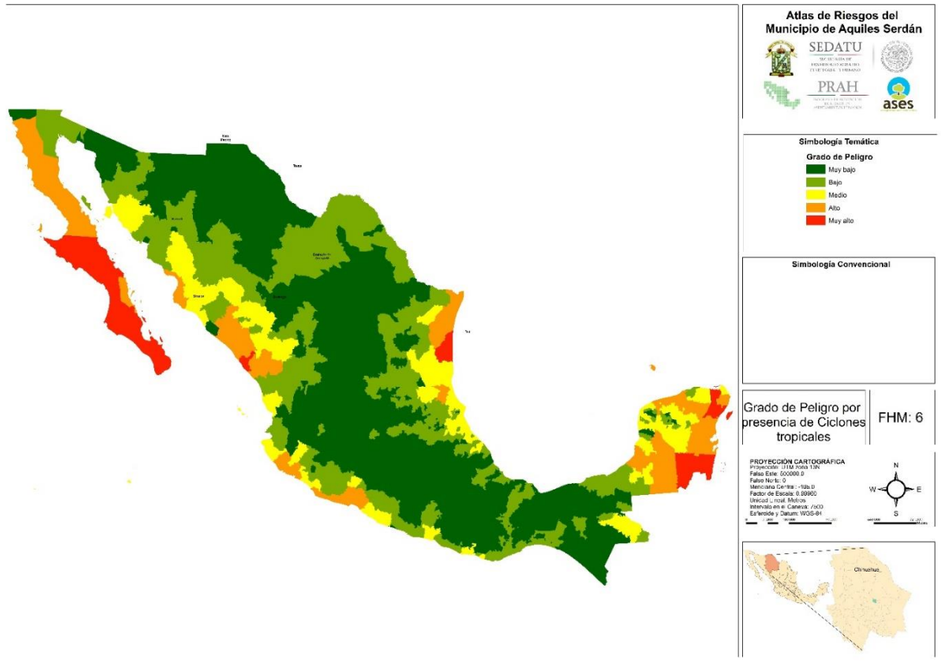
TABLA 95 CICLONES TROPICALES QUE HAN CAUSADO MÁS PÉRDIDAS HUMANAS EN MÉXICO.

Fecha	Nombre del ciclón	Decesos	Lugar de afectación
20-28 agosto/1909	Sin nombre	1500	Nuevo León
23 octubre/1959	Manzanillo	1500	Colima
25 sept-10 oct/1966	Inés	1000	Tamaulipas
22-29 sep/1955	Janet	712	Campeche, Q. Roo y Tamaulipas
Septiembre/1967	Beuhla	630	Campeche, Q. Roo y Yucatán
Octubre/1976	Liza	630	B.C.S y Sonora
10-12 nov/1961	Tara	436	Guerrero
4-9 octubre/1999	D.T. No. Ll	369	Tabasco, Veracruz, Puebla e Hidalgo
12-9 sep/1955	Hilda	300	Tamaulipas y Veracruz
8-20 sep/1988	Gilbert	255	Nuevo León, Península de Yucatán
7-10 oct/1997	Pauline	250	Guerrero y Oaxaca
12-15 sep/1995	Ismael	150	Sinaloa, B.C.S. y Sonora

Fuente: CENAPRED

Los ciclones tropicales llegan de los océanos atlántico y pacífico. En el periodo 1851-2000 ninguno ciclón del atlántico norte alcanzó el estado de Chihuahua (y el municipio de Aquiles Serdán). Debido a la distancia significativa de Aquiles Serdán, respecto a los océanos mencionados, con una distancia de 18, 173.56km (Océano Atlántico) y aproximadamente 650km (Océano Pacífico).

Mapa **5.2.6.1 grado de peligro por presencia de ciclones**



Mapa **5.2.7.1 grado de peligro por presencia de ciclones**

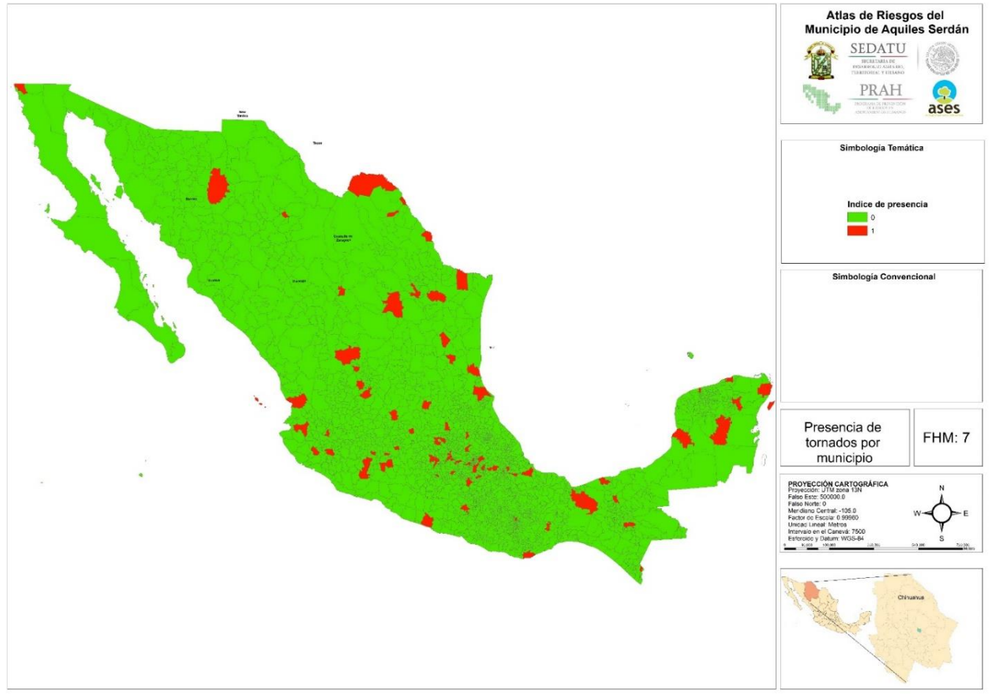


TABLA 96.

5.2.7. Tornados

Es uno de los fenómenos meteorológicos más violentos. Se origina en la base de una nube de tormenta de tormenta cuando dos masas de aire de diferente temperatura, humedad y velocidad chocan entre si formando un embudo que llega a la tierra. La velocidad de sus vientos puede alcanzar desde los 100 km/h a los 450 km/h. la probabilidad de ocurrencia de un tornado en México se extiende a todo el territorio, sin embargo, los más fuertes han tenido presencia en el norte del país. Los tornados más fuertes se registraron en ciudad Acuña y Piedras negras en el estado de Coahuila en 2007 y 2015, se registraron tornados categoría F2 causando daños y pérdidas importantes.

TORNADO Y SUS CARACTERÍSTICAS

	Tornado
Origen	Se origina sobre la superficie de la tierra o en un cuerpo de agua. Se desarrolla por una inestabilidad atmosférica.
Latitud	Se forman entre 15° y 50° Norte y Sur
Velocidad del viento (km/h)	La velocidad del viento varía entre 60 y 420 km/h, en algunos casos excede los 500 km/h.
Diámetro	El promedio es de 250 metros, oscilando entre los 100 metros y 1 km.
Ciclo de vida	Los tornados tienen una duración que va desde unos minutos a algunas horas en casos muy excepcionales.

Asociados a otros fenómenos	Se producen en conexión con líneas de inestabilidad, frentes o nubes de tormentas. Los puede originar un huracán.

Los tornados según su origen se pueden clasificar en:

TORNADOS SUPERCELDAS

Estos tornados tienen su origen en una tormenta severa de larga duración cuyo viento se encuentra en rotación, conocida como mesocicl ón o supercelda. Se forma cuando una columna de nube cumulonimbos genera corrientes ascendentes dentro de ella misma, puede llegar a extenderse hasta algunos kilómetros de diámetro, lo que origina un tipo de tormenta convectiva con ciertas condiciones que pueden generar fuertes vientos, grandes granizadas y tornados violentos que puede devastar sobre una larga trayectoria. A medida que la rotación incrementa su velocidad, las corrientes se convierten en una columna estrecha y giratoria.

TORNADOS NO-SUPERCELDAS

Los tornados no-superceldas suelen ser de menor magnitud a diferencia de los tornados superceldas. Este tipo de tornados se forma cuando una nube cumulus congestus, en rápida formación, atrae el aire que circula lentamente y de manera giratoria en los niveles inferiores de la superficie de la tierra. Los tornados no-supercelda que ocurren en el mar o en otro cuerpo de agua reciben el nombre de tromba o waterspout (Smith R, 1996).

TABLA 97. ESCALA DE FUJITA PARA TORNADOS, BASADA EN LOS DAÑOS CAUSADOS (1971)

Número en la escala	Denominación de Intensidad	Velocidad del viento km/h	Tipo de daños
FO	Vendaval	60-100	Daños en chimeneas, rotura de ramas, árboles pequeños rotos, daños en señales y rótulos.
F1	Tornado moderado	100-180	Desprendimiento de algunos tejados, mueve coches y camper, arranca algunos árboles pequeños.
F2	Tornado importante	180-250	Daños considerables. Arranca tejados y grandes árboles de la raíz, casas débiles destruidas, así como objetos ligeros que son lanzados a gran velocidad.
F3	Tornado severo	250-320	Daños en construcciones sólidas, trenes afectados, la mayoría de los árboles son arrancados.
F4	Tornado devastador	320-420	Estructuras sólidas seriamente dañadas, estructuras con cimientos débiles arrancadas y arrastradas, coches y objetos pesados arrastrados.
F5	Tornado increíble	420-550	Edificios grandes seriamente afectados o colapsados, coches lanzados a distancias superiores a los 100 metros, estructuras de aceros sufren daños.

La escala Fujita fue creada en 1971 por el investigador norteamericano Tetsuya Theodore Fujita, meteorólogo en colaboración con Allan Pearson. La escala Fujita se utiliza para estimar la intensidad de un tornado, clasifica los tornados según la gravedad, en función de los daños que causan.

TABLA 98. ALGUNOS TORNADOS EN MÉXICO 2000-2007

Fecha	Lugar de afectación	Comentarios
Abril 10 de 2000	Nativitas Coatlán, Guigovelaga y Lachiguiri, Sierra Mixe Zapoteca, Oaxaca	Aplica el DN-II. Daña una tromba cien viviendas en tres poblaciones de Oaxaca. Arrancó docenas de árboles y destruyó los techos de unas cien viviendas en diez minutos. Debido a la fuerza del meteoro, las tres localidades carecieron del servicio de energía eléctrica.
Mayo 18 de 2001	Cacahoatán, Chiapas	Vientos y lluvias arrasaron con 20 casas, la primaria y la iglesia del ejido Santa Lucía, Cacahoatán.
Junio 16 de 2001	Teapan, Sierra de Tabasco	Un tornado acaba con plantíos de plátano y papaya en Tabasco, se perdieron 25 hectáreas de estos cultivos.

Julio 30 de 2002	Los Mogotes, Coyuca de Benítez, Guerrero	Un tornado derribó techos y árboles en Guerrero. Dejó a un turista lesionado, 11 viviendas sin techo, 30 árboles derribados, una barda de 300 metros derrumbada y ocho automóviles con daños en los parabrisas y láminas.
Abril 6 de 2003	Reynosa, Tamaulipas	Tornado inunda vecindarios en la ciudad fronteriza de México. Varias calles quedaron bloqueadas por árboles y cables eléctricos caídos. También quedaron dañados carteles publicitarios, barandales de metal, señales de tránsito y varias viviendas de madera en zonas pobres de la ciudad.
Junio 15 de 2004	San Antonio del Río, Municipio de San José Gracia Aguascalientes.	Se observó la formación de extrañas nubes en forma de embudo y dejaron consecuencias en San José de Gracia. Se formó tornado de categoría mínima, que entre la gente del campo es mejor conocido como culebra.
Marzo 2 de 2005	Huamantla, Tlaxcala	Tornado daña casa y derriban árboles y postes. El viento arrancó los techos de lámina y dañó la estructura de la tienda del ISSSTE.
Mayo 27 de 2005	Santiago, Nuevo León	Tromba arrastra árboles y techos de láminas en el Barrial ante sorpresa de lugareños. Los techos de sus casas volaron por los aires. Azoteas de las caballerizas de la Asociación de Charros Cañón del Huánuco, A.C., prácticamente algunas desaparecieron una gran cantidad de árboles fueron arrancados por los fuertes vientos, en el camino de los fresnos.
Octubre de 2005	Madera, Chihuahua	Tornado derriba miles de árboles en Madera, Chihuahua. Miles de árboles derribados y daños en al menos 50 hectáreas.
Abril 16 de 2006	Cacalomacán, Toluca, Estado de México.	Fuertes vientos provocaron el colapso de varias bardas de las mansiones que se localizan en el sitito conocido como “La Macaria”. Asimismo, los vientos arrancaron algunos árboles e incluso un poste de teléfono ubicado en la calle de Miguel Hidalgo de esta zona.
Agosto 6 de 2006	Puebla, Puebla	Tornado arrasa viviendas en la zona sur de Puebla. Fueron dañadas al menos unas 30 casas.
Junio 7 de 2007	Las Choapas, Veracruz	Tromba y granizo, afecta a 120 casa. Otras 40 viviendas fueron dañadas, durante su trayectoria desechó viviendas, derribó postes de telefonía y energía eléctrica y arrancó árboles de raíz.
Agosto de 2007	Apan, Hidalgo	Víbora de agua arrasó con 25 árboles en Apan. Ocasionó el desprendimiento de al menos 25 árboles pequeños y la techumbre de un corral, así como inundaciones en los campos de cultivo de la comunidad Cocinilla.
Agosto 27 de 2007	San Cristóbal de las Casas, Chiapas	Lluvias y tornado causan daños a casas en Chiapas. En San Cristóbal de las Casas, en la región de los Altos, un tornado derribó la tarde de ayer cables de energía eléctrica y algunos árboles, y levantó techos de láminas, estructuras metálicas y tejas de varias casas.

En los periodos analizados, en el Municipio de Aquiles Serdán, no aplica éste fenómeno por las condiciones de relieve del municipio anteriormente mencionado, la probabilidad de un tornado en ésta zona es casi inexistente. El Municipio de Aquiles Serdán, no cuenta con planicies, en las cuales se pueda presentar un tornado. Sabiendo que un tornado puede ser originado por un huracán, existe incluso menos probabilidad, dado que en dicho municipio no se presenta éste fenómeno. El municipio más cercano dónde se presentó éste fenómeno fue en el municipio de Madera, el cual se encuentra a 230.33 km en el mes de octubre del año del 2005.

5.2.9. Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un rayo o breve resplandor y un ruido seco comúnmente llamado trueno. Las tormentas eléctricas son asociadas a nubes convectivas o cumulonimbos, y en algunas ocasiones pueden ser acompañadas por chubascos, nieve, granizo o alguna otra forma de precipitación. Este tipo de fenómenos es de carácter local y generalmente su cobertura es de pocos kilómetros cuadrados.

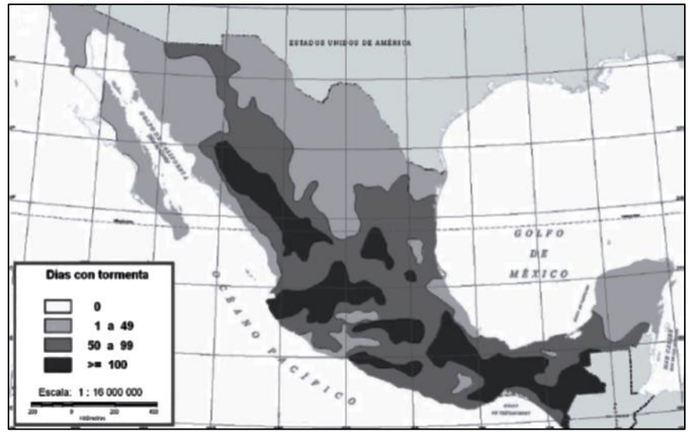
Los efectos negativos de las tormentas eléctricas en las ciudades se hacen más frecuentes a consecuencia del desarrollo económico y poblacional. Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causa el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que provocaría la suspensión de la energía eléctrica, además de afectar algunos aparatos electrónicos. En algunas ocasiones, las descargas eléctricas pueden provocar la muerte del ganado y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos, siendo el mayor peligro para la aviación.

Los riesgos asociados a los rayos, especialmente aquéllos que pueden producir heridos y decesos, han sido estudiados por países por diversos países. Los trabajos elaborados se refieren a la exposición de las personas a una tormenta eléctrica y sus consecuencias, entre las que se pueden mencionar parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de la memoria, hasta llegar a la muerte.

Las tormentas eléctricas en México ocurren entre los meses de mayo y octubre. Se presentan con mayor frecuencia durante las horas de la tarde o de la noche. El promedio anual de días con tormenta eléctrica 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 (CENAPRED, 2010).

Mapa **5.2.9.**1 Tormentas Eléctricas en México



De acuerdo con el mapa nacional de máximo número días con tormenta eléctrica elaborado por CENAPRED (Figura 34), el municipio se ubica en una zona con un máximo de entre 1 y 49 días con tormenta eléctrica.

Metodología

Para el caso de este estudio, fue posible alcanzar un nivel 2 en la identificación de riesgos, de acuerdo a la metodología establecida de Las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos.

Nivel 1

Debido a que no se cuenta con información de estaciones meteorológicas dentro del municipio, se recopilaron registros de días con tormenta eléctrica de las estaciones meteorológicas localizadas fuera de los límites municipales del área de estudio. Posteriormente se seleccionaron únicamente aquellas estaciones que contaran con al menos 25 años de información. De acuerdo con los criterios establecidos, se localizaron cuatro estaciones que los satisfacían: La estación 8044 – Delicias (DGE), la estación 8049 – Luis L. León, la estación 8092 – Las Burras y la estación 8185 – Presa Chihuahua (DGE). La ubicación de las estaciones se muestra en la Figura 35. La Tabla 1 muestra el resultado de la recopilación de los registros.

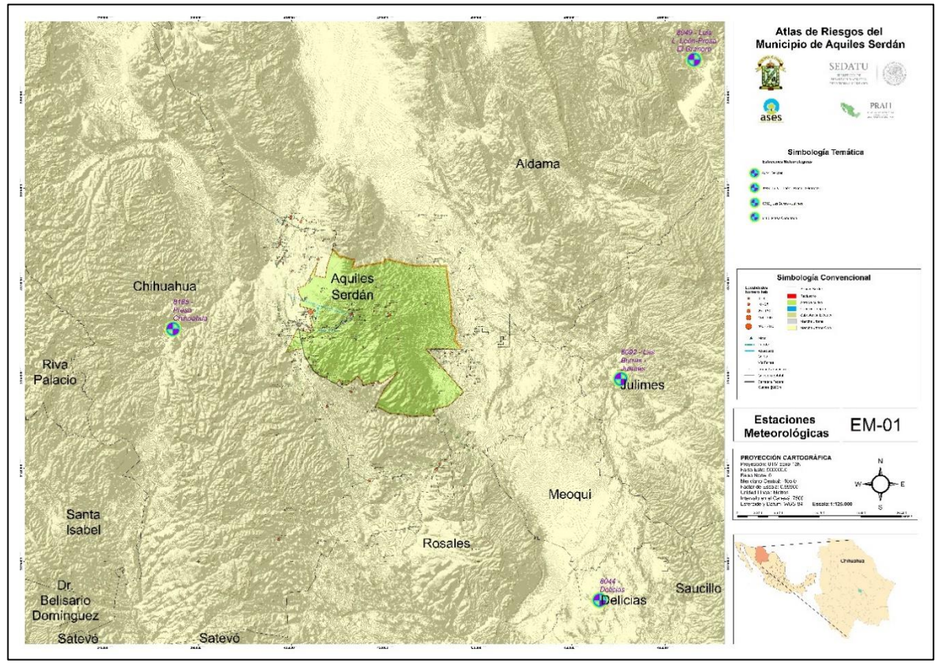


TABLA 99. REGISTROS ESTACIONES METEOROLÓGICAS - ZONA ESTUDIO

Año	Estación 8044 - Delicias (DGE)	Estación 8049 - Luis L. León	Estación 8092 – Las Burras	Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)
1950	2		129	
1951	0		88	
1952	0		74	
1953	0		11	
1954	0		128	
1955	3		86	
1956	3		79	
1957	5		0	
1958	1		133	
1959	5		82	
1960	3		90	
1961	2		34	0
1962	0		87	31
1963	2		71	56
1964	0	0	35	21

TABLA 99. REGISTROS ESTACIONES METEOROLÓGICAS - ZONA ESTUDIO

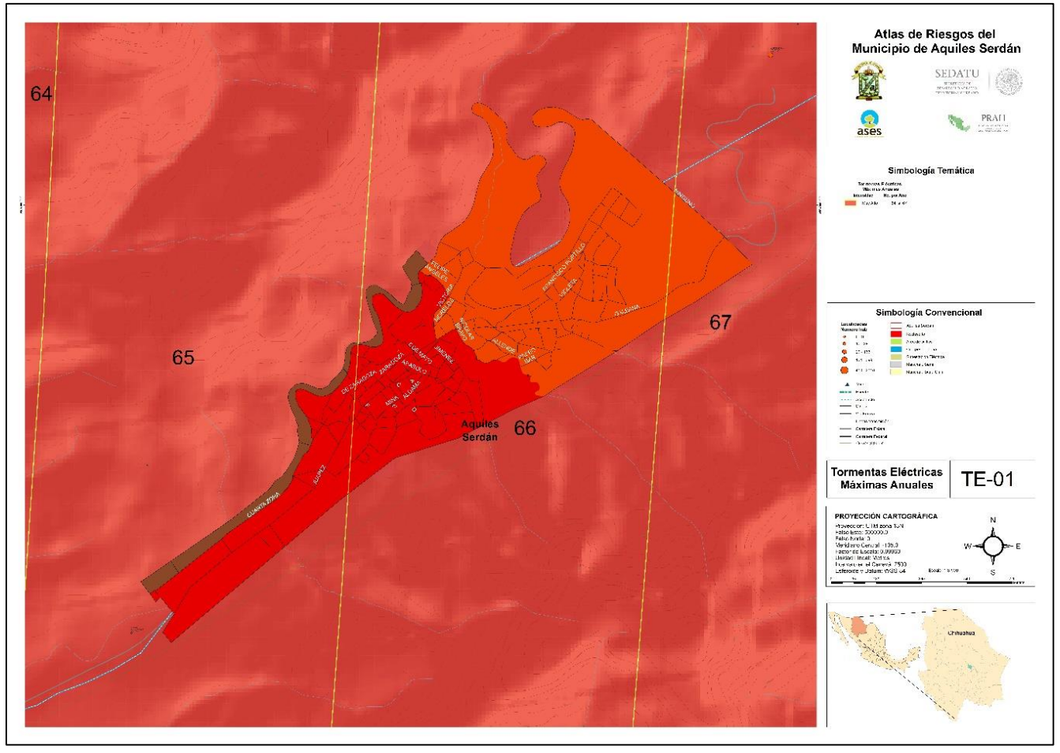
1965	0	0	91	52
1966	0	1	119	32
1967	1	46	42	32
1968	0	0	0	0
1969	0	0	0	0
1970	0	0	1	0
1971	0	0	1	0
1972	0	0	2	0
1973	0	1	0	0
1974	0	0	0	0
1975	0	1	0	0
1976	0	0	0	0
1977	0	0	0	0
1978	0	0	0	0
1979	0	0	1	0
1980	0	0	0	3
1981	0	0	0	0
1982	0	0	0	0
1983	0	0	0	0
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	109	
1987	0	0	3	0
1988	0	0	81	14
1989	0	2	0	1
1990	64	3	87	0
1991	20	0	4	0
1992	25	1	0	0
1993	32	0	0	0
1994	0	0	0	0
1995	0	0	0	0
1996	26	0	0	0
1997	0	0	0	0
1998	0	0	1	0
1999		0	0	0
2000	6		13	0
2001				
2002				
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				

TABLA 99. REGISTROS ESTACIONES METEOROLÓGICAS - ZONA ESTUDIO

2008				

Con los datos de estas estaciones fue elaborado el mapa de isolíneas de peligro de tormentas eléctricas, mostrado en el Mapa siguiente:

Mapa **5.2.9.1** Tormentas Eléctricas



Nivel 2

Para la obtención de periodos de retorno de días anuales con tormenta eléctrica se utilizaron tres métodos de distribución de la probabilidad: Normal, Lognormal y de Gumbel, estos últimos dos por máxima verosimilitud (MV) y momentos (Mo), y se seleccionó la distribución con un menor error cuadrático. Se obtuvieron los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años para cada una de las estaciones seleccionadas para la construcción de las isolíneas. La Tabla 100 contiene la relación de errores cuadráticos para cada estación por cada uno de los métodos utilizados para la distribución.

TABLA 100 ERROR CUADRÁTICO EN DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE TORMENTA ELÉCTRICA
PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

Estación	Método de distribución de la probabilidad					Método seleccionado
	Normal	Lognormal (Mo)	Lognormal (MV)	Gumbel (Mo)	Gumbel (MV)	
Estación 8044 - Delicias (DGE)	9.6	6.6	6.6	7.8	8.7	Lognormal (Mo)
Estación 8049 - Luis L. León	8.2	6.4	7.1	7.3	7.1	Lognormal (Mo)
Estación 8092 – Las Burras	23.7	22.9	22.9	18.6	20.3	Gumbel (Mo)
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	11.7	10.3	10.3	9.3	10.8	Gumbel (Mo)

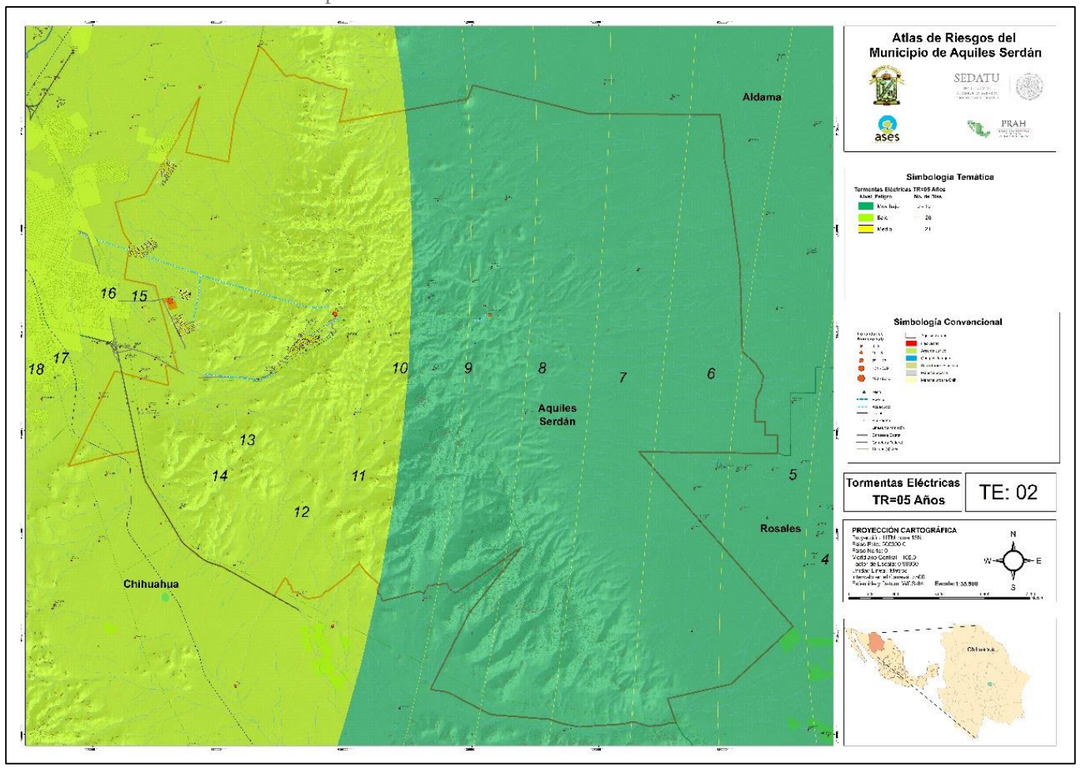
Los valores seleccionados para cada periodo de retorno por estación meteorológica se presentan en la Tabla 101. Estos valores corresponden a días anuales probables con tormenta eléctrica.

TABLA 101 VALORES DE EVENTOS ANUALES DE TORMENTA ELÉCTRICA
POR PERIODO DE RETORNO
PARA EL MUNICIPIO DE AQUILES SERDÁN

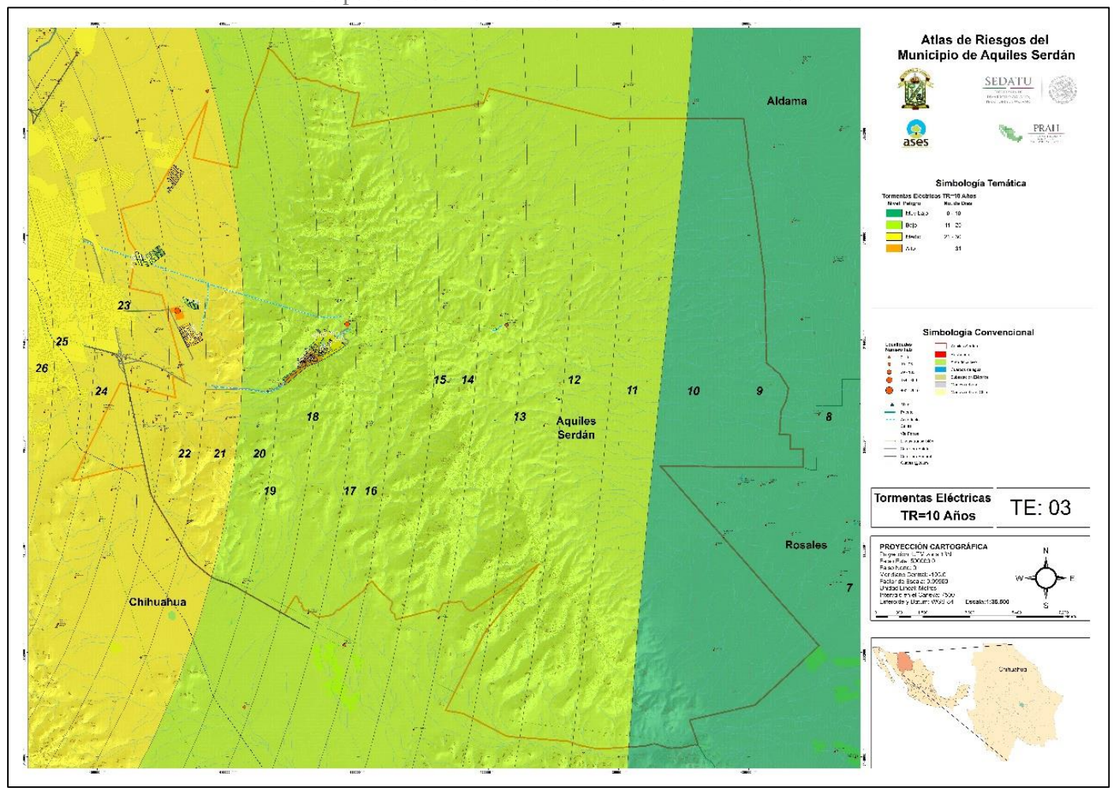
Estación	Periodo de retorno			
	5 años	10 años	25 años	50 años
Estación 8044 - Delicias (DGE)	5	9	15	28
Estación 8049 - Luis L. León	1	3	6	12
Estación 8092 – Las Burras	66	92	117	150
Estación 8185 - Presa Chihuahua (DGE)	22	32	41	54

Con estos datos fueron construidas las isolíneas para cada periodo de retorno.

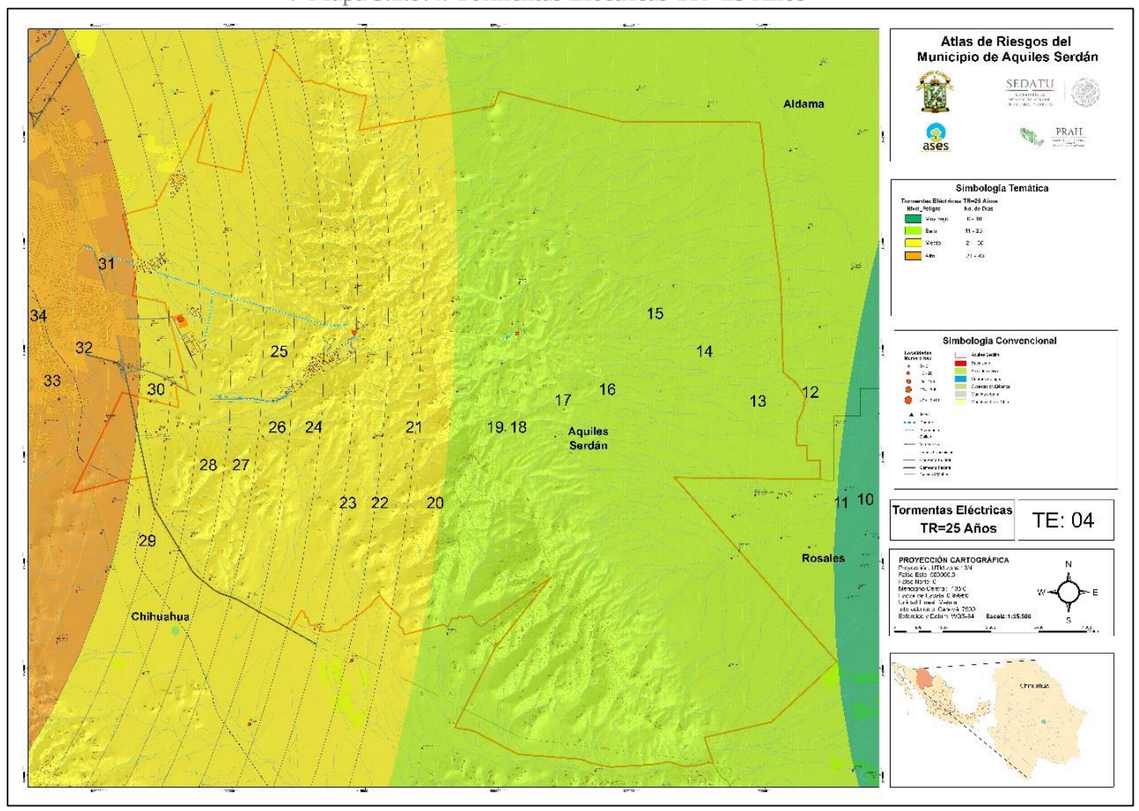
Mapa **5.2.9.2**. Tormentas Eléctricas TR=05 Años



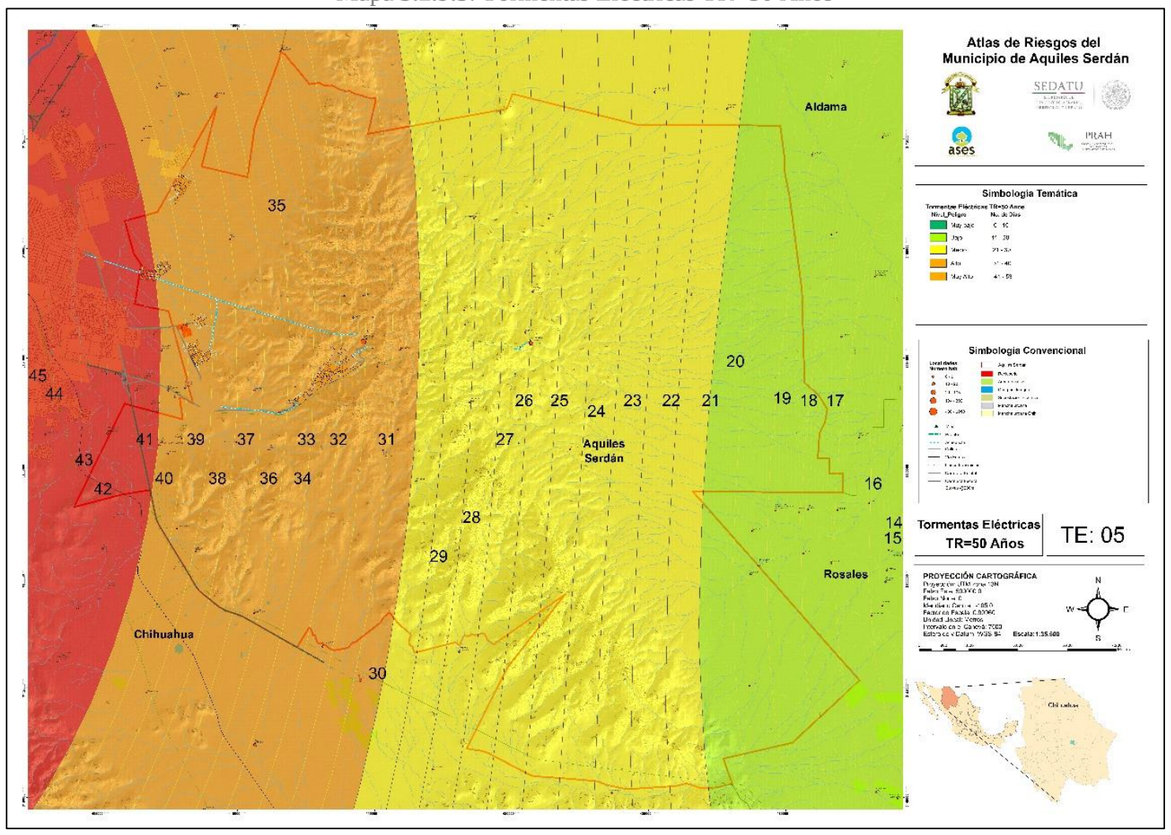
Mapa **5.2.9.3**. Tormentas Eléctricas TR=10 Años



. Mapa **5.2.9.4**. Tormentas Eléctricas TR=25 Años



Mapa **5.2.9.5**. Tormentas Eléctricas TR=50 Años



5.2.10. Lluvias extremas

Las precipitaciones intensas son eventos hidrometeorológicos extremos de gran intensidad, baja frecuencia temporal y aparente distribución espacial irregular, que provocan peligros naturales de tipo geomorfológico, como procesos de erosión superficial, movimientos de masa, inundaciones fluviales, arroyamiento torrencial, y cambios en los cauces y en las llanuras aluviales, que desencadenan desastres, afectando a poblaciones, viviendas e infraestructura (Beguería y Lorente, 1999). En México se estima que 34,9 millones de habitantes residen en zonas de riesgo por inundación (CENAPRED, 2004), esto ocasionado principalmente por la falta de infraestructura pluvial o bien por el inadecuado

Metodología

Para el análisis de la precipitación se consultó la información climatología de lluvias que fue extraída de los bancos de datos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua mediante la base de datos Eric III y de información obtenida directamente de la Comisión Nacional del Agua en el Estado de Chihuahua.

Se revisaron las estaciones que se encuentran dentro y alrededor del Municipio de Camargo y se seleccionaron aquellas que presentan datos históricos con más de 20 años de registro.

TABLA 102. MUNICIPIOS Y COORDENADAS

No. ID	NOMBRE	MUNICIPIO, EDO	COORDENADAS GEOGRAFICAS			COORDENADAS UTM	
			LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD	X	Y
			Grados	Grados	msnm		
8040	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	28.6572	-106.0860	1,435	393872.43	3170493.15
8270	LA MESA	ALDAMA	28.7733	-105.9636	1,316	405937.92	3183254.07
8157	ALDAMA	ALDAMA	28.8386	-105.9111	1,274	411118.33	3190446.21
8202	FCO I MADERO	ROSALES	28.1672	-105.6275	1,242	438397.44	3115885.9
8019	MEOQUI	MEOQUI	28.2717	-105.4942	1,150	451534.35	3127395.87
8092	LAS BURRAS	JULIMES	28.5150	-105.4306	1,093	457869.44	3154329.28
8040	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	28.6572	-106.0860	1,435	393872.43	3170493.15

De los datos climatológicos, se obtuvo la precipitación máxima en 24 días de cada año, así como el número de días con lluvias igual o mayor a 1.0 mm, que servirá para el cálculo de la precipitación máxima en una hora.

Resultados

II.3.- Análisis estadístico de lluvias máximas en 24 horas

La información adoptada de precipitación máxima en 24 hrs es sometida a un análisis por varios métodos estadísticos con la finalidad de conocer la precipitación esperada para diferentes periodos de retorno.

Previo al análisis, se revisó la información discriminando los datos que no representan la máxima anual, ya sea por meses sin registro o por falta de congruencia con el resto de los datos medidos.

Las funciones de distribución de probabilidad utilizadas para este estudio son:

Distribución Normal
Distribución Log-normal
Distribución Exponencial
Distribución Gamma
Distribución Gumbel

Aplicando las distribuciones anteriores, se selecciona aquella que ofrece menor error cuadrático y se procede a determinar las precipitaciones máximas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

La precipitación más probable obtenida por en análisis estadístico para 24 horas se ajustó para representar las lluvias verdaderas,
Factor de ajuste por lluvias verdaderas = 1.13 (L.L. Weilss)

Adicionalmente, se aplica el Factor de reducción por magnitud de cuenca (FRA), el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$FRA = 1 - 0.091263 * (1.0 - e^{-0.005794 * A})$$

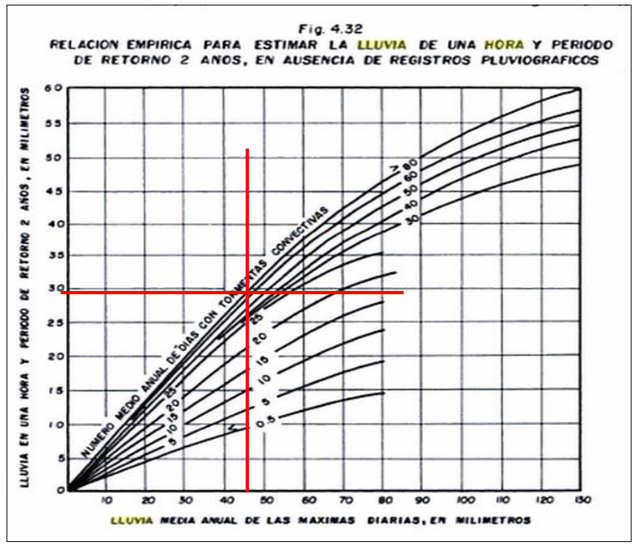
Donde
FRA = Factor de reducción por magnitud de cuenca
A = Área de la cuenca en Km2

Para fines de obtener las isoyetas para diferentes periodos de retorno se consideró una cuenca de 10 Km2 de superficie.
El FRA resultante para esta superficie es de 0.994862

De esta manera, se adoptan como válidos, los resultados obtenidos por la distribución estadística con menor error cuadrático, corregidos al ser multiplicados por los factores de lluvia verdadera y de reducción por magnitud de cuenca.

II.4.- Precipitación máxima en 1 hora

Para poder obtener las curvas de PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO, así como las de INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO, es necesario estimar la precipitación esperada para una hora. Para este caso, se acudió a la información disponible y al método de US Weather Buerau, ampliado por B.M. Reich.
Relación de precipitación de 1 hr y 24 hr, método de US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich
Este método se desarrolla tomando en cuenta el promedio de las máximas diarias y el número promedio de días con lluvias mayores a un milímetro.
Para determinar la lluvia en una hora, se acude a la gráfica tomada del libro “Procesos del Ciclo Hidrológico” de Daniel Campos Aranda, Pág. 4-58.
La grafica 2 se presenta abajo a la cual se le ingresaron los datos requeridos, obteniendo la lluvia para una hora.



La línea vertical se ubica en el promedio de precipitación para el periodo de retorno de 2 años y la horizontal tiene como base la línea vertical y la curva con el número promedio de días con lluvia igual o mayor a un milímetro, obteniendo así, en el eje Y, la precipitación máxima en una hora para la estación analizada.

Para el resto de los periodos de retorno, se aplica el mismo porcentaje obtenido para el de dos años.

II.5.- Precipitación – Duración – Periodo de Retorno

Una vez que se cuenta con la información de la lluvia para 24 y 1 horas, se construye la forma de la tormenta aplicando la fórmula de Chen para este propósito.

$$P_t^{Tr} = \frac{26.541 * (t)\left[Log.\left(3.02 Tr^{b}\right)\right]}{\left(t + 11.63\right)^{a}}$$

Donde:

P_t^{Tr} = Precipitación en el tiempo t, para el periodo de retorno TR

Tr = Periodo de retorno

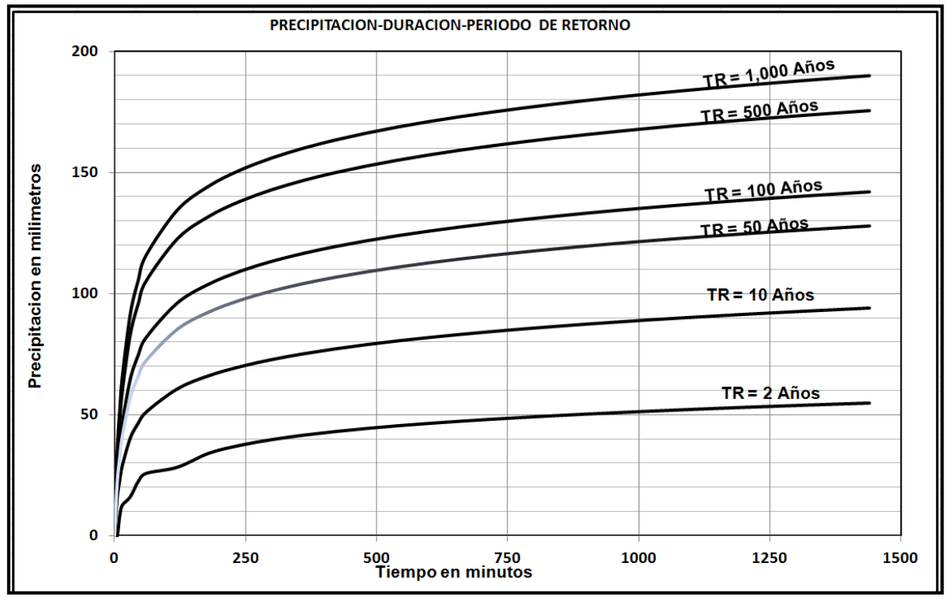
T = Tiempo a partir del inicio de la tormenta

a = Factor de ajuste de magnitud

b = Factor de ajuste de proporcionalidad

La ecuación de Chen nos ofrece la forma de la tormenta tomando como datos conocidos la precipitación de una hora y la de 24 horas (1hr/24hr), la proporción entre estos dos datos nos resulta el valor de "b" o factor de proporcionalidad y moviendo el valor de "a", llegamos a obtener finalmente todos los datos para los tiempos en los cuales deseamos calcular la precipitación en el rango de las 24 horas.

Los resultados son obtenidos para todos los periodos de retorno. Se muestra a continuación la gráfica típica para este tipo de datos:

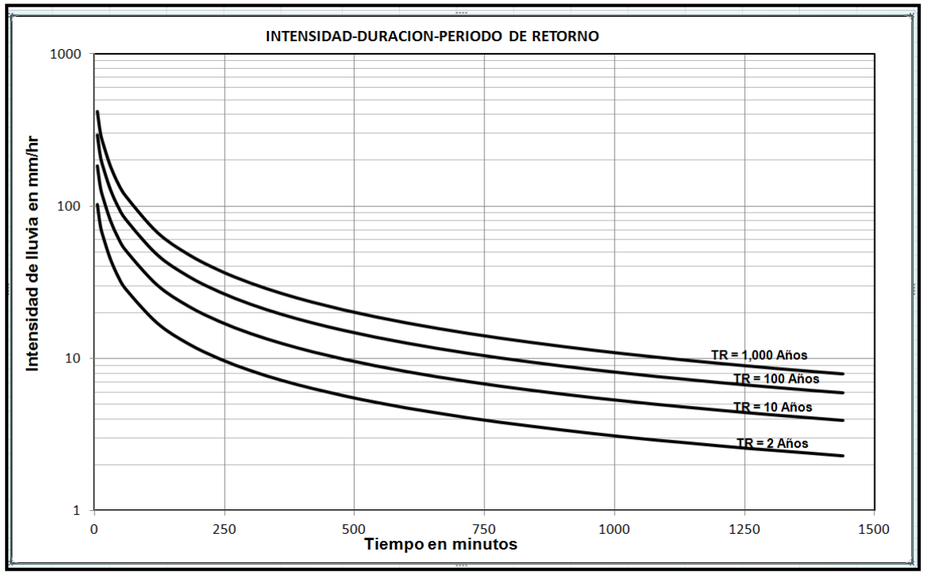


II.6.- Intensidad - Duración - Periodo de Retorno

La tabla de datos de precipitación – duración – periodo de retorno resultante, nos permite obtener para cada uno de los tiempos, la intensidad de la lluvia, para lo cual simplemente se divide el valor de la precipitación entre el tiempo que la representa y entre los 60 min de 1 hora obteniendo de esta manera el dato de intensidad en mm/hr.

Intensidad = Precipitación / (t * 60)

Los resultados son obtenidos para todos los periodos de retorno. Se muestra a continuación la gráfica típica para este tipo de datos:



II.6.- Análisis de precipitación por estación climatológica

Aplicando la metodología antes descrita, se presenta a continuación los datos y resultados obtenidos, llegando finalmente a la precipitación máxima para 24 horas y para 1hora.

Las curvas de Precipitación – Duración – Periodo de Retorno y la de Intensidad – Duración – Periodo de Retorno se obtendrán solo para las estaciones que serán utilizadas en el cálculo de los gastos máximos, dependiendo de la ubicación de las cuencas respecto a las áreas de influencia de cada estación de acuerdo a los polígonos de Thiesen que se describen más adelante.

Se presentan tablas con la información histórica de precipitación máxima en 24 horas y número de días con lluvia, y a partir de estos datos, aplicando las distribuciones estadísticas, factores de ajuste y métodos empíricos, se obtienen las precipitaciones máximas en 24 horas y en 1 hora.

