IMPLAN
INSTITUTO DE PLANEACIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

Insumos para la actualización del Atlas Municipal de Riesgos en el Centro de Población de Chihuahua

Diciembre 2024

- INSUMOS BASE DE PELIGROS NATURALES HIDROMETEOROLÓGICOS POR INUNDACIONES.
- INSUMOS BASE DE PELIGROS ANTROPOGÉNICOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS POR GASOLINERAS Y GASERAS.

Contenido

I. Introducción 10
1.1 Contexto del Problema 10
1.2 Justificación y relevancia del estudio 13
1.3 Objetivos de la investigación 17
II. Marco Teórico 18
2.1. Resiliencia Urbana 18
2.2. Gestión Integral de Riesgos (GIR) y Atlas de Riesgos (AR) 20
2.3. Conceptos fundamentales del Riesgo 25
2.4. Tendencias de crecimiento de la ciudad de Chihuahua 27
2.5. Clasificación y definición de los fenómenos perturbadores de estudio 29
2.5.1 Fenómeno Natural 29
2.5.2. Fenómeno Antropogénico 47
2.5.3. Estudio de Casos de fenómenos Químico-Tecnológicos 63
III. Metodología 68
3.1. Identificación de peligros naturales hidrometeorológicos por inundaciones 68
3.2. Inventario georreferenciado de los elementos asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos de gasolineras y gaseras. 76
IV. Interpretación de Resultados 78
4.1 Zona 1 80
4.1.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 80
4.1.2. Análisis del medio biofísico 83
4.1.3. Análisis del medio construido 85
4.1.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 85
4.2. Zona 2 93
4.2.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 93

4.2.2. Análisis del medio biofísico 95
4.2.3. Análisis del medio construido 98
4.2.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 98
4.3. Zona 3 103
4.3.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 103
4.3.2. Análisis del medio biofísico 106
4.3.3. Análisis del medio construido 108
4.3.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 108
4.4. Zona 4 111
4.4.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 111
4.4.2. Análisis del medio biofísico 115
4.4.3. Análisis del medio construido 117
4.4.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 117
4.5. Zona 5 120
4.5.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 120
4.5.2. Análisis del medio biofísico 123
4.5.3. Análisis del medio construido 125
4.5.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 125
4.6. Zona 6 136
4.6.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 136
4.6.2. Análisis del medio biofísico 139
4.6.3. Análisis del medio construido 141
4.6.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 141
4.7. Zona 7 146
4.7.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo 146
4.7.2. Análisis del medio biofísico 149
4.7.3. Análisis del medio construido 151

4.7.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación 151
4.8. Inventario georreferenciado de los elementos asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos de gasolineras y gaseras. 154
V. Conclusiones y Recomendaciones 156
VI. Términos de Referencia Cartográficos 167
Bibliografía 179

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Definición del riesgo a partir de sus conceptos fundamentales (Gobierno de la Republica, 2016). 26
Figura 2 Izquierda: Mapa de Riesgo por Sequía en el Centro de Población Chihuahua (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024). Derecha: Mapa de Riesgo por Inundación (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024). 32
Figura 3 Aguas superficiales (INEGI, 2010) 34
Figura 4 Mapa de Inundaciones. Índice de Riesgo por exposición en zona urbana (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014). 37
Figura 5 Izquierda: Mapa de Peligro de Inundación (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014). Derecha: Mapa de Peligro de Inundación (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022) 38
Figura 6 Información con base en Estudio Hidrológico (referido en Anexo A) Imagen Google Earth (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022) 39
Figura 7 Mapa de la delimitación de zonas de estudio identificadas y propuestas (Tiscareño, 2024) 69
Figura 8 Diagrama de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 72
Figura 9 Diagrama de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 73
Figura 10 Diagrama de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 73
Figura 11 Diagrama de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 74
Figura 12 Diagrama de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 74
Figura 13 Diagrama de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 75
Figura 14 Diagrama de la simulación de la Zona 7 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 75
Figura 15 Mapa de las 7 zonas de estudio y puntos conflictivos 2024. Basados en (Tiscareño, 2024) & (Tiempo, 2024) & (Protección Civil del municipio de Chihuahua, 2024) 79

Figura 16 Zonificación Secundaria en la Zona 1 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 82
Figura 17 Análisis de Riesgos en la Zona 1 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 84
Figura 18 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 86
Figura 19 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial y del canal colector de la vialidad Puerta de Antártida. 87
Figura 20 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 88
Figura 21 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Namiquipa. 89
Figura 22 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Guachochi. 89
Figura 23 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Allende. 90
Figura 24 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 91
Figura 25 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Ahumada. 92
Figura 26 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 92
Figura 27 Zonificación Secundaria en la Zona 2 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 95
Figura 28 Análisis de Riesgos en la Zona 2 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 97
Figura 29 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 99
Figura 30 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial hacia la calle Vicente Guereca. 100

Figura 31 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 101
Figura 32 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 102
Figura 33 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 103
Figura 34 Zonificación Secundaria en la Zona 3 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 105
Figura 35 Análisis de Riesgos en la Zona 3 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 107
Figura 36 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 109
Figura 37 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 110
Figura 38 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 111
Figura 39 Zonificación Secundaria en la Zona 4 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 114
Figura 40 Análisis de Riesgos en la Zona 4 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 116
Figura 41 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 118
Figura 42 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 119
Figura 43 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 120
Figura 44 Zonificación Secundaria en la Zona 5 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 122
Figura 45 Análisis de Riesgos en la Zona 5 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 124

Figura 46 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 126
Figura 47 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 128
Figura 48 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en la calle Tercera, casi esquina con calle Guadalupe Victoria. 129
Figura 49 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia por debajo de la calle Quinta, en el cruce de calle Niños Héroes. 129
Figura 50 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el cruce de calle Novena y calle Martín López. 130
Figura 51 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 131
Figura 52 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 132
Figura 53 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el Perif. Francisco R. Almada hacia el lado Norte de la vialidad. 133
Figura 54 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el Perif. Francisco R. Almada hacia el lado Sur de la vialidad. 133
Figura 55 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 134
Figura 56 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 135
Figura 57 Zonificación Secundaria en la Zona 6 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 138
Figura 58 Análisis de Riesgos en la Zona 6 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 140
Figura 59 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024). 142
Figura 60 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 143
Figura 61 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 144

Figura 62 Imagen Google Earth (Street View) del desagüe pluvial en muro perimetral en la vialidad Praderas de Alto Veld. 145
Figura 63 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 146
Figura 64 Zonificación Secundaria en la Zona 7 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) 148
Figura 65 Análisis de Riesgos en la Zona 7 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009) 150
Figura 66 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 7 con 40mm de precipitación en 5 minutos. 152
Figura 67 Imagen Google Earth (Street View) del cruce del Blvd. Juan Pablo II con el Arroyo Los Nogales Sur (hacia el Este). 153
Figura 68 Imagen Google Earth (Street View) del cruce del Blvd. Juan Pablo II con el Arroyo Los Nogales Sur (hacia el Oeste)..... 153
Figura 69 Mapa de Gasolineras y Gaseras en el centro de población Chihuahua. 155

I. Introducción

1.1 Contexto del Problema

El acelerado crecimiento de la ciudad de Chihuahua en las últimas décadas ha exigido especial atención en la identificación de riesgos y vulnerabilidad, tanto de zonas desarrolladas dentro de la mancha urbana (área urbanizada), como de zonas de nuevo desarrollo (área urbanizable). También ha requerido de una rápida adaptación y capacidad de respuesta por parte de la Coordinación Municipal de Protección Civil (CPC).

El municipio de Chihuahua, y en particular su zona urbana, enfrenta una alta vulnerabilidad al cambio climático debido a su ubicación geográfica y las condiciones socioeconómicas de su población. Es esencial comprender las amenazas que enfrentan la población, las actividades económicas, la infraestructura y el sistema natural en la región (Gobierno de México, 2022).

La autoridad municipal reconoce la importancia de la prevención de riesgos por lo que la planeación y gestión estratégicas son trascendentales. El gobierno municipal a través de la CPC decide actualizar el Atlas de Riesgos del municipio de Chihuahua de acuerdo con sus atribuciones por ley para la administración 2024-2027 que comenzará, de acuerdo con el artículo 18 del Código Municipal, el 10 de septiembre de 2024 (H. Congreso del Estado, 1995), con la colaboración de las diversas dependencias municipales para fortalecer las acciones que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de la población ante la presencia de peligros naturales y antropogénicos. Entre las dependencias usuarias de este documento en el Municipio de Chihuahua, se encuentran la Dirección de Seguridad Pública, Bomberos, la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, la Dirección de Obras Públicas, el Instituto Municipal de Planeación, y la Dirección de Desarrollo Humano y Educación.

El Atlas de riesgos es un sistema que integra información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno: fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos. Se estructura de una plataforma informática apoyada en sistemas de información geográfica y bases de datos de: a) mapas de peligros por fenómenos perturbadores, b) mapas de susceptibilidad, c) inventario de bienes expuestos, d) inventario de vulnerabilidades, e) mapas de riesgos, y f) escenarios de riesgos.

El artículo 31 fracción VII y el artículo 35 fracción IV, de la Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua, otorga atribución al Presidente Municipal, a través de las Coordinaciones Municipales de Protección Civil, de elaborar su Atlas Municipal de Riesgo procurando su actualización y difusión de manera periódica (H. Congreso del Estado, 2015). Por su parte el Reglamento de la Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua, en su artículo 14 fracción I, establece que la Coordinación Estatal o Coordinaciones Municipales, según corresponda, deben actualizar los Atlas de Riesgos como acción preventiva y realizar estudios en materia de riesgo, vulnerabilidad e impacto socioeconómico a la población ante situaciones de emergencia o desastre; así mismo, dicho ordenamiento en su artículo 75 establece que los Atlas Municipales de Riesgo deberán ser actualizados en el término de los noventa días posteriores a la toma de posesión de la Administración Municipal y en su artículo 74 dispone que el Atlas Estatal de Riesgos deberá actualizarse como mínimo cada 3 años (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2020).

Por su parte, el Reglamento de la Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua menciona en su artículo 3 fracción V, la responsabilidad de la Coordinación Estatal de localizar geográficamente las áreas vulnerables, a través del Atlas de Riesgo en el Estado; y en el artículo 72 menciona que los ayuntamientos identificarán en un Atlas Municipal de Riesgos los sitios en los que por sus características pueden darse situaciones de riesgo, siniestro o desastre; aunado a lo anterior en sus artículos 16 y 68 establece que el Sistema Estatal y el Atlas Estatal de Riesgos se integra de los Atlas Municipales de Riesgos y los Programas Municipales (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2020).

Cada municipio tiene la obligación de elaborar su atlas de peligros y riesgos conforme al marco legal aplicable, particularmente lo establecido en la “Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos” y sus anexos (CENAPRED, 2016), los “Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos” elaborados por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2016). El Atlas de Riesgo es además un documento de referencia, junto con los planes de contingencias, como parte del equipamiento mínimo del Centro Municipal de Operaciones de Emergencias (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2016).

El objetivo del Atlas de Riesgos es conformar un Sistema de Información que integra información de diferentes instituciones del Gobierno Federal, estados, municipios y el D.F., también diferentes tipos de datos así como herramientas, aplicaciones y mapas de los diferentes fenómenos naturales y antropogénicos que pueden presentarse, y de esta manera dotar al territorio de información sobre el comportamiento del peligro, el valor y la vulnerabilidad de los bienes expuestos y en el que se pueden generar diferentes escenarios para la estimación de pérdidas en caso de algún desastre, así como la base para la gestión del riesgo y territorio (CNPC, 2023). Su finalidad es orientar los planes de desarrollo urbano, gestionar el uso correcto del suelo para no construir en zonas de peligro, dar seguridad a las inversiones públicas y privadas ante eventos perturbadores, facilitar la emisión de Declaratorias de Emergencia y Desastre y mejorar los procesos de contratación de seguros de infraestructura estratégica como escuelas y hospitales.

El primer Atlas de Riesgos para el centro de población Chihuahua se elaboró en el año 2006 (IMPLAN, 2006), después se desarrolló un Atlas de Riesgos para el Municipio de Chihuahua en el año 2014 (Municipio 08019, información vigente dentro del ANR) (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014), el cual recibió una actualización en el año 2022 (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022). Dichos Atlas Municipales alimentan a su vez el Atlas de Peligros del Estado de Chihuahua en su formato de visor web (CENAPRED, 2024) y documento (Estado 08) (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2012), el Atlas Nacional de Riesgos en su formato de visor web (CENAPRED, 2024) y la versión especial del Atlas Nacional de Riesgo por Inundación (CONAGUA, 2019).

La ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua (LAHOTDUECH) (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2021) reconoce como derecho urbano fundamental de las personas residentes de los asentamientos humanos del Estado la seguridad personal e integridad física frente a los riesgos y desastres; también menciona en su capítulo segundo, artículo 33 fracción VI, que es función del Consejo Consultivo de Ordenamiento Territorial Metropolitano el promover, en coordinación con las autoridades competentes, la elaboración y actualización del atlas de riesgo o perfiles de resiliencia urbana de la zona metropolitana; y en su artículo 65 fracción IV, menciona que es contenido de los Planes Parciales de Desarrollo Urbano, la descripción del estado actual de riesgos urbanos, resiliencia y demás elementos necesarios; también establece en su artículo 142 que los planes municipales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano deberán definir las zonas de riesgo de los centros

de población donde quede prohibido el asentamiento humano o el desarrollo de conjuntos urbanos, edificaciones o fraccionamientos habitacionales, y que las autoridades estatales o municipales deben asegurarse que no se ocupen áreas de riesgo sin que se tomen las medidas de prevención y mitigación correspondientes; así mismo, establece en su artículo 144, que las autoridades estatales y municipales, previo al otorgamiento de cualquier autorización para una acción urbanística, deben exigir un "Estudio de Prevención de Riesgos" ante las autoridades competentes de Protección Civil, que identifique las medidas para su mitigación adecuadas, de los proyectos u obras ubicados en zonas de mediano y alto riesgo conforme a los planes de desarrollo urbano y Atlas de Riesgos; y finalmente establece en su artículo 213 fracción XIX, los aspectos a considerar en las autorizaciones de las acciones urbanísticas, como la prevención, atención y gestión integral de riesgos y las estrategias de resiliencia aplicables.

Por su parte, el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua tiene por objeto establecer las normas y procedimientos para regular la conservación y mejoramiento del medio ambiente, prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas (H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2024).

El punto de partida para la puesta en práctica de las acciones de protección civil y políticas de prevención y mitigación del impacto de los desastres es contar con un "diagnóstico de riesgos", conociendo las características de los eventos perturbadores y la forma en que inciden en los asentamientos humanos. La cartografía digital y los sistemas de información geográfica son una herramienta útil para la generación de diferentes escenarios a través de modelos y simulaciones.

1.2 Justificación y relevancia del estudio

Los Atlas de Riesgos son instrumentos de planificación urbana y ordenamiento territorial, tienen como finalidad evitar que surjan nuevos riesgos y diseñar escenarios para la administración, incluso los riesgos relacionados con el cambio climático. Sustentar la toma de decisiones en cada etapa de la gestión integral del riesgo, desde la prevención, previsión, mitigación, respuesta y reconstrucción. Guiar la prevención de desastres y la cultura de la auto protección de la población. Dirigir las acciones de reconstrucción después de ocurrido un desastre. Apoyar en el diseño de medidas preventivas estructurales y no estructurales. Así como evaluar la factibilidad de proyectos de inversión pública y privada considerando el riesgo de desastres (CENAPRED,

2023). El Atlas se utiliza puntualmente para conocer la frecuencia e intensidad de los peligros en el territorio, identificar los procesos físicos y sociales que genera el riesgo, visualizar proyecciones a futuro del impacto de un fenómeno, implementar medidas preventivas en infraestructura expuesta a un riesgo, estimar el costo del impacto de un fenómeno, estimar las necesidades de las áreas declaradas en emergencia o desastre, concientizara a la población sobre los riesgos a los que está expuesta y orientar políticas públicas para disminuir el riesgo y, por lo tanto, los desastres.

Por tanto, esta herramienta no solamente tiene competencia en el ámbito de la protección civil, como lo menciona CENAPRED (2006) también puede ser utilizada en otros aspectos, como el desarrollo regional y la seguridad pública. Particularmente este estudio pretende identificar peligros en el Centro de Población de Chihuahua para proveer de insumos base al Atlas Municipal de Riesgos en las categorías de peligros naturales hidrometeorológicos: por inundaciones, y peligros antropogénicos químico-tecnológicos: por incendios, explosiones o derrames de gasolineras y gaseras. Las Inundaciones pluviales fueron identificadas, como fenómenos perturbadores prioritarios por su mayor incidencia, en el Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022, y son de interés central de la Coordinación Municipal de Protección Civil y el Instituto del Planeación Integral del Municipio de Chihuahua.

Algunas aplicaciones específicas relevantes para el municipio son, la adecuación del Plan de Desarrollo Urbano mediante la incorporación de información sobre peligro, el diseño de los programas de reordenamiento territorial con una visión de riesgo, y el apoyo a los planes de seguridad pública a través de los programas de protección civil.

El principio de resiliencia, seguridad urbana y riesgos de La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) , en su artículo 4 fracción VIII, busca propiciar y fortalecer a las instituciones y medidas de prevención, mitigación, atención, adaptación y resiliencia que tengan por objeto proteger a las personas y su patrimonio, frente a los riesgos naturales y androgénicos, así como evitar la ocupación de zonas de alto riesgo (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016).

A nivel municipal la actualización del atlas de riesgos resulta vital para la aplicación de la prevención, atención y gestión integral de riesgos. Es importante mencionar que las estrategias

de resiliencia aplicables son aspectos básicos para considerar en las autorizaciones por parte de las instancias gubernamentales de acuerdo con el artículo 213 de la Ley LAHOTDUECH: constancias, licencias y permisos que establece la ley. Y a su vez, el “Estudio de Prevención de Riesgos” autorizado por la autoridad competente es un requisito de trámite para las autorizaciones en los casos que se refieren los artículos 144, 145 y 146 de esta misma Ley (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2021).

Un elemento clave de la prevención para lograr reducir el impacto destructivo que provocan los fenómenos naturales o antropogénicos, es la implementación de una estrategia efectiva. Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las etapas identificadas del ciclo de la prevención. El “Ciclo de la Prevención” implica 5 etapas cíclicas: La identificación de Riesgos, Mitigación y Prevención, Atención de Emergencias, Recuperación y reconstrucción, y Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia.



Tabla 1 Ciclo de la Prevención (CENAPRED, 2006).

Por lo que el presente estudio, atendiendo a la eficiencia y al principio de resiliencia, seguridad urbana y riesgos de la planeación urbana del municipio de Chihuahua, se enfoca en la etapa de “Identificación del Peligro” del “Ciclo de la Prevención”.

La “Identificación del Peligro”, que es la primera etapa del ciclo, implica conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; identificar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo. (Entendiendo el riesgo como el productor del peligro o agente perturbador, la vulnerabilidad como la propensión a ser afectado, y la exposición como el valor del sistema afectable) (CENAPRED, 2006).

La base fundamental para un diagnóstico adecuado de riesgo es el conocimiento científico de los fenómenos (peligros o amenazas) que afectan a una región determinada, además de una estimación de las posibles consecuencias del fenómeno; éstas dependen de las características físicas de la infraestructura existente en la zona, así como de las características socioeconómicas de los asentamientos humanos en el área de análisis

Así, es posible plantear un procedimiento general para la elaboración de un Atlas de Riesgo el cual puede resumirse en los siguientes pasos (CENAPRED, 2006):

- Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio; (en base a fuentes de información)
- Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados; (descripción probabilística de la posible ocurrencia de dichos eventos perturbadores con distintas intensidades).
- Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad; (nivel de daño esperado para un nivel de intensidad dado)
- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico; (el riesgo es una función matemática denominada “convolución” del peligro y la vulnerabilidad)
- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos. (tres elementos fundamentales: Metodologías para la identificación para la evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo; Criterios para la selección de la cartografía adecuada que permita representar los resultados de un análisis de riesgo; Criterios para la selección de un sistema en el que se integre, procese y visualice la información anterior).

Es importante mencionar que el alcance del presente estudio implica únicamente los primeros 2 pasos del procedimiento general de elaboración de un AR: la identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona de estudio, y la determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados.

Este estudio no contempla la identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad, la evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, ni es objeto de este estudio la integración de esta información al Atlas de Riesgo. Dichos alcances deberán ser desarrollados por la instancia que sea contratada por la CPC para la actualización del Atlas Municipal de Riesgos al 2024.

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Identificar peligros en el Centro de Población de Chihuahua en las categorías de peligros naturales hidrometeorológicos por inundaciones en zonas vulnerables, y peligros antropogénicos químico-tecnológicos por incendios, explosiones o derrames de gasolineras y gaseras.

Objetivos específicos

1. Identificar el peligro asociado a los fenómenos naturales hidrometeorológicos por inundaciones pluviales.
2. Modelar “escenarios de riesgo” en siete zonas vulnerables a inundaciones severas y recurrentes.
3. Actualizar el inventario de los elementos asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos de gasolineras y gaseras que se ubiquen en el centro de población Chihuahua.

II. Marco Teórico

2.1. Resiliencia Urbana

A nivel global, todas las ciudades son vulnerables a impactos severos provocados por conmociones y presiones de origen natural o humano. Actualmente el 50% de la población vive en ciudades, y está previsto que esta cifra aumentará al 70% en 2050. Durante esta última década, los desastres naturales han afectado a más de 220 millones de personas y han causado un daño económico de $100 mil millones de dólares cada año. Para 2030, sin inversiones significativas para hacer que las ciudades sean más resilientes, los desastres naturales podrían costar a las ciudades en todo el mundo $314 mil millones cada año, y el cambio climático podría llevar a 77 millones más de residentes urbanos hacia la pobreza. En definitiva, las ciudades y los gobiernos locales deben incrementar su capacidad de reducir los daños y los periodos de recuperación de cualquier desastre potencial (ONU-HABITAT, 2024).

La resiliencia urbana, convertida en campo de investigación, se clasifica para los contextos urbanos en dos dimensiones: la físico espacial y sociopolítica. El objeto es contribuir a asegurar riesgos de desastres aceptables por la sociedad involucrada, como temas que deben tratarse desde el ordenamiento urbano y la gestión pública, tanto en la planificación del desarrollo urbano como en el manejo de desastres por fenómenos naturales extremos. Como lo menciona Zúñiga-Igarza & Egler-Cohen (2016), desde este enfoque se deslindan 2 perspectivas de la resiliencia urbana: la espacial y la social. Las particularidades del término de “Resiliencia” lo hacen flexible y adaptable a las diferentes perturbaciones que pueda tener el sistema de análisis: natural, social, económico, político, tecnológico, entre otros. Se debe desarrollar además desde el carácter holístico, complejo y sistémico.

La dimensión físico-espacial de la resiliencia urbana puede considerarse como una capacidad *“desarrollada por los recursos naturales y construidos para la absorción, resistencia y recuperación ante impactos, niveles de uso y límites establecidos, que permiten mantener su autorregulación; con niveles aceptados de conservación y estabilidad en contribución al sistema natural o construido al que pertenecen”* (Zúñiga-Igarza & Egler-Cohen, 2016). Es por ello que la resiliencia urbana para tratar los riesgos de desastres de origen natural debe concebirse como un proceso transversal de factores sociales económicos y ambientales, a través de la estabilidad

integral e integrada de los sistemas naturales construidos y sociales para lograr riesgos de desastres de origen natural aceptables, de manera que asegure la permanencia calidad y desarrollo de la vida del ser humano y el entorno que les rodea.

La dimensión sociopolítica de la resiliencia urbana, ante desastres de origen natural en este caso, se refiere a la capacidad de solidaridad individual y de la población de emprender procesos de renovación para sobreponerse a adversidades y resurgir fortalecida o transformada, en un proceso de mejora y adaptación continua. De acuerdo con Zúñiga-Igarza & Egler-Cohen (2016) *"el saber construido y el saber nuevo, como formas de creación y vida, son eslabones esenciales en la construcción de la resiliencia social"*. Esta dimensión se refiere a acciones políticas priorizadas (dimensión entre lo social y el riesgo como demanda de acciones colectivas para contribuir a la existencia y sobrevivencia humana) que contemplan la educación y la cultura como herramientas del saber construido y del saber nuevo para reducir acontecimientos sociales traumáticos.

A través de los años en México se ha asumido la responsabilidad de articular capacidades para anticiparnos y prepararos para superar los impactos de la naturaleza. Debido a ello se conformó hace 38 años el Sistema Nacional de Protección Civil, el 6 de mayo de 1986, fecha en la que se coordinan y articulan los tres órdenes de gobierno para la prevención de desastres y atención de emergencias. Fue un paso fundamental para transitar de una visión predominantemente reactiva a una de mayor prevención, planeación, difusión y educación para evitar desastres y fomentar la resiliencia de las comunidades para superar momentos complejos rápidamente.

ONU-Hábitat define la resiliencia urbana como *"la habilidad de cualquier sistema urbano de mantener continuidad después de impactos o de catástrofes mientras contribuye positivamente a la adaptación y la transformación"* (ONU-HABITAT, 2024). Por su parte, la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, define como uno de sus principios la Resiliencia, seguridad urbana y riesgos. A partir de este enfoque, la resiliencia se define en la LAHOTDUECH, en su artículo 7 fracción LXXV, y en la LGPC como *"la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos"* (Cámara de Diputados

del H. Congreso de la Unión, 2012, pág. 6) (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2021, pág. 16). La LAHOTDUECH dedica su Título Sexto, del articulo 141 al 148, a la Resiliencia Urbana y la prevención de riesgos en los asentamientos humanos.

Un aspecto de la política mexicana en este rubro es la Gestión Integral de Riesgos, dónde se trabaja de manera conjunta para atender a la población y brindar apoyo necesario a cada municipio, además se coordinan acciones con los gobiernos locales para contar con información precisa y oportuna antes, durante y después de cada fenómeno. El Atlas de Riesgo y la Guía de Resiliencia Urbana, desarrollada en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y el apoyo del programa ONU-Hábitat, son herramientas centrales para ello y para garantizar que la planeación urbana y las obras de infraestructura se realicen bajo estándares que permitan proteger a la población y lograr una recuperación efectiva en el corto plazo.

ONU-Hábitat promueve un nuevo enfoque para implementar ciudades resilientes: el Programa de Perfiles de Ciudades Resilientes (CRPP, por sus siglas en inglés), una métrica que provee a gobiernos nacionales y locales de herramientas necesarias para medir y aumentar la resiliencia frente al impacto de múltiples amenazas. El CRPP desarrolla un enfoque de planificación y gestión urbana amplio e integrado para elaborar perfiles y acompañar la resiliencia de una ciudad frente a los posibles peligros. En este marco México desarrolla la Guía de Resiliencia Urbana 2016 (Gobierno de la Republica, 2016) diseñada para ser utilizada por las autoridades municipales del país. En ella se describe paso a paso la metodología para obtener el Perfil de Resiliencia Urbana (CRPP) de cada región.

2.2. Gestión Integral de Riesgos (GIR) y Atlas de Riesgos (AR)

La Gestión Integral de Riesgos, de acuerdo con la Ley General de Protección Civil (LGPC) (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012, pág. 4) y con la LAHOTDUECH en su artículo 7 fracción XXXVII (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2021, pág. 12), se define como el *“conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas*

públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción".

A finales del 2020, la Cámara de Diputados aprobó, en lo general y particular, el dictamen del Proyecto de Decreto que expide la Ley General de Gestión de Riesgos y Protección Civil LGGRP (Poder Legislativo Federal, Cámara de Diputados, 2020), la cual dejará sin vigencia a la Ley General de Protección Civil emitida en el 2012. Sin embargo, el proyecto de decreto continua en la Cámara de Senadores, siguiendo el proceso para la publicación, mientras tanto la LGPC vigente es la publicada el 6 de junio de 2012.

Por su parte, el Programa Interno de Protección Civil (PIPC), publicada en el 6 de junio de 2012 siendo su última reforma el 20 de mayo de 2021 (Secretaría de la Función Pública, 2021), es el instrumento de planeación y operación con el propósito de mitigar los riesgos previamente identificados y definir acciones preventivas y de respuesta para estar en condiciones de atender la eventualidad de alguna emergencia o desastre. Un Programa Interno de Protección Civil es el órgano normativo y operativo, cuyo ámbito de acción se circunscribe a las instalaciones de una institución, dependencia o entidad perteneciente a los sectores público privado o social, que tiene la responsabilidad de desarrollar y dirigir las acciones de protección civil, así como elaborar, implementar y coordinar el Programa Interno correspondiente (Secretaría de Gobernación, 1998).

La Unidad Interna de Protección Civil, es el órgano responsable de: desarrollar y dirigir las acciones de protección civil; elaborar, actualizar, operar y vigilar el Programa de Protección Civil en los inmuebles e instalaciones fijas y móviles de una dependencia, institución o entidad perteneciente a los sectores público, privado y social; también se le nombra Brigadas Institucionales de Protección Civil.

La Gestión Integral de Riesgos considera las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2016), siendo la continuidad de operaciones y las acciones de orden preventivo un valor de la política pública y una tarea

transversal, con especial énfasis en aquellas que tienen relación con el ordenamiento territorial y la planeación urbano-regional, entre otras:

I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos;
II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios;
III. Análisis y evaluación de los posibles efectos;
IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto;
V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos;
VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos, y
VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad.

La Ley LGAHOTDU define la Reducción de Riesgos de desastres como una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, así como los esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016). La LGPC define la Reducción de Riesgos desde una perspectiva más amplia como la *"Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de preparación y mitigación, el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento"* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012, pág. 6).

Aunado a estos instrumentos, recientemente en agosto del año 2024 se publicó la NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SEDATU-2024, Clasificación, caracterización y delimitación de zonas no susceptibles para asentamientos humanos en la zonificación primaria por presentar riesgos críticos originados por amenazas hidrometeorológicas, geológicas y las asociadas al cambio climático o por tener valor ambiental o cultural en los instrumentos que conforman el Sistema General de Planeación Territorial. Esta Norma viene a fortalecer las políticas en materia de gestión integral de riesgos de desastres y de cambio climático en México, buscando fortalecer las capacidades institucionales, aumentar las acciones de conservación de zonas de valor ambiental y cultural que aportan a la resiliencia territorial con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de los

asentamientos humanos presentes y futuros (SEDATU, 2024). Así mismo, esta nueva Norma aporta la caracterización de los riesgos asociados a la variabilidad y al cambio climático y las áreas de valor cultural, las de valor ambiental, por sus servicios ambientales, y las áreas por resultar significativas para la resiliencia territorial, y lineamientos para su delimitación.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil (LGPC) el Atlas Nacional de Riesgos es un *"sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables"* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012, pág. 1). La Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua y el Reglamento de Protección Civil del Municipio de Chihuahua definen el Atlas de Riesgo como el *"sistema de información que establece los peligros y estudios de vulnerabilidad de una superficie geográfica determinada, en la que la interpolación de estas dos variables permite conocer en forma cualitativa y cuantitativa el riesgo existente. Dicho instrumento de prevención proyectará los escenarios de riesgo a corto, mediano y largo plazo y servirá de base referencial para delimitar la planeación urbana, turística e industrial"* (H. Congreso del Estado, 2015, pág. 2) (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2016, pág. 1). Este instrumento se concibe como una herramienta estratégica que permita la integración de información sobre peligros y riesgos a nivel estatal y municipal en una plataforma informática homogénea, dinámica y transparente. Conceptualmente el AR ha evolucionado de un conjunto estático de mapas, a un sistema integral de información sobre riesgos de desastres, empleando para ello bases de datos, sistemas de información geográfica, cartografía digital, modelos matemáticos y herramientas para visualización, búsqueda y simulación de escenarios de pérdidas (CENAPRED, 2006).

Es atribución del CENAPRED supervisar que se realice y se mantenga actualizado el atlas nacional de riesgos, así como los correspondientes a las entidades federativas y municipios de México. El Atlas se integra con la información de todas las demarcaciones territoriales y consta de bases de datos, sistemas integrales de información geográfica y herramientas para el análisis y la simulación de escenarios, así como la estimación de pérdidas por desastres. Por la naturaleza dinámica del riesgo, el Atlas deberá mantenerse como un instrumento de actualización permanente que constituye el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo y debe ser un instrumento de fácil acceso a la población. Como lo menciona CENAPRED (2006), un paso trascendental en la GIR es el de

integrar grupos locales de trabajo para aplicar y calibrar las metodologías. De lograrse esta dinámica, se habrán dado pasos firmes para avanzar en la unificación de criterios para la integración de los atlas municipales, luego estatales y finalmente el atlas a nivel nacional.

De acuerdo con CENAPRED (2006) el ANR se ha planteado que sea un “Sistema Integral de información del Riesgo de Desastres”: *Sistema*, ya que será un conjunto ordenado de “objetos”, procesos, principios y soluciones tecnológicas racionalmente enlazados entre sí con un fin común: evaluar el riesgo. *Integral*, ya que deberá ser capaz de incluir información actualizada, inclusive en tiempo real, con un nivel de detalle suficiente, según se requiera, para cubrir todas las escalas convenientes; implica un manejo compartido de datos de muy diferentes características y ubicaciones, mediante un diseño dinámico y modular. *De información*, ya que deberá ser capaz de aceptar, reducir y facilitar el análisis e interpretación de la información. Es también, con un valor agregado, parte de los productos esperados. Según su destinatario, se deberán lograr varios niveles de información. *Riesgo de Desastres*, es el objetivo final del producto: poder evaluar el riesgo mediante el análisis temporal y espacial de las amenazas, la vulnerabilidad y el grado de exposición, así como la estimación de pérdidas, entre otros. Además, el ANR deberá ser *interactivo*, de modo que permita hacer análisis y visualizar la información instantáneamente, de plataforma abierta para facilitar su desarrollo y actualización permanentes y deberá hacer uso de las tecnologías de información más actuales.

De acuerdo con el artículo 86 de la Ley LGPC (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012), el Atlas Nacional de Riesgos y los respectivos Atlas Municipales de Riesgos, deberán establecer los diferentes niveles de peligro y riesgo para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Instrumentos que deben ser tomados en consideración por las autoridades competentes para la autorización o no de cualquier tipo de construcción, obra de infraestructura o asentamiento humano. Corresponde a la Coordinación Estatal, artículo 11 fracción II del Reglamento de la Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua, la realización de acciones conjuntas con los municipios para elaborar los diagnósticos de riesgo y vulnerabilidad necesarios para determinar la ubicación y extensión de zonas de alto riesgo o con restricciones de uso, así como definir las acciones necesarias en la evaluación, monitoreo y control de riesgos en sus ámbitos de competencia, considerando sistemas de monitoreo continuo (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2020).

Por otra parte, para la reducción del impacto que provocan los fenómenos naturales o antropogénicos es importante la implementación de una efectiva estrategia de prevención. Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las etapas del "ciclo de la prevención": identificación de riesgos, mitigación y prevención, atención de emergencia, reconstrucción, y evaluación e incorporación de la experiencia (CENAPRED, 2006).

El Sistema Municipal de Protección Civil para su adecuado funcionamiento deberá operar con las disposiciones contenidas en el Reglamento de Protección Civil del Municipio de Chihuahua, el programa municipal de Protección Civil, el Atlas Municipal de Riesgos y los Programas Especiales de la Coordinación. El Programa Municipal de Protección Civil deberá contener los criterios para integrar el Atlas Municipal de riesgo y es facultad del Coordinador de Protección Civil validar los sitios que por sus características específicas puedan ser escenarios de situaciones de riesgo, siniestro o desastre para que estos estén incluidos en el Atlas Municipal de Riesgo.

2.3. Conceptos fundamentales del Riesgo

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2006) y la Ley General de Protección Civil (LGPC) (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012) se define el Riesgo a partir de sus conceptos fundamentales: peligro, vulnerabilidad, exposición y riesgo.

Peligro: Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado.
Vulnerabilidad: Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Se expresa con valores entre cero y uno, donde cero implica que el daño es nulo, y uno, implica que este daño es igual al valor del bien expuesto.
Exposición: Se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

Riesgo: Probabilidad de que un evento/externalidad suceda y cause daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador.

En forma cuantitativa se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. Esta definición se expresa en la siguiente ecuación (CENAPRED, 2006).

Riesgo = f (Peligro, * Vulnerabilidad, * Exposición)

La existencia de un *riesgo* se entiende como la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables, implica la presencia de un evento, *peligro* o fenómeno perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un *sistema afectable* (sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes) en un grado tal que constituye un desastre, siendo la *vulnerabilidad* como la propensión a ser afectado, y la *exposición* como el valor del sistema afectable. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una *amenaza*, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

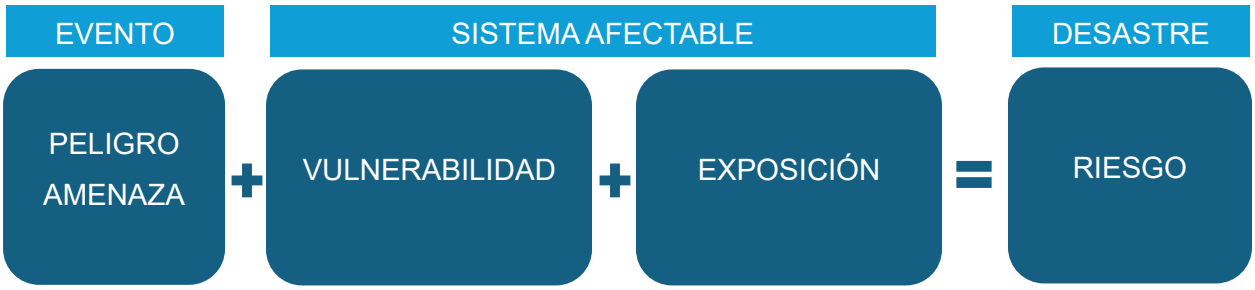


Figura 1 Definición del riesgo a partir de sus conceptos fundamentales (Gobierno de la Republica, 2016).

Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante parámetros cuantitativos con un significado físico preciso que pueda medirse numéricamente y ser asociado mediante relaciones físicas con los efectos del fenómeno sobre los bienes expuestos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad. La *magnitud* es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial

destructivo y de la energía que libera. La *intensidad* es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado.

La forma más común de representar el carácter probabilístico del fenómeno es en términos de un *periodo de retorno* (o de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad. El concepto de periodo de retorno, en términos probabilísticos, no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. En ocasiones se utiliza también el inverso del periodo de retorno llamada *tasa de excedencia*, definida como el número medio de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Para muchos de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. En estos casos se recurre a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones en el tema específico (CENAPRED, 2006).

Para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres es útil seguir el siguiente procedimiento de análisis: una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de “escenarios de riesgo”, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos.

2.4. Tendencias de crecimiento de la ciudad de Chihuahua

El Plan Director Urbano de la ciudad de Chihuahua (PDU), en su séptima actualización tomo II, capítulo de Prospectiva (2024), menciona que la tendencia de crecimiento de la ciudad de Chihuahua se ha desarrollado con un crecimiento lineal proporcional, donde la población ha aumentado en los últimos 10 años 14.40% y la superficie de la ciudad aumentó 13.78%. Actualmente, el área urbana alcanza 27,348.03 ha, sin considerar la zona de reserva de crecimiento o urbanizable. Las zonas más presionadas para el crecimiento a partir del año 2015 han sido los sectores oriente y poniente de la ciudad disminuyendo el ritmo acelerado que tenía la zona norte hasta el año 2010. Para el 2015, Chihuahua contabilizó 264,300 viviendas (INEGI 2015) y se estima que para el 2030, se requerirán 49,383 viviendas más para atender a una

población que alcanzaría, para ese año, los 1,092,755 habitantes. Se estima, además, que el promedio de habitantes por vivienda será de 3.4.

En cuanto a la demografía, para el año 2020, la población del centro de población alcanzó 925,762 habitantes. La ciudad alberga el 98.72% de la población total de todo el municipio (937,674 habitantes). Se proyecta para el año 2040 una población municipal de 1,175,235 habitantes y para el centro de población de 1,117,062 habitantes. Para el año 2030 se espera cambios en la pirámide poblacional en los que la población de 65 años y más aumente considerablemente y se reduzca aún más la población de 0 a 15 años. Aunque las proyecciones de crecimiento poblacional muestran que el porcentaje de crecimiento disminuye a través del tiempo debido a los cambios en la estructura social, condiciones económicas y modos de vida, tanto a nivel nacional como internacional. En Chihuahua se observa una tendencia a que la tasa o grado de urbanización se mantenga al alza en los próximos años y que la población que vive en zonas no urbanas prácticamente desaparezca. Esto representa un importante reto para la ciudad que, aunque la tasa de crecimiento poblacional disminuya, prácticamente todas las personas residirán en ella, demandando los servicios, el equipamiento y la infraestructura correspondientes.

Ante este escenario, los pronósticos de crecimiento tendencial son insumos importantes para la planeación de la ciudad, debido a que permiten estimar riesgos y planear anticipadamente la manera en que se empleará el suelo. El PDU estima que de acuerdo al diagnóstico del centro de población y los escenarios de crecimiento tendenciales es posible que se incrementen problemáticas como: dispersión de la población en las periferias dónde se presentan deficiencias de infraestructura, alumbrado público, pavimentos, etc.; proliferación de asentamientos humanos precarios y aumento de asentamientos en zonas con restricciones o con presencia de riesgos; déficit de equipamientos de seguridad generando una mayor vulnerabilidad de las personas; y mayor contaminación.

Estos datos resaltan la importancia de los esfuerzos en el ciclo de la prevención y estrategias de mitigación que incidan en la resiliencia urbana, física y social, ya que la dinámica de la población y de la ciudad exigen una rápida adaptación y capacidad de respuesta. Es importante considerar un escenario tendencial de crecimiento en el que el envejecimiento de la población va en aumento, lo que representa mayor vulnerabilidad de la población, y exigirá en respuesta cambios

considerables tanto en la estructura de la ciudad, como en el equipamiento de mayor demanda, y atención de seguridad y protección civil.

2.5. Clasificación y definición de los fenómenos perturbadores de estudio

El territorio está expuesto a diferentes fenómenos naturales y antrópicos (producidos por la actividad humana) que pueden afectar significativamente a la población de un territorio. En México, los fenómenos perturbadores han sido clasificados por las instancias gubernamentales y se encuentran descritos en la Ley General de Protección Civil (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012).

Las categorías que son objeto de estudio del presente documento se clasifican y definen de la siguiente manera:

2.5.1 Fenómeno Natural

Agente perturbador producido por la naturaleza.

Hidrometeorológicos: Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos.

- Inundaciones pluviales (por encharcamiento).

Las Inundaciones son definidas por CENAPRED (2023, p.13) como la *"presencia de agua en zonas donde normalmente no se encuentra que, de manera general, provoca afectaciones a la población. Este fenómeno es generado por el desbordamiento de un cauce, desfogue de presas o falla de infraestructura hidráulica (fluviales); acumulación de agua en las zonas urbanas por incapacidad de drenaje (pluviales) o el incremento de ésta en cuerpos de agua de origen lacustre y costero debido a la presencia de ciclones tropicales o tsunamis".*

La prevención de inundaciones en Chihuahua enfrenta desafíos complejos. El crecimiento urbano y el cambio climático han exacerbado los problemas de inundaciones, especialmente en el núcleo urbano, debido a la insuficiencia de infraestructura de drenaje, el incremento de superficies impermeables y la falta de mantenimiento de los sistemas existentes. Estas inundaciones han ocasionado daños materiales, interrupción de servicios básicos y riesgos para la población (Sánchez, 2024, marzo.). Además, el cambio de uso de suelo generado por la urbanización, que

transforma superficies naturales permeables en superficies urbanizadas impermeables, altera significativamente el régimen hidrológico de una cuenca. Este cambio aumenta el coeficiente de escurrimiento, incrementando el volumen y el caudal máximo de escurrimiento, así como el tiempo en que estos se presentan.

En la ciudad de Chihuahua se han presentado eventos climáticos extremos, desde inundaciones a sequías. Las inundaciones pluviales suceden cuando el terreno se ha saturado de agua y no puede absorberla, lo que provoca que la lluvia excedente se acumule durante horas o días. Este tipo de inundaciones ocurren más frecuentemente en zonas urbanas donde la capacidad de drenaje se ve rebasada por la intensidad de la lluvia o malas condiciones, impidiendo el correcto desalojo del agua (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022).

Las lluvias se clasifican por su intensidad en 24 horas, de acuerdo con la Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, en: lluvias escasas menor de 5mm, lluvias ligeras entre 5 y 10mm, lluvias moderadas entre 10 y 20mm, lluvias fuertes entre 20 y 50mm, lluvias muy fuertes entre 50 y 70mm y lluvias intensas mayor a 70mm.

El Período de Retorno (Tr) es el tiempo promedio (medido en años) que debe transcurrir para que se presente un evento pluvial igual o mayor a una cierta magnitud. Aunque esta referencia es aproximada y no exacta. Como ejemplo de este concepto, se calcula que el evento pluvial ocurrido el 22 de septiembre de 1990, conocido como “la tromba del 90” se registró una precipitación con intensidad de 145mm en menos de una hora, identificado con un periodo de retorno aproximado de 100 años (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022).

En cuanto al clima, la mayor parte del centro de población de Chihuahua se encuentra, según la clasificación KOPPEN, en la región climática BS1kw, semiárida, templado, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperaturas del mes más caliente mayor de 22°C, con lluvias en verano. Hacia el oriente de la ciudad se encuentra la región BSohw, la cual es árida, semicálido, con temperatura entre 18°C y 22°C, con temperatura del mes más frío menor de 18°C y temperatura del mes más caliente mayor de 22°C (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024). La ciudad se encuentra en la zona de transición entre la meseta y el desierto, en la parte oeste del desierto chihuahuense, tiene un clima seco, menos cálido que el resto del desierto debido a su altitud de 1500msnm. con inviernos frescos. La

precipitación media anual es de alrededor de 400mm, esparcidos principalmente en los meses del monzón que son julio, agosto y septiembre. La temperatura media anual varía entre 17 y 20°C pero el clima es realmente extremo. En el año las temperaturas pueden descender normalmente hasta -7°C o menos por los frentes fríos en invierno y tocar o subir de 38°C en el verano. El año con mayor precipitación anual fue 1986 con 762mm y el año más seco 2011 con 169mm (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022).

De acuerdo con datos de CONAGUA del promedio y máxima de lluvia (por década y mes) de las últimas cinco décadas (1970-2010), la ciudad de Chihuahua presenta una precipitación promedio relativamente similar, la diferencia se evidencia en eventos extraordinarios de precipitación torrencial durante los meses de verano: julio, agosto y septiembre. La precipitación promedio en la ciudad de Chihuahua para cada mes del año ha variado, reduciéndose considerablemente en el resto de los meses: octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, y abril, mayo y junio (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024).

El estudio de Variación en la Precipitación y sus Valores Extremos en el Estado de Chihuahua, por parte de la JCAS, establece que, de acuerdo con la tendencia de precipitación, se puede esperar un descenso en la lluvia anual, que repercutirá en la disminución de los escurrimientos superficiales, en los volúmenes superficiales disponibles, y en la recarga del agua subterránea. También se espera una alteración en los valores extremos de precipitación anual, en la periodicidad y duración de los años secos para la Cuenca del Río Conchos, donde se ubica el centro de población (Silva-Hidalgo, págs. 36-36). El estudio Nuevas Proyecciones de Cambio de Precipitación y Temperatura para el siglo XXI en el Norte de México, del Centro de Investigación de Materiales Avanzados CIMAV, establece proyecciones para la zona centro del estado de Chihuahua donde se encuentra ubicado el centro de población. La proyección en los cambios de temperatura para la década del 2025 al 2034 es la disminución de alrededor de 0.8ºC en el invierno, y el aumento será mayor a 2ºC en el verano. Se proyecta para el periodo de 2085 al 2094 un aumento de temperatura de 3.5ºC en la región. En cuanto a las proyecciones de precipitación para la década del 2025 al 2034, se observa un decremento en el periodo de lluvias, que corresponde al verano, de - 0.3 mm/día. Esto representa una disminución de 109.5mm/año, o aproximadamente un 28% menos que la precipitación actual (Reyes & Nuñez, 2013, págs. 101-117).

A la par de estas proyecciones es importante considerar que los efectos del cambio climático y la sequía en la región, y en la ciudad de Chihuahua particularmente, han mostrado en los últimos años evidentes cambios espacio-temporales de la precipitación, que por un lado se ha reflejado a través de eventos escasos en el año pero torrenciales, de lluvias más intensas concentradas en lapsos de tiempo más cortos que provocan inundaciones, y por otro lado en un incremento en la duración de las sequías y un aumento de incendios forestales. Este fenómeno fortalece la importancia de los esfuerzos preventivos y de mitigación que las instancias gubernamentales realicen en favor de la resiliencia urbana.

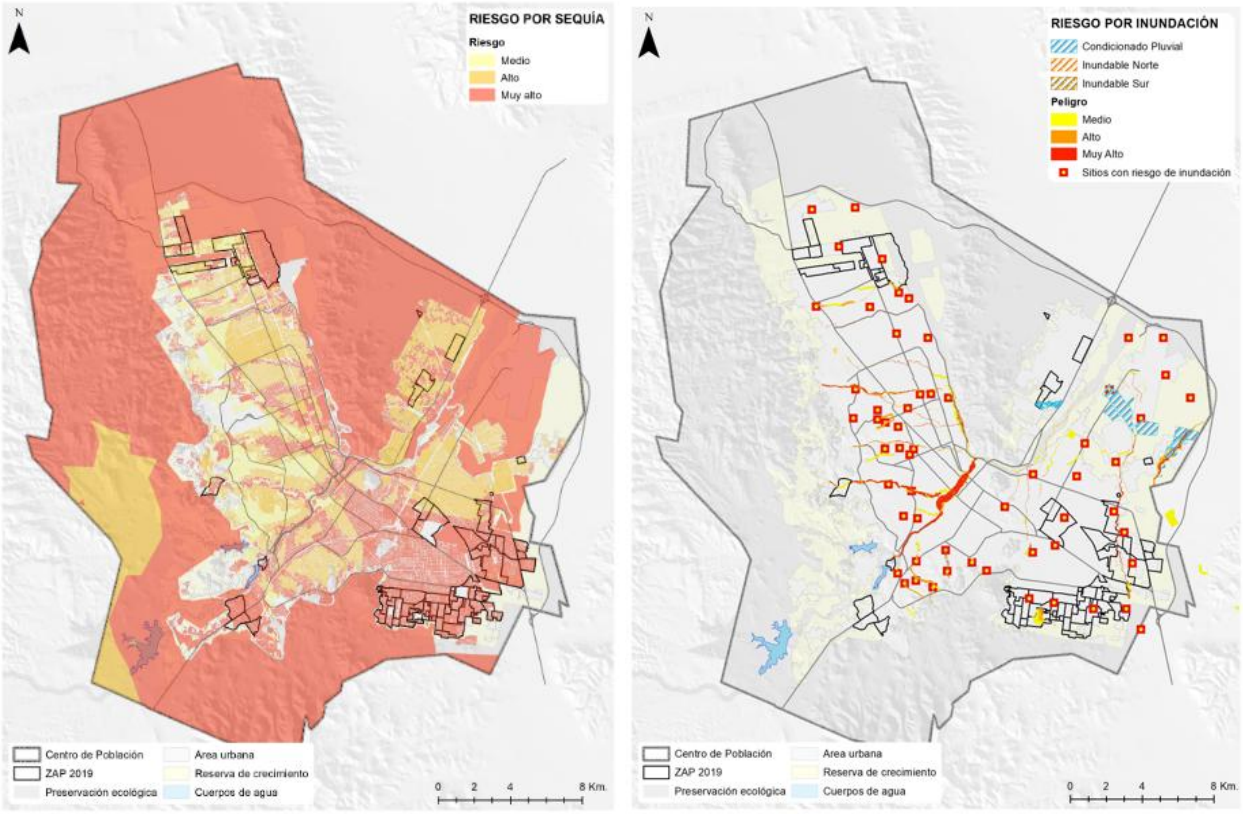


Figura 2 Izquierda: Mapa de Riesgo por Sequía en el Centro de Población Chihuahua (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024). Derecha: Mapa de Riesgo por Inundación (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024).

De acuerdo con los planes y programas vigentes en el Centro de Población de Chihuahua sobre fenómenos hidrometeorológicos y peligro por inundaciones se enlistan los siguientes. Estos programas son: el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chihuahua, Séptima Actualización PDU 2040 (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024); Los Atlas de Riesgos que se han elaborado en la localidad: El Atlas de Riesgos del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2006), El

Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014), El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022) y los consecuentes estudios publicados en el Atlas de Riesgos del estado de Chihuahua (CENAPRED, 2024) y el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2024) (CENAPRED, 2023) (CONAGUA, 2019).

Sobre la Hidrología Superficial, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chihuahua, Séptima Actualización PDU 2040, Chihuahua se ubica en la Región Hidrológica Bravo Conchos (RH-24) en la cuenca Hidrológica (K) Río Conchos-Presa El Granero, dentro de las subcuencas de los Ríos Chuvíscar y Sacramento y la Presa Chihuahua. Dentro de las vertientes internas se encuentran 94 microcuencas regionales. Al centro de población lo recorren 82 escurrimientos que suman 1,496 kilómetros de longitud, los cuales desembocan en 23 cuerpos de agua intermitentes, y a su vez en los dos ríos principales, el Río Chuvíscar y el Río Sacramento (tributario del Río Chuvíscar) que se unen en las inmediaciones de la cabecera municipal. Estos ríos recorren 54 kilómetros lineales en su trayecto dentro del centro de población, continuando hacia la ciudad de Aldama hasta unirse eventualmente al Río Conchos.

La mayoría de los arroyos intermitentes tienen una trayectoria urbana por calles y avenidas. Con el avance de la urbanización, se ha impermeabilizado paulatinamente el suelo, afectando la capacidad natural de canalización e infiltración de agua pluvial de estos arroyos (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024).

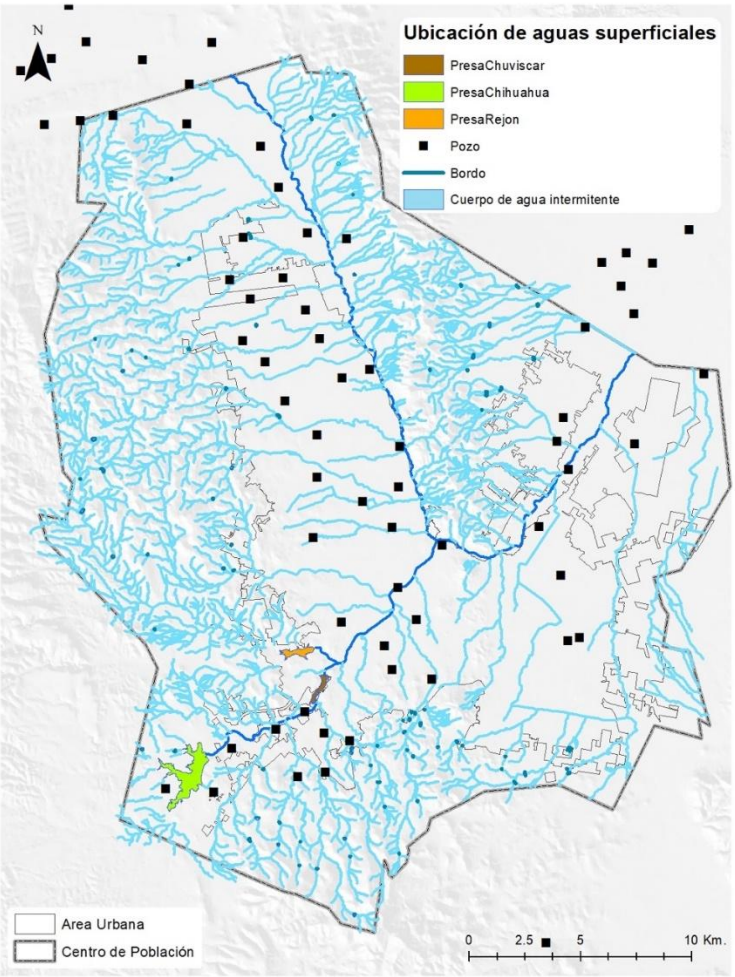


Figura 3 Aguas superficiales (INEGI, 2010)

En el Atlas Nacional de Riesgos, el Municipio de Chihuahua está identificado como un “punto crítico de inundación”, validado por Comisión nacional del Agua (CONAGUA) y Protección Civil del Estado de Chihuahua. Los indicadores de peligro, exposición y vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos identifican el Municipio de Chihuahua con un nivel de peligro por inundación alto y un nivel de vulnerabilidad alta. Se han declarado en el municipio 2 contingencias climatológicas, 12 desastres hidrometeorológicos y 25 emergencias hidrometeorológicas. Los sistemas expuestos son: 937,674 personas y 350,905 viviendas, además de otra infraestructura (CENAPRED, 2024). El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (2022) identifica los siguientes fenómenos hidrometeorológicos con un grado de peligrosidad o amenaza Muy Alto, en base a tasas de retorno: Inundaciones Pluviales, Sequías, y Ondas gélidas.

Un indicativo de la incidencia de inundaciones en Chihuahua es el número de declaratorias de emergencia o desastre por lluvia severa e inundación fluvial y pluvial emitidas para la entidad y publicadas en el Diario Oficial de la Federación. Para este caso, se cuenta con 9 emitidas desde 2000 hasta 2019. Con un registro de umbral de precipitación acumulada en 12 horas es de 57.61mm. Se entiende por umbral al valor de lluvia acumulada a partir del cual se pueden esperar afectaciones por inundación, aunque existen condiciones en que precipitaciones de menor valor podrían generar inundaciones. Por otra parte, la vulnerabilidad física de una vivienda debe entenderse como la susceptibilidad de sufrir daños materiales, por lo que depende del tipo de construcción (CENAPRED, 2023).

El Atlas del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2006) desarrolla un registro histórico de desastres de la ciudad de Chihuahua por fenómenos hidrometeorológicos desde 1990 hasta el año 2006. También analiza la precipitación máxima, en base a los datos de las estaciones meteorológicas en el período de 1980 a 2000, siendo la máxima para 1 hora 60 mm en el mes de Julio y para 24 horas 112.9 mm en el mes de septiembre. Este documento presenta un análisis espacial de la distribución de la precipitación en base al modelo IDW (Inverse Distance Weighting) con las estaciones meteorológicas de la ciudad de Chihuahua y su área de influencia, considerando la precipitación máxima para 24 horas, se generó un mapa de distribución de la lluvia máxima para la ciudad de Chihuahua y zonas colindantes. También se enlistan 51 colonias con riesgo de inundación, dictaminadas por el Departamento de Bomberos, por su historial y frecuencia de inundaciones en los últimos años.

Este documento describe como el desarrollo de la ciudad ha invadido y desaparecido los cauces de los arroyos y ríos, la construcción de fraccionamientos y vialidades en las planicies de inundación han modificado la topografía e impermeabilizado el suelo, la canalización de los afluentes de los ríos Sacramento y Chuvíscar ha reducido a su mínima expresión el área hidráulica de estas corrientes naturales, el mal diseño de obras de canalización de cauces no tiene la capacidad para alojar el agua de lluvia proveniente de las microcuencas, se ha ocupado los cauces con vivienda, han sido construido sobre ellos o han sido ocupados por vialidades. De esta manera se ha modificado el patrón hidrológico local, incrementando el volumen de escurrimiento y su velocidad hacia las partes bajas y reduciendo la infiltración del agua al subsuelo. Debido a este fenómeno los dos ríos colectores principales de la ciudad, el río Sacramento y río Chuvíscar, y sus afluentes presentan constantes inundaciones.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014) utilizó el software IBER (versión 2.0.3) para el cálculo de zonas inundables y la delimitación de vías de intenso desagüe dentro de la ciudad de Chihuahua. Los insumos utilizados en el análisis fueron los datos de precipitación máxima anual y caudal en la cuenca de los escurrimientos estudiados, y la elevación del terreno (se usó una imagen Lídar con resolución de 1 metro). Para calcular los datos hidráulicos, que corresponden al caudal y el hidrograma, se usó la aplicación web de INEGI SIATL (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas). Las modelaciones de las áreas de inundación se elaboraron para un periodo de retorno de 200 años para cada uno de los escurrimientos, ingresando información de caudal y rugosidad del área de estudio. Como resultado del proceso, se obtuvieron dos archivos. El primero de ellos indica el área de afectación y la profundidad máxima diferenciada en metros. El segundo indica la misma área afectada, pero con los datos de velocidad máxima de flujo en metros sobre segundo. Posteriormente los archivos fueron reclasificados y categorizados en función del diagrama de Dórrigo (2007) para mapear el grado de peligro o severidad de la inundación, mostrando la relación velocidad del flujo/ profundidad e inundación (resistencia al vuelco de las paredes de las viviendas). Se utilizó el software ArcGis para analizar los resultados y clasificarlos en 5 categorías de daño, mapeando finalmente el nivel de peligro por Inundaciones en la ciudad de Chihuahua para el arroyo Los Arcos, El Picacho, El Saucito, Galera Norte, Galera Sur, la Cantera, Nogales Sur, El Barro, el río Chuvíscar y río Sacramento.

En este estudio, los coeficientes de riesgo se calcularon valorando las franjas de peligro o amenaza expresados en los mapas y los comportamientos de las distintas combinaciones entre las susceptibilidades. En tal sentido, por la influencia que causa la exposición a las estructuras, estos coeficientes igualan o aumentan la vulnerabilidad estructural más nunca lo disminuirán. El cálculo de los valores numéricos de riesgo es resultado de la interacción de los niveles de peligro con los de vulnerabilidad. Sin embargo, cada nivel de peligrosidad se analiza en forma independiente y, por tanto, produce una serie propia de valores de riesgo. Finalmente se obtiene la población que se encuentra en riesgo por exposición al fenómeno de inundaciones por cada uno de los niveles o grados.

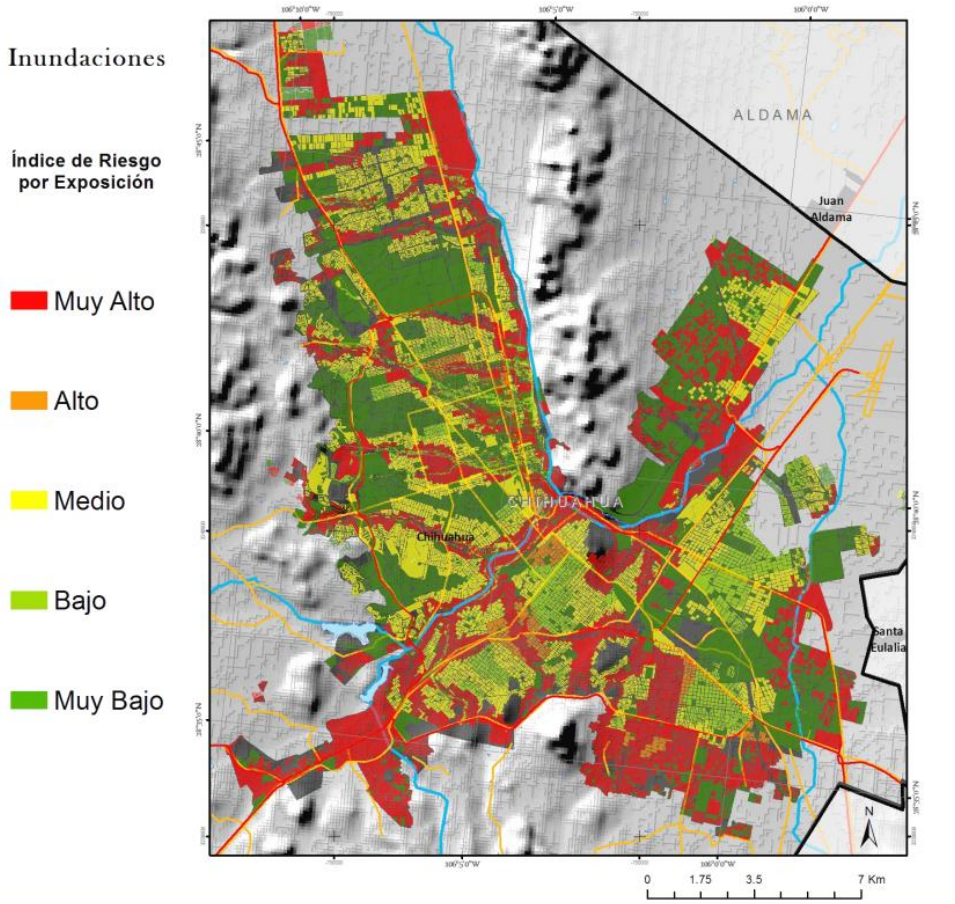


Figura 4 Mapa de Inundaciones. Índice de Riesgo por exposición en zona urbana (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014).

El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022) en su Anexo A para el capítulo II, de Estudio Hidrológico, hace un análisis hidrológico de cuencas hidrográficas y arroyos de la ciudad donde concluye que los arroyos de mayor impacto en la ciudad y con mayor problemática de desbordes e inundaciones en las colonias aledañas son: Nogales Norte, Mimbre Sur, La Cantera, San Pedro y Nogales Sur. Los cuales también coinciden con las zonas de mayor vulnerabilidad física de la zona urbana. Este estudio recomienda que dichos arroyos deben tener la mayor prioridad para ser intervenidos de manera especial con acciones de remediación y mitigación, dado que en temporada de lluvias (generalmente entre los meses de mayo a septiembre) es frecuente encontrar suelos anegados y calles con excesivos arrastres de sedimento y de tirantes de inundación superiores a los umbrales que considera CENAPRED para determinar los niveles o grados de vulnerabilidad. El estudio recomienda intervenciones desde la cuenca alta, a través de obras con gaviones para ralentizar los caudales y propiciar la recarga natural. En las zonas urbanas, precisar los tramos

de arroyos para revisar la variación de secciones, taludes y obras de reposición para reforzamiento de márgenes.

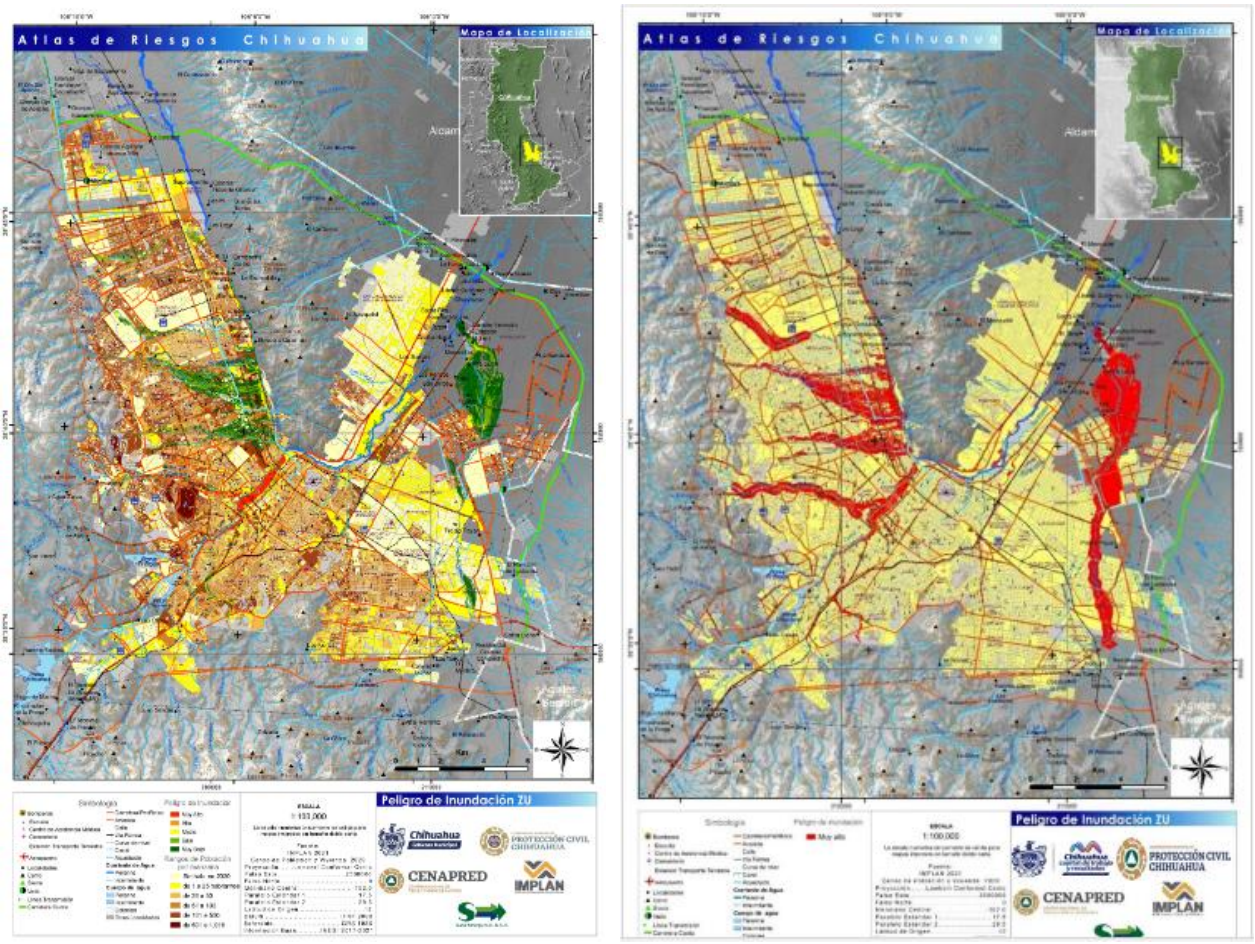


Figura 5 Izquierda: Mapa de Peligro de Inundación (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2014). Derecha: Mapa de Peligro de Inundación (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022)

Finalmente, en el reporte final y en el análisis de riesgos a partir de indicadores de vulnerabilidad de este mismo estudio, se definen nueve sitios de la ciudad amenazados, donde las zonas vulnerables ante fenómenos perturbadores de mayor incidencia por inundaciones severas y recurrentes son los siguientes: Arroyo El Picacho, Arroyo el Mimbre Sur, Arroyo El Saucito, Arroyos Las Galeras Norte y Sur, Arroyo la Cantera, Arroyo Malvinas, y Arroyo Nogales Sur.

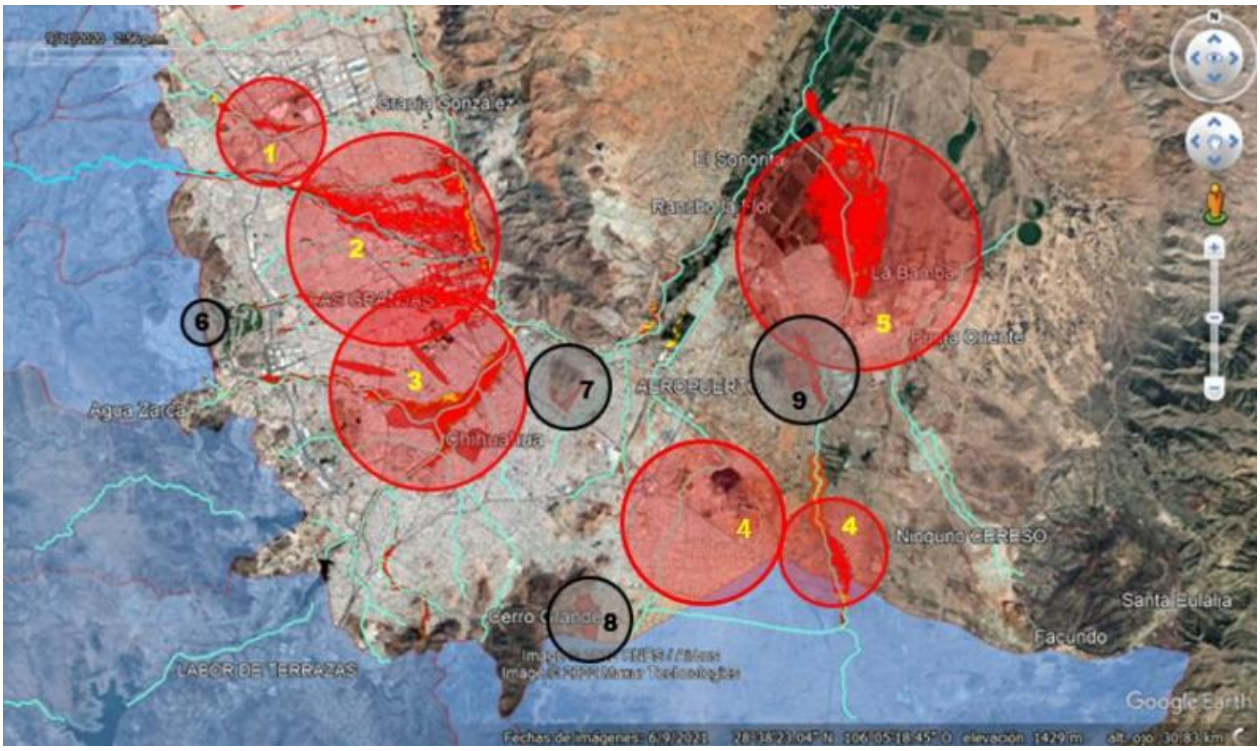


Figura 6 Información con base en Estudio Hidrológico (referido en Anexo A) Imagen Google Earth (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022)

Particularmente sobre el estudio de las Inundaciones se cuenta con las siguientes guías nacionales: la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos” (CENAPRED, 2006) “Lineamientos para la Elaboración de mapas de Peligro por Inundación” (CONAGUA, 2014), el “Manual para el control de inundaciones” (CONAGUA, 2011), la “Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas” (CENAPRED, 2011) y “Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica” (CENAPRED, 2006). También en el municipio de Chihuahua se cuentan con los siguientes estudios que conforman los antecedentes técnicos en materia de Agua Pluvial e Inundaciones: el “Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial” (PSMAP) (IMPLAN, 2009), en materia de Vulnerabilidad, la tesis “Índice de Pérdida-Posesión para generación de mapas de riesgo ante inundaciones en zonas urbanas”, del Ing. Eduardo Hernández (Hernández, 2018), y el Informe Técnico del “Estudio que sirva como herramienta base para la elaboración del Plan Municipal Hídrico de Largo Plazo” en su apartado de “Integración del análisis del drenaje pluvial” (Sánchez, 2024, marzo.). Todos estos antecedentes se describen a continuación.

El documento “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos” (CENAPRED, 2006) es una publicación con el objetivo de trasmitir a los usuarios, información acerca del origen y comportamiento de los efectos producidos por los fenómenos hidrometeorológicos y orientación relativos a los procedimientos metodológicos para obtener una estimación del riesgo de la población y sus bienes. Este documento contempla: la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos; elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta; análisis de peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas; y la identificación de trayectorias de ciclones tropicales mediante el uso del programa de cómputo “Busca Ciclones”.