II.7.1.- Estación 8040 Observatorio, Mpio de Chihuahua

TABLA 103. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

AÑO	PPN MAX 24H (mm)	No. DE DIAS CON LLUVIA
1951	18.0	
1952	34.7	
1953		
1954	70.0	
1955	48.0	
1956	30.6	
1957	23.6	
1958	31.5	
1959	24.6	
1960	25.6	
1961	20.0	
1962	23.0	
1963	62.0	
1964	19.0	
1965	42.5	
1966	70.0	
1967	43.0	
1968	60.3	
1969	49.0	
1970	30.5	
1971	26.2	
1972	34.9	
1973	64.5	

1974	51.0	
1975	38.0	
1976	80.6	
1977	31.8	
1978	67.2	
1979	71.5	
1980	64.0	
1981	35.0	
1982	43.0	27.0
1983	34.0	49.0
1984	23.0	54.0
1985	55.3	45.0
1986	57.6	67.0
1987	48.0	57.0
1988	36.0	39.0
1989	56.0	31.0
1990	70.5	57.0
1991	42.2	55.0
1992	46.0	58.0
1993	28.2	39.0
1994	46.7	34.0
1995		32.0
1996	57.7	41.0
1997	33.0	57.0
1998	27.1	50.0
1999	54.0	40.0
2000	72.6	41.0
2001	63.2	38.0
2002	43.6	43.0
2003	62.5	42.0
2004	91.5	61.0
2005	62.1	40.0
2006	27.0	45.0
2007	29.6	47.0
2008	47.5	45.0
2009	26.7	50.0
2010	60.0	45.0
2011	38.8	28.0
2012	64.7	39.0
2013	92.0	46.0
2014	50.5	42.0
PROMEDIO	46.47	45.0
No. DATOS	62	

Toda la información es utilizada para el análisis estadístico el cual se presenta en los siguientes cuadros:

TABLA 104. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
18.0	1	63.00	92.0	63.00	1.59%
34.7	2	31.50	91.5	31.50	3.17%
70.0	3	21.00	80.6	21.00	4.76%
48.0	4	15.75	72.6	15.75	6.35%
30.6	5	12.60	71.5	12.60	7.94%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
23.6	6	10.50	70.5	10.50	9.52%
31.5	7	9.00	70.0	9.00	11.11%
24.6	8	7.88	70.0	7.88	12.70%
25.6	9	7.00	67.2	7.00	14.29%
20.0	10	6.30	64.7	6.30	15.87%
23.0	11	5.73	64.5	5.73	17.46%
62.0	12	5.25	64.0	5.25	19.05%
19.0	13	4.85	63.2	4.85	20.63%
42.5	14	4.50	62.5	4.50	22.22%
70.0	15	4.20	62.1	4.20	23.81%
43.0	16	3.94	62.0	3.94	25.40%
60.3	17	3.71	60.3	3.71	26.98%
49.0	18	3.50	60.0	3.50	28.57%
30.5	19	3.32	57.7	3.32	30.16%
26.2	20	3.15	57.6	3.15	31.75%
34.9	21	3.00	56.0	3.00	33.33%
64.5	22	2.86	55.3	2.86	34.92%
51.0	23	2.74	54.0	2.74	36.51%
38.0	24	2.63	51.0	2.63	38.10%
80.6	25	2.52	50.5	2.52	39.68%
31.8	26	2.42	49.0	2.42	41.27%
67.2	27	2.33	48.0	2.33	42.86%
71.5	28	2.25	48.0	2.25	44.44%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
64.0	29	2.17	47.5	2.17	46.03%
35.0	30	2.10	46.7	2.10	47.62%
43.0	31	2.03	46.0	2.03	49.21%
34.0	32	1.97	43.6	1.97	50.79%
23.0	33	1.91	43.0	1.91	52.38%
55.3	34	1.85	43.0	1.85	53.97%
57.6	35	1.80	42.5	1.80	55.56%
48.0	36	1.75	42.2	1.75	57.14%
36.0	37	1.70	38.8	1.70	58.73%
56.0	38	1.66	38.0	1.66	60.32%
70.5	39	1.62	36.0	1.62	61.90%
42.2	40	1.58	35.0	1.58	63.49%
46.0	41	1.54	34.9	1.54	65.08%
28.2	42	1.50	34.7	1.50	66.67%
46.7	43	1.47	34.0	1.47	68.25%
57.7	44	1.43	33.0	1.43	69.84%
33.0	45	1.40	31.8	1.40	71.43%
27.1	46	1.37	31.5	1.37	73.02%
54.0	47	1.34	30.6	1.34	74.60%
72.6	48	1.31	30.5	1.31	76.19%
63.2	49	1.29	29.6	1.29	77.78%
43.6	50	1.26	28.2	1.26	79.37%
62.5	51	1.24	27.1	1.24	80.95%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
91.5	52	1.21	27.0	1.21	82.54%
62.1	53	1.19	26.7	1.19	84.13%
27.0	54	1.17	26.2	1.17	85.71%
29.6	55	1.15	25.6	1.15	87.30%
47.5	56	1.13	24.6	1.13	88.89%
26.7	57	1.11	23.6	1.11	90.48%
60.0	58	1.09	23.0	1.09	92.06%
38.8	59	1.07	23.0	1.07	93.65%
64.7	60	1.05	20.0	1.05	95.24%
92.0	61	1.03	19.0	1.03	96.83%
50.5	62	1.02	18.0	1.02	98.41%

Los parámetros estadísticos de la muestra son los siguientes:

TABLA 105. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Promedio	46.47
Desviación estándar	18.35
Varianza	336.85
Máxima	92.00
No. Datos	62

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 106. RESULTADOS DE ECUACIONES PARA DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-tico	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-tico	DISTR. EXP	Error Cuadra-tico	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-Tico	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-tico
85.887	37.373	104.191	148.624	104.158	147.823	90.846	1.332	97.386	29.004
80.530	120.342	92.345	0.713	91.437	0.004	83.247	68.114	87.351	17.217
77.092	12.309	85.460	23.623	83.995	11.526	78.589	4.044	81.431	0.690
74.480	3.535	80.577	63.628	78.715	37.393	75.165	6.579	77.195	21.115
72.337	0.701	76.779	27.865	74.620	9.732	72.428	0.861	73.881	5.669
70.499	0.000	73.663	10.003	71.273	0.598	70.131	0.136	71.149	0.422
68.874	1.268	71.015	1.029	68.444	2.421	68.141	3.457	68.819	1.394
67.408	6.719	68.707	1.672	65.993	16.053	66.376	13.130	66.782	10.354
66.065	1.289	66.659	0.293	63.832	11.346	64.786	5.826	64.969	4.979
64.819	0.014	64.813	0.013	61.898	7.852	63.334	1.867	63.331	1.875
63.652	0.719	63.132	1.872	60.149	18.934	61.993	6.286	61.835	7.104
62.551	2.099	61.585	5.832	58.552	29.684	60.744	10.599	60.455	12.565
61.505	2.872	60.151	9.299	57.083	37.422	59.574	13.150	59.173	16.214
60.506	3.976	58.811	13.606	55.723	45.934	58.469	16.248	57.974	20.483
59.547	6.519	57.554	20.668	54.456	58.427	57.421	21.889	56.846	27.607
58.622	11.411	56.367	31.732	53.272	76.182	56.423	31.101	55.779	38.705
57.727	6.620	55.242	25.588	52.159	66.275	55.468	23.349	54.765	30.636
56.858	9.872	54.171	33.983	51.110	79.032	54.551	29.694	53.798	38.461
56.012	2.850	53.147	20.726	50.118	57.491	53.667	16.264	52.873	23.299
55.185	5.830	52.167	29.519	49.176	70.959	52.813	22.912	51.985	31.531
54.376	2.636	51.224	22.806	48.281	59.585	51.986	16.110	51.129	23.725

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
53.582	2.951	50.316	24.840	47.427	61.984	51.183	16.951	50.303	24.970
52.801	1.437	49.438	20.808	46.611	54.594	50.401	12.954	49.503	20.221
52.032	1.064	48.588	5.816	45.830	26.728	49.638	1.855	48.727	5.166
51.272	0.596	47.764	7.488	45.081	29.367	48.892	2.586	47.972	6.389
50.520	2.310	46.961	4.157	44.361	21.520	48.162	0.703	47.237	3.110
49.775	3.150	46.179	3.315	43.668	18.763	47.445	0.308	46.518	2.196
49.035	1.071	45.416	6.677	43.001	24.991	46.740	1.587	45.815	4.772
48.300	0.639	44.670	8.012	42.357	26.452	46.047	2.112	45.127	5.633
47.567	0.752	43.938	7.628	41.735	24.655	45.363	1.788	44.450	5.062
46.836	0.699	43.221	7.725	41.133	23.689	44.687	1.723	43.785	4.907
46.106	6.279	42.515	1.177	40.550	9.302	44.019	0.176	43.129	0.221
45.375	5.640	41.821	1.391	39.985	9.088	43.357	0.127	42.483	0.268
44.642	2.697	41.136	3.474	39.437	12.692	42.700	0.090	41.843	1.338
43.907	1.979	40.460	4.162	38.905	12.921	42.047	0.205	41.210	1.664
43.167	0.935	39.791	5.803	38.388	14.528	41.398	0.644	40.582	2.617
42.422	13.119	39.129	0.108	37.886	0.836	40.750	3.804	39.959	1.343
41.670	13.470	38.471	0.222	37.396	0.365	40.104	4.426	39.338	1.791
40.910	24.110	37.818	3.306	36.919	0.845	39.458	11.955	38.720	7.397
40.141	26.426	37.168	4.700	36.455	2.116	38.810	14.518	38.102	9.624
39.360	19.889	36.520	2.623	36.001	1.213	38.161	10.633	37.484	6.680
38.566	14.943	35.872	1.374	35.559	0.738	37.508	7.885	36.865	4.689
37.757	14.112	35.224	1.498	35.127	1.271	36.851	8.127	36.244	5.033
36.930	15.446	34.574	2.478	34.705	2.908	36.188	10.160	35.618	6.852
36.084	18.352	33.921	4.499	34.293	6.215	35.517	13.815	34.986	10.153
35.215	13.801	33.263	3.110	33.890	5.710	34.837	11.136	34.348	8.111
34.320	13.838	32.599	3.998	33.495	8.380	34.146	12.576	33.701	9.613
33.395	8.382	31.927	2.037	33.108	6.804	33.442	8.658	33.042	6.462
32.436	8.043	31.244	2.704	32.730	9.797	32.723	9.752	32.370	7.673
31.437	10.476	30.549	5.517	32.359	17.299	31.985	14.324	31.682	12.123
30.391	10.829	29.837	7.493	31.996	23.969	31.224	17.011	30.974	15.007
29.290	5.243	29.106	4.436	31.639	21.524	30.438	11.818	30.242	10.511
28.123	2.026	28.351	2.726	31.290	21.066	29.619	8.521	29.481	7.734
26.877	0.459	27.566	1.867	30.947	22.532	28.762	6.564	28.685	6.173
25.534	0.004	26.744	1.310	30.610	25.100	27.857	5.095	27.844	5.034
24.068	0.283	25.875	1.627	30.279	32.254	26.893	5.256	26.946	5.505
22.443	1.338	24.945	1.809	29.954	40.379	25.851	5.067	25.976	5.646
20.604	5.739	23.933	0.870	29.635	44.026	24.707	2.913	24.907	3.638
18.462	20.596	22.805	0.038	29.321	39.961	23.419	0.175	23.700	0.489
15.850	17.220	21.502	2.255	29.013	81.234	21.914	3.663	22.279	5.194
12.412	43.402	19.899	0.807	28.710	94.277	20.039	1.080	20.490	2.220
7.055	119.787	17.636	0.132	28.411	108.393	17.351	0.421	17.870	0.017
Error Cuadr	26.692	Error Cuadr	25.867	Error Cuadr	42.839	Error Cuadr	23.793	Error Cuadr	24.825

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla 107:

TABLA 107. PERIODOS DE RETORNO, PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
2	0.5000	46.47	42.87	40.84	44.35	43.46
5	0.2000	61.92	60.71	57.66	60.03	59.68
10	0.1000	69.99	72.83	70.38	69.51	70.41
25	0.0400	76.66	84.63	83.10	78.02	80.71
50	0.0200	84.16	100.22	99.92	88.36	94.05
100	0.0100	89.17	112.19	112.64	95.71	104.04
200	0.0050	93.75	124.38	125.36	102.76	113.99
500	0.0020	99.30	140.94	142.18	111.74	127.13
1000	0.0010	103.19	153.86	154.90	118.31	137.05

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Gamma, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 108. DATOS AJUSTADOS POR APLICACIÓN DE FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN POR MAGNITUD DE LA CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	44.35	48.85
5	60.03	67.09
10	69.51	79.16
50	88.36	105.73
100	95.71	116.96
200	102.76	128.15
500	111.74	142.92
1000	118.31	154.08

Precipitación máxima en 1 hora

TABLA 109. RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US- WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS SON LOS SIGUIENTES:

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	48.85	mm
Promedio anual con días de lluvia	44.97	días
Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	29.3	mm
RELACION 1HR/24 HR	0.600	

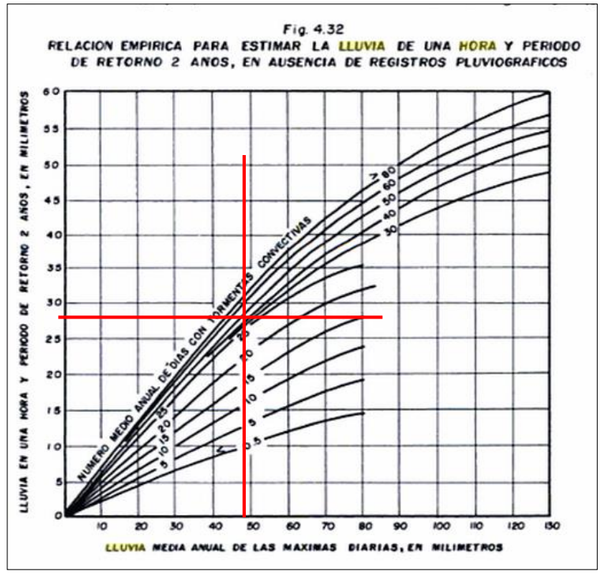


Tabla 110. Retorno de precipitacion en 1 y 24 horas

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	48.85	29.31
5	67.09	40.25
10	79.16	47.50
25	105.73	63.44
50	116.96	70.18
100	128.15	76.89
500	142.92	85.75
1000	154.08	92.45
10000	191.13	114.68

Tabla 111. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO, EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	8.79	12.08	14.25	19.03	21.05	25.73	27.73
10	13.19	18.11	21.38	28.55	31.58	38.59	41.60
15	16.71	22.94	27.08	36.16	40.00	48.88	52.69
30	23.15	31.80	37.53	50.12	55.44	67.74	73.03
45	26.67	36.63	43.23	57.73	63.86	78.03	84.12
60	29.31	40.25	47.50	63.44	70.18	85.75	92.44
120	34.19	46.95	55.40	74.00	81.86	100.02	107.82
180	36.76	50.48	59.58	79.57	88.02	107.55	115.94
240	38.50	52.87	62.40	83.34	92.19	112.65	121.44
300	39.82	54.68	64.53	86.19	95.35	116.50	125.59
360	40.88	56.14	66.25	88.48	97.88	119.60	128.93
420	41.77	57.36	67.69	90.41	100.01	122.20	131.73
480	42.54	58.41	68.93	92.07	101.85	124.44	134.15
540	43.21	59.34	70.03	93.53	103.46	126.42	136.28
600	43.81	60.17	71.00	94.83	104.91	128.18	138.18
660	44.36	60.92	71.89	96.01	106.21	129.78	139.90
720	44.86	61.60	72.70	97.09	107.41	131.24	141.48
780	45.32	62.23	73.44	98.09	108.51	132.58	142.92
840	45.74	62.82	74.13	99.01	109.53	133.83	144.27
900	46.14	63.36	74.78	99.87	110.48	134.99	145.52
960	46.51	63.88	75.38	100.68	111.37	136.08	146.70
1020	46.87	64.36	75.95	101.44	112.21	137.11	147.81
1080	47.20	64.81	76.49	102.16	113.01	138.08	148.85
1140	47.51	65.25	77.00	102.84	113.76	139.00	149.85
1200	47.81	65.66	77.48	103.49	114.48	139.88	150.79
1260	48.10	66.05	77.95	104.10	115.17	140.72	151.69
1320	48.37	66.43	78.39	104.70	115.82	141.51	152.55
1380	48.63	66.78	78.81	105.26	116.45	142.28	153.38
1440	48.88	67.13	79.22	105.81	117.05	143.01	154.17

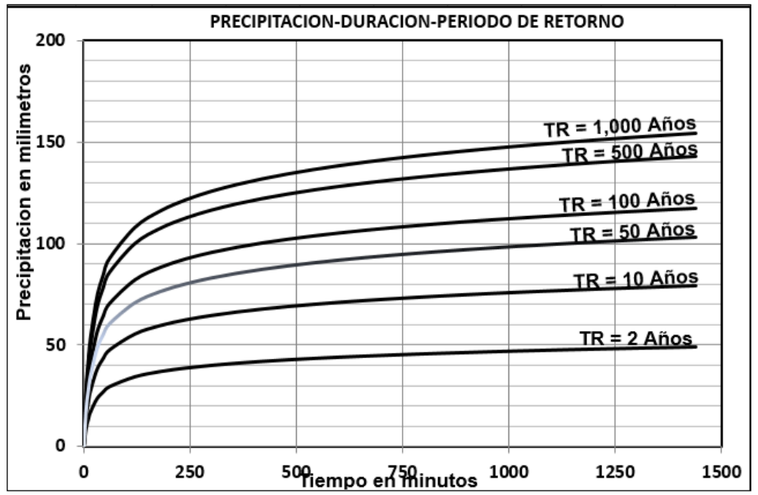
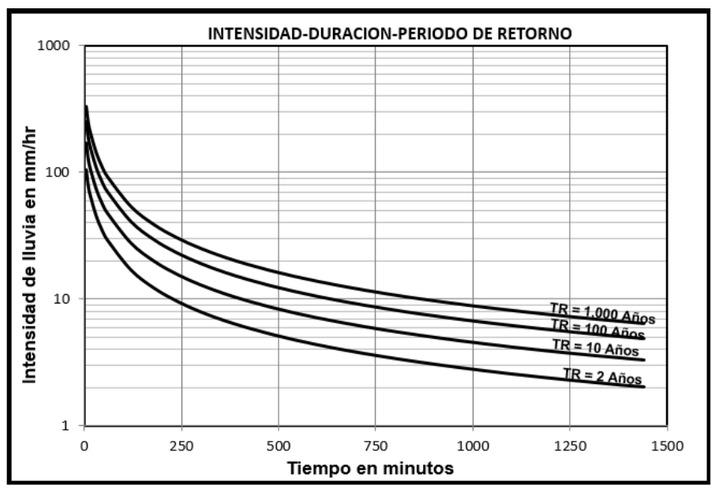


Tabla 112. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
(Minutos)	2	5	10	50	100	500	1000
5	105.52	144.9	171	228.38	252.65	308.7	332.78
10	79.14	108.68	128.25	171.29	189.49	231.53	249.59
15	66.83	91.77	108.3	144.64	160.01	195.51	210.76
30	46.31	63.6	75.05	100.24	110.88	135.49	146.06
45	35.56	48.84	57.63	76.97	85.15	104.04	112.16
60	29.31	40.25	47.5	63.44	70.18	85.75	92.44
120	17.09	23.47	27.7	37	40.93	50.01	53.91
180	12.25	16.83	19.86	26.52	29.34	35.85	38.65
240	9.63	13.22	15.6	20.83	23.05	28.16	30.36
300	7.96	10.94	12.91	17.24	19.07	23.3	25.12
360	6.81	9.36	11.04	14.75	16.31	19.93	21.49
420	5.97	8.19	9.67	12.92	14.29	17.46	18.82
480	5.32	7.3	8.62	11.51	12.73	15.56	16.77
540	4.8	6.59	7.78	10.39	11.5	14.05	15.14
600	4.38	6.02	7.1	9.48	10.49	12.82	13.82
660	4.03	5.54	6.54	8.73	9.66	11.8	12.72
720	3.74	5.13	6.06	8.09	8.95	10.94	11.79
780	3.49	4.79	5.65	7.55	8.35	10.2	10.99
840	3.27	4.49	5.3	7.07	7.82	9.56	10.3
900	3.08	4.22	4.99	6.66	7.37	9	9.7
960	2.91	3.99	4.71	6.29	6.96	8.51	9.17
1020	2.76	3.79	4.47	5.97	6.6	8.07	8.69
1080	2.62	3.6	4.25	5.68	6.28	7.67	8.27
1140	2.5	3.43	4.05	5.41	5.99	7.32	7.89
1200	2.39	3.28	3.87	5.17	5.72	6.99	7.54
1260	2.29	3.15	3.71	4.96	5.48	6.7	7.22
1320	2.2	3.02	3.56	4.76	5.26	6.43	6.93
1380	2.11	2.9	3.43	4.58	5.06	6.19	6.67
1440	2.04	2.8	3.3	4.41	4.88	5.96	6.42



II.7.2.- Estación 8270 La Mesa, Mpio de Aldama

TABLA 113. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

AÑO	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA	DATOS ADOPTADOS (mm)
1975	80	10	80
1976	58	38	58
1977	33	27	33
1978	70	31	70
1979	40	33	40
1980	66	31	66
1981	36	61	36
1982	25	54	25
1983	35	55	35
1984	47	68	47
1985	80	51	80
1986	48	69	48
1987	68	21	68
1988	54	43	54
1989	45	30	45
1990	35	69	35
1991	26	34	26
1992	32	17	32
1993	7	3	
1994	13	18	
1995	68	30	68
1996	20	37	20
1997	31	29	31
1998	23	39	23
1999	27	36	27
2000	31	38	31
2001	22.5	35	22.5
2002	25.5	35	25.5
2003	60	50	60
2004	37	37	37
2005	29	27	29
2006	42	31	42
2007	36	35	36
2008	28	34	28
2009	33	29	33
2010	34	33	34
2011	36	21	36
2012	63	33	63
2013	63	39	63
2014	42	34	42
PROMEDIO	41.225	36.13	42.868

Toda la información es utilizada para el análisis estadístico el cual se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 114. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
80	1	40.000	80	40.000	2.50%
58	2	20.000	80	20.000	5.00%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
33	3	13.333	70	13.333	7.50%
70	4	10.000	68	10.000	10.00%
40	5	8.000	68	8.000	12.50%
66	6	6.667	66	6.667	15.00%
36	7	5.714	63	5.714	17.50%
25	8	5.000	63	5.000	20.00%
35	9	4.444	60	4.444	22.50%
47	10	4.000	58	4.000	25.00%
80	11	3.636	54	3.636	27.50%
48	12	3.333	48	3.333	30.00%
68	13	3.077	47	3.077	32.50%
54	14	2.857	45	2.857	35.00%
45	15	2.667	42	2.667	37.50%
35	16	2.500	42	2.500	40.00%
26	17	2.353	40	2.353	42.50%
32	18	2.222	37	2.222	45.00%
13	19	2.105	36	2.105	47.50%
68	20	2.000	36	2.000	50.00%
20	21	1.905	36	1.905	52.50%
31	22	1.818	35	1.818	55.00%
23	23	1.739	35	1.739	57.50%
27	24	1.667	34	1.667	60.00%
31	25	1.600	33	1.600	62.50%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
22.5	26	1.538	33	1.538	65.00%
25.5	27	1.481	32	1.481	67.50%
60	28	1.429	31	1.429	70.00%
37	29	1.379	31	1.379	72.50%
29	30	1.333	29	1.333	75.00%
42	31	1.290	28	1.290	77.50%
36	32	1.250	27	1.250	80.00%
28	33	1.212	26	1.212	82.50%
33	34	1.176	25.5	1.176	85.00%
34	35	1.143	25	1.143	87.50%
36	36	1.111	23	1.111	90.00%
63	37	1.081	22.5	1.081	92.50%
63	38	1.053	20	1.053	95.00%
42	39	1.026	13	1.026	97.50%

Los parámetros estadísticos de la muestra son los siguientes:

TABLA 115. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA MUESTRA.

Promedio	42.103
Desviación estándar	17.436
Varianza	304.002
Máxima	80.00
No. Datos	39

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 116. RESULTADOS CON LA APLICACIÓN DE LAS ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-tico	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-tico	DISTR. EXP	Error Cuadra-tico	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-tico	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-tico
76.276	13.869	87.992	63.867	88.985	80.730	77.915	4.348	84.233	17.915
70.782	84.977	77.116	8.317	76.899	9.613	70.742	85.705	74.634	28.792
67.202	7.830	70.764	0.584	69.830	0.029	66.304	13.661	68.943	1.118
64.447	12.622	66.235	3.116	64.814	10.151	63.014	24.865	64.848	9.932
62.160	34.109	62.695	28.147	60.923	50.079	60.362	58.334	61.627	40.612
60.173	33.948	59.775	38.755	57.744	68.154	58.120	62.096	58.957	49.610
58.398	21.181	57.279	32.725	55.057	63.096	56.161	46.765	56.664	40.145
56.777	38.728	55.093	62.524	52.729	105.503	54.412	73.759	54.647	69.776
55.274	22.338	53.140	47.062	50.675	86.958	52.821	51.533	52.838	51.289
53.863	17.117	51.370	43.963	48.838	83.945	51.356	44.138	51.193	46.332
52.525	2.176	49.745	18.101	47.176	46.566	49.992	16.063	49.679	18.673
51.246	10.535	48.241	0.058	45.659	5.480	48.710	0.505	48.271	0.073
50.014	9.085	46.835	0.027	44.263	7.489	47.497	0.247	46.951	0.002
48.821	14.599	45.512	0.262	42.971	4.116	46.340	1.796	45.704	0.496
47.658	32.016	44.259	5.103	41.768	0.054	45.231	10.441	44.520	6.350
46.520	20.429	43.066	1.135	40.643	1.841	44.163	4.678	43.388	1.925
45.400	29.160	41.923	3.697	39.586	0.171	43.128	9.785	42.300	5.289
44.294	53.196	40.824	14.621	38.589	2.526	42.122	26.233	41.249	18.057
43.196	51.781	39.762	14.151	37.647	2.712	41.139	26.411	40.231	17.898
42.103	37.241	38.731	7.461	36.752	0.566	40.176	17.436	39.238	10.487
41.009	25.092	37.728	2.985	35.902	0.010	39.227	10.416	38.268	5.143
39.912	24.124	36.746	3.050	35.091	0.008	38.291	10.828	37.315	5.358
38.805	14.479	35.783	0.613	34.316	0.468	37.362	5.578	36.375	1.890
37.685	13.581	34.834	0.695	33.573	0.182	36.437	5.939	35.444	2.086
36.547	12.580	33.894	0.800	32.862	0.019	35.513	6.316	34.519	2.307
35.384	5.685	32.961	0.002	32.178	0.676	34.586	2.515	33.595	0.354
34.191	4.800	32.030	0.001	31.520	0.231	33.652	2.728	32.668	0.446
32.959	3.839	31.097	0.009	30.886	0.013	32.705	2.908	31.732	0.536
31.680	0.463	30.156	0.712	30.274	0.527	31.742	0.551	30.784	0.047
30.342	1.802	29.203	0.041	29.683	0.466	30.755	3.081	29.815	0.665
28.931	0.868	28.230	0.053	29.111	1.235	29.738	3.020	28.820	0.672
27.428	0.183	27.229	0.052	28.558	2.426	28.679	2.820	27.786	0.618
25.807	0.037	26.190	0.036	28.021	4.085	27.567	2.457	26.703	0.494
24.032	2.156	25.096	0.163	27.501	4.002	26.384	0.781	25.551	0.003
22.045	8.729	23.927	1.150	26.995	3.980	25.102	0.010	24.303	0.485
19.758	10.511	22.649	0.123	26.504	12.278	23.681	0.463	22.918	0.007
17.003	30.213	21.199	1.693	26.026	12.434	22.045	0.207	21.317	1.399
13.423	43.251	19.453	0.299	25.561	30.927	20.040	0.002	19.340	0.436
7.929	25.712	17.048	16.390	25.108	146.612	17.220	17.811	16.511	12.324
Error Cuadr	27.840	Error Cuadr	20.556	Error Cuadr	29.161	Error Cuadr	25.636	Error Cuadr	21.680

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 117. PERIODOS DE RETORNO

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
2	0.5000	42.10	38.73	36.75	40.18	39.24
5	0.2000	56.78	55.09	52.73	54.41	54.65
10	0.1000	64.45	66.23	64.81	63.01	64.85
25	0.0400	72.63	80.61	80.79	73.10	77.74
50	0.0200	77.91	91.52	92.88	80.14	87.30
100	0.0100	82.66	102.58	104.96	86.81	96.79
200	0.0050	87.01	113.87	117.05	93.22	106.25
500	0.0020	92.29	129.24	133.02	101.37	118.73
1000	0.0010	95.98	141.24	145.11	107.35	128.16

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Log-Normal, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 118. RESULTADOS DE APLIACIÓN POR FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN POR MAGNITUD DE LA CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS(Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	38.73	43.54
5	55.09	61.94
10	66.23	74.46
25	80.61	90.62
50	91.52	102.88
100	102.58	115.32
200	113.87	128.02
500	129.24	145.29
1000	141.24	158.78

Precipitación máxima en 1 hora

Relación de precipitación 1hr/24hr según método US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich

Los datos y resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 119. RESULTADOS DE LA RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US-WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	43.54	mm
Promedio anual con días de lluvia	39.00	días
Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	25.5	mm
RELACION 1HR/24 HR	0.5857	

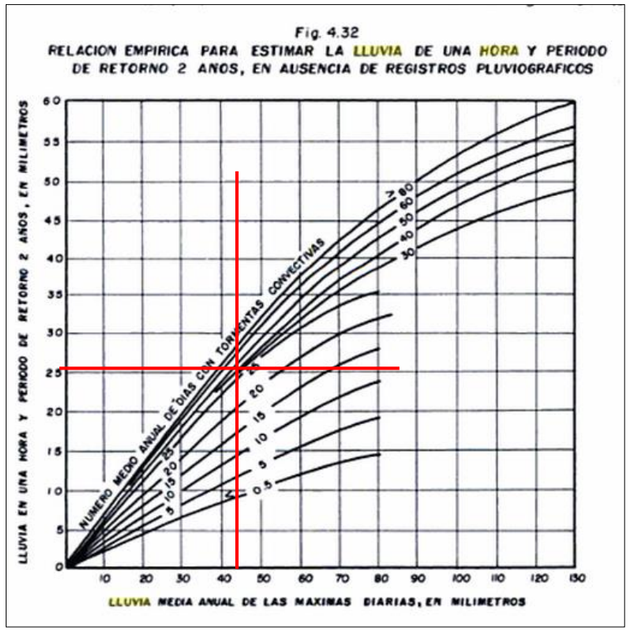


TABLA 120. RESUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA 24 HORAS Y PARA 1 HR.

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	43.54	25.50
5	61.94	36.28
10	74.46	43.61
50	102.88	60.25
100	115.32	67.54
200	128.02	74.98
500	145.29	85.09
1000	158.78	92.99

Tabla 121. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS 2	5	10	25	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	7.65	10.88	13.08	16.32	18.08	20.26	25.53	27.90
10	11.48	16.33	19.62	24.48	27.11	30.39	38.29	41.85
15	14.54	20.68	24.86	31.00	34.34	38.50	48.50	53.00
30	20.15	28.66	34.45	42.97	47.60	53.36	67.22	73.46
45	23.21	33.01	39.69	49.49	54.83	61.46	77.43	84.62
60	25.50	36.28	43.61	54.39	60.25	67.54	85.09	92.99
120	29.88	42.52	51.11	63.74	70.61	79.15	99.72	108.98
180	32.23	45.86	55.12	68.74	76.15	85.37	107.55	117.53
240	33.83	48.13	57.85	72.15	79.93	89.60	112.88	123.36
300	35.04	49.86	59.93	74.75	82.80	92.82	116.94	127.79
360	36.03	51.26	61.61	76.84	85.12	95.42	120.22	131.38
420	36.85	52.43	63.03	78.61	87.08	97.61	122.97	134.39
480	37.57	53.45	64.25	80.13	88.76	99.50	125.36	137.00
540	38.20	54.35	65.33	81.47	90.25	101.17	127.46	139.30
600	38.76	55.15	66.29	82.68	91.59	102.67	129.34	141.35
660	39.27	55.88	67.17	83.77	92.79	104.02	131.05	143.22
720	39.74	56.54	67.97	84.77	93.90	105.26	132.61	144.93
780	40.17	57.16	68.71	85.69	94.92	106.41	134.05	146.50
840	40.58	57.73	69.39	86.54	95.87	107.47	135.39	147.96
900	40.95	58.26	70.03	87.34	96.75	108.46	136.64	149.33
960	41.30	58.76	70.63	88.09	97.58	109.39	137.82	150.61
1020	41.63	59.23	71.20	88.80	98.37	110.27	138.92	151.82

1080	41.95	59.68	71.74	89.47	99.11	111.10	139.97	152.96
1140	42.24	60.10	72.24	90.10	99.81	111.89	140.96	154.05
1200	42.53	60.50	72.73	90.71	100.48	112.64	141.91	155.08
1260	42.80	60.89	73.19	91.28	101.12	113.35	142.81	156.07
1320	43.06	61.26	73.63	91.83	101.73	114.04	143.67	157.01
1380	43.30	61.61	74.06	92.36	102.31	114.69	144.50	157.91
1440	43.54	61.95	74.46	92.87	102.88	115.32	145.29	158.78

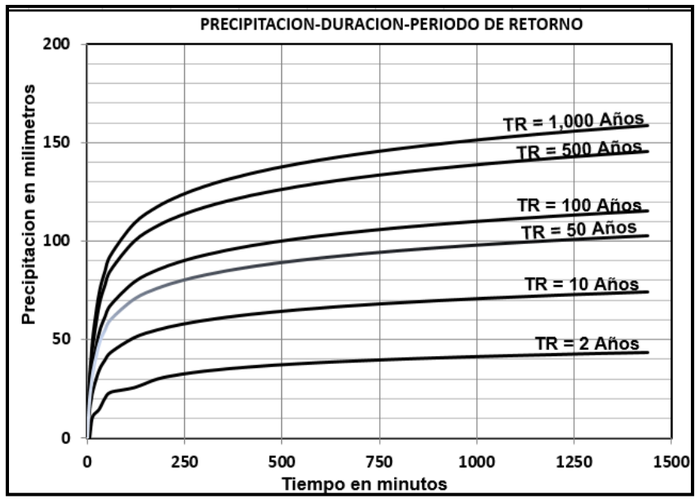
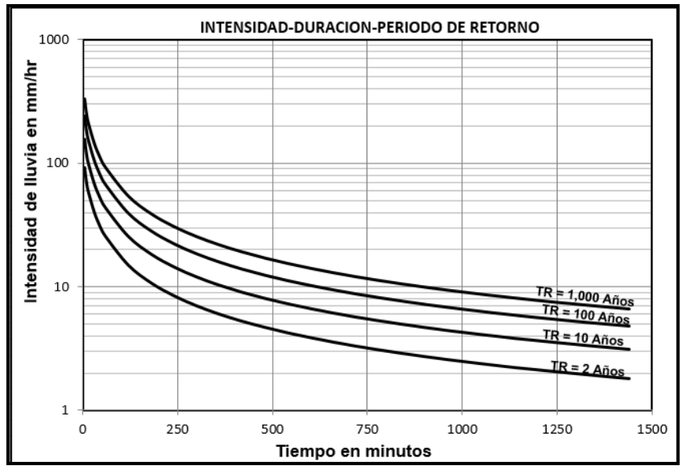


Tabla 122. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
5	91.8	130.61	157	195.8	216.9	243.14	306.32
10	68.85	97.96	117.75	146.85	162.68	182.36	229.74
15	58.14	82.72	99.43	124.01	137.37	153.99	194.01
30	40.29	57.32	68.9	85.94	95.2	106.71	134.44
45	30.94	44.02	52.91	65.99	73.1	81.95	103.24
60	25.5	36.28	43.61	54.39	60.25	67.54	85.09
120	14.94	21.26	25.55	31.87	35.3	39.58	49.86
180	10.74	15.29	18.37	22.91	25.38	28.46	35.85
240	8.46	12.03	14.46	18.04	19.98	22.4	28.22
300	7.01	9.97	11.99	14.95	16.56	18.56	23.39
360	6	8.54	10.27	12.81	14.19	15.9	20.04
420	5.26	7.49	9	11.23	12.44	13.94	17.57
480	4.7	6.68	8.03	10.02	11.1	12.44	15.67
540	4.24	6.04	7.26	9.05	10.03	11.24	14.16
600	3.88	5.51	6.63	8.27	9.16	10.27	12.93
660	3.57	5.08	6.11	7.62	8.44	9.46	11.91
720	3.31	4.71	5.66	7.06	7.83	8.77	11.05
780	3.09	4.4	5.29	6.59	7.3	8.19	10.31
840	2.9	4.12	4.96	6.18	6.85	7.68	9.67
900	2.73	3.88	4.67	5.82	6.45	7.23	9.11
960	2.58	3.67	4.41	5.51	6.1	6.84	8.61
1020	2.45	3.48	4.19	5.22	5.79	6.49	8.17
1080	2.33	3.32	3.99	4.97	5.51	6.17	7.78
1140	2.22	3.16	3.8	4.74	5.25	5.89	7.42
1200	2.13	3.03	3.64	4.54	5.02	5.63	7.1
1260	2.04	2.9	3.49	4.35	4.82	5.4	6.8
1320	1.96	2.78	3.35	4.17	4.62	5.18	6.53
1380	1.88	2.68	3.22	4.02	4.45	4.99	6.28
1440	1.81	2.58	3.1	3.87	4.29	4.81	6.05



II.7.3.- Estación 8157 Aldama, Mpio de Aldama

TABLA 123. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

	DATOS REGISTRO	
AÑO	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA
AÑO	PPN MAX 24H	DIAS
1960	27.0	23.0
1961	45.0	46.0
1962	62.0	43.0
1963	34.0	45.0
1964	32.0	37.0
1965	56.0	36.0
1966	65.5	41.0
1967	37.0	41.0
1968	41.0	58.0
1969	49.0	28.0
1970	40.0	34.0
1971	41.0	35.0
1972	55.0	50.0
1973	34.0	29.0
1974	59.5	41.0
1975	23.0	31.0
1976	73.5	41.0
1977	26.5	36.0
1978	95.0	43.0
1979	45.0	26.0
1980	44.0	33.0
1981	73.0	46.0
1982	40.5	30.0
1983	27.0	31.0
1984	47.0	28.0
1985	28.0	33.0
1986	50.0	40.0
1987	59.0	43.0
1988	18.0	34.0
1989	43.5	27.0
1990		
1991	32.0	42.0
1992	63.5	43.0
1993	34.0	6.0
PROM	47.3	36.8
AÑO	PPN MAX 24H	DIAS

Toda la información es utilizada para el análisis estadístico el cual se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 124. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
27.0	1	34.000	95.0	34.000	2.94%
45.0	2	17.000	73.5	17.000	5.88%
62.0	3	11.333	73.0	11.333	8.82%
34.0	4	8.500	65.5	8.500	11.76%
32.0	5	6.800	63.5	6.800	14.71%
56.0	6	5.667	62.0	5.667	17.65%
65.5	7	4.857	59.5	4.857	20.59%
37.0	8	4.250	59.0	4.250	23.53%
41.0	9	3.778	56.0	3.778	26.47%
49.0	10	3.400	55.0	3.400	29.41%
40.0	11	3.091	50.0	3.091	32.35%
41.0	12	2.833	49.0	2.833	35.29%
55.0	13	2.615	47.0	2.615	38.24%
34.0	14	2.429	45.0	2.429	41.18%
59.5	15	2.267	45.0	2.267	44.12%
23.0	16	2.125	44.0	2.125	47.06%
73.5	17	2.000	43.5	2.000	50.00%
26.5	18	1.889	41.0	1.889	52.94%
95.0	19	1.789	41.0	1.789	55.88%
45.0	20	1.700	40.5	1.700	58.82%
44.0	21	1.619	40.0	1.619	61.76%
73.0	22	1.545	37.0	1.545	64.71%
40.5	23	1.478	34.0	1.478	67.65%
27.0	24	1.417	34.0	1.417	70.59%
47.0	25	1.360	34.0	1.360	73.53%
28.0	26	1.308	32.0	1.308	76.47%
50.0	27	1.259	32.0	1.259	79.41%
59.0	28	1.214	28.0	1.214	82.35%
18.0	29	1.172	27.0	1.172	85.29%
43.5	30	1.133	27.0	1.133	88.24%
32.0	31	1.097	26.5	1.097	91.18%
63.5	32	1.063	23.0	1.063	94.12%
34.0	33	1.030	18.0	1.030	97.06%

Los parámetros estadísticos de la muestra son los siguientes:

TABLA 125. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA MUESTRA

Promedio	45.4697
Desviación estándar	16.9101
Varianza	285.952
Máxima	95.0
No. Datos	33

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 126. RESULTADOS DE LAS ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-tico	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-tico	DISTR. EXP	Error Cuadra-tico	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-tico	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-tico
77.422	309.002	85.926	82.333	88.191	46.366	85.348	93.156	84.157	117.562
71.929	2.467	76.155	7.047	76.470	8.818	76.737	10.479	74.817	1.735
68.327	21.836	70.357	6.985	69.613	11.471	71.403	2.552	69.264	13.954
65.539	0.002	66.175	0.455	64.748	0.565	67.442	3.770	65.259	0.058
63.211	0.084	62.873	0.393	60.975	6.376	64.244	0.554	62.099	1.963
61.177	0.677	60.125	3.515	57.892	16.877	61.534	0.217	59.471	6.398
59.349	0.023	57.757	3.038	55.285	17.765	59.162	0.114	57.207	5.259
57.671	1.767	55.665	11.125	53.027	35.675	57.037	3.853	55.208	14.381
56.105	0.011	53.781	4.925	51.035	24.647	55.100	0.810	53.409	6.715
54.625	0.141	52.060	8.646	49.254	33.019	53.310	2.856	51.765	10.465
53.212	10.317	50.468	0.219	47.642	5.560	51.637	2.680	50.245	0.060
51.851	8.131	48.981	0.000	46.171	8.005	50.059	1.122	48.825	0.031
50.531	12.468	47.580	0.336	44.817	4.765	48.558	2.429	47.486	0.236
49.241	17.984	46.249	1.561	43.564	2.062	47.121	4.500	46.215	1.475
47.972	8.834	44.977	0.001	42.397	6.774	45.736	0.542	44.998	0.000
46.718	7.385	43.754	0.061	41.306	7.258	44.393	0.154	43.827	0.030
45.470	3.880	42.570	0.865	40.281	10.363	43.084	0.173	42.692	0.653
44.222	10.380	41.418	0.175	39.314	2.842	41.800	0.641	41.586	0.344
42.967	3.870	40.292	0.502	38.400	6.760	40.536	0.215	40.503	0.247
41.699	1.437	39.184	1.733	37.533	8.806	39.285	1.477	39.436	1.132
40.408	0.167	38.088	3.656	36.708	10.840	38.039	3.847	38.378	2.630
39.088	4.360	36.998	0.000	35.921	1.165	36.792	0.043	37.324	0.105
37.727	13.893	35.908	3.641	35.169	1.367	35.536	2.359	36.266	5.135
36.315	5.358	34.810	0.657	34.449	0.202	34.263	0.069	35.197	1.433
34.835	0.697	33.696	0.092	33.759	0.058	32.964	1.074	34.108	0.012
33.269	1.610	32.556	0.309	33.096	1.201	31.626	0.140	32.989	0.977
31.590	0.168	31.377	0.389	32.458	0.210	30.234	3.119	31.825	0.031
29.762	3.104	30.141	4.583	31.843	14.767	28.767	0.588	30.598	6.747
27.729	0.531	28.823	3.325	31.249	18.057	27.194	0.038	29.280	5.198
25.400	2.559	27.385	0.148	30.676	13.514	25.467	2.350	27.828	0.686
22.612	15.115	25.757	0.552	30.122	13.116	23.502	8.986	26.165	0.112
19.010	15.920	23.796	0.634	29.585	43.359	21.125	3.514	24.129	1.274
13.518	20.090	21.090	9.550	29.064	122.421	17.838	0.026	21.243	10.518
Error Cuadr	22.456	Error Cuadr	12.706	Error Cuadr	22.473	Error Cuadr	12.588	Error Cuadr	14.750

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 127. DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
2	0.5000	45.47	42.57	40.28	43.08	42.69
5	0.2000	59.70	58.21	55.78	59.61	57.64

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
10	0.1000	67.14	68.55	67.50	69.70	67.53
25	0.0400	75.07	81.60	82.99	81.60	80.03
50	0.0200	80.20	91.34	94.71	89.93	89.31
100	0.0100	84.81	101.08	106.43	97.86	98.51
200	0.0050	89.03	110.90	118.15	105.49	107.68
500	0.0020	94.14	124.09	133.65	115.22	119.78
1000	0.0010	97.73	134.26	145.37	122.36	128.93

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Log-Normal, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 128. DATOS AJUSTADOS POR APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN POR MAGNITUD DE LA CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	42.57	47.86
5	58.21	65.43
10	68.55	77.06
50	91.34	102.68
100	101.08	113.63
200	110.90	124.67
500	124.09	139.50
1000	134.26	150.94

Precipitación máxima en 1 hora

Relación de precipitación 1hr/24hr según método US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich

TABLA 129. LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US- WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	47.86	mm
Promedio anual con días de lluvia	36.824	días
Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	28.5	mm
RELACION 1HR/24 HR	0.596	

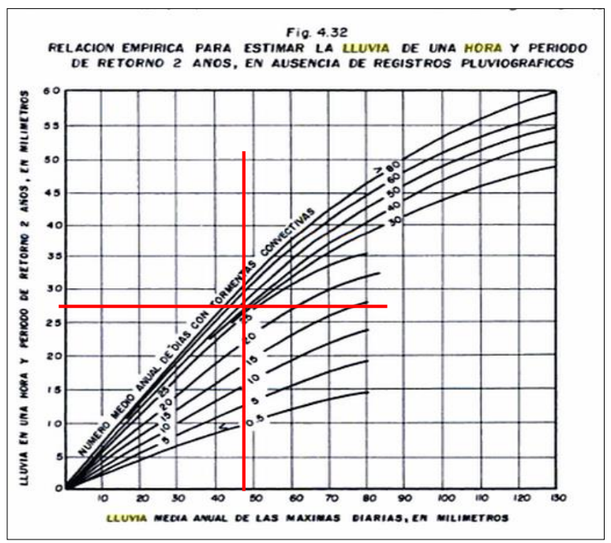


TABLA 130. RESUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA 24 HORAS Y PARA 1 HR.

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	47.86	28.72
5	65.43	39.26
10	77.06	46.24
25	91.74	55.04
50	102.68	61.61
100	113.63	68.18
200	124.67	74.80
500	139.50	83.70
1000	150.94	90.56

TABLA 131. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS							
(Minutos)	2	5	10	25	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	8.62	11.78	13.87	16.51	18.48	20.45	25.11	27.17
10	12.92	17.67	20.81	24.77	27.72	30.68	37.67	40.75
15	16.37	22.38	26.36	31.37	35.12	38.86	47.71	51.62
30	22.69	31.02	36.53	43.48	48.67	53.86	66.12	71.54
45	26.14	35.73	42.08	50.09	56.07	62.04	76.17	82.41
60	28.72	39.26	46.24	55.04	61.61	68.18	83.70	90.56
120	33.49	45.79	53.93	64.19	71.85	79.51	97.61	105.61
180	36.01	49.23	57.99	69.02	77.26	85.50	104.96	113.56
240	37.72	51.56	60.73	72.29	80.91	89.54	109.93	118.94
300	39.01	53.32	62.80	74.75	83.68	92.60	113.68	123.00
360	40.04	54.74	64.47	76.74	85.90	95.06	116.70	126.27
420	40.91	55.93	65.87	78.41	87.77	97.13	119.24	129.01
480	41.66	56.95	67.08	79.85	89.38	98.91	121.42	131.37
540	42.32	57.86	68.14	81.11	90.79	100.47	123.34	133.45
600	42.91	58.66	69.09	82.24	92.06	101.87	125.06	135.31
660	43.45	59.39	69.95	83.26	93.20	103.14	126.62	137.00
720	43.93	60.06	70.74	84.20	94.25	104.30	128.04	138.53
780	44.38	60.67	71.46	85.06	95.21	105.37	129.35	139.95
840	44.80	61.24	72.13	85.86	96.11	106.35	130.56	141.27
900	45.19	61.77	72.76	86.60	96.94	107.28	131.70	142.49
960	45.55	62.27	73.34	87.30	97.72	108.14	132.76	143.64
1020	45.90	62.74	73.90	87.96	98.46	108.96	133.76	144.73
1080	46.22	63.19	74.42	88.58	99.16	109.73	134.71	145.75
1140	46.53	63.61	74.92	89.17	99.82	110.46	135.61	146.72
1200	46.82	64.01	75.39	89.73	100.44	111.16	136.46	147.64
1260	47.10	64.39	75.84	90.27	101.04	111.82	137.27	148.52
1320	47.37	64.75	76.27	90.78	101.62	112.45	138.05	149.37
1380	47.63	65.10	76.68	91.27	102.17	113.06	138.80	150.17
1440	47.87	65.44	77.07	91.74	102.69	113.64	139.51	150.95

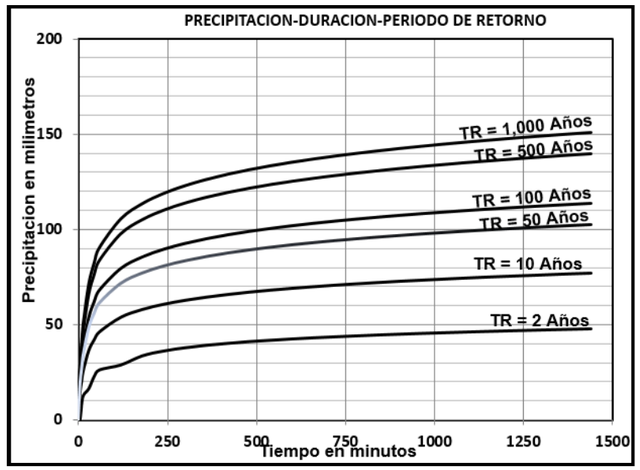
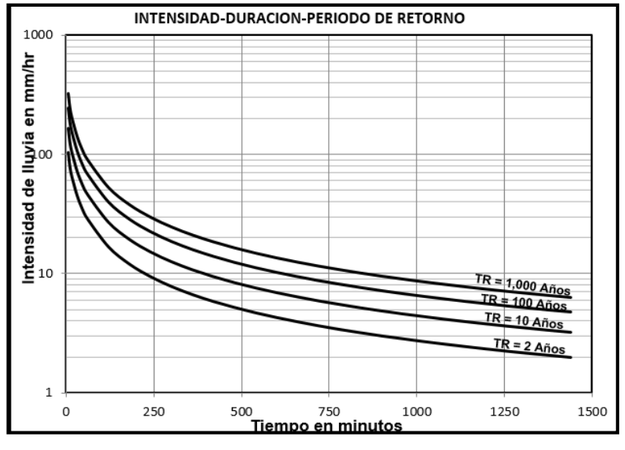


TABLA 132. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
5	103.39	141.34	166.46	198.14	221.8	245.45	301.32
10	77.54	106	124.85	148.61	166.35	184.09	225.99
15	65.48	89.51	105.43	125.49	140.47	155.45	190.84
30	45.38	62.03	73.06	86.96	97.34	107.72	132.25
45	34.85	47.64	56.1	66.78	74.75	82.73	101.56
60	28.72	39.26	46.24	55.04	61.61	68.18	83.7
120	16.75	22.89	26.96	32.09	35.93	39.76	48.81
180	12	16.41	19.33	23.01	25.75	28.5	34.99
240	9.43	12.89	15.18	18.07	20.23	22.39	27.48
300	7.8	10.66	12.56	14.95	16.74	18.52	22.74
360	6.67	9.12	10.75	12.79	14.32	15.84	19.45
420	5.84	7.99	9.41	11.2	12.54	13.88	17.03
480	5.21	7.12	8.38	9.98	11.17	12.36	15.18
540	4.7	6.43	7.57	9.01	10.09	11.16	13.7
600	4.29	5.87	6.91	8.22	9.21	10.19	12.51
660	3.95	5.4	6.36	7.57	8.47	9.38	11.51
720	3.66	5	5.89	7.02	7.85	8.69	10.67
780	3.41	4.67	5.5	6.54	7.32	8.11	9.95
840	3.2	4.37	5.15	6.13	6.86	7.6	9.33
900	3.01	4.12	4.85	5.77	6.46	7.15	8.78
960	2.85	3.89	4.58	5.46	6.11	6.76	8.3
1020	2.7	3.69	4.35	5.17	5.79	6.41	7.87
1080	2.57	3.51	4.13	4.92	5.51	6.1	7.48
1140	2.45	3.35	3.94	4.69	5.25	5.81	7.14
1200	2.34	3.2	3.77	4.49	5.02	5.56	6.82
1260	2.24	3.07	3.61	4.3	4.81	5.32	6.54
1320	2.15	2.94	3.47	4.13	4.62	5.11	6.28
1380	2.07	2.83	3.33	3.97	4.44	4.92	6.03
1440	1.99	2.73	3.21	3.82	4.28	4.74	5.81



II.7.4.- Estación 8202 Presa Francisco I Madero, Mpio de Rosales

TABLA 133. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

AÑO	DATOS REGISTRO	
	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA
1944	29.5	12
1945	41.5	15
1946	58.0	31
1947	55.0	33
1948	18.5	30
1949	34.5	36
1950	20.5	31
1951	16.0	12
1952	22.6	26
1953	27.5	25
1954	29.7	33
1955	41.2	26
1956	25.0	19
1957	29.6	34
1958	50.0	54
1959	28.5	32
1960	34.0	29
1961	25.7	39
1962	40.5	37
1963	28.3	41
1964	61.0	36
1965	26.0	25
1966	29.0	43
1967	49.0	38
1968	56.2	53
1969	43.0	26
1970	49.0	38
1971	43.0	35
1972	40.0	41
1973	62.5	34
1974	70.0	41
1975	43.0	29
1976	52.0	42
1977	43.0	34
1978	36.6	43
1979	34.0	31
1980	61.5	33
1981	35.0	61
1982	23.0	35
1983	38.0	35
1984	24.0	52
1985	17.0	33
1986	57.0	50
1987	39.6	43
1988	19.0	38
1989	18.0	29
1990	52.0	53
1991	20.0	43
1992	52.8	39
1993	19.0	35
1994	15.6	21

1995	30.0	31
1996	37.8	35
1997	32.8	35
1998	39.0	26
1999	32.0	28
2000	45.0	36
2001	19.5	26
2002	56.0	24
2003	49.0	29
2004	57.0	54
2005	40.0	35
2006	37.0	38
2007	27.0	42
2008	81.0	40.0
2009	40.0	40.0
2010	44.0	41
2011	36.0	21
2012	23.0	29
PROMEDIO	37.84	34.70

Toda la información es utilizada para el análisis estadístico el cual se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 134. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
29.5	1	70.00	81.0	70.00	1.43%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
41.5	2	35.00	70.0	35.00	2.86%
58.0	3	23.33	62.5	23.33	4.29%
55.0	4	17.50	61.5	17.50	5.71%
18.5	5	14.00	61.0	14.00	7.14%
34.5	6	11.67	58.0	11.67	8.57%
20.5	7	10.00	57.0	10.00	10.00%
16.0	8	8.75	57.0	8.75	11.43%
22.6	9	7.78	56.2	7.78	12.86%
27.5	10	7.00	56.0	7.00	14.29%
29.7	11	6.36	55.0	6.36	15.71%
41.2	12	5.83	52.8	5.83	17.14%
25.0	13	5.38	52.0	5.38	18.57%
29.6	14	5.00	52.0	5.00	20.00%
50.0	15	4.67	50.0	4.67	21.43%
28.5	16	4.38	49.0	4.38	22.86%
34.0	17	4.12	49.0	4.12	24.29%
25.7	18	3.89	49.0	3.89	25.71%
40.5	19	3.68	45.0	3.68	27.14%
28.3	20	3.50	44.0	3.50	28.57%
61.0	21	3.33	43.0	3.33	30.00%
26.0	22	3.18	43.0	3.18	31.43%
29.0	23	3.04	43.0	3.04	32.86%
49.0	24	2.92	43.0	2.92	34.29%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
56.2	25	2.80	41.5	2.80	35.71%
43.0	26	2.69	41.2	2.69	37.14%
49.0	27	2.59	40.5	2.59	38.57%
43.0	28	2.50	40.0	2.50	40.00%
40.0	29	2.41	40.0	2.41	41.43%
62.5	30	2.33	40.0	2.33	42.86%
70.0	31	2.26	39.6	2.26	44.29%
43.0	32	2.19	39.0	2.19	45.71%
52.0	33	2.12	38.0	2.12	47.14%
43.0	34	2.06	37.8	2.06	48.57%
36.6	35	2.00	37.0	2.00	50.00%
34.0	36	1.94	36.6	1.94	51.43%
61.5	37	1.89	36.0	1.89	52.86%
35.0	38	1.84	35.0	1.84	54.29%
23.0	39	1.79	34.5	1.79	55.71%
38.0	40	1.75	34.0	1.75	57.14%
24.0	41	1.71	34.0	1.71	58.57%
17.0	42	1.67	32.8	1.67	60.00%
57.0	43	1.63	32.0	1.63	61.43%
39.6	44	1.59	30.0	1.59	62.86%
19.0	45	1.56	29.7	1.56	64.29%
18.0	46	1.52	29.6	1.52	65.71%
52.0	47	1.49	29.5	1.49	67.14%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
20.0	48	1.46	29.0	1.46	68.57%
52.8	49	1.43	28.5	1.43	70.00%
19.0	50	1.40	28.3	1.40	71.43%
15.6	51	1.37	27.5	1.37	72.86%
30.0	52	1.35	27.0	1.35	74.29%
37.8	53	1.32	26.0	1.32	75.71%
32.8	54	1.30	25.7	1.30	77.14%
39.0	55	1.27	25.0	1.27	78.57%
32.0	56	1.25	24.0	1.25	80.00%
45.0	57	1.23	23.0	1.23	81.43%
19.5	58	1.21	23.0	1.21	82.86%
56.0	59	1.19	22.6	1.19	84.29%
49.0	60	1.17	20.5	1.17	85.71%
57.0	61	1.15	20.0	1.15	87.14%
40.0	62	1.13	19.5	1.13	88.57%
37.0	63	1.11	19.0	1.11	90.00%
27.0	64	1.09	19.0	1.09	91.43%
81.0	65	1.08	18.5	1.08	92.86%
40.0	66	1.06	18.0	1.06	94.29%
44.0	67	1.04	17.0	1.04	95.71%
36.0	68	1.03	16.0	1.03	97.14%
23.0	69	1.01	15.6	1.01	98.57%

TABLA 135. LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA MUESTRA SON LOS SIGUIENTES:

Promedio	37.840
Desviación estándar	14.405
Varianza	207.512
Máxima	81.0
No. datos	69

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 136. RESULTADOS POR APLICACIÓN DE LAS ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-tico	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-tico	DISTR. EXP	Error Cuadra-tico	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-tico	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-tico
69.379	135.052	83.454	6.024	84.636	13.221	81.437	0.191	78.995	4.020
65.243	22.633	74.505	20.291	74.651	21.633	74.011	16.092	71.128	1.272
62.595	0.009	69.287	46.065	68.810	39.820	69.491	48.878	66.491	15.930
60.590	0.829	65.579	16.636	64.666	10.024	66.186	21.957	63.176	2.810
58.948	4.212	62.691	2.859	61.452	0.204	63.556	6.531	60.585	0.172
57.542	0.210	60.320	5.380	58.825	0.681	61.357	11.270	58.452	0.204
56.302	0.488	58.303	1.697	56.605	0.156	59.459	6.047	56.633	0.135
55.185	3.293	56.545	0.207	54.681	5.377	57.783	0.613	55.045	3.821
54.164	4.144	54.983	1.481	52.984	10.340	56.277	0.006	53.633	6.590
53.219	7.733	53.576	5.874	51.467	20.551	54.906	1.197	52.359	13.257
52.336	7.096	52.294	7.320	50.094	24.071	53.644	1.838	51.197	14.465
51.505	1.678	51.115	2.839	48.840	15.679	52.473	0.107	50.126	7.149
50.716	1.649	50.022	3.914	47.687	18.600	51.379	0.386	49.133	8.221
49.964	4.144	49.001	8.994	46.620	28.947	50.349	2.726	48.205	14.405
49.244	0.571	48.043	3.830	45.626	19.133	49.375	0.390	47.332	7.116
48.552	0.201	47.139	3.464	44.696	18.523	48.451	0.302	46.509	6.206
47.883	1.247	46.282	7.386	43.823	26.803	47.569	2.049	45.728	10.709
47.235	3.114	45.467	12.479	42.999	36.007	46.724	5.179	44.984	16.130
46.606	2.580	44.690	0.096	42.221	7.725	45.913	0.834	44.273	0.529
45.993	3.973	43.945	0.003	41.482	6.342	45.133	1.283	43.592	0.167
45.395	5.735	43.229	0.052	40.779	4.933	44.378	1.900	42.937	0.004
44.809	3.272	42.540	0.211	40.109	8.359	43.649	0.421	42.306	0.482
44.235	1.524	41.875	1.265	39.468	12.472	42.941	0.004	41.696	1.701
43.670	0.449	41.232	3.126	38.855	17.178	42.252	0.559	41.105	3.591
43.114	2.606	40.608	0.795	38.267	10.451	41.582	0.007	40.532	0.937
42.567	1.867	40.003	1.433	37.702	12.234	40.928	0.074	39.975	1.501
42.025	2.327	39.413	1.181	37.159	11.165	40.288	0.045	39.432	1.141
41.490	2.220	38.839	1.348	36.635	11.325	39.662	0.114	38.902	1.205
40.960	0.921	38.278	2.964	36.129	14.983	39.049	0.905	38.385	2.610
40.434	0.188	37.730	5.153	35.641	19.002	38.446	2.414	37.878	4.504
39.911	0.097	37.193	5.794	35.169	19.638	37.854	3.049	37.381	4.925
39.391	0.153	36.666	5.446	34.711	18.394	37.271	2.991	36.893	4.441
38.873	0.762	36.149	3.426	34.268	13.929	36.696	1.702	36.413	2.519
38.357	0.310	35.641	4.663	33.838	15.699	36.128	2.796	35.940	3.459
37.841	0.707	35.140	3.460	33.420	12.814	35.567	2.054	35.474	2.328

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
37.325	0.525	34.646	3.818	33.014	12.856	35.012	2.522	35.014	2.515
36.808	0.653	34.159	3.391	32.620	11.426	34.462	2.366	34.559	2.076
36.290	1.664	33.677	1.751	32.236	7.642	33.916	1.174	34.109	0.795
35.770	1.613	33.200	1.690	31.861	6.962	33.375	1.266	33.662	0.702
35.247	1.556	32.727	1.619	31.497	6.266	32.836	1.355	33.219	0.610
34.721	0.520	32.259	3.032	31.141	8.174	32.300	2.891	32.778	1.493
34.191	1.935	31.793	1.014	30.794	4.025	31.765	1.071	32.340	0.212
33.656	2.741	31.330	0.450	30.455	2.387	31.232	0.590	31.902	0.010
33.115	9.701	30.868	0.753	30.124	0.015	30.699	0.488	31.466	2.149
32.567	8.218	30.408	0.501	29.800	0.010	30.165	0.217	31.030	1.768
32.011	5.813	29.948	0.121	29.483	0.014	29.631	0.001	30.593	0.986
31.447	3.789	29.488	0.000	29.174	0.107	29.095	0.164	30.155	0.429
30.872	3.505	29.027	0.001	28.870	0.017	28.556	0.197	29.715	0.512
30.286	3.191	28.564	0.004	28.573	0.005	28.013	0.237	29.273	0.597
29.688	1.926	28.099	0.040	28.282	0.000	27.466	0.695	28.827	0.277
29.075	2.481	27.631	0.017	27.997	0.247	26.914	0.344	28.376	0.767
28.446	2.090	27.158	0.025	27.717	0.514	26.354	0.417	27.920	0.846
27.798	3.233	26.680	0.462	27.443	2.082	25.787	0.045	27.456	2.121
27.129	2.043	26.195	0.245	27.174	2.172	25.210	0.240	26.985	1.652
26.437	2.064	25.702	0.493	26.909	3.645	24.623	0.142	26.505	2.264
25.717	2.947	25.200	1.439	26.650	7.021	24.021	0.000	26.013	4.050
24.965	3.862	24.685	2.841	26.395	11.524	23.405	0.164	25.507	6.285
24.177	1.384	24.157	1.339	26.144	9.886	22.770	0.053	24.985	3.941
23.345	0.555	23.613	1.025	25.898	10.877	22.114	0.237	24.444	3.402

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
22.462	3.849	23.048	6.490	25.656	26.583	21.431	0.867	23.880	11.426
21.517	2.301	22.458	6.041	25.418	29.352	20.717	0.514	23.288	10.811
20.496	0.992	21.838	5.465	25.184	32.302	19.965	0.216	22.661	9.992
19.379	0.144	21.179	4.749	24.953	35.439	19.164	0.027	21.990	8.940
18.139	0.740	20.471	2.164	24.726	32.789	18.302	0.487	21.262	5.117
16.733	3.121	19.697	1.432	24.503	36.034	17.358	1.304	20.458	3.834
15.091	8.460	18.829	0.688	24.283	39.475	16.300	2.890	19.546	2.391
13.086	15.321	17.822	0.675	24.066	49.932	15.071	3.719	18.471	2.163
10.439	30.929	16.574	0.329	23.853	61.667	13.554	5.984	17.111	1.234
6.302	86.447	14.796	0.646	23.643	64.683	11.409	17.564	15.110	0.240
Error Cuadr	21.173	Error Cuadr	15.872	Error Cuadr	32.288	Error Cuadr	14.048	Error Cuadr	16.287

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 137. PERIODOS DE RETORNO

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
2	0.5000	37.84	35.14	33.42	35.57	35.47
5	0.2000	49.96	49.00	46.62	50.35	48.20
10	0.1000	56.30	58.30	56.60	59.46	56.63
25	0.0400	63.06	70.18	69.80	70.27	67.28

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
50	0.0200	67.43	79.10	79.79	77.87	75.18
100	0.0100	71.35	88.10	89.77	85.14	83.03
200	0.0050	74.95	97.22	99.76	92.14	90.84
500	0.0020	79.30	109.56	112.96	101.10	101.15
1000	0.0010	82.36	119.13	122.94	107.68	108.94

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Gamma, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 138. DATOS AJUSTADOS POR APLICACIÓN DE FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN POR MAGNITUD DE LA CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	35.57	39.98
5	50.35	56.60
10	59.46	66.84
50	77.87	87.55
100	85.14	95.71
200	92.14	103.59
500	101.10	113.65
1000	107.68	121.06

Precipitación máxima en 1 hora

Relación de precipitación 1hr/24hr según método US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich

TABLA 139. LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR ELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US- WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	39.98	Mm
Promedio anual con días de lluvia	34.696	Días
Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	24.00	Mm
RELACION 1HR/24 HR	0.6003	

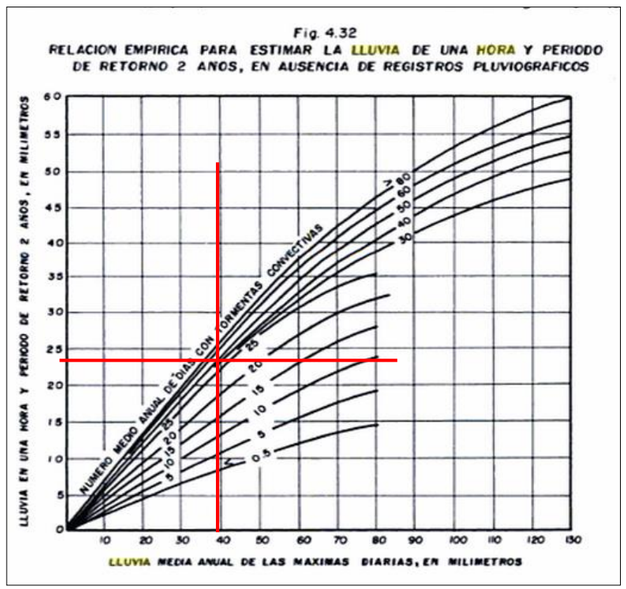


TABLA 140. RESUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA 24 HORAS Y PARA 1 HR.

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	39.98	24.00
5	56.60	33.98
10	66.84	40.12
50	87.55	52.56
100	95.71	57.45
200	103.59	62.19
500	113.65	68.22
1000	121.06	72.67

TABLA 141. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS							
(Minutos)	2	5	10	25	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	7.20	10.19	12.04	14.23	15.77	17.24	20.47	21.80
10	10.80	15.29	18.05	21.34	23.65	25.85	30.70	32.70
15	13.68	19.37	22.87	27.03	29.96	32.75	38.89	41.42
30	18.96	26.84	31.69	37.46	41.52	45.39	53.89	57.41
45	21.84	30.92	36.51	43.15	47.83	52.28	62.08	66.13
60	24.00	33.98	40.12	47.42	52.56	57.45	68.22	72.67
120	27.99	39.63	46.79	55.30	61.30	67.00	79.56	84.75
180	30.10	42.61	50.31	59.46	65.91	72.04	85.55	91.13
240	31.52	44.63	52.69	62.28	69.03	75.45	89.60	95.44
300	32.60	46.15	54.49	64.41	71.39	78.03	92.66	98.70
360	33.46	47.38	55.94	66.12	73.28	80.10	95.12	101.32
420	34.19	48.41	57.15	67.55	74.88	81.84	97.18	103.52
480	34.82	49.29	58.20	68.79	76.25	83.34	98.97	105.42
540	35.37	50.07	59.12	69.88	77.46	84.66	100.53	107.09
600	35.86	50.77	59.95	70.85	78.53	85.84	101.93	108.58
660	36.31	51.40	60.69	71.74	79.51	86.91	103.20	109.93
720	36.71	51.98	61.37	72.54	80.40	87.88	104.36	111.17
780	37.09	52.51	62.00	73.28	81.23	88.78	105.43	112.30
840	37.44	53.01	62.58	73.97	81.99	89.62	106.42	113.36
900	37.76	53.47	63.13	74.61	82.70	90.40	107.34	114.34
960	38.07	53.90	63.64	75.22	83.37	91.12	108.21	115.27
1020	38.35	54.30	64.12	75.78	84.00	91.81	109.02	116.13
1080	38.63	54.69	64.57	76.32	84.59	92.46	109.79	116.96
1140	38.88	55.05	65.00	76.83	85.15	93.08	110.53	117.74
1200	39.13	55.40	65.41	77.31	85.69	93.66	111.22	118.48
1260	39.36	55.73	65.80	77.77	86.20	94.22	111.88	119.18
1320	39.58	56.05	66.17	78.21	86.69	94.76	112.52	119.86
1380	39.80	56.35	66.53	78.63	87.16	95.27	113.13	120.51
1440	40.00	56.64	66.87	79.04	87.61	95.76	113.71	121.13

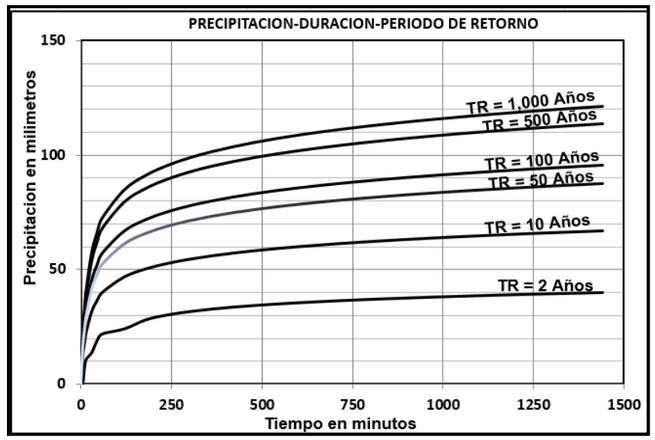
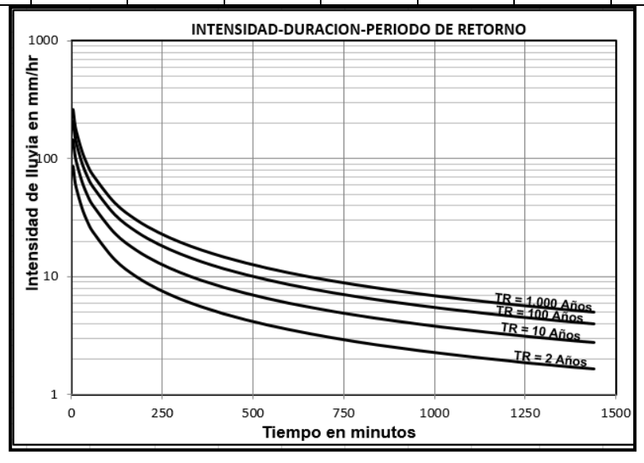


TABLA 142. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
5	86.4	122.33	144.43	170.71	189.22	206.82	245.59
10	64.8	91.75	108.32	128.03	141.91	155.12	184.19
15	54.72	77.47	91.47	108.12	119.84	130.99	155.54
30	37.92	53.69	63.39	74.92	83.04	90.77	107.79
45	29.12	41.23	48.68	57.54	63.77	69.71	82.77
60	24	33.98	40.12	47.42	52.56	57.45	68.22
120	13.99	19.81	23.39	27.65	30.65	33.5	39.78
180	10.03	14.2	16.77	19.82	21.97	24.01	28.52
240	7.88	11.16	13.17	15.57	17.26	18.86	22.4
300	6.52	9.23	10.9	12.88	14.28	15.61	18.53
360	5.58	7.9	9.32	11.02	12.21	13.35	15.85
420	4.88	6.92	8.16	9.65	10.7	11.69	13.88
480	4.35	6.16	7.28	8.6	9.53	10.42	12.37
540	3.93	5.56	6.57	7.76	8.61	9.41	11.17
600	3.59	5.08	5.99	7.09	7.85	8.58	10.19
660	3.3	4.67	5.52	6.52	7.23	7.9	9.38
720	3.06	4.33	5.11	6.05	6.7	7.32	8.7
780	2.85	4.04	4.77	5.64	6.25	6.83	8.11
840	2.67	3.79	4.47	5.28	5.86	6.4	7.6
900	2.52	3.56	4.21	4.97	5.51	6.03	7.16
960	2.38	3.37	3.98	4.7	5.21	5.7	6.76
1020	2.26	3.19	3.77	4.46	4.94	5.4	6.41
1080	2.15	3.04	3.59	4.24	4.7	5.14	6.1
1140	2.05	2.9	3.42	4.04	4.48	4.9	5.82
1200	1.96	2.77	3.27	3.87	4.28	4.68	5.56
1260	1.87	2.65	3.13	3.7	4.1	4.49	5.33
1320	1.8	2.55	3.01	3.56	3.94	4.31	5.11
1380	1.73	2.45	2.89	3.42	3.79	4.14	4.92
1440	1.67	2.36	2.79	3.29	3.65	3.99	4.74



II.7.5.- Estación 8019 Meoqui, Mpio de Meoqui

TABLA 143. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

	8019 MEOQUI SMN		8102 MEOQUI DGE		ADOPTADO	
AÑO	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA	PPN MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA
1942	32.0	23			32.0	23
1943	40.0	40			40.0	40
1944	31.5	33			31.5	33
1945	24.0	24			24.0	24
1946	70.0	33			70.0	33
1947	28.0	27			28.0	27
1948	29.0	34			29.0	34
1949	33.0	35			33.0	35
1950	24.0	40			24.0	40
1951	20.0	19			20.0	19
1952						
1953	15.0	21			15.0	21
1954						
1955	12.0	5				
1956	22.0	21			22.0	21
1957	27.0	21			27.0	21
1958	15.0	11			15.0	11
1959	26.2	36			26.2	36
1960	70.0	33			70.0	33
1961	35.0	36			35.0	36
1962	30.0	42			30.0	42
1963	14.5	50	41.5	33.0	41.5	50
1964	32.0	34	49.0	38.0	49.0	38
1965	30.0	27	30.0	32.0	30.0	32
1966	28.0	39	36.0	39.0	36.0	39
1967	28.5	38	30.8	37.0	30.8	38
1968	46.0	59	59.0	55.0	59.0	59
1969	32.0	35	29.5	22.0	32.0	35
1970	38.0	47	50.3	36.0	50.3	47
1971	59.0	40	34.5	36.0	59.0	40
1972	49.0	44	45.0	38.0	49.0	44
1973	44.5	37	32.3	33.0	44.5	37
1974	68.0	41	110.8	37.0		41
1975	20.0	37	15.1	22.0	20.0	37
1976	31.0	55	47.8	33.0	47.8	55
1977	64.0	31	65.9	23.0	65.9	31
1978	52.0	52	39.0	32.0	52.0	52
1979	40.0	47	43.0	25.0	43.0	47
1980	57.0	52	45.2	28.0	57.0	52
1981	35.0	67	49.0	55.0	49.0	67
1982	20.0	39	38.5	23.0	38.5	39
1983	35.0	30	27.0	21.0	35.0	30
1984	57.0	64	42.0	25.0	57.0	64
1985	32.0	53	24.5	32.0	32.0	53
1986	34.0	57	61.0	41.0	61.0	57
1987	45.0	48	67.0	32.0	67.0	48
1988	36.0	34	38.5	22.0	38.5	34
1989	16.0	37	32.0	18.0	32.0	37
1990	52.0	51			52.0	51
1991	46.2	50			46.2	50

1992	40.0	61	30.0	20.0	40.0	61
1993	48.0	38	22.0	21.0	48.0	38
1994			15.0	7.0	15.0	
1995			23.0	18.0	23.0	18
1996			30.0	30.0	30.0	30
1997			17.7	8.0	17.7	
1998			15.0	8.0	15.0	
1999			31.6	15.0	31.6	15
2000			43.0	18.0	43.0	18
2001						
2002						
2003			18.0	18.0	18.0	18
2004			42.0	12.0	42.0	12
PROMEDIO	36.268	38.560	38.724	27.447	39.324	37.145

¿

Los datos adoptados son utilizados para el análisis estadístico el cual se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 144. ANÁLISIS ESTADÍSTICO, PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CALSIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
32.0	1	58.00	70.0	58.00	1.72%
40.0	2	29.00	70.0	29.00	3.45%
31.5	3	19.33	67.0	19.33	5.17%
24.0	4	14.50	65.9	14.50	6.90%
70.0	5	11.60	61.0	11.60	8.62%
28.0	6	9.67	59.0	9.67	10.34%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
29.0	7	8.29	59.0	8.29	12.07%
33.0	8	7.25	57.0	7.25	13.79%
24.0	9	6.44	57.0	6.44	15.52%
20.0	10	5.80	52.0	5.80	17.24%
15.0	11	5.27	52.0	5.27	18.97%
22.0	12	4.83	50.3	4.83	20.69%
27.0	13	4.46	49.0	4.46	22.41%
15.0	14	4.14	49.0	4.14	24.14%
26.2	15	3.87	49.0	3.87	25.86%
70.0	16	3.63	48.0	3.63	27.59%
35.0	17	3.41	47.8	3.41	29.31%
30.0	18	3.22	46.2	3.22	31.03%
41.5	19	3.05	44.5	3.05	32.76%
49.0	20	2.90	43.0	2.90	34.48%
30.0	21	2.76	43.0	2.76	36.21%
36.0	22	2.64	42.0	2.64	37.93%
30.8	23	2.52	41.5	2.52	39.66%
59.0	24	2.42	40.0	2.42	41.38%
32.0	25	2.32	40.0	2.32	43.10%
50.3	26	2.23	38.5	2.23	44.83%
59.0	27	2.15	38.5	2.15	46.55%
49.0	28	2.07	36.0	2.07	48.28%
44.5	29	2.00	35.0	2.00	50.00%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
20.0	30	1.93	35.0	1.93	51.72%
47.8	31	1.87	33.0	1.87	53.45%
65.9	32	1.81	32.0	1.81	55.17%
52.0	33	1.76	32.0	1.76	56.90%
43.0	34	1.71	32.0	1.71	58.62%
57.0	35	1.66	32.0	1.66	60.34%
49.0	36	1.61	31.6	1.61	62.07%
38.5	37	1.57	31.5	1.57	63.79%
35.0	38	1.53	30.8	1.53	65.52%
57.0	39	1.49	30.0	1.49	67.24%
32.0	40	1.45	30.0	1.45	68.97%
61.0	41	1.41	30.0	1.41	70.69%
67.0	42	1.38	29.0	1.38	72.41%
38.5	43	1.35	28.0	1.35	74.14%
32.0	44	1.32	27.0	1.32	75.86%
52.0	45	1.29	26.2	1.29	77.59%
46.2	46	1.26	24.0	1.26	79.31%
40.0	47	1.23	24.0	1.23	81.03%
48.0	48	1.21	23.0	1.21	82.76%
15.0	49	1.18	22.0	1.18	84.48%
23.0	50	1.16	20.0	1.16	86.21%
30.0	51	1.14	20.0	1.14	87.93%
17.7	52	1.12	18.0	1.12	89.66%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
15.0	53	1.09	17.7	1.09	91.38%
31.6	54	1.07	15.0	1.07	93.10%
43.0	55	1.05	15.0	1.05	94.83%
18.0	56	1.04	15.0	1.04	96.55%
42.0	57	1.02	15.0	1.02	98.28%

Los parámetros estadísticos de la muestra son los siguientes:

TABLA 145. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Promedio	38.070
Desviación estándar	14.945
Varianza	223.341
Máxima	70.00
No. Datos	57

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 146. RESULTADOS POR APLICACIÓN DE ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-tico	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-tico	DISTR. EXP	Error Cuadra-tico	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-tico	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-tico

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
69.669	0.110	85.318	234.650	83.807	190.640	78.328	69.350	78.557	73.215
65.249	22.571	75.346	28.578	73.448	11.892	71.101	1.212	70.377	0.142
62.405	21.111	69.554	6.525	67.389	0.151	66.682	0.101	65.548	2.107
60.241	32.024	65.447	0.205	63.090	7.898	63.439	6.056	62.090	14.512
58.462	6.442	62.253	1.569	59.755	1.550	60.850	0.022	59.383	2.615
56.932	4.275	59.632	0.399	57.030	3.880	58.679	0.103	57.149	3.425
55.578	11.707	57.404	2.549	54.726	18.264	56.800	4.841	55.242	14.121
54.355	6.997	55.462	2.367	52.731	18.226	55.135	3.479	53.574	11.740
53.231	14.202	53.737	10.648	50.971	36.353	53.635	11.326	52.087	24.142
52.188	0.035	52.183	0.033	49.396	6.781	52.265	0.070	50.742	1.582
51.209	0.626	50.766	1.524	47.972	16.227	51.001	0.999	49.513	6.184
50.283	0.000	49.461	0.704	46.671	13.167	49.824	0.227	48.379	3.692
49.403	0.162	48.251	0.561	45.475	12.425	48.720	0.078	47.323	2.812
48.559	0.194	47.120	3.534	44.368	21.459	47.679	1.744	46.334	7.106
47.748	1.567	46.057	8.659	43.337	32.075	46.692	5.328	45.403	12.939
46.965	1.071	45.054	8.681	42.372	31.674	45.751	5.060	44.521	12.104
46.205	2.544	44.101	13.681	41.466	40.119	44.850	8.703	43.682	16.959
45.466	0.539	43.194	9.038	40.612	31.228	43.985	4.907	42.881	11.018
44.744	0.060	42.326	4.727	39.804	22.054	43.151	1.820	42.113	5.700
44.038	1.077	41.493	2.270	39.037	15.703	42.345	0.429	41.374	2.644
43.345	0.119	40.692	5.326	38.308	22.014	41.564	2.063	40.661	5.470
42.663	0.439	39.919	4.330	37.613	19.247	40.804	1.430	39.972	4.114
41.990	0.240	39.171	5.425	36.949	20.716	40.064	2.061	39.303	4.826
41.325	1.756	38.445	2.417	36.313	13.597	39.342	0.433	38.653	1.815

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
40.667	0.444	37.740	5.108	35.702	18.469	38.635	1.863	38.019	3.924
40.013	2.290	37.053	2.094	35.116	11.449	37.942	0.311	37.400	1.210
39.364	0.746	36.382	4.487	34.552	15.584	37.261	1.535	36.794	2.910
38.716	7.378	35.726	0.075	34.009	3.965	36.591	0.349	36.200	0.040
38.070	9.426	35.082	0.007	33.484	2.297	35.930	0.865	35.615	0.378
37.424	5.876	34.451	0.302	32.978	4.090	35.278	0.077	35.040	0.002
36.777	14.264	33.829	0.687	32.488	0.262	34.632	2.662	34.472	2.166
36.127	17.033	33.217	1.480	32.013	0.000	33.991	3.965	33.910	3.650
35.474	12.067	32.612	0.374	31.553	0.199	33.355	1.837	33.354	1.834
34.815	7.926	32.013	0.000	31.107	0.797	32.723	0.522	32.802	0.644
34.150	4.625	31.420	0.336	30.674	1.758	32.092	0.009	32.254	0.064
33.478	3.526	30.832	0.591	30.253	1.814	31.463	0.019	31.707	0.011
32.796	1.679	30.246	1.573	29.844	2.744	30.833	0.445	31.160	0.115
32.102	1.696	29.662	1.296	29.445	1.836	30.202	0.358	30.614	0.035
31.396	1.949	29.078	0.850	29.057	0.890	29.568	0.187	30.066	0.004
30.675	0.455	28.494	2.268	28.678	1.746	28.930	1.146	29.514	0.236
29.935	0.004	27.908	4.378	28.309	2.858	28.286	2.939	28.959	1.085
29.175	0.031	27.318	2.830	27.949	1.104	27.634	1.866	28.397	0.364
28.392	0.154	26.722	1.632	27.598	0.162	26.973	1.055	27.827	0.030
27.581	0.338	26.120	0.775	27.254	0.065	26.300	0.490	27.247	0.061
26.738	0.289	25.508	0.479	26.918	0.516	25.613	0.345	26.655	0.207
25.857	3.448	24.883	0.780	26.590	6.707	24.908	0.825	26.047	4.192
24.931	0.867	24.244	0.060	26.268	5.145	24.182	0.033	25.421	2.019
23.952	0.907	23.586	0.343	25.954	8.725	23.431	0.186	24.772	3.138

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
22.909	0.826	22.904	0.816	25.646	13.290	22.648	0.420	24.093	4.382
21.786	3.188	22.191	4.802	25.344	28.555	21.826	3.332	23.379	11.418
20.562	0.316	21.441	2.075	25.048	25.479	20.954	0.909	22.619	6.859
19.208	1.459	20.639	6.967	24.758	45.664	20.018	4.071	21.799	14.432
17.678	0.000	19.770	4.287	24.473	45.872	18.996	1.681	20.898	10.229
15.899	0.809	18.806	14.482	24.194	84.521	17.855	8.153	19.883	23.844
13.735	1.600	17.695	7.263	23.919	79.554	16.534	2.353	18.692	13.634
10.891	16.882	16.335	1.782	23.650	74.823	14.906	0.009	17.197	4.829
6.472	72.733	14.426	0.330	23.386	70.317	12.610	5.713	15.016	0.000
Error Cuadr	18.031	Error Cuadr	20.833	Error Cuadr	34.185	Error Cuadr	13.504	Error Cuadr	19.051

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 147. PERIODOS DE RETORNO

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
2	0.5000	38.07	35.08	33.48	35.93	35.62
5	0.2000	50.65	49.97	47.18	50.29	48.82
10	0.1000	57.22	60.12	57.54	59.09	57.57
25	0.0400	64.23	73.22	71.23	69.50	68.61
50	0.0200	68.76	83.17	81.59	76.81	76.81

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR. GUMBEL
100	0.0100	72.84	93.27	91.95	83.78	84.95
200	0.0050	76.56	103.58	102.31	90.49	93.05
500	0.0020	81.08	117.61	116.00	99.07	103.75
1000	0.0010	84.25	128.58	126.36	105.36	111.83

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Gamma, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 148. DATOS AJUSTADOS POR APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN DE MAGNITUD POR CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	35.93	40.39
5	50.29	56.53
10	59.09	66.43
50	76.81	86.35
100	83.78	94.19
200	90.49	101.73
500	99.07	111.37
1000	105.36	118.45

Precipitación máxima en 1 hora

Relación de precipitación 1hr/24hr según método US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich

TABLAS 149. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US- WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	40.39	mm
Promedio anual con días de lluvia	37.145	días
Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	24.5	mm
RELACION 1HR/24 HR	0.6066	

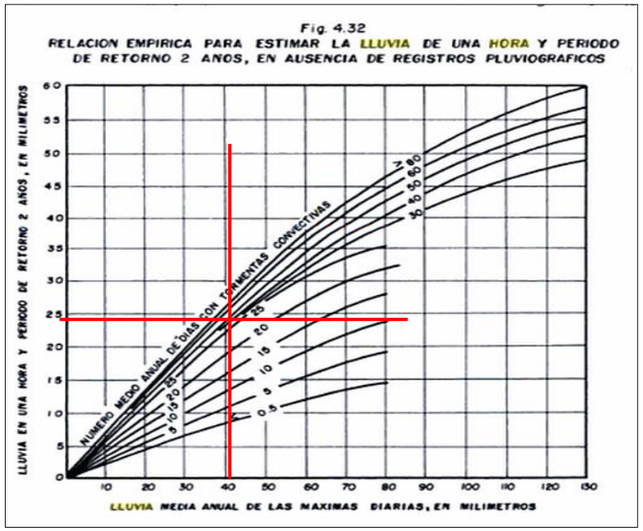


TABLA 150. RESUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA 24 HORAS Y PARA 1 HR.

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	40.39	24.50
5	56.53	34.29
10	66.43	40.30
50	86.35	52.38
100	94.19	57.14
200	101.73	61.71
500	111.37	67.56
1000	118.45	71.85

TABLA 151. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS 2	5	10	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	7.35	10.29	12.09	15.71	17.14	20.27	21.56
10	11.03	15.43	18.14	23.57	25.71	30.40	32.33
15	13.97	19.55	22.97	29.86	32.57	38.51	40.95
30	19.36	27.09	31.84	41.38	45.14	53.37	56.76
45	22.30	31.20	36.67	47.67	52.00	61.48	65.38
60	24.50	34.29	40.30	52.38	57.14	67.56	71.85
120	28.51	39.90	46.90	60.95	66.49	78.62	83.61
180	30.61	42.85	50.36	65.45	71.40	84.42	89.78
240	32.03	44.83	52.69	68.48	74.70	88.32	93.93
300	33.10	46.32	54.44	70.76	77.19	91.27	97.06
360	33.96	47.52	55.85	72.60	79.19	93.63	99.58
420	34.67	48.53	57.04	74.13	80.87	95.62	101.69
480	35.29	49.40	58.05	75.45	82.31	97.32	103.50

540	35.84	50.16	58.95	76.62	83.58	98.82	105.10
600	36.32	50.84	59.75	77.66	84.71	100.16	106.52
660	36.76	51.45	60.47	78.59	85.74	101.37	107.81
720	37.16	52.01	61.13	79.45	86.67	102.48	108.98
780	37.53	52.53	61.74	80.24	87.53	103.50	110.07
840	37.87	53.01	62.30	80.97	88.33	104.44	111.07
900	38.19	53.46	62.82	81.66	89.08	105.32	112.01
960	38.49	53.87	63.32	82.30	89.77	106.15	112.89
1020	38.77	54.27	63.78	82.90	90.43	106.92	113.71
1080	39.04	54.64	64.22	83.47	91.05	107.66	114.49
1140	39.29	54.99	64.63	84.01	91.64	108.35	115.23
1200	39.53	55.33	65.03	84.52	92.20	109.01	115.94
1260	39.76	55.65	65.40	85.01	92.73	109.65	116.61
1320	39.98	55.96	65.76	85.48	93.24	110.25	117.25
1380	40.19	56.25	66.11	85.92	93.73	110.83	117.86
1440	40.39	56.53	66.44	86.35	94.20	111.38	118.45

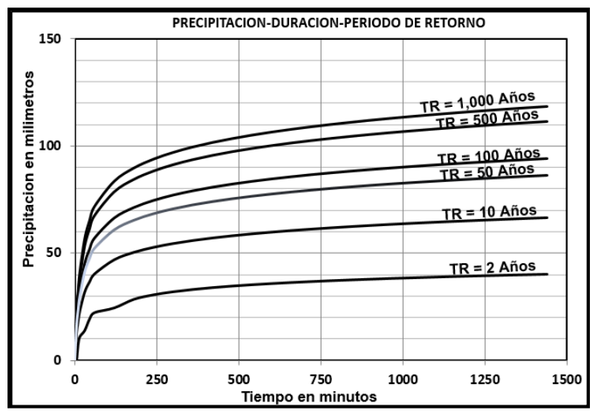
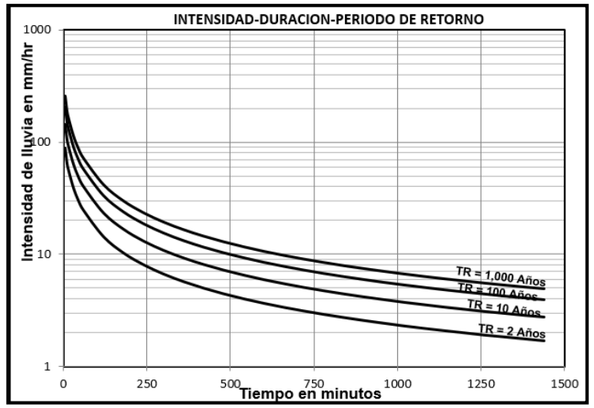


TABLA 152. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
5	88.2	123.44	145.08	188.57	205.7	243.22	258.66
10	66.15	92.58	108.81	141.43	154.28	182.41	194
15	55.86	78.18	91.88	119.43	130.28	154.04	163.82
30	38.71	54.18	63.67	82.76	90.28	106.74	113.52
45	29.73	41.61	48.9	63.55	69.33	81.97	87.18
60	24.5	34.29	40.3	52.38	57.14	67.56	71.85
120	14.25	19.95	23.45	30.48	33.25	39.31	41.8
180	10.2	14.28	16.79	21.82	23.8	28.14	29.93
240	8.01	11.21	13.17	17.12	18.68	22.08	23.48
300	6.62	9.26	10.89	14.15	15.44	18.25	19.41
360	5.66	7.92	9.31	12.1	13.2	15.61	16.6
420	4.95	6.93	8.15	10.59	11.55	13.66	14.53
480	4.41	6.17	7.26	9.43	10.29	12.17	12.94
540	3.98	5.57	6.55	8.51	9.29	10.98	11.68
600	3.63	5.08	5.97	7.77	8.47	10.02	10.65
660	3.34	4.68	5.5	7.14	7.79	9.22	9.8
720	3.1	4.33	5.09	6.62	7.22	8.54	9.08
780	2.89	4.04	4.75	6.17	6.73	7.96	8.47
840	2.71	3.79	4.45	5.78	6.31	7.46	7.93
900	2.55	3.56	4.19	5.44	5.94	7.02	7.47
960	2.41	3.37	3.96	5.14	5.61	6.63	7.06
1020	2.28	3.19	3.75	4.88	5.32	6.29	6.69
1080	2.17	3.04	3.57	4.64	5.06	5.98	6.36
1140	2.07	2.89	3.4	4.42	4.82	5.7	6.06

1200	1.98	2.77	3.25	4.23	4.61	5.45	5.8
1260	1.89	2.65	3.11	4.05	4.42	5.22	5.55
1320	1.82	2.54	2.99	3.89	4.24	5.01	5.33
1380	1.75	2.45	2.87	3.74	4.08	4.82	5.12
1440	1.68	2.36	2.77	3.6	3.93	4.64	4.94



II.7.6.- Estación 8202 Las Burras, Mpio. de Julimes.

TABLA 153. REGISTRO DE DATOS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

	DATOS REGISTRO	
AÑO	PPT MAX 24H (mm)	DIAS DE LLUVIA
1949	27.5	37
1950	36.2	31
1951	60.0	24
1952	43.7	28
1953	33.0	27
1954	30.2	42
1955	35.5	37
1956	22.8	22
1957	37.2	33
1958	54.7	50
1959	30.5	37
1960	38.6	36
1961	26.0	40
1962	23.6	42
1963	25.0	43
1964	18.7	42
1965	32.0	31
1966	24.5	45
1967	39.2	38
1968	53.5	42
1969	35.8	38
1970	45.0	36
1971	53.2	37
1972	35.7	55
1973	36.7	31
1974	70.0	45
1975	41.7	34
1976	35.5	47
1977	44.2	46
1978	33.5	52
1979	38.5	38
1980	46.0	46

1981	38.2	54
1982	22.0	35
1983	31.0	42
1984	60.3	40
1985	18.0	27
1986	26.0	62
1987	49.0	45
1988	43.0	44
1989	35.0	36
1990	40.0	56
1991	53.0	38
1992	12.0	17
1993	32.2	23
1994	14.8	32
1995	19.5	27
1996	40.0	5
1997	50.0	27
1998	33.0	19
1999	14.0	22
2000	41.0	49
PROMEDIO	36.16	37.15

Los datos adoptados son utilizados para el análisis estadístico el cual se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 154. ANÁLISIS ESTADÍSTICO, PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS, CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS	calculado	1/Tr
27.5	1	53.00	70.0	53.00	1.89%
36.2	2	26.50	60.3	26.50	3.77%
60.0	3	17.67	60.0	17.67	5.66%
43.7	4	13.25	54.7	13.25	7.55%
33.0	5	10.60	53.5	10.60	9.43%
30.2	6	8.83	53.2	8.83	11.32%
35.5	7	7.57	53.0	7.57	13.21%
22.8	8	6.63	50.0	6.63	15.09%
37.2	9	5.89	49.0	5.89	16.98%
54.7	10	5.30	46.0	5.30	18.87%
30.5	11	4.82	45.0	4.82	20.75%
38.6	12	4.42	44.2	4.42	22.64%
26.0	13	4.08	43.7	4.08	24.53%
23.6	14	3.79	43.0	3.79	26.42%
25.0	15	3.53	41.7	3.53	28.30%
18.7	16	3.31	41.0	3.31	30.19%
32.0	17	3.12	40.0	3.12	32.08%
24.5	18	2.94	40.0	2.94	33.96%
39.2	19	2.79	39.2	2.79	35.85%
53.5	20	2.65	38.6	2.65	37.74%
35.8	21	2.52	38.5	2.52	39.62%
45.0	22	2.41	38.2	2.41	41.51%
53.2	23	2.30	37.2	2.30	43.40%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
35.7	24	2.21	36.7	2.21	45.28%
36.7	25	2.12	36.2	2.12	47.17%
70.0	26	2.04	35.8	2.04	49.06%
41.7	27	1.96	35.7	1.96	50.94%
35.5	28	1.89	35.5	1.89	52.83%
44.2	29	1.83	35.5	1.83	54.72%
33.5	30	1.77	35.0	1.77	56.60%
38.5	31	1.71	33.5	1.71	58.49%
46.0	32	1.66	33.0	1.66	60.38%
38.2	33	1.61	33.0	1.61	62.26%
22.0	34	1.56	32.2	1.56	64.15%
31.0	35	1.51	32.0	1.51	66.04%
60.3	36	1.47	31.0	1.47	67.92%
18.0	37	1.43	30.5	1.43	69.81%
26.0	38	1.39	30.2	1.39	71.70%
49.0	39	1.36	27.5	1.36	73.58%
43.0	40	1.33	26.0	1.33	75.47%
35.0	41	1.29	26.0	1.29	77.36%
40.0	42	1.26	25.0	1.26	79.25%
53.0	43	1.23	24.5	1.23	81.13%
12.0	44	1.20	23.6	1.20	83.02%
32.2	45	1.18	22.8	1.18	84.91%
14.8	46	1.15	22.0	1.15	86.79%

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE INFORMACIÓN					
DATOS	Datos Ordenados			Tr calculado	Riesgo
MEDIDOS	Posición	Tr	DATOS		1/Tr
19.5	47	1.13	19.5	1.13	88.68%
40.0	48	1.10	18.7	1.10	90.57%
50.0	49	1.08	18.0	1.08	92.45%
33.0	50	1.06	14.8	1.06	94.34%
14.0	51	1.04	14.0	1.04	96.23%
41.0	52	1.02	12.0	1.02	98.11%

Los parámetros estadísticos de la muestra son los siguientes:

TABLA 155. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Promedio	36.1577
Desviación estándar	12.5266
Varianza	156.9166
Máxima	70.0
No. Datos	52

Con la aplicación de las ecuaciones para las distribuciones de probabilidad utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 156. RESULTADOS POR APLICACIÓN DE ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
DISTR. NORMAL	Error Cuadra-	DISTR. LOG-N	Error Cuadra-	DISTR. EXP	Error Cuadra-	DISTR. GAMMA	Error Cuadra-	DISTR. GUMBEL	Error Cuadra-

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
	tico		tico		tico		tico		tico
62.184	61.083	74.779	22.838	73.365	11.326	80.677	114.008	69.205	0.632
58.425	3.516	66.694	40.879	64.683	19.208	72.180	141.123	62.341	4.165
55.999	16.007	61.947	3.791	59.604	0.157	67.008	49.118	58.285	2.942
54.149	0.304	58.554	14.856	56.000	1.690	63.226	72.685	55.377	0.459
52.624	0.768	55.899	5.757	53.205	0.087	60.213	45.069	53.099	0.161
51.310	3.570	53.709	0.259	50.921	5.195	57.693	20.188	51.217	3.932
50.145	8.149	51.838	1.351	48.990	16.082	55.515	6.325	49.609	11.501
49.090	0.828	50.199	0.040	47.317	7.198	53.589	12.879	48.200	3.240
48.120	0.775	48.738	0.069	45.842	9.975	51.855	8.153	46.943	4.231
47.216	1.478	47.416	2.004	44.522	2.185	50.275	18.271	45.805	0.038
46.366	1.867	46.206	1.453	43.328	2.796	48.817	14.572	44.764	0.056
45.562	1.854	45.087	0.787	42.238	3.850	47.462	10.642	43.801	0.159
44.794	1.196	44.046	0.120	41.235	6.075	46.192	6.212	42.904	0.633
44.057	1.117	43.069	0.005	40.307	7.253	44.995	3.982	42.063	0.879
43.347	2.712	42.148	0.201	39.443	5.095	43.861	4.668	41.269	0.186
42.659	2.752	41.275	0.076	38.634	5.597	42.780	3.167	40.516	0.235
41.990	3.960	40.443	0.196	37.875	4.516	41.746	3.047	39.798	0.041
41.337	1.789	39.648	0.124	37.159	8.072	40.753	0.566	39.111	0.790
40.699	2.246	38.884	0.100	36.482	7.390	39.796	0.355	38.452	0.560
40.071	2.165	38.149	0.203	35.839	7.623	38.871	0.073	37.816	0.614
39.454	0.910	37.439	1.126	35.228	10.707	37.975	0.276	37.202	1.686
38.844	0.415	36.750	2.101	34.645	12.637	37.103	1.203	36.606	2.542
38.241	1.083	36.082	1.250	34.088	9.683	36.254	0.895	36.026	1.378

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
37.642	0.888	35.430	1.612	33.555	9.890	35.424	1.628	35.461	1.536
37.047	0.718	34.794	1.976	33.044	9.962	34.612	2.522	34.908	1.668
36.454	0.428	34.172	2.651	32.552	10.546	33.815	3.940	34.367	2.054
35.861	0.026	33.561	4.575	32.080	13.107	33.031	7.122	33.835	3.478
35.268	0.054	32.961	6.448	31.624	15.022	32.259	10.504	33.312	4.789
34.673	0.684	32.369	9.803	31.185	18.623	31.496	16.028	32.795	7.318
34.075	0.856	31.785	10.338	30.760	17.978	30.742	18.131	32.284	7.378
33.471	0.001	31.206	5.261	30.349	9.928	29.994	12.293	31.777	2.968
32.862	0.019	30.633	5.604	29.951	9.294	29.251	14.058	31.274	2.981
32.244	0.571	30.062	8.630	29.566	11.792	28.511	20.155	30.772	4.965
31.617	0.340	29.494	7.323	29.192	9.048	27.772	19.607	30.271	3.721
30.978	1.044	28.926	9.450	28.829	10.056	27.033	24.667	29.769	4.976
30.325	0.455	28.357	6.985	28.476	6.370	26.293	22.157	29.266	3.008
29.657	0.711	27.786	7.368	28.133	5.604	25.548	24.518	28.758	3.034
28.969	1.516	27.210	8.940	27.799	5.766	24.798	29.181	28.246	3.820
28.258	0.575	26.628	0.760	27.473	0.001	24.039	11.977	27.726	0.051
27.522	2.316	26.038	0.001	27.156	1.337	23.269	7.456	27.197	1.432
26.754	0.568	25.436	0.318	26.847	0.717	22.485	12.353	26.656	0.430
25.949	0.901	24.821	0.032	26.545	2.387	21.683	11.001	26.100	1.209
25.100	0.359	24.187	0.098	26.250	3.063	20.859	13.259	25.525	1.050
24.196	0.355	23.531	0.005	25.962	5.580	20.006	12.918	24.927	1.760
23.225	0.181	22.846	0.002	25.681	8.299	19.117	13.562	24.298	2.245
22.170	0.029	22.124	0.015	25.405	11.597	18.183	14.567	23.632	2.663
21.005	2.265	21.353	3.434	25.136	31.765	17.190	5.336	22.915	11.663

DISTR. NORMAL		DISTR. LOG-NORMAL		DISTR EXPONENCIAL		DISTR. GAMMA		DISTRIBUCION GUMBEL TIPO I	
19.691	0.983	20.516	3.299	24.872	38.098	16.117	6.671	22.130	11.766
18.167	0.028	19.586	2.516	24.614	43.746	14.933	9.408	21.248	10.550
16.316	2.299	18.513	13.789	24.361	91.412	13.581	1.487	20.217	29.344
13.891	0.012	17.196	10.213	24.113	102.271	11.946	4.221	18.927	24.276
10.131	3.493	15.337	11.132	23.870	140.889	9.703	5.278	17.053	25.534
Error Cuadr	11.967	Error Cuadr	15.562	Error Cuadr	28.435	Error Cuadr	29.891	Error Cuadr	14.924

Los resultados anteriores, dados para las probabilidades que representan los diferentes periodos de retorno, se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 157. PERIODOS DE RETORNO

PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)						
PERIODO DE RETORNO	PROBA-BILIDAD	DISTR. NORMAL	DISTR. LOG NORMAL	DISTR. EXPONEN-CIAL	DISTR. GAMMA	DISTR.GUMBEL
2	0.5000	36.16	33.87	32.31	33.42	34.10
5	0.2000	46.70	46.68	43.79	49.39	45.17
10	0.1000	52.21	55.20	52.47	59.41	52.50
25	0.0400	58.09	66.01	63.95	71.45	61.76
50	0.0200	61.88	74.10	72.64	79.98	68.63
100	0.0100	65.30	82.21	81.32	88.17	75.45
200	0.0050	68.42	90.42	90.00	96.11	82.24
500	0.0020	72.21	101.47	101.48	106.29	91.21
1000	0.0010	74.87	110.01	110.16	113.81	97.98

El menor error cuadrático es el obtenido por la Distribución Normal, por lo tanto, es el que seleccionado para el cálculo de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

Aplicando los factores de lluvia real y reducción por magnitud de la cuenca, los datos ajustados resultan ser los siguientes:

TABLA 158. DATOS AJUSTADOS POR APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE LLUVIA REAL Y REDUCCIÓN POR MAGNITUD DE LA CUENCA

PERIODO DE RETORNO (TR)	PRECIPITACION MAS PROBABLE EN 24 HORAS	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (Ajustada)
(Años)	(mm)	(mm)
2	36.16	40.65
5	46.70	52.50
10	52.21	58.70
50	61.88	69.57
100	65.30	73.41
200	68.42	76.92
500	72.21	81.18
1000	74.87	84.17

Precipitación máxima en 1 hora

Relación de precipitación 1hr/24hr según método US- Weather Bureau, ampliado por B. M. Reich

TABLA 159. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN 1HR/24HR SEGÚN MÉTODO US- WEATHER BUREAU, AMPLIADO POR B. M. REICH

Precipitación máxima en 24 HR para TR = 2 años	40.65	Mm
Promedio anual con días de lluvia	37.154	Días

Precipitación máxima en 1 hora, resultante de la gráfica del método US-Weather Bureau	24.50	Mm
RELACION 1HR/24 HR	0.6027	

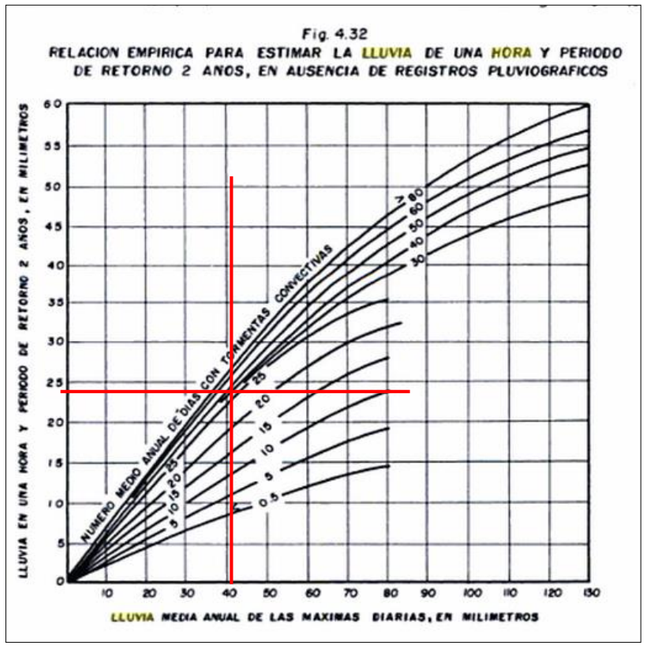


TABLA 160. RESUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA 24 HORAS Y PARA 1 HR.

TR	PPN MAX 24 HRS	PPN MAX 1 HR
AÑOS	MM	MM
2	40.65	24.50
5	52.50	31.64
10	58.70	35.38
50	69.57	41.93
100	73.41	44.24
200	76.92	46.36
500	81.18	48.93
1000	84.17	50.73

TABLA 161. PRECIPITACION – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS 2	5	10	25	50	100	500	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	7.35	9.49	10.61	11.81	12.58	13.27	14.68	15.22
10	11.03	14.24	15.92	17.71	18.87	19.91	22.02	22.83
15	13.97	18.03	20.17	22.44	23.90	25.22	27.89	28.92
30	19.36	25.00	27.95	31.09	33.12	34.95	38.65	40.08
45	22.30	28.79	32.20	35.82	38.16	40.26	44.53	46.16
60	24.50	31.64	35.38	39.36	41.93	44.24	48.93	50.73
120	28.55	36.87	41.22	45.86	48.86	51.55	57.01	59.11
180	30.68	39.62	44.30	49.29	52.50	55.40	61.27	63.52
240	32.12	41.48	46.38	51.60	54.96	57.99	64.14	66.50
300	33.20	42.88	47.95	53.34	56.82	59.95	66.31	68.75
360	34.08	44.01	49.21	54.74	58.32	61.53	68.06	70.56
420	34.81	44.95	50.27	55.92	59.57	62.85	69.52	72.08
480	35.44	45.77	51.18	56.93	60.65	63.99	70.78	73.38
540	35.99	46.48	51.98	57.83	61.60	65.00	71.89	74.53
600	36.49	47.12	52.70	58.62	62.45	65.89	72.88	75.56
660	36.94	47.70	53.34	59.34	63.22	66.70	73.77	76.49

720	37.35	48.23	53.94	60.00	63.92	67.44	74.59	77.34
780	37.73	48.72	54.48	60.61	64.57	68.12	75.35	78.12
840	38.08	49.17	54.99	61.17	65.17	68.76	76.05	78.84
900	38.40	49.60	55.46	61.70	65.72	69.35	76.70	79.52
960	38.71	49.99	55.90	62.19	66.25	69.90	77.31	80.15
1020	39.00	50.36	56.32	62.65	66.74	70.42	77.88	80.75
1080	39.27	50.72	56.71	63.09	67.21	70.91	78.43	81.31
1140	39.53	51.05	57.08	63.50	67.65	71.38	78.95	81.85
1200	39.77	51.37	57.44	63.90	68.07	71.82	79.44	82.36
1260	40.01	51.67	57.78	64.28	68.47	72.25	79.90	82.84
1320	40.23	51.96	58.10	64.64	68.86	72.65	80.35	83.31
1380	40.45	52.24	58.41	64.98	69.22	73.04	80.78	83.75
1440	40.65	52.50	58.71	65.31	69.58	73.41	81.19	84.18

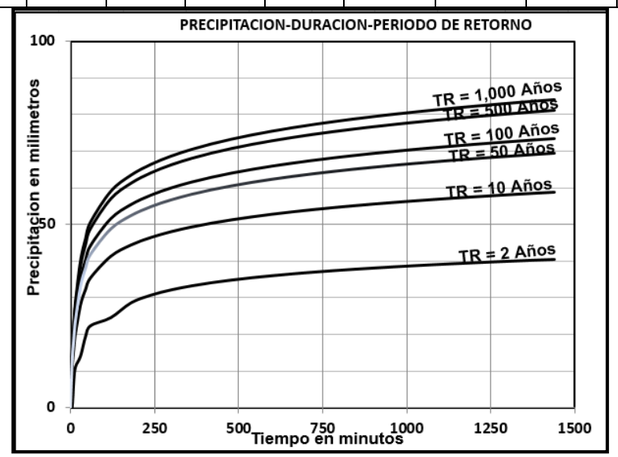
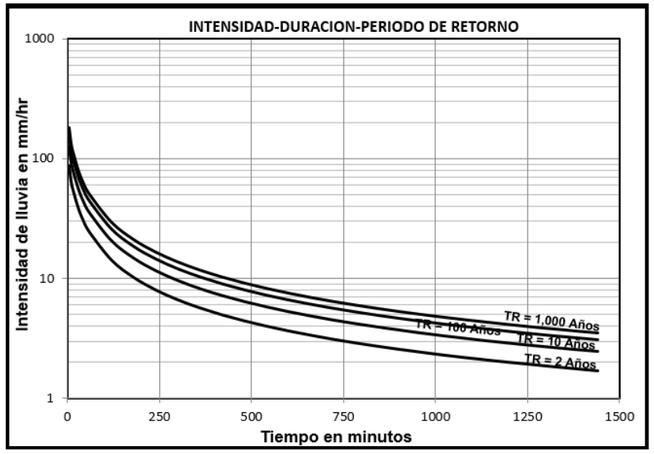


TABLA 162. INTENSIDAD – DURACION – PERIODO DE RETORNO

Tiempo (Minutos)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	50	100	500	1000
5	88.2	113.9	127.37	150.95	159.26	176.15	182.63
10	66.15	85.43	95.53	113.21	119.45	132.11	136.97
15	55.86	72.14	80.67	95.6	100.87	111.56	115.66
30	38.71	49.99	55.9	66.25	69.9	77.31	80.15
45	29.73	38.39	42.93	50.88	53.68	59.37	61.55
60	24.5	31.64	35.38	41.93	44.24	48.93	50.73
120	14.27	18.43	20.61	24.43	25.77	28.51	29.55
180	10.23	13.21	14.77	17.5	18.47	20.42	21.17
240	8.03	10.37	11.59	13.74	14.5	16.04	16.63
300	6.64	8.58	9.59	11.36	11.99	13.26	13.75
360	5.68	7.33	8.2	9.72	10.26	11.34	11.76
420	4.97	6.42	7.18	8.51	8.98	9.93	10.3
480	4.43	5.72	6.4	7.58	8	8.85	9.17
540	4	5.16	5.78	6.84	7.22	7.99	8.28
600	3.65	4.71	5.27	6.25	6.59	7.29	7.56
660	3.36	4.34	4.85	5.75	6.06	6.71	6.95
720	3.11	4.02	4.49	5.33	5.62	6.22	6.44
780	2.9	3.75	4.19	4.97	5.24	5.8	6.01
840	2.72	3.51	3.93	4.65	4.91	5.43	5.63
900	2.56	3.31	3.7	4.38	4.62	5.11	5.3
960	2.42	3.12	3.49	4.14	4.37	4.83	5.01
1020	2.29	2.96	3.31	3.93	4.14	4.58	4.75
1080	2.18	2.82	3.15	3.73	3.94	4.36	4.52
1140	2.08	2.69	3	3.56	3.76	4.16	4.31
1200	1.99	2.57	2.87	3.4	3.59	3.97	4.12
1260	1.91	2.46	2.75	3.26	3.44	3.8	3.94
1320	1.83	2.36	2.64	3.13	3.3	3.65	3.79
1380	1.76	2.27	2.54	3.01	3.18	3.51	3.64

1440	1.69	2.19	2.45	2.9	3.06	3.38	3.51



II.7. 8..- Gráficas de isoyetas por periodo de retorno para 1 y 24 horas de lluvia

Los resultados del análisis estadístico de precipitación se resumen en la siguiente tabla:

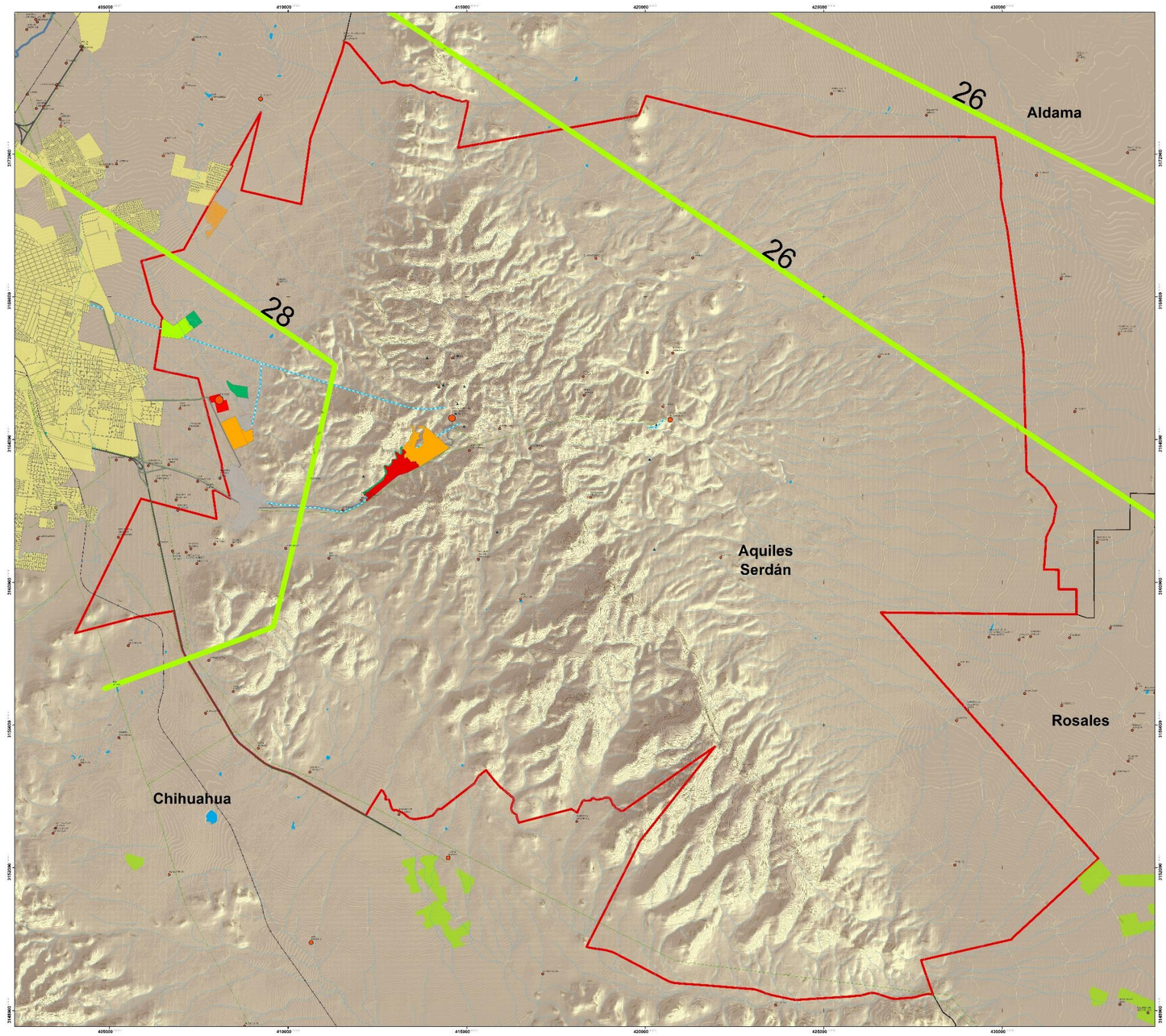
TABLA 163. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIÓN

		TR 2		TR 5		TR 10	
No. ID	NOMBRE	24 HR	1HR	24 HR	1HR	24 HR	1HR
		mm	mm	mm	mm	mm	Mm
8019	MEOQUI, MPIO DE MEOQUI	40.39	24.50	56.53	34.29	66.43	40.30
8040	OBSERVATORIO MPIO DE CHIH	48.85	29.31	67.09	40.25	79.16	47.50
8092	LAS BURRAS, MPIO JULIMES	40.65	24.50	52.50	31.64	58.70	35.38
8157	ALDAMA, MPIO DE ALDAMA	47.86	28.72	65.43	39.26	77.06	46.24
8202	FCO I MADERO, MPIO ROSALES	39.98	24.00	56.60	33.98	66.84	40.12
8270	LA MESA, MPIO DE ALDAMA	43.54	25.50	61.94	36.28	74.46	43.61

TABLA 164. RESULTADO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIÓN

		TR 50		TR 100		TR 200	
No. ID	NOMBRE	24 HR	1HR	24 HR	1HR	24 HR	1HR
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
8019	MEOQUI, MPIO DE MEOQUI	86.35	52.38	94.19	57.14	101.73	61.71
8040	OBSERVATORIO MPIO DE CHIH	105.73	63.44	116.96	70.18	142.92	76.89
8092	LAS BURRAS, MPIO JULIMES	69.57	41.93	73.41	44.24	76.92	46.36
8157	ALDAMA, MPIO DE ALDAMA	102.68	61.61	113.63	68.18	124.67	74.80
8202	FCO I MADERO, MPIO ROSALES	87.55	52.56	95.71	57.45	103.59	62.19
8270	LA MESA, MPIO DE ALDAMA	102.88	60.25	115.32	67.54	128.02	74.98

Las isoyetas para el municipio de Aquiles Serdán se muestran en las siguientes figuras 36



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=02 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Bajo	24 a 28 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