El documento de los “Lineamientos para la Elaboración de mapas de Peligro por Inundación” (CONAGUA, 2014), que tiene por objeto establecer los estudios básicos que deben aplicarse para obtención de mapas de peligro por inundación, como base para la evaluación de los costos de daños por inundación, se divide en los siguientes temas: información topográfica, estudio hidrológico (con estimación de crecientes en cuencas aforadas y no aforadas), estudio hidráulico (para identificar las zonas inundables, software recomendado, y calibración, para plasmar planos de máximas profundidades y máximas velocidades de inundación) y análisis de severidad (diagrama de resistencia al vuelco de las paredes de las viviendas: relación de la velocidad del flujo contra la profundidad hidráulica de inundación o tirante; y el mapa de severidad: modelo bidimensional de realizar para el instante *i* el producto del tirante *i* por la velocidad *i* y plasmar en el plano el máximo producto obtenido para cada pixel. Cabe señalar que estos mapas deben realizarse para todos los periodos de retorno efectuados en el análisis hidrológico.). En lo que respecta al análisis de severidad incluye tres anexos: la metodología para la estimación del daño para viviendas en zonas de inundación, la metodología apara la estimación del Daño Anual Esperado (DAE), y el cálculo de las presiones actuantes sobre estructuras habitacionales causadas por el agua (borrador).

El documento “Manual para el control de inundaciones” (CONAGUA, 2011) tiene por objeto ser una herramienta para el personal técnico sobre: a) técnicas de análisis adecuadas, equipos de medición existentes y la importancia de la oportunidad en la disponibilidad de información básica; b) que el personal responsable de apoyo a la población conozca los elementos disponibles para la toma de decisiones oportuna que puede salvar vidas humanas; y c) apoyar al personal del más

alto nivel a cargo de los operativos de atención de las emergencias por inundaciones, mediante la relación de puntos por verificar para una atención satisfactoria de una inundación.

El manual consta de cuatro partes. En la primera, se presenta el panorama referente a la información necesaria y disponible para la atención de una emergencia por inundación, pero también acerca de la información de la infraestructura que permita prevenir daños a la misma o facilitar su reparación en caso necesario, así como de los planes, programas y atlas de riesgo existentes que faciliten la organización de la atención a las emergencias mencionadas. En la segunda, denominada “Modelos Hidráulicos”, se presentan los estudios necesarios en aquellas zonas detectadas como “inundables”, que proporcionan información sobre las magnitudes de las lluvias que se pueden presentar y los escurrimientos asociados, su relación con el entorno ecológico, así como los posibles cambios en el comportamiento del escurrimiento de una cuenca cuando se modifican las características de la misma por efecto de la actividad del hombre. En la tercera parte, se proponen alternativas para el control de las inundaciones, desde las clásicas soluciones estructurales como la construcción de presas, drenado de cauces o la construcción de bordos longitudinales, hasta las no estructurales como la elaboración de sistemas de alerta temprana, planes de desarrollo urbano incluyendo el ordenamiento territorial de las zonas urbanas, etc., todo ello para hacer más efectivo el manejo de las inundaciones. En la cuarta y última se presentan los diferentes programas que deberían existir en todas las zonas inundables para contar con un mejor control de las inundaciones, que incluyen los programas de seguridad de presas, cauces y otras estructuras, los programas ambientales, programas de comunicación y sistemas de alertamiento, programas de reubicación, de manejo de cuencas, de aseguramiento de las estructuras y el programa de convivencia con las inundaciones, que pretende enseñar al hombre a convivir con la naturaleza en especial con las zonas inundables, en lugar de tratar de modificar la misma con soluciones complejas y costosas y finalmente, el plan de atención de una emergencia. Por último, se presenta el resultado de un análisis de las leyes de Protección Civil y de las Leyes de Asentamientos Humanos y Desarrollo Urbano estatales o equivalentes, así como una serie de recomendaciones a las legislaturas de los estados para modificar algunos aspectos de dichas leyes, y resaltar la importancia del ordenamiento territorial como parte fundamental de la prevención de daños y pérdidas de vidas humanas durante una inundación.

El documento “Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas” (CENAPRED, 2011) tiene por objeto evaluar escenarios de peligro y riesgo a los que

está expuesta la población, planteando una metodología integrada de los estudios y análisis requeridos para inundaciones y guiando en el uso de las diferentes herramientas. La metodología planteada requiere de gente especializada, que aplique conocimientos avanzados de hidráulica y sistemas de información geográfica (SIG). En la parte de peligro se emplean algunos programas de uso libre (por ejemplo: *HecRAS1* o *ArcHydro2*), con los que se pueden delimitar las zonas inundadas a partir de simulaciones hidráulicas del fenómeno, auxiliadas por modelos digitales del terreno. Para el análisis de vulnerabilidad se usan los datos del censo general de población y vivienda a nivel de registro junto con un mapa de las zonas urbanas a nivel de manzana, por lo que no se requiere de una inspección física. Por tanto, la información y las herramientas de trabajo no provienen de una sola fuente, y no son gratuitas, pero los algoritmos propuestos para la identificación del peligro son relativamente fáciles de realizar y los programas usados son ampliamente utilizados en todo el mundo. Los mapas de precipitación para 1 y 24 h se consideran un ahorro de tiempo y dinero en la parte correspondiente al análisis hidrológico, donde se obtienen los caudales asociados para diferentes periodos de retorno. Los resultados del análisis se pueden presentar a nivel de manzana o de AGEB. La guía está basada en cursos de *ArcGIS* y Análisis Espacial del Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI), así como en los manuales del programa HecRAS y HecGeoRAS del United States American Corps of Engineers (USACE).

Esta guía contempla las siguientes etapas de trabajo: 1) Identificación del peligro por inundaciones, a través del tratamiento del modelo digital, la obtención de los caudales de diseño y la simulación del fenómeno y generación de escenarios de peligro; 2) Identificación de la vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, de acuerdo a la tipología de la vivienda, materiales, tipificación del menaje y funciones de vulnerabilidad; 3) Evaluación del riesgo, a través de la definición del riesgo (valor de los bienes expuestos, vulnerabilidad o porcentaje de daños de una vivienda debido a una inundación, y peligro o probabilidad de que ocurra un determinado evento), el índice de riesgo y ejemplos de aplicación.

El documento “Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica” (CENAPRED, 2006), tiene por objeto transmitir información y orientación relativa a los avances, conocimientos y desarrollos tecnológicos en materia de riesgos, así como en procedimientos metodológicos para establecer atlas locales, y motivar a usarlos como un instrumento cotidiano de trabajo, consulta, evaluación de riesgo y medidas de mitigación. Con este documento

Cenapred propone un marco conceptual, geográfico y tecnológico, que arrojare un producto homogéneo, con lo que se logre interactuar con otros ámbitos de las administraciones federal, estatal y municipal, y permita cumplir con el principal objetivo de un atlas de riesgos, la prevención de desastres.

Este documento aborda dos apartados: 1) Lineamientos generales para la elaboración de atlas de riesgos, que incluye los aspectos relacionados con los conceptos y definiciones básicas sobre riesgo; y 2) Aspectos geográficos y tecnológicos, donde se cuenta con información sobre el marco de referencia geográfico y las fuentes de información indispensable, recomendaciones útiles para quienes establecen términos de referencia para la elaboración de estos instrumentos; y de esta manera también se establecen los criterios para desarrollar un Sistema Integral de Información sobre Riesgo de Desastre, los subsistemas que lo integran y los productos obtenidos.

El documento “Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial” (PSMAP) (IMPLAN, 2009), elaborado por el Ing. Samuel Chavarría Licón, tiene por objeto elaborar un análisis hidrológico de las cuencas que impactan en la zona urbana de la ciudad de Chihuahua obteniendo los gastos máximos y volúmenes escurridos para diferentes períodos de retorno por subcuenca, conocer las condiciones actuales de la infraestructura pluvial en los cauces de los arroyos que cruzan la ciudad, y elaborar un diagnóstico del comportamiento, control y manejo de los escurrimientos pluviales centro de la ciudad y zonas de futuro crecimiento. Este documento aborda cuatro apartados descritos a continuación.

1) PSMAP Diagnóstico: Para este estudio se desarrollaron recorridos de campo de todos los cauces y el levantamiento de sus condiciones de funcionamiento hidráulico. El área de estudio, que abarca la cuenca del río Chuvíscar hasta la Boquilla de Aldama, fue de 2,682 km2 y 157 subcuencas. Se desarrolló un inventario de estructuras hidráulicas de captación, almacenamiento y regulación dentro de la mancha urbana de 22 arroyos y 2 ríos con una longitud total de 13.4 km. Con la información recopilada y los datos de las estaciones meteorológicas se elaboró un modelo de simulación hidrológica HEC-HMS (versión 3.1.0), con periodos de retorno de 2,10,100,500 y 1000 años. Finalmente se calculan los gastos y volúmenes de agua pluvial por subcuenca para tormentas con diferentes periodos de retorno. Una vez que se realizaron los cálculos hidrológicos por microcuenca y se cuenta con los levantamientos de campo, se comparan las capacidades de conducción de agua de las estructuras existentes con los caudales

máximos esperados para una tormenta con un periodo de retorno de 500 años, considerando que es el periodo para el cual deben diseñarse las estructuras pluviales en ciudades como lo es Chihuahua, según la normatividad de la Comisión Nacional del Agua.

2) PSMAP Estrategia: Con énfasis en la planeación correctiva para las zonas ya consolidadas de la ciudad y de planeación anticipada a los procesos de desarrollo urbano en las zonas de crecimiento, incorpora las estrategias para la realización de proyectos de índole correctivo para las zonas con más urgencia en la solución del desalojo de las aguas pluviales, e integra las propuestas de solución para las nuevas zonas de crecimiento, en ambos casos se han desarrollado los anteproyectos de las obras que deberán realizarse, el análisis de inversión por etapas de construcción, y el análisis de Beneficio – Costo por sector.

Los análisis de los escurrimientos se elaboraron con el modelo de simulación HEC-HMS, los cálculos de la sección hidráulica se obtienen mediante la aplicación de los modelos de simulación de canales de conducción de agua denominados HEC-RAS y FLOW MASTER. El esquema propuesto por el Plan Sectorial establece las acciones formales, los tiempos, las inversiones y la justificación de todas ellas en base a un proceso de análisis de Beneficio / Costo, de tal manera que los beneficios que se aporten se derramen sin distingo para toda la población. Propone la construcción de estructuras hidráulicas adicionales que retengan el agua al tiempo que permitan un tratamiento para eliminar los materiales extraños, faciliten la sedimentación de las partículas y para luego infiltrar el agua hacia el subsuelo.

3) PSMAP Normatividad: Se describen los criterios mediante los cuales se deben de regir las obras en materia de control y manejo de las aguas pluviales en la ciudad, así como medidas que deben ser tomadas en cuenta para llevar a cabo prácticas de infiltración de agua pluvial y lineamientos en materia de calidad de agua que deben ser observados para tal efecto.

4) PSMAP Programación: Se describen las propuestas de inversión para rehabilitación de la infraestructura hidráulica pluvial existente y construcción futura por cuencas o zonas. Se clasifican en obras para atención prioritaria, para corto y mediano plazo, obras de gran magnitud y obras de control de avenidas. El análisis de los costos y los beneficios indica en todo el periodo de proyecto que se cuenta con un saldo positivo por lo que se estima que las propuestas son viables

económicamente, sin embargo, la máxima utilidad de estas inversiones está en el beneficio social de minimizar los riesgos a la población, beneficio operativo y urbano.

En materia de Vulnerabilidad, en la tesis “Índice de Pérdida-Posesión para generación de mapas de riesgo ante inundaciones en zonas urbanas”, el Ing. Eduardo Hernández (Hernández, 2018) desarrolla una herramienta de apoyo para la etapa de planeación y gestión de acciones de mitigación de afectaciones por inundaciones, así como análisis de daños post desastre en recreaciones simuladas de eventos, lo que permita priorizar inversiones en cuanto a acciones de mitigación de afectaciones ante inundaciones en zonas con menor resiliencia social. Esta herramienta de identificación de la variación de afectaciones entre diversos niveles socioeconómicos toma como caso de estudio la ciudad de Chihuahua.

Este estudio concluye que la simulación computacional de inundaciones ha alcanzado un nivel de certidumbre aceptable, mientras que la estimación de costos de bienes y daños a los mismos ante inundaciones aún requiere mejorar su precisión. Recomienda que es adecuado considerar el uso de suelo futuro de la zona de estudio utilizando mapas de riesgo ante inundaciones como herramienta de planeación. Finalmente determina que el Índice Pérdida-Posesión (IPP) como complemento del Daño Anual Esperado por Inundación (DAE) resulta en un Índice Pérdida-Posesión Anual Esperado (IPPAE) que ayuda a priorizar acciones de mitigación de afectaciones por inundaciones mejor alineadas a la teoría económica del bienestar. Este Índice permite la generación de mapas de riesgo que facilitan identificar las zonas de mayores afectaciones reales por inundaciones, infiriendo a partir de datos socioeconómicos y un análisis hidrológico-hidráulico, las afectaciones intangibles y la capacidad de recuperación de los afectados.

Finalmente, el Informe Técnico del “Estudio que sirva como herramienta base para la elaboración del Plan Municipal Hídrico de Largo Plazo” en su apartado de “Integración del análisis del drenaje pluvial” (Sánchez, 2024, marzo.), desarrolla un análisis de gastos máximos y funcionamiento hidráulico de arroyos y canales, determinando peligro por desbordamiento del cauce o canal y por contar con velocidad alta, superior a la máxima permisible (considerando 41 puntos de análisis en los que se incluye mínimo un punto de análisis por cada uno de los 26 arroyos y 2 ríos del análisis superficial) y un análisis de los drenajes pluviales existentes.

El primer análisis concluye que el arroyo El Saucito presenta desbordamiento y velocidades superiores a las máximas permisibles desde el periodo de retorno de 2 años, el Arroyo Concordia 1 presenta desbordamientos desde el periodo de retorno de 2 años y velocidad superior a la máxima permisible desde el periodo de retorno de 5 años, el Arroyo Mimbre Sur presenta desbordamiento desde el periodo de retorno de 5 años y velocidad superior a la máxima permisible desde el periodo de retorno de 2 años, y el Arroyo San Rafael presenta desbordamientos desde el periodo de retorno de 20 años y velocidad superior a la máxima permisible desde el periodo de retorno de 2 años.

Por su parte el segundo análisis concluye que se encontraron 514.3 km de escurrimientos, de los cuales 62.33 km (12.12%) discurren sobre vialidades en al menos 310 ubicaciones o cruces, representando un peligro de inundaciones directas. Asimismo, 323.92 km (62.98%) fluyen en sección natural sin revestimiento, por lo que, si bien algunos de los escurrimientos de mayor importancia se encuentran canalizados, algunos escurrimientos principales y la mayoría de los secundarios aun fluyen en sección natural o por vialidades. Por otro lado, y de manera generalizada, se identificó la problemática de la variación en tipos de revestimiento a lo largo de muchos cauces, lo que genera escenarios de peligro focalizados sobre las vialidades.

El cambio de uso de suelo generado por la urbanización, en el que se cambia una superficie natural permeable a una superficie impermeable, genera un cambio en el régimen hidrológico de la cuenca, aumentando el coeficiente de escurrimiento, el volumen de escurrimiento, el caudal máximo de escurrimiento y el tiempo en que éste se presenta. De acuerdo con esto, y respecto a las alteraciones hidrológicas en ríos y arroyos, el estudio concluye que la urbanización paulatina de las cuencas del municipio de Chihuahua ha llevado a que las antiguas obras de manejo de aguas de lluvia hayan quedado sub-dimensionadas. Entre las cuencas analizadas, destacan casos como las cuencas de los arroyos Magallanes, Saucito 2, San Rafael, Concordia 2, La Canoa y La Manteca, las cuales tienen toda su cuenca urbanizada. Asimismo, los arroyos Los Arcos, Galera Norte y Sur, y Plaza de Toros cuentan con más del 90% de su cuenca urbanizada, prácticamente en su totalidad. También son significativos los casos de los arroyos Saucito 1, Las Malvinas y El Barro, que tienen más del 85% de sus cuencas urbanizadas. En cuanto a la urbanización de las cuencas de las presas, se destaca como la mayor problemática el sub-dimensionamiento que esto genera en las obras de excedencia, principalmente en la Presa Rejón.

En relación con las “zonas críticas de inundación” el mencionado Informe Técnico concluye que se consideran en esta categoría las zonas en las que se identifican escurrimientos principales o secundarios sobre vialidades, además de las zonas identificadas en los Atlas de Riesgos el Municipio de Chihuahua en los años 2014 y 2022, así como las identificadas en el estudio sobre inundaciones en la zona norte de la ciudad. De las diversas fuentes hay coincidencias en la identificación de zonas más vulnerables a inundaciones en el arroyo Saucito, arroyos Galera Sur, Galera Norte, Los Arcos y la parte baja del arroyo Plaza de Toros.

2.5.2. Fenómeno Antropogénico

Agente perturbador producido por la actividad humana.

> Químico-tecnológicos: Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012)

Este estudio comprende los siguientes fenómenos destructivos relacionados con la identificación de las instalaciones de gasolineras y gaseras, lo que corresponde a la etapa I del procedimiento para la elaboración de mapas de peligro.

Incendio. Se define como la ignición no controlada de materiales inflamables y explosivos, debido al uso inadecuado de sustancias combustibles, fallas en instalaciones eléctricas defectuosas y al inadecuado almacenamiento y traslado de sustancias peligrosas. El fuego es una reacción química entre tres elementos: oxígeno, combustible y calor, que al hacer combustión, despiden luz, humo y gases, al estar fuera de control, se transforma en un elemento peligroso con efectos destructivos y en ocasiones hasta letales para los seres vivos (Protección Civil PJCDMX, 2019).

Los incendios se clasifican, de acuerdo con el lugar donde se presentan en: Incendios industriales, ocurren principalmente por fallas en los equipos de calentamiento, fallas mecánicas del equipo industrial, calor generado por lo equipos motorizados y chispas generadas por equipo o herramienta; Incendios urbanos, ocurren por fallas en las instalaciones eléctricas de los edificios, almacenamiento de gas, sustancias químicas, grasa en la cocina y generados intencionalmente, en viviendas, comercios, hospitales, oficinas, escuelas, etc.; e Incendios forestales, que pueden ser incendios superficiales, es el de mayor incidencia en el territorio

nacional, incendios de copa o aéreos, e incendios subterráneos. El fuego se clasifica de acuerdo con el combustible del que proviene y a su comportamiento, según la NOM-002-STPS-2010, en Clase A) Se presenta en material combustible sólido, Clase B) Se presenta en líquidos combustibles e inflamables y gases inflamables, Clase C) Involucra aparatos, equipos e instalaciones eléctricas energizadas, Clase D) Intervienen metales combustibles, Clase K) Se presenta en aparatos de cocina generados por aceites vegetales, grasas, cochambre, etc.

El fuego se clasifica por su comportamiento en: Fuego repentino (Flash Fire), ocurre cuando una nube de vapor, formada por una fuga, es encendida sin la creación de una sobrepresión significativa; Bola de fuego (Fire Ball), es una ignición espontánea de una nube de vapor sin tener suficiente energía para explotar, produciendo una bola de fuego; Piscina de fuego (Pool Fire) cuando un líquido inflamable se derrama sobre el suelo y es encendido; y Dardo de fuego (Jet Fire) producido por la combustión de un gas inflamable procedente de un tubo u otro orificio, formándose en el punto de salida un dardo de fuego (USAID, PREPARE, MIYAMOTO, 2021).

Explosión. Se define como la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o por la reacción química de ciertas sustancias. También puede definirse como la liberación de energía que causa una discontinuidad en la presión u onda de choque (CENAPRED, 2006). Los principales lugares con potencial de riesgo de explosión son fabricas químicas, instalaciones de depósitos, refinerías, plantas depuradoras, aeropuertos, centrales energéticas, fábricas de pintura, plantas de pintura, instalaciones portuarias, gasoductos, plantas de almacenamiento y distribución de gas y estaciones de servicio gasolinero.

Las explosiones se clasifican de acuerdo con la velocidad con la que se libera la energía en: Deflagración, es una explosión donde la velocidad de combustión es progresiva, por ejemplo, los incendios; y Detonación, es una explosión donde la velocidad de combustión es muy rápida, generalmente ocasionadas por productos químicos. Las explosiones se clasifican por las sustancias químicas en: Explosiones de nube de vapor, son resultado de un escape rápido de una gran cantidad de gas, vapores, aerosoles formando una nube de características inflamables; BLAVE (por sus siglas en inglés Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) o Expansión explosiva de vapor de un líquido, se origina cuando el recipiente que lo contiene tiene ruptura liberando el gas y tiene un choque con algún agente o incendio externo saliendo a la superficie como una bola

de fuego; y Explosiones de sólidos y líquidos, éstas no solo se pueden generar por gases o vapores, también pueden ocasionarse por sustancias sólidas, como la pólvora o líquidas como la nitroglicerina. Estas sustancias se utilizan comúnmente en las minas, en la creación de pirotecnia y en la industria de la construcción (USAID, PREPARE, MIYAMOTO, 2021).

Derrame y fuga tóxica. Se define como el escape de cualquier sustancia líquida, sólida o la mezcla de ambas, de cualquier recipiente o conducto que la contenga como son: tuberías, equipos, tanques de almacenamiento, autotanques, carrotanques, etcétera. Las fugas y/o derrames de materiales y sustancias peligrosas constituyen una de las principales causas de la contaminación del suelo. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) señala que el mayor número de emergencias ambientales ocurren en vías terrestres. La fuga o derrame de sustancias ocupa un alto porcentaje; principalmente ocurren en ductos, aunque en las carreteras también se genera un gran número de emergencias ambientales. Este gran número de accidentes trae consigo impactos negativos principalmente al suelo, debido a que es el primer receptor del contaminante. Las emergencias ambientales son causadas principalmente por fallas humanas ocasionando volcaduras y choques, derramando algún tipo de sustancia (principalmente hidrocarburos) en el suelo. Con ello pueden desencadenar daños a la flora y fauna, agua, aire e incluso la salud (CENAPRED, 2006).

Radiaciones. Es cuando el núcleo y átomos no son estables, por lo tanto, existe una inestabilidad que requiere que el núcleo se arregle por medio de su desintegración y, para lograrlo, requiere de la emisión de energía en forma de radiación (USAID, PREPARE, MIYAMOTO, 2021).

Los accidentes mayores relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas se presentan con poca frecuencia; sin embargo, el costo social, ambiental y económico es elevado. La principal herramienta para combatir estos accidentes es la prevención y el primer paso es la adecuada identificación de los peligros asociados al almacenamiento, transporte y distribución de las sustancias y materiales peligrosos (CENAPRED, 2006). La CNPC cuenta con las “Misiones ECO”, equipos para el enlace y coordinación con las entidades federativas para atender este tipo de fenómenos. Para difundir los principales aspectos técnicos relacionados con las sustancias químicas, su manejo, almacenamiento, transporte y atención de emergencias se publica la “Guía Práctica sobre Riesgos Químicos” (CENAPRED, 2006).

La actividad productiva en las diferentes instalaciones industriales generalmente implica el manejo y almacenamiento de sustancias químicas, así como su transporte por las vías de comunicación o mediante tuberías. Muchas de estas sustancias son peligrosas debido a sus propiedades de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, reactividad y corrosividad. Dichas sustancias son clasificadas como peligrosas por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social para los centros de trabajo de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000 *Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas*, por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de acuerdo al *Reglamento para el Transporte Terrestre de Sustancias y Materiales Peligrosos* y la NOM-002-SCT-2003 *Listado de sustancias y materiales más usualmente transportados*; y por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de acuerdo al *Primero y segundo listados de actividades altamente riesgosas,* (28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992); y en el caso de los residuos peligrosos la NOM-052-ECOL-1993 *Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente*.

El uso de gasolina, diésel, gas natural, y gas licuado de petróleo se ha incrementado en los últimos años. Hasta hace poco tiempo el uso de estos combustibles se había limitado a aplicaciones domésticas e industriales, pero con el desarrollo y crecimiento de instalaciones en sitios de producción, la construcción de nuevas redes de tuberías de distribución y la diversificación en su uso, el riesgo asociado con estos materiales obliga a mejorar las medidas de seguridad existentes. El riesgo se ha visto incrementado en los últimos años debido a la ubicación de zonas habitacionales en áreas que, en inicio de las operaciones de muchas empresas, se encontraban totalmente deshabitadas y que funcionaban como “cinturones de seguridad” en caso de que se presentara algún accidente. Para este tipo de sustancias el daño ocasionado puede ser difícil de cuantificar, ya que los efectos observados varían en función de la concentración, tiempo y forma de exposición, así como de la toxicidad específica. La gravedad de los daños ocasionados por un incidente depende en gran medida del tipo de instalación y cantidad involucrada, así como de las condiciones atmosféricas imperantes (CENAPRED, 2001).

De acuerdo con la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos para Fenómenos Químicos (2006), los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundación, erupción volcánica, etc.), fallas operativas en los

procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas. En el manejo y transporte de sustancias químicas pueden presentarse como consecuencia de un accidente, los siguientes eventos: Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas; Liberación de líquidos o sólidos peligrosos; Incendios o explosiones. De manera general los accidentes pueden provocar daños al ambiente, a las propiedades y a la salud de los trabajadores o a las personas que habitan en los alrededores de las industrias, de las vías de comunicación o de los ductos. El peligro que una sustancia puede representar para una localidad depende no solo de las propiedades de esta, sino también del volumen o cantidad presente y de su ubicación.

Sobre lo que ocurre en México en cuanto a las emergencias químicas es importante conocer algunos antecedentes, uno de ellos fue el 1 de julio de 1972 en Chihuahua, México por una explosión en el transporte ferroviario de Butano, donde hubo más de 8 muertos y 800 lesionados (CENAPRED, 2001). Otro evento de los más relevantes fue en 1984 la explosión de gas LP en San Juanico, San Juan Ixhuatepec, estado de México, donde hubo una serie de explosiones en una planta de almacenamiento y distribución de gas licuado propiedad de petróleos mexicanos PEMEX, lo que generó una nube que fue visible más de 70 km de distancia, afectó un radio de 2 km, causó entre 500 y 600 muertos, más de 2000 lesionados y destruyó decenas de casas habitación. Fue una de las explosiones más grandes en el mundo de vapores que se expanden al hervir el líquido, conocidas como BLAVE. A partir de éste y otros incidentes internacionales graves se generó la promulgación de leyes para prevención, así como organismos internacionales especializados para promover la gestión racional de las sustancias peligrosas y reducir las emergencias químicas y sus impactos adversos. En 1991 hubo una explosión en las formuladora de plaguicidas “Anaversa”, en Córdoba Veracruz, donde la Comisión Nacional de Derechos Humanos reconoció que se habían violado varios derechos constitucionales y emitió una recomendación para que los entonces Secretarios de Salud y de Desarrollo Urbano y Ecología investigaran la causa de la validez de la licencia, repararan los daños, y establecerán vigilancia epidemiológica de larga duración de los expuestos, recomendación que nunca se cumplió. En 1992 ocurrió una explosión de gasolina en el drenaje de Guadalajara, lo que conllevó a la renuncia del gobernador del estado, se estimaron más de 206 muertos y más de 1500 lesionados, así como 6500 evacuados. Lamentablemente hasta el momento, la frecuencia con que ocurren emergencias químicas en México y la gravedad de sus consecuencias, no han logrado que se realice una evaluación detallada que permita conocer y cuantificar el daño, y se

carecen de mecanismos eficaces para prevenir que estas emergencias ocurran y de una preparación adecuada para enfrentarlas (Albert & Jacott, 2015).

Es interesante analizar esfuerzos como el caso de la industria química de Coatzacoalcos, Veracruz, México, donde se implementa un esquema de reducción de riesgos de desastres, asociados a la actividad petroquímica en un contexto de descentralización de la gestión de riesgos, por medio de asociaciones público-privadas. La funcionalidad de estas asociaciones se basa en formas de confianza y colaboración que no tienen como base los principios del marco normativo establecido por el Estado y los acuerdos internacionales en la materia. Los complejos petroquímicos en el municipio con un conjunto de 28 empresas, incluyendo varias ramas de Pemex, la CFE y otras 20 compañías energéticas privadas, han formado un conjunto de empresas conectadas que no sólo colaboran, sino que también compiten entre sí. Un ejemplo de esto, son con los Comités Locales de Ayuda Mutua (CLAM), Son asociaciones de compañías privadas e instaladas en la misma zona geográfica, en particular, pero no exclusivamente, en la rama de la industria química, y está enfocada en entrenamiento, equipo, simulacros y evacuación. Los CLAM (la mayoría de ellas bajo la figura legal de asociación civil y registradas por las autoridades locales como terceros acreditados de protección civil) surgen como una de las alternativas posibles que las empresas tienen con el fin de compartir costos para implementar sistemas de emergencia y adquirir conocimientos técnicos para enfrentarse a riesgos químicos. Se busca rebasar la brecha entre las políticas de protección civil, la gobernanza de los riesgos tecnológicos y la planeación urbana, y el resultado de la colaboración ha generado beneficios a través de redes personales para crear un ambiente de colaboración institucional en torno a las labores de protección civil y gestión de riesgos (Ruiz, 2017).

Se considera que un establecimiento realiza una actividad altamente riesgosa cuando maneja cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el primer listado de Actividades Altamente Riesgosas (Secretaría de Gobernación, 1990) y/o segundo listado de Actividades Altamente Riesgosas (Secretaría de Gobernación, 1992), publicados en el Diario Oficial de la Federación del 28/03/1990 y 04/05/1992 respectivamente. Y en este caso se debe presentar el trámite SEMARNAT-07-008: presentación del estudio de riesgo para empresas que realicen actividades altamente riesgos (SEMARNAT, 2016).

El Informe Técnico de “Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México” (CENAPRED, 2003) identifica las sustancias químicas más peligrosas que se almacenan en grandes volúmenes en instalaciones industriales, con el objetivo de determinar posibles peligros a la población circundante debido a la ocurrencia de un accidente ya sea fuga, derrame, incendio o explosión que involucre alguna de estas sustancias peligrosas. Se identifica en el municipio de Chihuahua las siguientes sustancias químicas peligrosas almacenadas, así como su cantidad de almacenamiento:

Sustancia	**Toneladas**
Gasolina	32,992.5
Diesel	28,767.2
Amoniaco	11,173.5
Combustóleo	4,273.5
Gasóleo	4,128.0
Gas LP	1,029.0
Ácido sulfúrico	83.0
Hidróxido de sodio	68.8
Thinner	8.1

Tabla 2 Sustancias químicas peligrosas almacenadas en el municipio de Chihuahua (CENAPRED, 2003).

El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (2022) menciona sobre el “Almacenamiento de sustancias peligrosas”: la peligrosidad de un almacenamiento se determina a partir de la peligrosidad de cada uno de los productos o sustancias almacenadas y de la cantidad que se almacena de cada una de ellas, así como de la compatibilidad de almacenamiento de las distintas sustancias peligrosas para evitar reacciones peligrosas entre sí. Para determinar la peligrosidad del almacenamiento, lo primero que se debe hacer es identificar el producto almacenado. Para ello, se debe disponer de la Ficha de Seguridad (FDS) y conocer la cantidad de sustancia peligrosa almacenada (Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua, 2022).

El Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua (2022) identifica los siguientes fenómenos químico-tecnológicos con un grado de peligrosidad o amenaza Medio, en base a tasas de retorno: Almacenamiento de sustancias peligrosas y Transporte por ductos. Ante esto, el estudio únicamente recomienda que la autoridad municipal cuente con la información oportuna sobre el

almacenamiento de sustancias peligrosas. El mismo estudio considera los Incendios Urbanos y Forestales con un grado de peligrosidad o amenaza Muy Alto.

En esta categoría de riesgos CENAPRED publica un Informe Técnico “Practicas apropiadas para disminuir los riesgos ambientales por el manejo de gasolina en estaciones de servicio” donde se analizan los accidentes ocurridos con combustibles automotrices para establecer las zonas geográficas de la República Mexicana más expuestas a las características de los compuestos químicos, constituyentes de la gasolina que presentan mayor peligrosidad para el ambiente y la salud pública, y con la finalidad de proporcionar opciones técnicas y tecnológicas para la reducción de riesgos (CENAPRED, 2001).

De acuerdo con la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua (LAHOTDUECH) (2021), en el art. 217 y 218, a las estaciones de servicio denominadas gasolineras, en las que se expanda gasolina o diésel, se les requisita la obtención de una licencia de Uso de Suelo, además de cumplir con la legislación federal. Con el objeto de planear, organizar, controlar, vigilar y regular ordenadamente la utilización del suelo en los centros de población, así como prevenir los riesgos a la población y garantizar la seguridad del entorno urbano. Para el cumplimiento de esta Ley se deberán reunir los siguientes requisitos:

I. Los predios deberán estar localizados sobre accesos a carreteras, autopistas, libramientos, vías primarias o principales, colectoras, y ser compatibles con el instrumento de planeación de que se trate.
II. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 30 metros radiales respecto de cualquier inmueble de tipo habitacional.
III. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 200 metros radiales de lugares de concentración de personas, tales como escuelas, hospitales, guarderías, estadios, mercados, cines, teatros, templos, auditorios, entre otros.
IV. Los predios se ubicarán a una distancia radial mínima de 1,200 metros, respecto de otra gasolinera, en las que se expenda gasolina o diésel.
V. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 150 metros radiales respecto de plantas de almacenamiento de gas licuado de petróleo y de aquellos centros de despacho a sistemas de carburación automotor e industrias de alto riesgo que empleen productos químicos, soldadura, fundición, fuego, entre otros, así como

del comercio que emplee gas con sistema estacionario con capacidad de almacenamiento de 500 litros o más.

VI. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 30 metros radiales respecto de líneas eléctricas de alta tensión, de los ejes de las vías férreas, así como de los ductos que transporten cualquier derivado del petróleo, incluyendo, entre otros, los ramales, ductos y/o tubería por medio de los cuales se transporta el gas natural.

Esta Ley menciona que el municipio establece en su reglamento e instrumentos de planeación correspondientes, las bases, parámetros y distancias mínimas respecto de elementos externos, a las que se sujetará el otorgamiento de licencias de uso de suelo para estos establecimientos, tomando en cuenta como mínimo, lo establecido por el presente artículo.

El Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua (H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2024), establece en su capítulo noveno lo correspondiente a la construcción y operación de estaciones de servicio de combustibles líquido o gasificado para el Municipio de Chihuahua, aparte de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables y vigentes. En aspectos de riesgo, se menciona la obligación de la estación de servicio de contar con una póliza de seguro vigente, como garantía para daños parciales y totales a terceros o a sus bienes, de contar con un plan de contingencias, las condiciones de riesgo del propio predio, y define las características de las vialidades que den acceso al predio, mencionando que no deberán causar impactos negativos en ellas.

Este reglamento considera las siguientes definiciones:

I. Estación de servicio: Establecimiento destinado para la venta de gasolina, diésel o gas al público en general, suministrándolos de manera directa de depósitos pertenecientes a la propia estación a los tanques confinados a los vehículos automotores, así como aceites, grasas y lubricantes;

II. Gasolinera: Estación de servicio donde se almacena o expende combustible líquido derivado del petróleo para uso automotriz, y

III. Estación de servicio de gas carburación: Son los lugares donde se almacena y expende gas, combustible derivado del petróleo para uso automotriz.

En el artículo 250 del mismo Reglamento, se definen los lineamientos que deben observar los predios en los que se pretendan ubicar estaciones de servicio, y se señala entre paréntesis las nuevas aportaciones o diferencias con respecto a la Ley LAHOTDUECH (2021):

I. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 30.00 metros radiales respecto de líneas eléctricas de alta tensión, de los ejes de vías férreas, así como de los ductos que transporten cualquier derivado del petróleo;

II. Los predios para el estacionamiento de estaciones de servicio de las denominadas gasolineras, en las que se expenda gasolina o diésel, deberán estar localizados sobre los accesos a carreteras, autopistas, libramientos, vías primarias o principales, colectoras, así como en aquellos predios cuya ubicación sea compatible y conforme al uso de suelo establecido por el Plan;

III. Las estaciones de servicio de las denominadas gasolineras, en las que se expenda gasolina o diésel, cumplirán con las disposiciones en materia de protección civil, ambiental, de seguridad industrial y demás normas aplicables, y se ubicarán a una distancia radial mínima que será de entre 1,200 metros y 1,700 metros, una respecto de la otra, atendiendo a las condiciones de los índices de riesgo y de contaminación que determinen los reglamentos aplicables *(este numeral señala un rango más amplio de la distancia radial mínima, señalada en LAHOTDUECH de 1,200 metros);*

IV. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 300 metros radiales de lugares de concentración de personas, tales como escuelas, hospitales, guarderías o centros de cuidado de infantes *(este numeral amplía la distancia radial mínima, señalada en LAHOTDUECH de 200 metros radiales);*

V. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 150 metros radiales de mercados, cines, teatros, templos, auditorios o cualquier otro sitio en el que, dada su naturaleza, puedan concentrarse 100 o más personas en forma habitual o esporádica *(este numeral disminuye la distancia radial mínima señalada en LAHOTDUECH de 200 metros radiales de lugares de concentración de personas);*

VI. El predio deberá ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 150 metros radiales respecto de plantas de almacenamiento de gas licuado de petróleo y de aquellos centros de despacho a sistemas de carburación automotor e industrias de alto riesgo que empleen productos químicos, soldadura, fundición, fuego, ente otros, así como del comercio que empleé gas con sistema estacionario, con capacidad de almacenamiento de 500 litros o más;

VII. Las bombas expendedoras de gasolina o diésel y sus tanques de almacenamiento deberán quedar a una distancia mínima de 30.00 metros radiales de viviendas, *(este numeral cambia el objeto de estudio, del predio señalada en LAHOTDUECH, a la ubicación de las bombas y tanques de almacenamiento);*

En cuanto a las Normas dirigidas a la actividad del "Comercio al por menor de combustibles" se describen las siguientes y enseguida se menciona las restricciones urbanas de seguridad y distancias mínimas:

- NOM-005-ASEA-2016 para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de: Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.
- NOM-EM-001-ASEA-2015, Diseño, construcción, mantenimiento y operación de estaciones de servicio de fin específico y de estaciones asociadas a la actividad de Expendio en su modalidad de Estación de Servicio para Autoconsumo, para diésel y gasolina.
- NOM-001-SESH-2014 plantas de distribución de gas L.P.
- NOM-008-ASEA-2019 Estaciones de servicio con fin específico para el expendio al público de gas licuado de petróleo, por medio del llenado parcial o total de recipientes portátiles.
- NOM-012-ASEA-2021, Estaciones de servicio con fin específico para expendio al público y autoconsumo de gas licuado de petróleo para vehículos automotores.