Isoyetas 1Hr. TR=02 Años

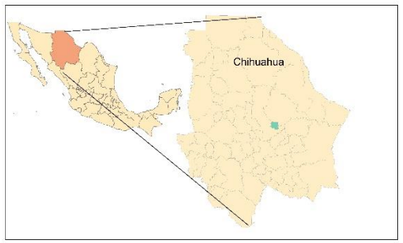
IS-01

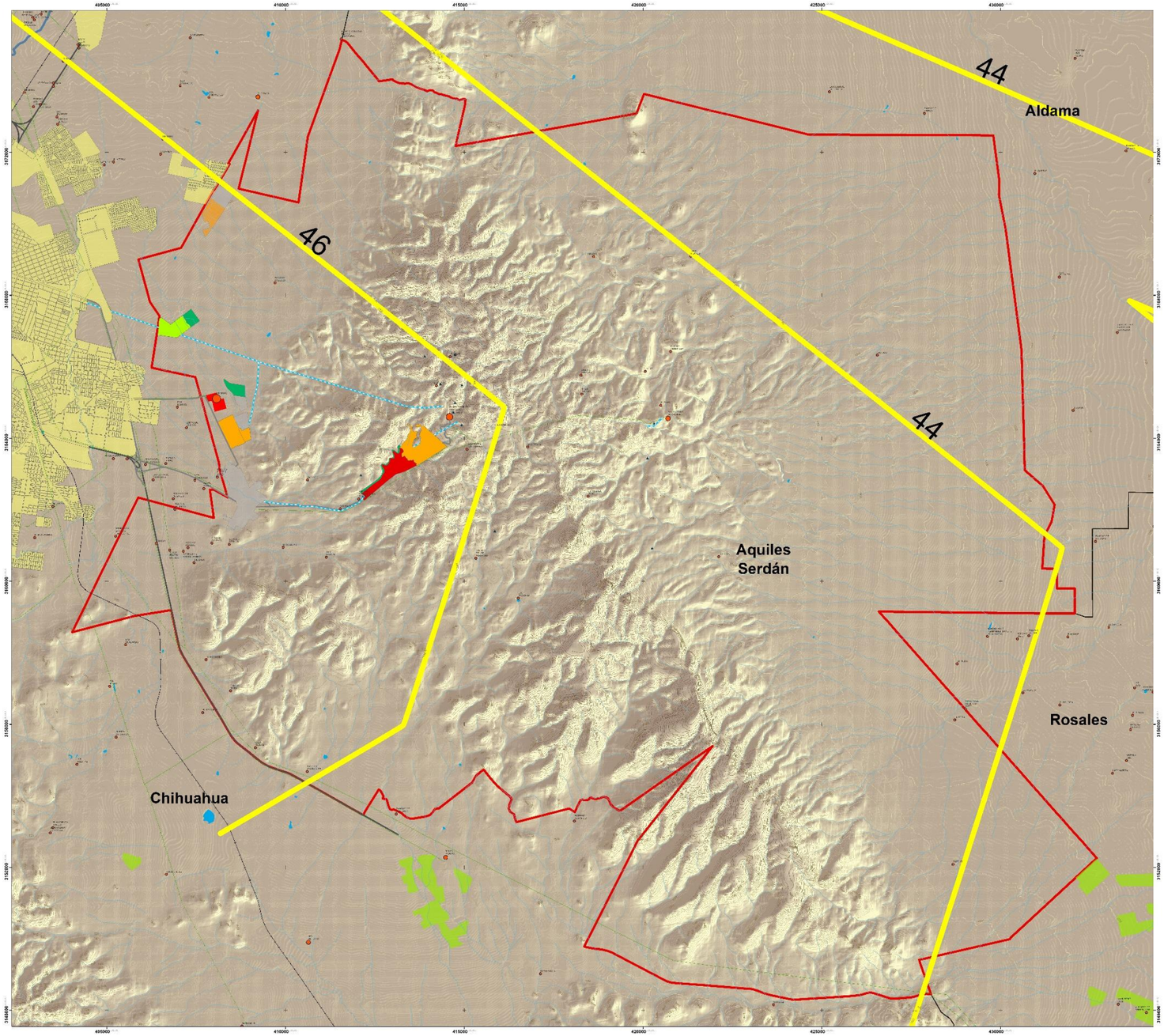
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N
W E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=02 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Medio	40 a 48 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @20m

Isoyetas 24Hr. TR=02 Años

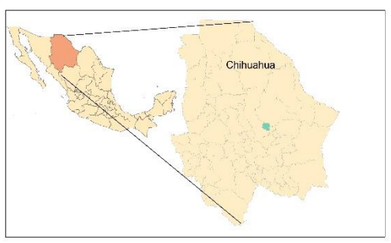
IS-07

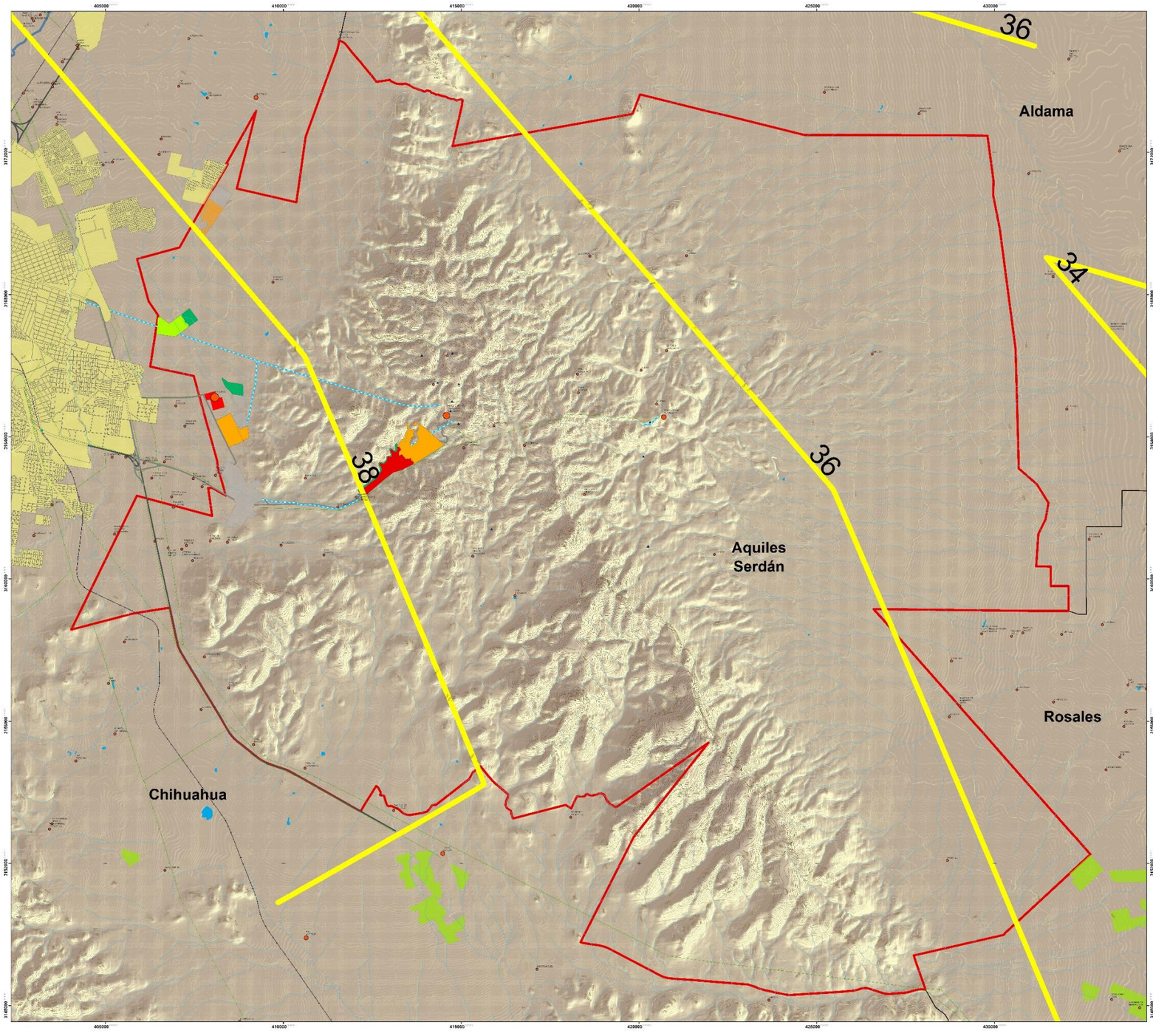
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala:1:35.500

N
W
E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=5 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Medio	32 - 38 mm
Alto	40 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 26
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Via Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

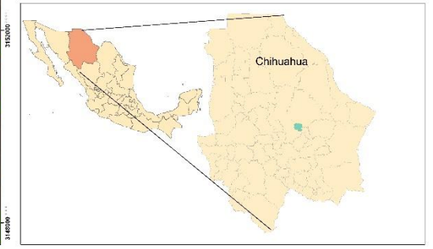
Isoyetas 1Hr. TR=05 Años

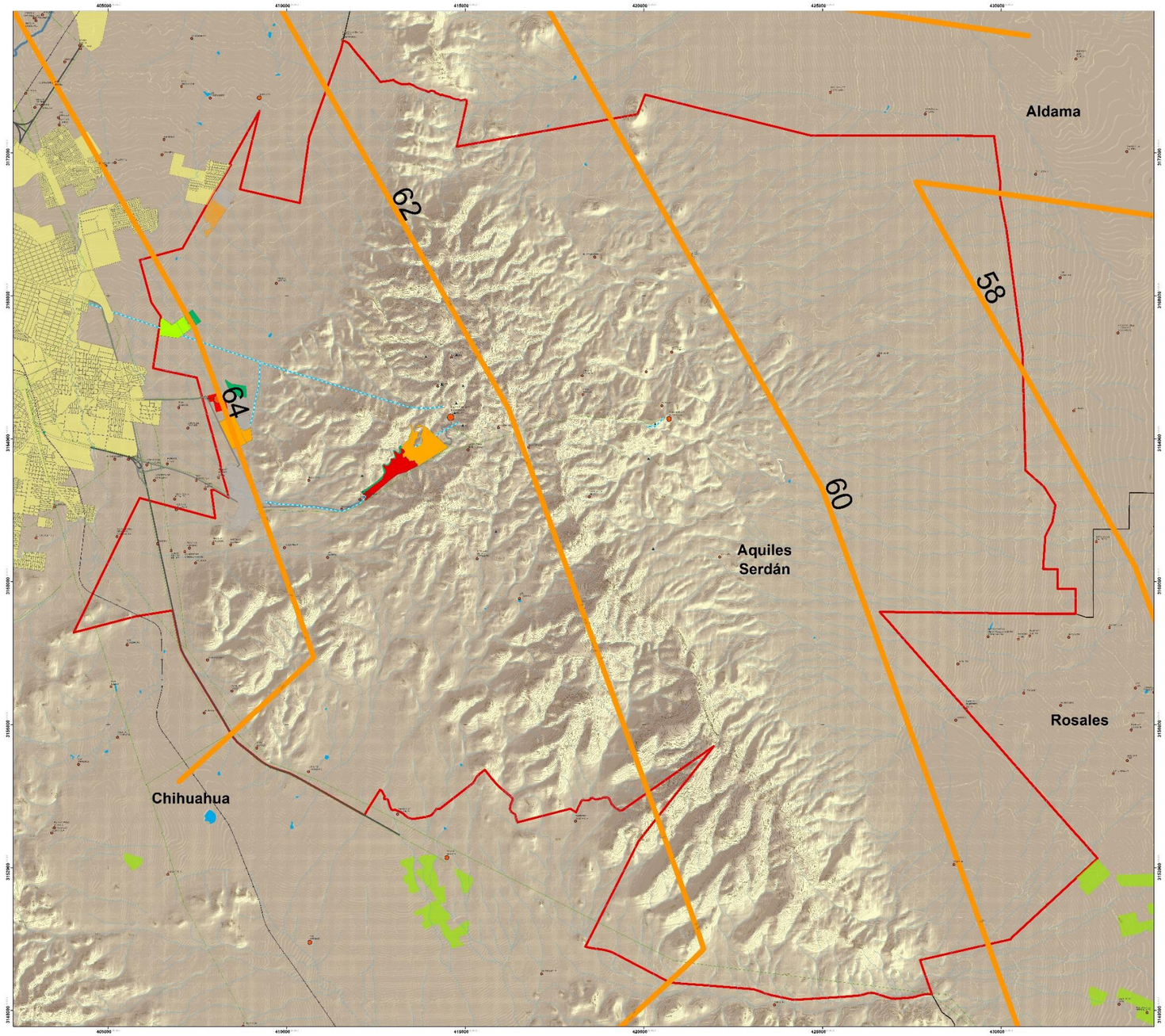
IS-02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84 **Escala: 1:35.500**

N
W E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=05 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Alto	54 a 66 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Hacienda
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih

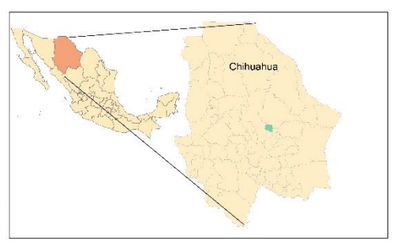
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carreteras Estatal
- Carreteras Federal
- Curvas @200m

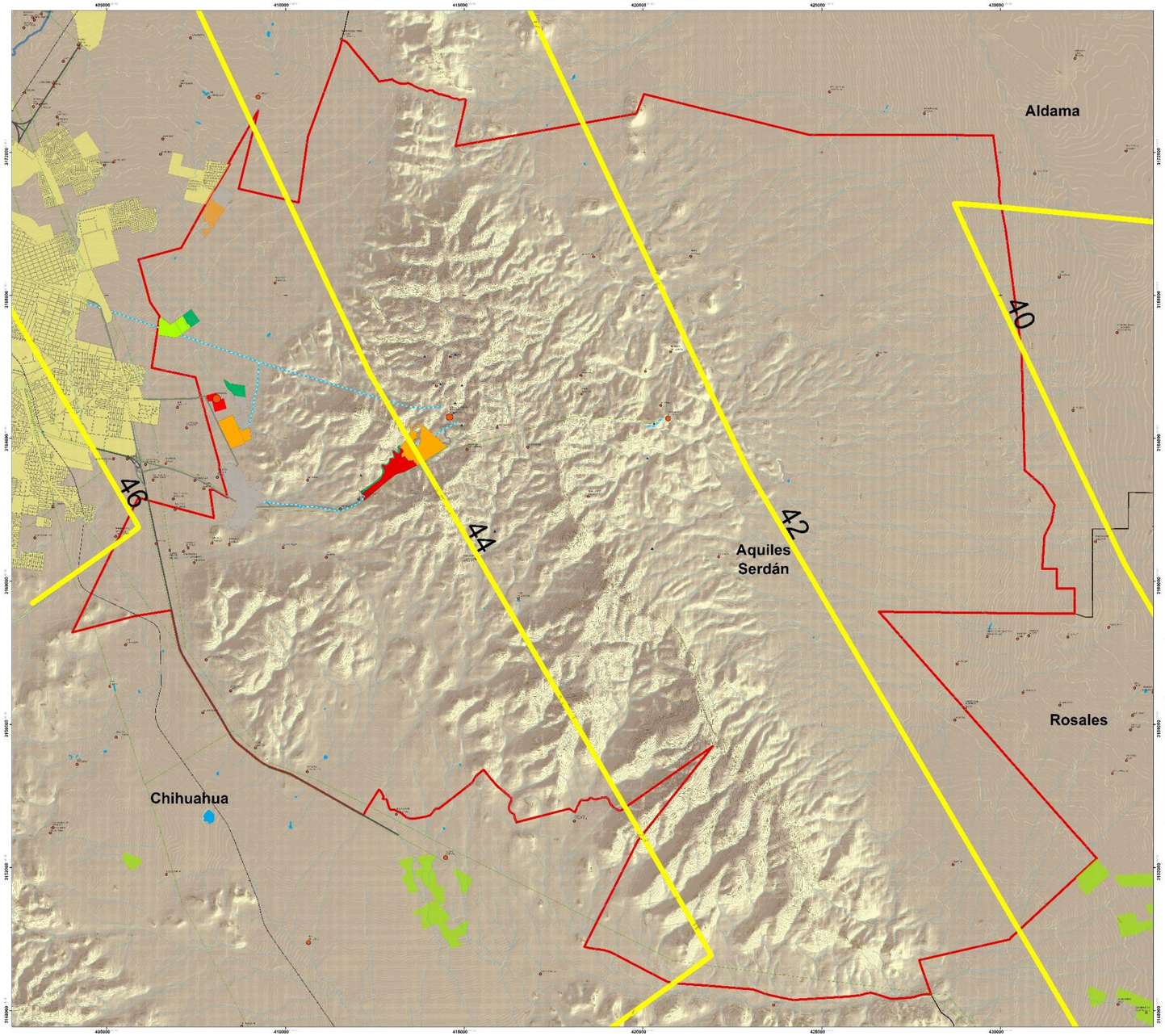
Isoyetas 24Hr. TR=05 Años | IS-08

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84 **Escala:1:35.500**

N
W E
S

0 900 1.800 3.600 5.400 7.200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=10 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Bajo	36 mm
Medio	40 a 48 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m
- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih

Isoyetas 1Hr. TR=10 Años

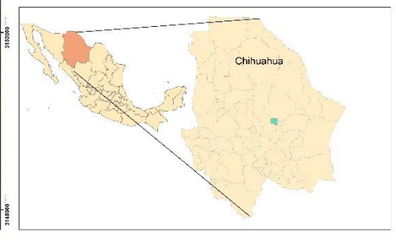
IS-03

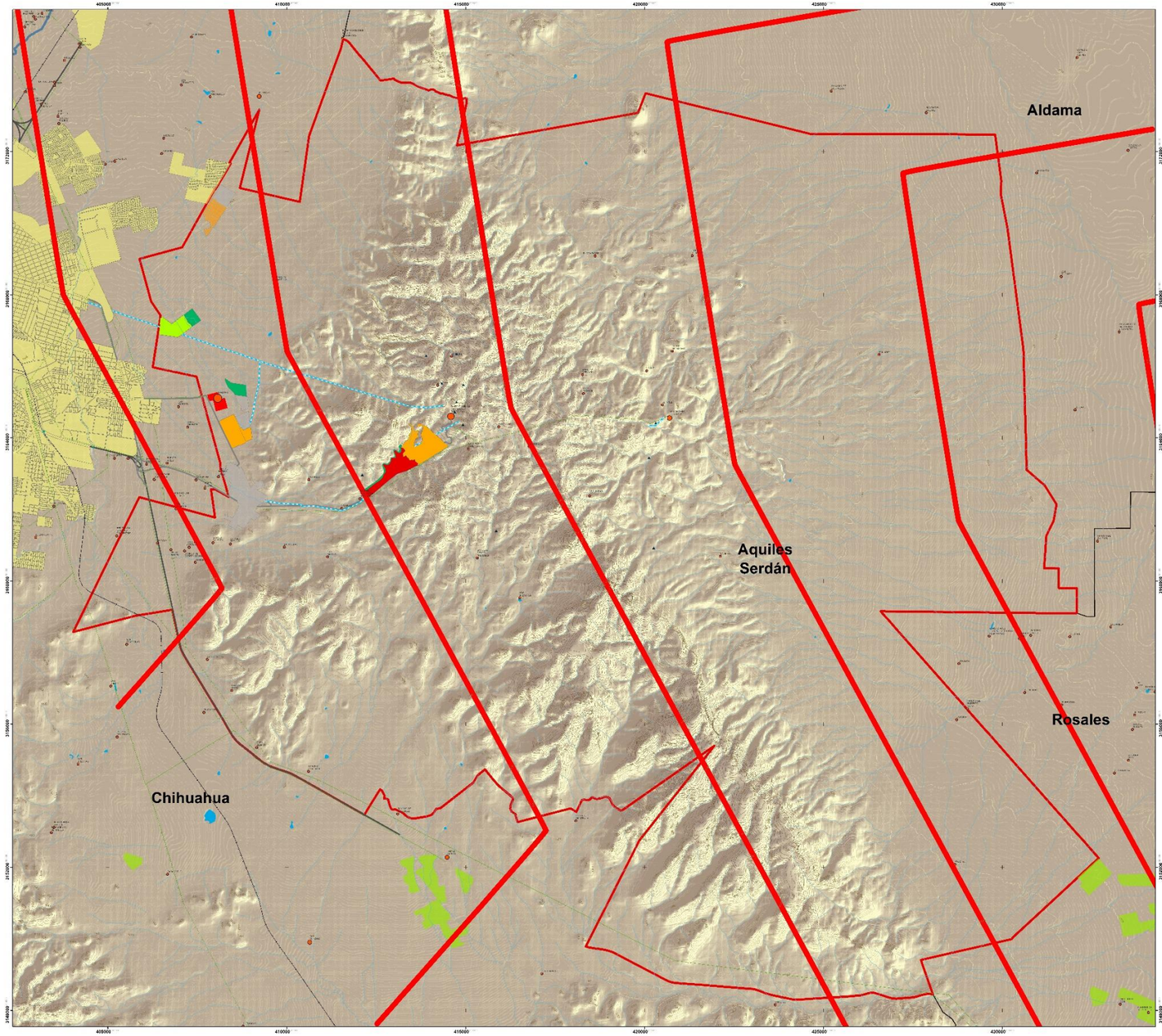
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N
W
E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=10 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Alto	60 a 64 mm
Muy Alto	66 a 76 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Rodusonio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestacion Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Via Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

Isoyetas 24Hr. TR=10 Años

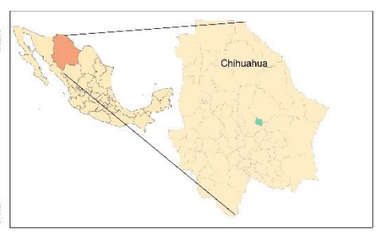
IS-09

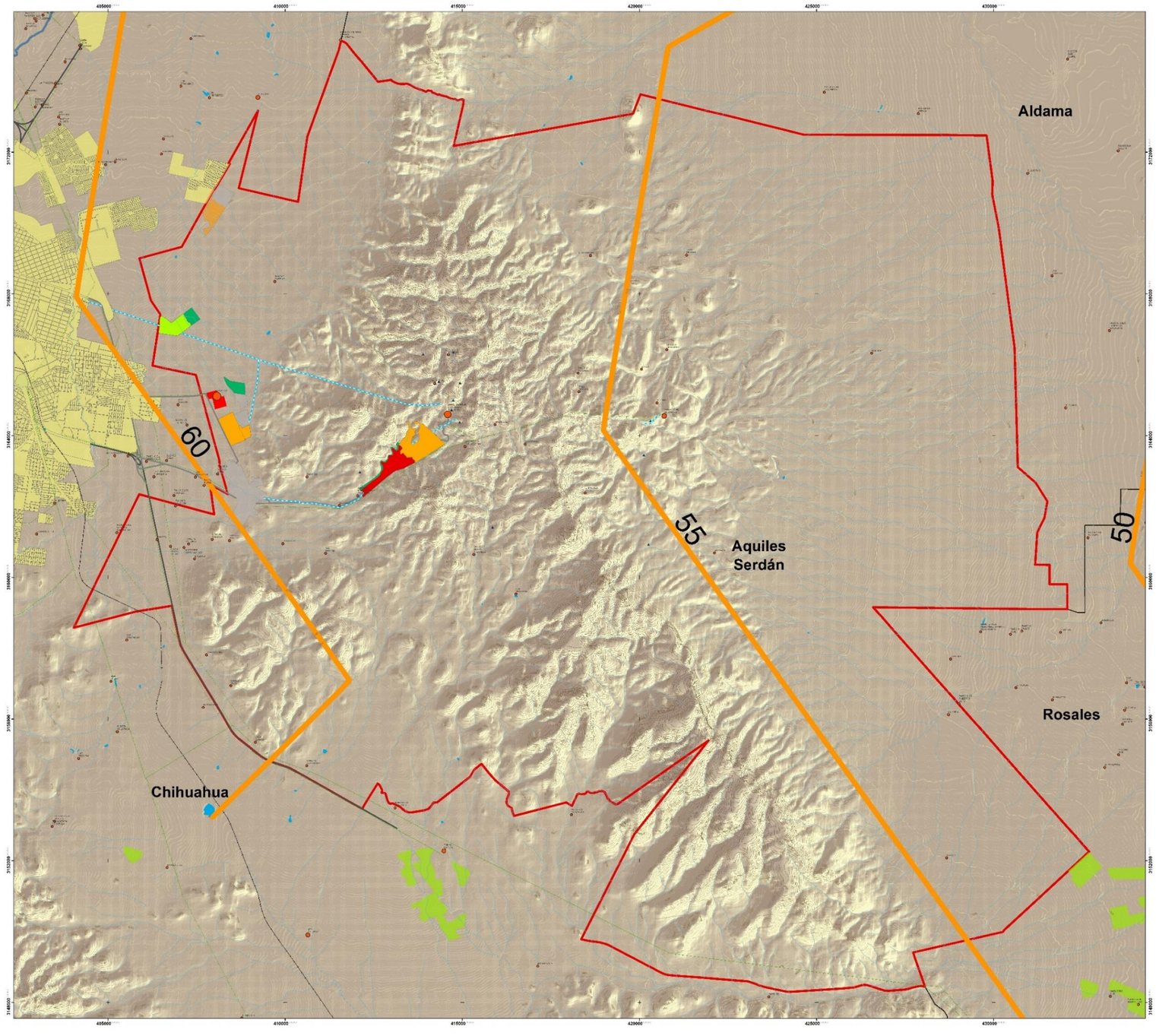
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N W E S

0 900 1.800 3.600 5.400 7.200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=50 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Medio	40 a 48 mm
Alto	50 a 60 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

Isoyetas 1Hr. TR=50 Años

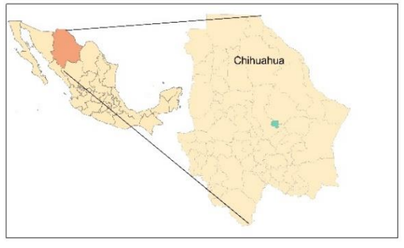
IS-04

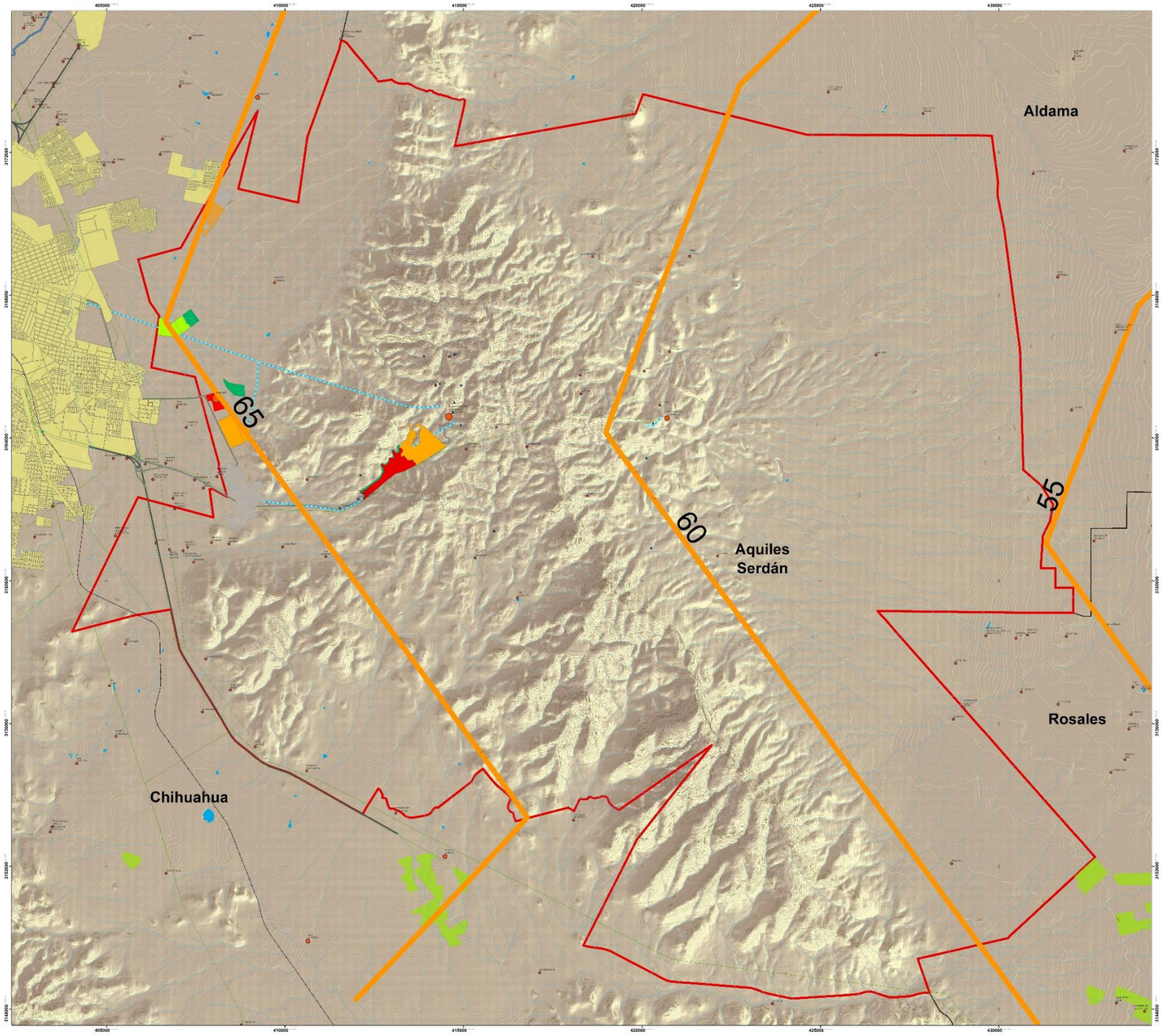
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N
W E
S

0 900 1.800 3.600 5.400 7.200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=100 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Medio	45 mm
Alto	50 a 65 mm
Muy Alto	70 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdan
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih

- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

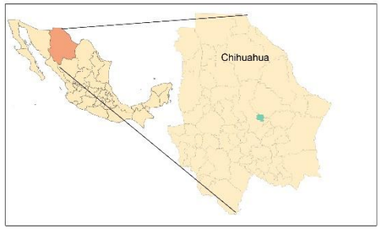
Isoyetas 1Hr. TR=100 Años | IS-05

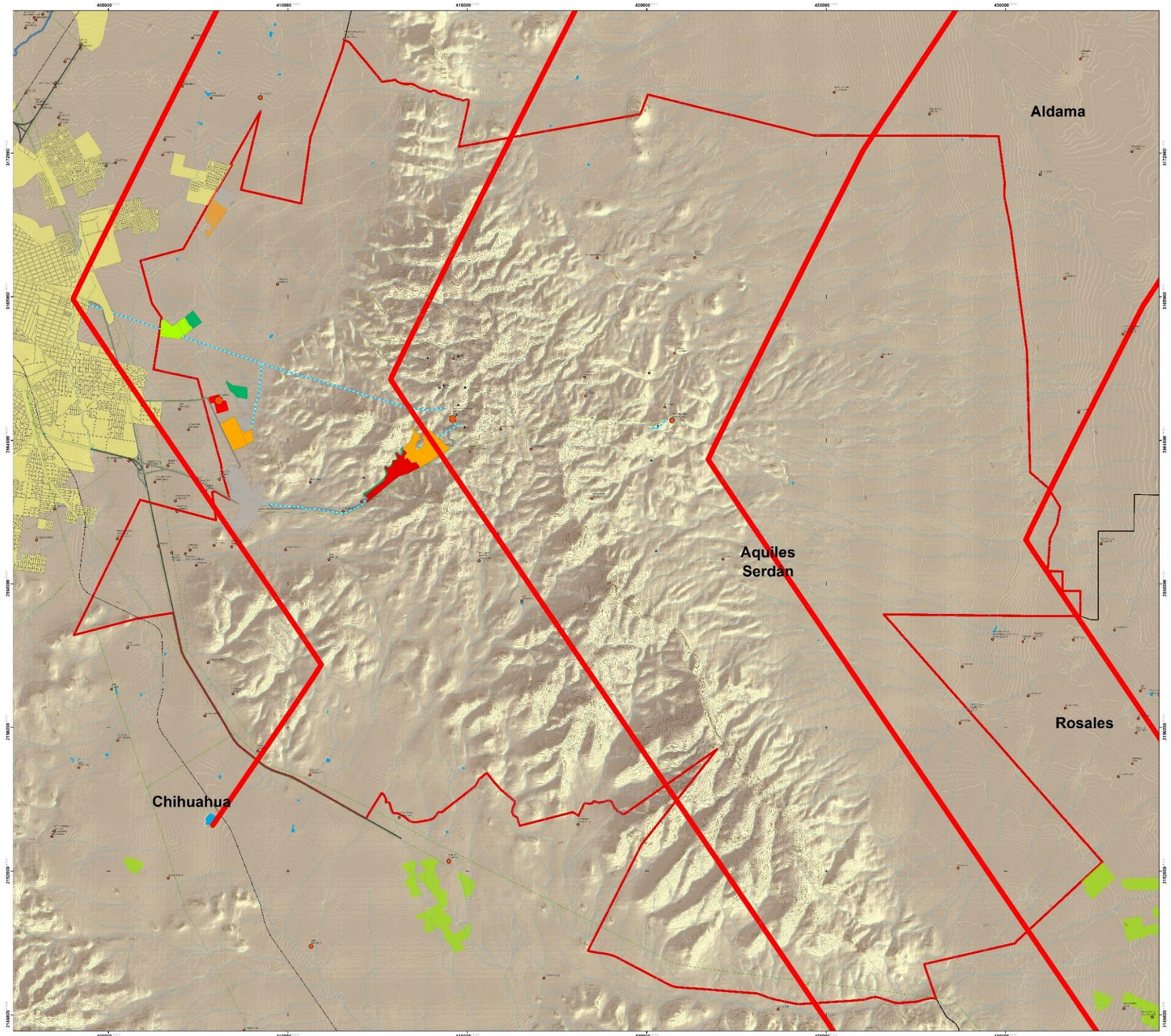
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala:1:35.500

N W E S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=50 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Muy Alto	70 a 105 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

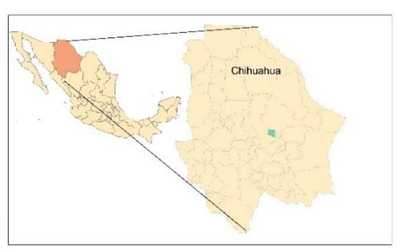
Isoyetas 24Hr. TR=50 Años | **IS-10**

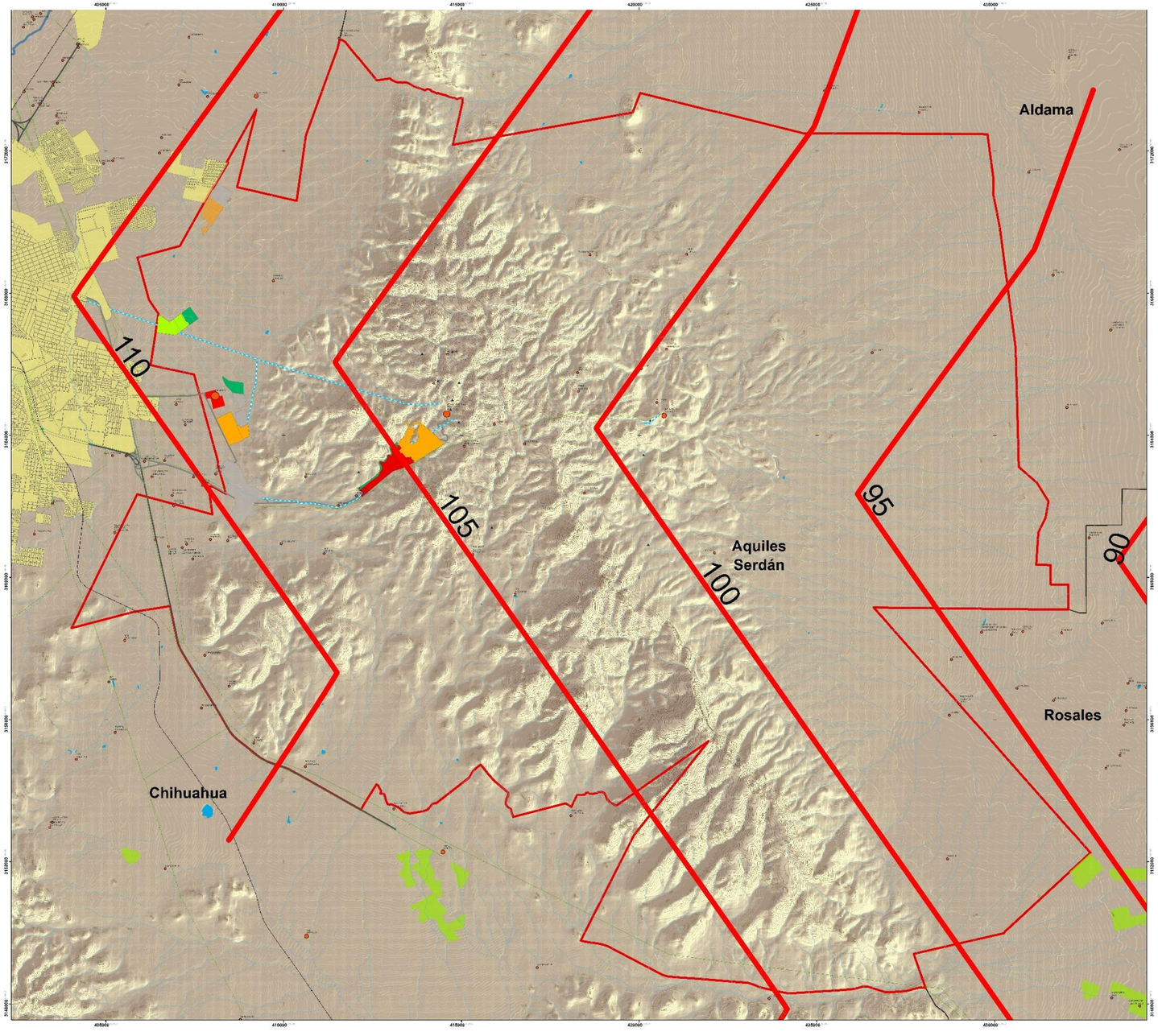
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N W E S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Período de Retorno TR=100 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Muy Alto	75 a 115 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Recursorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Electrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

Isoyetas 24Hr. TR=100 Años

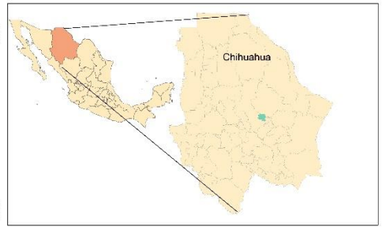
IS-11

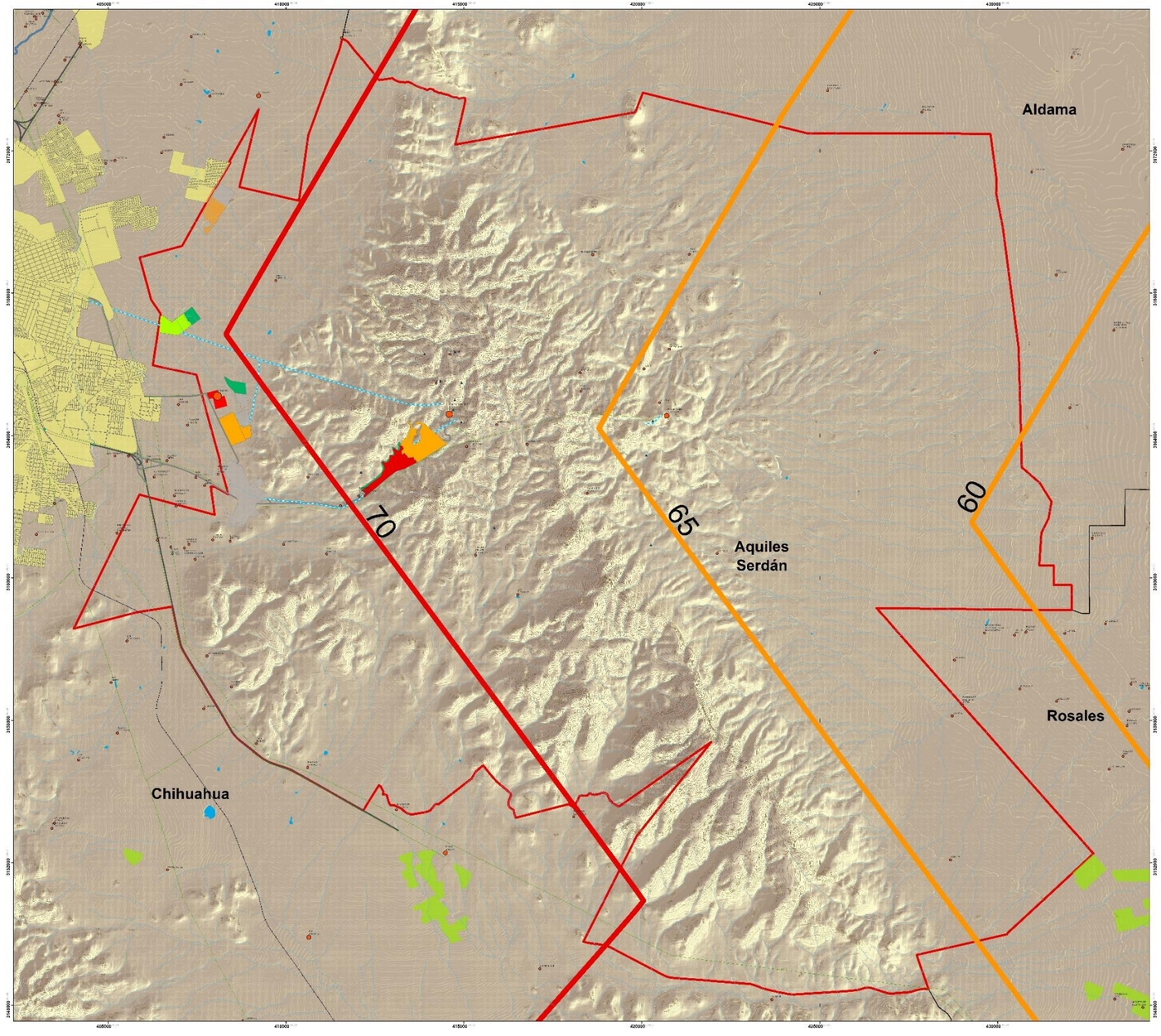
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala:1:35.500

N
W E
S

0 900 1.800 3.600 5.400 7.200 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

ases

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=200 en 1Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Medio	50 mm
Alto	55 a 65 mm
Muy Alto	70 a 75 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 3010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih

- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía f errea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

Isoyetas 1Hr. TR=200 Años

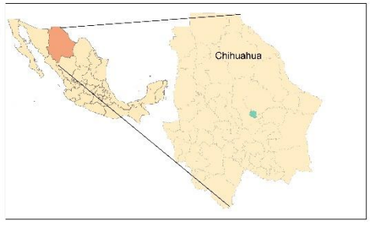
IS-06

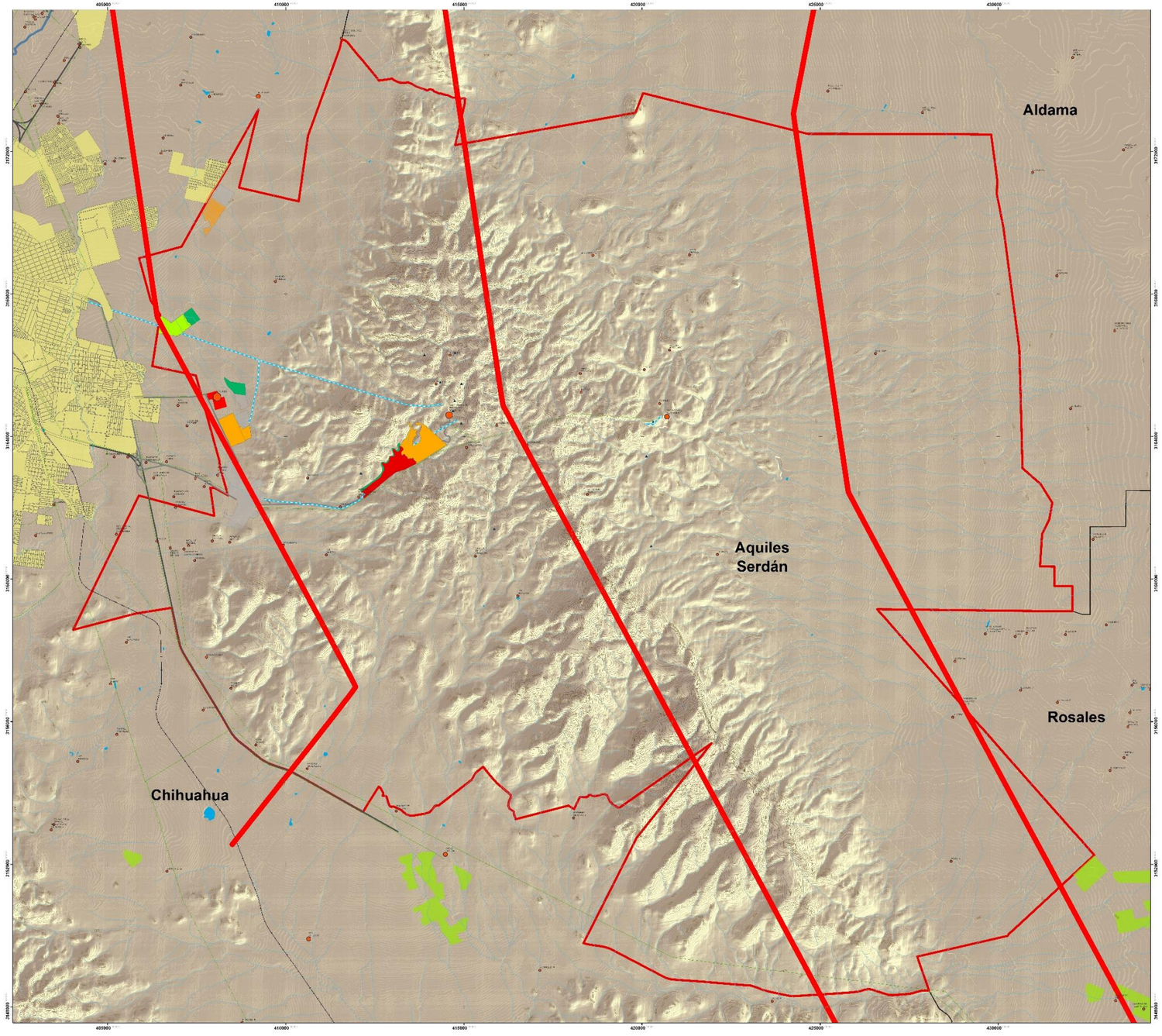
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

Escala: 1:35.500

N
W E
S

0 950 1.900 3.800 5.700 7.600 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH

ases

Simbología Temática

Isoyetas
Periodo de Retorno TR=200 en 24Hr.

Nivel_Peligro	Precipitación
Muy Alto	80 a 140 mm

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Aquiles Serdán
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Electrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Curvas @200m

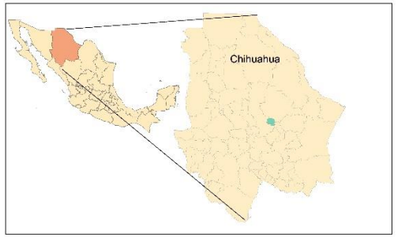
Isoyetas 24Hr. TR=200 Años

IS-12

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84
Escala: 1:35.500

N
W E
S

0 900 1,800 3,600 5,400 7,200 Meters



5.2.11. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.

La escala de análisis para inundaciones es nivel 3, sin embargo, no es un fenómeno que se haya presentado de forma representativa en el municipio, el motivo del análisis es la variación en la precipitación pudiera representar un riesgo potencial.

En este apartado se describe la metodología que se siguió para determinar las áreas con riesgo de inundación, en donde se consideraron los rasgos geomorfológicos del municipio, las corrientes de agua que pudieran representar un riesgo y el análisis de la precipitación para los diferentes periodos de retorno. El procesamiento de la información se realizó a través del software Hec-Ras y su aplicación para ArcMap HecGeo-Ras que permiten hacer un modelo de la simulación hidráulica. El método que se siguió se describe a continuación, considerando como primer paso la delimitación de microcuencas.

Delimitación de microcuencas

Las microcuencas representan la superficie mínima de drenado por un único sistema de drenaje natural. Se delimita a través de los rasgos geomorfológicos se delinea por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Su delimitación facilita la modelación porque reduce la superficie y nos brinda los resultados a una mayor escala.

Para obtener las microcuencas del municipio se utilizó un Sistema de información geográfico con el software ArcMap en el que a través de las herramientas Hydrology de Spatial Analyst, logra delimitar estas superficies. Teniendo como insumo principal el modelo digital de elevación del área de estudio. El resultado muestra que en el municipio se delimitaron 19 microcuencas, como se observa en la siguiente ilustración.

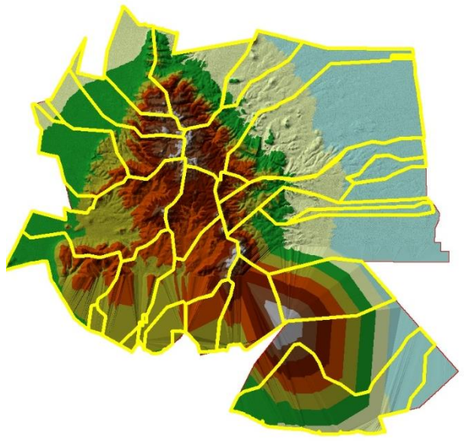


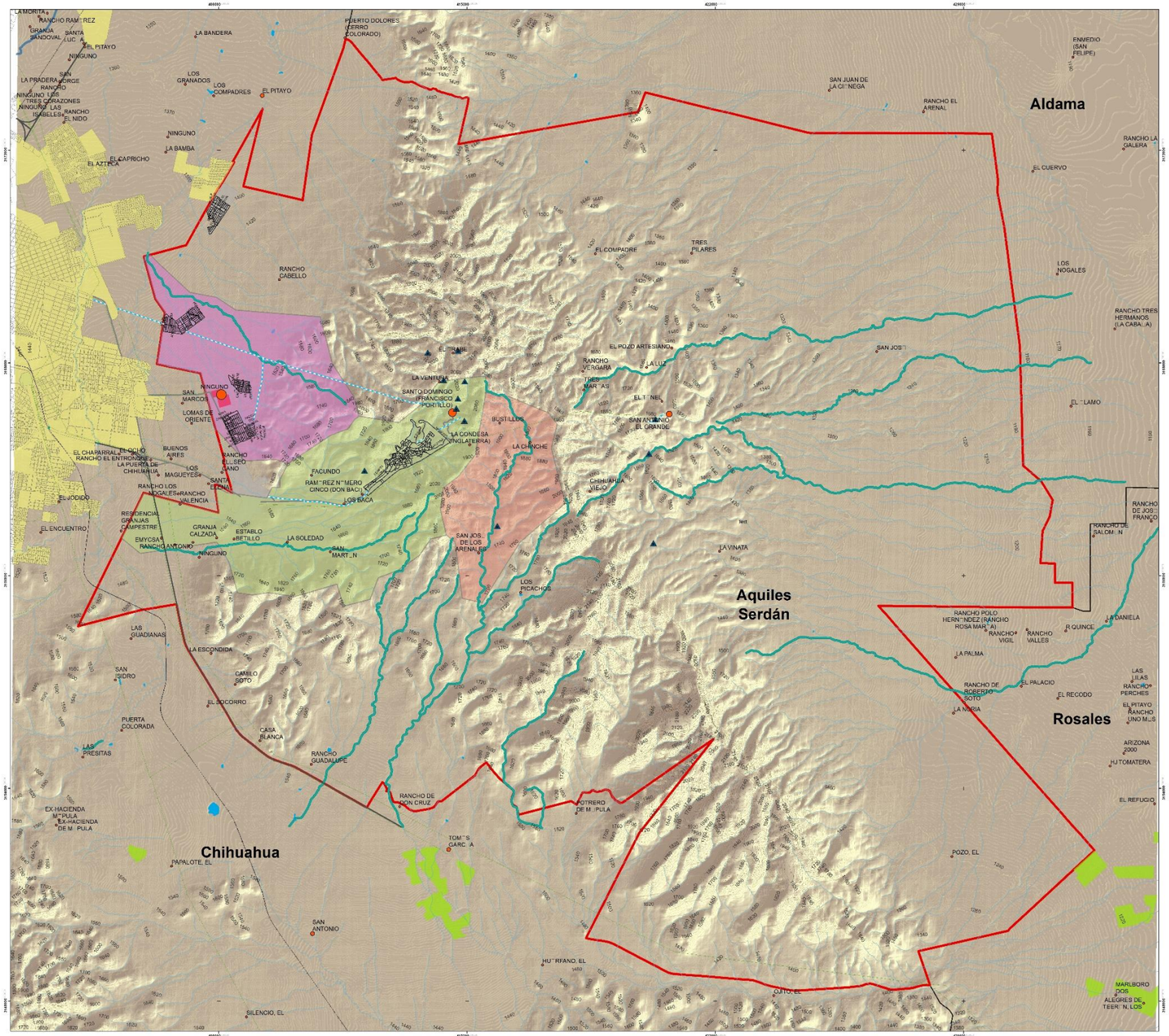
Ilustración 1 microcuencas delimitadas en el municipio

Las microcuencas que se observan en la imagen anterior, corresponden a las corrientes de agua existentes, sin embargo, no se considera prioritario analizar todas, por lo que a continuación de describe los factores con los cuales se determinó cuales se analizaran.

Identificación de Sitios de Riesgo

La hidrología del municipio está conformado por corrientes solo de condición Intermitente que se definen como aquellas que solo tienen agua durante alguna parte del año (por lo general, en la época de lluvias o deshielo), y aunque se considere un zona muy árida, es necesario evaluar el riesgo analizando que se presente un fenómeno de precipitación máxima extrema, por lo que se toma en cuenta la precipitación máxima registrada en el periodo de 1971 al 2010, así como los periodos de retorno estimados en el periodo anterior.

Como queda descartado antecedente de este fenómeno, se definieron factores de riesgo potencial para la selección de la microcuenca, como aquellas que se encuentren cercanas a un asentamiento humano o a las actividades productivas. De esta forma solo quedan 4 microcuencas cercanas a las localidades más importantes ya que en estas están las actividades productivas más representativas ya que no hay se encuentran áreas de cultivo. Lo anterior se puede observar en el siguiente mapa.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Microcuencas

Nombre de la corriente principal

- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

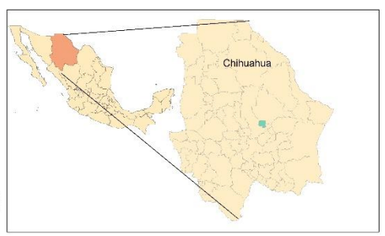
Analisis de Inundación

MB: 01

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



Precipitación

Los valores de precipitación se utilizaron para el cálculo de los escurrimientos pico considerando los escenarios más catastróficos. Por lo cual a partir del análisis de precipitación que se muestra en este mismo documento se seleccionaron los valores calculados de la precipitación máxima en 24 horas para los 6 periodos de retorno de las estaciones meteorológicas más cercanas a las microcuencas que se analizaran. Los cuales fueron extraídos de los bancos de datos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua mediante la base de datos Eric III y de información obtenida directamente de la Comisión Nacional del Agua en el Estado de Chihuahua, los valores se muestran en la siguiente tabla. Además, se tomaron los valores de precipitación máxima histórica para el cálculo del coeficiente de rugosidad como se indica más adelante.

TABLA 165. VALORES DE PRECIPITACIÓN CALCULADOS PARA LOS PERIODOS DE RETORNO

		TR 2	TR 5	TR 10	TR 50	TR 100	TR 200
No. ID	NOMBRE	24 HR	24 HR	24 HR	24 HR	24 HR	24 HR
		mm	Mm	mm	mm	mm	mm
8040	OBSERVATORIO MPIO DE CHIH	48.85	67.09	79.16	105.73	116.96	142.92

Modelo de Simulación con el HEC-RAS

El programa Hec-Ras fue elaborado por el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, el cual está destinado permite realizar la modelación de simulación hidrológica. A través del cálculo de los perfiles de la superficie del agua tomando en cuenta el flujo gradualmente variado en canales naturales o hechos por el hombre. Además, genera las llanuras de inundación que se encuentran dentro del canal de estudio. Ambos perfiles de flujo pueden calcularse subcríticos y supercríticos de acuerdo a su profundidad. Los efectos de las obstrucciones se basan en los valores del cálculo de la ecuación de perdida de energía dimensional debida fricción evaluado con la ecuación Manning's. El procedimiento de cálculo se conoce generalmente como el método de paso estándar (manual del usuario HEC-RAS).

Siendo los principales resultados los perfiles y las llanuras, todos estos se calculan tomando como principal insumo para la modelación el Modelo Digital de Elevaciones, considerando el de mejor escala el de 15 metros, en los que se pudiera representar una variación en los resultados a la realidad.

Los pasos que se deben de seguir para el resultado final se indican a continuación:

Geometría

La geometría corresponde a la digitalización del canal o rio donde se analizará los niveles de los perfiles y las llanuras de inundación, para esto en una primera parte se digitaliza en ArcMap con la aplicación de HecGeoRas en donde a partir del modelo digital de elevaciones se determinan los límites y se crean las siguientes capas considerando los siguientes factores:

Rio: este corresponde a las corrientes de agua que se determinó anteriormente que serían analizadas, las cuales fueron obtenidas de la carta topografía a escala 1: 20,000. Debajo de la descripción de los elementos de la geometría se muestra la una figura 37 de cómo se digitalizaron en ArcMap y el rio se ve de color azul obscuro.

Bancos: son los límites que de acuerdo a la geomorfología del sitio permite el paso del agua y que se puede observar que a causa de esto se ha erosionado en el modelo Digital de Elevaciones. Se digitalizan en el mismo sentido de la corriente y los dos costados del rio. En la figura 38 se observan en color verde.

Recorridos de flujo: En la figura 39 se muestran en color azul claro y al igual que los bancos se dibujan de los dos costados del rio, pero estos hacen contorno de los bancos y se digitalizan considerando el área posible de inundación.

Perfiles: estas últimas secciones se dibujan iniciando aguas arriba de manera perpendicular al rio y deben de atravesar hasta el límite de los recorridos de flujo. En este caso se trató de seguir una misma distancia entre cada una de estas. En la figura 40 se muestran en color verde.

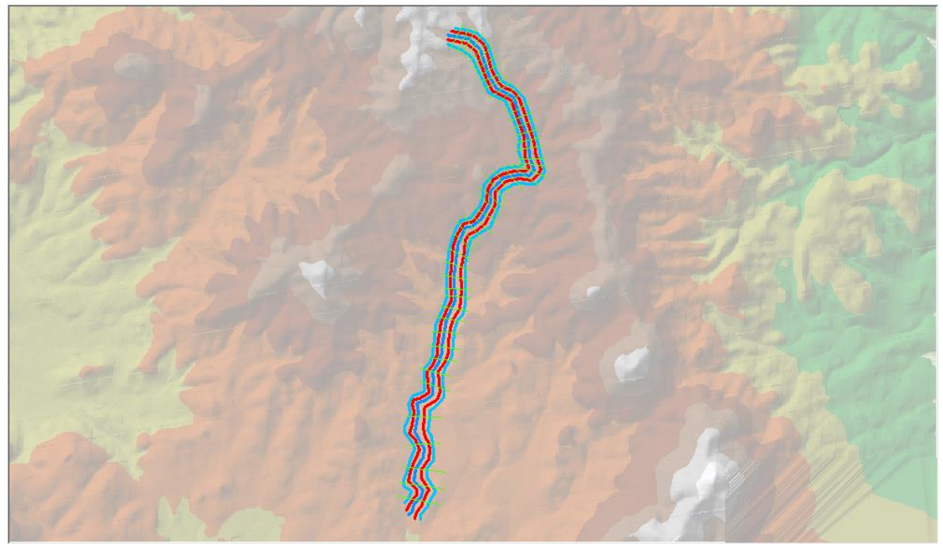


Ilustración 2 ejemplo de la digitalización de la geometría en ArcMap

Finalmente se exportan al software HecRas y se ingresan los datos para los cálculos del modelo. Ya Exportados se muestran en el software de la siguiente manera:

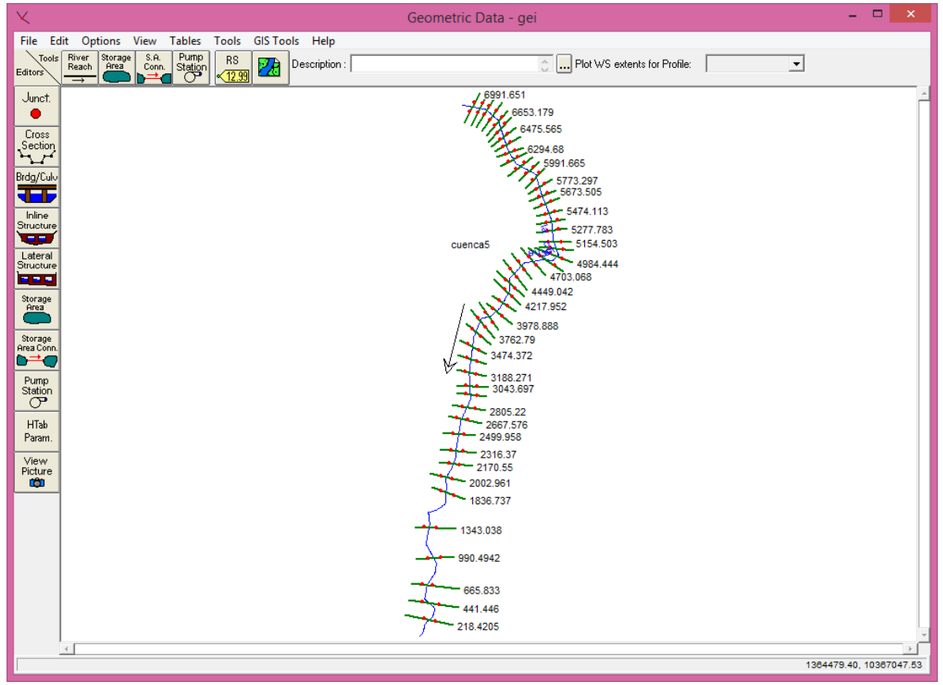


Ilustración 3 ejemplo de la geometría exportada al software HecRas

Coeficiente de Manning

Este coeficiente se asigna para cada uno de los perfiles, con el fin de evaluar la pérdida de energía de carga de acuerdo a los valores de rugosidad y los valores de pérdida por fricción que dependen de los factores de la cantidad y tipo de vegetación. Para lo cual se consultó la siguiente tabla y los valores a considerar corresponde a 0.027- 0.030 por ser corrientes náturales y perenes.

TABLA 166. VALORES DE COEFICIENTE DE MANNING

Coeficiente de Manning	
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,2001
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,08

Datos de flujo para los Perfiles

El flujo se calculó a partir del Escurrimiento pico que se da en m3/s. La fórmula que se utilizó se muestra a continuación:

Qp = (C * L *A) /360

Donde:

Qp = Escurrimiento pico (m3/s)

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

L = Lluvia máxima en 24 h (mm)

A = Superficie de la cuenca (ha)

360 = Factor de ajuste de unidades, suponiendo que la lluvia ocurre en 1 h.

Para lo cual fue necesario hacer el cálculo correspondiente al Coeficiente de escurrimiento (adimensional) a partir de la siguiente formula

C = K * (P-250) /2,000

En donde K es el coeficiente de fricción de acuerdo al tipo y al uso de suelo considerando los siguientes valores en la tabla 163, para el cual se usó el número 7 con un tipo de suelo B

TABLA 167. VALORES DE K POR USO DEL SUELO

Valores de K por uso del suelo				
	Uso del Suelo	Tipo de suelo		
		A	B	C
1	Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
2	Cultivos en hilera	0.24	0.27	0.30
3	Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
4	Cultivos de granos pequeños	0.24	0.27	0.30
5	Pastizal (> 75% de cobertura)	0.14	0.20	0.28
6	Pastizal (50 - 75% de cobertura)	0.20	0.24	0.30
7	Pastizal (<50% de cobertura)	0.24	0.28	0.30
8	Bosque (> 75% de cobertura)	0.07	0.16	0.24
9	Bosque (50 - 75% de cobertura)	0.12	0.22	0.26
10	Bosque (<50% de cobertura)	0.17	0.26	0.28
11	Bosque (<25% de cobertura)	0.22	0.28	0.30
12	Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
13	Caminos	0.27	0.30	0.33
14	Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Mientras que los valores de la precipitación se obtuvieron de la Estación meteorológica más cercana del Servicio Meteorológico Nacional que es la estación denominada Observatorio de Chihuahua, en el municipio de Chihuahua con el número de identificación 8165 que corresponden al Periodo del año 1951 al 2010. La variable de interés fue la precipitación máxima mensual registrada, los valores se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 168. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA Y LA FECHA EN QUE SE REGISTRO

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
25. 6	14.6	28.5	18.6	62.1	39.1	91.4	63.2	80	45	17.5	40
14/2004	02/2010	20/2004	26/2001	26/2005	03/1977	25/2004	21/2001	04/1981	05/2005	08/1974	08/1982

De acuerdo a los datos anteriores el resultado es de 0.12. Con ese último dato se obtuvieron los datos de la precipitación calculada para los periodos de retorno que se analizó en la precipitación máxima en el apartado anterior, seleccionando los datos de la estación más cercana a la microcuenca.

Finalmente, después de ingresar el escurrimiento pico se establecen las condiciones de los límites aguas arriba y aguas abajo, en donde se seleccionó la profundidad crítica, considerando el escenario en la situación más riesgosa y se calcula de manera mixta el análisis de flujo que se genera para cada uno de los perfiles que se muestran a través de gráficas y tablas.

Perfiles

Corresponde a la sección de la topografía que se muestra de manera transversal (ilustración X) que representa los perfiles que se delimitaron en la geometría, y sobre estos con los datos de los cálculos que se ingresaron se muestra los niveles de elevación del agua para cada uno de estos y en los diferentes periodos de retorno.

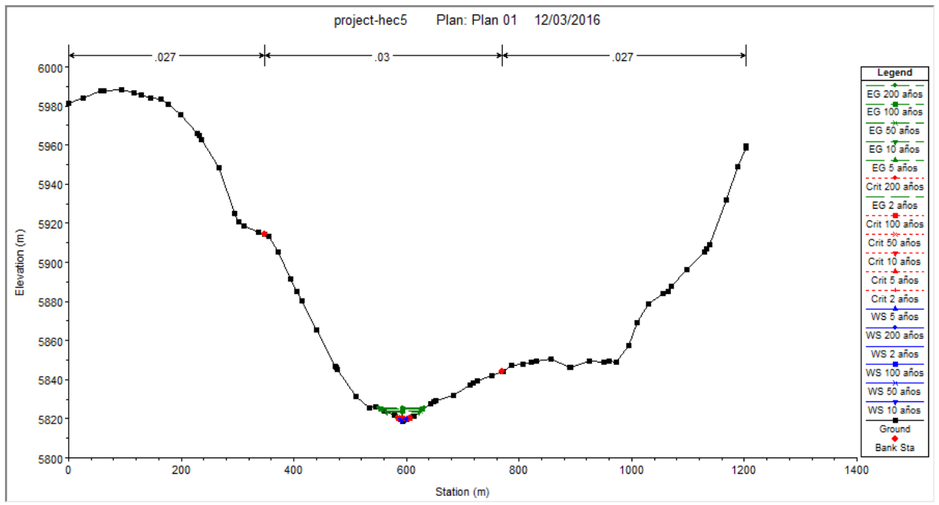


Ilustración 4 ejemplo de uno de los perfiles y los niveles de elevación del agua

De acuerdo al número de perfiles que se digitalizaron para cada microcuenca se identificaran cada uno de acuerdo a su longitud y se mostrara de manera gráfica la altura que alcanza de elevación del agua para cada periodo de retorno.

Además de las gráficas se generan tablas que indican las siguientes variables:

Q total (m3/s) = total flow cross section (flujo total de la sección transversal)

Min Ch El (m) = minimum main channel elevation (elevación mínima canal principal)

W.S. Elev (m) = calculated water surface from energy equation (superficie del agua calculada a partir de ecuación de energía)

Crit W.S. (m) = Critical water surface elevation. Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve (elevación Crítica de la superficie del agua. La superficie del agua correspondiente a la energía mínima de la energía frente a la curva de profundidad)

E.G. Elev (m)= energy gradeline for given WSEL (wáter Surface elevation) (Rasante energía para la superficie de elevación del agua dada)

E.G. Slope (m/m) = slope of energy grade line at cross section (grado de energía de la línea de la Pendiente en la sección transversal)

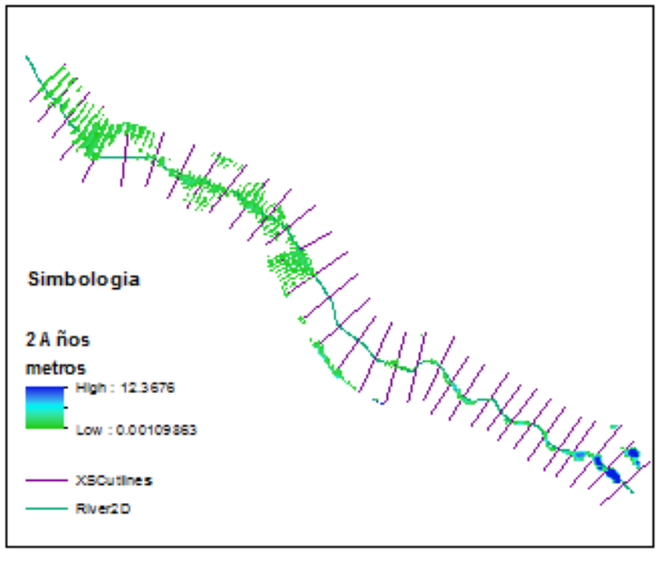
Flow Área (m2) = total area of cross section active flow (área total de la sección transversal de flujo activo)

Top Widh (m) = top width of the wetted cross section (ancho de la parte superior de la sección transversal mojada)

En donde el valor más importante es el Min Ch El, que representa la elevación que puede alcanzar si se presentara una precipitación de esa magnitud.

Llanuras de inundación

La representación de las llanuras es a través de polígono en formato tipo raster que indican la superficie dentro de los recorridos de flujo que se delimitaron. Cada uno de los polígonos de raster contiene los valores en cada pixel de la altura en metros que puede alcanzar el agua. Este resultado se obtiene después de exportar a ArcMap los datos generados en HecRas. En la siguiente figura 41 se muestra un ejemplo de los resultados de las llanuras de inundación.



Habiendo definido la metodología, a continuación, se muestras los resultados para cada microcuenca.

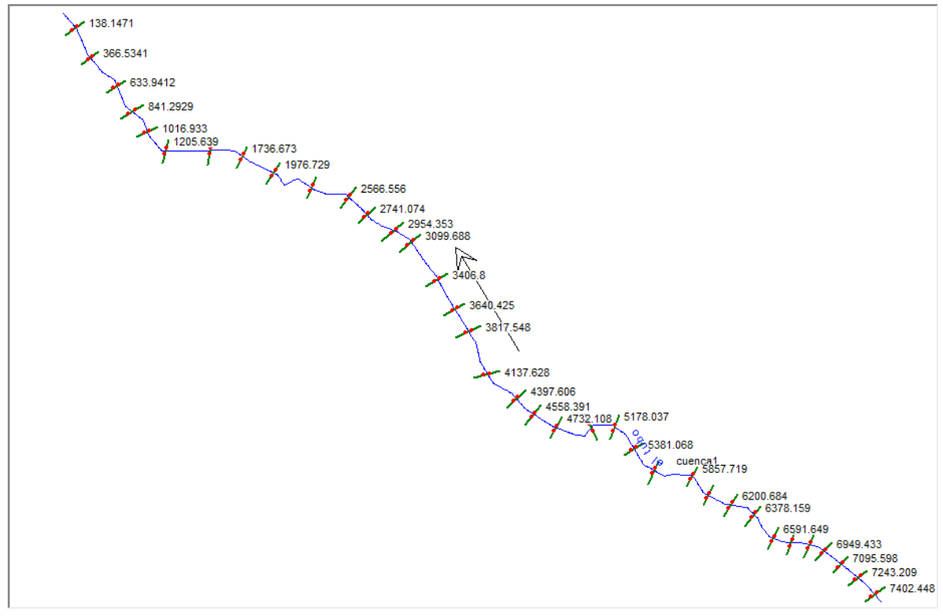
Modelos de simulación para cada microcuenca

A continuación, se muestran los resultados de cada uno de los procesos que se generaron para poder obtener los modelos de cada microcuenca

Microcuenca el tubo

Geometría

La geometría está conformada por la corriente que se denomina según la carta topográfica de INEGI escala 1:20,000 El Tubo con una longitud de 7462 metros, y 36 perfiles. A continuación, se muestra en la siguiente ilustración indicando con una flecha la dirección y en color verde los perfiles.



Calculo de Escurrimiento pico

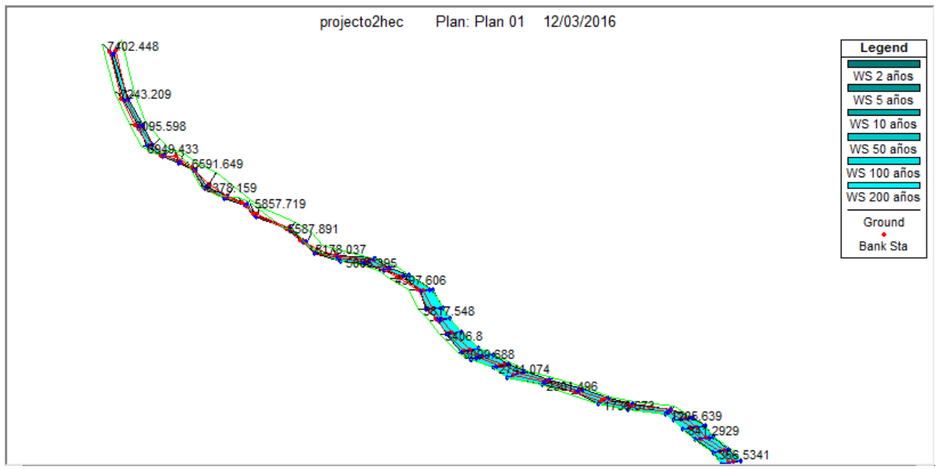
En la siguiente tabla se muestran los valores para cada una de las variables para el cálculo del escurrimiento pico siguiendo la fórmula que se indica anteriormente

TABLA 169. VALORES PARA CADA VARIABLE PARA EL CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO PICO

El Tubo					
periodo de retorno	C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)	L = Lluvia máxima en 24 h (mm)	A = Superficie de la cuenca (ha)	360 = Factor de ajuste de unidades, suponiendo que la lluvia ocurre en 1 h.	Qp = Escurrimiento pico (m3/s)
histórico		OBSERVATORIO	MPIO DE CHIH		
2	0.12	48.85	1803	360	29.35885
5	0.12	67.09	1803	360	40.32109
10	0.12	79.16	1803	360	47.57516
50	0.12	105.73	1803	360	63.54373
100	0.12	116.96	1803	360	70.29296
200	0.12	142.92	1803	360	85.89492

Perfiles y tablas de inundación

Con el procesamiento en Hec-Ras arroja un gráfico en donde se muestra de manera tridimensional los perfiles y su altura en relación a la topografía, así como la altura que alcanza el agua en los escenarios del escurrimiento pico incluidos. Estos se muestran a continuación en la ilustración en las diferentes tonalidades de azul.

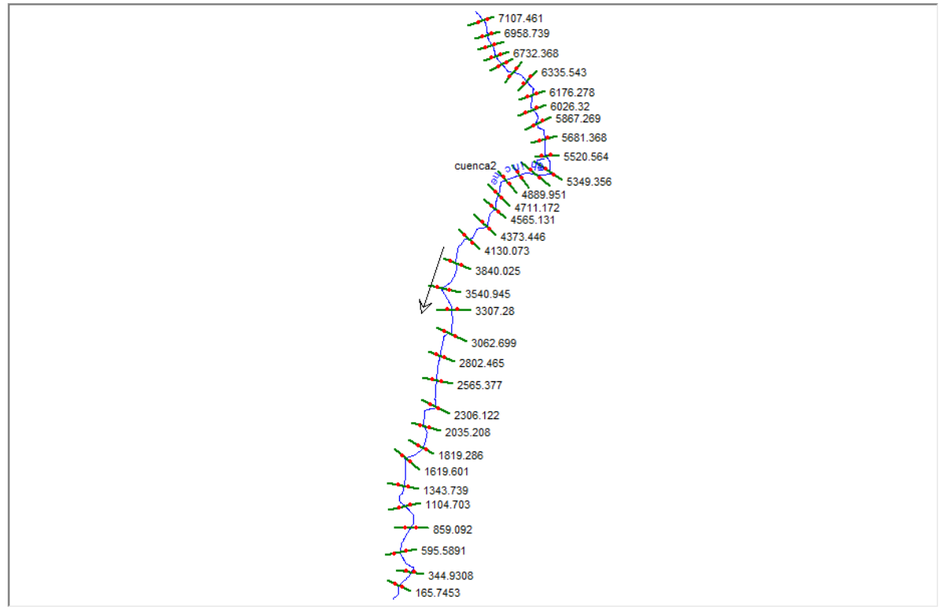


Para interpretar mejor los valores del gráfico, se incluyen las siguientes tablas que muestran las variables indicadas anteriormente y se puede calcular esta elevación del agua considerando la diferencia del valor de Min Ch El y el de Crit. W.S.

TABLA 170. PERFILES Y ALTURA DE ELEVACIÓN DEL AGUA

River Sta.	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Área	Top Width
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)
7402.4	2 años	29.3	1770.9	1771.9	1771.9	1772.3	2.7	10.8	14.6
7402.4	5 años	40.3	1770.9	1772.1	1772.1	1772.5	2.9	13.9	16.1
7402.4	10 años	47.5	1770.9	1772.2	1772.2	1772.7	3.0	15.7	17.0
7402.4	50 años	63.5	1770.9	1772.4	1772.4	1773.0	3.2	19.6	18.7
7402.4	100 años	70.2	1770.9	1772.5	1772.5	1773.1	3.3	21.2	19.3
7402.4	200 años	85.8	1770.9	1772.7	1772.7	1773.3	3.5	24.8	20.7
7243.2	2 años	29.3	1683.9	1684.5	1684.5	1684.7	2.2	13.4	27.6
7243.2	5 años	40.3	1683.9	1684.6	1684.6	1684.9	2.4	17.0	29.7
7243.2	10 años	47.5	1683.9	1684.7	1684.7	1685.0	2.5	19.2	30.9
7243.2	50 años	63.5	1683.9	1684.8	1684.8	1685.2	2.7	23.8	32.9
7243.2	100 años	70.2	1683.9	1684.9	1684.9	1685.3	2.8	25.6	33.6
7243.2	200 años	85.8	1683.9	1685.0	1685.0	1685.4	3.0	29.6	35.0
7095.6	2 años	29.3	1637.7	1638.2	1638.2	1638.5	1.6	13.3	26.3
7095.6	5 años	40.3	1637.7	1638.4	1638.4	1638.7	1.8	17.0	28.5
7095.6	10 años	47.5	1637.7	1638.5	1638.5	1638.8	1.9	19.3	29.8
7095.6	50 años	63.5	1637.7	1638.6	1638.6	1639.0	2.0	23.9	32.4
7095.6	100 años	70.2	1637.7	1638.7	1638.7	1639.1	2.1	25.9	33.4
7095.6	200 años	85.8	1637.7	1638.8	1638.8	1639.2	2.2	30.3	35.5
6949.4	2 años	29.3	1609.5	1610.1	1610.1	1610.4	2.1	13.9	31.9
6949.4	5 años	40.3	1609.5	1610.2	1610.2	1610.5	2.3	18.0	35.8
6949.4	10 años	47.5	1609.5	1610.3	1610.3	1610.6	2.4	20.6	38.1
6949.4	50 años	63.5	1609.5	1610.5	1610.5	1610.8	2.6	26.1	42.5
6949.4	100 años	70.2	1609.5	1610.5	1610.5	1610.8	2.6	28.4	44.2
6949.4	200 años	85.8	1609.5	1610.6	1610.6	1611.0	2.7	33.3	47.6
6838.9	2 años	29.3	1593.5	1593.7	1594.2	1603.4	13.8	2.1	16.6
6838.9	5 años	40.3	1593.5	1593.8	1594.3	1606.8	16.0	2.5	18.1
6838.9	10 años	47.5	1593.5	1593.8	1594.3	1606.3	15.7	3.0	19.8
6838.9	50 años	63.5	1593.5	1593.8	1594.5	1605.3	15.0	4.2	26.3
6838.9	100 años	70.2	1593.5	1593.8	1594.5	1608.0	16.7	4.2	26.2
6838.9	200 años	85.8	1593.5	1593.9	1594.6	1605.7	15.3	5.7	28.2
6716.2	2 años	29.3	1581.1	1581.6	1581.8	1582.5	3.6	7.1	18.8

6716.2	5 años	40.3	1581.1	1581.7	1582.0	1582.8	4.2	8.6	19.4
6716.2	10 años	47.5	1581.1	1581.7	1582.1	1583.0	4.5	9.6	19.7
6716.2	50 años	63.5	1581.1	1581.8	1582.2	1583.4	5.0	11.7	20.5
6716.2	100 años	70.2	1581.1	1581.8	1582.3	1583.5	5.3	12.3	20.7
6716.2	200 años	85.8	1581.1	1581.9	1582.5	1583.8	5.7	14.1	21.3
6591.6	2 años	29.3	1570.2	1570.9	1571.4	1572.9	6.3	4.7	12.7
6591.6	5 años	40.3	1570.2	1571.0	1571.6	1573.3	6.8	6.1	14.5
6591.6	10 años	47.5	1570.2	1571.1	1571.6	1573.6	7.0	6.9	15.5
6591.6	50 años	63.5	1570.2	1571.2	1571.8	1574.1	7.7	8.6	17.3
6591.6	100 años	70.2	1570.2	1571.2	1571.9	1574.2	7.8	9.4	18.1
6591.6	200 años	85.8	1570.2	1571.3	1572.0	1574.6	8.2	10.9	19.5
6378.2	2 años	29.3	1554.6	1555.2	1555.4	1556.0	4.0	7.5	22.0
6378.2	5 años	40.3	1554.6	1555.3	1555.6	1556.3	4.6	9.0	23.1
6378.2	10 años	47.5	1554.6	1555.3	1555.6	1556.5	4.9	10.1	23.8
6378.2	50 años	63.5	1554.6	1555.4	1555.8	1556.8	5.4	12.2	25.3
6378.2	100 años	70.2	1554.6	1555.4	1555.9	1556.9	5.6	13.0	25.7
6378.2	200 años	85.8	1554.6	1555.5	1556.0	1557.2	6.0	14.8	26.9



Microcuenca La Chinche

Geometría

La geometría está conformada por la corriente que se denomina según la carta topográfica de INEGI escala 1:20,000 La Chinche con una longitud de 7222 metros y 36 perfiles. A continuación, se muestra en la siguiente ilustración indicando con una flecha la dirección y en color verde los perfiles.

Calculo Escurrimiento pico

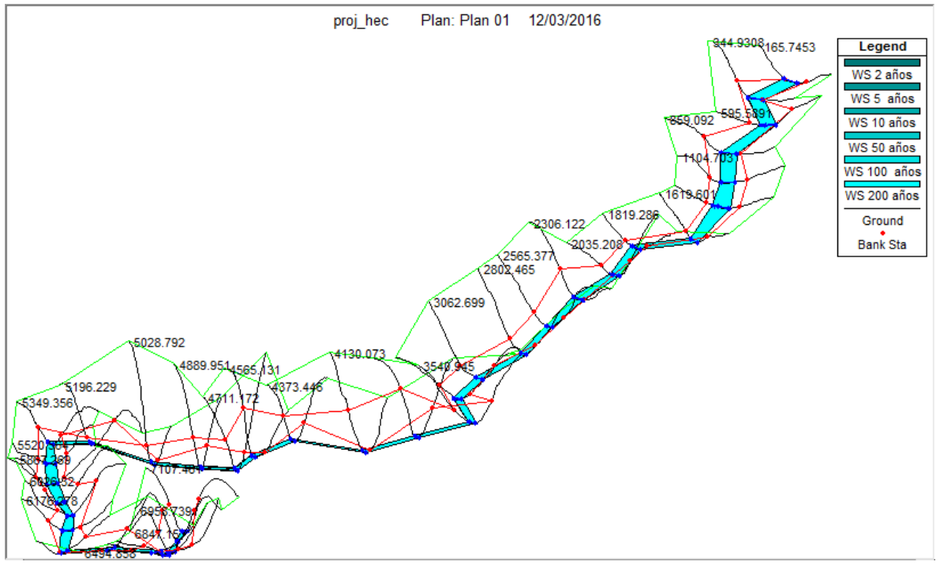
En la siguiente tabla se muestran los valores para cada una de las variables para el cálculo del escurrimiento pico siguiendo la fórmula que se indica anteriormente.

TABLA 171. VALORES PARA CADA VARIABLE PARA EL CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO PICO

La Chinche					
periodo de retorno	C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)	L = Lluvia máxima en 24 h (mm)	A = Superficie de la cuenca (ha)	360 = Factor de ajuste de unidades, suponiendo que la lluvia ocurre en 1 h.	Qp = Escurrimiento pico (m3/s)
histórico		OBSERVATORIO	MPIO DE CHIH		
2	0.12	48.85	1215	360	19.78425
5	0.12	67.09	1215	360	27.17145
10	0.12	79.16	1215	360	32.0598
50	0.12	105.73	1215	360	42.82065
100	0.12	116.96	1215	360	47.3688
200	0.12	142.92	1215	360	57.8826

Perfiles y tablas de altura de elevación del agua

Con el procesamiento en Hec-Ras arroja un gráfico en donde se muestra de manera tridimensional los perfiles y su altura en relación a la topografía, así como la altura que alcanza el agua en los escenarios del escurrimiento pico incluidos. Estos se muestran a continuación en la ilustración en las diferentes tonalidades de azul.



Para interpretar mejor los valores del gráfico, se incluyen las siguientes tablas que muestran las variables indicadas anteriormente y se puede calcular esta elevación del agua considerando la diferencia del valor de Min Ch El y el de Crit. W.S.

TABLA 172. PERFILES Y ALTURA DE ELEVACIÓN DE AGUA

River Sta.	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Flow Área	Top Width
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m2)	(m)
7107.5	2 años	19.7	1941.4	1942.6	1942.6	1942.9	7.7	11.6
7107.5	5 años	27.1	1941.4	1942.8	1942.8	1943.1	9.9	13.1
7107.5	10 años	32.1	1941.4	1942.9	1942.9	1943.3	11.3	14.0
7107.5	50 años	42.8	1941.4	1943.1	1943.1	1943.5	14.3	15.7
7107.5	100 años	47.3	1941.4	1943.1	1943.1	1943.6	15.4	16.3
7107.5	200 años	57.8	1941.4	1943.3	1943.3	1943.8	18.1	17.6
6958.7	2 años	19.7	1919.7	1920.1	1920.9	1936.5	1.1	4.9
6958.7	5 años	27.1	1919.7	1920.2	1921.0	1935.2	1.6	5.9
6958.7	10 años	32.1	1919.7	1920.2	1921.1	1937.6	1.7	6.2
6958.7	50 años	42.8	1919.7	1920.3	1921.3	1936.4	2.4	7.3
6958.7	100 años	47.3	1919.7	1920.4	1921.4	1937.8	2.6	7.5
6958.7	200 años	57.8	1919.7	1920.4	1921.5	1937.8	3.1	8.3
6847.2	2 años	19.7	1900.8	1901.2	1901.4	1901.9	5.3	20.6
6847.2	5 años	27.1	1900.8	1901.2	1901.5	1902.2	6.1	21.3
6847.2	10 años	32.1	1900.8	1901.2	1901.5	1902.6	6.2	21.4
6847.2	50 años	42.8	1900.8	1901.3	1901.7	1902.8	7.9	22.9
6847.2	100 años	47.3	1900.8	1901.3	1901.7	1902.8	8.7	23.6
6847.2	200 años	57.8	1900.8	1901.4	1901.8	1903.3	9.3	24.1
6732.4	2 años	19.7	1885.6	1886.2	1886.5	1888.3	3.1	11.2
6732.4	5 años	27.1	1885.6	1886.3	1886.6	1888.0	4.7	17.5
6732.4	10 años	32.1	1885.6	1886.3	1886.7	1887.7	6.1	20.6
6732.4	50 años	42.8	1885.6	1886.4	1886.8	1888.3	7.0	21.3
6732.4	100 años	47.3	1885.6	1886.4	1886.9	1888.6	7.3	21.4
6732.4	200 años	57.8	1885.6	1886.5	1887.0	1888.6	8.9	22.5
6633.8	2 años	19.7	1877.7	1878.2	1878.4	1878.7	6.3	25.1
6633.8	5 años	27.1	1877.7	1878.3	1878.5	1878.9	7.7	26.6
6633.8	10 años	32.1	1877.7	1878.3	1878.5	1879.1	8.3	27.3
6633.8	50 años	42.8	1877.7	1878.4	1878.6	1879.3	10.3	29.2
6633.8	100 años	47.3	1877.7	1878.4	1878.7	1879.3	11.2	30.0
6633.8	200 años	57.8	1877.7	1878.4	1878.8	1879.6	12.2	30.9
6494.9	2 años	19.7	1871.0	1871.4	1871.6	1871.9	6.7	24.8
6494.9	5 años	27.1	1871.0	1871.5	1871.7	1872.0	8.5	27.8
6494.9	10 años	32.1	1871.0	1871.6	1871.7	1872.1	9.8	29.2
6494.9	50 años	42.8	1871.0	1871.6	1871.8	1872.3	11.8	31.1
6494.9	100 años	47.3	1871.0	1871.6	1871.9	1872.4	12.5	31.8
6494.9	200 años	57.8	1871.0	1871.7	1872.0	1872.5	14.8	33.9
6335.5	2 años	19.7	1859.3	1859.8	1860.1	1860.8	4.4	17.8
6335.5	5 años	27.1	1859.3	1859.9	1860.2	1861.1	5.5	19.7
6335.5	10 años	32.1	1859.3	1859.9	1860.2	1861.3	6.1	20.6
6335.5	50 años	42.8	1859.3	1860.0	1860.3	1861.5	7.8	23.0
6335.5	100 años	47.3	1859.3	1860.0	1860.4	1861.6	8.5	23.9
6335.5	200 años	57.8	1859.3	1860.0	1860.4	1861.7	10.1	33.2

6176.3	2 años	19.7	1855.1	1855.7	1855.7	1855.9	9.9	25.8
6176.3	5 años	27.1	1855.1	1855.8	1855.8	1856.0	12.2	27.9
6176.3	10 años	32.1	1855.1	1855.8	1855.9	1856.1	13.8	29.1
6176.3	50 años	42.8	1855.1	1855.9	1856.0	1856.3	16.6	31.3
6176.3	100 años	47.3	1855.1	1856.0	1856.0	1856.3	17.8	32.2
6176.3	200 años	57.8	1855.1	1856.0	1856.1	1856.4	20.7	34.2
6026.3	2 años	19.7	1850.0	1850.5	1850.8	1851.5	4.4	15.8
6026.3	5 años	27.1	1850.0	1850.6	1850.9	1851.7	5.7	17.8
6026.3	10 años	32.1	1850.0	1850.6	1851.0	1851.9	6.5	18.3
6026.3	50 años	42.8	1850.0	1850.7	1851.1	1852.1	8.3	19.2
6026.3	100 años	47.3	1850.0	1850.8	1851.2	1852.2	9.0	19.6
6026.3	200 años	57.8	1850.0	1850.8	1851.3	1852.4	10.4	20.4
5867.3	2 años	19.7	1843.0	1843.7	1843.8	1844.1	7.3	20.1
5867.3	5 años	27.1	1843.0	1843.8	1843.9	1844.3	9.0	22.4
5867.3	10 años	32.1	1843.0	1843.8	1844.0	1844.4	10.1	23.6
5867.3	50 años	42.8	1843.0	1843.9	1844.1	1844.6	12.1	25.9
5867.3	100 años	47.3	1843.0	1844.0	1844.2	1844.6	12.9	26.6
5867.3	200 años	57.8	1843.0	1844.0	1844.3	1844.8	14.7	28.4
5681.4	2 años	19.7	1838.0	1838.4	1838.5	1838.7	7.6	26.5
5681.4	5 años	27.1	1838.0	1838.4	1838.6	1838.8	9.6	28.8
5681.4	10 años	32.1	1838.0	1838.5	1838.6	1838.9	10.9	30.2
5681.4	50 años	42.8	1838.0	1838.6	1838.7	1839.1	13.8	33.0
5681.4	100 años	47.3	1838.0	1838.6	1838.8	1839.1	15.0	34.0
5681.4	200 años	57.8	1838.0	1838.7	1838.8	1839.2	17.4	36.2
5520.6	2 años	19.7	1834.0	1834.4	1834.5	1834.7	8.6	24.4
5520.6	5 años	27.1	1834.0	1834.5	1834.6	1834.9	10.5	26.1
5520.6	10 años	32.1	1834.0	1834.6	1834.7	1834.9	11.7	27.1
5520.6	50 años	42.8	1834.0	1834.7	1834.8	1835.1	14.2	29.5
5520.6	100 años	47.3	1834.0	1834.7	1834.8	1835.2	15.1	30.5
5520.6	200 años	57.8	1834.0	1834.8	1834.9	1835.3	17.5	32.6
5349.4	2 años	19.7	1829.9	1830.4	1830.6	1830.8	7.1	19.5
5349.4	5 años	27.1	1829.9	1830.5	1830.7	1831.0	9.0	21.0
5349.4	10 años	32.1	1829.9	1830.6	1830.7	1831.1	10.2	21.6
5349.4	50 años	42.8	1829.9	1830.7	1830.9	1831.3	12.6	22.8
5349.4	100 años	47.3	1829.9	1830.7	1830.9	1831.4	13.6	23.2
5349.4	200 años	57.8	1829.9	1830.8	1831.0	1831.5	15.8	24.2

5196.2	2 años	19.7	1826.2	1827.5	1827.6	1828.0	6.7	9.7
5196.2	5 años	27.1	1826.2	1827.7	1827.8	1828.2	8.5	10.8
5196.2	10 años	32.1	1826.2	1827.8	1827.9	1828.4	9.7	11.5
5196.2	50 años	42.8	1826.2	1828.0	1828.1	1828.7	12.0	12.8
5196.2	100 años	47.3	1826.2	1828.1	1828.2	1828.8	12.9	13.3
5196.2	200 años	57.8	1826.2	1828.3	1828.4	1829.0	15.1	14.3
5028.8	2 años	19.7	1818.8	1819.0	1819.3	1821.1	3.1	22.5
5028.8	5 años	27.1	1818.8	1819.1	1819.4	1821.5	3.9	23.1
5028.8	10 años	32.1	1818.8	1819.1	1819.5	1821.8	4.4	23.4
5028.8	50 años	42.8	1818.8	1819.1	1819.6	1822.2	5.6	24.1
5028.8	100 años	47.3	1818.8	1819.2	1819.6	1822.3	6.0	24.3
5028.8	200 años	57.8	1818.8	1819.2	1819.7	1822.7	7.0	24.9
4890.0	2 años	19.7	1811.9	1813.1	1813.2	1813.6	6.3	10.2
4890.0	5 años	27.1	1811.9	1813.2	1813.4	1813.8	7.9	11.5
4890.0	10 años	32.1	1811.9	1813.3	1813.5	1814.0	8.9	12.3
4890.0	50 años	42.8	1811.9	1813.5	1813.7	1814.3	10.9	13.6
4890.0	100 años	47.3	1811.9	1813.5	1813.8	1814.4	11.7	14.1
4890.0	200 años	57.8	1811.9	1813.7	1813.9	1814.6	13.4	15.2
4711.2	2 años	19.7	1798.0	1798.7	1798.7	1798.9	8.5	15.5
4711.2	5 años	27.1	1798.0	1798.8	1798.8	1799.1	10.7	16.7
4711.2	10 años	32.1	1798.0	1798.9	1798.9	1799.2	12.1	17.3
4711.2	50 años	42.8	1798.0	1798.4	1799.1	1804.0	4.1	13.0
4711.2	100 años	47.3	1798.0	1799.1	1799.1	1799.5	16.3	19.2
4711.2	200 años	57.8	1798.0	1798.4	1799.2	1804.4	5.3	13.8
4565.1	2 años	19.7	1792.0	1792.4	1792.7	1794.3	3.2	14.1
4565.1	5 años	27.1	1792.0	1792.4	1792.8	1794.7	4.0	14.9
4565.1	10 años	32.1	1792.0	1792.5	1792.9	1794.9	4.6	15.4
4565.1	50 años	42.8	1792.0	1792.9	1793.1	1793.5	12.2	21.0
4565.1	100 años	47.3	1792.0	1792.6	1793.1	1795.5	6.2	16.8
4565.1	200 años	57.8	1792.0	1793.0	1793.2	1793.8	14.8	22.6
4373.4	2 años	19.7	1786.5	1787.4	1787.4	1787.6	8.7	17.8
4373.4	5 años	27.1	1786.5	1787.5	1787.5	1787.8	10.8	19.4
4373.4	10 años	32.1	1786.5	1787.5	1787.6	1787.9	12.1	20.3
4373.4	50 años	42.8	1786.5	1787.5	1787.7	1788.3	10.7	19.3
4373.4	100 años	47.3	1786.5	1787.7	1787.8	1788.2	15.6	22.7

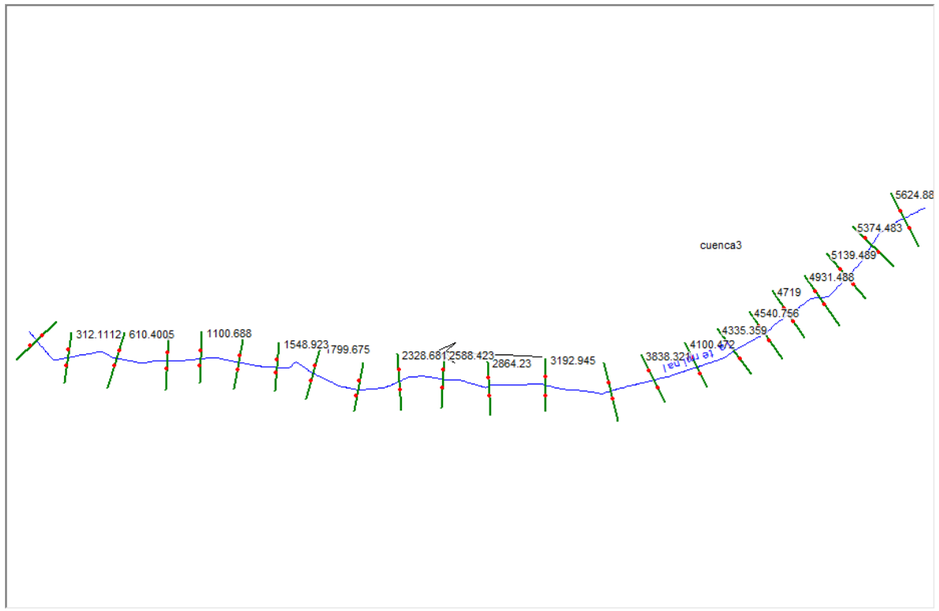
4373.4	200 años	57.8	1786.5	1787.6	1787.9	1788.5	13.6	21.4
4130.1	2 años	19.7	1770.7	1771.5	1771.5	1771.7	9.4	21.5
4130.1	5 años	27.1	1770.7	1771.1	1771.6	1776.6	2.6	12.5
4130.1	10 años	32.1	1770.7	1771.1	1771.7	1777.7	2.8	12.9
4130.1	50 años	42.8	1770.7	1771.4	1771.8	1773.4	6.7	19.5
4130.1	100 años	47.3	1770.7	1771.2	1771.9	1777.5	4.3	15.7
4130.1	200 años	57.8	1770.7	1771.4	1772.0	1774.0	8.1	20.5
3840.0	2 años	19.7	1755.0	1755.6	1756.3	1760.9	1.9	6.0
3840.0	5 años	27.1	1755.0	1756.3	1756.5	1756.9	7.5	11.4
3840.0	10 años	32.1	1755.0	1756.3	1756.6	1757.1	8.4	12.0
3840.0	50 años	42.8	1755.0	1756.4	1756.8	1757.5	9.6	12.7
3840.0	100 años	47.3	1755.0	1756.6	1756.9	1757.5	11.4	14.8
3840.0	200 años	57.8	1755.0	1756.7	1757.0	1757.7	12.6	16.2
3540.9	2 años	19.7	1740.8	1741.5	1741.6	1741.8	7.9	22.0
3540.9	5 años	27.1	1740.8	1741.3	1741.7	1743.0	4.7	17.0
3540.9	10 años	32.1	1740.8	1741.4	1741.8	1743.1	5.6	18.5
3540.9	50 años	42.8	1740.8	1741.5	1741.9	1743.0	7.8	21.9
3540.9	100 años	47.3	1740.8	1741.5	1741.9	1743.5	7.5	21.4
3540.9	200 años	57.8	1740.8	1741.6	1742.0	1743.3	9.8	24.5
3307.3	2 años	19.7	1733.0	1733.4	1733.6	1734.0	5.6	18.4
3307.3	5 años	27.1	1733.0	1733.6	1733.7	1734.0	10.4	21.1
3307.3	10 años	32.1	1733.0	1733.7	1733.8	1734.1	11.5	21.7
3307.3	50 años	42.8	1733.0	1733.8	1733.9	1734.3	13.6	22.7
3307.3	100 años	47.3	1733.0	1733.8	1733.9	1734.3	14.9	23.4
3307.3	200 años	57.8	1733.0	1733.9	1734.1	1734.5	16.6	24.1
3062.7	2 años	19.7	1722.3	1722.7	1722.8	1723.1	7.4	26.0
3062.7	5 años	27.1	1722.3	1722.6	1722.9	1724.3	4.8	22.4
3062.7	10 años	32.1	1722.3	1722.7	1723.0	1724.3	5.6	23.7
3062.7	50 años	42.8	1722.3	1722.7	1723.1	1724.4	7.5	26.2
3062.7	100 años	47.3	1722.3	1722.7	1723.1	1724.7	7.7	26.5
3062.7	200 años	57.8	1722.3	1722.8	1723.2	1724.7	9.5	28.7
2802.5	2 años	19.7	1716.0	1716.9	1717.0	1717.3	7.3	14.0
2802.5	5 años	27.1	1716.0	1717.1	1717.1	1717.5	10.7	16.6
2802.5	10 años	32.1	1716.0	1717.2	1717.2	1717.6	12.2	17.7
2802.5	50 años	42.8	1716.0	1717.4	1717.4	1717.8	15.3	19.6
2802.5	100 años	47.3	1716.0	1717.5	1717.5	1717.9	16.7	20.5
2802.5	200 años	57.8	1716.0	1717.6	1717.6	1718.0	19.5	22.0
2565.4	2 años	19.7	1710.0	1710.3	1710.5	1711.0	5.6	18.8
2565.4	5 años	27.1	1710.0	1710.3	1710.6	1711.6	5.5	18.8
2565.4	10 años	32.1	1710.0	1710.4	1710.7	1711.8	6.1	19.1
2565.4	50 años	42.8	1710.0	1710.4	1710.8	1712.1	7.5	19.9
2565.4	100 años	47.3	1710.0	1710.5	1710.9	1712.3	7.9	20.2
2565.4	200 años	57.8	1710.0	1710.5	1711.0	1712.5	9.2	20.9
2306.1	2 años	19.7	1703.1	1703.8	1703.8	1704.0	10.1	31.6
2306.1	5 años	27.1	1703.1	1703.9	1703.9	1704.1	13.5	34.0
2306.1	10 años	32.1	1703.1	1703.9	1703.9	1704.1	15.1	34.7
2306.1	50 años	42.8	1703.1	1704.0	1704.0	1704.3	18.0	35.9
2306.1	100 años	47.3	1703.1	1704.0	1704.1	1704.3	19.2	36.4
2306.1	200 años	57.8	1703.1	1704.1	1704.1	1704.5	21.6	37.4
2035.2	2 años	19.7	1698.0	1698.8	1698.9	1699.2	7.6	18.6
2035.2	5 años	27.1	1698.0	1698.9	1699.0	1699.4	8.8	20.1
2035.2	10 años	32.1	1698.0	1698.9	1699.1	1699.5	10.1	21.4
2035.2	50 años	42.8	1698.0	1699.1	1699.2	1699.6	13.0	25.1
2035.2	100 años	47.3	1698.0	1699.1	1699.3	1699.7	14.0	26.1
2035.2	200 años	57.8	1698.0	1699.2	1699.4	1699.8	16.6	28.5
1819.3	2 años	19.7	1695.1	1695.9	1695.9	1696.1	9.6	23.1
1819.3	5 años	27.1	1695.1	1696.0	1696.0	1696.2	12.5	26.4
1819.3	10 años	32.1	1695.1	1696.1	1696.1	1696.3	14.2	28.1
1819.3	50 años	42.8	1695.1	1696.2	1696.2	1696.5	18.0	31.5
1819.3	100 años	47.3	1695.1	1696.2	1696.2	1696.5	19.4	32.8
1819.3	200 años	57.8	1695.1	1696.3	1696.3	1696.7	22.8	35.5
1619.6	2 años	19.7	1690.7	1691.2	1691.3	1691.7	6.6	27.0
1619.6	5 años	27.1	1690.7	1691.3	1691.4	1691.9	7.9	27.8
1619.6	10 años	32.1	1690.7	1691.3	1691.5	1692.0	8.9	28.4
1619.6	50 años	42.8	1690.7	1691.4	1691.6	1692.2	10.6	29.5
1619.6	100 años	47.3	1690.7	1691.4	1691.6	1692.3	11.3	29.9
1619.6	200 años	57.8	1690.7	1691.4	1691.7	1692.5	12.9	30.9
1343.7	2 años	19.7	1686.0	1686.5	1686.5	1686.7	10.4	29.1
1343.7	5 años	27.1	1686.0	1686.6	1686.6	1686.8	13.3	31.9
1343.7	10 años	32.1	1686.0	1686.7	1686.7	1686.9	16.3	41.4

1343.7	50 años	42.8	1686.0	1686.8	1686.8	1687.0	21.2	52.4
1343.7	100 años	47.3	1686.0	1686.8	1686.8	1687.0	22.8	53.4
1343.7	200 años	57.8	1686.0	1686.9	1686.9	1687.1	26.4	55.3
1104.7	2 años	19.7	1681.0	1681.2	1681.3	1681.6	7.9	37.3
1104.7	5 años	27.1	1681.0	1681.3	1681.4	1681.7	9.5	38.5
1104.7	10 años	32.1	1681.0	1681.3	1681.5	1681.8	10.7	39.5
1104.7	50 años	42.8	1681.0	1681.4	1681.5	1681.9	13.1	41.3
1104.7	100 años	47.3	1681.0	1681.4	1681.6	1682.0	13.8	41.8
1104.7	200 años	57.8	1681.0	1681.4	1681.6	1682.1	15.7	43.2
859.1	2 años	19.7	1677.0	1677.6	1677.6	1677.7	11.5	39.8
859.1	5 años	27.1	1677.0	1677.7	1677.7	1677.8	14.5	41.9
859.1	10 años	32.1	1677.0	1677.7	1677.7	1677.9	16.4	43.3
859.1	50 años	42.8	1677.0	1677.8	1677.8	1678.0	20.2	45.8
859.1	100 años	47.3	1677.0	1677.8	1677.8	1678.1	21.9	46.8
859.1	200 años	57.8	1677.0	1677.9	1677.9	1678.2	25.3	48.9
595.6	2 años	19.7	1672.0	1672.4	1672.5	1672.7	7.6	23.0
595.6	5 años	27.1	1672.0	1672.5	1672.6	1672.9	9.7	28.8
595.6	10 años	32.1	1672.0	1672.5	1672.7	1673.0	11.2	32.8
595.6	50 años	42.8	1672.0	1672.6	1672.8	1673.1	14.1	39.7
595.6	100 años	47.3	1672.0	1672.6	1672.8	1673.1	15.0	41.7
595.6	200 años	57.8	1672.0	1672.7	1672.9	1673.3	17.5	46.2
344.9	2 años	19.7	1668.0	1668.3	1668.3	1668.4	13.4	45.1
344.9	5 años	27.1	1668.0	1668.4	1668.4	1668.5	16.1	46.2
344.9	10 años	32.1	1668.0	1668.4	1668.4	1668.6	17.6	46.7
344.9	50 años	42.8	1668.0	1668.5	1668.5	1668.7	20.9	48.0
344.9	100 años	47.3	1668.0	1668.5	1668.5	1668.7	22.3	48.5
344.9	200 años	57.8	1668.0	1668.6	1668.6	1668.8	25.6	49.7
165.7	2 años	19.7	1666.0	1666.3	1666.3	1666.5	12.0	43.1
165.7	5 años	27.1	1666.0	1666.4	1666.4	1666.6	15.0	45.4
165.7	10 años	32.1	1666.0	1666.4	1666.4	1666.6	17.0	46.4
165.7	50 años	42.8	1666.0	1666.5	1666.5	1666.7	20.9	48.3
165.7	100 años	47.3	1666.0	1666.5	1666.5	1666.8	22.2	48.9
165.7	200 años	57.8	1666.0	1666.6	1666.6	1666.9	25.0	50.2

Microcuenca El terminal

Geometría

La geometría está conformada por la corriente que se denomina según la carta topográfica de INEGI escala 1:20,000 La Terminal con una longitud de 5757 metros y 23 perfiles. A continuación, se muestra en la siguiente ilustración indicando con una flecha la dirección y en color verde los perfiles.



Calculo de escurrimiento pico

En la siguiente tabla se muestran los valores para cada una de las variables para el cálculo del escurrimiento pico siguiendo la fórmula que se indica anteriormente

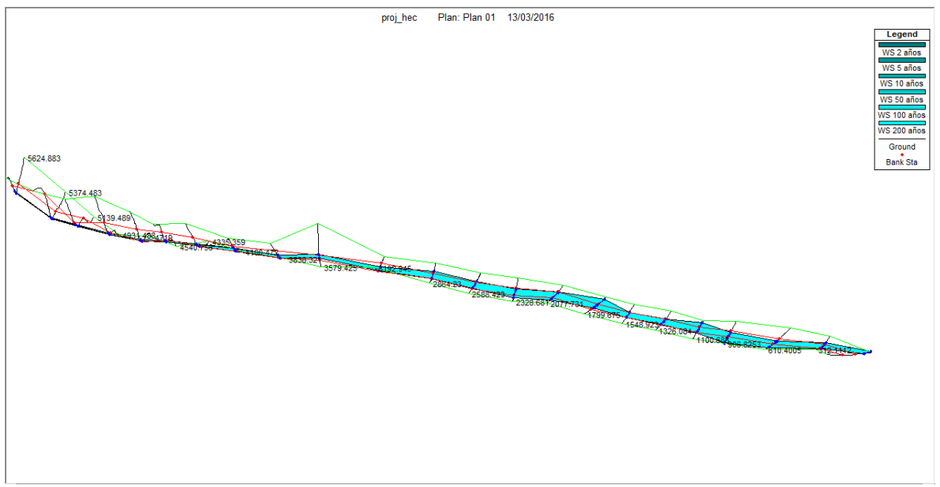
TABLA 173. VALORES PARA CADA VARIABLE PARA EL CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO PICO

El Terminal

periodo de retorno	C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)	L = Lluvia máxima en 24 h (mm)	A = Superficie de la cuenca (ha)	360 = Factor de ajuste de unidades, suponiendo que la lluvia ocurre en 1 h.	Qp = Escurrimiento pico (m3/s)
histórico		OBSERVATORIO	MPIO DE CHIH		
2	0.12	48.85	3044	360	49.5664667
5	0.12	67.09	3044	360	68.0739867
10	0.12	79.16	3044	360	80.3210133
50	0.12	105.73	3044	360	107.280707
100	0.12	116.96	3044	360	118.675413
200	0.12	142.92	3044	360	145.01616

Perfiles y tablas de altura de elevación del agua

Con el procesamiento en Hec-Ras arroja un gráfico en donde se muestra de manera tridimensional los perfiles y su altura en relación a la topografía, así como la altura que alcanza el agua en los escenarios del escurrimiento pico incluidos. Estos se muestran a continuación en la ilustración en las diferentes tonalidades de azul.



Para interpretar mejor los valores del gráfico, se incluyen las siguientes tablas que muestran las variables indicadas anteriormente y se puede calcular esta elevación del agua considerando la diferencia del valor de Min Ch El y el de Crit. W.S.