Por su parte la NOM-005-ASEA-2016 **Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas** (Secretaría de Gobernación, 2016) especifica en su punto 6 Construcción: las distancias de seguridad a elementos externos. En sus restricciones indica: El área de despacho de combustibles se debe ubicar a una distancia de 15.0 m medidos a partir del eje vertical del dispensario con respecto a los lugares de concentración pública, así como del Sistema de Transporte Colectivo o cualquier otro sistema de transporte electrificado en cualquier parte del territorio nacional; Ubicar el predio a una distancia de 100.0 m con respecto a Plantas de Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado de Petróleo, tomar como referencia la tangente del tanque de almacenamiento más cercano localizado dentro de la planta de gas, al límite del predio propuesto para la Estación de Servicio; Ubicar los tanques de almacenamiento de la Estación de Servicio a una distancia de 30.0 m con respecto a antenas de radiodifusión o radiocomunicación, antenas

repetidoras, líneas de alta tensión, vías férreas, ductos que transportan productos derivados del Petróleo, e Instalaciones de Estaciones de Servicio de Carburación de Gas Licuado de Petróleo.

Por su parte la NOM-EM-001-ASEA-2015, **Diseño, construcción, mantenimiento y operación de estaciones de servicio de fin específico y de estaciones asociadas a la actividad de Expendio en su modalidad de Estación de Servicio para Autoconsumo, para diésel y gasolina** (Secretaría de Gobernación, 2015), especifica en su punto 5 Diseño y construcción: Las Estaciones de Servicio de fin específico, se clasifican en: Servicio de Carretera, de Marina, Rural y Urbana. Cualquier Estación de Servicio, que se planee construir o se construya a una distancia menor de 100 metros de los límites del predio de otra instalación similar o instalación que debido a los inventarios y los materiales (materia prima, materia en proceso, producto terminado) que maneja sea de mayor riesgo, debe atender en su análisis de riesgo y manifiesto de impacto ambiental, los escenarios de riesgo y las consecuencias probables de impacto sinérgico incluyendo, en la(s) evaluación(es), los inventarios globales de la(s) otra(s) instalación(es).

Sobre las restricciones a los predios, el área de despacho de combustibles se debe ubicar a una distancia de 15.0 metros medidos a partir del eje vertical del dispensario con respecto a los lugares de reunión pública. Localizar el predio a una distancia de 100.0 metros con respecto a Plantas de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P., tomando como referencia la ubicación de los tanques de almacenamiento localizados dentro de las plantas de gas al límite del predio propuesto para la Estación de Servicio. Localizar el predio a una distancia de 30.0 metros con respecto a antenas de radiodifusión o radiocomunicación, antenas repetidoras, líneas de alta tensión, vías férreas y ductos que transportan productos derivados del petróleo; dicha distancia se debe medir tomando como referencia los límites del predio de la Estación de Servicio a los elementos de restricción señalados. Localizar el predio a una distancia de 30.0 metros con respecto a Estaciones de Servicio de Carburación de Gas L.P., tomando como referencia los límites del predio de la Estación de Servicio.

Por su parte la NOM-001-SESH-2014, **plantas de distribución de gas LP. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación** (Secretaría de Gobernación, 2014). En las plantas de distribución de Gas L.P. se recibe el hidrocarburo por la línea de recepción. Especifica en su punto 4 de Especificaciones de Diseño y Construcción: que en el predio donde se pretenda construir una planta de distribución no deben existir líneas eléctricas con tensión

mayor a 4000 V, ajenas a la planta de distribución, que crucen en el predio de esta. La distancia mínima entre elementos externos a la planta de distribución y la tangente de sus recipientes de almacenamiento debe ser de 100 m para almacenes de combustible externos, almacenes de explosivos, casa habitación, escuela, hospital, iglesia, y lugar de reunión. En zonas urbanas, el perímetro de la planta de distribución debe estar delimitado, en su totalidad, por bardas ciegas, de tabique, block, concreto o mampostería, con una altura mínima de 3 m sobre el NPT.

Por su parte la NOM-008-ASEA-2019, **Estaciones de servicio con fin específico para el expendio al público de gas licuado de petróleo, por medio del llenado parcial o total de recipientes portátiles** (Secretaría de Gobernación, 2019), especifica en su punto 5 Diseño: que en el predio donde se pretenda construir la Estación de Servicio con Fin Específico no deben existir líneas eléctricas con tensión mayor a 4000 V, ajenas a la planta de distribución, que crucen en el predio de la misma. Entre la tangente de los Recipientes de almacenamiento de una Estación de Servicio con Fin Específico y los centros hospitalarios, unidades deportivas, lugares de concentración pública, edificaciones o inmuebles con concurrencia de personas, y a una Unidad Habitacional Multifamiliar debe haber una distancia mínima de 30.00 m. En su punto 6 Construcción: que el área de almacenamiento debe estar delimitada con malla ciclón, con una altura mínima de 1.80 m sobre el NPT. Cuando alguno de los lados del predio de la Estación de Servicio con Fin Específico colinde con construcciones, debe estar delimitada por bardas ciegas de mampostería con una altura mínima de 3.00 m sobre el NPT.

Por su parte la NOM-012-ASEA-2021, **Estaciones de servicio con fin específico para expendio al público y autoconsumo de gas licuado de petróleo para vehículos automotores** (cancela y sustituye a la NOM-003-SEDG-2004, estaciones de gas L.P. para carburación. Diseño y Construcción) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021), especifica en su punto 5 de Diseño, 5.2. Clasificación de las Estaciones de Servicio, que para los fines de aplicación e interpretación de la presente Norma Oficial Mexicana, las Estaciones de Servicio se clasifican en:

Estación de Servicio tipo 1. Son aquellas Estaciones de Servicio que cuentan con Recipientes de almacenamiento y que por su capacidad de almacenamiento total se clasifican en:

Subtipo A) Con capacidad de almacenamiento hasta 15 000 L de agua;

Subtipo B) Con capacidad de almacenamiento superior a 15 000 L de agua y hasta 25 000 L de agua, y

Subtipo C) Con capacidad de almacenamiento superior a 25 000 L de agua.

Las Estaciones de Servicio Tipo 1 para Expendio al Público podrán, a través de un Punto de interconexión, compartir el uso de sus Recipientes de almacenamiento con las Estaciones de Servicio con fin Específico para el Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo, por medio del llenado parcial o total de Recipientes Portátiles a presión.

Estación de Servicio tipo 2. Son aquellas Estaciones de Servicio que, a través de un Punto de interconexión, reciben Gas Licuado de Petróleo desde los Recipientes de almacenamiento de una Planta de Distribución o de los Recipientes de almacenamiento de una Estación de Servicio con fin Específico para el Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo, por medio del llenado parcial o total de Recipientes Portátiles a presión.

Especifica en su punto 5.3 Proyecto Civil que en el predio donde se pretenda construir una Estación de Servicio no deben existir líneas eléctricas con tensión mayor a 4000 V, ya sean aéreas o por ductos bajo tierra, ni tuberías de conducción de hidrocarburos ajenas a la Estación de Servicio que crucen el predio. Entre la tangente de los Recipientes de almacenamiento de una Estación de Servicio y los límites de propiedad de Unidades Habitacionales Multifamiliares, Lugares de concentración pública, Estaciones de Servicio con Fin Específico, Estaciones de Servicio Multimodal o Instalaciones para el Expendio simultáneo de Petrolíferos y/o Gas Natural, debe haber como mínimo una distancia de 30.00 m. El perímetro de la Estación de Servicio que colinde con terrenos que presenten construcciones debe estar delimitada por bardas o muros ciegos de material incombustible con una altura mínima de 3.00 m sobre el NPT. Cuando la Estación de Servicio colinde con alguna Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo, debe quedar separada de ésta por medio de malla ciclón o barda de block o ladrillo, con altura no menor a 1.80 m sobre el NPT.

En relación con el Gas LP, CENAPRED publica un Informe Técnico sobre la “Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas” (CENAPRED, 2001). Como resultado de varios años de sistematizar información sobre accidentes, se ha encontrado que después del aceite crudo de petróleo, el gas LP es la sustancia que más frecuentemente se encuentra relacionada en accidentes en fuentes fijas. La simulación numérica permite estimar las áreas que pueden sufrir afectaciones y establecer anticipadamente medidas de prevención y protección, especialmente orientadas hacia la población y al entorno natural del sitio. Existen distintos métodos para identificar los riesgos presentes en las instalaciones industriales. Entre ellos se

encuentra el “análisis de riesgo”, el cual forma parte de un plan de respuesta a emergencias en donde se manejan materiales peligrosos. El “análisis de riesgo” es una evaluación de la probabilidad de una liberación accidental de materiales peligrosos, así como la determinación de las consecuencias que podrían resultar de dicho escape (FEMA, Emergency Management Institute, 2024).

Este documento “Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas” (CENAPRED, 2001), desarrolla en los antecedentes las características del gas L.P. y su manejo y distribución en México, siendo Chihuahua el segundo lugar nacional en demanda con un 9%; se desglosa la normatividad vigente y legislación aplicable, con un análisis de las distancias mínimas entre construcciones habitacionales e instalaciones que manejan derivados del petróleo; un apartado del riesgo originado por el manejo de gas LP, con un histórico de los accidentes industriales que involucran algunos derivados del petróleo de 1970 al 2000; un apartado de evaluación del riesgo en instalaciones industriales, donde se define el análisis de probabilidad de riesgos, la evaluación de las pérdidas causadas por los accidentes, el modelo de análisis de riesgo industrial, el estudio de riesgo y operabilidad (HAZOP), Índice Dow (Dow Chemical Company´s Fire and Explosion Index), Índice Mond, Árbol de fallas, Análisis ¿Qué pasa si…? (What If), Manejo del Riesgo, y el Proceso APELL proceso de respuesta a accidentes tecnológicos; un apartado de elementos de riesgo en la industria de gas LP, con datos de producción, distribución, y acciones de prevención contra accidentes; y un apartado final sobre la determinación de zonas de vulnerabilidad, modelo de dispersión de una nube tóxica, formación de nubes inflamables y nubes explosivas, incendios, Flash Fire, explosión de vapor expandido por líquido en ebullición BLAVE y bola de fuego FIREBALL, y sobre la evaluación de los modelos.

En relación con el giro del DENUE del Comercio al por menor de estaciones de gas natural vehicular (468414), dichas instalaciones no se contemplan en el presente estudio, por no haber identificado unidades de este tipo en el Centro de Población de la ciudad de Chihuahua a la fecha. Habiendo para ellas normativas como las siguientes: NOM-010-ASEA-2016 Gas Natural Comprimido, GNC. Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores (Secretaría de Gobernación, 2017); y NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio (Secretaría de Energía, 2002).

Previo a la construcción de la obra de una gasolinera se debe contar con los permisos y autorizaciones regulatorias requeridas por la normatividad y legislación local y/o federal, incluyendo el manifiesto de impacto ambiental y los diferentes niveles de análisis de riesgo que sean aplicables. Para efectos de la ubicación de las Estaciones de Servicio, deberán considerarse los elementos de restricción señalados en las normativas correspondientes, aplicable tanto en el predio de la Estación de Servicio como a las instalaciones donde se ubique la Estación de Servicio. En cuanto a las restricciones se observará lo indicado en el “Programa Simplificado para el Establecimiento de nuevas Estaciones de Servicio” (Secretaría de Gobernación, 1994), en las disposiciones oficiales, o en lo descrito en la misma normativa.

En el municipio de Chihuahua se desarrolla el siguiente proceso de autorizaciones para el caso del establecimiento de una Gasolinera o Estación se Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas:

1. Se solicita ante la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología (DDUE) una Constancia de Factibilidad de Zonificación, que se emite en base al Plan Director Urbano 2040.
2. Se solicitan registros y la autorización de la Licencia de Funcionamiento (Autorización de la Licencia de Funcionamiento para Estaciones de servicio de expendio al público de petrolíferos, gasolina y/o diésel, gas licuado de petróleo, gas natural y de expendio al público simultáneo, incluyendo a las Estaciones de Servicio Multimodal) ante la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente ASEA de gobierno federal.
3. Se solicita Licencia Uso de suelo para Gasolineras ante la DDUE.
4. Se solicita un Análisis de Riesgo ante Protección Civil del Municipio CPC.
5. Se solicita el Permiso de Construcción ante DDUE.
6. Presentación del Dictamen de Pre-arranque de Estaciones de Servicio con Fin Específico para el Expendio al Publico de Gas Licuado de Petróleo, por medio del llenado parcial o total de recipientes portátiles (en un plazo máximo de 10 días hábiles posteriores al inicio o reinicio de operaciones). Documento en el cual se establece el resultado de la verificación del cumplimiento de obligaciones normadas en las materias de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente del Sector Hidrocarburos, que debieron llevarse a cabo durante la etapa de revisión documental y de campo previo al arranque de una Instalación nueva, reparada, modificada o reactivada, con la finalidad de verificar que se

hayan cumplido los aspectos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente del diseño y construcción, así como lo relativo a la operación y el mantenimiento, para una operación segura. Fundamento que da origen al trámite o servicio NOM-008-ASEA-2019.

2.5.3. Estudio de Casos de fenómenos Químico-Tecnológicos

En este apartado se desarrollan cuatro Estudios de Casos a nivel nacional sobre las metodologías que otros municipios de México abordaron para el análisis de los Fenómenos Químico-Tecnológicos para Incendio, Explosión y Derrame.

- Atlas de Riesgos de Culiacán, Sinaloa (Gobierno de Culiacán, 2020).
- Atlas de Riesgos de Mexicali, B.C. (Ayuntamiento de Mexicali, 2011).
- Atlas de Riesgos de Iztapalapa, Ciudad de México (Gobierno de la ciudad de México, 2024)
- Atlas de Riesgos del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (Ayuntamiento de Benito Juárez, 2022).

Culiacán, Sinaloa.

El primer Estudio de Casos es el “Atlas de Riesgos del municipio de Culiacán, Sinaloa” (Gobierno de Culiacán, 2020), y el “Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar en el municipio de Culiacán, Sinaloa” (Gobierno de Culiacán, 2015). Este documento desarrolla, para el caso de Incendio, mapas de distribución y acumulación de unidades económicas que cuentan con equipos y combustibles capaces de generar un incendio, y con la integración de mapa de densidad de población y de vegetación y uso de suelo, se generó un mapa de riesgo por incendio a nivel municipal.

Para el caso de explosión, se desarrolla un listado de principales lugares con potencial de riesgo de explosión, así como fuentes de ignición más comunes. De acuerdo con el DENUE se clasificaron las actividades industriales, de manufactura, y de almacenamiento de combustibles que tienen el potencial de explosión debido a las sustancias y polvos que manejan, almacenan, comercializan o distribuyen. Se tomaron parámetros generales de las actividades para la evaluación de riesgo por explosión y se utilizó el software especializado de modelado de riesgos

ALOHA para observar los impactos de una explosión para diversas actividades, utilizando parámetros que se consideran como estándar y valores promedio de tanques de almacenamiento. Este comportamiento se extrapoló a todo el municipio, de acuerdo con las ubicaciones dadas por INEGI 2020 para las actividades analizadas y se obtuvo un mapa con el área de influencia de las explosiones de las actividades, incluyendo el área de influencia de los tramos carreteros de transporte y distribución de sustancias consideradas como explosivas. Esta modelación consideró el peor escenario o el área de influencia mayor.

Para el caso de derrames o fugas tóxicas, se tomó como base los compuestos más comúnmente derramados, como es el caso de gas LP y gas propano. Se utilizaron parámetros estándar ambientales, así como un promedio de capacidad de los tanques de almacenamiento, y se elaboró un mapa de peligro por fuga tóxica y mapa de riesgo por derrame.

Mexicali, Baja California Norte.

El segundo Estudio de Casos es el “Atlas de Riesgos del municipio de Mexicali, B.C.” (Ayuntamiento de Mexicali, 2011) y “3. Peligros Químico-Tecnológicos” (Ayuntamiento de Mexicali, 2011). Este documento toma como referencia para su análisis, el manual para la clasificación y priorización de riesgos elaborado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency IAEA, 1996), la guía de respuesta en caso de emergencia (USDT, TC, CIQE & SICT, 2024), el manual de CENAPRED, y el conjunto de programas de cómputo ALOHA, CAMEO, MARPLOT de la Agencia de Protección al Ambiente EPA de Estados Unidos.

Se desarrolló un inventario y clasificación de las actividades peligrosas establecidas en Mexicali para establecer el perfil químico particular del municipio y se elaboró un estudio de eventos históricos para establecer la peligrosidad de las sustancias, por probabilidad y consecuencias. Posteriormente se utilizó el método de IAEA para determinar las categorías de afectación y el trazo del área de peligro, tomando en cuenta registros con información suficiente de tipo y cantidad de sustancia. La información de las sustancias se obtiene de las hojas de seguridad y de los datos contenidos en el programa CAMEO Chemicals v.2.0.1, así se mapeó la distribución espacial de las instancias peligrosas y radios de afectación en la ciudad y el municipio, mostrando resultados de análisis para amoniaco, cloro, gas licuado de petróleo, acetileno, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, gasolina, e hidracina.

Posteriormente se elaboró una estimación de consecuencias o muertes por un accidente en una actividad, y la estimación de la probabilidad de que ocurra un incidente mayor en 1 año en una instalación determinada, en base a la metodología de IAEA. Ya que en México no existen criterios definidos de aceptabilidad de riesgo para la actividad industrial y comercial, se tomaron los criterios reportados por CENAPRED para otros países, los cuales se trazan en la matriz consecuencia-frecuencia como líneas para diferenciar tres zonas de aceptabilidad del riesgo (riesgos aceptables, tolerables e intolerables) y clasificar las actividades peligrosas del municipio. Finalmente se identifican los elementos del equipamiento que se encuentra expuesto a sustancias peligrosas.

Para el caso de las estaciones de servicio de gasolina y las estaciones de carburación de gas LP (para uso automotriz), se desarrolló una estimación de consecuencias y probabilidad de incidentes mayores, clasificando las estaciones por tipo y nivel de aceptabilidad del riesgo, y el análisis del equipamiento expuesto. También se incluyó un estudio del transporte de sustancias peligrosas por carreteras y vialidades, ferrocarril, y tuberías o ductos. Se evaluó la capacidad de prevención y respuesta municipal y la percepción del riesgo químico-tecnológico por parte de la población. Finalmente concluye con las medidas de mitigación y prevención para riesgos químico-tecnológicos en las categorías de planeación territorial, control del peligro, capacidad de respuesta y percepción.

Iztapalapa, Ciudad de México.

El tercer Estudio de Casos es el “Atlas de Riesgos de la ciudad de México” (Gobierno de la ciudad de México, 2024). Este documento está conformado por los Atlas de las Alcaldías (Alcaldías de la ciudad de México, s/a). Para el estudio del almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas el Atlas de Peligros y Riesgos de Iztapalapa emplea lineamientos elaborados por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y protección Civil de la Ciudad de México.

Primero, se identifican los sitios donde se almacenan las sustancias peligrosas, entre ellas gasolineras e industrias. Se solicitó información a estaciones de servicio de gasolina respecto al número de tanques y sustancias almacenadas, tipos y volumen del tanque, nivel de llenado, temperatura de la sustancia, tipo de confinamiento de los tanques, entre otros. Posteriormente se investigaron las propiedades fisicoquímicas de las sustancias peligrosas a analizar con la

finalidad de realizar los modelos de explosión, incendio y nube tóxica mediante el programa ALOHA por sus siglas en inglés “Areal Locations of Harzadous Atmospheres”, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA, 2016).

Se realizaron modelos de una estación de servicio de gasolina de estudio para tres sustancias químicas potencialmente peligrosas: gasolina, gas LP y gas natural. Entre los modelos realizados están: área de la nube tóxica, fuga de combustible con piscina de fuego, explosión tipo BLEVE, área inflamable de la nube de vapor y área de explosión de la nube de vapor. Todos los modelos fueron realizados empleando el software ALOHA, y resultaron en radios de afectación de hasta 117m. O mayores en un caso catastrófico de una explosión por gasolina, sin considerar el tipo de confinamiento y la profundidad del tanque.

Benito Juárez, Quintana Roo.

El cuarto Estudio de Casos es el “Atlas de Riesgos del Municipio de Benito Juárez” Quintana Roo (Ayuntamiento de Benito Juárez, 2022). Este documento presenta para el riesgo de Explosión una fórmula para obtener el radio de afectación por BLAVE de gas LP, y una fórmula para calcular el radio de afectación por explosión de Gasolina. Ambas fórmulas requieren datos de cantidad del combustible y presión.

También se utilizó el método simplificado de MESERI, que es un método de evaluación de riesgos que a través de un formulario o cédula de evaluación analiza diversos factores ya sean internos o externos de las empresas, para realizar un análisis de incendio y exposición en cualquier instalación industrial, para ello se requiere de 3 fases: la primera es la inspección del riesgo y la recopilación sistemática de la información como pueden ser fuentes de ignición, combustibles presentes, actividades en desarrollo, el proceso, la edificación, sus instalaciones de protección, plan de seguridad, entre otras; la segunda es la evaluación de los riesgos identificados, puede ser del tipo cualitativo o cuantitativo; la tercera es determinar los resultados del análisis y la propuesta de las medidas de control.

Finalmente se utiliza el software ALOHA para el cálculo de los radios e índices de incendio y explosión, donde como parámetros de análisis se ingresan datos del sitio, datos químicos y datos atmosféricos. Mediante el software ALOHA se observaron tres radios de afectación: 322,783 metros (como potencialmente letal); 456.286 metros (presentan quemaduras de segundo grado);

712.318 metros (con presencia de dolor por efectos de la onda). Para una estación de servicio de gasolina ejemplo (con un tanque de 30,00 litros como cantidad promedio), el análisis de afectación por una posible explosión determinó que la zona de seguridad para el personal de la estación de servicios está fuera de un radio de 325 metros a la redonda medidos desde al área de tanques estacionarios de combustibles. Y finalmente se presenta el mapa de explosividad por gasolineras para el municipio con base a los radios de esta muestra.

III. Metodología

3.1. Identificación de peligros naturales hidrometeorológicos por inundaciones.

El presente estudio es el producto del esfuerzo conjunto de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), a través de su Facultad de Zootecnia y Ecología, el Instituto Municipal de Planeación Integral (IMPLAN) y la Coordinación Municipal de Protección Civil (CPC). Técnicos Responsables: Eréndira Tiscareño Martínez y Nathalie Socorro Hernández Quiróz, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. Se busca aumentar el conocimiento sobre la gestión integral del riesgo, mejorar las herramientas para la construcción de un ordenamiento urbano y territorial resiliente y que permita una respuesta ágil de los cuerpos de emergencia y primera respuesta.

<u>El sitio de estudio.</u>

Se seleccionaron siete zonas vulnerables a inundaciones severas y recurrentes en la ciudad de Chihuahua, identificadas por la CPC y el Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022:

Zonas identificadas:

- Zona 1. UACH, Campus II: Arroyo El Picacho y su influencia en el campus UACH II, y las colonias Cafetales, Los Huertos y Paseos de Chihuahua. Coordenadas geográficas: 28° 42’ 38.03” N 106° 08´ 26.06” O.
- Zona 2. Infonavit: Arroyo El Mimbre Sur, Arroyo El Saucito y su influencia en las colonias Insurgentes, Tierra y Libertad y Nacional. Coordenadas geográficas: 28° 40’ 57.80” N 106° 07’ 14.33” O.
- Zona 3. San Felipe: Arroyo La Cantera, y su influencia en las colonias Panamericana y San Felipe. Coordenadas geográficas: 28° 38´ 55.73” N 106° 05´ 57.75” O.
- Zona 4. Nombre de Dios: Arroyo El Mimbre y su influencia en la colonia Nombre de Dios. Coordenadas geográficas: 28° 40´ 30.13” N 106° 05´ 15.20” O.
- Zona 5. Villa Juárez: Arroyo Concordia, arroyo Las Norias, arroyo La Laborcita y su influencia al sur de la ciudad, en asentamientos humanos ubicados en laderas del Cerro Grande y de la colonia Villa Juárez. Coordenadas geográficas: 28° 35´ 39.64” N 106° 01´ 19.18” O.

- Zona 6. Nogales Sur: Arroyo Nogales Sur y su influencia de impactos en el Parque Industrial Ávalos, Praderas del Sur, así como la Zona Sur Oriente en los desarrollos industriales y de viviendas. Coordenadas geográficas: 28° 39´ 14.97” N 105° 58´ 02.84” O.
- Zona 7. Rancho Enmedio: Arroyo Nogales Sur y su influencia de impactos en el Aeropuerto Internacional de Chihuahua. Coordenadas geográficas: 28° 42´ 08.60” N 105° 58´ 47.37” O.

A partir de las zonas de interés identificadas se propusieron ajustes y ampliaciones para la delimitación de las áreas de estudio y fueron rectificados con el mapa de colonias y fraccionamientos 2016 (archivo .shp).

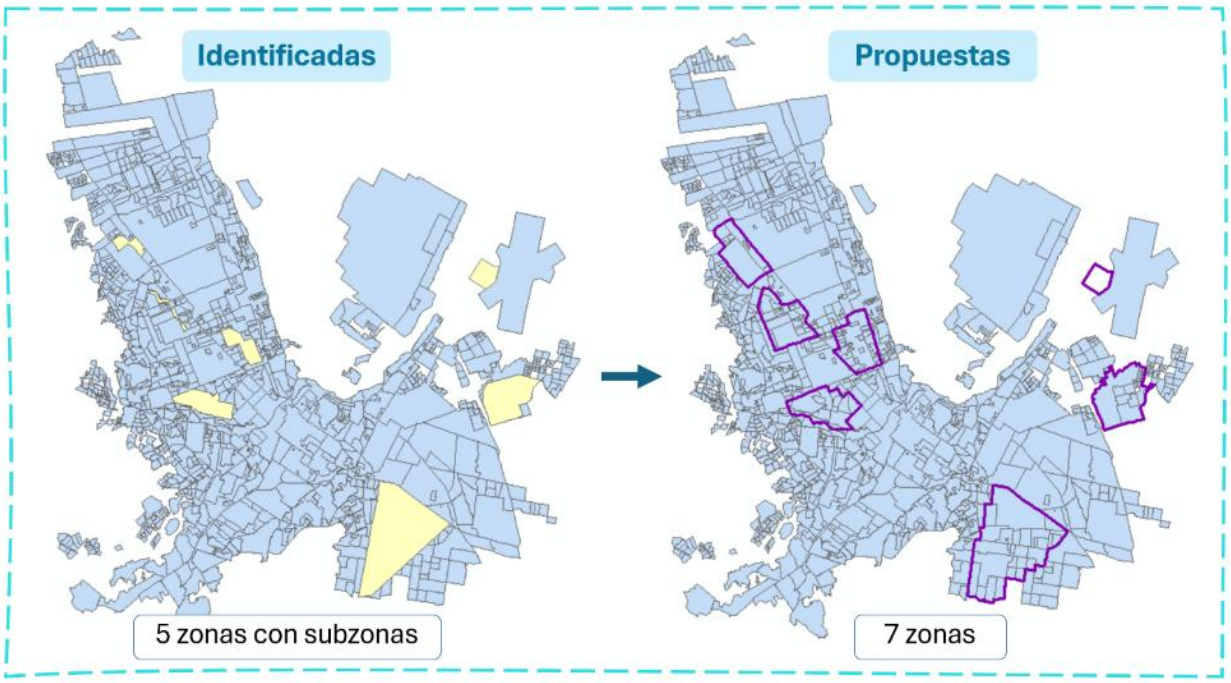


Figura 7 Mapa de la delimitación de zonas de estudio identificadas y propuestas (Tiscareño, 2024)

Las superficies de análisis quedaron de la siguiente manera: Zona 1: 3.39 km2, Zona 2: 3.92 km2, Zonas 3: 3.72 km2, Zona 4: 3.73 km2, Zona 5: 12.49 km2, Zona 6:4.92 km2 y Zona 7: 1.02 km2.

Insumos y herramientas

Los datos base, capas de información y herramientas para el estudio fueron los siguientes. Archivo de colonias y fraccionamientos 2016 (archivo .shp) para la delimitación de las zonas de

estudio; Modelo Digital de Elevación a 1m (MDE) (archivo .tif), para determinar impermeabilidad, rugosidad y elevación; Zonificación Secundaria 2021 (archivo .shp), para determinar índices de impermeabilidad y rugosidad en base a los usos de suelo, donde se clasificaron en 7 categorías de usos y se les asignaron porcentajes. El parámetro hidrológico de referencia por uso de suelo se basó en la Tesis de la UNAM del Ing. Eduardo Hernández 2018, “Índice pérdida-posesión para generación de mapas de riesgo ante inundaciones en zonas urbanas” (Hernández, 2018). Finalmente se utilizó la Restitución Planimétrica 2020 (archivo .shp), para incluir los edificios, aparte de la topografía, en el análisis. Estos archivos muestran el centro de población del municipio de Chihuahua y fueron proporcionados por el Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua (IMPLAN). Se recopilaron registros históricos de precipitación y temperatura de 1990 al 2020 proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Municipio de Chihuahua.

Se utilizó el programa ArcMap 10.8 (ESRI, 2020) y OpenFlows FLOOD (Bentley, 2020). El Software Bentley’s OpenFlows FLOOD tiene la función de modelar inundaciones para comprender y mitigar los riesgos de inundaciones en zonas urbanas, sistemas ribereños y costeros. Permite explorar y simular diferentes “escenarios de riesgo” y “escenarios de mitigación” en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y probar algunas soluciones tentativas y su eficiencia. El flujo de trabajo del software implica incorporar un modelo digital de elevación del terreno para que las simulaciones numéricas sean lo más precisas posible, cobertura y usos terrestres, información de las edificaciones e infraestructura, caminos, pavimentos, características del suelo y sus condiciones para simular infiltración, datos meteorológicos de precipitación, y nivel del mar; posteriormente se define una malla computacional en el área de simulación; se crea un modelo digital del terreno propio con los datos ingresados, y finalmente se delimitan las condiciones de precipitación y periodos de retorno para correr las simulaciones.

El Software permite visualizar los resultados a través de la extensión de la inundación y cuellos de botella, para priorización de estrategias. Se obtienen parámetros de columnas de agua, flujos de altura, velocidad, etc. Para elaborar evaluaciones de riesgo de inundación y mitigación el sistema permite definir varios escenarios y compararlos. Si fuera posible incorporar información de las edificaciones, como características y valores, entonces sería posible estimar perdidas en caso de ocurrir una incidencia.

Posteriormente el IMPLAN incorpora al análisis Insumos de notas periodísticas (Tiempo, 2024) sobre daños y cruces conflictivos durante la temporada de lluvias del año 2024 y de alertas emitidas por parte de Protección Civil del Municipio, que se incorporaron al estudio como identificación de “puntos conflictivos 2024”.

Metodología

Este estudio se llevó a cabo en cinco partes fundamentales:

1) Por parte del equipo de la UACH se desarrollaron las primeras 4 etapas: Un resumen e identificación de datos de entrada, colonias y fraccionamientos, modelo digital de elevación, usos de suelo y registros históricos de precipitación,
2) Procesamiento de los datos y creación de mapas por medio del programa ArcMap 10.8 (ESRI, 2020) para la creación de archivos por zona de polígono, modelo digital de elevación, impermeabilidad y rugosidad,
3) Se definieron los parámetros hidrológicos de referencia por uso de suelo, con esto se cuantificaron los valores y porcentajes de “impermeabilidad” y “rugosidad” para los diferentes usos de suelo básicos y compuestos, considerando techumbre, pavimento, vegetación y terracería,
4) Se utilizó el software OpenFlows FLOOD (Bentley, 2020) para la creación de 8 simulaciones de inundación con un tamaño de píxel de 2m de resolución y Google Earth Pro para la visualización.
5) Finalmente, por parte del IMPLAN, se desarrolla el presente estudio de marco de referencia e interpretación de resultados, así como el registro de datos de cruces conflictivos en alertas por lluvias publicados por parte de Protección Civil y de notas periodísticas sobre daños durante la temporada de lluvias del año 2024, que se incorporaron al estudio como identificación de “puntos conflictivos 2024” y se podrán visualizar en los mapas.

Escenarios de riesgo

Para elaborar el modelo de “escenarios de riesgo”, la modelación representó 8 simulaciones de inundaciones por precipitaciones en temporalidades: rangos de 5mm hasta 40mm de lluvia en un periodo de tiempo de 5 minutos. En una escala de malla de tamaño de pixel de 2m, con resultados en escurrimiento (m) por cada zona de estudio. Se tomó como base las variables que afectan el fenómeno de las inundaciones: la precipitación, el relieve, el escurrimiento, la impermeabilidad y

rugosidad en los distintos usos de suelo existentes en las zonas de estudio, la infiltración, alcantarillado y tipo de construcción. La escala de medición del escurrimiento es una columna de agua que ronda de 0.15m a 0.60m, el nivel menor de 0.15m representa la altura en que el agua rebasa una banqueta y se determinó 0.60m como escala mayor, ya que es el rango encontrado como más común y representativo en los resultados globales. Estas mediciones se diseñaron con el objetivo de elaborar un mapa de peligro de inundación pluvial, que se define con base a criterios de tirante. Este estudio no está asociado a periodos de retorno y no pretende desarrollar mapas de vulnerabilidad, ni mapas de riesgo. Se espera que los resultados permitan a la CPC contar con herramientas que le ayuden a prepararse para contingencias ante este tipo de fenómenos perturbadores.

Enseguida se muestran los diagramas de resultados del nivel más crítico de acumulación de agua de acuerdo con el escenario de la simulación, que son los puntos de acumulación por 40mm de precipitación en un lapso de 5 minutos para las 7 zonas de estudio.

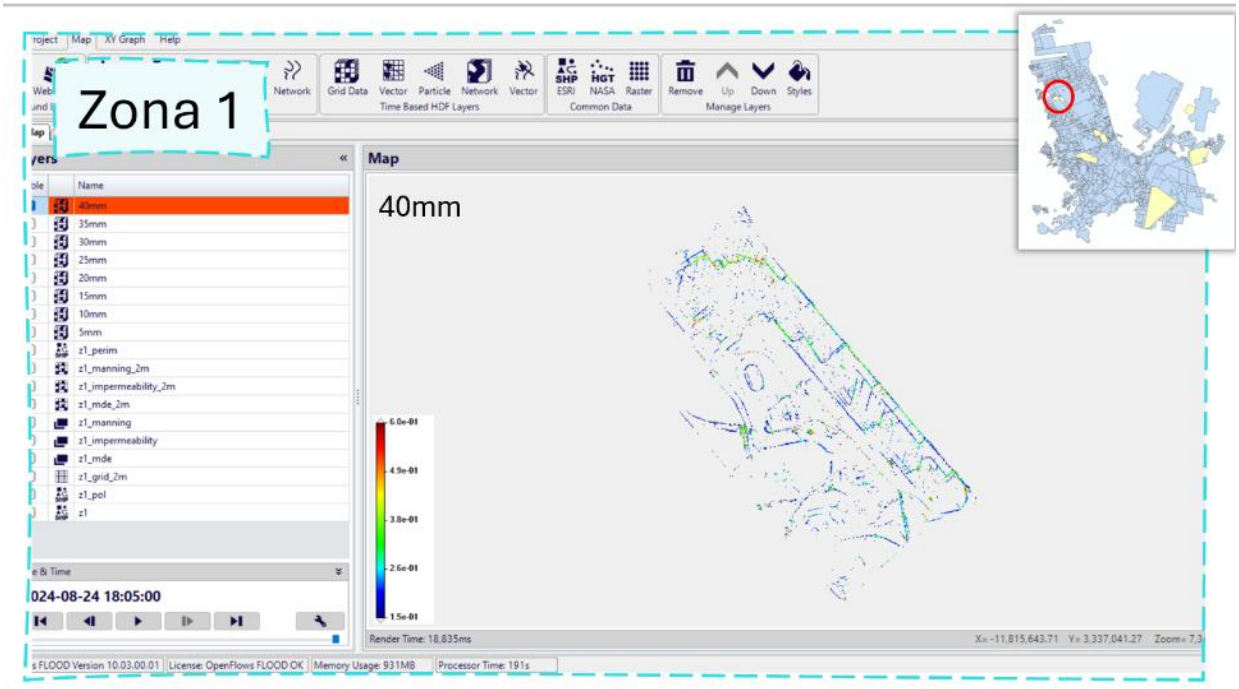


Figura 8 Diagrama de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

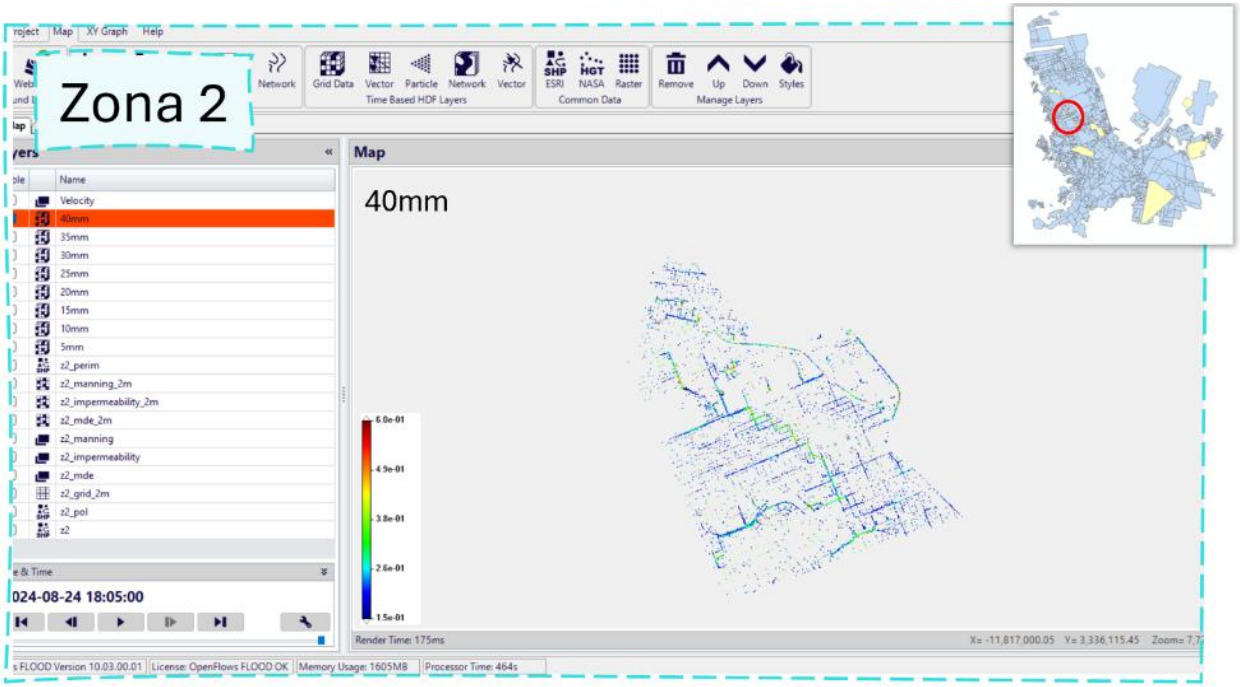


Figura 9 Diagrama de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

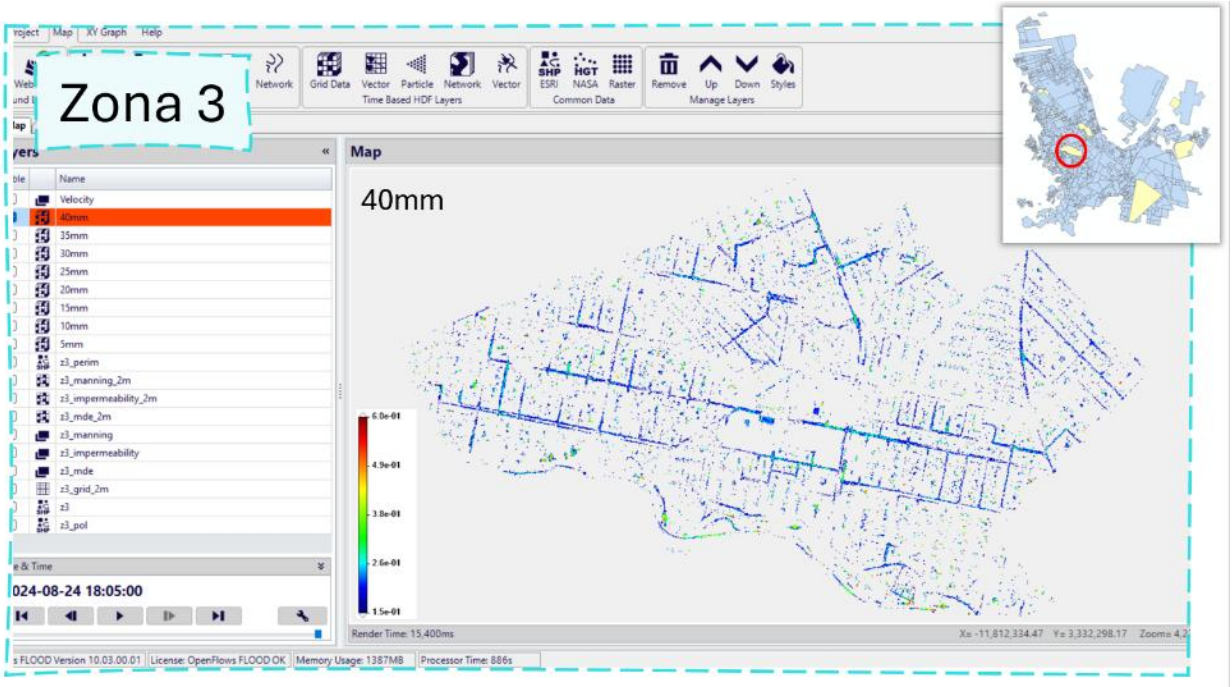


Figura 10 Diagrama de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

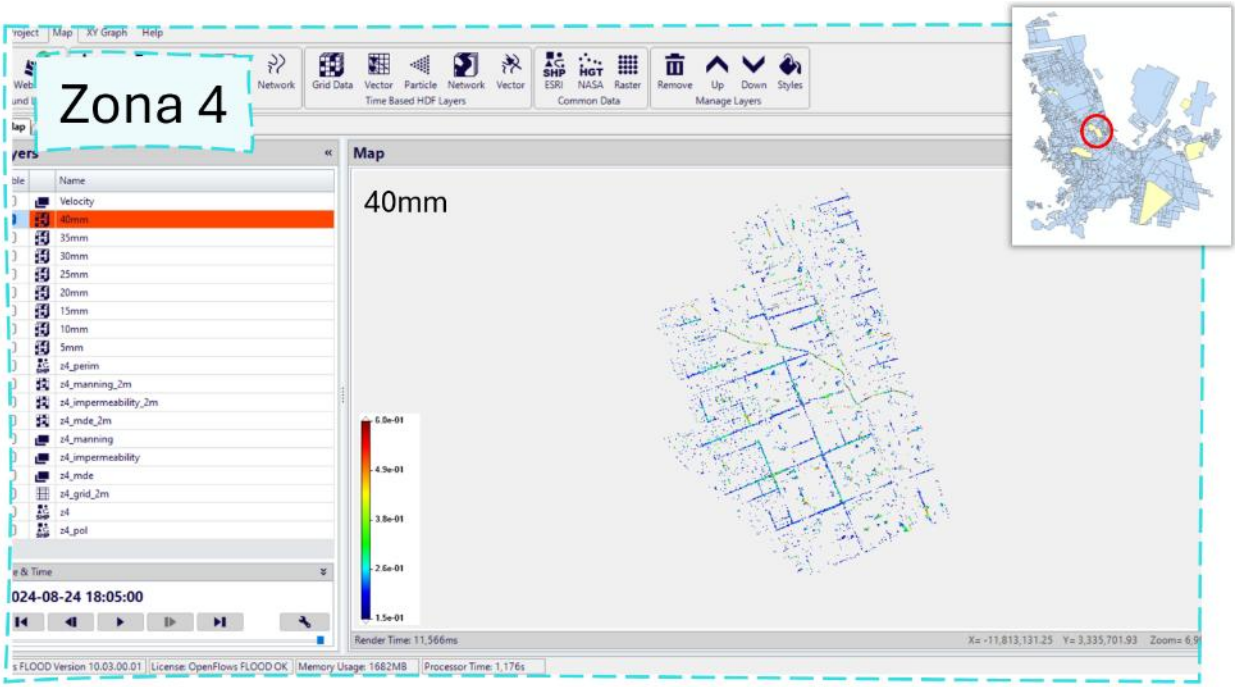


Figura 11 Diagrama de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

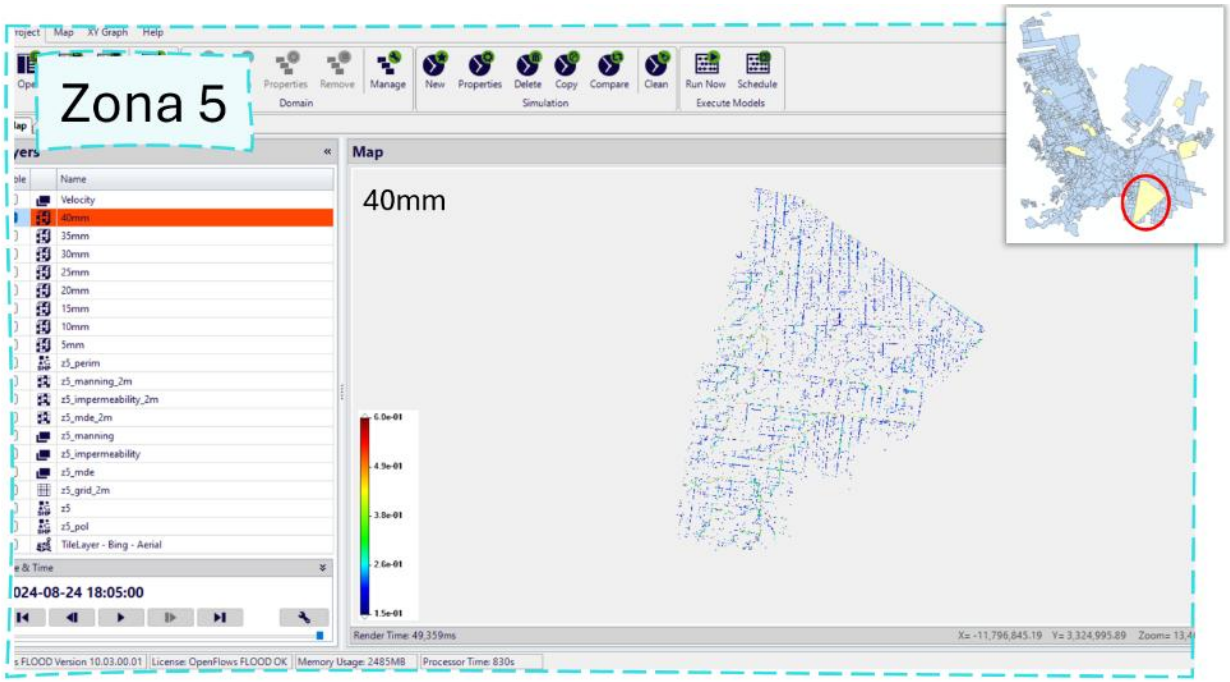


Figura 12 Diagrama de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

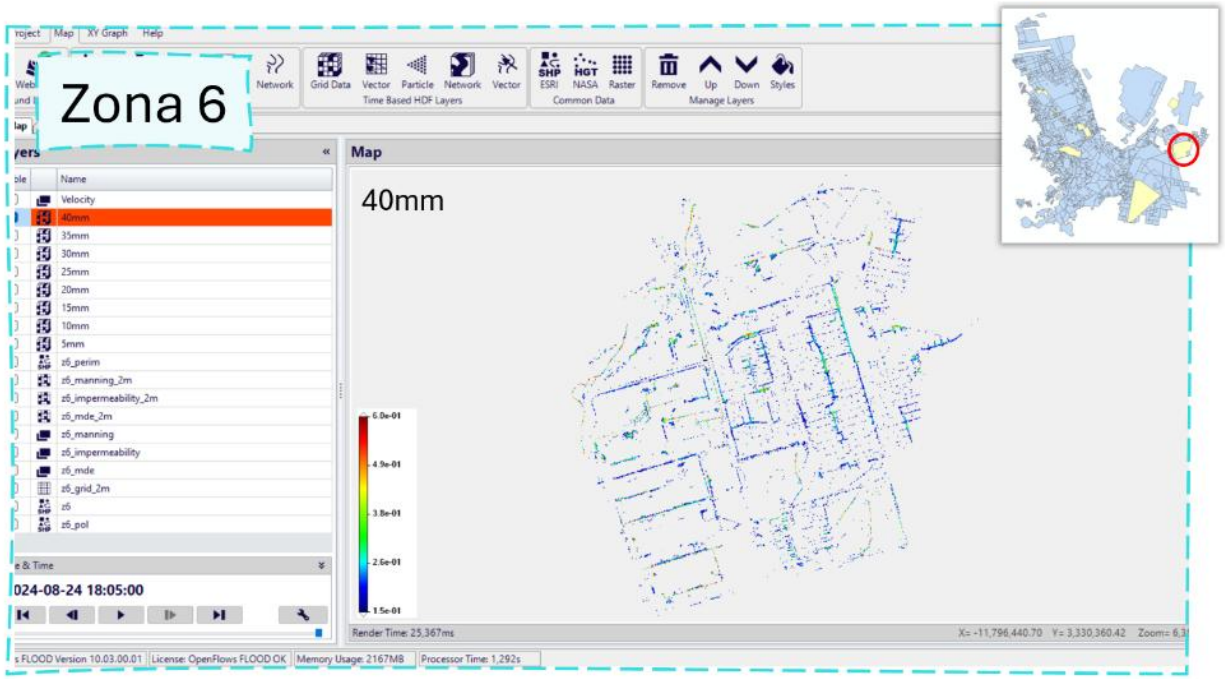


Figura 13 Diagrama de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

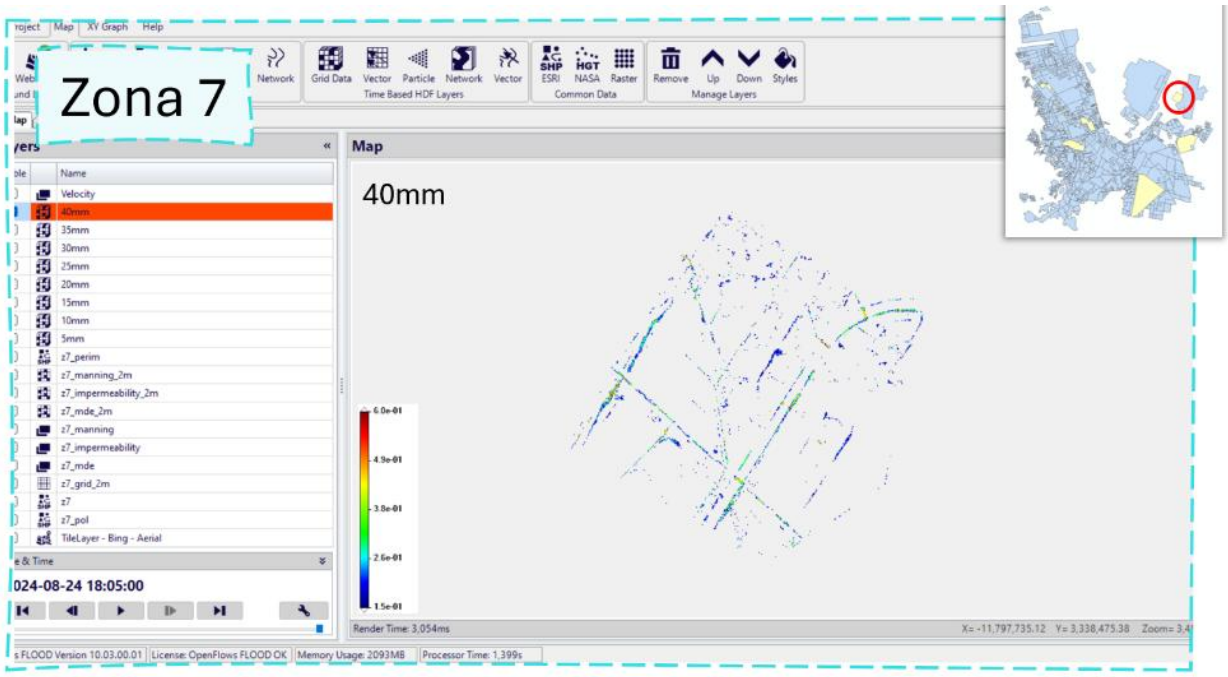


Figura 14 Diagrama de la simulación de la Zona 7 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

Por lo anterior, la metodología utilizada resulta innovadora y desarrolla una propuesta de un nuevo modelo de análisis para zonas de inundación, siendo adecuada a la situación actual, los insumos

disponibles y los requerimientos. Además, contempla la estructura urbana existente y es compatible con la capacidad técnica e infraestructura tecnológica disponible en el municipio. Es importante resaltar que, hasta el momento, no se contaba con un estudio de esta escala de precisión, teniendo como resultado un análisis de 2m de resolución. Lo que seguramente permitirá una mejor toma de decisiones, tanto en la planeación urbana como en el manejo de riesgos, para la implementación de estrategias puntuales, adecuadas a las características del sitio, así como usos de suelo de la zona.

3.2. Inventario georreferenciado de los elementos asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos de gasolineras y gaseras.

El sitio de estudio.

Este estudio contempla el centro de población Chihuahua, tanto la zona urbanizada como la zona urbanizable.

Insumos y herramientas

La capa de Equipamiento Urbano del Subsistema de Abasto (SEDATU) al 2024 del Centro de Población Chihuahua de IMPLAN Chihuahua, el inventario del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE (INEGI, 2024), las imágenes satelitales de ESRI y Google al año 2024, archivo CSV del número de Estaciones de Servicio por Municipio, con los datos de la Comisión Reguladora de Energía, (Comisión Reguladora de Energía, 2017). Se utilizó el programa ArcMap 10.8 (ESRI, 2020) para la actualización y georreferenciación del inventario.

Metodología

Este estudio se llevó a cabo por el IMPLAN en seis partes fundamentales:

1) Se actualizó el inventario para gasolineras y gaseras en base a la capa de Equipamiento Urbano del Subsistema de Abasto (SEDATU) al 2024 del Centro de Población Chihuahua de IMPLAN Chihuahua,
2) Se verificó el inventario del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE (INEGI, 2024), este directorio es actualizado en forma continua por los informantes autorizados y es validada previamente por el INEGI,
3) Se elaboró una verificación visual del territorio o fotointerpretación a través de las imágenes satelitales de ESRI y Google al año 2024,

4) Se elaboró una verificación con archivo CSV del número de Estaciones de Servicio por Municipio, con los datos de la Comisión Reguladora de Energía, (Comisión Reguladora de Energía, 2017),
5) Se emitió una solicitud a la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología (DDUE) sobre este tipo de instalaciones que han inscrito trámites y se han actualizado en la base de datos en esta institución del año 2020 a agosto 2024. Registros que fueron capturados e inventariados.
6) Finalmente se desarrolló una capa actualizada y georreferenciada del inventario de los elementos del equipamiento, asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos, de gasolineras y gaseras que se ubiquen en el centro de población Chihuahua.

Es importante señalar que el inventario de los elementos del equipamiento de gasolineras y gaseras no cuenta con datos de capacidad de almacenamiento de combustible, ni cantidad de bombas despachadoras.

IV. Interpretación de Resultados

La cobertura de estudio de los ejercicios de simulación del presente documento abarca 7 zonas o polígonos de interés, identificadas por la Coordinación de Protección Civil Municipal (CPC) y previstas en el Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022, que se muestran a continuación.

Zonas identificadas:

- Zona 1. UACH, Campus II: Arroyo El Picacho y su influencia en el campus UACH II, y las colonias Cafetales, Los Huertos y Paseos de Chihuahua.
- Zona 2. Infonavit: Arroyo El Mimbre Sur, Arroyo El Saucito y su influencia en las colonias Insurgentes, Tierra y Libertad y Nacional.
- Zona 3. San Felipe: Arroyo La Cantera, y su influencia en las colonias Panamericana y San Felipe.
- Zona 4. Nombre de Dios: Arroyo El Mimbre y su influencia en la colonia Nombre de Dios.
- Zona 5. Villa Juárez: Arroyo Concordia, arroyo Las Norias, arroyo La Laborcita y su influencia al sur de la ciudad, en asentamientos humanos ubicados en laderas del Cerro Grande y de la colonia Villa Juárez.
- Zona 6. Nogales Sur: Arroyo Nogales Sur y su influencia de impactos en el Parque Industrial Ávalos, Praderas del Sur, así como la Zona Sur Oriente en los desarrollos industriales y de viviendas.
- Zona 7. Rancho Enmedio: Arroyo Nogales Sur y su influencia de impactos en el Aeropuerto Internacional de Chihuahua.

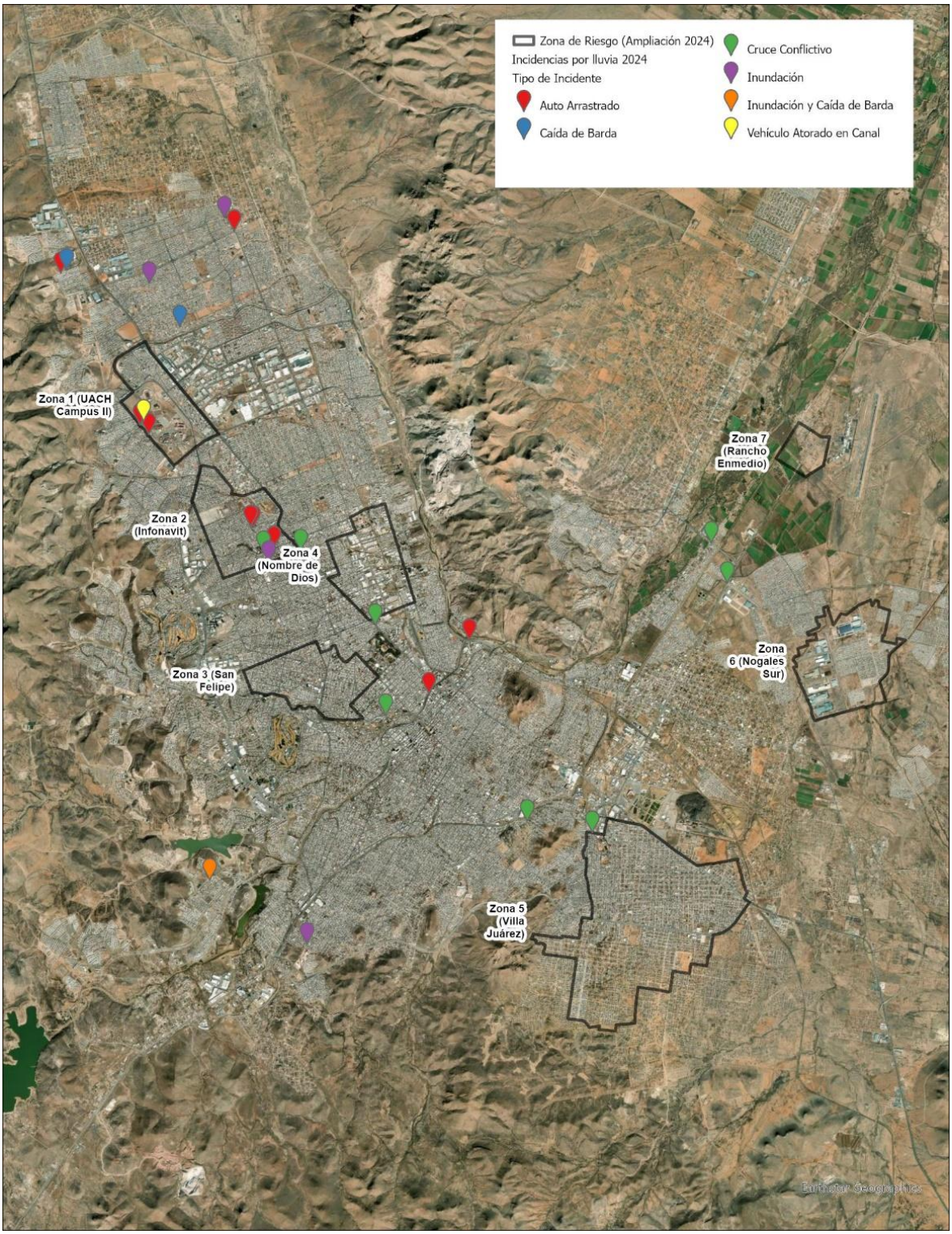


Figura 15 Mapa de las 7 zonas de estudio y puntos conflictivos 2024. Basados en (Tiscareño, 2024) & (Tiempo, 2024) & (Protección Civil del municipio de Chihuahua, 2024)

En el siguiente apartado se desarrolla un análisis demográfico, económico y de usos de suelo de las siete zonas de estudio, un análisis del medio biofísico y del medio construido, y se describe puntualmente los resultados de la simulación de inundación: las calles y cruces viales, así como la distancia en metros del tramo conflictivo donde se observan inundaciones potenciales para el escenario más crítico de la simulación, que corresponde al de 40mm de precipitación en un lapso de 5 minutos. La simbología de colores en los mapas refiere a una malla de tamaño de pixel de 2m. La escala de medición del escurrimiento es una columna de agua que ronda de 0.15m (color azul) a 0.60m de altura (color rojo), el nivel menor de 0.15m representa la altura en que el agua rebasa una banqueta hasta 0.60m de altura en el nivel de acumulación del agua.

En la interpretación de resultados del presente documento se describe la simulación desarrollada con el escenario de riesgo más crítico para efectos de una mejor legibilidad, descripción y precisión de los posibles impactos en la estructura urbana de la ciudad. Pero a la Coordinación de Protección Civil del Municipio de Chihuahua le fueron entregados los ocho “escenarios de riesgo” que se desarrollaron en las simulaciones de inundaciones por precipitaciones en temporalidades: rangos de 5mm hasta 40mm de lluvia en un periodo de tiempo de 5 minutos, para su análisis y posterior incorporación al Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua en su siguiente actualización.

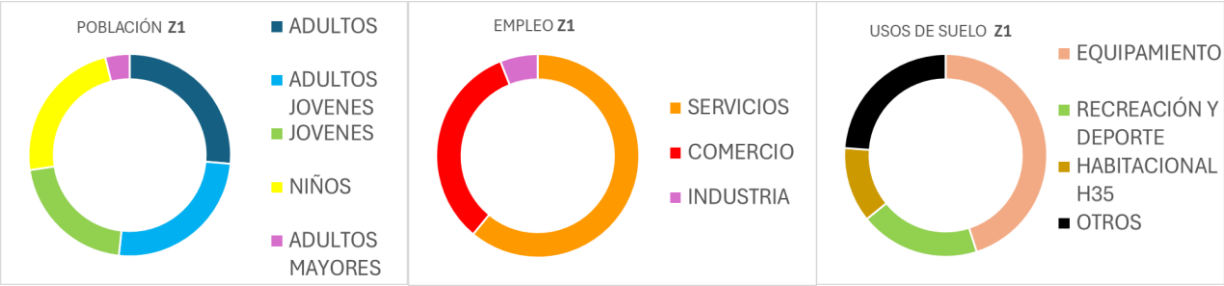
4.1 Zona 1

4.1.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la “Zona 1” cubre una superficie total aproximada de **337** hectáreas, con una población total de **9,239 personas**. El 29% de la población en la zona de estudio es adulta, 27.9% adultos jóvenes, 23% jóvenes, 15.8% niños y 4.3% adultos mayores. Descartando la superficie del campus UACH II, para solo considerar la zona habitacional, se cuenta con una superficie **138** hectáreas, donde la Densidad Bruta es de 66.94 habitantes por hectárea.
- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **3,415 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 24.74 viviendas por hectárea.

- **Empleo**: Cuenta con **470 unidades económicas** y 3,035 personal ocupado, siendo los sectores económicos 61% de servicios, 33% de comercio y 6% industria. Predominan las actividades de banca múltiple, salones y clínicas de belleza, peluquerías y restaurantes.



- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**263** ha de superficie sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Equipamiento con 45%, seguido del uso Recreación y Deporte con 19%, y Habitacional H35 con 11%, en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Equipamiento	118.5755527	**45.05**
Recreación y Deporte	50.36896312	**19.14**
Habitacional H35	31.52683383	**11.98**
Comercio y Servicios	22.48880215	8.54
Habitacional H45	18.07384161	6.87
Mixto Intenso	8.784619692	3.34
Zona de Amortiguamiento	7.209077683	2.74
Habitacional H60	6.122626625	2.33
Habitacional H60+	0.047669464	0.02
Mixto Moderado	0.014280924	0.01
Total general	**263.2122678**	100

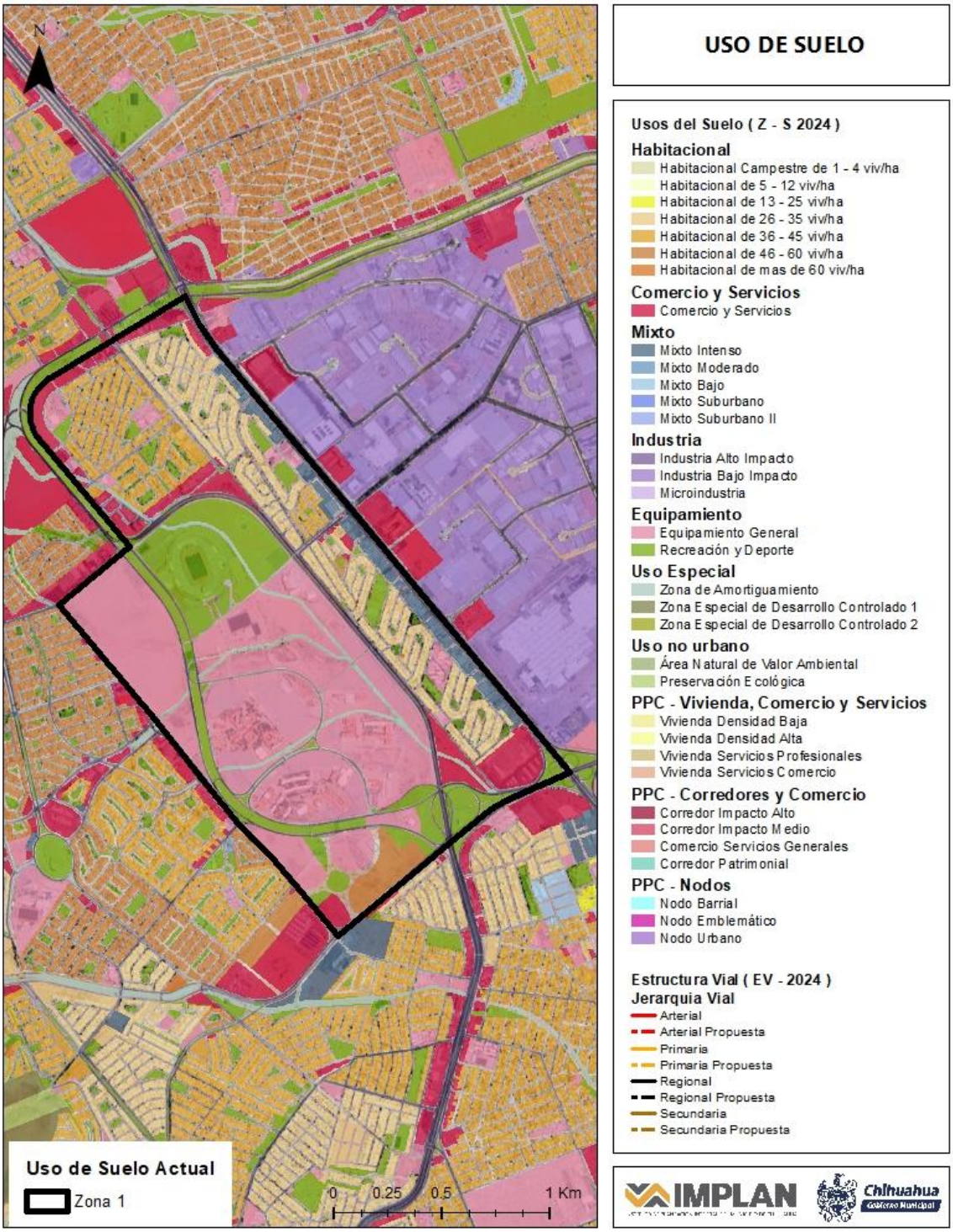


Figura 16 Zonificación Secundaria en la Zona 1 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.1.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 5%.
- **Hidrografía**. Se observan las ramificaciones del cauce del arroyo El Picacho que cruza por el área de estudio de Oste a Este el predio de la UACH Norte hasta un canal colector en el costado Este del predio, y tiene salida por el extremo Sureste del área de estudio, hacia la Av. Homero.
- **Riesgos geológicos**. En el costado Oeste y bordes del predio de la UACH Norte del área de estudio se observan riesgos geológicos Altos por Erosión, a 1,500 metros al Oeste se encuentra la Falla La Palma, y a 1,000 metros al Oeste la falla El Porvenir y Falla La Boquilla. Así como zonas de riesgo por deslizamiento a 450 metros al Oeste bordeando la serranía.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. Se detectan los escurrimientos del cauce del arroyo El Picacho. Un punto de riesgo por inundación en la colonia Paseos de Chihuahua, Calle Paseos de Casas Grandes esquina con calle Paseos de Satevó, y un riesgo en la estructura hidráulica en la esquina de la Av. De la Juventud con calle Puerta de Antártida.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en el polígono de estudio que existe:
    - 2 gasolineras
    - El costado Este del predio es colindante con una zona de Industria y Servicios Urbanos.

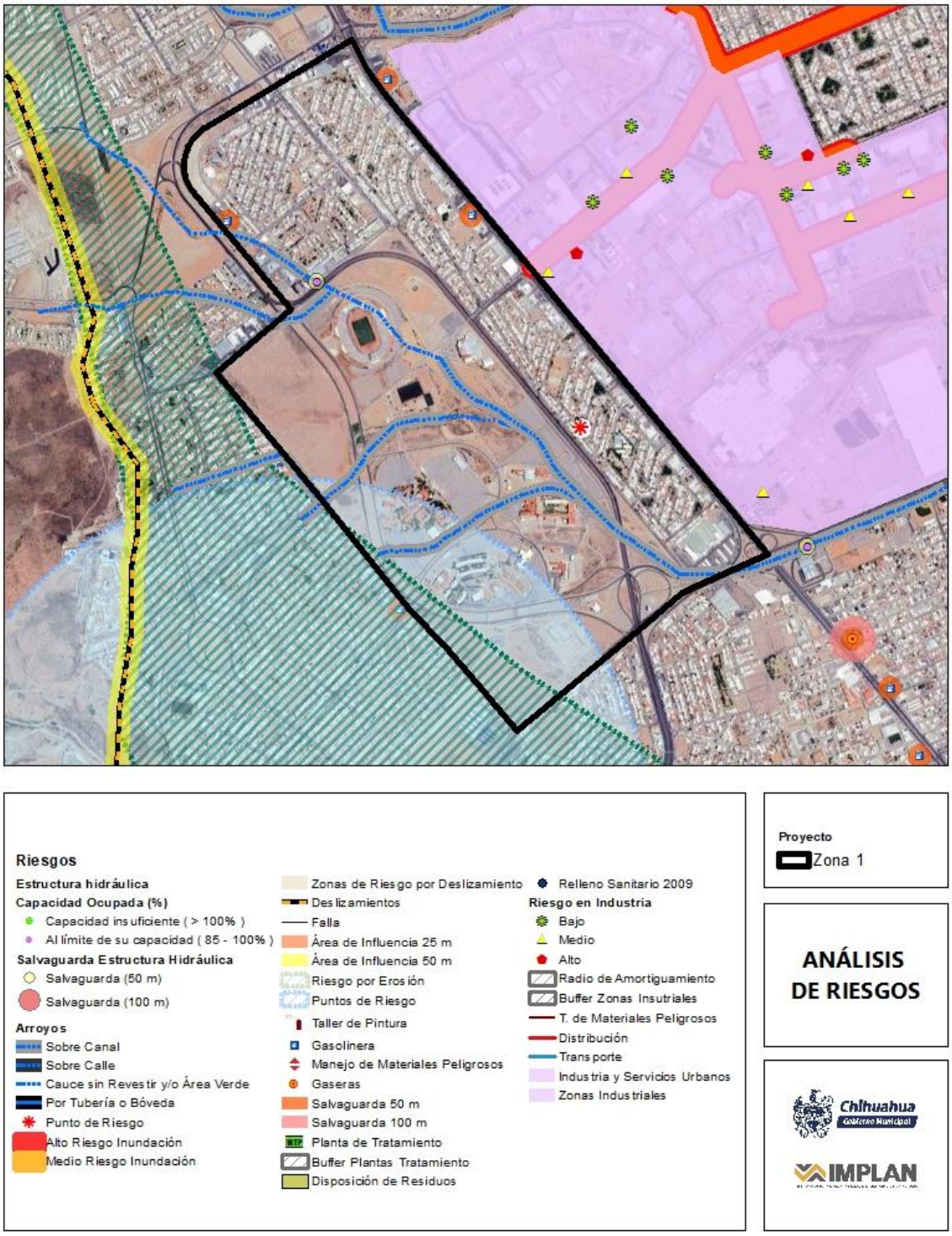


Figura 17 Análisis de Riesgos en la Zona 1 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.1.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 13 escuelas
        - 2 prescolares
        - 4 primarias
        - 2 secundarias
        - 5 escuelas nivel superior
    - 1 centro religioso
    - 3 centros de Asistencia Social
        - 2 casas de cuidado diario
        - 1 velatorio
    - 90 espacios de recreación y deporte:
        - 23 parques
        - 26 jardines
        - 29 camellones
        - 3 triángulo
        - 3 servidumbres
        - 1 monumento
        - 2 glorietas
        - 3 andadores
- **Infraestructuras**: En la zona habitacional del área de estudio se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100% y el predio del Campus UACH del 60% al 80%. Se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad en la zona habitacional del área de estudio del 80% al 100% y el predio del Campus UACH del 60% al 80%.