TABLA 174. VARIABLES

River Sta.	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Área	Top Width
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)
5624.9	2 años	49.5	1787.1	1788.4	1788.4	1788.7	2.5	19.9	31.6
5624.9	5 años	68.1	1787.1	1788.5	1788.5	1788.9	2.7	25.0	33.4
5624.9	10 años	80.3	1787.1	1788.6	1788.6	1789.0	2.9	28.0	34.4
5624.9	50 años	107.3	1787.1	1788.8	1788.8	1789.3	3.1	34.8	36.2
5624.9	100 años	118.6	1787.1	1788.9	1788.9	1789.4	3.2	37.4	36.8
5624.9	200 años	145.0	1787.1	1789.0	1789.0	1789.6	3.4	43.1	37.9
5374.5	2 años	49.5	1729.8	1731.4	1731.4	1731.9	3.1	15.9	16.2
5374.5	5 años	68.1	1729.8	1731.7	1731.7	1732.3	3.4	20.1	17.5
5374.5	10 años	80.3	1729.8	1731.8	1731.8	1732.5	3.5	22.8	18.3
5374.5	50 años	107.3	1729.8	1732.1	1732.1	1732.8	3.8	28.4	19.8
5374.5	100 años	118.6	1729.8	1732.2	1732.2	1733.0	3.9	30.8	20.4
5374.5	200 años	145.0	1729.8	1732.5	1732.5	1733.3	4.1	35.8	21.7
5139.5	2 años	49.5	1697.4	1698.5	1698.5	1698.8	2.6	19.0	27.9
5139.5	5 años	68.1	1697.4	1698.6	1698.6	1699.0	2.8	24.1	30.2
5139.5	10 años	80.3	1697.4	1698.7	1698.7	1699.2	2.9	27.3	31.4
5139.5	50 años	107.3	1697.4	1698.9	1698.9	1699.4	3.2	34.0	33.9
5139.5	100 años	118.6	1697.4	1699.0	1699.0	1699.6	3.2	36.8	34.9
5139.5	200 años	145.0	1697.4	1699.2	1699.2	1699.8	3.4	42.7	36.9
4931.5	2 años	49.5	1677.0	1677.4	1678.2	1690.2	15.8	3.1	14.1
4931.5	5 años	68.1	1677.0	1677.5	1678.3	1690.0	15.6	4.4	16.5
4931.5	10 años	80.3	1677.0	1677.6	1678.4	1690.5	15.9	5.1	17.8
4931.5	50 años	107.3	1677.0	1677.6	1678.6	1691.8	16.7	6.4	20.1
4931.5	100 años	118.6	1677.0	1677.7	1678.7	1691.7	16.6	7.1	21.1
4931.5	200 años	145.0	1677.0	1677.7	1678.9	1692.4	17.0	8.6	22.6
4719.0	2 años	49.5	1657.5	1658.4	1658.7	1659.5	4.6	10.7	20.1
4719.0	5 años	68.1	1657.5	1658.5	1658.9	1659.8	5.0	13.7	22.1
4719.0	10 años	80.3	1657.5	1658.6	1659.1	1660.0	5.3	15.2	23.0
4719.0	50 años	107.3	1657.5	1658.7	1659.3	1660.5	5.9	18.2	24.8
4719.0	100 años	118.6	1657.5	1658.8	1659.3	1660.6	6.0	19.7	25.7

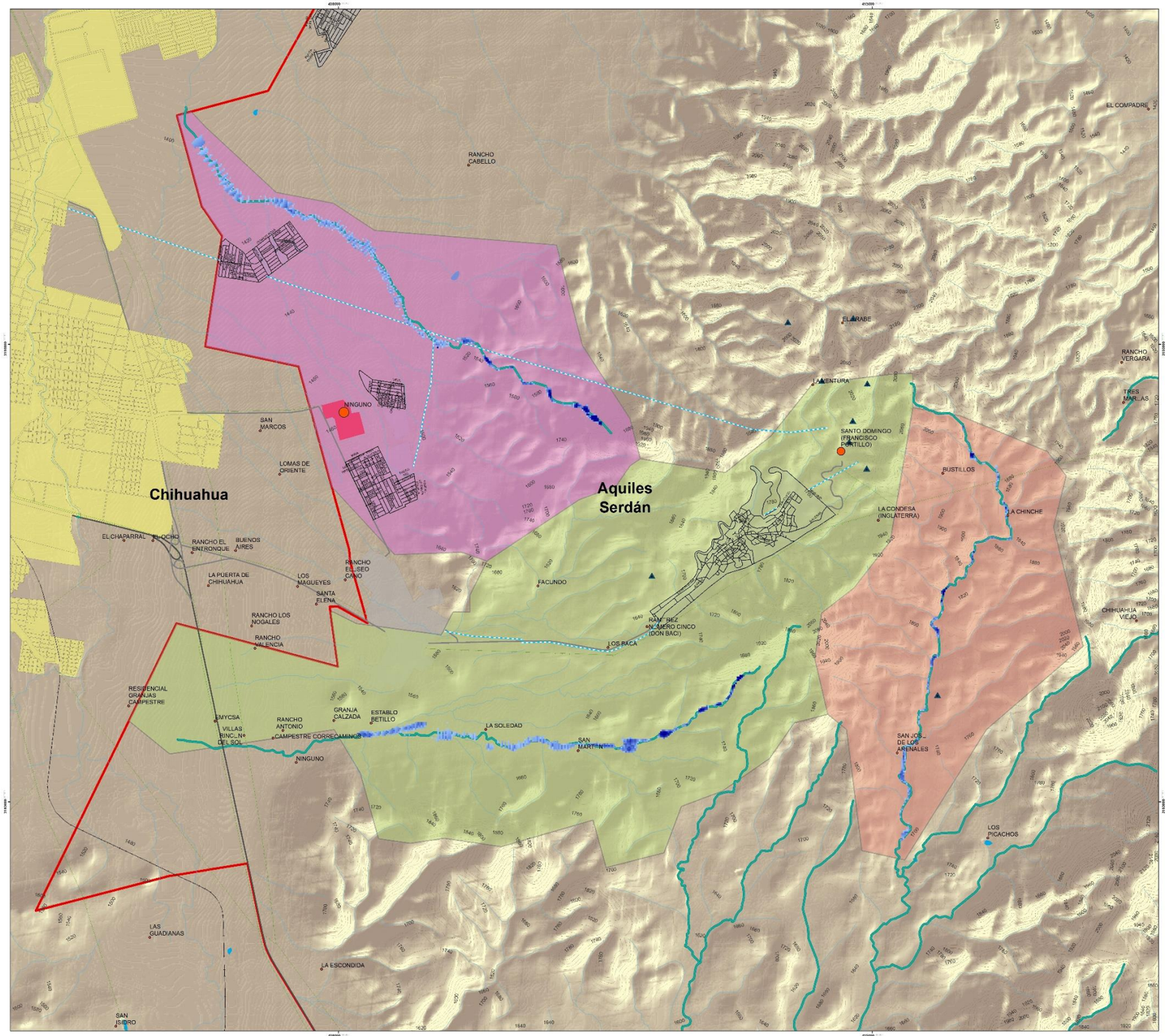
4719.0	200 años	145.0	1657.5	1658.9	1659.5	1661.0	6.4	22.5	27.4
4540.8	2 años	49.5	1645.3	1646.1	1646.6	1648.0	6.0	8.2	18.7
4540.8	5 años	68.1	1645.3	1646.2	1646.7	1648.4	6.6	10.3	21.1
4540.8	10 años	80.3	1645.3	1646.3	1646.8	1648.6	6.8	11.9	22.7
4540.8	50 años	107.3	1645.3	1646.4	1647.1	1649.0	7.0	15.3	25.8
4540.8	100 años	118.6	1645.3	1646.5	1647.1	1649.2	7.3	16.3	26.5
4540.8	200 años	145.0	1645.3	1646.6	1647.3	1649.5	7.6	19.1	27.8
4335.4	2 años	49.5	1631.4	1632.2	1632.4	1633.0	4.0	12.3	32.5
4335.4	5 años	68.1	1631.4	1632.3	1632.6	1633.3	4.4	15.6	36.7
4335.4	10 años	80.3	1631.4	1632.3	1632.7	1633.4	4.6	17.5	38.8
4335.4	50 años	107.3	1631.4	1632.4	1632.8	1633.7	5.1	21.2	42.7
4335.4	100 años	118.6	1631.4	1632.5	1632.9	1633.8	5.2	22.9	44.4
4335.4	200 años	145.0	1631.4	1632.5	1633.0	1634.1	5.6	25.9	46.6
4100.5	2 años	49.5	1618.0	1618.6	1619.0	1619.7	4.7	10.6	24.2
4100.5	5 años	68.1	1618.0	1618.7	1619.2	1620.0	5.1	13.3	26.6
4100.5	10 años	80.3	1618.0	1618.8	1619.2	1620.2	5.3	15.2	28.1
4100.5	50 años	107.3	1618.0	1619.3	1619.3	1619.7	2.6	41.4	62.1
4100.5	100 años	118.6	1618.0	1619.4	1619.4	1619.8	2.7	44.7	63.3
4100.5	200 años	145.0	1618.0	1619.1	1619.5	1620.4	5.0	29.3	57.7
3838.3	2 años	49.5	1605.9	1606.6	1606.8	1607.2	3.3	14.8	40.6
3838.3	5 años	68.1	1605.9	1606.7	1606.9	1607.4	3.7	18.7	44.6
3838.3	10 años	80.3	1605.9	1606.7	1607.0	1607.5	3.9	20.6	46.4
3838.3	50 años	107.3	1605.9	1606.5	1607.1	1611.3	9.6	11.1	36.3
3838.3	100 años	118.6	1605.9	1606.5	1607.2	1611.5	9.8	12.1	37.4
3838.3	200 años	145.0	1605.9	1607.0	1607.3	1608.0	4.6	31.3	55.4
3579.4	2 años	49.5	1597.3	1598.2	1598.3	1598.6	2.9	17.4	49.2
3579.4	5 años	68.1	1597.3	1598.3	1598.4	1598.8	3.2	21.3	50.9
3579.4	10 años	80.3	1597.3	1598.3	1598.5	1598.9	3.4	24.0	52.1
3579.4	50 años	107.3	1597.3	1598.5	1598.6	1599.0	3.1	35.4	57.1
3579.4	100 años	118.6	1597.3	1598.6	1598.7	1599.1	3.2	37.7	58.0
3579.4	200 años	145.0	1597.3	1598.5	1598.8	1599.4	4.2	35.5	57.1
3192.9	2 años	49.5	1590.0	1590.5	1590.5	1590.7	2.3	21.9	53.3
3192.9	5 años	68.1	1590.0	1590.6	1590.6	1590.9	2.5	27.0	56.1
3192.9	10 años	80.3	1590.0	1590.6	1590.7	1591.0	2.7	29.9	57.6
3192.9	50 años	107.3	1590.0	1590.6	1590.8	1591.3	3.6	30.0	57.7

3192.9	100 años	118.6	1590.0	1590.7	1590.9	1591.4	3.7	32.3	58.8
3192.9	200 años	145.0	1590.0	1590.9	1591.0	1591.4	3.3	44.5	64.7
2864.2	2 años	49.5	1583.0	1583.2	1583.3	1583.5	2.2	21.9	103.7
2864.2	5 años	68.1	1583.0	1583.3	1583.4	1583.6	2.5	26.5	105.0
2864.2	10 años	80.3	1583.0	1583.3	1583.4	1583.7	2.7	29.7	105.9
2864.2	50 años	107.3	1583.0	1583.4	1583.5	1583.8	2.5	42.8	109.4
2864.2	100 años	118.6	1583.0	1583.5	1583.5	1583.8	2.6	45.3	110.0
2864.2	200 años	145.0	1583.0	1583.4	1583.6	1584.0	3.3	42.8	109.4
2588.4	2 años	49.5	1576.1	1576.8	1576.9	1577.2	2.6	18.7	37.8
2588.4	5 años	68.1	1576.1	1577.0	1577.1	1577.3	2.2	31.0	92.7
2588.4	10 años	80.3	1576.1	1577.0	1577.1	1577.5	3.0	26.6	43.7
2588.4	50 años	107.3	1576.1	1577.1	1577.3	1577.6	3.1	35.4	94.1
2588.4	100 años	118.6	1576.1	1577.1	1577.3	1577.6	3.2	38.1	95.0
2588.4	200 años	145.0	1576.1	1577.3	1577.4	1577.7	2.7	54.6	114.6
2328.7	2 años	49.5	1569.0	1569.9	1570.1	1570.3	2.9	17.0	70.4
2328.7	5 años	68.1	1569.0	1569.9	1570.1	1570.5	3.3	20.7	71.9
2328.7	10 años	80.3	1569.0	1570.0	1570.2	1570.6	3.5	22.9	72.7
2328.7	50 años	107.3	1569.0	1570.1	1570.2	1570.5	2.7	41.1	142.3
2328.7	100 años	118.6	1569.0	1570.1	1570.3	1570.5	2.8	44.1	147.1
2328.7	200 años	145.0	1569.0	1570.1	1570.3	1570.8	3.7	41.0	142.2
2077.7	2 años	49.5	1564.0	1564.3	1564.3	1564.5	1.8	29.1	104.6
2077.7	5 años	68.1	1564.0	1564.4	1564.4	1564.6	2.0	35.9	110.6
2077.7	10 años	80.3	1564.0	1564.4	1564.5	1564.6	2.1	40.0	114.1
2077.7	50 años	107.3	1564.0	1564.5	1564.5	1564.8	2.6	42.9	116.4
2077.7	100 años	118.6	1564.0	1564.5	1564.6	1564.8	2.7	46.3	119.1
2077.7	200 años	145.0	1564.0	1564.6	1564.6	1564.9	2.6	59.6	129.6
1799.7	2 años	49.5	1558.0	1558.2	1558.3	1558.6	1.5	19.9	103.0
1799.7	5 años	68.1	1558.0	1558.3	1558.4	1558.7	1.7	24.6	107.7
1799.7	10 años	80.3	1558.0	1558.3	1558.4	1558.8	1.8	27.6	110.6
1799.7	50 años	107.3	1558.0	1558.4	1558.5	1558.8	1.7	39.1	121.2
1799.7	100 años	118.6	1558.0	1558.4	1558.6	1558.9	1.8	41.5	123.3
1799.7	200 años	145.0	1558.0	1558.4	1558.6	1559.1	2.2	41.5	123.3
1548.9	2 años	49.5	1552.0	1552.4	1552.4	1552.6	2.2	23.0	69.7
1548.9	5 años	68.1	1552.0	1552.4	1552.5	1552.7	2.4	28.1	71.8
1548.9	10 años	80.3	1552.0	1552.5	1552.5	1552.8	2.6	31.2	73.1

1548.9	50 años	107.3	1552.0	1552.5	1552.7	1553.0	3.2	33.6	74.1
1548.9	100 años	118.6	1552.0	1552.5	1552.7	1553.1	3.3	36.2	75.1
1548.9	200 años	145.0	1552.0	1552.7	1552.8	1553.2	3.2	45.1	78.5
1326.1	2 años	49.5	1546.0	1546.5	1546.7	1547.0	3.3	15.0	39.4
1326.1	5 años	68.1	1546.0	1546.6	1546.8	1547.2	3.6	19.0	42.6
1326.1	10 años	80.3	1546.0	1546.6	1546.9	1547.3	3.7	21.5	44.5
1326.1	50 años	107.3	1546.0	1546.8	1547.1	1547.5	3.6	29.9	50.8
1326.1	100 años	118.6	1546.0	1546.9	1547.1	1547.5	3.6	32.8	58.3
1326.1	200 años	145.0	1546.0	1546.9	1547.2	1547.8	4.2	35.0	66.0
1100.7	2 años	49.5	1540.0	1540.3	1540.4	1540.6	2.0	21.5	82.3
1100.7	5 años	68.1	1540.0	1540.4	1540.5	1540.7	1.5	27.3	104.8
1100.7	10 años	80.3	1540.0	1540.4	1540.5	1540.8	1.5	30.7	116.1
1100.7	50 años	107.3	1540.0	1540.4	1540.6	1541.0	1.8	33.5	125.7
1100.7	100 años	118.6	1540.0	1540.4	1540.6	1541.1	1.8	36.7	135.3
1100.7	200 años	145.0	1540.0	1540.5	1540.7	1541.1	1.8	47.8	164.1
906.8	2 años	49.5	1535.2	1535.2	1535.3	1535.5	0.1	19.0	71.9
906.8	5 años	68.1	1535.2	1535.2	1535.4	1535.7	0.6	24.1	90.4
906.8	10 años	80.3	1535.2	1535.3	1535.5	1535.7	0.8	27.5	99.7
906.8	50 años	107.3	1535.2	1535.4	1535.5	1535.8	1.1	38.5	124.6
906.8	100 años	118.6	1535.2	1535.4	1535.6	1535.9	1.1	41.4	130.9
906.8	200 años	145.0	1535.2	1535.4	1535.6	1536.1	1.3	45.3	138.2
610.4	2 años	49.5	1529.0	1529.3	1529.4	1529.6	1.8	23.5	77.8
610.4	5 años	68.1	1529.0	1529.4	1529.5	1529.7	1.9	29.1	85.9
610.4	10 años	80.3	1529.0	1529.5	1529.5	1529.8	2.0	32.7	91.6
610.4	50 años	107.3	1529.0	1529.5	1529.7	1529.9	2.4	37.3	98.3
610.4	100 años	118.6	1529.0	1529.5	1529.7	1530.0	2.4	40.6	102.9
610.4	200 años	145.0	1529.0	1529.6	1529.8	1530.1	2.3	50.4	115.4
312.1	2 años	49.5	1525.0	1525.7	1525.7	1526.0	2.3	21.7	41.6
312.1	5 años	68.1	1525.0	1525.9	1525.9	1526.2	2.5	27.8	46.0
312.1	10 años	80.3	1525.0	1525.9	1525.9	1526.3	2.6	31.2	48.3
312.1	50 años	107.3	1525.0	1526.2	1526.2	1526.4	2.4	47.2	87.2
312.1	100 años	118.6	1525.0	1526.2	1526.2	1526.5	2.4	50.9	88.5
312.1	200 años	145.0	1525.0	1526.3	1526.3	1526.6	2.6	59.1	91.4
77.5	2 años	49.5	1524.1	1522.1	1522.1	1522.4		22.5	47.1
77.5	5 años	68.1	1524.1	1522.2	1522.2	1522.5		28.5	49.6
77.5	10 años	80.3	1524.1	1522.3	1522.3	1522.6		32.0	51.0
77.5	50 años	107.3	1524.1	1522.5	1522.5	1522.8		39.5	53.9
77.5	100 años	118.6	1524.1	1522.3	1522.5	1523.0		31.7	50.9
77.5	200 años	145.0	1524.1	1522.4	1522.6	1523.2		36.2	52.7

Resultados

Las llanuras de inundación muestran las áreas susceptibles a inundarse en las 3 microcuencas, las cuales se presentan en los siguientes mapas considerando una colorimetría en tonos azules, indicando en azul obscuro las zonas donde alcanza mayor altitud. Cada uno de los mapas corresponde a los diferentes periodos de retorno calculados.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

EL TUBO
metros
High : 4.77942
Low : 0.00170898

LA TERMINAL
metros
High : 6.08167
Low : 0.000732422

LA CHINCHE
metros
High : 6.10486
Low : 0.00012207

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

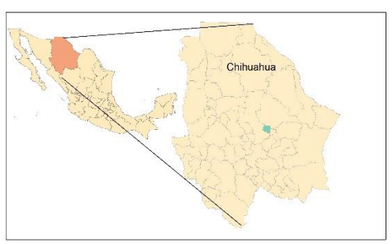
Llanura de Inundación PR 2 años

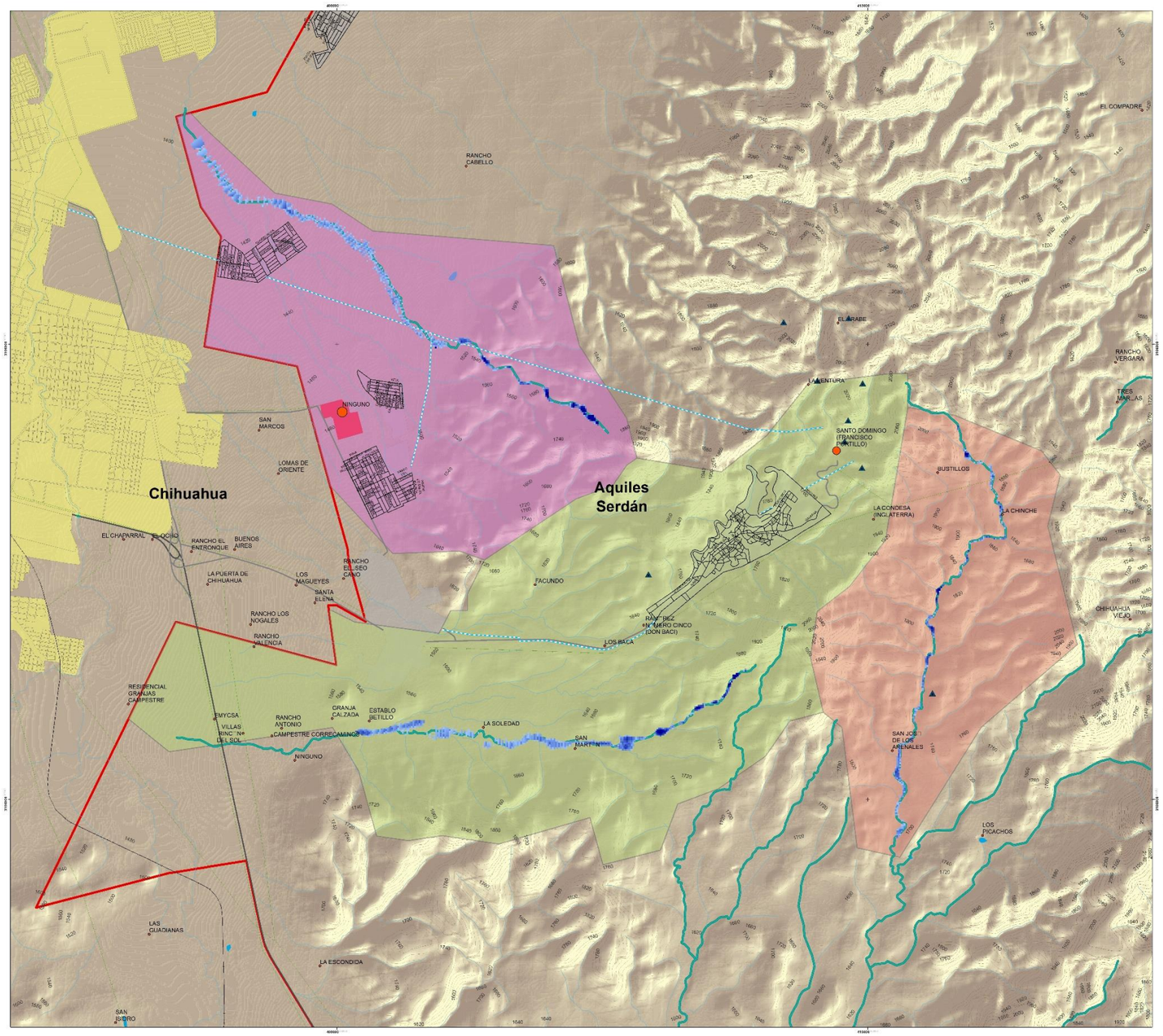
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

LA CHINCHE
metros

LA TERMINAL
metros

EL TUBO
metros

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Via Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

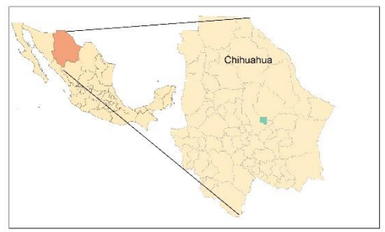
Llanura de Inundación PR 5 años

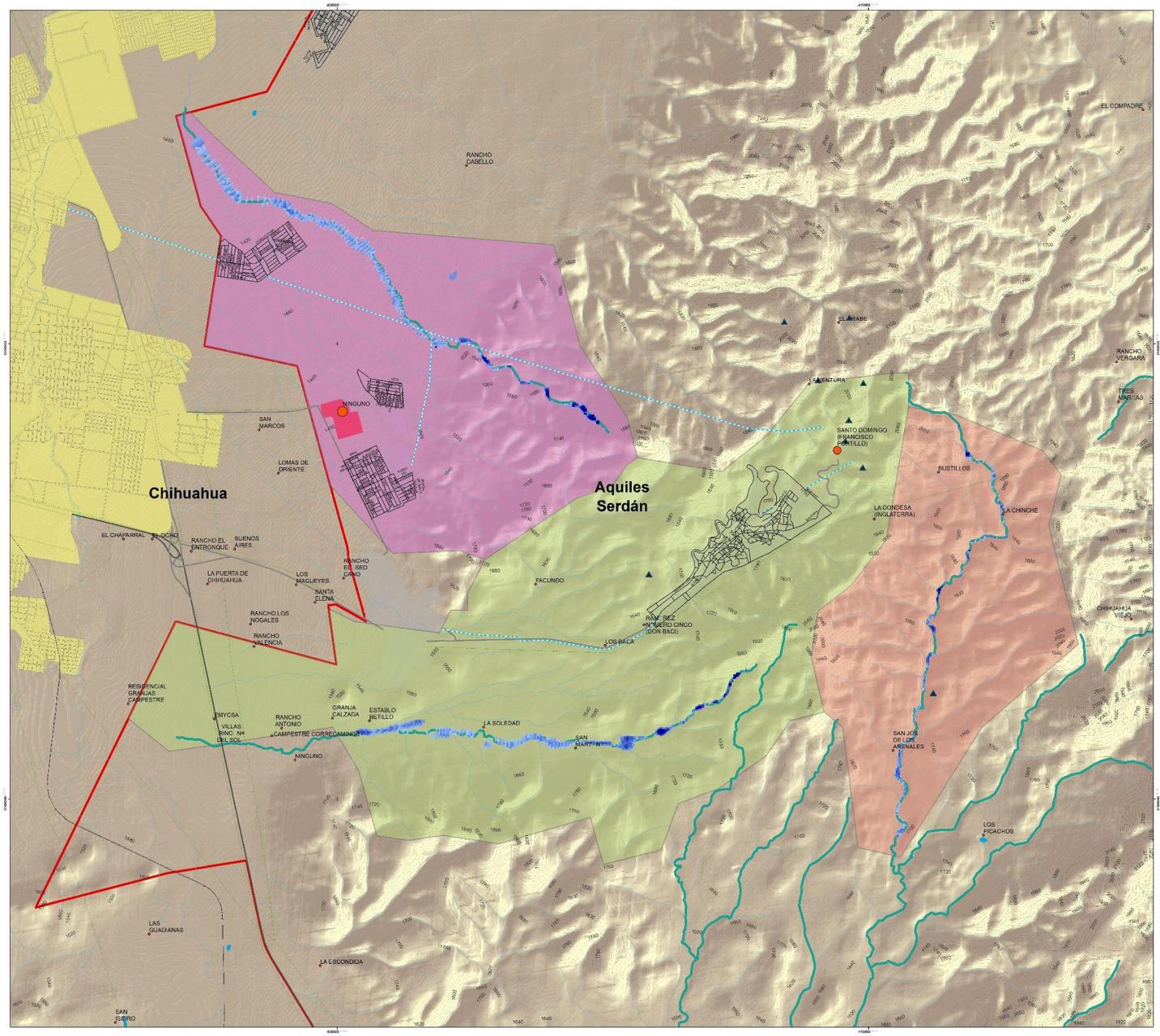
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

EL TUBO
metros
High : 6.30857
Low : 0.00012037

LA TERMINAL
metros
High : 6.41136
Low : 0.00074141

LA CHINCHE
metros
High : 4.86255
Low : 0.00654706

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

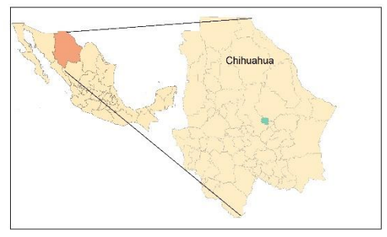
Llanura de Inundación PR 10 años

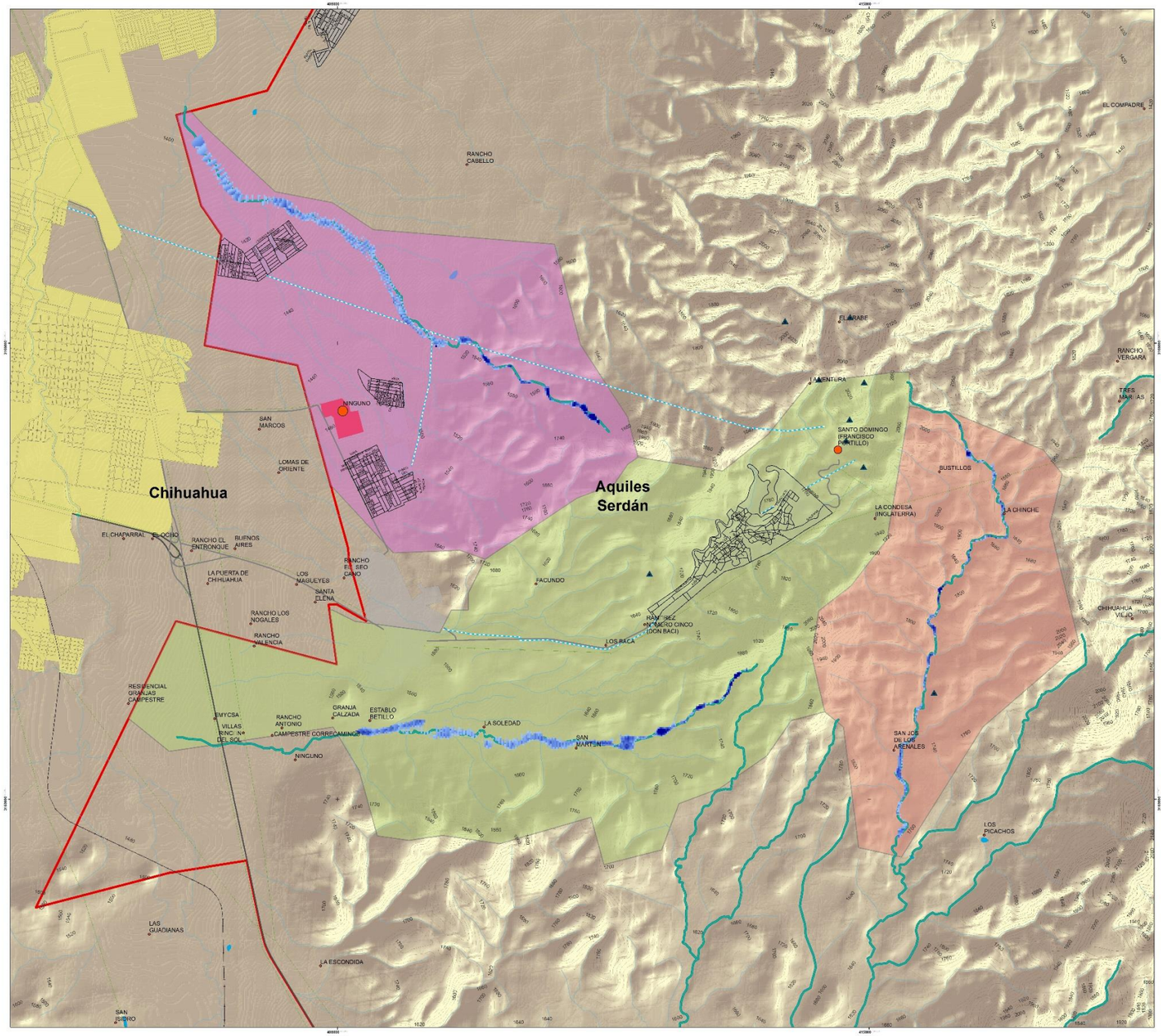
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

EL TUBO
metros

LA TERMINAL
metros

LA CHINCHE
metros

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Via Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

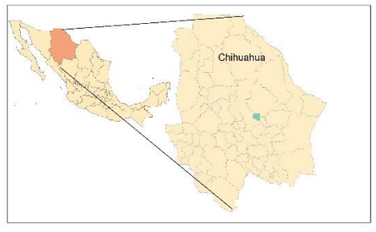
Llanura de Inundación PR 50 años

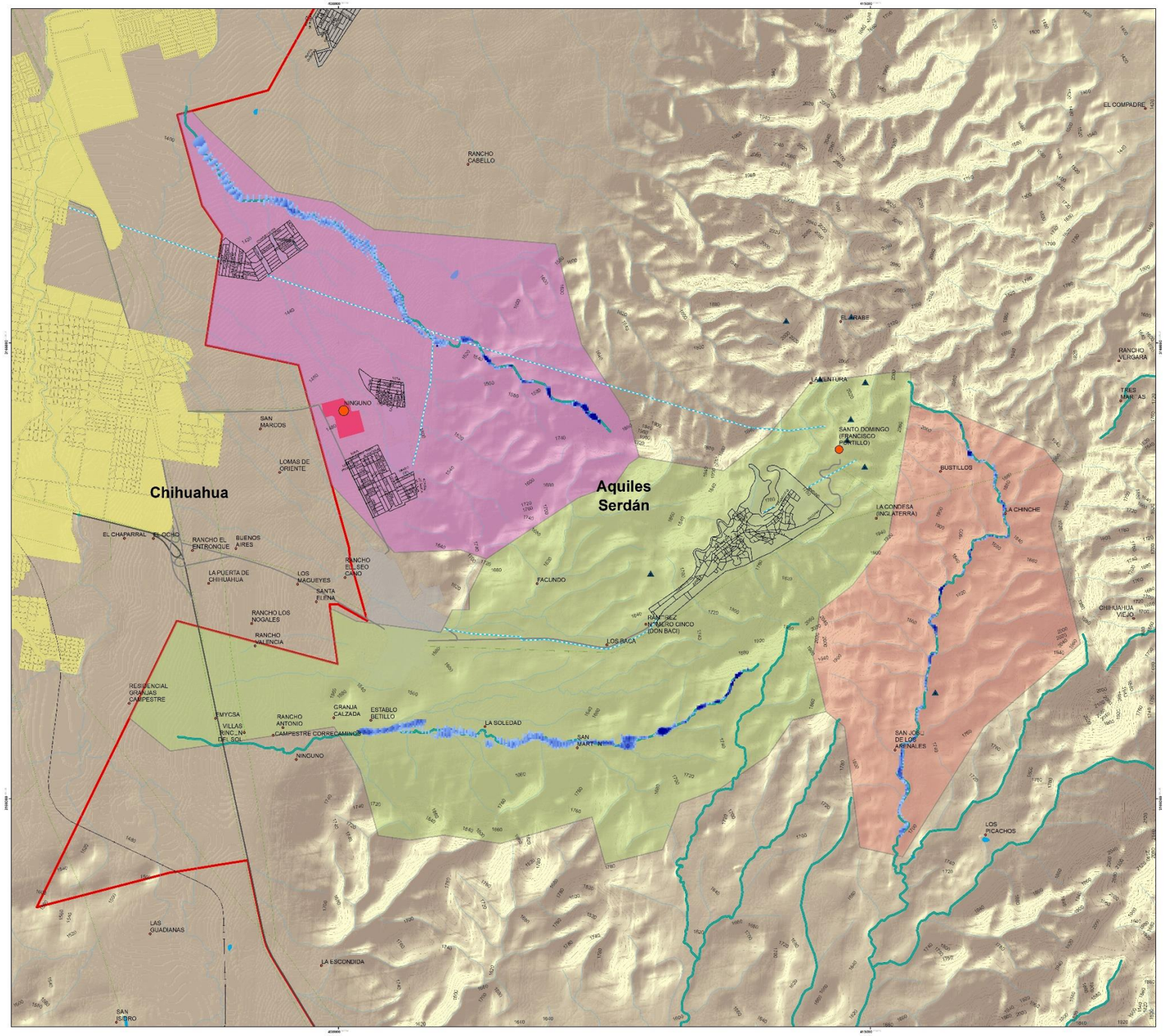
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Cañevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

EL TUBO
metros
High : 6.51758
Low : 0.00012207

LA TERMINAL
metros
High : 6.72745
Low : 0.0045166

LA CHINCHE
metros
High : 0.02387
Low : 0.00415039

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

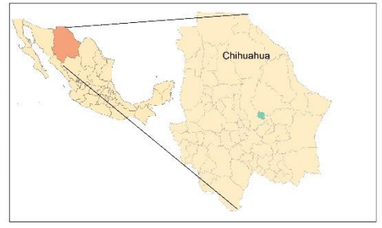
Llanura de Inundación PR 100 años

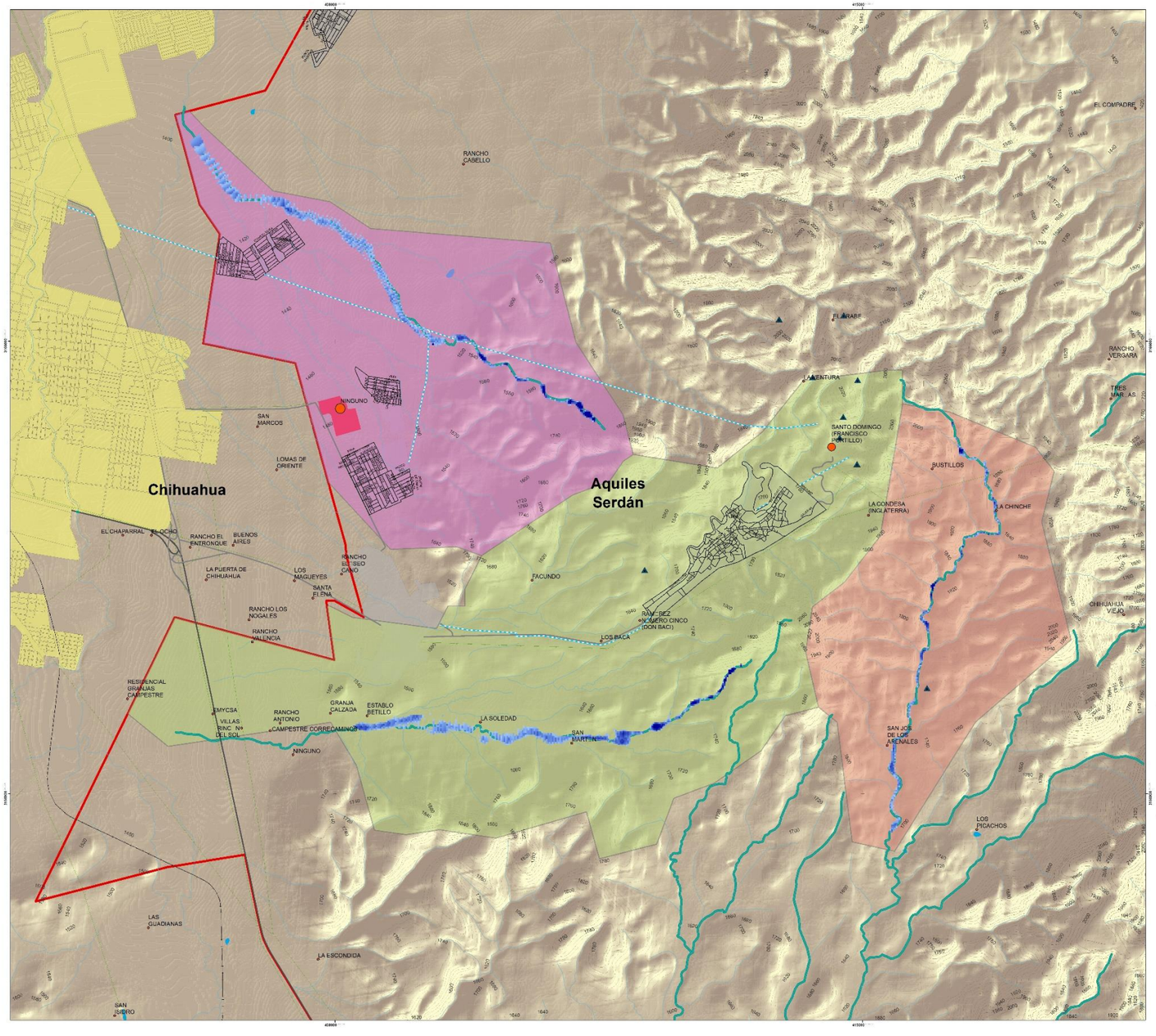
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

EL TUBO
metros

LA TERMINAL
metros

LA CHINCHE
metros

Microcuencas
Nombre
- El Terminal
- El Tubo
- La Chinche

Simbología Convencional

Localidades
Numero hab
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán

1150 - 1440
1441 - 1580
1581 - 1720
1721 - 1900
1901 - 2260

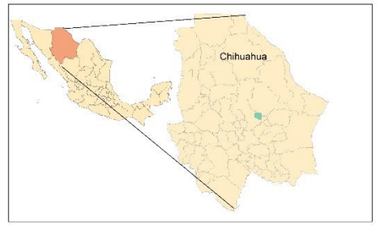
Llanura de Inundación PR 200 años

IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

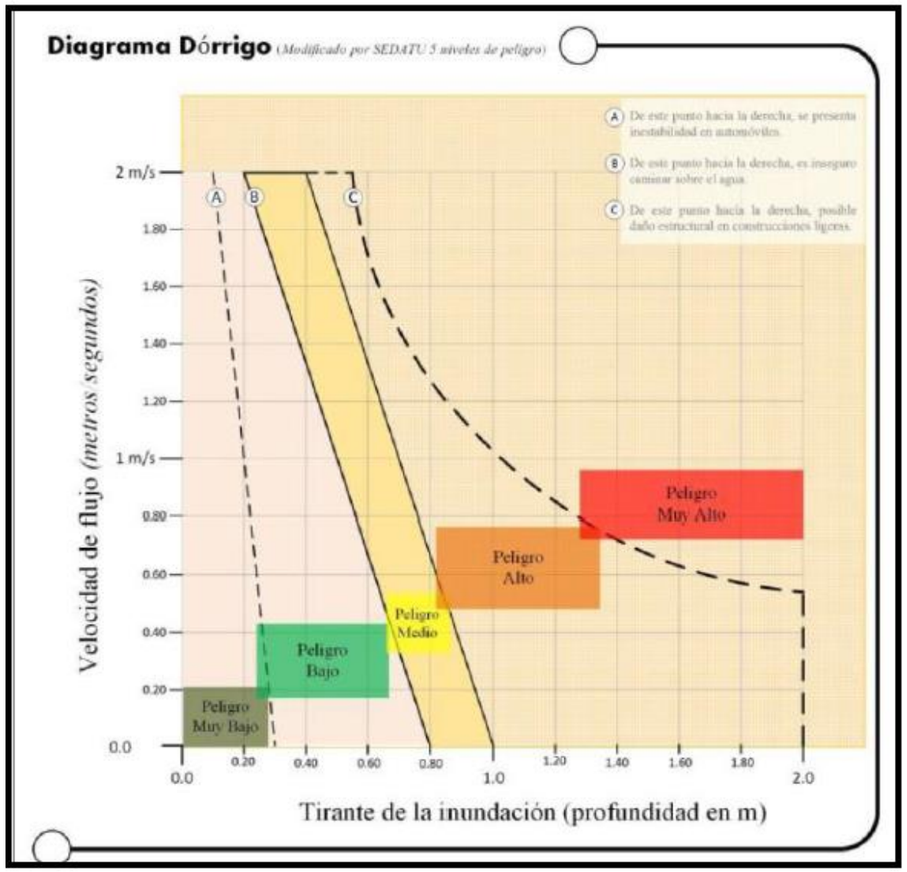
N
W E
S

0 440 880 1,760 2,640 3,520 Meters



Nivel de Riesgos por Inundación

Se obtuvieron los niveles de riesgo para las llanuras de inundación empleando el diagrama de Dórrigo en donde se muestra la relación velocidad del flujo / profundidad hidráulica de inundación.



Fuente: SEDATU

De acuerdo a lo anterior, los nivele de riesgo se determinan para considerando el periodo de retorno de 200 años que es donde el agua alcanza la mayor elevación. Los resultados se muestran por cada una de las microcuencas para que el mapa se distinga mejor, además se incluye una tabla que muestra la superficie que ocupa por grado de riesgo.

TABLA 175. NIVEL DE RIESGO CUENCA EL TUBO

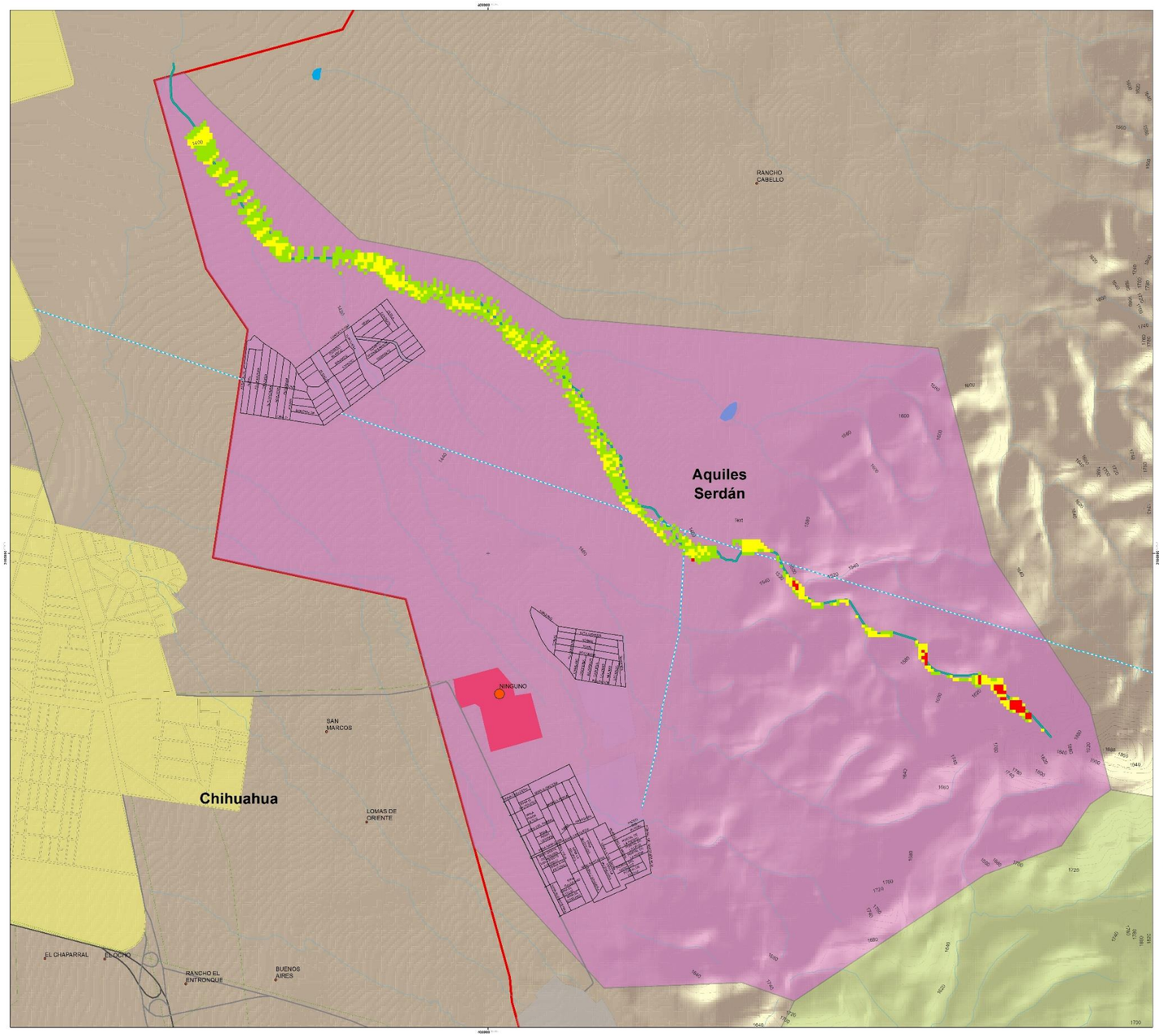
nivel de riesgo cuenca El Tubo			
Altura de Elevación del agua en metros	Grado de riesgo	Superficie	% que ocupa
0 – 1	Bajo	34.76	63.3
1.1 – 2	Medio	16.76	30.5
mayor a 2	Alto	3.36	6.1
		54.88	100.0

TABLA 176. NIVEL DE RIESGO CUENCA LA CHINCHE

nivel de riesgo cuenca La Chinche			
Altura de Elevación del agua en metros	Grado de riesgo	Superficie	% que ocupa
0 - 1	Bajo	7.2	41.7
1.1 - 2	Medio	8.16	47.2
mayor a 2	Alto	1.92	11.1
		17.28	100.0

TABLA 177. NIVEL DE RIESGO CUENCA LA TERMINAL

nivel de riesgo cuenca La Terminal			
Altura de Elevación del agua en metros	Grado de riesgo	Superficie	% que ocupa
0 - 1	Bajo	19.2	43.39
1.1 - 2	Medio	23.52	53.16
mayor a 2	Alto	1.52	3.43
		44.24	100



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Elev.del Agua (m)

- 0
- 1 - 2
- 3 - 7

Simbología Convencional

Localidades

Numero hab

- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010

- Mina
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Via Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán

1150 - 1440
1441 - 1580
1581 - 1720
1721 - 1900
1901 - 2260

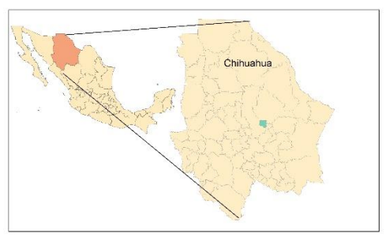
Nivel de riesgo de Inundación C. El Tubo

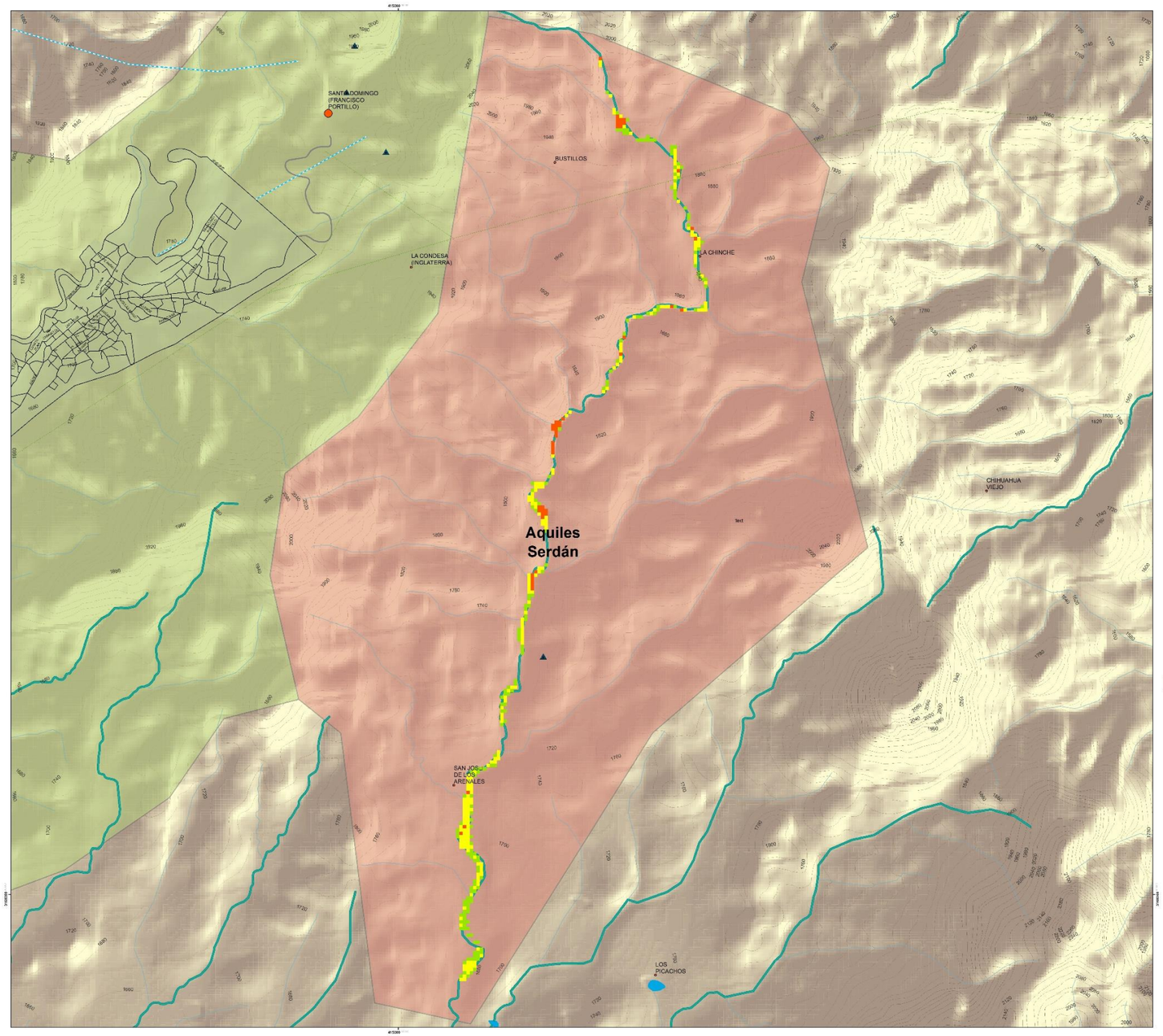
IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 212.5 425 850 1,275 1,700 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Elev. del Agua (m)

- 0
- 1
- 2 - 5

Simbología Convencional

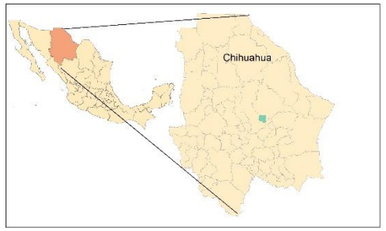
- Mina
- Localidades
- Numero hab
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

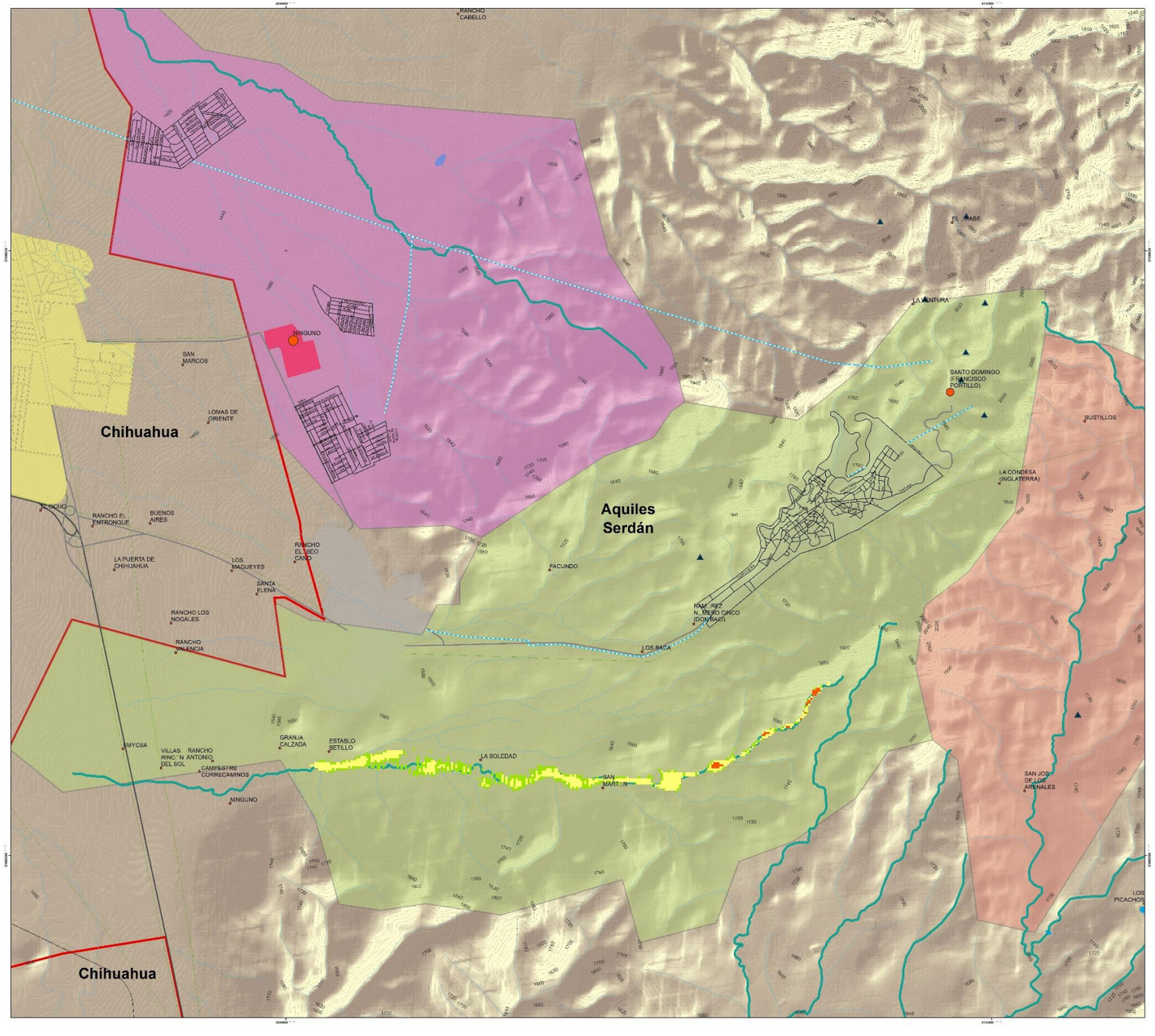
Nivel de riesgo de Inundación C.La Chinche | IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 195 390 780 1,170 1,560 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Elev. del agua (m)

- 0
- 1 - 2
- 3 - 7

Simbología Convencional

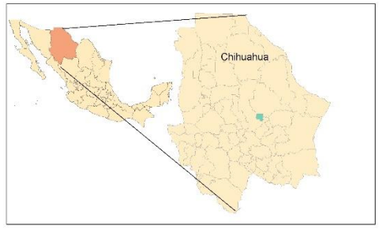
- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Puente
- Acueducto
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

Nivel de riesgo de Inundación C.La Terminal	IN:02

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 330 660 1,320 1,980 2,640 Meters



Áreas Inundables en Cauces de Arroyos Principales

En relación a las áreas inundables, para los cauces de los arroyos antes mencionados, se concluye lo siguiente:

- El potencial de inundación que resulto va por encima de la realidad en cuestión del terreno por la escala del modelo digital de Elevaciones, pero representa un escenario acorde a los valores de precipitación
- los niveles de elevación del agua se consideran casos extremos por ser corrientes de condición intermitente
- en caso de que se llegara a presentar esos niveles de precipitación Los cauces tienen capacidad para conducir con seguridad el gasto máximo para tormentas con periodo de retorno de calculados
- la ubicación de los arroyos en relación a los asentamientos humanos no hace vulnerable a la población.
- Los valores que resultaron en grado muy alto representa un mínimo porcentaje para el total de la superficie de las llanuras de inundación.

5.2 Fenómenos Químico – Tecnológicos.

Según la ley general de protección Civil Vigente define los fenómenos químico- tecnológicos como la acción violenta generada por la interacción molecular o nuclear de diferentes sustancias. Las características intrínsecas de las sustancias determinan su grado de peligro, ya que pueden ser inflamables, reactivas, explosivas o tóxicas, y pueden dar origen a algún accidente, poniendo en riesgo a la población y al ambiente.

Los eventos que se producen durante un accidente químico sanitario como derrames, incendios, fugas, explosiones, radiaciones, entre otros, se atribuyen a diferentes causas, como fallas en las instalaciones, errores humanos, manejo inadecuado, fenómenos naturales, etcétera. Considerando necesario el análisis de riesgo por los problemas que causa a la salud de la población y el medio ambiente.

Las características económicas actuales del municipio no incluyen un alto desarrollo industrial, que es el ramo económico al que más se le atribuye el uso de sustancias peligrosas. Sin embargo, en los límites de la ciudad de Chihuahua en donde colinda con el Municipio de Aquiles Serdán hay un importante complejo industrial, el cual se analizará considerando que en caso de algún accidente pudiera afectar a la población del municipio.

Siendo la contaminación una de las consecuencias de la liberación de sustancias peligrosas, en este apartado se añadirá el riesgo latente provocado por el manejo inadecuado de la operación de antiguas industrias del ramo minero, en el que recientemente se ha detectado por diferentes estudios los efectos provocados en la población ocasionados por estos eventos. Ya que este es uno de los problemas que más manifiesta la población, se considera de suma importancia su integración en el presente programa, como una posibilidad de poder mitigar los daños.

Parte de la información referente a los conceptos de los eventos que se analizaran en este apartado fue obtenida de la presentación realizada por CENAPRED en abril del 2015 nombrada Propiedades Fisicoquímicas y Características de Peligrosidad de las Sustancias Químicas.

La metodología para el análisis de los riesgos Químico-Tecnológicos fue de nivel 1 porque su nivel de riesgo no es representativo en el municipio. Ya que la metodología es muy semejante para cada fenómeno, los demás resultados se mostrarán de manera conjunta a excepción de los incendios forestales.

Ademas de los fenómenos ya antes mencionados, se analizara una de las problemáticas que mas afecta a la sociedad y que ha causado mucha polémica por los efectos en la salud que este tiene, el cual se refiere a la contaminación del suelo por actividades minera que se realizaban el siglo pasado y que en la actualidad están abandonadas. Para esta sección se incluye una breve descripción de un estudio realizado por personal del Centro de Investigacion en Materiales Avanzados, S.C. del Estado de Chihuahua.

5.2.1 Incendios

Un incendio es la reacción química que consiste en la oxidación violenta de la materia combustible, se manifiesta con desprendimientos de luz, calor, humos y gases en grandes cantidades. Puede presentarse en forma gradual o instantánea, provocando daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, causar lesiones, pérdidas de vidas humanas y deterioro del ambiente.

Los efectos en la salud humana son asfixia por inhalación de humo y vapores, quemaduras, Lesiones traumáticas, enfermedades críticas (ataques al corazón) y Otras causas (deshidratación). Además, puede provocar desplome de estructuras.

De acuerdo a las características de la fuente o de la forma en que se propaga los incendios se clasifican en diferentes tipos, según el documento de propiedades físico-químicas y características de peligrosidad de las sustancias químicas de CENAPRED:

De vapor o gas a alta velocidad: INCENDIO DARDO DE FUEGO (JET FIRE)

Es una fuga de vapores o gases inflamables a presión, por un agujero, una válvula o una tubería seccionada, produciéndose una llama aproximadamente constante hasta agotar el combustible. La llama es estacionaria de gran longitud y poca anchura. Es el mismo fenómeno que se aplica a las antorchas de seguridad para eliminar subproductos no deseados o gases en exceso. Tiene un alcance limitado, pero es especialmente peligroso por lo que se refiere al efecto dominó, ya que la llama es direccional y constante.



Líquidos en un plano sin límites: INCENDIO DE CHARCO (POOL FIRE)

Como consecuencia del derrame de un líquido inflamable se forma un charco del líquido, por evaporación se generan gases y se produce el incendio.



De nubes de vapor o gas: INCENDIO DE LLAMARADA (FLASH FIRE)



Proviene de un derrame de gas o vapores inflamables que forman una nube hasta llegar al punto de ignición. Este tipo de incendio se ve favorecido por el escape permanente del material inflamable con poca dispersión del mismo. En estos casos no hay deflagración y no se produce onda de choque.