4.1.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 1 se encuentra dentro del Subcentro Norte, abarca las instalaciones del campus UACH II y el estadio olímpico universitario; de norte a sur las colonias: colonia Cafetales donde se ubica el equipamiento educativo de la escuela Primaria Octavio Paz

y la escuela Secundaria federal No. 11; colonia Los Huertos; colonia Paseos de Chihuahua II etapa con el equipamiento de salud de la Cruz Roja Mexicana delegación estatal; y colonia Paseos de Chihuahua donde se ubica el equipamiento religioso de la Capilla de la Santa Cruz de Jerusalén y la Iglesia de Jesucristo de los Santos, y el equipamiento educativo de la Escuela Primaria Chihuahua; hasta las instalaciones de Soriana Hiper Juventud. Se encuentra bordeado por la Av. Tecnológico, Circuito Universitario, calle San Miguel el Grande, y Av. Homero.

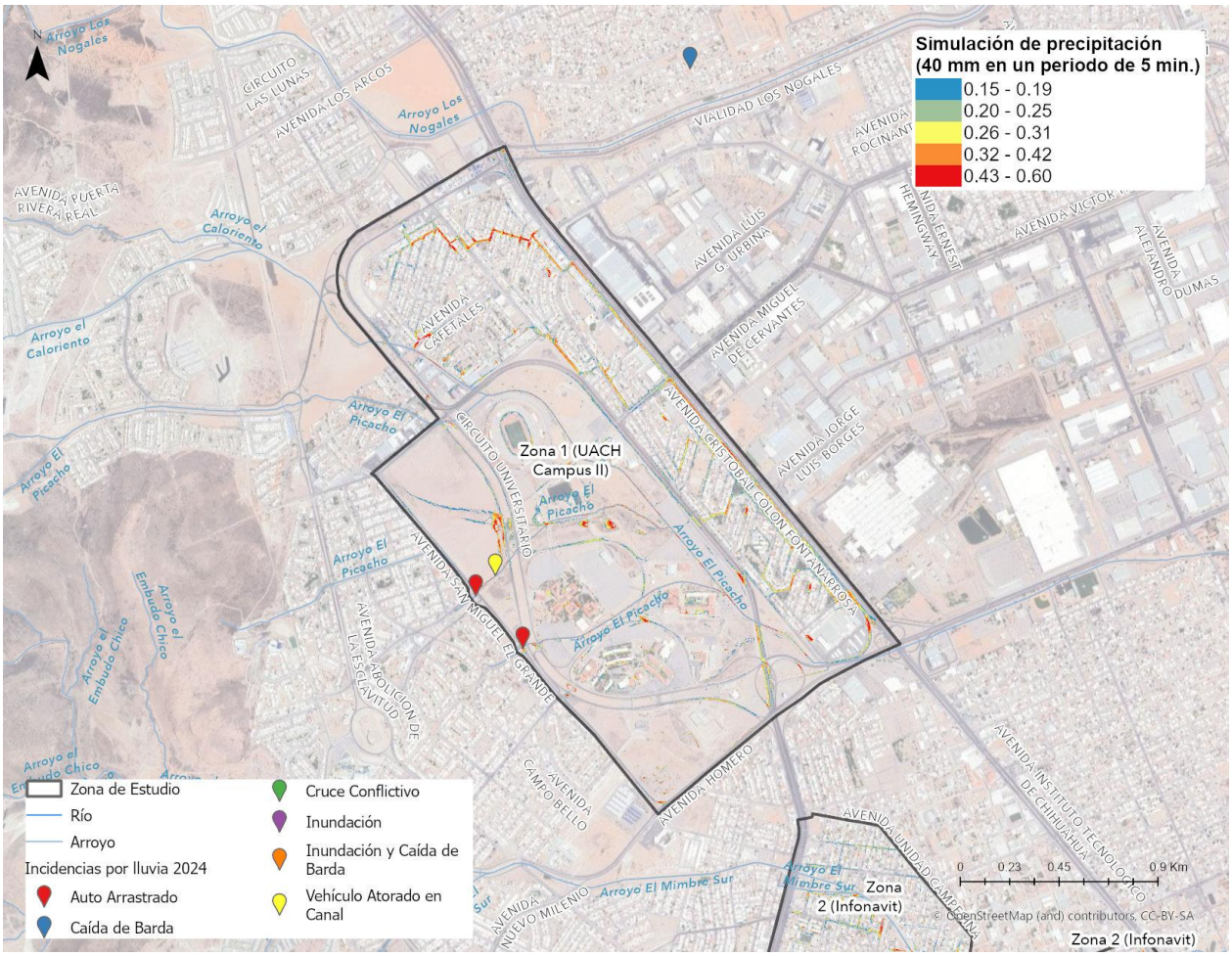


Figura 18 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 1 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro de la colonia Cafetales y Los Huertos, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa una inundación puntual en la calle Cafetales y esquina con Cafetal Juquila.

B) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Cafetos de Escuintla (190m) y Calle Ixtacomitán (150m), siguiendo el flujo del agua por la calle Cafetales de Yajalen (50m) hacia la Av. Paseos de la Universidad (90m), para después ingresar a la colonia Paseos de Chihuahua II etapa por la calle Paseos de Conchos (110m) y Paseos de Bocoyna (60m), sigue su recorrido por Paseos de Santa Eulalia (180m), continua por Paseos de Basaseachi (120m) hasta Paseo de la Sierra (230m). El agua acumulada en esta vialidad solo se desahoga por las calles Paseos de Basaseachi y Paseos de Delicias hacia la Av. Tecnológico. También se observa una inundación puntual en la parte norte de la calle Paseo de los Tarahumaras sin salida por vialidad.

C) En la colonia Los Huertos se observan inundaciones puntuales en la calle Huerto los Cerezos y Huerto los Naranjos, justo antes de su salida por el drenaje pluvial en barda perimetral hacia al canal colector de la vialidad Puerta de Antártida. Y en la calle Paseo de las Facultades frente a Plaza Mykonos.



Figura 19 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial y del canal colector de la vialidad Puerta de Antártida.

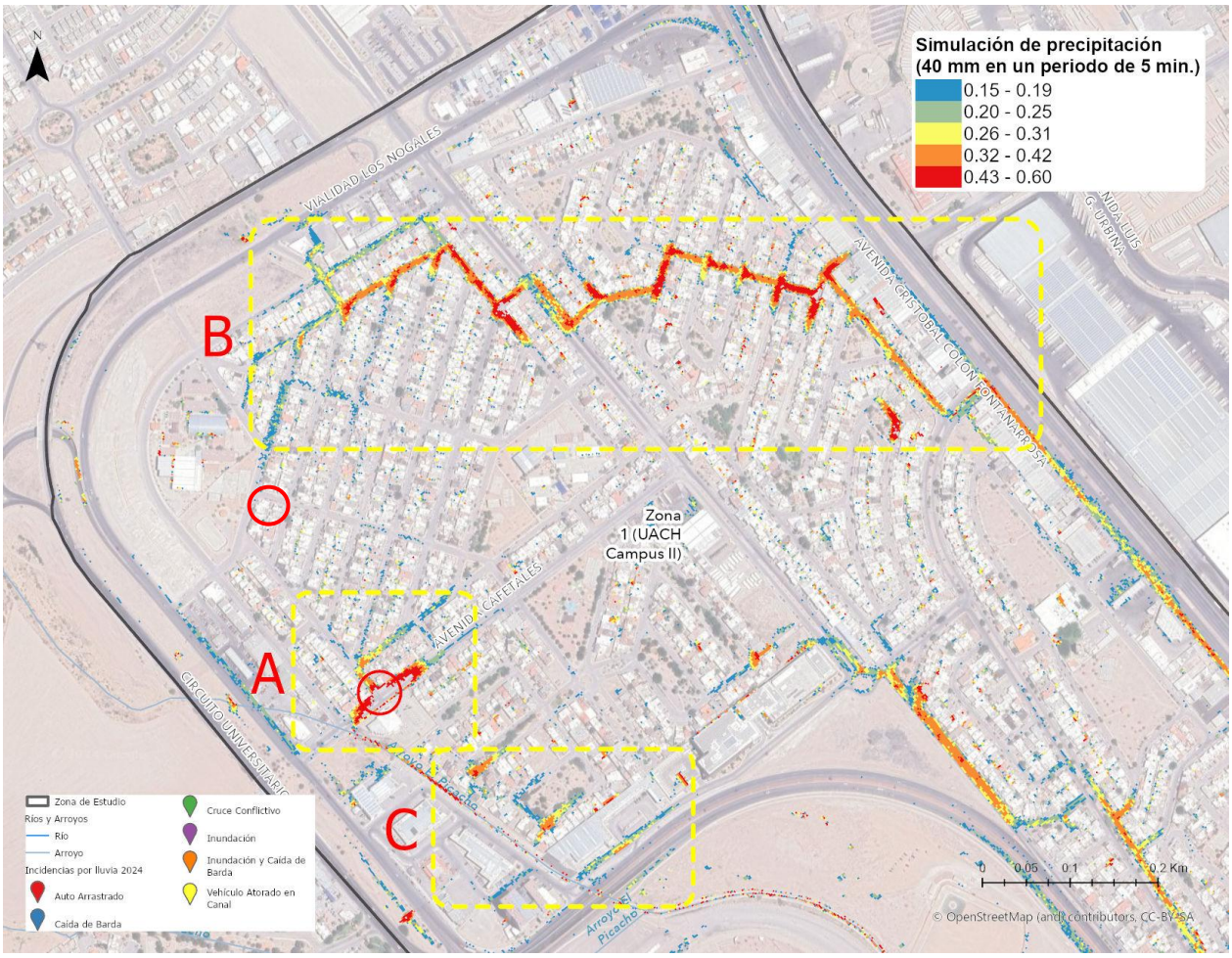


Figura 20 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Cafetales y colonia Los Huertos (Tiscareño, 2024).

En la región Centro del área de estudio de la Zona 1 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro del campus UACH II, colonia Paseos de Chihuahua II etapa y Paseos de Chihuahua, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa una inundación puntual en la calle Circuito Universitario (200m), frente al campo de Football y algunos puntos en la Av. Miguel de cervantes Saavedra, dentro del campus UACH II y en el tramo entre las colonias Paseos de Chihuahua y Paseos de Chihuahua II etapa.

B) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Paseo de la Universidad (230m), que ingresa a la colonia Paseos de Chihuahua II etapa por la calle Paseo de Santa Barbara hasta la calle Paseos de Delicias (270m). También se observa un flujo acumulativo continuo en la lateral de Norte a Sur de la Av. Tecnológico, desde la calle Paseos de Delicias hasta la Av. Homero (2,100m). Se observa una inundación puntual dentro de fraccionamiento privado

“Jardines de la Mancha”, sin salida por un drenaje pluvial bloqueado en la barda perimetral hacia la calle Paseos de Namiquipa.



Figura 21 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Namiquipa.

C) Dentro de la colonia Paseos de Chihuahua se observan inundaciones en la calle Paseos de Meoqui, con salida por drenaje pluvial hacia la calle Paseos de Guachochi.



Figura 22 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Guachochi.

Se observan inundaciones en la calle Paseo de Galeana y Paseo de Madera con descarga a la Av. Tecnológico. En la calle Paseos de Matachi y Paseos de Satevó, con descarga a

la Av. Tecnológico. En la calle Paseos de Balleza, con salida por drenaje pluvial hacia la calle Paseos de Allende.



Figura 23 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Allende.

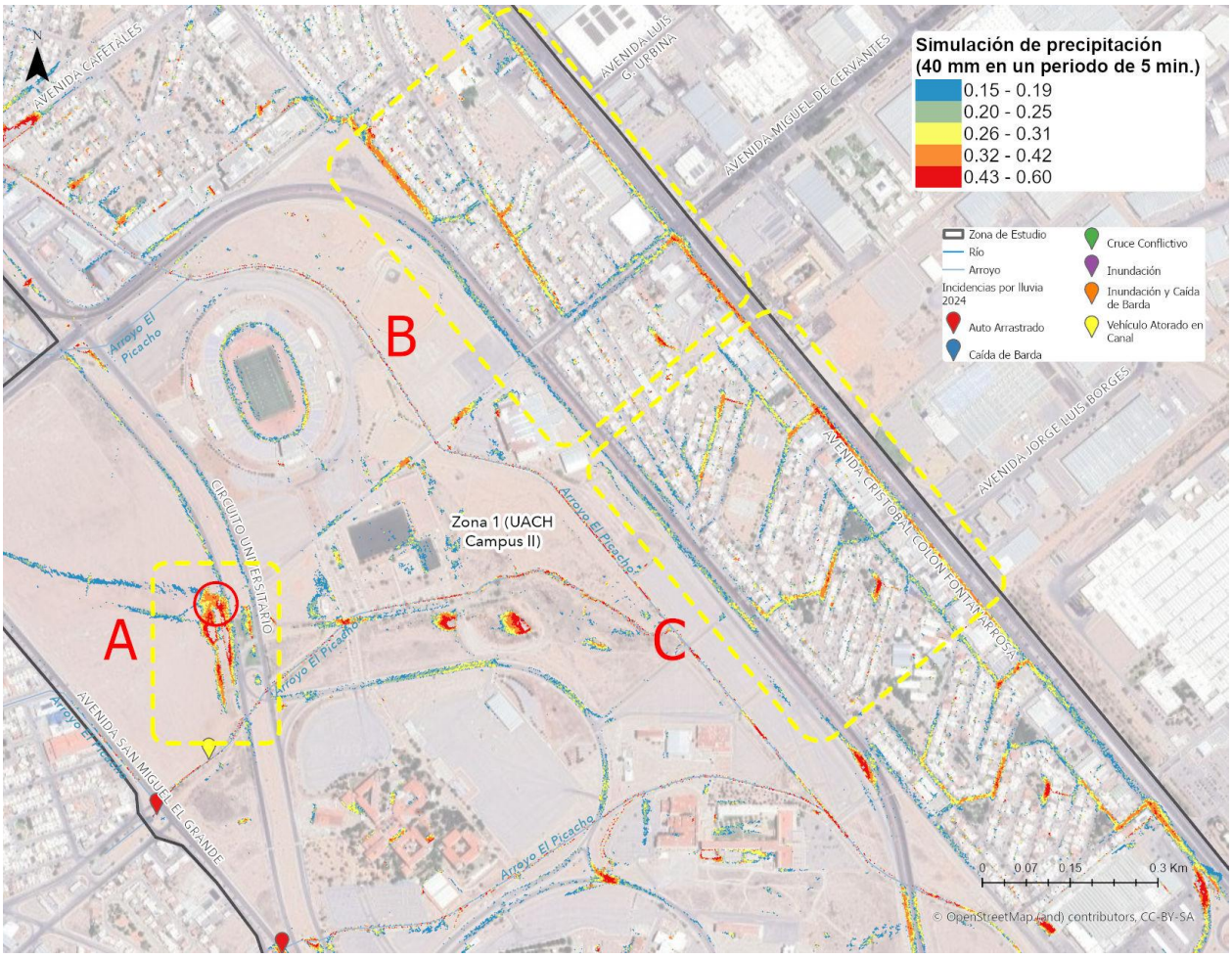


Figura 24 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento campus UACH II y colonia Paseos de Chihuahua II etapa (Tiscareño, 2024).

En la región Sur del área de estudio de la Zona 1 se pueden observar vialidades con problemas de inundación en la colonia Paseos de Chihuahua, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observan inundaciones en el Periférico de la Juventud (380m) bajo el trébol del Circuito Universitario y en la curva frente a la Facultad de Medicina de la UACH II.

B) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Paseos de Camargo, Paseos de Coyame, Paseos de Hidalgo del Parral y Paseos de Cuauhtémoc, con salida por la calle Paseos de Guerrero con descarga a Avenida Tecnológico. Se observa inundación acumulativa, como punto final del trayecto del flujo que corre por Av. Tecnológico, en la curva interior de salida de Siriana Hiper Juventud. Y en la calle Paseos de Jiménez, con salida por drenaje pluvial hacia la calle Paseos de Ahumada.



Figura 25 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial de la calle Paseos de Ahumada.

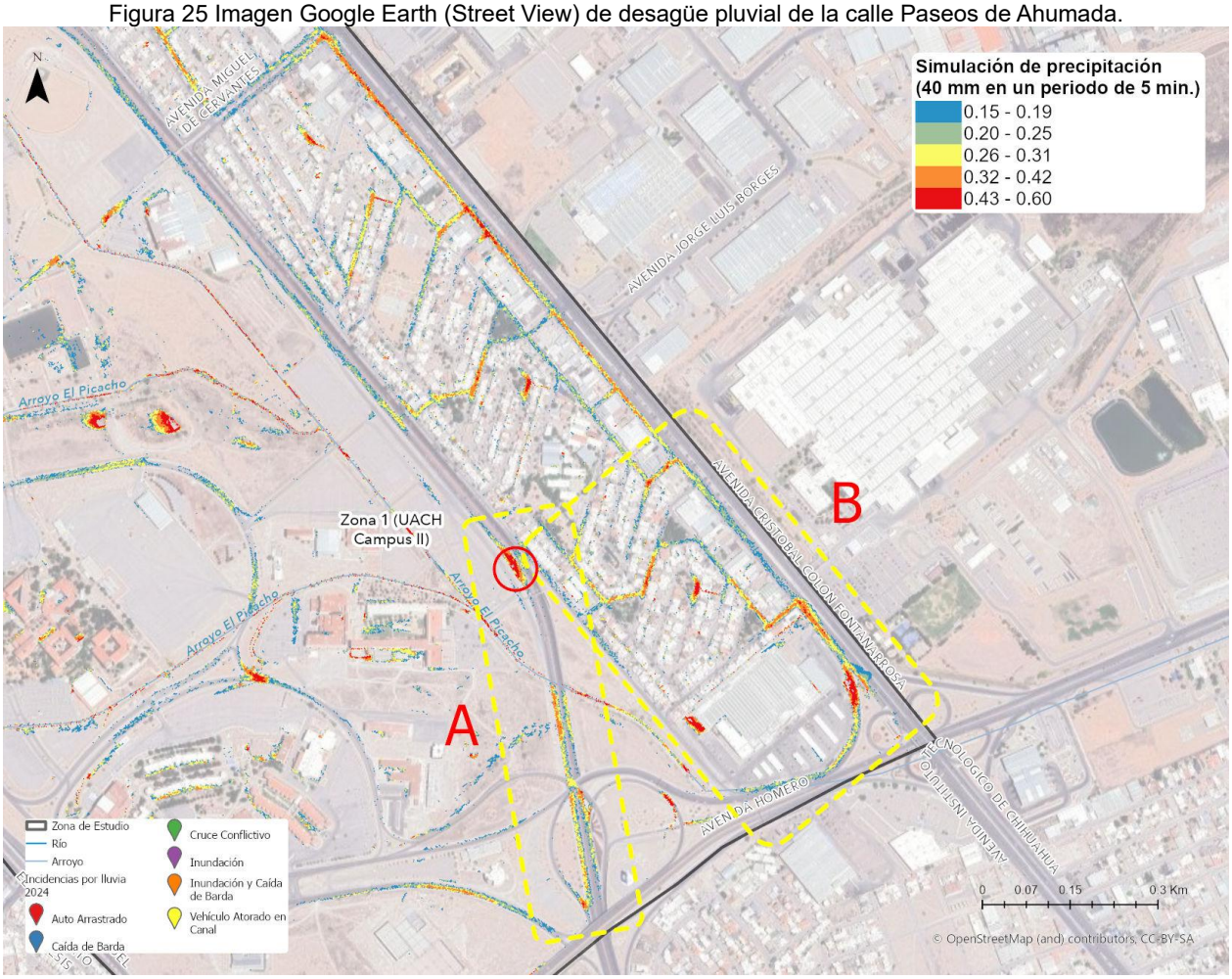


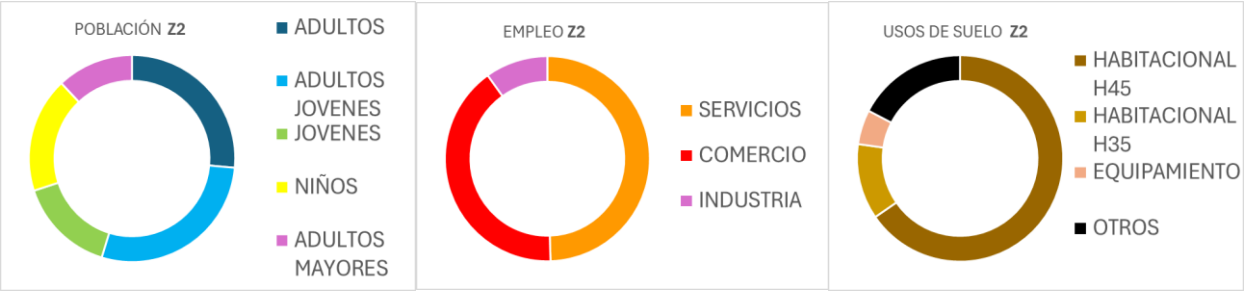
Figura 26 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 1 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento campus UACH II y colonia Paseos de Chihuahua (Tiscareño, 2024).

4.2. Zona 2

4.2.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la "Zona 2" cubre una superficie total aproximada de **400** hectáreas, con una población total de **32,619 personas**. El 26.4% de la población en la zona de estudio es adulta, 28.3% adultos jóvenes, 15.2% jóvenes, 18.0% niños y 12.0% adultos mayores. La Densidad Bruta es de 81.54 habitantes por hectárea.
- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **12,032 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 30.08 viviendas por hectárea.
- **Empleo**: Cuenta con **1,154 unidades económicas** y 2,324 personal ocupado, siendo los sectores económicos 50% de servicios, 41% de comercio y 10% industria. Predominan las actividades de salones y clínicas de belleza, peluquerías 114; comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas 110; y restaurantes con servicio de preparación de antojitos 40.



- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**224** ha de superficie sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Habitacional H45 con 65.38%, seguido del uso Habitacional H35 con 11.85%, Equipamiento con 5.41%, y Recreación y Deporte con 5.38% en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Habitacional H45	**146.906285**	**65.38%**
Habitacional H35	**26.63129501**	**11.85%**
Equipamiento	**12.14828335**	**5.41%**

Recreación y Deporte	**12.08645308**	**5.38%**
Mixto Intenso	8.71533405	3.88%
Comercio y Servicios	8.701476175	3.87%
Habitacional H60	6.558094805	2.92%
Zona de Amortiguamiento	1.861296392	0.83%
Industria Bajo Impacto	0.934633496	0.42%
Habitacional H12	0.100449557	0.04%
Habitacional H60+	0.049543972	0.02%
Mixto Moderado	0.018786093	0.01%
Total general	**224.711931**	100%

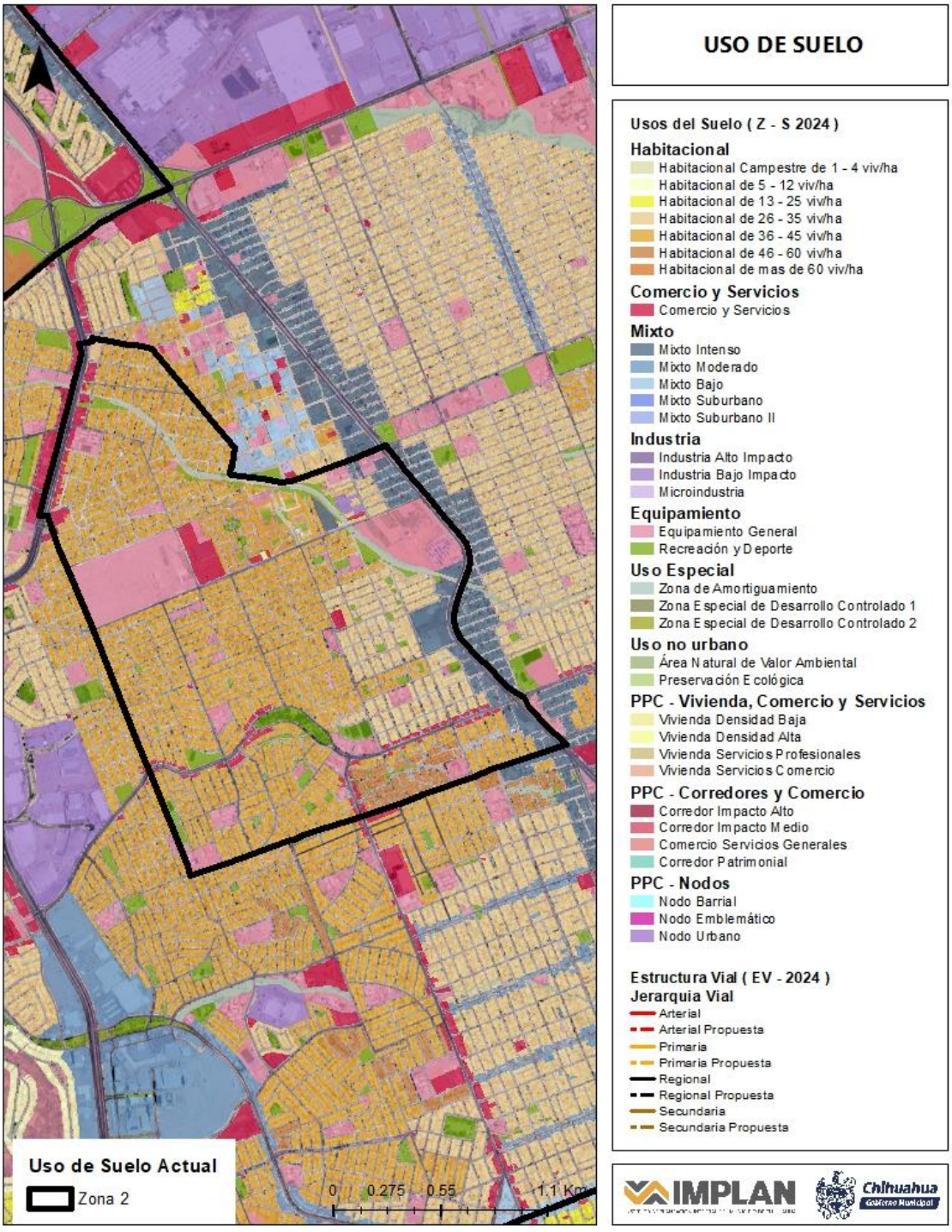


Figura 27 Zonificación Secundaria en la Zona 2 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.2.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 12%.
- **Hidrografía**. Se observan las ramificaciones del cauce del arroyo El Mimbre Sur que cruza por el área de estudio de Oste a Este por un canal colector en la zona Norte del polígono. Se observan las ramificaciones del cauce del arroyo El Saucito que cruza por el área de estudio de Oste a Este por vialidades y en un tramo por canal colector, al atravesar el parque el Platanito, en la zona Sur del polígono.
- **Riesgos geológicos**. En el costado Oeste del área de estudio se observan riesgos geológicos por Erosión.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. Se detectan los escurrimientos del cauce del arroyo El Mimbre Sur y arroyo El Saucito. El Saucito identificado con un alto riesgo de inundación y puntos de infraestructura hidráulica al límite de su capacidad e insuficiente. Un punto de riesgo por inundación en el cuadrante conflictivo de la colonia Tierra y Libertad, y tres puntos de riesgo por inundación en colonia Lomas Karike, Nacional y Vallarta.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en el polígono de estudio que existe:
    - 2 gasolineras

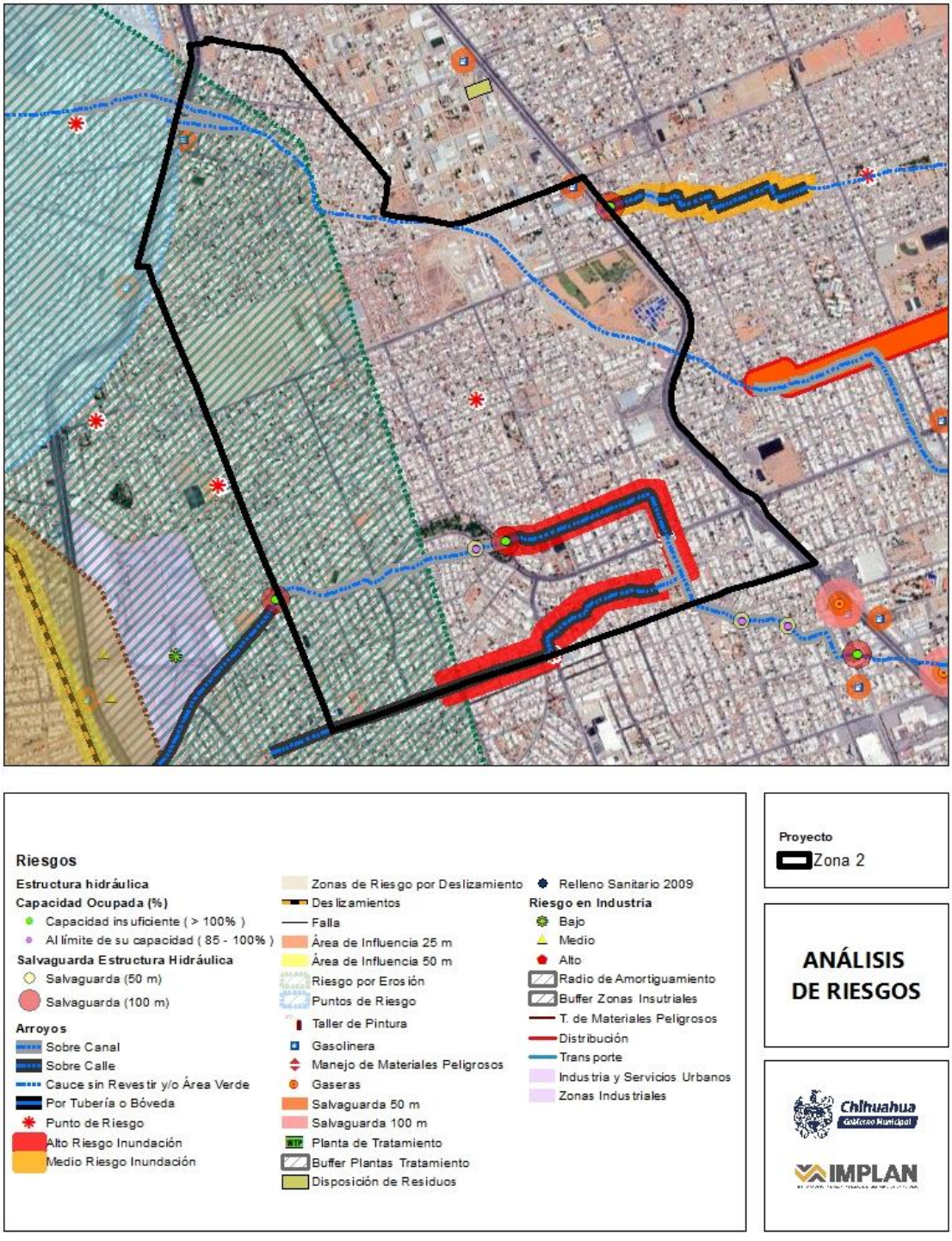


Figura 28 Análisis de Riesgos en la Zona 2 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.2.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 26 escuelas
        - 10 prescolares
        - 12 primarias
        - 3 secundarias
        - 1 escuelas educación media
    - 8 centro religioso
    - 19 centros de Asistencia Social
        - 6 centros comunitarios
        - 1 de grupos vulnerables
        - 1 estancia infantil
        - 10 casas de cuidado diario
        - 1 velatorio
    - 102 espacios de recreación y deporte:
        - 36 parques
        - 27 jardines
        - 7 jardineras
        - 20 camellones
        - 6 deportivos
        - 2 triángulo
        - 1 servidumbre
        - 2 plazas
        - 1 glorieta
- **Infraestructuras**: En el área de estudio se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100%. Se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad del 80% al 100%.

4.2.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 2 abarca de norte a sur las colonias: colonia Insurgentes II; colonia Renovación; colonia Insurgentes I; colonia San José y Amp; colonia Santa Bárbara; colonia Anexo Barbarita; colonia Tierra y Libertad; colina Paquimé; colonia Majalca; colonia Lourdes; colonia Nacional; colonia Vallarta y colonia Lomas Karike. Se encuentra bordeado por la calle Ignacio Rodríguez, calle Ríos Aros, Av. Tecnológico, calle Enrique Müller, Arroyo El Mimbre, Unidad Campesina y Periférico de la Juventud.

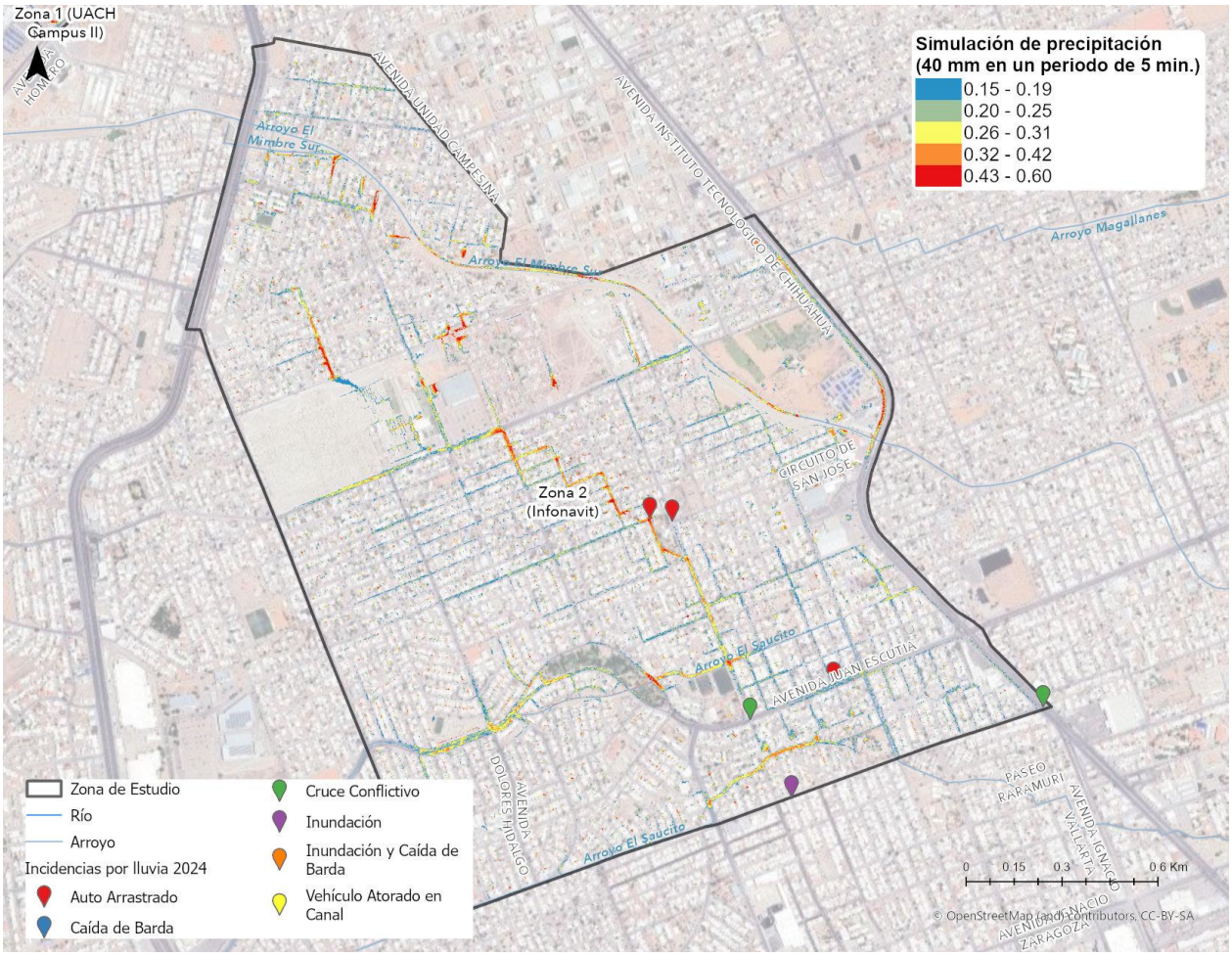


Figura 29 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 2 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro de la colonia Insurgentes II, siendo las más significativas las siguientes:

A) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle de la Educación, desahogándose por la calle Sor Juana Inés de la Cruz y calle Arte. 35 hacia el Arroyo El Mimbre.

B) Se observa un flujo continuo por el Arroyo El Mimbre (900m), sin que se aprecien acumulaciones puntuales.

C) Se observan acumulaciones puntuales en la calle Vicente Guereca (120m), y en la colonia cerrada Renovación en la calle Circuito Molino Inca con salida por drenaje pluvial hacia la calle Vicente Guereca, y en la calle Molino Poyatos sin salida por vialidad.



Figura 30 Imagen Google Earth (Street View) de desagüe pluvial hacia la calle Vicente Guereca.

D) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Josefa Ortiz de Domínguez (300m) y en la calle López Rayón (330m), desahogándose en la calle 16 de Septiembre.

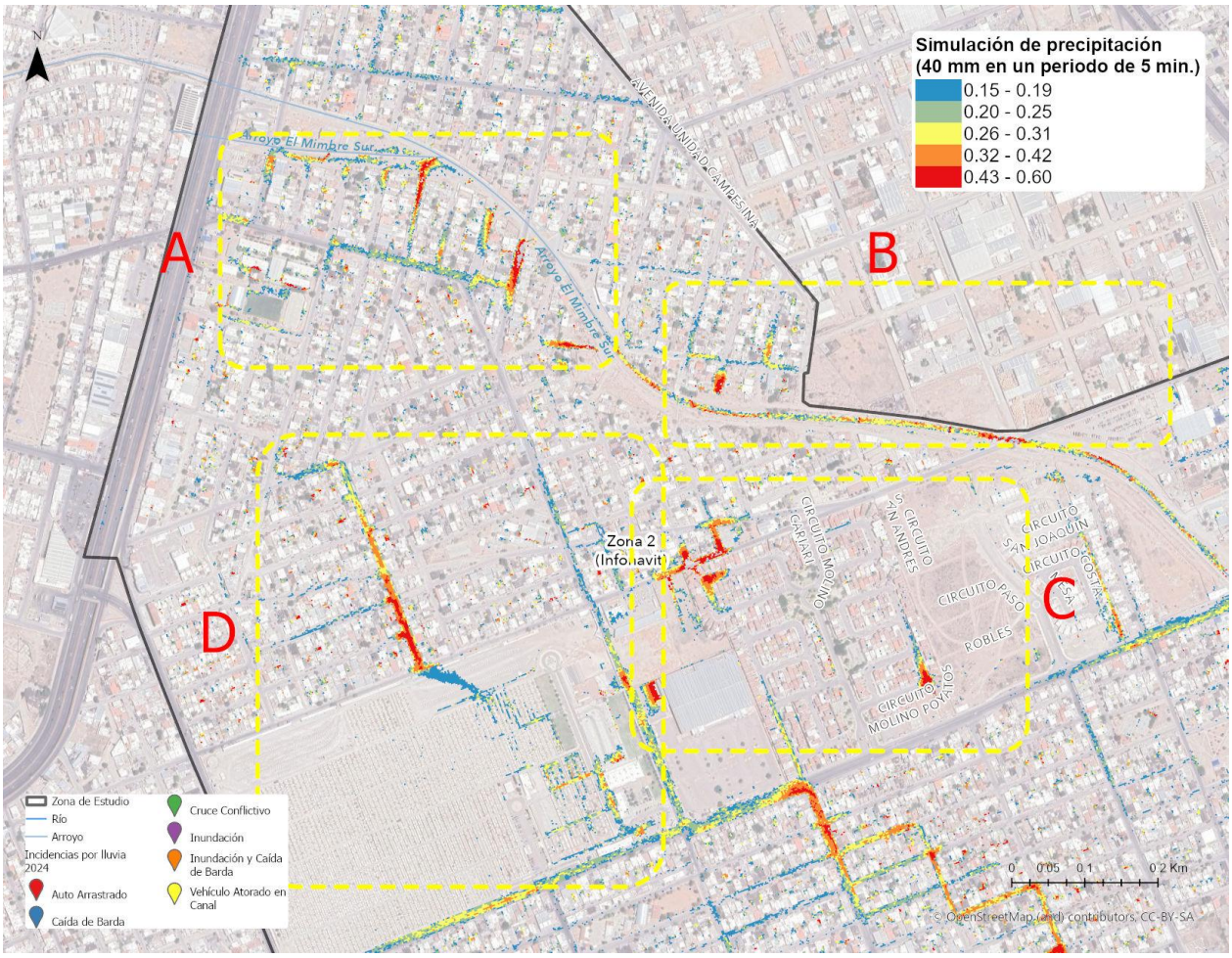


Figura 31 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Insurgentes I y Renovación (Tiscareño, 2024).

En la región Centro del área de estudio de la Zona 2 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro de la colonia Tierra y Libertad, siendo las más significativas las siguientes:

- Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle 16 de Septiembre (640m), hacia la calle L. Morales (200m), calle Primero de Mayo (120m), calle 15 de Enero (140m), Calle Liberación (120m) y calle Cien Fuegos (180m).

  Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Sandinistas (700m), Calle Monte Alban (100m), calle Topitzin (80m), y calle Jose Maria Mata (400m).
- Se observan acumulaciones de agua en la calle Arroyo El Mimbre (320m) y en la lateral de Norte a Sur de la curva de la Av. Tecnológico (380m) frente a los lotes de autos.

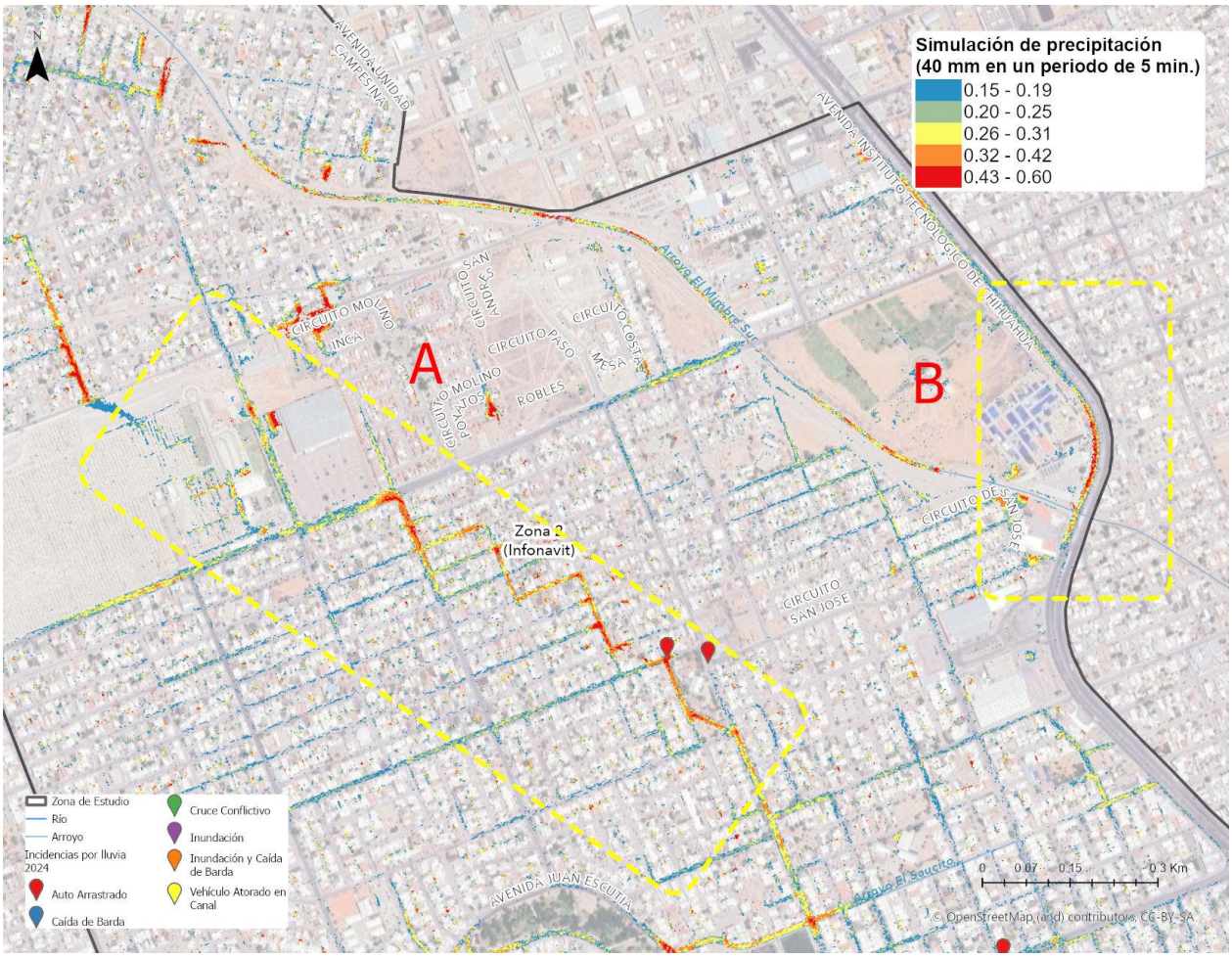


Figura 32 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Tierra y Libertad (Tiscareño, 2024).

En la región Sur del área de estudio de la Zona 2 se pueden observar vialidades con problemas de inundación en la colonia Nacional y colonia Majalca, siendo las más significativas las siguientes:

A) Continua el flujo acumulativo de agua por la calle Jose Maria Mata (400m) hasta la calle Arturo de Córdova (300m).
B) Inicia flujo acumulativo de agua en la calle Loma Linda (160m), calle Loma Vieja (80m), calle Loma Larga (80m) y calle Loma Bonita (80m), hacia la Av. Juan Escutia.
C) Continua el flujo acumulativo de agua por la Av. Juan Escutia (540m), cruzando por el Parque El Platanito hacia la calle Arturo de Córdova (300m).
D) Se observa una inundación en el trayecto de la calle Quetzalcóatl (450m), desde la calle Anáhuac hasta la Av. Jose Maria Iglesias.

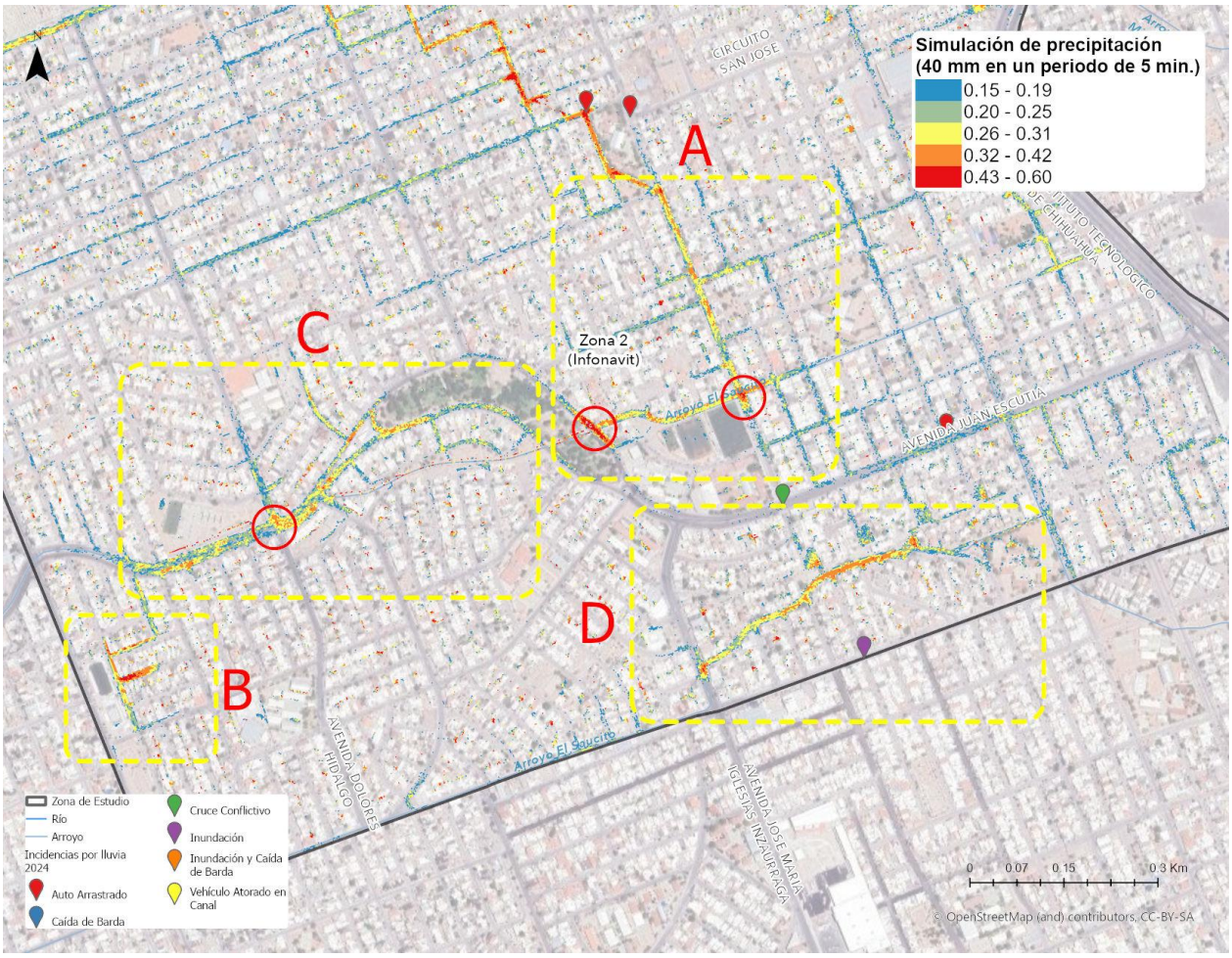


Figura 33 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 2 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Lomas Karike, Nacional y Vallarta (Tiscareño, 2024).

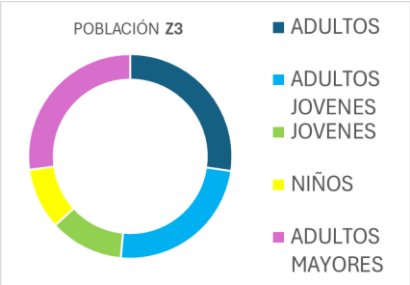
4.3. Zona 3

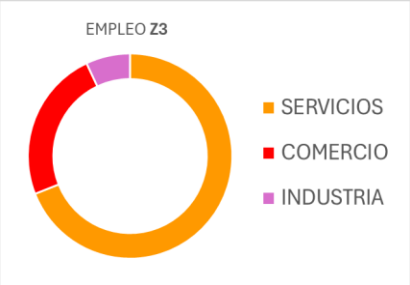
4.3.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

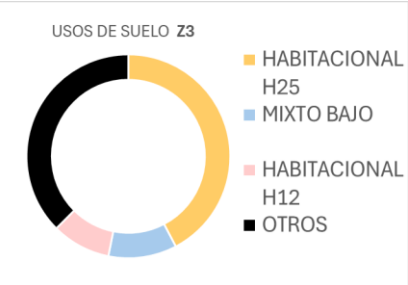
(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la “Zona 3” cubre una superficie total aproximada de **372** hectáreas, con una población total de **12,321 personas**. El 27.3% de la población en la zona de estudio es adulta, 24.2% adultos jóvenes, 11.7% jóvenes, 9.7% niños y 27.1% adultos mayores. La Densidad Bruta es de 33.12 habitantes por hectárea.
- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **5,264 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 14.15 viviendas por hectárea.

- **Empleo**: Cuenta con **1,807 unidades económicas** y 11,372 personal ocupado, siendo los sectores económicos 69% de servicios, 24% de comercio y 7% industria. Predominan las actividades de salones y clínicas de belleza, peluquerías 143; consultorios dentales del sector privado 78; y restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta y de comida corrida 47.







- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**227** ha de sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Habitacional H25 con 42.30%, seguido del uso Mixto Bajo con 10.86%, Habitacional H12 con 9.34%, y Mixto Moderado con 9.09% en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Habitacional H25	96.24	**42.30%**
Mixto Bajo	24.72	**10.86%**
Habitacional H12	21.25	**9.34%**
Mixto Moderado	20.68	**9.09%**
Habitacional H35	19.95	**8.77%**
Comercio y Servicios	15.10	**6.63%**
Equipamiento	9.84	**4.32%**
Recreación y Deporte	7.01	**3.08%**
Habitacional H45	5.72	**2.52%**
Mixto Intenso	4.73	**2.08%**
Habitacional H60	1.35	**0.59%**
Habitacional H60+	0.53	**0.23%**
Zona de Amortiguamiento	0.41	**0.18%**
Total general	**227.51**	**100.00**

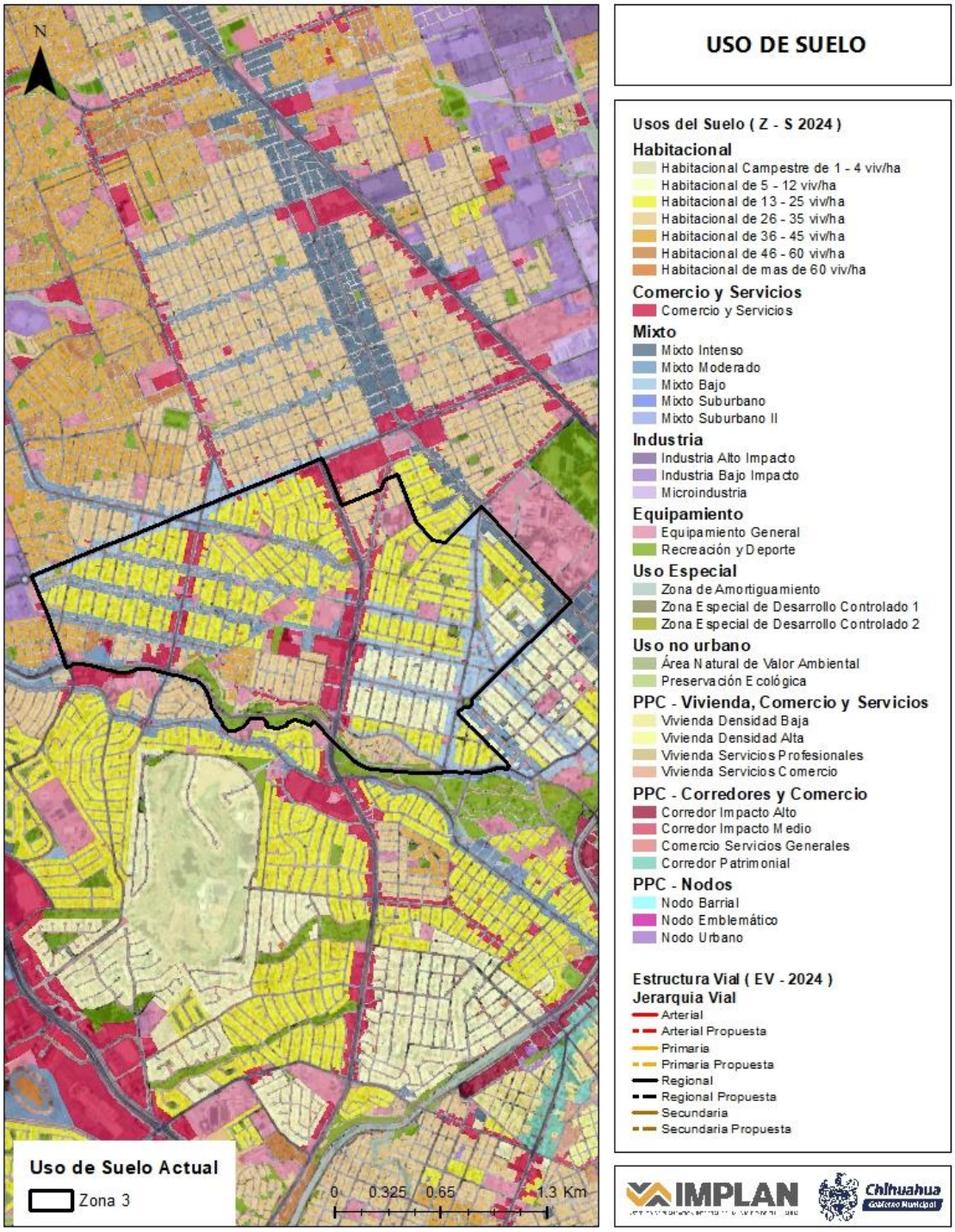


Figura 34 Zonificación Secundaria en la Zona 3 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.3.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 5%.
- **Hidrografía**. Se observa el cauce del arroyo La Cantera que cruza el área de estudio de Oeste a este por un canal colector en la zona Sur del polígono.
- **Riesgos geológicos**. En el costado Sur del área de estudio se observa el trayecto de la Falla La Haciendita y en el costado Oeste el área de influencia de riesgo alto por confluencia geológica.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. Se detectan los escurrimientos del cauce del arroyo La Cantera y un punto de riesgo por inundación en Av. Cantera y Washington.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en el polígono de estudio que existe:
    - 2 gasolineras
    - El trayecto de un gasoducto en la Av. Rio de Janeiro y Av. Francisco Villa.

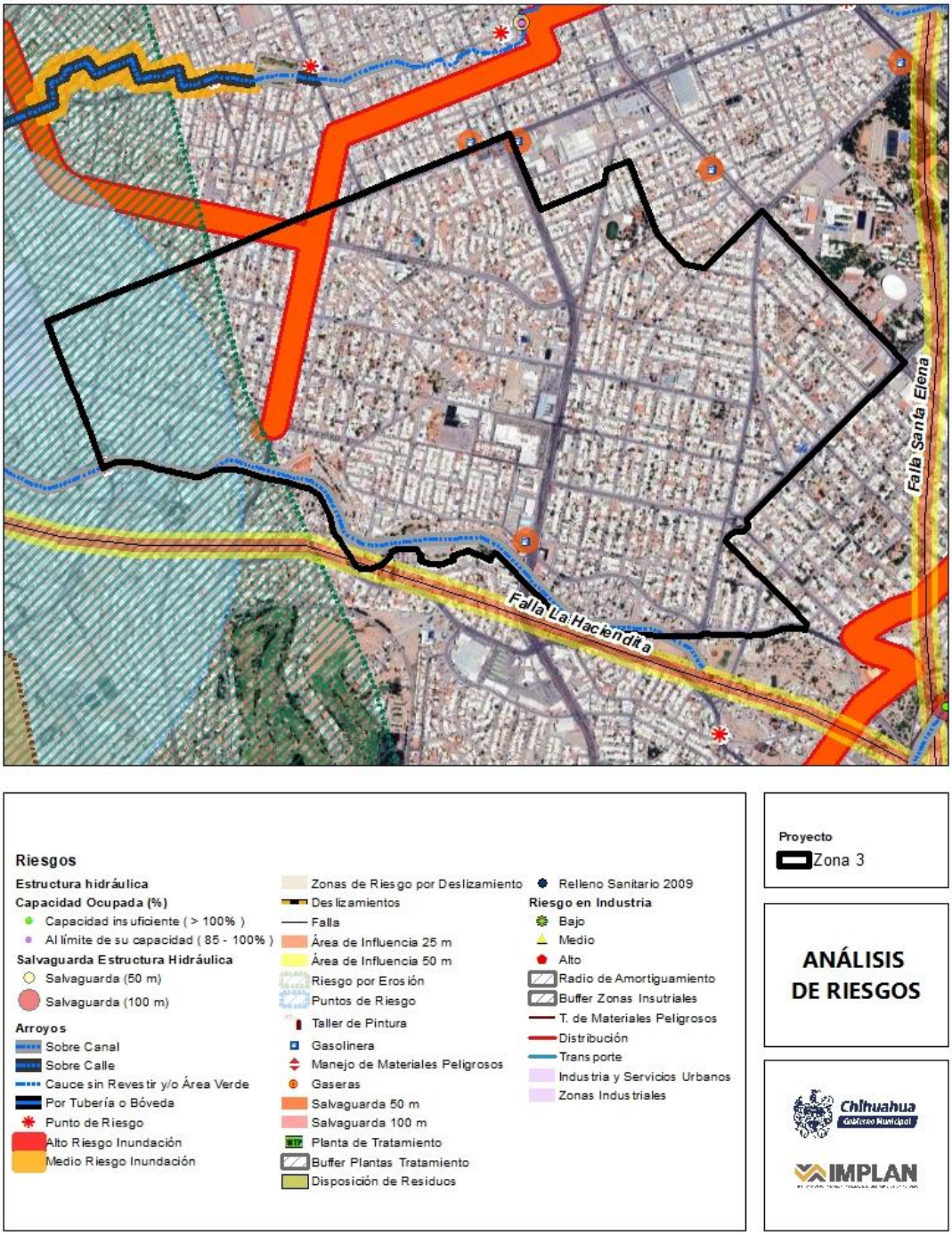


Figura 35 Análisis de Riesgos en la Zona 3 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.3.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 45 escuelas
        - 16 prescolares
        - 15 primarias
        - 7 secundarias
        - 3 escuelas educación media
        - 4 escuelas de educación superior
    - 1 centro religioso
    - 8 centros de Asistencia Social
        - 2 asilos
        - 2 centros de atención de enfermedades
        - 3 de grupos vulnerables
        - 1 casa hogar para menores
    - 71 espacios de recreación y deporte:
        - 13 parques
        - 8 jardines
        - 2 triángulo
        - 2 plazas
        - 1 glorieta
        - 1 deportivo
        - 44 camellones
- **Infraestructuras**: En el área de estudio se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100%. Se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad del 80% al 100%.

4.3.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 3 abarca de norte a sur las colonias: colonia Panamericana, Burócrata Estatal, San Felipe V etapa, Leones Universidad, San Felipe IV etapa, Rincón de San Felipe, Progreso, Parques de San Felipe, Parques de San Felipe III etapa, y San Felipe II etapa.

Se encuentra bordeado por la calle Av. De las Américas, Av. George Washington, Av. De la Cantera, calle Rodriguez Gallardo, Av. División del Norte, Av. Universidad, A. Pascual Orozco, calle Ortiz de Campos, calle Francisco Pimentel, calle Filosofía y Blvd. Antonio Ortiz Mena.

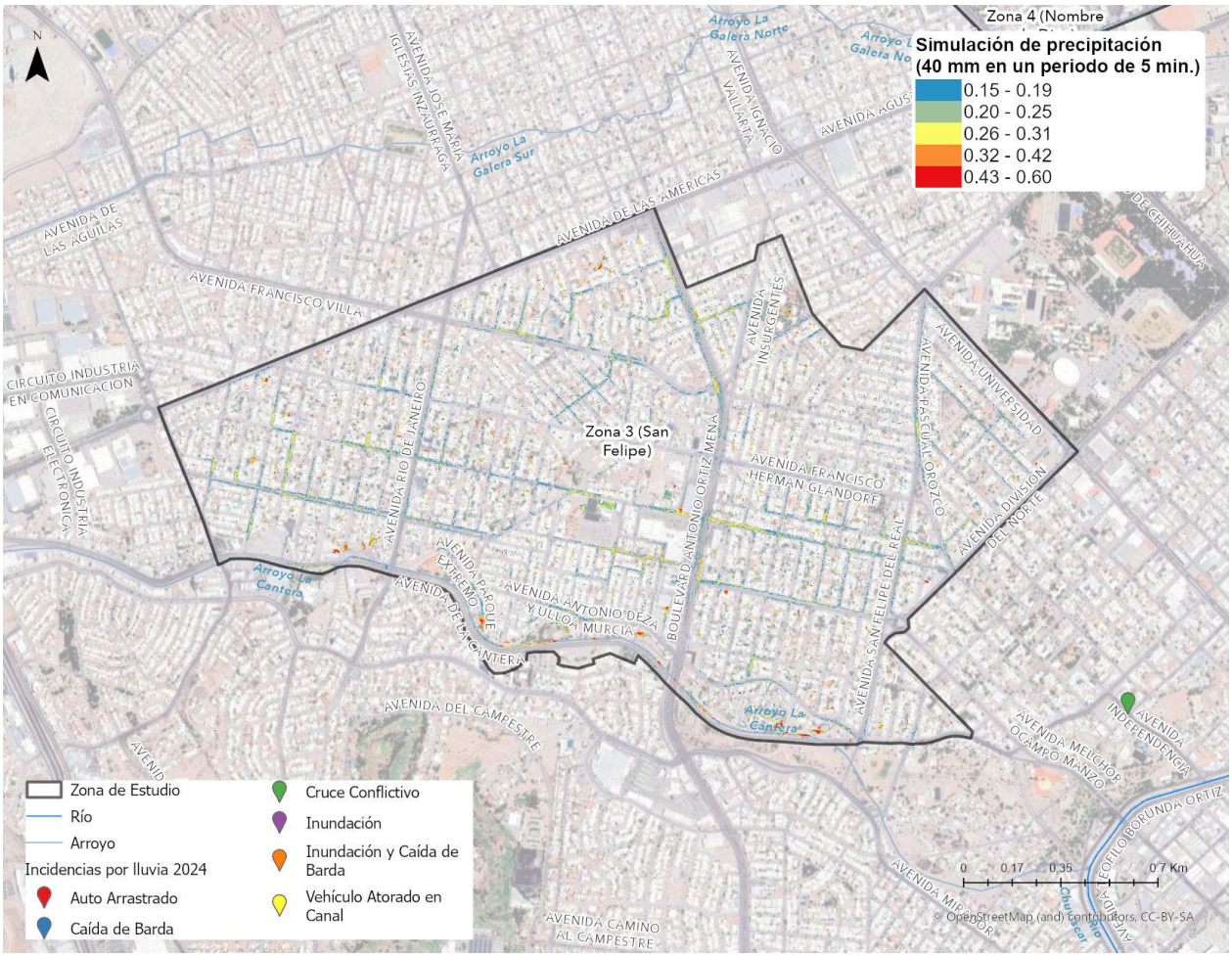


Figura 36 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 3 no se observan puntos de inundación de los niveles más críticos de acumulación de agua, como lo son del 3.8 al 6.0, pero se observan flujos continuos de niveles entre 1.5 y 2.6 sobre vialidades, siendo las más significativas las siguientes:

A) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Av. Juan Antonio Trasviña y Retes (800m) y Av. Antonio de Montes (800m) que se ramifica entre sus calles transversales, como la calle República de Cuba, Republica de Argentina, República de Uruguay y República del Brasil. Se visualiza un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de Av. Antonio de Montes y Republica de Uruguay.

B) Inicia un flujo acumulativo de agua en la calle Av. Francisco Villa (540m) y algunas calles transversales, como la Rep. Mexicana, Laguna de Bustillos y Laguna de Frailes. Se visualiza un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de Av. Francisco Villa y Blvd. Antonio Ortiz Mena.

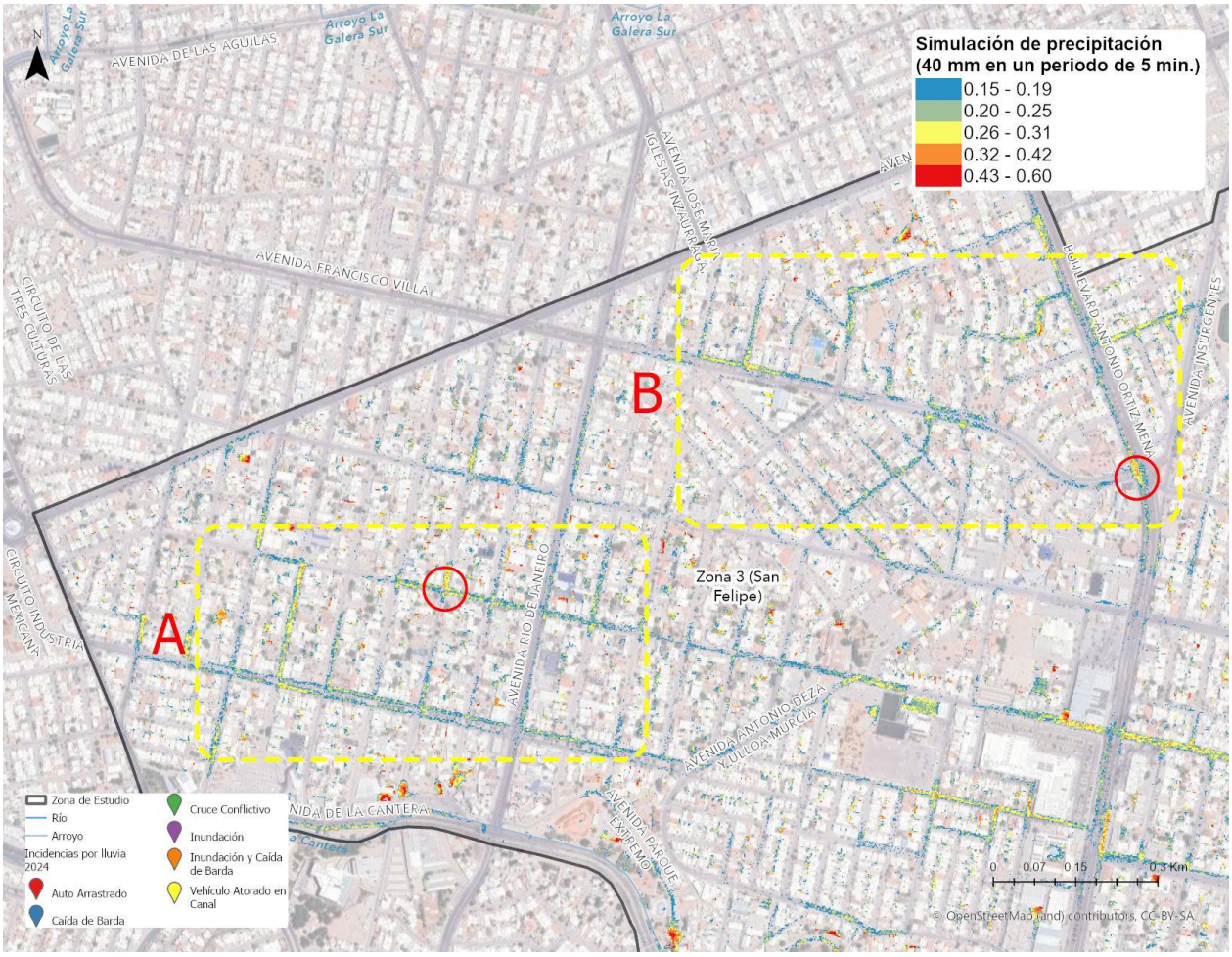


Figura 37 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Panamericana, Burócrata Estatal y San Felipe V etapa (Tiscareño, 2024).

En la región Sur del área de estudio de la Zona 3 no se observan puntos de inundación de los niveles más críticos de acumulación de agua, como lo son del 3.8 al 6.0, pero se observan flujos continuos de niveles entre 1.5 y 2.6 sobre vialidades, siendo las más significativas las siguientes:

A) Continua el flujo acumulativo de agua en la calle Av. Juan Antonio Trasviña y Retes (700m) y Av. Antonio de Montes (1000m) que se ramifica entre sus calles transversales. Se visualiza un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de Av. Antonio de Montes

y calle Leones. Se visualiza un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de Av. Pascual Orozco y calle A. F. Carbonel.

B) Se observan inundaciones puntuales sobre la calle Arroyo de la Cantera y un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de calle Arroyo de la Cantera y calle 9 de octubre.

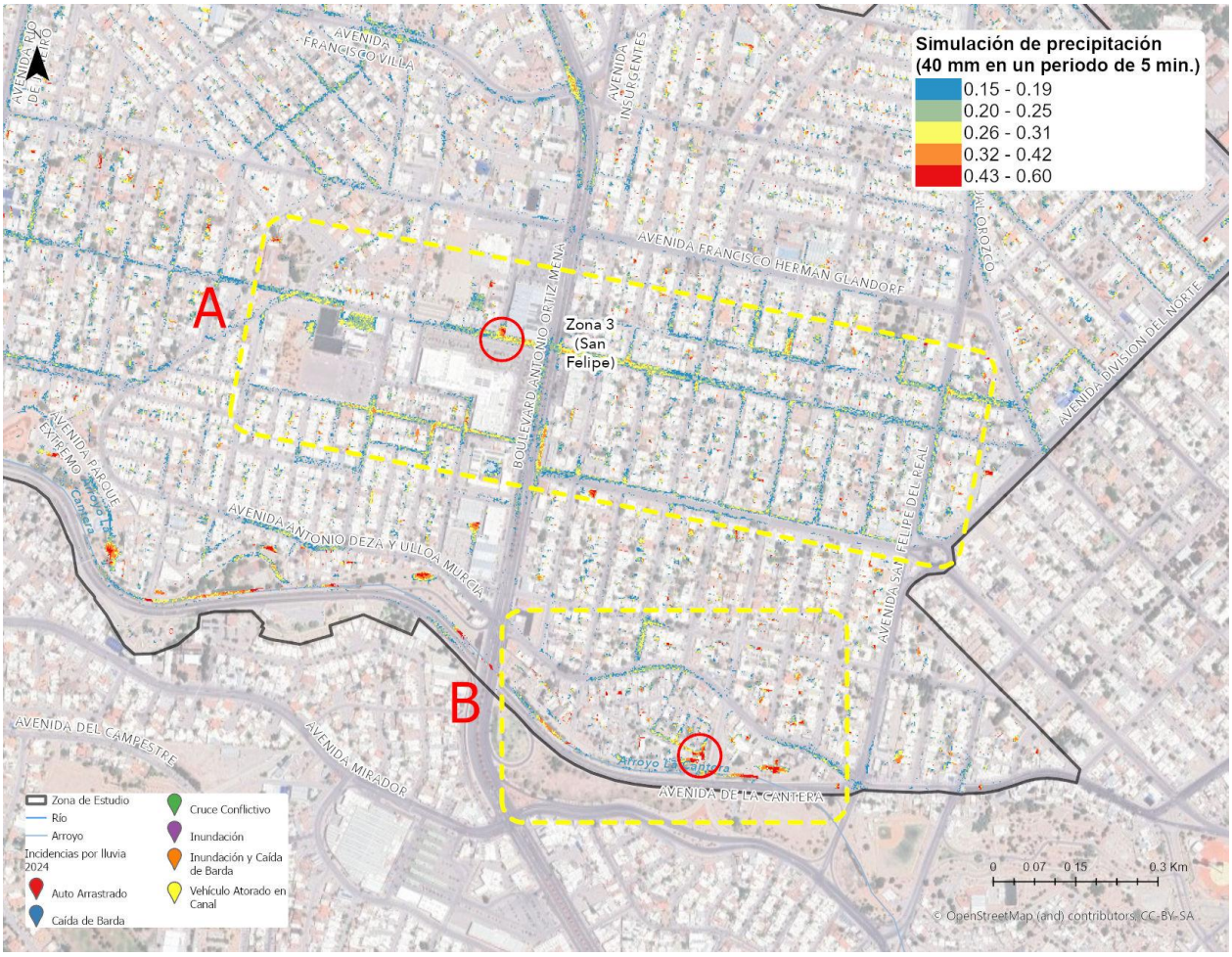


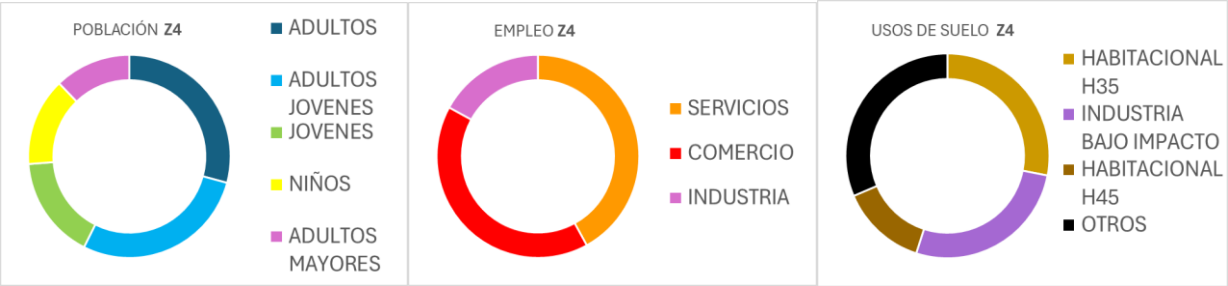
Figura 38 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 3 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Rincón de San Felipe, Progreso y San Felipe II etapa (Tiscareño, 2024).