De Gases líquidos: INCENDIO DE BOLA DE FUEGO (BALL FIRE)



Se produce cuando la masa evaporada de una sustancia inflamable, tras producirse el estallido de un depósito, asciende en el exterior arrastrando partículas de líquido y entra en combustión

Bola de fuego se produce cuando el BLEVE es un producto combustible

5.2.2 Explosiones

Se origina a partir de una reacción química, por ignición o calentamiento de algunos materiales, provocando la expansión violenta de gases. Se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos. De acuerdo a la velocidad de propagación de la onda de explosión se pueden presentar dos casos ¬ Detonación velocidad mayor a la del sonido TNT, dinamita ¬ Deflagración velocidad menor a la del sonido Nubes de gases.

Normalmente se origina por un incendio externo que incide sobre la superficie del recipiente a presión, debilitando su resistencia y causando su ruptura y el escape súbito del contenido. Si el producto es inflamable produce una bola de fuego.

Originan sobrepresiones superiores a las no confinadas resultando en la destrucción total de los equipos industriales y las edificaciones, efecto de las Explosiones, ondas de choque (rotura de tímpanos y hemorragia pulmonar) y fragmentos despedidos (heridos o muertes por impacto) ⎫ Personas proyectadas, caída de vigas y estructuras

Existen distintos tipos de explosiones los cuales son los siguientes:

EXPLOSIONES FÍSICAS:

En determinados casos el gas a alta presión se genera por medios mecánicos o por fenómenos sin presencia de un cambio fundamental en la sustancia química.
Todo el proceso de generación de alta presión, descarga y efectos de la explosión puede entenderse de acuerdo a las leyes fundamentales de la física.
La mayor parte de la explosión física involucran a un contenedor tal como calderas, cilindros de gas, compresores, etc. En el contenedor se genera alta presión por compresión mecánica de gas, calentamiento del contenido o introducción de otro gas a elevada presión desde otro contenedor. Cuando la presión alcanza el límite de resistencia de la parte más débil del contenedor se produce el fallo. Los daños generados dependen básicamente del modo de fallo. Si fallan pequeños elementos, pero el contenedor permanece prácticamente intacto, la metralla proyectada resulta peligrosa como balas, pero la descarga de gas es direccional y controlada en estas condiciones los daños causados se limitan a penetración de metrallas, quemaduras y otros efectos dañinos por gases calientes.

EXPLOSIONES QUÍMICAS:

En otros casos la generación del gas a alta presión resulta de la reacción química de un producto donde la naturaleza del mismo difiere de la inicial (reactivo), La reacción química más común presente en las explosiones es la combustión, dónde un combustible (por ejemplo, metano) se mezcla con el aire, se inflama y arde generando dióxido de carbono, vapor de agua y otros subproductos hay otras reacciones químicas que generan gases a alta presión.

Las reacciones químicas pueden clasificarse en uniformes que son transformaciones químicas que involucran toda la masa reactiva y reacciones de propagación, en la que existe un frente de reacción, claramente definido que separa el material sin reacción de los productos de la reacción, avanzando a través de toda la masa reactiva.

5.2.3 Derrames y Fugas Tóxicas

Es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida en partículas o mezcla de ambos de cualquier recipiente que lo contenga como tuberías, equipos, tanques, camiones cisterna, carros tanque, furgones, etc. Las consecuencias de este evento son: la liberación de sustancias inflamables (incendio o explosión), Liberación de sustancias tóxicas (formación de nubes y plumas tóxicas) y la contaminación ambiental.

Las fugas de sustancias peligrosas constituyen uno de los accidentes más frecuente en las instalaciones químicas de proceso, y que suelen generar daños graves tanto a los propios equipos como a las personas expuestas. A su, vez otra repercusión importante previsible es la interrupción del proceso productivo incluyendo en algunos casos el vaciado de la instalación. Las fugas suelen generarse principalmente en las conducciones. Dentro de éstas los puntos más vulnerables son las uniones entre diferentes tramos y las conexiones a los equipos. Las causas de tales fugas son múltiples, pero en su mayoría se deben a fallos de proyecto. Es de resaltar que, en los equipos, las bombas de impulsión de fluidos son generadoras de muchos accidentes de esta forma.

5.2.4 Radiaciones

Radioactividad Propiedad de ciertos elementos de emitir espontáneamente partículas o radiación electromagnética, al transformarse sus núcleos en elementos más estables. La radiación que emanan los materiales radiactivos puede dañar los organismos vivos. Las causas que generan la exposición a sustancias radioactivas son daños inmediatos que provocan a la salud, efectos locales en el sitio de contacto como quemaduras, efectos sistémicos que afectan a todo el cuerpo (cáncer o mutaciones), daño a un órgano específico o la muerte.

Existe distintos tipos de radiación:

- La radiación es el proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio. Las ondas y las partículas tienen muchas características comunes, la radiación suele producirse predominantemente en una de las dos formas.
- La radiación mecánica corresponde a ondas que sólo se transmiten a través de la materia, como las ondas de sonido.
- La radiación electromagnética es independiente de la materia para su propagación, sin embargo, la velocidad, intensidad y dirección de su flujo de energía se ven influidos por la presencia de materia. La Radiación Electromagnética se divide en dos grandes tipos de acuerdo al tipo de cambios que provocan sobre los átomos en los que actúa:

Radiación no ionizante: Son aquellas que no son capaces de producir iones al interactuar con los átomos de un material.

Radiación ionizante: Son radiaciones con energía necesaria para arrancar electrones de los átomos.

Las radiaciones ionizantes pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan.
Entonces son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma.

Los principales factores que determinan el efecto biológico de una exposición son el tipo de radiación y la dosis absorbida. Sin embargo, la velocidad con que se recibe esta dosis y el número de veces que el individuo se expone a la radiación, son factores que pueden modificar los efectos producidos.

No tendrá los mismos efectos la administración de una dosis única, que la misma dosis distribuida en múltiples exposiciones. En lo que se refiere al individuo, será su edad, su estado general de salud, el tamaño de la zona expuesta, así como el tipo de tejidos irradiados lo que determine la gravedad de los efectos.

Las radiaciones tienen efectos en las células como en órganos vitales y en el mismo organismo de manera considerable como la ionización es un proceso que ocurre al azar, cualquier molécula puede resultar modificada al irradiarse la célula, los tejidos de la piel pueden generar alteraciones producidas por la radiación.

La exposición interna hace referencia al material radioactivo que entra al cuerpo por medio de la respiración, el consumo de alimentos o de bebidas. La exposición externa hace referencia a la exposición a una fuente radioactiva que se encuentra fuera del cuerpo. Los efectos biológicos de una exposición a la radiación más preocupantes son un posible de daño genético y el cáncer.

Metodología

De acuerdo a la BEEAR 2015 se detallan en la siguiente tabla los métodos y se marca con una cruz para los fenómenos que aplica:

TABLA 178. MÉTODOS DE ACUERDO A LA BEEAR 2015 Y FENÓMENOS PARA LOS QUE APLICA

Método	Incendios	Explosiones	Derrames y fugas toxicas
Enlistar la normatividad de las actividades altamente riesgosas, así como las instalaciones y actividades contempladas de acuerdo al anexo 18 de CENAPRED.	X	X	x
Identificar las sustancias presentes en la zona de estudio de acuerdo al catálogo de sustancias consideradas como peligrosas.	X	X	x
Identificación y caracterización de las áreas donde estén ubicadas las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que almacenen sustancias químicas peligrosas. Así como ductos de transporte y distribución de estas mismas sustancias.	X	X	x
Mapear las industrias, ductos, talleres, fabricas que manejen o se dediquen a la elaboración o venta de sustancias químicas peligrosas.	X	X	x
Enlistar el tipo de sustancia peligrosa, las cantidades almacenadas/transportadas ubicadas en la zona de estudio (de ser posible).	X	X	x
Base de datos de ocurrencia del fenómeno	X	X	x

Resultados

Listado de actividades altamente riesgosas

De acuerdo al Artículo 3ro de las actividades altamente riesgosas corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas en actividades de producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican en el siguiente listado:

I. Cantidad de reporte: a partir de 1 Kg

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Ácido cianhídrico

- Ácido fluorhídrico (fluoruro de hidrógeno)
- Arcina
- Cloruro de hidrógeno
- Cloro (1)
- Diborano

- Dióxido de nitrógeno
- Flúor
- Fosgeno
- Hexafluoruro de telurio
- Óxido nítrico
- Ozono (2)
- Seleniuro de hidrógeno
- Tetrafluoruro de azufre
- Tricloruro de boro

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- Acroleína
- Alil amina
- Bromuro de propargilo
- Butil vinil éter
- Carbonilo de níquel
- Ciclopentano
- Clorometil metil éter
- Cloruro de metacriloilo
- Dioxolano
- Disulfuro de metilo
- Fluoruro cianúrico
- Furano
- Isocianato de metilo
- Metil hidracina
- Metil vinil cetona
- Pentaborano
- Sulfuro de dimetilo
- Tricloroetil silano

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

- 2-Clorofenil tiourea
- 2,4-Ditiobiuret
- 4,6-Dinitro-cresol
- Ácido bencen arsénico
- Ácido cloroacético
- Ácido fluoroacético
- Ácido metil-o-carbamilo
- Ácido tiociánico 2-benzotiánico
- Aldicarb
- Arseniato de calcio
- Bis clorometil cetona
- Bromodiolona
- Carbofurano (furadán)

II. Cantidad de reporte: a partir de 10 Kg a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

- Ácido sulfhídrico
- Amoniaco anhidro
- Fosfina
- Metil mercaptano
- Trifluoruro de boro

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- 1,2,3,4 diepoxibutano
- 2-cloroetanol
- Bromo
- Cloruro de acriloilo
- Isofluorfato
- Mesitileno
- Oxicloruro fosforoso
- Pentacarbonilo de hierro
- Propionitrilo
- Pseudocumeno
- Tetracloruro de titanio
- Tricloro (clorometil) silano
- Vinil norborneno

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

- Acetato de metoxietilmercurio
- Acetato fenil mercúrico
- Acetato mercúrico
- Arsenito de potasio
- Arsenito de sodio
- Azida de sodio
- Bromuro cianógeno
- Cianuro potásico de plata
- Cloruro de mercurio
- Cloruro de talio
- Fenol
- Fosfato etilmercúrico

- Hidroquinona
- Isotiosianato de metilo
- Lindano
- Malonato taloso
- Malononitrilo
- Níquel metálico
- Óxido mercúrico
- Pentaclorofenol
- Pentacloruro de fósforo
- Salcomina
- Selenito de sodio
- Telurio
- Telurito de sodio
- Tiosemicarbacida acetona
- Tricloruro de galio

Cantidad de reporte: a partir de 100 Kg a) En el caso de las siguientes sustancias en el estado gaseoso:

- Bromuro de metilo
- Etano (3)
- Óxido de etileno

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- 2,6-Diisocianato de tolueno
- Acetaldehído (3)
- Acetato de vinilo
- Ácido nítrico
- Acrilonitrilo
- Alcohol alílico
- Beta propiolactona
- Cloroacetaldehído
- Crotonaldehído
- Disulfuro de carbono
- Éter bis-cloro metílico
- Hidracina
- Metil tricloro silano
- Nitrosodimetilamina
- Óxido de propileno
- Pentacloroetano
- Pentafluoruro de antimonio
- Percloromethil mercaptano
- Piperidina
- Propilenimina
- Tetrametilo de plomo
- Tetranitrometano
- Tricloro benceno
- Tricloruro de arsénico
- Trietoxisilano
- Trifluoruro de boro

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

- Ácido cresílico
- Ácido selenioso
- Acrilamida
- Carbonato de talio
- Metomil
- Óxido tálico
- Yoduro cianógeno

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1,000 Kg a) En el caso de la siguiente sustancia en estado gaseoso:

- Butadieno

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- Acetonitrilo
- Benceno (3)
- Cianuro de bencilo
- Cloroformo
- Cloruro de benzal
- Cloruro de bencilo
- 2,4-Diisocianato de tolueno
- Epiclorohidrina
- Isobutironitrilo
- Oxicloruro de selenio
- Peróxido de hidrógeno
- Tetracloruro de carbono (3)
- Tetraetilo de plomo ™ Trimetilcloro silano

V. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- 2,4,6 Trimetil anilina
- Anilina

- Ciclohexilamina
- Cloruro de bencen sulfonilo
- Diclorometil fenil silano
- Etilendiamina
- Forato
- Formaldehido cianohidrina
- Gas mostaza; sinónimo (sulfato de bis 2-cloroetilo)
- Hexacloro ciclo pentadieno
- Lactonitrilo
- Mecloretamina
- Metanol
- Oleum
- Sulfato de dimetilo
- Tiocianato de etilo
- Tolueno (3)

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 Kg a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

- 1,1-Dimetil hidracina
- Anhídrido metacrílico
- Cumeno
- Diclorvos
- Éter dicloroetílico
- Éter diglicidílico
- Fenil dicloro arsina
- Nevinfos (fosforín)
- Octametil difosforamida
- Tricloro fenil silano

Cantidad de reporte: a partir de 1,000,000 Kg

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

- Adiponitrilo
- Clordano
- Dibutilftalato
- Dicrotofos (bidrín)
- Dimetil
- ácido fosfórico
- Dimetilftalato
- Dioctilftalato
- Fosfamidón
- Metil-5-dimetón
- Nitrobenceno
- Tricloruro fosforoso

Considerando el listado anterior a continuación se muestra un listado de las actividades que se desarrollan en el municipio y de estas pudieran tener un manejo de una sustancia peligrosa.

Tratándose del transporte de materiales peligrosos por ductos en derecho de vía, la cantidad a considerar será la contenida en la parte del ducto que se puede seccionar físicamente.

Para identificar las actividades del área de estudio que manejan sustancias peligrosas se consultó el Directorio Nacional de Unidades Económicas; de esta capa cartográfica se obtuvieron las que corresponden al municipio de Aquiles Serdán y además las que se localizan en un radio de influencia de 150 metros alrededor del municipio. Se consideraron 150 metros de acuerdo a lo indicado en las bases para la elaboración de atlas de Riesgos, que mencionan que es según las diversas normatividades plasmadas en reglamentos de construcción de algunas ciudades.

El resultado se muestra en la siguiente tabla, que se clasifico por nombre de actividad, el número de unidades económicas que corresponden por municipio (150 metros delo buffer) y se clasifico con el numero 1 las actividades que no se consideran el manejo de sustancias peligrosas y con el numero 2 las que pudieran manejar alguna.

TABLA 179. LISTADO DE ACTIVIDADES QUE DESARROLLAN EN EL MUNICIPIO Y POSIBLE MANEJO DE UNA SUSTANCIA PELIGROSA

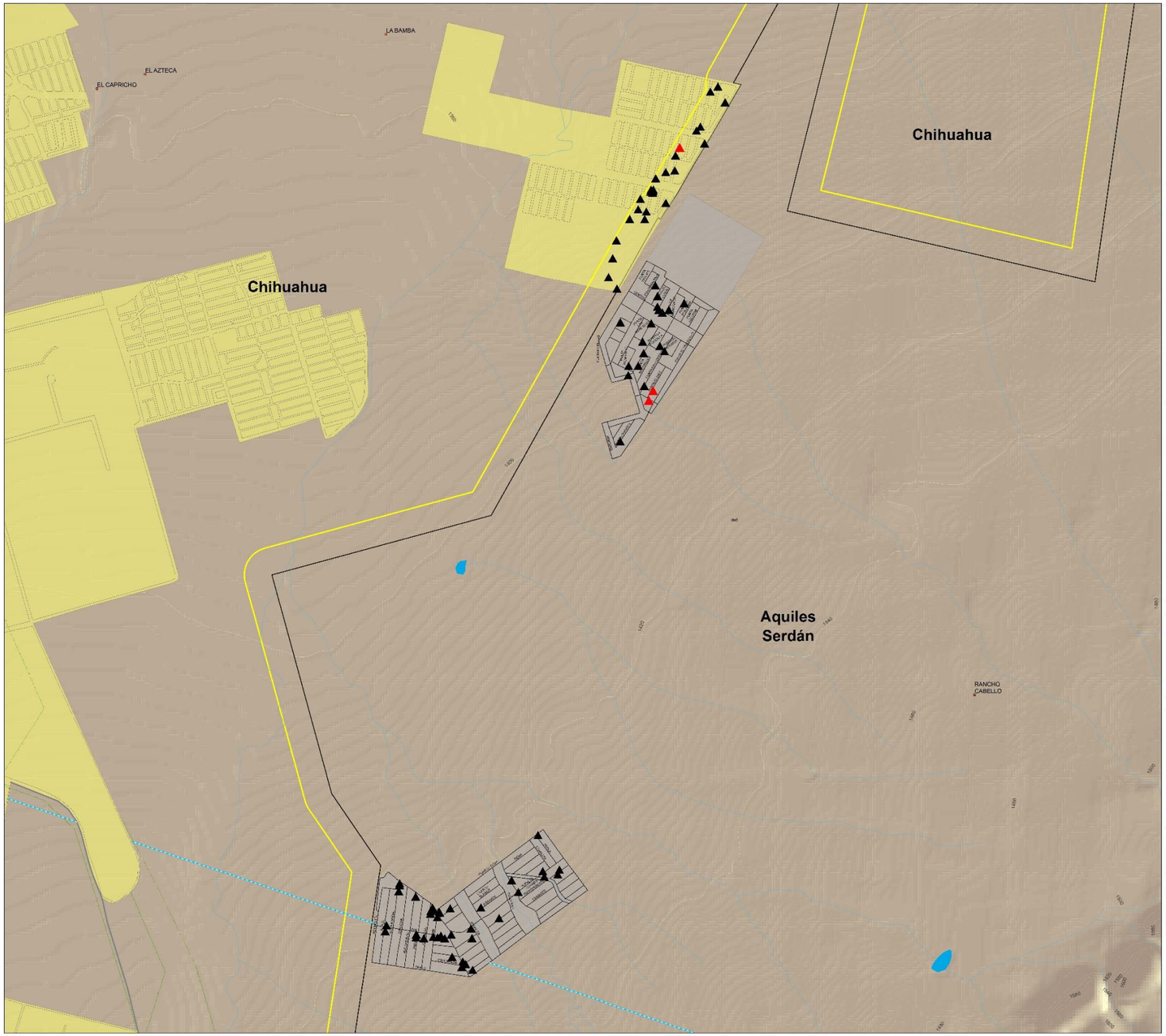
Nombre de la actividad	Manejo de sustancias peligrosas	AQUILES SERDÁN	CHIHUAHUA	Total, general
Actividades administrativas de instituciones de bienestar social	1	3		3
Administración pública en general	1	9		9
Agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones	1		1	1
Almacenamiento de productos agrícolas que no requieren refrigeración	1		1	1
Asociaciones y organizaciones religiosas	1	10	1	11
Banca múltiple	1	1		1
Bares, cantinas y similares	1	2		2
Bibliotecas y archivos del sector público	1	1		1
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	1	3		3
Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público	1	1		1
Casas de juegos electrónicos	1		1	1
Centros de acondicionamiento físico del sector público	1	1		1

Centros de acondicionamiento físico del sector privado	1	1		1
Centros del sector privado dedicados a la atención y cuidado diurno de ancianos y discapacitados	1	2		2
Cerrajerías	1	1		1
Comercio al por mayor de desechos metálicos	1	1		1
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca	2	1		1
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo para la construcción y la minería	2	1		1
Comercio al por mayor de medicamentos veterinarios y alimentos para animales, excepto mascotas	1		1	1
Comercio al por menor de artículos de papelería	1	8		8
Comercio al por menor de artículos usados	1	2		2
Comercio al por menor de carnes rojas	1	1		1
Comercio al por menor de cerveza	1	3	1	4
Comercio al por menor de discos y casetes	1	1		1
Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	1	2		2
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	1	1		1
Comercio al por menor de gas L. P. en cilindros y para tanques estacionarios	2	1		1
Comercio al por menor de otros alimentos	1		1	1
Comercio al por menor de regalos	1	2		2
Comercio al por menor de vinos y licores	1	2		2
Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías	1	4		4
Comercio al por menor en minisúper	1	8	4	12
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	1	54	5	59
Comercio al por menor en tiendas de artesanías	1	1		1
Confección de prendas de vestir sobre medida	1	1		1
Consultorios del sector público de audiología y de terapia ocupacional, física y del lenguaje	1	1		1
Edificación de vivienda unifamiliar	1	1		1
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	1	2	1	3
Escuelas de educación media superior del sector público	1	2		2
Escuelas de educación preescolar del sector público	1	5	1	6
Escuelas de educación primaria del sector público	1	5	2	7
Escuelas de educación secundaria general del sector público	1	2	1	3
Escuelas del sector público que combinan diversos niveles de educación	1	1		1
Fabricación de cocinas integrales y muebles modulares de baño	1	1		1
Fabricación de estructuras metálicas	2	1		1
Fabricación de productos de herrería	2	2	1	3
Farmacias con minisúper	1	1		1
Farmacias sin minisúper	1		1	1
Guarderías del sector privado	1	3	1	4
Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público		2		2
Minería de plomo y zinc	2	1		1
Museos del sector público		1		1
Otros servicios de almacenamiento general sin instalaciones especializadas	1	1		1
Panificación tradicional	1	3	1	4
Purificación y embotellado de agua	1	1		1
Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	1	2		2
Reparación menor de llantas	1	3		3
Reparación y mantenimiento de otros artículos para el hogar y personales	1	2		2
Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	1	2		2
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	1	2	1	3
Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos	1	1		1
Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dogs y pollos rostizados para llevar	1	3		3
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	1	4		4
Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	1	1	1	2
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	1	11	4	15
Servicios de acceso a computadoras	1	4	1	5
Servicios de orientación y trabajo social para la niñez y la juventud prestados por el sector público	1	8	1	9
Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato	1	1		1
Servicios funerarios	1	1		1
Total, general		210	33	243

En el municipio y en los 150 metros de buffer existen 243 establecimientos en las que solo 10 de estos se tiene en el supuesto de que manejan algún tipo de sustancia peligrosas

TABLA 180. DATOS DE ESTABLECIMIENTOS Y CARACTERÍSTICAS

Actividad, nombre del establecimiento y localidad		X	y
Almacenamiento de productos agrícolas que no requieren refrigeración	LAS GUADIANAS S.P.R. DE R.L. DE C.V.	3153432	3153432
Comercio al por mayor de desechos metálicos	COMPRA DE FIERRO DK RECICLADO	3163759	3163759
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca	EQUIPOS Y SISTEMAS HIDRAULICOS S.A. DE C.V.	3160838	3160838
Comercio al por mayor de maquinaria y equipo para la construcción y la minería	MAQUINARIA S.A. DE C.V. (CHIHUAHUA)	3160838	3160838
Comercio al por menor de gas L. P. en cilindros y para tanques estacionarios	GAS ECONÓMICO	3169952	3169952
Fabricación de estructuras metálicas	EMYCSA S.A. DE C.V.	3161059	3161059
Fabricación de productos de herrería	HERRERÍA SAN GUILLERMO	3164967	3164967
	HERRERÍA SIN NOMBRE	3171329	3171329
	SERVICIOS INDUSTRIALES SALINAS	3170005	3170005
Minería de plomo y zinc		3163323	3163323



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Actividades que manejan Sust. Peligrosas

- No Maneja
- Manejo se Sust. Peligrosas
- Buffer 150 m del municipio

Simbología Convencional

- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Lineas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

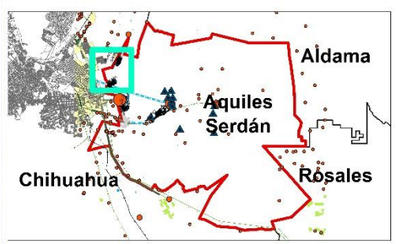
Actividades economicas que manejo de sustancias peligrosas

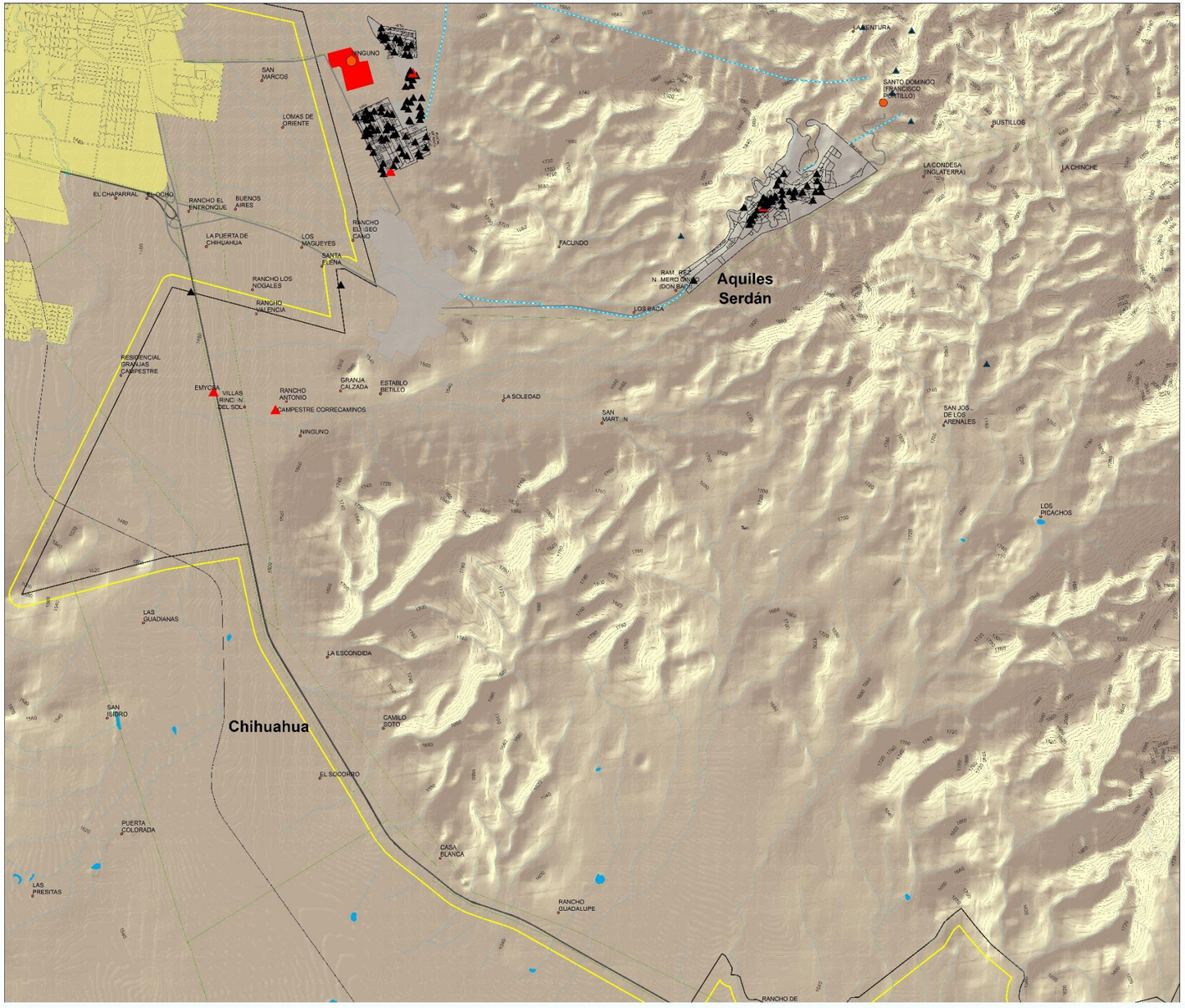
QT:1

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 185 370 740 1,110 1,480 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Actividades que manejan Sust. Peligrosas

- No Maneja
- Manejo se Sust. Peligrosas
- Buffer 150 m del municipio

Simbología Convencional

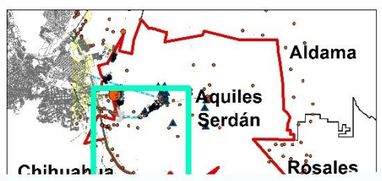
Mina	Calles	Aquiles Serdán	
Localidades	Vía Ferrea		1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión		1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal		1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal		1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio		1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo		
400 - 2010	Cuerpos de agua		
Puente	Subestación Eléctrica		
Acueducto	Mancha urbana		
	Mancha urbana Chih		

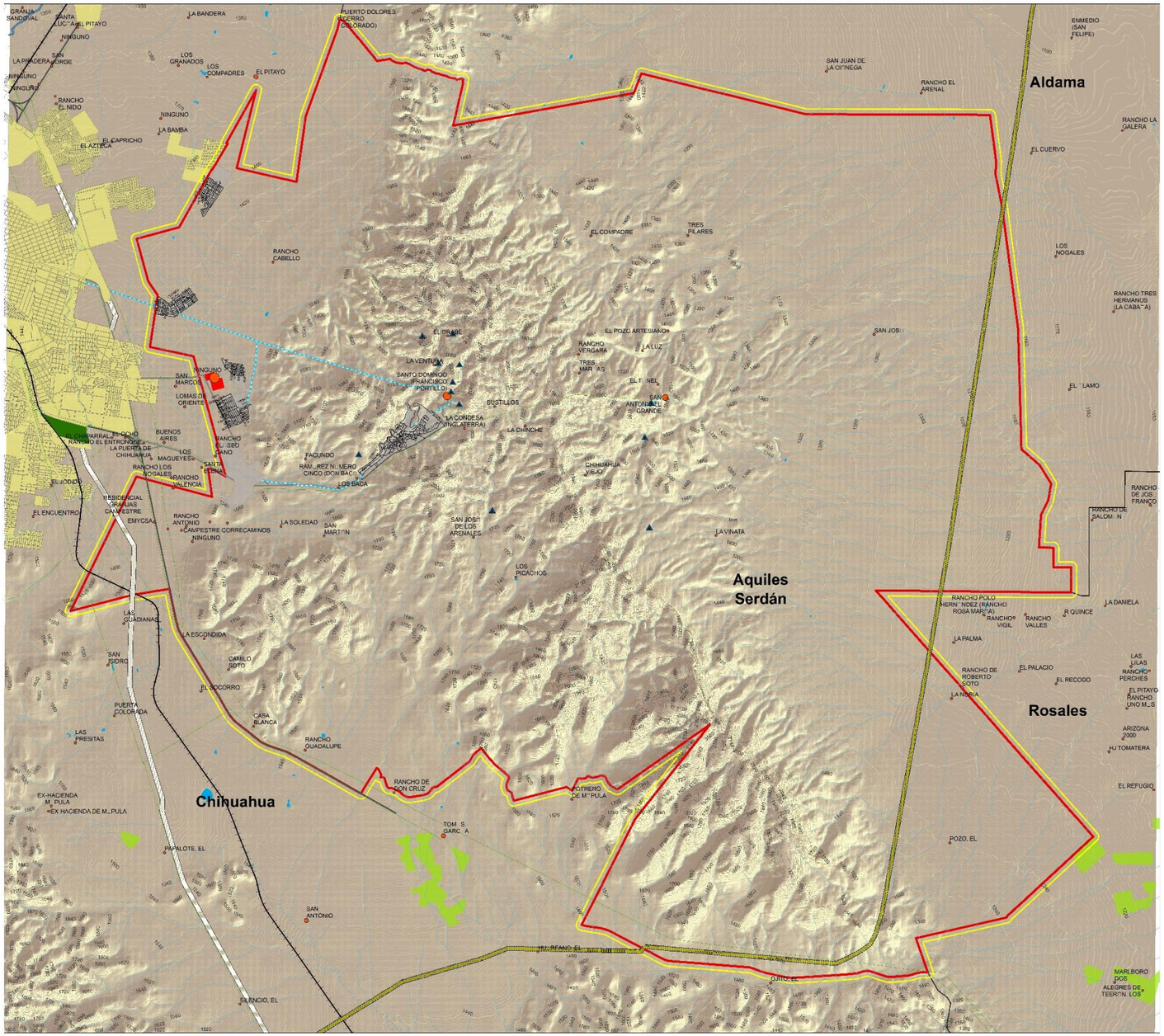
Actividades economicas que manejo de sustancias peligrosas | QT:1.1

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Cuevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 425 850 1,700 2,550 3,400 Meters





Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

- Instalaciones pemex
- Conducto PEMEX
- gasoducto
- Buffer 150 m del municipio

Simbología Convencional

- Mina
- **Localidades**
- **Numero hab**
- 0 - 9
- 10 - 28
- 29 - 133
- 134 - 399
- 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Líneas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

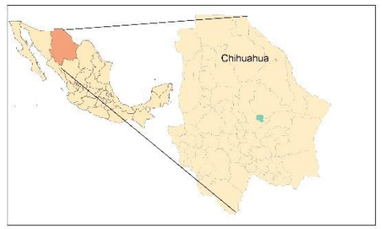
Ductos de sustancias peligrosas

QT:2

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W
E
S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



5.1.2.1 Incendios forestales.

Es la propagación no programada del fuego sobre la vegetación. Pueden ocurrir en cualquier momento porque dependen de las condiciones y las actividades humanas. La cantidad de combustible como pastos, ramas, arboles, etc. Es el factor principal que determina la magnitud del incendio. Los efectos que provocan con la pérdida de suelo y cobertura vegetal, destrucción del hábitat de la fauna silvestre y de plantas que generan oxígeno; y aumento de la emisión de carbono y de gases de efecto invernadero. Se clasifican como:

Superficiales: el fuego se propaga sobre la superficie del terreno hasta 1-5 metros de altura.

Aéreos o de copa: consumen la totalidad de la vegetación, son peligrosos y muy difíciles de controlar.

Subterráneos: inician bajo el suelo por la acumulación y compactación de combustibles, no producen llamas ni humo.

Antecedentes Históricos

Se consultó en el archivo histórico del municipio de Aquiles Serdán, el cual, no se encontró algún incendio significativo, ni en el campo, ni en minas, solo pequeños incendios en lotes baldíos resultado de travesuras de niños.

Metodología

Determinar el porcentaje de amenaza de incendios forestales con el método torres y Zepeda (2008) que combina datos meteorológicos, socioeconómicos y material combustible forestal.

Emplear datos climáticos del Servicio meteorológico Nacional y la Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Emplear imágenes satelitales Landsat 8 para determinar puntos de calor en diferentes escalas temporales.

Determinar la inclinación de las laderas con base en un Modelo de Elevación Digital con resolución X, Y de al menos 15m y 1m en Z

La información, así como las formulas se obtuvieron de la guía de "Estimación simplificada de la amenaza por incendios forestales" que se descargó de la página de la CENAPRED.

(http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/56.pdf)

Materiales usados para el muestreo de campo:

-GPS para tomar coordenadas

- Soga de 20 metros

- Cuadrantes de 50 por 50 cms.

Procedimiento

Se realizó una visita a campo en la cual se hicieron muestreos en los 4 tipos de vegetación más representativos dentro del municipio los cuales son: Bosque de mezquite, matorral desértico Micrófilo, matorral desértico rosetófilo, y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo. Los cuales nos arrojaron 4 tipos de resultados según el tipo de vegetación.

Se hicieron dos transectos de 20 metros cada uno con puntos de observación a los 5, 10, 15 y 20 mts.

TABLA 1781. TRANSECTOS DE 20M

Tipo	Diámetro	Características
Ligeros (cl)	0.1 – 2.5 (finos) 0.2 2.5 - 7.5 (medianos)	Constituido por ramillas muertas, también se conoce como combustibles finos y se acumulan por la caída natural o por el impacto del viento.
Pesados (cp)	➢ 7.5	En este grupo se encuentran las ramas, tallos y troncos muertos caídos de forma natural o por efecto del viento, y por tala de árboles y arbustos. Su inflamabilidad está sujeta a su cantidad, tamaño, forma y humedad.

Se tomaron muestras dentro de los transectos en cuadrantes de 50 cms por 50 cms; las cuales serán pesadas y utilizadas en la fórmula:

Ecuación 1

$$C = \sqrt{1 + \left[\frac{\%\ pendiente}{100}\right]}$$

TABLA 182. RESULTADO POR TIPO DE VEGETACIÓN:

Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
1.0000045	1.0000005	1.0000003125	1.000000085

La ecuación 2 es:

$$C = \left(\frac{Gs\ (0.1234)}{Li}\right) x\ (d12 + d\ 22 + d32 + \ldots + dn2)\ x\ c$$

Dónde:
Li es la longitud de la línea de muestreo que toma valores de 1, 4 y 20 m.

d1 2+ d2 2 +… + dn2, es la suma del cuadrado de los diámetros, obtenida de la tabla de campo (tabla 1).
Gs es la gravedad específica, definida como el cálculo de la densidad específica de un material entre la densidad específica del agua. Para el caso de la guía el valor de G, se refiere a la gravedad específica de la madera.

La tabla sobre la guía de gravedad específica que viene en la guía no aplica ya que esa guía sirve para recursos maderables, sin embargo, se sacó un dato de una especie similar para poder realizar la ecuación, el área de estudio es vegetación de matorral.

TABLA 183. FORMATO DE CAMPO PARA DETERMINAR LA CARGA DE COMBUSTIBLE.

Diámetro	Material fino 0.1 – 2.5 cm Li + 1m		Material mediano 2.5 – 7.5 cm Li + 4m		Material pesado > 7.5 cm Li = 20 m	
d1	Di	di2				
D2						
Dn						
	Suma	=	Suma	=	Suma	=

Para los materiales finos el valor de “Li” será igual a 1m, y se calcula por medio de la ecuación 3, donde se obtiene su carga de combustible (cf).

Ec. 3 cf= (Gs x 0.1234) x (d1 2 + d2 2 +…+ Dn 2) x c

Para los combustibles medianos, el valor de “Li” será igual a 4 m, y se calcula por medio de la ecuación 4, de donde se obtiene su carga de combustible (cm).

Ec 4. Cm = (Gs x 0.031) x (d1 2 + d2 2 +…+ Dn 2) x c

Finalmente se realizará la suma de los dos valores, obteniendo el total de materiales ligeros (cl).

Ec 5. Cl = cf + cm

El resultado es de:

TABLA 184. RESULTADO DE ECUACIÓN 5

Vegetación / Material	Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
Material Fino	0.1774188639	0.08718214359	0.1141141857	0.246830865
Material Mediano	0.1307818385	0	0.02179687772	0.07498125337
Suma	0.308200702	0.08718214	0.13591106	0.321812118

Para los materiales pesados el valor de “Li” será igual a 20 m, y se calcula por medio de la ecuación 6, de donde se obtiene su carga de combustible (cp)

Ec 6. Cp = (Gs x 0.006) x (d1 2 + d2 2 +…+ Dn 2) x c

El resultado de esta ecuación es de:

0.0151875019

Cálculo de la cama de combustible. (cc)

La cama de combustible es un volumen que se compone por material leñoso, hojarasca, y otros tipos de vegetación.

La determinación del valor de la cama de combustible se lleva a cabo mediante el siguiente procedimiento:

- Se registrarán las profundidades a los 5 m, 10 m, 15 m y 20 m de longitud sobre la línea de muestreo, reportando los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Formato para la obtención de la cama de combustibles. (El muestreo de campo se encuentra en el apartado de anexos).

TABLA 185. RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA LÍNEA DE MUESTREO

Distancia (m)	Profundidad pcc (cm)	Peso de la hojarasca in situ por cuadrante (g)	Peso de los 300 grs secos (g)	Peso por unidad de superficie (g/m2)
5				Cc= C/R
10				
15				
20				
Suma	A	B	C	
Pcc promedio	A/4			

Pcc profundidad de la cama de combustibles.

- Posteriormente se calculará el promedio de todas las profundidades en la línea de muestreo, simplemente haciendo la suma de las profundidades (A) y el resultado se dividirá entre cuatro, el valor se anotará en la celda denominada pcc promedio
- A los 5 m, 10 m, 15 m y 20m sobre la línea de muestreo se dibujarán cuadrantes de 50 x 50 cm.
- La hojarasca recolectada en cada cuadrante se pesará en el sitio (in situ), dato que deberá registrarse en la celda correspondiente.
- La muestra que se recolectó estaba seca por lo que el resultado del pesaje fue el mismo.
- El peso por unidad de superficie en kg/m2, se obtendrá de la suma de los pesos de los cuatro cuadrantes (B) y dividiéndolo entre 1 m2.
- La relación que guardan los 300 g de material que se tomaron de las muestras en los cuatro cuadrantes, dado en unidades de superficie, esta expresado de la siguiente manera:

Ec. 7 $\frac{\text{(1200 g) 1 m2}}{\text{Peso in situ (g)}} = \text{R (m2)}$

Se realizó esta ecuación como una suposición de que se encontraran los 1,200 g de muestra, por si en algún momento del año se pudieran muestrear.

- El valor del peso seco de los 1,200 g (c), se dividirá entre el resultado de la ecuación 7, con lo cual obtendremos la cantidad de combustible por unidad de superficie, que constituye la cama (cc).

TABLA 186. RESULTADOS DE LA ECUACIÓN 7

Vegetación (cm) / Profundidad pcc	Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
5	0.5	0	0.2	0.25
10	0.5	0.1	0.15	0.55
15	0.5	0.1	0	0.1
20	0.5	1	0	0.2

TABLA 187 CONTINUACIÓN

Vegetación (g) / Peso Hojarasca	Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
5	115	0	70	45
10	50	20	55	55
15	110	40	0	75
20	120	80	0	40

Se sacó la media entre los dos muestreos por tipos de vegetación la cual se encuentran en las tablas anteriores.

Finalmente, para obtener el valor de la componente de combustibles forestales, se deberá utilizar la siguiente ecuación:

ec. 8 Ccf = cc (0.3067) + cl (0.2610) + cp (0.0613) + pcc (0.3710)

TABLA 188. RESULTADO DEL VALOR DE LA COMPONENTE DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Vegetación	Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
Ccf	22.93900669	1.969721206	3.046140795	10.19906924

Para el cálculo del componente meteorológico.

Se obtuvo información del Servicio Meteorológico Nacional de la estación más cercana al municipio de Aquiles Serdán la cual es la 8113 Presa Chihuahua (SMN) con información de 1951-2010, se extrajeron datos como: Temperatura máxima mensual (tmm) y Precipitación normal mensual. (pnm) Con esta información se obtuvieron dos variables (tmm) y (pnm). La orientación de la pendiente (op) no aplica ya que por los archivos históricos no ha habido incendios en el municipio.

TABLA 189. FÓRMULAS:

Escala común / Variable	1	0	Ecuación para la obtención del valor estandarizado.
Temperatura máxima mensual (tmm)	La máxima registrada	La más baja	$Tmms = \frac{tmm_i}{tmm_{max}}$
Precipitación normal mensual (pnm)	Mínima registrada	Máxima registrada	$pnms = \frac{pnm_i}{pnm_{max}}$
Orientación de la pendiente (op)	Frecuencia igual o mayor de 5 incendios forestales al año	No se presentan incendios o no se tienen datos	

S es el valor normalizado que se quiere calcular, su resultado va de 0 a 1
I es el valor recolectado en el muestreo o en estadísticas.

La componente meteorológica queda definida por medio de la ecuación 9

ec. 9 C_m =C tmm (0.2493) + pmn (0.5936) + op (0.1571)

El resultado es de C_M= 0.76

Obtención de la componente causa.

Se obtuvieron valores como; La determinación de áreas de manejo forestal (aa). La cual no aplica ya que la zona tiene otro tipo de vegetación, así como de uso de suelo.

TABLA 190. RADIO DE INFLUENCIA SOBRE LA VARIABLE

Variable	Radio de influencia (m)
Brechas	1,000
Veredas	1,000
Carreteras	1,500
Poblados	2,500

Los valores de normalización en cuanto a población son de 1. Siendo la Localidad de Rancho "Polo Hernández" a una distancia de 0.41 kms del área de importancia.

TABLA 191. FÓMULAS

Escala común / Variable	1	0	Ecuación para la obtención del valor estandarizado
Distancia a poblados (dp)	≤ 500 m	En el límite del área de influencia	$Dps = \frac{dp_i}{500}$
Distancia a brechas (db)	≤ 50 m	En el límite del área de influencia	$Dbs = \frac{db_i}{50}$
Distancia a veredas (dv)	≤ 50 m	En el límite del área de influencia	$Dvs = \frac{dv_i}{50}$
Distancia a carreteras (dc)	≤ 50 m	En el límite del área de influencia	$Dc_s = \frac{dc_i}{50}$

S es el valor normalizado que se quiere calcular, su resultado va de 0 a 1
I es el valor recolectado en el muestreo o estadísticas.

TABLA 192. VARIABLE, IMPORTANCIA, VALOR Y DESCRIPCIÓN

Variable	Importancia	Valor	Descripción o consideraciones
aa	Mayor	0.4211	Mientras mayor el área de aprovechamiento forestal exista, mayor es la influencia de las actividades humanas.
db	Mayor	0.3431	El transporte de madera, implica actividades y asentamientos humanos temporales en la zona.
dp	Media	0.1172	Es muy variable ya que depende de la distribución de los asentamientos humanos.
dv	Menor	0.0687	Estadísticamente tienen una influencia directa en la ocurrencia de incendios forestales y su valor relativo puede cambiar en sentido opuesto si alguna de estas vías de comunicación cruza la zona de estudio.
dc	Menor	0.0500	

Para determinar el valor de la componente de causa se utilizará la siguiente ecuación:
ec. 10 C_c = aa (0.4211) + db (0.3431) + dc (0.0500) + dv (0.0687) + dp (0.1172)

El resultado al aplicar esta fórmula es de: CC=0.0001 el cual se complementará para la fórmula final.

Integración de criterios.

Para realizar al cálculo del *IPIF* (índice de peligro por incendios forestales), se emplea una evaluación multicriterio (EMC), el cual tiene la finalidad de establecer una regla de decisión, la cual se aplica para obtener resultados que muestren el índice correspondiente a la zona de estudio.

Finalmente, mediante una ponderación de las componentes, se calculará el valor del índice de peligro *IPIF*, el cual se podrá calcular de la siguiente manera:

Ec 11 $IPIF = C_M (0.60) + C_{CF} (0.25) + C_C (0.15)$

Y se podrá interpretar en base a la siguiente tabla.

TABLA 193. ÍNDICE DE PELIGRO POR INCENDIOS FORESTALES

Índice	Porcentaje	Amenaza de ocurrencia
0.0 – 0.2	0 – 20%	Muy bajo
0.2 – 0.4	20 – 40%	Bajo
0.4 – 0.6	40 – 60%	Medio
0.6 – 0.8	60 – 80%	Alto
0.8 – 1.0	80 – 100%	Muy alto

Los factores de ponderación están asignados principalmente por la influencia de las componentes en la ocurrencia del incendio, esto último determinado por análisis estadísticos, es decir, si se tiene un archivo histórico sobre la ocurrencia, propagación y daños de un incendio forestal en una zona específica, se podrán establecer con mayor certeza los orígenes del incendio. Dado que en el municipio no se han presentado incendios significativos este cálculo es una mera estimación del índice de peligro.

El resultado es:

TABLA 194. ÍNDICE DE PELIGRO DE INCENDIOS DE ACUERDO A LA VEGETACIÓN

Vegetación	Vegetación Secundaria MDM	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Desértico Micrófilo	Bosque de Mezquite.
IPIF	0.63	0.47	0.31	0.03

La realización de todas las ecuaciones fueron estimaciones, ya que la guía representa fórmulas para realización del Índices de peligro por Incendios forestales, en zonas donde el uso de suelo es forestal, sin embargo, en el área de estudio de Aquiles Serdán el uso de suelo es minero y ganadero por lo que dificulta obtener una información y datos precisos.

Conclusiones.

Se puede observar que la zona de Vegetación secundaria de matorral desértico Micrófilo representa un valor alto para un inicio de incendio, ya que tiene una mayor composición de combustible forestal.

El tipo de vegetación de Matorral desértico rosetófilo representa una amenaza media de incendio.

Por otro lado, el Matorral desértico Micrófilo representa un nivel bajo de amenaza.

Y por último el bosque de mezquite representa una amenaza muy baja, esto relacionado a que es el tipo de vegetación menor que se encuentra en el municipio de Aquiles Serdán.

Resultados

El modelo seleccionado es de tipo espacial (Muñoz R.C., et al, 2005) de acuerdo al anexo 22 de la Implementación De La Metodología Para La Estimación Simplificada De La Amenaza Por Incendios Forestales, este y considera los siguientes criterios:

1. El modelo establece el nivel de peligro pre-incendio con una ecuación matemática simple.

2. Las variables que intervienen en el cálculo del modelo son determinables a través de trabajo en campo, datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y por medio de información geoestadística existente en el INEGI.

3. El resultado que arroja el modelo es un índice de peligro por incendios forestales (IPIF), determinado por un análisis multicriterio de las variables, con el que se establece una escala que normaliza sus valores.

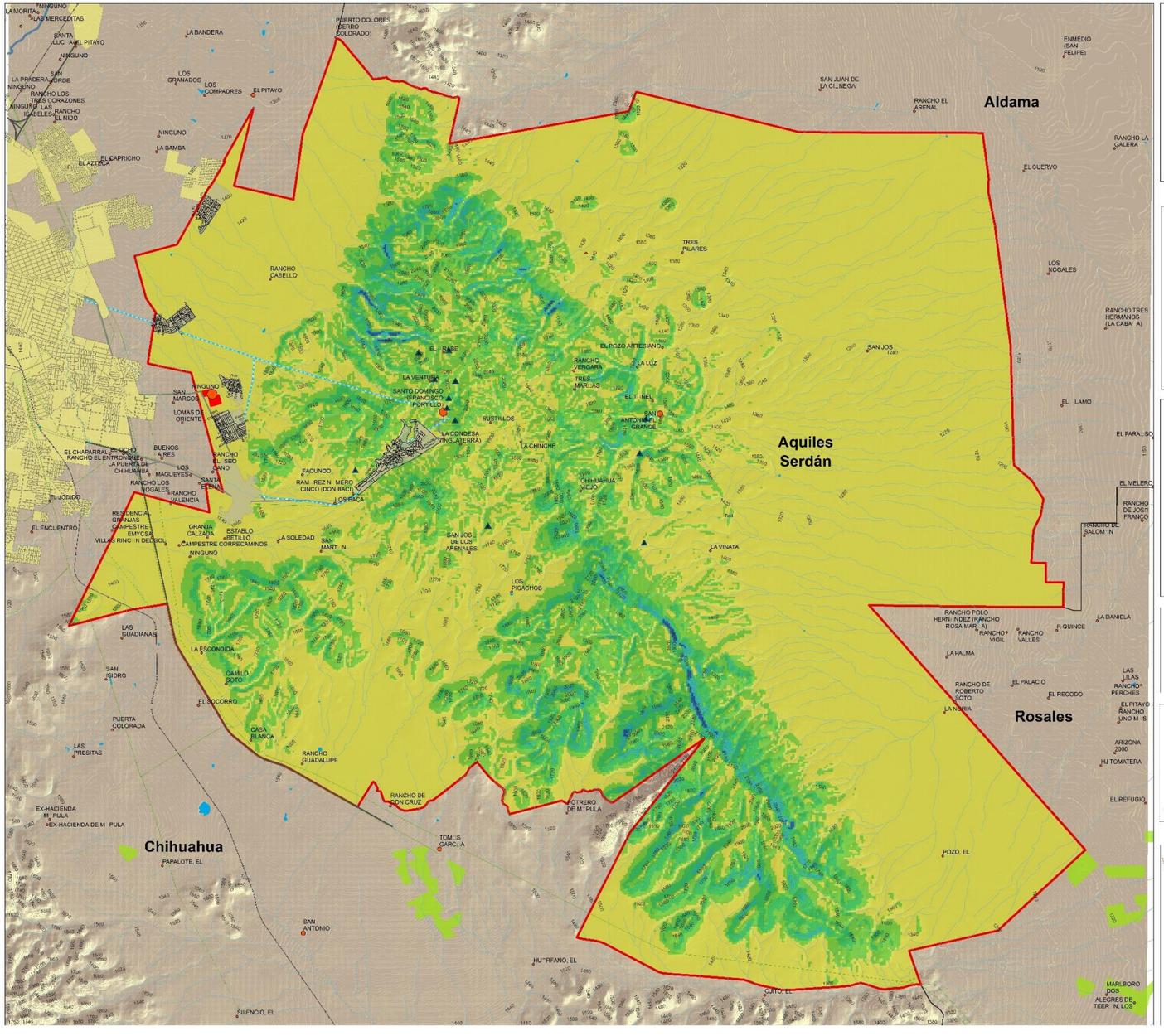
4. Las variables que intervienen en el modelo son, material combustible, caracterización meteorológica de la zona y parámetros socioeconómicos que establecen la actividad humana en el área de estudio.

5. En el manejo de las variables que intervienen en el modelo, debe considerarse su temporalidad, ya que las componentes de tipo meteorológico y de carga de combustible, varían por mes y por época del año, lo que permite obtener un IPIF mensual o temporal, según se considere en el proyecto.

el siguiente diagrama de flujo del modelo muestra las actividades y procedimientos para la obtención del IPIF.

Topografía

Se le define como la configuración de la superficie terrestre. Analizar la topografía es sumamente importante por su capacidad de modificar a los otros 2 componentes de la gran triada. Los factores topográficos que influyen en el comportamiento de los incendios son: a) Pendiente o inclinación del terreno. Afecta directamente la propagación del incendio de la manera siguiente: • La propagación se acelera por estar los combustibles más cerca de las llamas; la fase de precalentamiento incrementa la tasa de combustión y por lo tanto se acelera la velocidad de avance del fuego. • La forma que adopta el incendio es influida por la pendiente. Ejerce una forma similar a la del viento. • Las pavesas rodantes son más frecuentes en las pendientes mayores; así se pueden originar incendios secundarios. Figura 42. La gran triada Tiempo Atmosférico Topografía Combustibles 8 CENAPRED Incendios Forestales b) Altitud o elevación. Afecta también el comportamiento de los incendios. Un incendio en una montaña u otra prominencia define 3 zonas, en cada una de las cuales la evolución del fuego muestra características distintas (figura 43). • En el tercio inferior o parte baja las temperaturas son más altas. Generalmente la cantidad de combustibles es mayor; en consecuencia, se espera gran resistencia al control. • Debido a una menor disponibilidad de combustible en el tercio intermedio de una montaña o elevación es común una disminución en lo mencionado arriba. • Sin embargo, es importante destacar que durante la noche en este sector se genera un cinturón térmico, el cual se caracteriza porque el promedio de temperatura es más alto, un promedio de humedad más bajo y un índice de peligro mayor. • En el tercio superior suceden cambios bruscos de viento. Cerca de la cumbre ocurren interacciones entre los vientos locales y los generales que forman remolinos. Sin embargo, la propagación del fuego en general se reduce porque existe menos combustible. c) Exposición. Es la orientación de una ladera con respecto al sol. Puede ser hacia cualquiera de los puntos cardinales. Para el caso de México la exposición hacia el sur recibe mayor cantidad de luz y calor del sol; por lo tanto, en esos flancos las temperaturas son las más altas, menor humedad relativa y los combustibles más ligeros y secos.



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

Grados de pendiente

- 0 - 12
- 13 - 25
- 26 - 38
- 39 - 51
- 52 - 64

Simbología Convencional

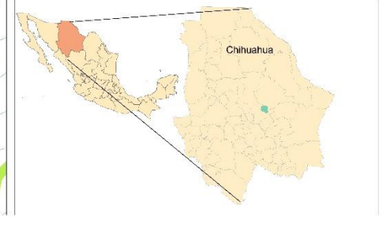
Mina	Calles	Aquiles Serdán
Localidades	Vía Ferrea	1150 - 1440
Numero hab	Lineas transmisión	1441 - 1580
0 - 9	Carretera Estatal	1581 - 1720
10 - 28	Carretera Federal	1721 - 1900
29 - 133	Reclusorio	1901 - 2260
134 - 399	Area de cultivo	
400 - 2010	Cuerpos de agua	
Puente	Subestación Eléctrica	
Acueducto	Mancha urbana	
	Mancha urbana Chih	

Grados de Pendiente | QT:2

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Canevá: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N W E S

0 950 1,900 3,800 5,700 7,600 Meters



Delimitar zona de interés

Se considerarán las zonas de interés aquellas resultantes de los puntos de calor de un periodo de 5 años posteriores a la elaboración del presente estudio, que fueron consultadas en el Sistema de Alerta Temprana de Incendios para México y Centroamérica de la CONABIO la cual surgió ante la necesidad de los incendios ocurridos en 1998 en el país (14 445 incendios que afectaron casi 850 000 ha); representando una solución tecnológica que ayuda en la detección y en el análisis de propagación. El sistema hace la detección de puntos de calor utilizando imágenes diurnas y nocturnas del sensor AVHRR a bordo de los satélites de la serie NOAA y en 2001 incorporó para la detección de puntos de calor los sensores MODIS a bordo de los satélites Aqua y Terra de la NASA.

El resultado de la consulta nos muestra

1. **Determinación del componente de combustibles forestales (CCF)**

En el muestre conforme al anexo 22 se obtuvieron los siguientes resultados:

2. **Obtención del componente causa (Cc)**

Considera los agentes causales de los incendios para integrarlos en un modelo y representarlos espacialmente, de los cuales se muestran en la siguiente tabla como se presentan en el área de estudio:

TABLA 196. AGENTES CAUSALES DE INCENDIOS

Agentes	Comportamiento en el área de estudio
Áreas de manejo forestal (aa)	No existen zonas con actividades referentes al aprovechamiento Forestal
Distancia de vías de comunicación	**Carreteras Veredas(dv) Brechas (db)**

Componentes socioeconómicos

Índice de peligro de incendios

El IPIF se podrá calcular por medio de una suma ponderada de las componentes, en donde la componente meteorológica tiene una influencia del 60 %, la preponderancia de la componente del combustible forestal es del 25 % y finalmente la componente de causa un 15 %, quedando definido el IPIF con la siguiente ecuación.

ec 11 (0.60) (0.25) (0.15) M CF C IPIF = C +C +C

Los factores de ponderación están asignados principalmente por la influencia de las componentes en la ocurrencia del incendio, esto último determinado por análisis estadísticos, es decir, si se tiene un archivo histórico sobre la ocurrencia, propagación y daños de un incendio forestal en una zona específica, se podrán establecer con mayor certeza los orígenes del incendio.

TABLA 197. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA OCURRENCIA, PROPAGACIÓN Y DAÑOS DE UN INCENDIO FORESTAL EN UNA ZONA ESPECÍFICA

Id	Paso	País	Estado	Municipio	Vegetación	Área Natural	Pendiente	Satélite
1235323	13/05/10 14:13	México	Chihuahua	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación secundaria ninguno	No afecta ANP	21%	Aqua
1235324	13/05/10 14:13	México	Chihuahua	Aquiles Serdán	Matorral Desértico Micrófilo vegetación secundaria ninguno	No afecta ANP	11%	Aqua
1235774	15/05/10 14:01	México	Chihuahua	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación secundaria ninguna.	No afecta ANP	27%	Aqua

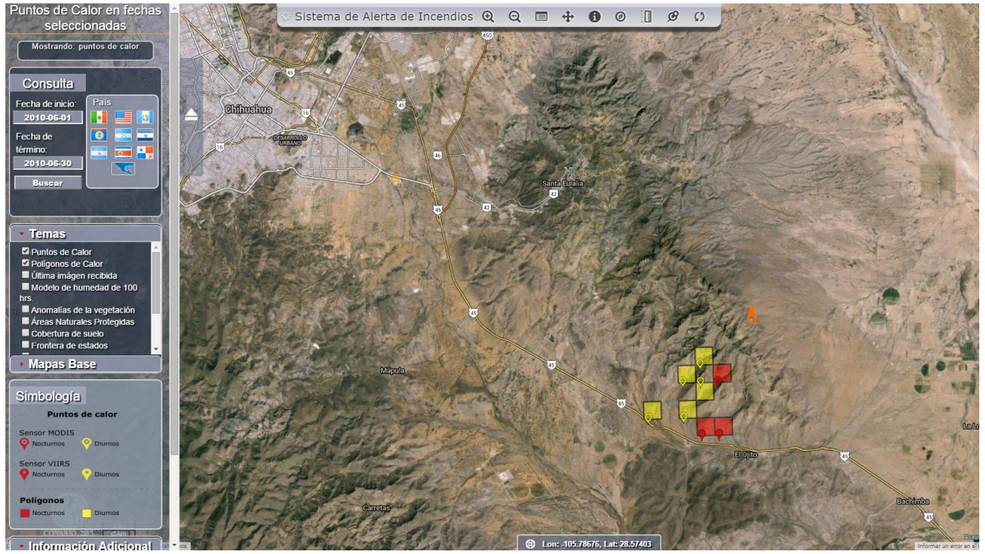


TABLA 198. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA OCURRENCIA, PROPAGACIÓN Y DAÑOS DE UN INCENDIO FORESTAL EN UNA ZONA ESPECÍFICA

Id	Paso	País	Estado	Municipio	Vegetación	Área Natural	Pendiente	Satélite
1240331	11/06/10 13:43	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	5%	Aqua
1240426	12/06/10 14:26	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	50%	Aqua
1240427	12/06/10 1:26	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	17%	Aqua
1240428	12/06/10 14:26	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	46%	Aqua
1548848	11/06/10 23:06	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	34%	Terra
1548849	11/06/10 23:06	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	15%	Terra
1548850	11/06/10 23:06	México	Chih.	Aquiles Serdán	Pastizal Natural Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	6%	Terra

TABLA 199. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA OCURRENCIA, PROPAGACIÓN Y DAÑOS DE UN INCENDIO FORESTAL EN UNA ZONA ESPECÍFICA

Id	Paso	País	Estado	Municipio	Vegetación	Área Natural	Pendiente	Satélite
2563269	2/02/14 13:03	México	Chihuahua	Aquiles Serdán	Matorral Desértico Micrófilo Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	3 %	NPP

TABLA 200. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA OCURRENCIA, PROPAGACIÓN Y DAÑOS DE UN INCENDIO FORESTAL EN UNA ZONA ESPECÍFICA

Id	Paso	País	Estado	Municipio	Vegetación	Área Natural	Pendiente	Satélite
2700125	28/12/14 10:42	México	Chihuahua	Aquiles Serdán	Matorral Desértico Micrófilo Vegetación Secundaria Ninguno	No afecta ANP	2%	Terra

Contaminacion del suelo

Durante la década de los 80´s en el municipio de Aquiles existio una empresa que se dedcaba al procesamiento del plomo que se extraía de » de la planta de beneficio de metales, el deslave de los bancos de jales que se acumularon durante casi 80 años, ha provocado la cotaminacion del terreno de Aquiles Serdán y todo el llano que se encuentra entre el poblado de San Guillermo y el Cereso Estatal No.

Los últimos estudios que se realizaron para obtener el grado de Maestria del Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua (CIMAV) realizó su estudio con el apoyo de la Unidad de Conservación y Recuperación de Suelos del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT.; y por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autonoma de Chihuahua, manifiestan una alarmante situación encontrando este metal de manera abundante en todo el terreno.

El área que se analizo en el estudio antes mencionado es en la localidd de San Guillermo en donde se ubica la presa de jales como se muestra en la siguiente imagen, las dimensiones se calcularon en base a la imagen satelital con fin de definir el tipo y cantidad de obras para mitigar el daño.



El riesgo para la poblcion se refleja en efectos neuroquímicos en diferentes moléculas, células y niveles intercelulares. En dosis más bajas, que provoca la interrupción de los neurotransmisores. Los más afectos neurotransmisores son noradrenalina, dopamina, serotonina y acetilcolina, que son esenciales para la regulación de emoconvencional, las respuestas congnitivas y aparato locomotor".

Se tiene conocimiento de la elaboración de los estudios realizados por las instituciones antes mencionadas, sin embargo, los resultados corresponde a zonas muy especificas y por la misma naturaleza de los estudios no se reportan en el presente, si no que sirven de antecedente para llevarlos a cabo bajo programas gubernamentales que les den seguimiento y apliquen las acciones necesarias para mitigar los daños y disminur el riesgo.

FASE III.

Estimación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social se ha relacionado con la pobreza, marginación, el desarrollo y las condiciones de vida que presenta la población, pero en los últimos años se ha observado una mayor relación entre la vulnerabilidad social y los desastres naturales, ya que engloban las características de desarrollo que tiene la población para sobreponerse a algún desastre y su capacidad de organización y reacción ante este hecho.

En otras palabras, vulnerabilidad social ligada a desastres naturales, pudiese definirse como: una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de emergencias, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre (CENAPRED, 2006).

El objetivo principal es conocer el índice o grado de vulnerabilidad social de Aquiles Serdan, relacionada con desastres naturales mediante las características de la población más propensa a sufrir algún daño, tanto en su persona, como en aquellos bienes que posea. Todo esto con el fin de disminuir los posibles riesgos y sobre todo crear una educación de prevención.

La metodología que se desarrolla en este apartado, fue aplicada para cada una de las áreas geoestadísticas básicas (AGEBS) que conforman Aquiles Serdán. La decisión de desagregar el estudio hasta esta unidad, se bebió

10.1 Características sociales y económicas

Los indicadores socioeconómicos que se seleccionaron en este estudio se dividen en cinco rubros: Salud, Educación, Vivienda, Empleo y Población, ya que estas condiciones sociales, la calidad de las viviendas, y en general el nivel de desarrollo de la región, son susceptibles a eventos naturales.

En esta parte se describirán detalladamente los 12 indicadores, uno de salud, tres en educación, cuatro para vivienda, dos en empleos y dos en población. Los cuales se describen a continuación:

Salud

La salud de la población de un país o cualquier localidad es un determinante indicador del desarrollo social, una de sus principales funciones es la de la prevención, por lo cual es de suma importancia conocer la accesibilidad que tiene la población a este servicio:

TABLA 201. INDICADOR Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR SALUD.

Sector	Salud
Indicador	
	Porcentaje de la población no derechohabiente
Formula	%PND=(PND/PT)*100
Variables	%PND=Porcentaje de Población No Derechohabiente PND=Porcentaje de Población No Derechohabiente PT= Población Total
Procedimientos	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.
Justificación	Este indicador muestra el porcentaje de la población no derechohabiente, la cual es la que menos acceso tiene a servicios de salud, esta situación incide directamente en la vulnerabilidad de la población.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

Educación

La educación permite obtener conocimientos, habilidades y actitudes necesarias tanto para el desarrollo individual, familiar y social de la localidad, así como también es esta una variable que permite elevar el conocimiento ante fenómenos naturales. En este apartado se presentan tres indicadores sobre las características educativas de la población, que permiten visualizar los avances o rezagos que dichas unidades de estudio presentan.

TABLA 202. INDICADOR Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EDUCACIÓN

Sector	Educación
Indicador	
	Porcentaje de analfabetismo
Formula	%A=(P15aA/PT15a)*100

Variables	%A=Porcentaje de Analfabetismo P15aA= Población de 15 años y más analfabeta PT15a= Población Total de 15 años y más
Procedimientos	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.
Justificación	Este indicador muestra el retraso en el desarrollo educativo de la población, que refleja la desigualdad en el sistema educativo. La educación es considerada como uno de los factores claves con respecto a la vulnerabilidad social.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 203. CONTINUACIÓN

Sector	Educación
Indicador	
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela
Formula	DEB= (PT6_14aAE/PT6_14a) *100
Variables	DEB= Demanda de Educación Básica PT6_14aAE=Población Total de 6 a 14 años que asiste a las escuelas PT6_14a=Población Total de 6 a 14 años
Procedimientos	Para la obtención de la demanda de educación básica, se contempla la población en edad de asistir a la escuela, desde la educación primaria hasta la educación secundaria, que contempla la población de 6 a 14 años, dividida entre el total de la población del mismo rango de edad. El resultado se multiplica por cien.
Justificación	Este indicador muestra a la población que se encuentra en edad de demandar los servicios de educación básica, la cual es fundamental para continuar con capacitación posterior que proporcione las herramientas para acceder al mercado laboral.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 204. CONTINUACIÓN

Sector	Educación
Indicador	
	Grado promedio de escolaridad
Formula	GPE=SAAP15a/PT15a
Variables	GPE=Grado Promedio de Escolaridad SAAP15a= Suma de años aprobados desde primero de primaria hasta el último año alcanzado de la población de 15 años y más. PT15a=Población total de 15 años y más
Procedimientos	Este indicador es calculado por el INEGI, por lo que solo se tomó dicho dato.
Justificación	Refleja a la población que cuenta con menos de nueve años de educación formal, se considera a la población mayor de 15 años que no ha completado la educación secundaria como población con rezago educativo.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

Vivienda

Los indicadores que se presentan muestran a grandes rasgos las características de las viviendas. Son estos indicadores los de mayor peso para el estudio, ya que en las condiciones en las que las viviendas se encuentren, pueden llegar a determinar el grado de exposición y riesgo que pueden sufrir ante un desastre natural.

Cuando las condiciones de una vivienda son precarias, cuando no cuenta con el acceso a varios servicios o sus materiales de construcción no son adecuados para su seguridad, el factor de riesgo que puede llegar a presentarse sería demasiado alto.

TABLA 205. INDICADOR Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR VIVIENDA

Sector	Vivienda
Indicador	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada
Formula	%VNDAE= (TVNDAE/TVPH) *100
Variables	%VNDAE= Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada TVNDAE= Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada TVPH=Total de viviendas particulares habitadas
Procedimientos	El porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada es igual al total de viviendas particulares habitadas que no disponen de este servicio entre el total de viviendas particulares habitadas. El resultado se multiplica por cien.
Justificación	La falta de agua entubada en caso de desastre puede llegar a retrasar algunas labores de atención, y regularmente la obtención y el almacenamiento de agua en viviendas que no cuentan con agua entubada se llevan a cabo de manera insalubre.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 206. CONTINUACIÓN

Sector	Vivienda
Indicador	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje
Formula	%VND= (TVND/TVPH) *100
Variables	%VND= Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje TVND= Total de viviendas particulares habitadas q no disponen de drenaje TVPH=Total de viviendas particulares habitadas
Procedimientos	El porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje es igual al total de viviendas particulares habitadas que no disponen de este servicio entre el total de viviendas particulares habitadas. El resultado se multiplica por cien.
Justificación	La carencia de drenaje en una vivienda puede llegar a aumentar su vulnerabilidad frente a diversas enfermedades, las cuales en situaciones de desastre aumentan considerablemente.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 207. CONTINUACIÓN

Sector	Vivienda
Indicador	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad
Formula	%VNDE= (TVNDE/TVPH) *100
Variables	%VNDE= Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica TVNDE= Total de viviendas particulares habitadas q no disponen de energía eléctrica TVPH=Total de viviendas particulares habitadas
Procedimientos	El porcentaje se obtiene de la diferencia del total de viviendas particulares y el total de viviendas particulares habitadas, el resultado se divide entre el total de viviendas particulares habitadas y se multiplica por cien.
Justificación	La falta de energía eléctrica aumenta la vulnerabilidad de las personas frente a los desastres naturales, ya que el no contar con este servicio excluye a la población de formas de

	comunicación, así mismo la capacidad de respuesta se puede retrasar.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 208. CONTINUACIÓN

Sector	Vivienda
Indicador	
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra
Formula	%VPT= (TVPT/TVPH) *100
Variables	%VPT= Porcentaje de viviendas con piso de tierra TVPT= Total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra TVPH=Total de viviendas particulares habitadas
Procedimientos	El porcentaje de viviendas que presentan piso de tierra es igual al total de viviendas particulares habitadas que tienen piso de tierra entre el total de viviendas particulares habitadas. El resultado se multiplica por cien.
Justificación	Las viviendas de piso de tierra aumentan la vulnerabilidad de sus habitantes frente a los desastres naturales, ya que el riesgo de contraer enfermedades es mayor y su resistencia frente a ciertos fenómenos es menos que otro tipo de construcciones.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

Empleo

Estos indicadores contribuyen elementos acerca de la generación de recursos, que permiten el sustento de la población, y con ayuda de este indicador se puede observar el nivel de vulnerabilidad que presenta la población ante situaciones de prevención y respuesta en caso de desastres naturales.

TABLA 209. INDICADOR Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EMPLEO

Sector	Empleo
Indicador	
	Razón de dependencia
Formula	RD=(P0_14a+P65a/P15_64a) *100
Variables	RD= Razón de dependencia P0_14a= Población de 0 a 14 años P65a=Población de 65 años y más P15_64a=Población de 15 a 64 años
Procedimientos	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 las personas que por su edad se identifican como económicamente productivas (mayores de 15 años y menores de 64 años
Justificación	Mientras mayor sea la razón de dependencia, más personas se verán en desventaja frente a un desastre de origen natural ya que su capacidad de respuesta y prevención prácticamente va a ser nula.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 210. CONTINUACIÓN

Sector	Empleo
Indicador	
	Tasa de desempleo abierto
Formula	TDA=(NoPD/PEA) *100
Variables	TDA=Tasa de desempleo abierto NoPD= Número de personas desocupadas PEA=Población económicamente activa

Procedimientos	Para obtener la tasa de desempleo abierto es necesario dividir el número de personas desocupadas entre la PEA y multiplicar el resultado por cien.
Justificación	Este indicador se refiere directamente a la situación de desempleo que influye sobre la capacidad de consumo de la población, así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

Población

En este apartado se contemplaron dos indicadores sociales de la población de Aquiles Serdán, como la densidad de población que refleja, quizás la mala distribución o planeación de los gobiernos, hacia los asentamientos humanos, los cuales se pueden ver afectados ante un desastre natural. El otro indicador es el porcentaje de la población de habla indígena, la cual presenta condiciones de vulnerabilidad más altas que la no indígena.

TABLA 211. INDICADOR Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR POBLACIÓN

Sector	Población
Indicador	
	Densidad de Población
Formula	DP=PT/ST
Variables	DP= Densidad de población PT= Población total ST=Superficie Territorial
Procedimientos	Se obtiene de dividir el total de la población de un territorio determinado entre la superficie del mismo, el resultado indica el número de habitantes por kilómetro cuadrado.
Justificación	La densidad, más que un problema de sobre población, refleja un problema de mala distribución de la población, además de que la tasa de crecimiento es elevada. Cuando la gente se encuentra concentrada en un área limitada, una amenaza natural puede tener un impacto mayor.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA 212. CONTINUACIÓN

Sector	Población
Indicador	
	Porcentaje de la población de habla indígena
Formula	%PI=(P5HLI/P5) *100
Variables	%PI= Porcentaje de población indígena P5HLI= Población de 5 años y más que habla una lengua indígena P5=Población de 5 años y más
Procedimientos	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. Según el INEGI establece que para que se considere a una población predominantemente indígena, al menos el 40% de la población debe hablar alguna lengua indígena.
Justificación	La mayoría de los municipios donde se asienta la población indígena, presenta una estructura de oportunidades muy precaria, lo cual refleja en condiciones de vulnerabilidad de esta población.
Fuente	XII Censo de Población y Vivienda 2010

Determinación del grado de vulnerabilidad

La obtención de los doce indicadores, es con la finalidad de apreciar los principales aspectos que pueden atenuar la vulnerabilidad social para Camargo ante algún desastre natural.

Una vez realizada la identificación, recopilación y organización de las variables necesarias, se prosiguió al cálculo de cada uno de los indicadores, según las formulas desarrolladas en las Tablas (1 a 12). Después de obtener el resultado del indicador (es) se continuó a la elaboración de los rangos, los cuales permiten establecer una condición de vulnerabilidad y consecuentemente un valor entre 0 y 1, donde 1 representara el nivel más alto de vulnerabilidad, y 0 al nivel más bajo.

Una vez establecidos los valores a cada indicador, para cada unidad de estudio, en este caso para los agebs, se le asigna una calificación que está condicionada básicamente por el valor antes fijado entre 0 y 1. Esto se repite para cada indicador.

Ya fijadas las calificaciones por indicador, se sumarán para obtener una calificación total por rubro, en este caso, salud queda tal cual, puesto que solo es un indicador, en educación se sumarán tres calificaciones, cuatro en vivienda, empleos e ingresos tres y dos en población. Obteniendo así cinco grandes calificaciones.

Después se procede a la obtención del promedio para cada rubro, para darle el mismo peso a cada indicador, la cual consiste en la división de la calificación total entre el número de indicadores de cada uno de los rubros.

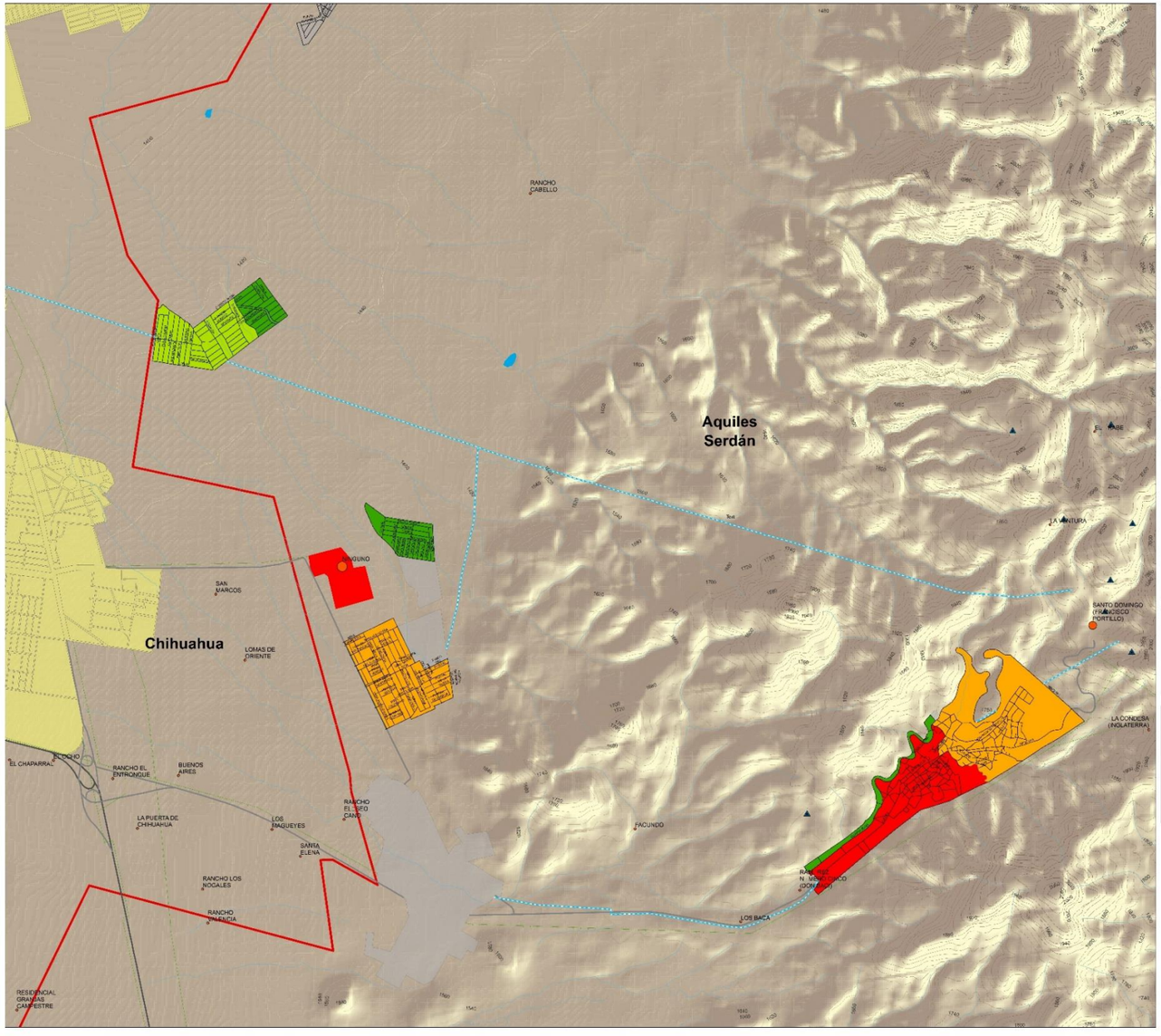
Como penúltimo paso, una vez obtenido el promedio de cada uno de los cinco rubros, se procede a la suma de los mismos entre cinco, que representa el número de rubros, (salud, educación, vivienda, empleo y población). Este promedio total será pues el índice deseado, el cual nos reflejará las condiciones socioeconómicas.

Finalmente, con el índice que se obtuvo de la operación anterior, cotejando los resultados y obteniendo nuevamente rangos, se determinó el Grado de Vulnerabilidad Social, este permite identificar que tan vulnerable es la población o cuál es su capacidad de prevención y respuesta, con las condiciones socioeconómicas presentadas, ante un desastre natural.

Los rangos de vulnerabilidad social para asignar el Grado para cada uno de los agebs se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 213. RANGOS DE VULNERABILIDAD SOCIAL

Rangos de Vulnerabilidad social				
Valor Final				**Grado de Vulnerabilidad social asociada a desastres**
Igual a	0.14	o	menos	Muy baja
De	0.15	a	0.20	Baja
De	0.21	a	0.28	Media
De	0.29	a	0.36	Alta
Igual a	0.37	o	más	Muy alta



Atlas de Riesgos del Municipio de Aquiles Serdán

SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PRAH
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

ases

Simbología Temática

VULNERABIL

- Muy baja
- Baja
- Alta
- Muy alta

Simbología Convencional

- Mina
- Localidades
- Numero hab
  - 0 - 9
  - 10 - 28
  - 29 - 133
  - 134 - 399
  - 400 - 2010
- Puente
- Acueducto
- Calles
- Vía Ferrea
- Líneas transmisión
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Reclusorio
- Area de cultivo
- Cuerpos de agua
- Subestación Eléctrica
- Mancha urbana
- Mancha urbana Chih
- Aquiles Serdán
- 1150 - 1440
- 1441 - 1580
- 1581 - 1720
- 1721 - 1900
- 1901 - 2260

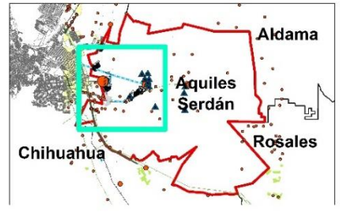
Vulnerabilidad

Vul:1

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA
Proyección: UTM zona 13N
Falso Este: 500000.0
Falso Norte: 0
Meridiano Central: -105.0
Factor de Escala: 0.99960
Unidad Lineal: Metros
Intervalo en el Caneva: 7500
Esferoide y Datum: WGS-84

N
W E
S

0 395 890 1,180 1,770 2,360 Meters



FASE IV.

9. Indice de Exposición

Desde el punto de vista del diagnóstico de riesgo, los agentes perturbadores representan una amenaza, de la cual hay que determinar el potencial, o peligro de que llegue a generar desastres cuando incide sobre ciertos sistemas afectables. Con relación a estos últimos, el potencial de desastre depende del tamaño del sistema expuesto al desastre (en términos de la cantidad de población o costo de la infraestructura o cualquier otro índice de valor de las posibles pérdidas). A esta cantidad se le llama grado de exposición (CENAPRED, 2001)

Este apartado es la valoración de las perdidas y daños sobre los agentes afectables y su distribución geográfica a partir del resultado de las amenazas y peligros de los fenómenos perturbadores presentes en el municipio y la vulnerabilidad social.

Se tomaron los fenómenos representativos en el municipio por su intensidad, considerándose la intensidad como una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero diversas intensidades. De esta forma se analizaron aquellos fenómenos en los que su nivel de análisis corresponde al 3 por los antecedentes del municipio.

La metodología se siguió para variables como *inestabilidad de laderas o deslizamiento, flujos y caídas o derrumbes.* Sin embargo, no se podía seguir el mismo criterio para sequias.

Con los resultados obtenidos después de un minucioso análisis se extrajeron las cantidades significativas respecto a los que tuvieran un impacto medio, alto y muy alto en intensidad, estas variables se ingresaron en una tabla para después analizar a que sistema ve afectado por el fenómeno correspondiente. Esta clasificación de intensidad se ingresó en el programa de ArcMap para poder ubicarlos geo espacialmente y así poder determinar esas zonas de riesgo y que tan cercano estaría el punto de reunión que pudiera poner en riesgo a la población.

En la siguiente tabla se presentan los sistemas que pueden percibir los impactos de estos fenómenos, además se indican los elementos y las unidades que podrían verse afectadas.

Tabla 214 Valoración de los Elementos de los sistemas expuestos

Sistemas	Elementos	Unidades
Social	Población	• Número de habitantes
Urbano	Vías de comunicación	• Número de tramos carreteros y condición
	Unidades de Servicio Social	• Número de centros
Productivo	Agrícola	• Superficie en hectáreas
	Industrial	• Numero de industrias
	Minero	• Numero de minas y condición
Ocupación del suelo	Vegetación	• Tipos de vegetación
	Uso de Suelo	• Ocupación

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. Al mismo tiempo puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea una evacuación o inclusive el evitar el asentamiento.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la metodología empleada, analizando cada fenómeno en 3 grados de intensidad: medio, alto y muy alta. Es importante considerar que los fenómenos tienen distinto comportamiento, de forma que no todos los elementos de los sistemas aplican en todos los niveles de intensidad.

Tabla 215 relación de fenómenos y sistemas expuestos

Fenómenos	Grado de intensidad	Sistema que afecta	Descripción de unidades
INESTABILIDAD DE LADERA O DESLIZAMIENTOS	**Medio**	Social	Afecta un total de 18 localidades y un aproximado de 2,552 habitantes.
		Urbano	**Vías de comunicación:** Entre los principales tramos carreteros se encuentran el de San Guillermo- Aquiles Serdán y Santa Eulalia-Santo Domingo, afecta además las calles de las localidades anteriormente mencionadas
		. Productivo	**Agricultura:** Agricultura de temporal en una superficie de 23.17 hectáreas
			Industrial: Efectos sobre 4 industrias, de las cuales 2 son panaderías y 2 herrerías.
			Minería: 7 minas, de las cuales 3 están en fuera de

			uso y los 3 restantes se encuentran operando.
		Ocupación del suelo	**Tipos de vegetación:** • MDM (Matorral Desértico Micrófilo) • Bosque de mezquite • MDR (Matorral Desértico Rosetófilo) • Pastizal Inducido y Natural • Vegetación Secundaria arbustiva de MDR
			Uso de suelo: • Cobertura vegetal • Área urbana • Áreas agrícolas
	Alto	Social	Afecta 4 localidades con un total aproximado de 400 personas.
		Urbano	**Vías de comunicación:** Tiene influencia en dos tramos carreteros pavimentados de jurisdicción estatal y tres tramos de terracería en operación.
			Unidades de Servicio Social: tiene efectos sobre 2 centros: • Centro comunitario Santa Eulalia • Unidad Básica de Rehabilitación
		Productivo	**Agricultura:** No aplica
			Industrial: Afecta una industria panadera
			Minería: Tiene efecto sobre una mina en operación.
		Ocupación del suelo	**Uso de suelo:** • Cobertura vegetal • Área sin vegetación • Área urbana
			Tipos de vegetación: • Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo • Pastizal natural • MDR • MDM
	Muy alto	Social	Afecta dos localidades, con una población aproximada de 400 personas.
		Urbano	**Vías de comunicación:** Tiene influencia en un tramo carreteo pavimentado, el cual está en operación, además existen 2 tramos de terracería.
		Productivo	**Industrial:** Afecta una industria panadera.
			Minería: 3 minas, las cuales se encuentran en operación.
		Ocupación del suelo	**Uso de suelo:** • Cobertura vegetal • Área urbana
			Tipo de vegetación: • MDR • Vegetación secundaria arbustiva de

			matorral desértico rosetófilo • Pastizal natural • MDM
FLUJOS	**Medio**	Social	Afecta un total de 7 localidades, con un total aproximado de 14 habitantes.
		Urbano	Tiene influencia sobre un tramo carretero, de 4 carriles, pavimentada y de competencia federal
		Productivo	**Agricultura:** Afecta la agricultura de temporal anual y la agricultura de riego anual y semipermanente, en una superficie de 380.8 has y 18.4 has, respectivamente.
			Minería: 1 mina, fuera de uso.
		Ocupación del suelo	**Tipo de vegetación:** • MDR • Pastizal Inducido • Pastizal Natural • Vegetación Secundaria Arbustiva MDR • MDM
			Uso de suelo: • Agricultura • Cobertura vegetal
		Social	Afecta un total de 2 localidades: Santo Domingo y la otra es desconocida, con una población aproximada de 2409 habitantes.
			V**ías de comunicación:** 3 tramos carreteros
	Alto	Urbano	pavimentados de jurisdicción estatal y 4 de terracería, todos operando.
			Centros de salud: tiene efectos sobre: • 3 casas de cuidado diario • 7 centros comunitarios • 1 estancia infantil • 1 unidad básica de rehabilitación
		Productivo	**Agrícola:** efectos sobre la agricultura de temporal anual, con una superficie de 0.537 hectáreas
			Industrial: Tiene efectos sobre 8 industrias, de las cuales 1 es de purificación y embotellado de agua, 1 de fabricación de cocinas integrales y muebles, 1 es de confección de prendas, 1 herrería, panadería y 3 tortillerías.
			Minas: Efectos sobre 2 mineras, ambas operando.
		Ocupación del suelo	**Vegetación:** • Bosque de mezquite
			Ocupación de suelo: • Asentamiento urbano
		Social	Afecta la localidad de Santo Domingo con un total aproximado de 400 habitantes.

	Muy alto	Urbano	**Vías de comunicación:** 4 tramos carreteros en operación, de las cuales 2 son pavimentadas de competencia estatal y 2 de tipo terracería.
			Unidades de Servicio Social: • 1 centro comunitario • 1 unidad básica de rehabilitación
		Productivo	**Industrial:** tienen efectos sobre 2 industrias, de las cuales 2 son panaderías y la restante es fabricación de productos de herrería.
			Minería: 1 mina en operación
		Ocupación del suelo	**Uso de suelo** • Asentamiento humano • Desprovisto de vegetación
CAÍDAS O DERRUMBES	**Medio**	Social	Tiene efectos sobre 9 localidades, con un aproximado de 409 habitantes
		Urbano	**Vías de comunicación:** afecta 5 tramos carreteros, 2 pavimentadas en operación de competencia estatal y 3 de terracería.
			Unidades de Servicio Social: • Centro comunitario Santa Eulalia • Unidad de rehabilitación
		Productivo	**Agrícola:** Agricultura de temporal anual
			Industrial: Tiene efectos sobre 2 industrias, de las cuales 2 son panaderías y la restante es fabricación de productos de herrería.
			Minería: 8 minas, 5 en operación y 3 fuera de uso
		Ocupación del suelo	**Vegetación:** • Pastizal natural • MDM • MDR
			Uso de suelo: • Asentamiento humano • Agrícola
	Alto	Social	Tiene efectos sobre 4 localidades, con un aproximado de 400 habitantes
		Urbano	**Vías de comunicación:** 4 tramos carreteros, 1 pavimentada de orden estatal y 3 terracerías
			Unidades de Servicio Social: • Centro comunitario Santa Eulalia • Unidad de rehabilitación

		Productivo	**Industrial:** 1 industria panadera
			Minería: 9 minas, de las cuales 5 se encuentran operando y 4 están fuera de uso
		Ocupación del suelo	**Vegetación:** • MDR • Pastizal natural • Vegetación secundaria arbustiva MDR
			Uso de suelo: • Cobertura vegetal • Área urbana • Agrícola
	Muy alto	Social	No existen localidades
		Urbano	**Vías de comunicación:** No existen tramos carreteros
			Unidades de Servicio Social No existen
		Productivo	**Agricultura:** No existen
			Industria: No existen
			Minería: No existen
		Ocupación del suelo	**Vegetación:** • MDM • MDR • Vegetación secundaria arbustiva de MDR
			Uso de suelo: • Cobertura vegetal
			• Asentamiento humano
SEQUÍAS	**Medio**	Social	Afectos sobre una localidad “El Pozo”, el total de habitantes se desconoce.
		Urbano	**Vías de comunicación:** Afecta 2.5 km de un tramo carretero en operación, pavimentada y de competencia federal.
		Productivo	**Agrícola:** no existen actividades agrícolas en esa área
			Industrial: no existen actividades industriales en esa área
			Minero: no existen minas en esa área
		Ocupación del suelo	**Tipos de vegetación:** • MDM • Pastizal natural • Bosque de mezquite
			Uso de suelo: • Cobertura vegetal
		Social	Efectos sobre 28 localidades con un total aproximado de 562 personas
		Urbano	**Vías de comunicación:** 86 tramos carreteros, incluyendo todas las calles de Santa Eulalia y Santo Domingo. De las

	Alto		cuales 29 son pavimentadas, 3 sin pavimento y el resto no está identificada, todas en operación. Una es de competencia estatal, 21 federales, 10 municipal y el resto no aplica.
			Unidades de Servicio Social: • Centro comunitario • Unidad básica de rehabilitación
		Productivo	**Industrial:** Afecta una 1 industria panadera
			Minería: 12 minas de las cuales 6 están en operación y el resto se encuentran fuera de uso.
		Ocupación del suelo	**Vegetación:** • MDM • Pastizal natural • MDR • Vegetación secundaria arbustiva de MDR
			Uso de suelo: • Asentamiento humano • Cobertura vegetal
			Cuerpos de agua: 12 cuerpos de agua intermitentes, 2 conocidos como “El Huérfano y El Guamis”, mientras el resto son sin nombre.
			Social Afecta 11 localidades, con una población aproximada de 2012 personas.
		Muy Alto	Urbano **Vías de comunicación:** 83 tramos carreteros, de los cuales todos se encuentran operando, de las cuales 63 son tramos de carretera, 16 enlaces y 6 retornos. 20 con jurisdicción indefinida, 7 competencia municipal, 35 federales y el resto estatales.
			Unidades de Servicio Social: • 6 centros comunitarios • 1 estancia infantil • 3 casas de cuidado diario
			Productivo **Agricultura:** Agricultura de riego anual y semipermanente y agricultura de temporal anual.
			Industrial: • 1 industria de textiles • 2 tortillerías • 1 fábrica de cocinas • 3 herrerías • 2 panaderías • 1 purificadora de agua

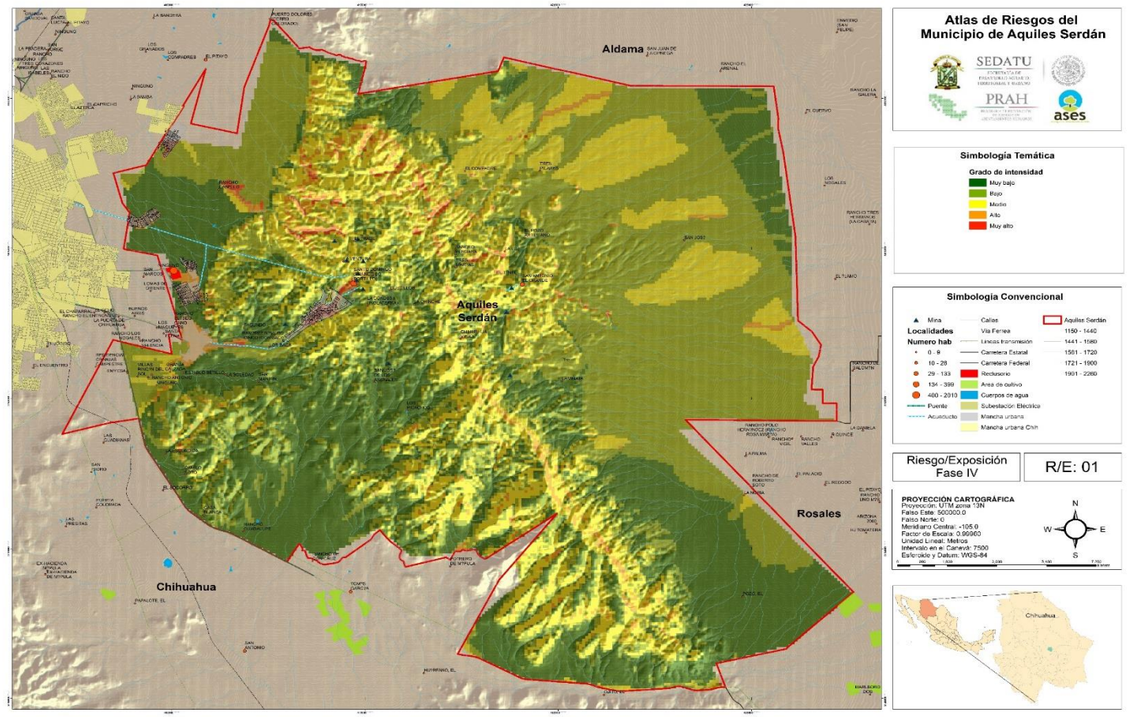
			Minería: no afecta ninguna mina
		Ocupación	**Vegetación:** • MDM • Pastizal inducido • Pastizal natural
			Uso de suelo: • Asentamiento humano • Cobertura vegetal • Áreas agrícolas
			Cuerpos de agua: 1 cuerpo de agua intermitente sin nombre

A través de *relación de fenómenos y sistemas expuestos* anteriormente presentada, es posible identificar que existe una similitud en cuanto a los sistemas y elementos que pudieran ser impactados ante estos fenómenos geológicos y el fenómeno hidrometeorológico, de tal forma, es posible deducir que los grados de intensidad analizados (medio, alto y muy alto) tienen presencia en las mismas áreas del municipio.

Los resultados de intensidad de los apartados analizados: deslizamientos, flujos, derrumbes y sequías se ponderaron para poder unificar los criterios y lograr interpretar de manera amigable los grados de intensidad que representan para el municipio ya estando fusionados. Para la representación cartográfica de riegos se emplearon todos los grados de peligrosidad: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Tomando como base los resultados de intensidad que se presentaron en los apartados correspondientes (5.1.4 Deslizamientos, 5.1.5 Flujos, 5.1.6 Derrumbes y 5.2.2 Sequías).

El resultado obtenido fue muy concreto y puntual respecto a los polígonos de afectación, más específicamente aquellas áreas que se ven impactadas de manera directa. La unificación de las capas se llevó a cabo de acuerdo a la siguiente ponderación:

En el siguiente mapa se presenta el resultado obtenido de la unión de los diversos fenomenos analizados:



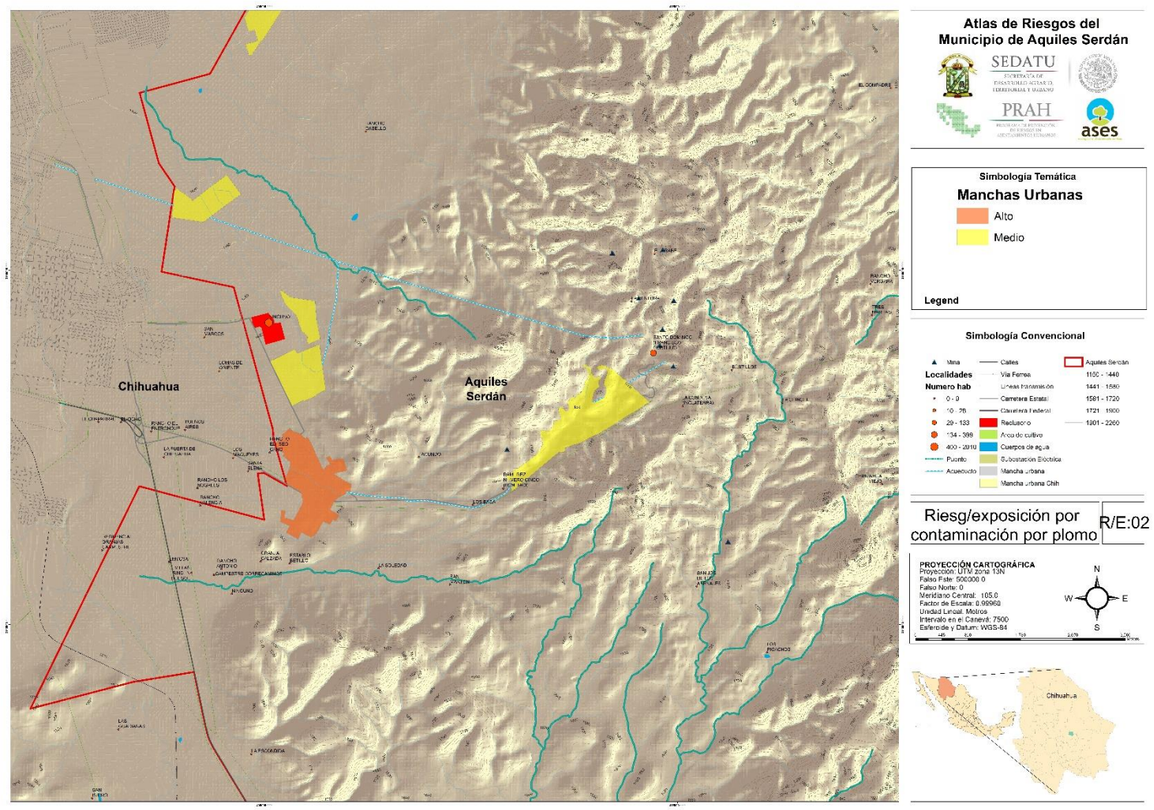
A través del mapa se representa la distribución de los grados de intensidad en el municipio de Aquiles Serdán, aquellas áreas que tienen un grado de intensidad muy bajo se simbolizan en color verde fuerte. Éstas se encuentran distribuidas de forma irregular sobre el territorio municipal, con presencia en una parte del sur, suroeste, centro y noroeste de Aquiles Serdán, además su superficie es una de las más representativas ya que ocupa el 31% de la superficie total. Posteriormente, el grado de intensidad bajo se presenta en color verde más tenue, tiene presencia en un área sumamente significativa del municipio, siendo además el grado que mayor superficie ocupa. Las zonas presentadas en color amarillo son aquellas que tienen una intensidad media, cubriendo el centro-norte y centro-sur, así como áreas del noreste del municipio, su extensión constituye el 21.6% del total del municipio. En porciones más pequeñas se identifica el color naranja, localizado al centro-norte y oeste, éste grado tiene una superficie de 1,643 hectáreas, es decir el 3.3% del área total. Por último, el nivel más alarmante se presenta en color rojo, con una pequeña extensión de 352 hectáreas, distribuidas en el centro-norte y oeste de Aquiles Serdán.

En la siguiente tabla se presenta la superficie que cada grado de intensidad ocupa. Además, se muestran los porcentajes de estas áreas en relación a la superficie total del municipio, los cuales se mencionaron con anterioridad.

TABLA 216. SUPERFICIE POR CADA GRADO DE INTENSIDAD QUE OCUPA.

Valor de ponderación	Grado de intensidad	Superficie (ha)	Porcentaje de superficie que ocupan (%)
1	Muy Bajo	15,598.3	31
2	Bajo	21,138.3	42
3	Medio	10,677.04	21.6
4	Alto	1,643.18	3.3
5	Muy Alto	352.11	0.7

Ademas se incluye el mapa de riesgo/exposicion para el caso especial de cntaminacion por plomo que es un riesgo que se incluyo en lso quimico tecnologicos



En el mapa anterior se muestran las colonias que tienen en las que se han manifestado las afectaciones por este contaminante, considerando en rojo como riesgo alto para la colonia San Guillermo yen amarillo con un riesgo medio para el resto.

FASE V.

10. Propuesta de estudios, obras y acciones.

10.1. Planteamiento de propuestas

En acuerdo con la fase II, en cual se hizo el análisis sobre los riesgos que pueden ocurrir en el municipio, las obras de mitigación van a enfocarse a disminuir 3 tipos de riesgos que fueron identificados y que presentan unas necesidades en obras:

-Los deslizamientos / inestabilidad de laderas

-Los flujos

-Los derrumbes / caídas

-Contaminacion de suelo

Existen diferentes tipos de amenazas por estos riesgos, tales como: obstruir el traslado en las vías de comunicación, provocar derrumbes sobre las habitaciones o en el peor de los escenarios, sobre la población. También pueden ocasionar problemas con el agua, dañando las canalizaciones y desviando los escurrimientos naturales provocando inundaciones, accidentes con la red de electricidad como caídas de postes, corte del servicio de luz, incendios; entre muchos otros más conflictos.

A continuación se presentan las tres obras propuestas para la mitigación de estos fenómenos geológicos.

- Malla triple torsión
- Concreto lanzado
- Hidrosiembra

Obras de mitigación para contaminación de suelo

- Hidrosiembra
- Reforestación
- Control de avenidas

10.2. Evaluación de Propuestas

Los tres tipos de obras mencionados en el último apartado permiten mitigar con buenos resultados los fenómenos geológicos. Ademas se incluye la contaminación de suelo como un riesgo que se menciona en los quimico tecnológicos.

La factibilidad de cada propuesta va a depender de las condiciones de superficie, de las pendientes, de la población beneficiada y del costo.

Costos y condiciones de obras

Los costos se muestran por unidad para poder tener la posibilidad del auste con los estudios que conlleva cada obra.

Obra de mitigación de riesgos geológicos

Malla triple torsión

- La malla triple torsión tiene un costo de $182.4 (Ciento ochenta y dos pesos 04/100 m.n) por metro cuadrado, la cual es un método eficiente para contrarrestar derrumbes o deslaves de materiales en taludes.
  Para la colocación de la malla de triple torsión se colocan varillas corrugadas de ½'' de diámetro en forma de T, en la parte superior por un metro de profundidad, ahogadas con cemento arena en los barrenos previamente hechos. Dicha malla cubrirá aproximadamente 2.00 mts.
  La malla se dobla hacia el exterior en un ancho de 50 cms, en los extremos superiores e inferiores y se coserá con alambre galvanizado calibre 13.5

Malla triple torsión	Costo en pesos
Enrejado de triple torsión con malla 3x3	88.9
Acero de refuerzo con varilla corrugada de 1/2" en forma de T para anclar o sujetar la malla	50
Alambre galvanizado	36
Cabo albañil	1.5
Indirectos	6
TOTAL	182.4

Hidrosiembra	Costo en pesos
Instalación de malla Enkamat incluye anclas tipo U en la parte superior del talud así como en los treslapes de la malla.	313
Hidrosiembra (hydro muclh, hidro1000 conbinado con adherentes, polimeros de riego biostimulantes, fertilizantes de lenta liberación así como semillas pastos nativos.	45
TOTAL	358

Concreto lanzado

- El concreto lanzado tiene un costo de $1,232.34 (mil doscientos treinta y dos pesos 54/100 m.n) por metro cuadrado.

  Se colocan anclas de acero de refuerzo en barrenos que se hicieron para posteriormente colocar las anclas y sujetar la malla electro soldada, dejando el área lista, para recibir el concreto lanzado, el cual se aplica con maquinaria especializada.

TABLA 219. DETALLES DE LOS PRECIOS DEL CONCRETO LANZADO

Concreto lanzado	Costo en pesos
Malla electrosoldada de alambre liso de acero tipo 6x6 10/10, separación 15,24x15,24 cm y Ø 3,43-3,43 mm, según NMX-B-290-CANACERO-2006	67.98
Concreto para lanzar, cemento y áridos especiales, f'c=25 MPa (250 kg/cm²), clasificación de exposición B2, tamaño máximo del agregado 20 mm, revenimiento de 5 a 10 cm, dosificación de cemento mayor de 400 kg/m³	890
Mano de obra	274.56
TOTAL	1,232.54

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de la Industria de la Construcción

Hidrosiembra

- La hidrosiembra tiene un costo de $358.00 (Trecientos cincuenta y ocho pesos 00/100m.n), por metro cuadrado.

  El método de la instalación de la hidrosiembra es colocar unas anclas para sujetar la malla Enkamat y dejarla lo más pegada a la superficie para que no se generen bolsas de aire, ya dejando lista, se inicia el lanzado de la semilla; posteriormente se tendrá que estar regando para su crecimiento.

TABLA 120. DETALLES DE LOS PRECIOS DE LA HIDROSIEMBRA

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de la Industria de la Construcción

10.3 Priorización de acciones

En el presente apartado se muestran las propuestas de mitigación para los riesgos analizados en la fase II. Sin embargo, la mitigación de todas las zonas que presentan algún riesgo puede ser algo inviable, esto por varias razones: el presupuesto, la factibilidad, la tenencia de la tierra, entre otros factores. Debido a ello se llevó a cabo una clasificación, la cual permitió establecer las áreas prioritarias para la mitigación. Las variables que se tomaron en cuenta fueron las siguientes: el nivel de riesgo (medio, alto y muy alto), las localidades, el número de población y las vías de comunicación (pavimentadas, terracería, calles, callejones y privadas).

Como anteriormente se hizo mención, las zonas prioritarias son aquellas en donde existen asentamientos humanos y/o vías de comunicación establecidas en zonas categorizadas con riesgo medio, alto y muy alto, de acuerdo a los resultados presentados en la fase II.

A continuación se presenta una tabla que incluye la clasificación de las primeras variables: fenómeno, grado de riesgo, nombre de la localidad y número de población afectada.

Obras de mitigación por contaminación de suelo

Las obras se relizaran sonbre la presa de jales de la localidad de san Guillermo con el objetivo de evitar la dispersión de polvos y de descargas de material de jale que contiene plomo. Las obras a implemntar son las siguientes:

Hidrosiembra

Técnica utilizada en restauración ambiental que consiste en la proyección de una mezcla de semillas y otros elementos como mulch, fertilizantes e hidrogel sobre el terreno (elementos necesarios para la germinación), se usa esta técnica para conseguir una siembra fácil, rápida y efectiva incluso en lugares de difícil acceso o con pendientes muy pronunciadas , la aplicación de la hidrosiembra combate la erosión eólica e hídrica desde su aplicación por sus pegamentos naturales que se fijan directamente sobre el suelo desnudo evitando lo anterior.

Hidrosiembra	Costo en pesos
Instalación de malla Enkamat incluye anclas tipo U en la parte superior del talud así como en los treslapes de la malla.	313
Hidrosiembra (hydro muclh, hidro1000 conbinado con adherentes, polimeros de riego biostimulantes, fertilizantes de lenta liberación así como semillas pastos nativos.	45
TOTAL	358

Reforestación

Las cortinas rompevientos ó barreras protectoras, consisten en una o más hileras de árboles y arbustos en dirección perpendicular al viento dominante y dispuestos en tal forma que obligue a éste a elevarse sobre sus copas, con lo cual disminuye su velocidad. En este caso la cortina rompevientos nos ayuda a capturar las partículas volátiles evitando su llegada a la colonia afectada.

La medida sugerida es una barrera de árboles nativos de buen tamaño (mayor a 2 metros) en la parte baja y alta del talud a rehabilitar, a su vez una barrera de nopales nativos en la parte baja de la barrera de árboles como contención de escorrentías las cuales transportan el plomo acumulado en la tierra

Reforestacion	Costo en pesos por unidad
Plantacion (maquinaria para abrir cepa, adquisición y aplicación de hidrogel, riego y obra complementaria)	70
Adquisición de la planta de las medidas deseadas	1800
TOTAL	80

De acuerdo a la fase de vulnerabilidad se muestra la siguiente tabla que describe las características, su ubicación y la población en riesgo.

TABLA 221. DESCRIPCION DE LAS LOCALIDADES AFECTADAS

Fenómenos	Grado de riesgo	Localidad afectada	Población afectada (No. de habitantes)	Ubicación (Coordenada X UTM)
Inestabilidad de laderas/ Deslizamientos	Medio	Chihuahua viejo	*	418463.07
		Tres Marías	*	418292.8
		La Ventura	4	414218.9
		La Luz	*	420062.51
		El Árabe	*	414606.73
	Alto	Santo Domingo	399	414587.50
Flujos	Muy alto	Santo Domingo	399	414587.50
Caídas/ Derrumbes	Medio	La Noria	2	428720.950
		Chihuahua Viejo	*	418463.07
		Santo Domingo	399	414587.50
		Tres Marías	*	418292.840
		La Ventura	4	414218.90
		La Luz	*	420062.51
		El Árabe	*	414606.730
		Tres pilares	*	421333.380
		El Compadre	*	418618.27
Contaminación de suelo	Alto	Sna Guilermo	976	418218.27

Fuente: Elaboración propia

Nota: Confidencialidad de los datos proporcionados con fines Estadísticos. La columna Población se encuentran inhibida en varios renglones, mostrando un asterisco (*).

En la tabla anterior se presentan las localidades y la población afectada por cada uno de los fenómenos analizados. Se puede observar un total de 9 localidades, las cuales se repiten en dos fenómenos: deslizamientos y derrumbes.

En la siguiente tabla se indica el tipo y cantidad de vías afectadas por cada fenómeno, esto de acuerdo a los grados de riesgos analizados.

TABLA 222. OBRAS PROPUESTAS SEGÚN LOS TIPOS DE VÍAS AFECTADAS Y EL GRADO DE RIESGO

Fenómenos	Grado de riesgo	Tipo de vía afectada	Número de vías afectadas
Inestabilidad de laderas/ Deslizamientos	Medio	Pavimentada	39
		Terracería	29
		Calle	4,498
		Callejón	64
		Privada	78
	Alto	Pavimentada	7
		Terracería	6
		Calle	5,598
		Callejón	455
		Privada	307
	Muy alto	Pavimentada	1
		Terracería	2
		Calle	964
		Callejón	26
		Privada	59
Flujos	Medio	Pavimentada	22
	Alta	Pavimentada	26
		Terracería	8
		Calle	6,933
		Callejón	212
		Privada	67
	Muy alta	Pavimentada	2
		Terracería	3
		Calle	6,757
		Callejón	348

		Privada	337
Caídas/ Derrumbes	Medio	Pavimentada	17
		Terracería	21
		Calle	7,119
		Callejón	460
		Privada	307
	Alta	Pavimentada	1
		Terracería	5
		Calle	931
		Callejón	26
		Privada	59
	Muy alta	Calle	98
Contaminacion de suelo	Muy Alta	Pavimentada	17
		Terracería	21
		Calle	7,119
		Callejón	460
		Privada	307

Glosario de términos

AGEB: Área Geoestadística Básica

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer

CCF: Componente de Combustible Forestal

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CIMAV: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

CONABIO: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

CONAPO: Consejo Nacional de Población

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Modelos Digitales de Elevación (MDE): representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

OEA: Organización de los Estados Americanos

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SEDATU: Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEMARNAT: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

Bibliografía

- Álzate, A., Cifuentes, L., Toro, N. 2012. Relación entre el comportamiento de algunas variables climatológicas y la susceptibilidad de ocurrencia de eventos catastróficos (deslizamientos), en el perímetro urbano del municipio de pereira, período 1964-2004.
- Beguería, S. Lorente, A. 1999. Distribución espacial del riesgo de precipitaciones extremas en el Pirineo Aragonés Occidental.
- CENAPRED. 2015. Propiedades físico-químicas y características de peligrosidad de las sustancias químicas.
- Centro nacional de prevención de riesgos, 2006

- Centro nacional de prevención de riesgos, 2008
- Centro nacional de prevención de riesgos, 2011
- Centro nacional de prevención de riesgos, 2014
- Ceperuelo, M. 2008. Identificación y caracterización del granizo mediante el radar meteorológico. Modelos de predicción del ciclo de vida de las células convectivas. Universidad de Barcelona.
- Consejo Nacional de Población, 2012
- Coordinación Estatal de Protección Civil, 2013
- Durán, D. 1987. Sequías e inundaciones. Propuestas. OIKOS. Buenos Aires.
- Farreras, S., Sánchez, A. 1991. The tsunami threat on the Mexican West coast: an historical analysis and recommendations for hazard mitigation, Natural Hazards.
- Glade, T., Crozier, M., Smith, P. 2000. "Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical «antecedent daily rainfall model»". Pure and Applied Geophysics, vol. 157.
- http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/sustancias_quimicas.pdf
- http://satelliteconferences.noaa.gov/2015/doc/NSC2015Posters/3-45%20Sistema%20Nacional%20de%20Alertas%20para%20Incendios%20Forestales%20en%20M%C3%A9xico.pdf
- http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Mexico%20%20Draft%20Reglamento%20de%20law%20LGEEPA.pdf
- http://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Enaproc/Presentacion_IPQ.pdf
- https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=1434
- María Esther Arcos Serrano Cecilia Izcapa Treviño. 2003. Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México.
- McKee, T. B., N. J. Doesken J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society.
- México Incendios Forestales en Chihuahua. Parte 1
- Organización de los Estados Americanos, 1993
- Pacheco, J. 2007. Modelo de subsidencia del valle de Querétaro y predicción de agrietamientos superficiales. UNAM. México.
- Programa sísmico en México, 1996
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Actividades Altamente Riesgosas
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2001.
- Servicio geológico mexicano, 2015
- Sistema de alerta de incendios. CONABIO. http://incendios1.conabio.gob.mx/
- Smith, R. Techical “Attachment. Non-Supercell Tornadoes: A review for forecasters”. NWSFO Memphis. SR/SSD 96-8. 2-15-69.
- Tarbuck, E., Lutgens, F. 2000. Una Introducción a la Geología Física. Ciencias de la Tierra.
- Tomás, R., Delgado, J., López, S. 2010. Técnicas de ingeniería cartográfica empleadas en el estudio de subsidencia y movimientos de ladera: principales características y análisis comparativo.