4.4. Zona 4

4.4.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la “Zona 4” cubre una superficie total aproximada de **372** hectáreas, con una población total de **8,495 personas**. El 29.2% de la población en la zona de estudio es adulta, 28.2% adultos jóvenes, 16.4% jóvenes, 14.0% niños y 12.2% adultos mayores. La Densidad Bruta es de 22.83 habitantes por hectárea.
- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **3,530 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 9.48 viviendas por hectárea.
- **Empleo**: Cuenta con **725 unidades económicas** y 13,803 personal ocupado, siendo los sectores económicos 42% de servicios, 41% de comercio y 17% industria. Predominan las actividades de comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías 24; banca múltiple 19; y salones y clínicas de belleza y peluquerías 15.



- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**152** ha de sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Habitacional H35 con 28.08%, seguido del uso Industria Bajo Impacto con 26.88%, y Habitacional H45 con 13.64%, en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Habitacional H35	42.77	**28.08%**
Industria Bajo Impacto	40.94	**26.88%**
Habitacional H45	20.78	**13.64%**
Equipamiento General	12.48	**8.19%**
Microindustria	9.12	**5.99%**
Comercio y Servicios	7.61	**5.00%**
Zona de Amortiguamiento	4.92	**3.23%**
Recreación y Deporte	4.07	**2.67%**
Industria Alto Impacto	2.66	**1.75%**
Mixto Intenso	2.66	**1.74%**
Habitacional H12	2.11	**1.38%**

Habitacional H25	1.61	**1.06%**
Habitacional H60	0.55	**0.36%**
Habitacional H60+	0.06	**0.04%**
Total general	**152.33**	100.00

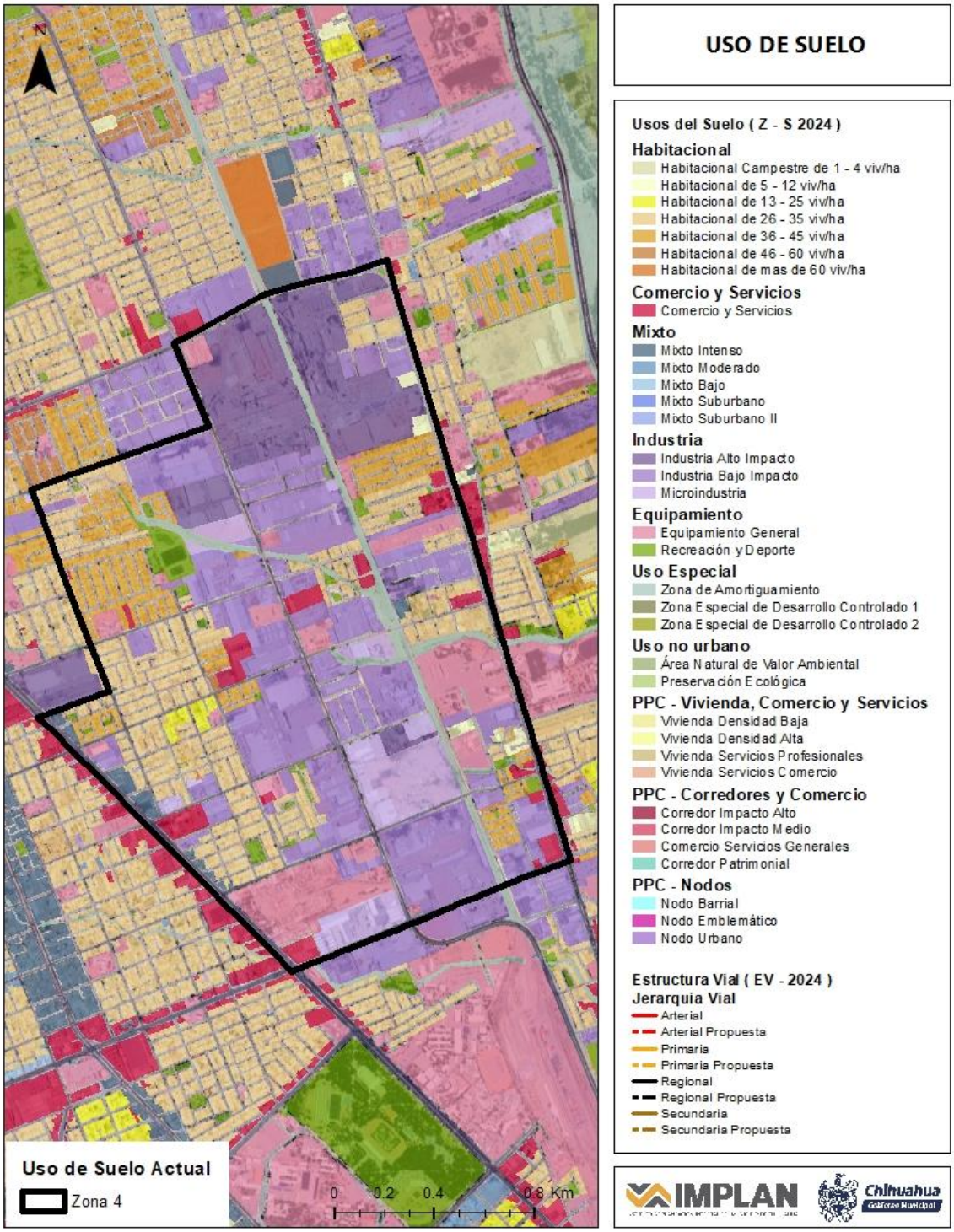


Figura 39 Zonificación Secundaria en la Zona 4 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.4.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 12%.
- **Hidrografía**. Se observa el cauce del arroyo El Mimbre Sur por un canal colector de tierra y el arroyo El Saucito por vialidades, hasta llegar a su intersección dentro del polígono de estudio para continuar por canal colector de tierra. Ambos cruzan el área de estudio de Oeste a Este.
- **Riesgos geológicos**. En el costado Este del área de estudio se observa el trayecto de la Falla Santa Elena.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. Se detectan los escurrimientos del cauce del arroyo El Mimbre Sur y El Saucito, un punto de riesgo por inundación en la colonia Adolfo López Mateos, así como la identificación de estructura hidráulica al límite de su capacidad y con capacidad insuficiente en el transcurso de ambos arroyos.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en el polígono de estudio que existe:
    - 4 gasolineras.
    - 2 gaseras.
    - Presencia predominante de zonas industriales.
    - 16 Puntos de riesgo bajo y medio en Industria y Servicios Urbanos.
    - 2 Zonas de disposición de residuos.
    - 3 Puntos de manejo de materiales peligrosos.
    - El trayecto de un gasoducto en la Av. Venceremos, calle Mercurio, Av. de las Industrias y Av. Agustín Melgar.

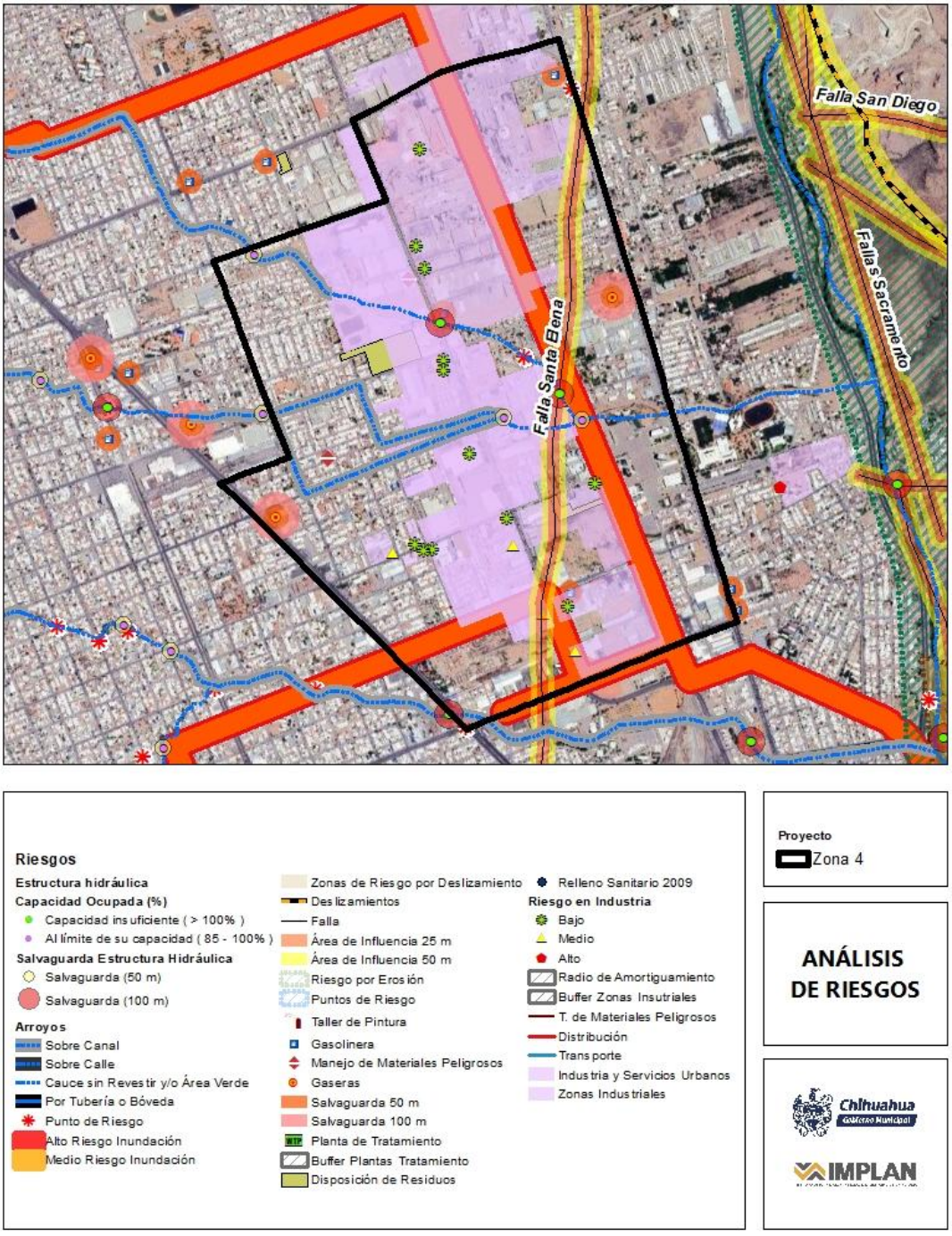


Figura 40 Análisis de Riesgos en la Zona 4 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.4.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 9 escuelas
        - 3 prescolares
        - 3 primarias
        - 1 secundarias
        - 1 escuela educación media
        - 1 escuela de educación superior
    - 3 centro religioso
    - 6 centros de Asistencia Social
        - 2 asilos
        - 1 de grupos vulnerables
        - 1 casa de cuidado diario
        - 2 casas hogar para menores
    - 102 espacios de recreación y deporte:
        - 16 parques
        - 17 jardines
        - 1 triángulo
        - 2 servidumbres
        - 1 plaza
        - 4 deportivos
        - 61 camellones
- **Infraestructuras**: En el área de estudio se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100%. Se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad del 80% al 100%.

4.4.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 4 abarca de norte a sur las colonias: colonia Continental, Adolfo López Mateos, Nombre de Dios, Francisco I. Madero, Abraham González, Satélite, Río Grande y

Reforma. Se encuentra bordeado por la calle Av. H. Colegio Militar, Av. Juan Escutia, Av. De las Industrias, calle Río Aros, Av. Zaragoza, Av. Tecnológico y Av. Agustín Melgar.

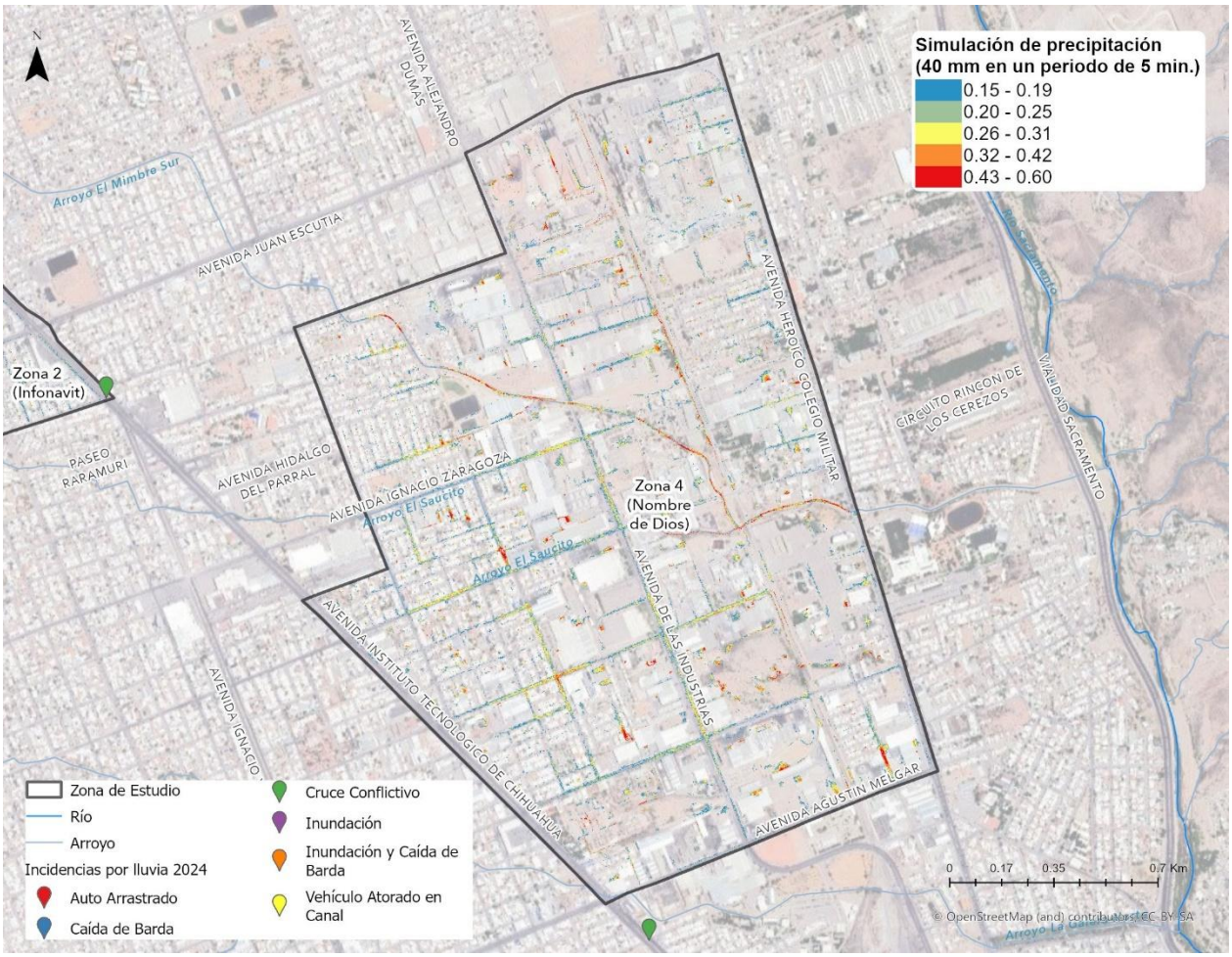


Figura 41 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 4 resalta el trayecto del arroyo El Mimbre donde se observan en su tramo puntos de acumulación de agua de los niveles 4.5 y 6.0, y se observan flujos continuos de niveles entre 1.5 y 3.8 sobre vialidades, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa un flujo acumulativo de agua en el Arroyo El Mimbre (1800m).
B) Se observa un flujo acumulativo de agua en las calles internas de Almacenes Industriales Etapa I y sus cruces con el Ferrocarril.
C) Inicia un flujo acumulativo de agua en las calles Rincón Norteño (640m) y Av. Zaragoza (600m) que se deshaga en el arroyo El Mimbre.

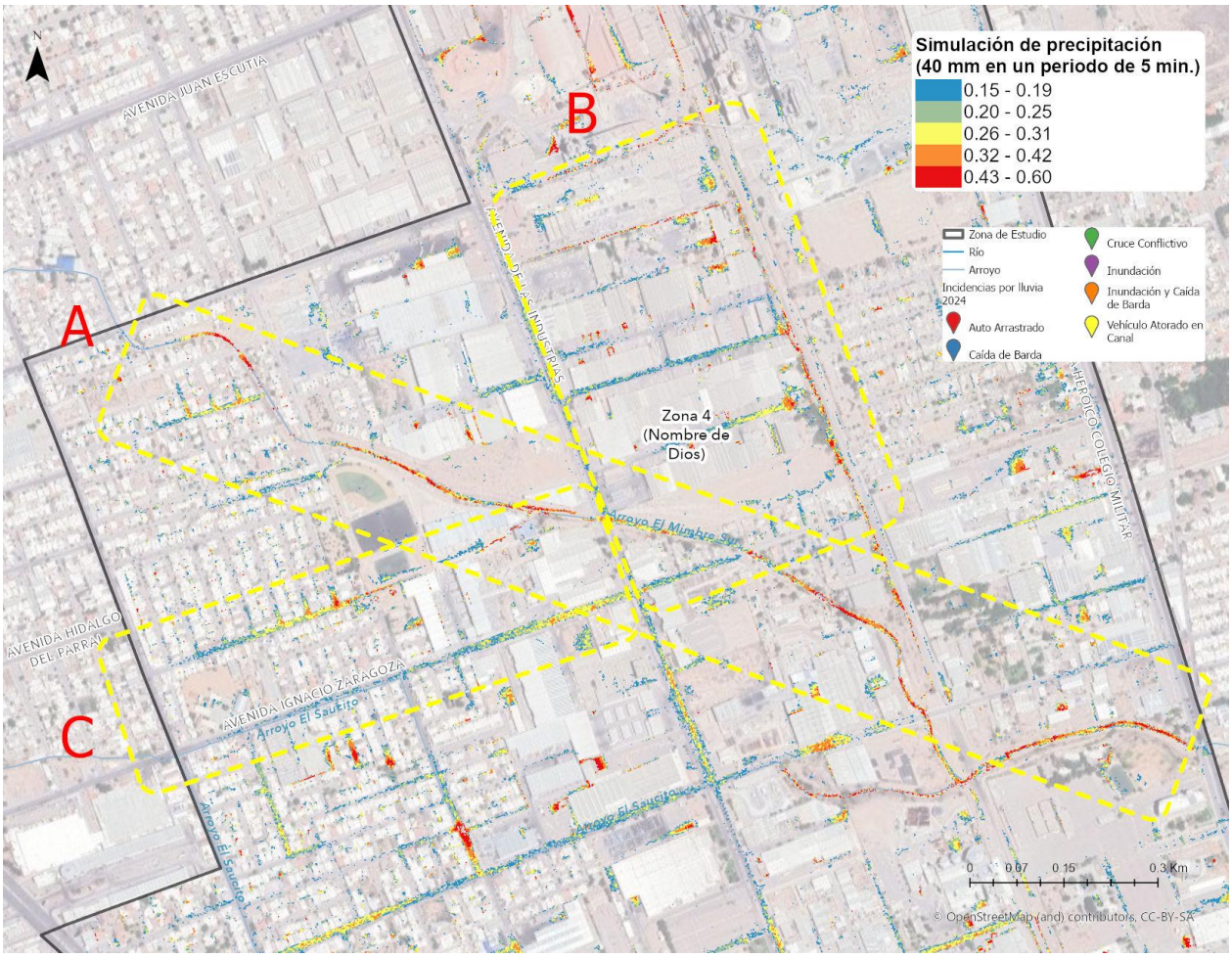


Figura 42 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento arroyo El Mimbre y colonia Adolfo López Mateos (Tiscareño, 2024).

En la región Sur del área de estudio de la Zona 4 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro de la colonia Nombre de Dios, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa un flujo acumulativo de agua en la calle Cosmos (900m) y sus calles transversales. Se visualiza un crucero con posible conflictivo pluvial en la esquina de calle América Latina y calle Filomeno Mata, y la esquina de calle Cosmos y Calle Pino.

B) Se observa un flujo acumulativo de agua en la calle Av. De las Industrias (1,300m) y sus calles transversales. Desahogándose principalmente por la Av. Zaragoza, calle Sicomoro, calle Pino y calle Mercurio.

C) Se observa una acumulación puntual en la calle General Manuel Rincón de la colonia Reforma.

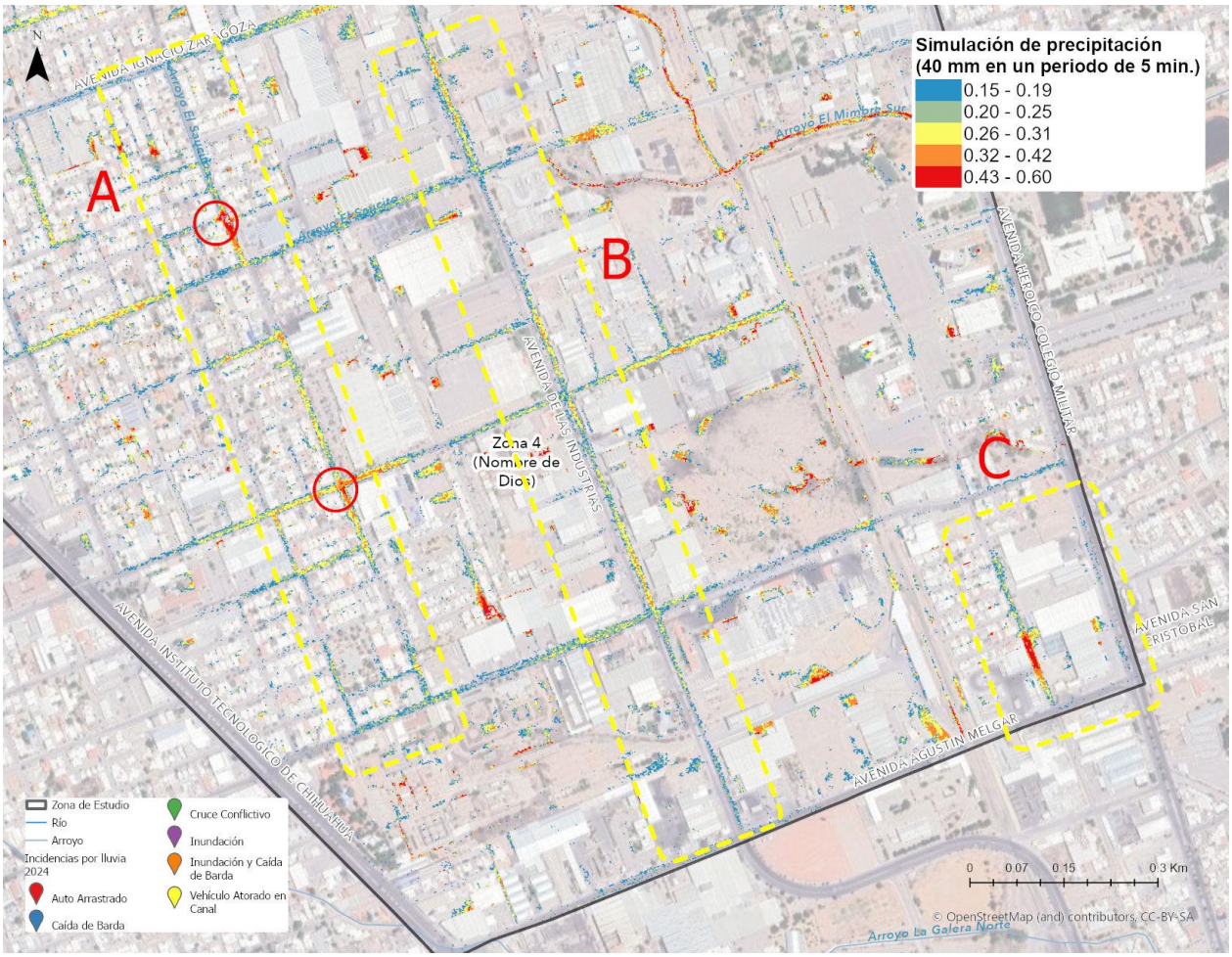


Figura 43 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 4 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Nombre de Dios y Abraham González (Tiscareño, 2024).

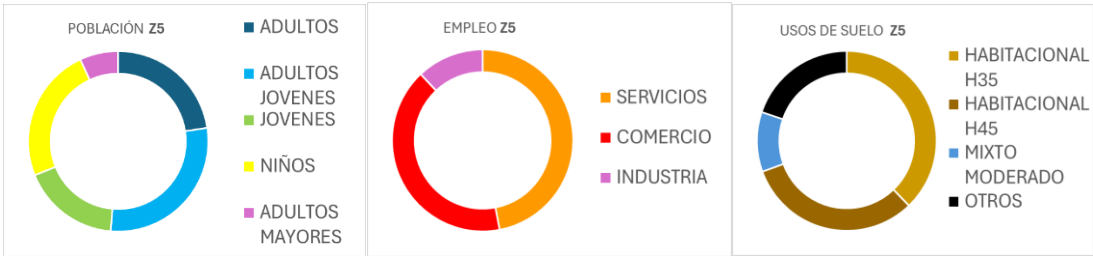
4.5. Zona 5

4.5.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la "Zona 5" cubre una superficie de **1,328 hectáreas** aproximadas, con una población total de **49,356 personas**. El 22.6% de la población en la zona de estudio es adulta, 28.7% adultos jóvenes, 17.5% jóvenes, 24.2% niños y 6.9% adultos mayores. La Densidad Bruta es de 37.16 habitantes por hectárea.

- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **17,117 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 12.88 viviendas por hectárea.
- **Empleo**: Cuenta con **1,450 unidades económicas** y 2,257 personal ocupado, siendo los sectores económicos 47% de servicios, 41% de comercio y 12% industria. Predominan las actividades de comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas 155; salones y clínicas de belleza y peluquerías 88; y comercio al por menor de cerveza 62.



- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**758** ha de superficie sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Habitacional H35 con 37.83%, seguido del uso Habitacional H45 con 31.61%, uso Mixto Moderado con 10.76% y Comercio y Servicios con 9.66%, en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Habitacional H35	287.03	37.83%
Habitacional H45	239.82	31.61%
Mixto Moderado	81.61	10.76%
Comercio y Servicios	73.31	9.66%
Mixto Bajo	29.21	3.85%
Equipamiento General	15.52	2.05%
Habitacional H60+	14.85	1.96%
Recreación y Deporte	9.85	1.30%
Zona de Amortiguamiento	4.26	0.56%
Industria Bajo Impacto	2.18	0.29%
Mixto Intenso	0.63	0.08%
Habitacional H60	0.51	0.07%
Total general	**758.78**	100.00

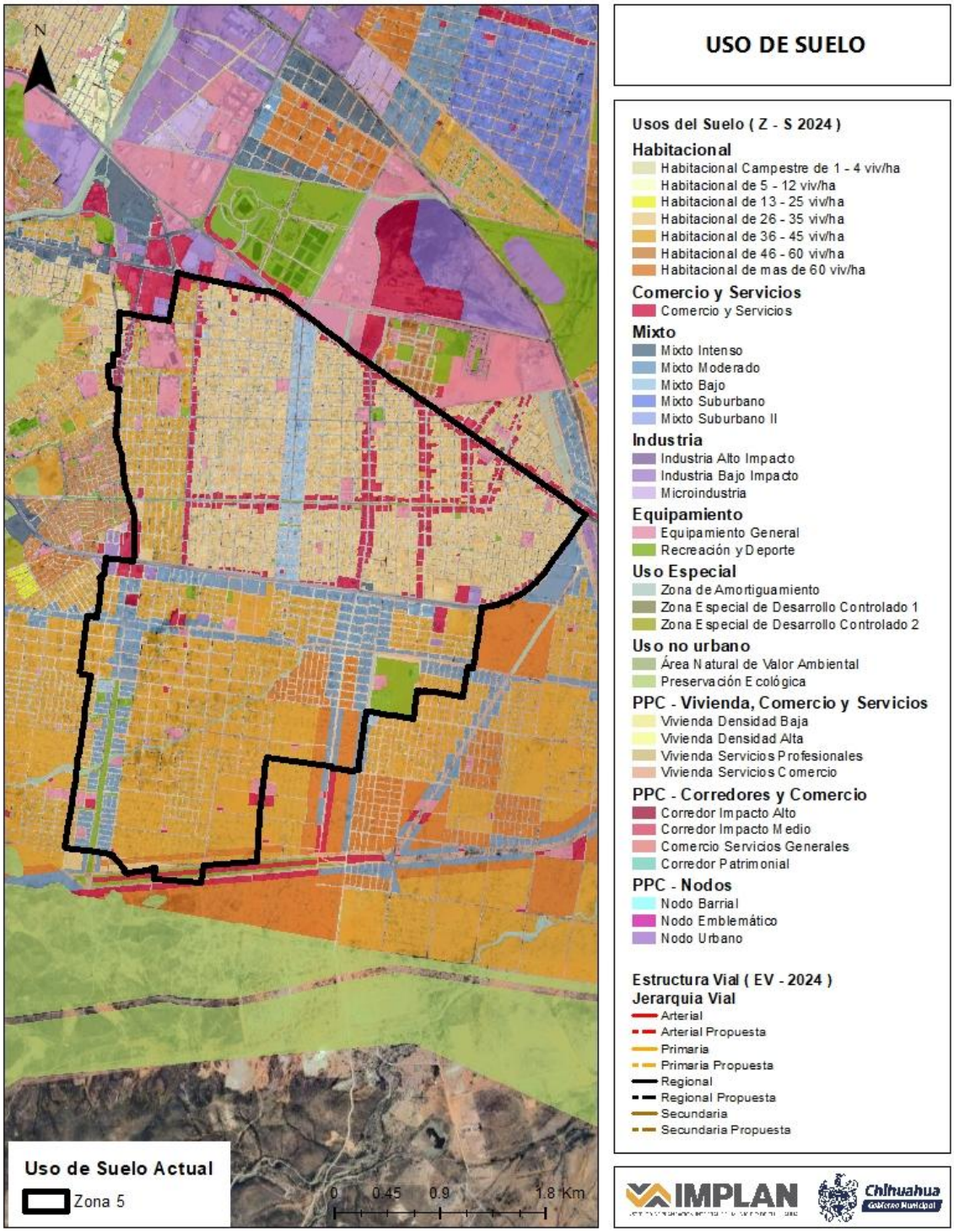


Figura 44 Zonificación Secundaria en la Zona 5 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.5.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 12%.
- **Hidrografía**. Se observa el cauce del arroyo Las Norias y el arroyo Concordia que transcurren por vialidades y encauzamientos de tierra de Sur a Norte y de Sur a Este.
- **Riesgos geológicos**. En el costado Norte del área de estudio se observa el trayecto de la Falla El Rejón y en el costado Sur del área de estudio se observa el trayecto de la Falla Sacramento.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. Se detectan los escurrimientos del cauce del arroyo Las Norias y arroyo Concordia, tres puntos de riesgo por inundación en la colonia División del Norte II etapa y División del Norte III etapa.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en el polígono de estudio que existe:
    - 2 gasolineras.
    - 1 gasera.
    - 1 Zona de disposición de residuos.

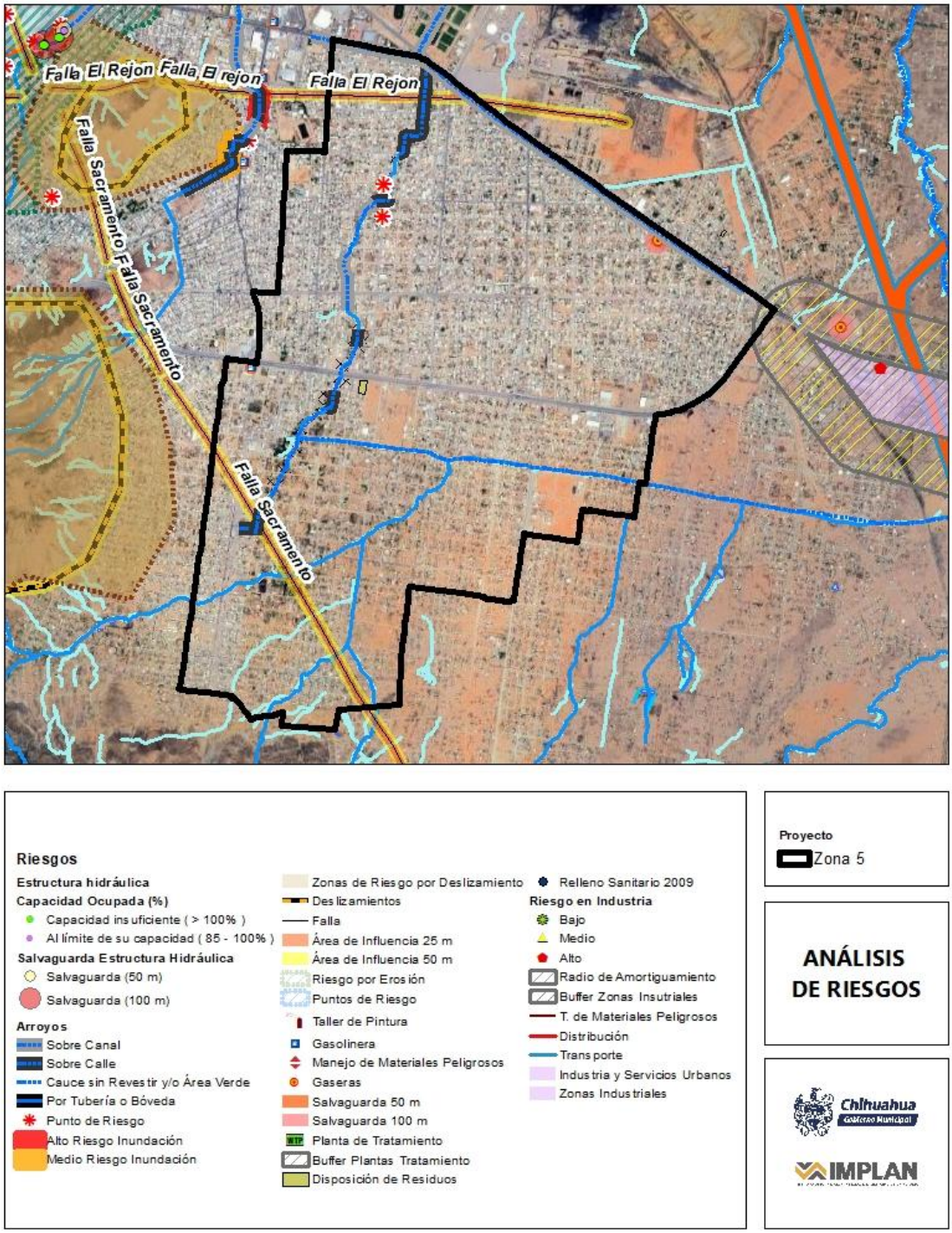


Figura 45 Análisis de Riesgos en la Zona 5 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.5.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 36 escuelas
        - 10 prescolares
        - 18 primarias
        - 6 secundarias
        - 2 escuela educación media
    - 11 centro religioso
    - 23 centros de Asistencia Social
        - 1 asilos
        - 4 centros comunitarios
        - 2 centros de rehabilitación
        - 14 casas de cuidado diario
        - 2 velatorios
    - 59 espacios de recreación y deporte:
        - 13 parques
        - 8 jardines
        - 38 camellones
- **Infraestructuras**: Esta zona no se encuentra completamente consolidada, por lo que la cobertura de servicios es variable. En el 60% del área de estudio se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100%, el resto del área del 0% al 40%. En el 90% del área de estudio se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad del 80% al 100%, y el resto del área del 0% al 60%.

4.5.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 5 abarca de norte a sur las siguientes colonias: En su bloque Norte, bordeado por el Blvd. José Fuentes Mares y el Perif. R. Almada, las colonias Villa Juárez, División del Norte II etapa, División del Norte III etapa, Libertad, Rigoberto Quiroz, Servidor Agrario, Felipe Ángeles 2, Plan de Ayala y Ricardo Flores Magón; y en su bloque Sur, entre el Perif. Francisco R. Almada y el límite sur de la mancha urbana, las colonias 3 de Mayo, Casa

Blanca, Toribio Ortega, Granjas Cerro Grande, Los Llanos, Ejidal y Vistas Cerro Grande. Se encuentra bordeado por la calle Av. H. Colegio Militar, Av. Juan Escutia, Av. De las Industrias, calle Río Aros, Av. Zaragoza, Av. Tecnológico y Av. Agustín Melgar.

Esta zona de estudio es atravesada por el arroyo Concordia, arroyo Las Norias y arroyo La Laborcita. Se puede observar en el polígono de estudio acumulaciones a lo largo de los arroyos de niveles Medios a Altos y acumulaciones dispersas a lo largo de algunas vialidades de niveles Bajos. Es importante resaltar que más de la mitad de las secciones viales de este polígono de estudio no están pavimentadas pudiendo presentar más infiltración.

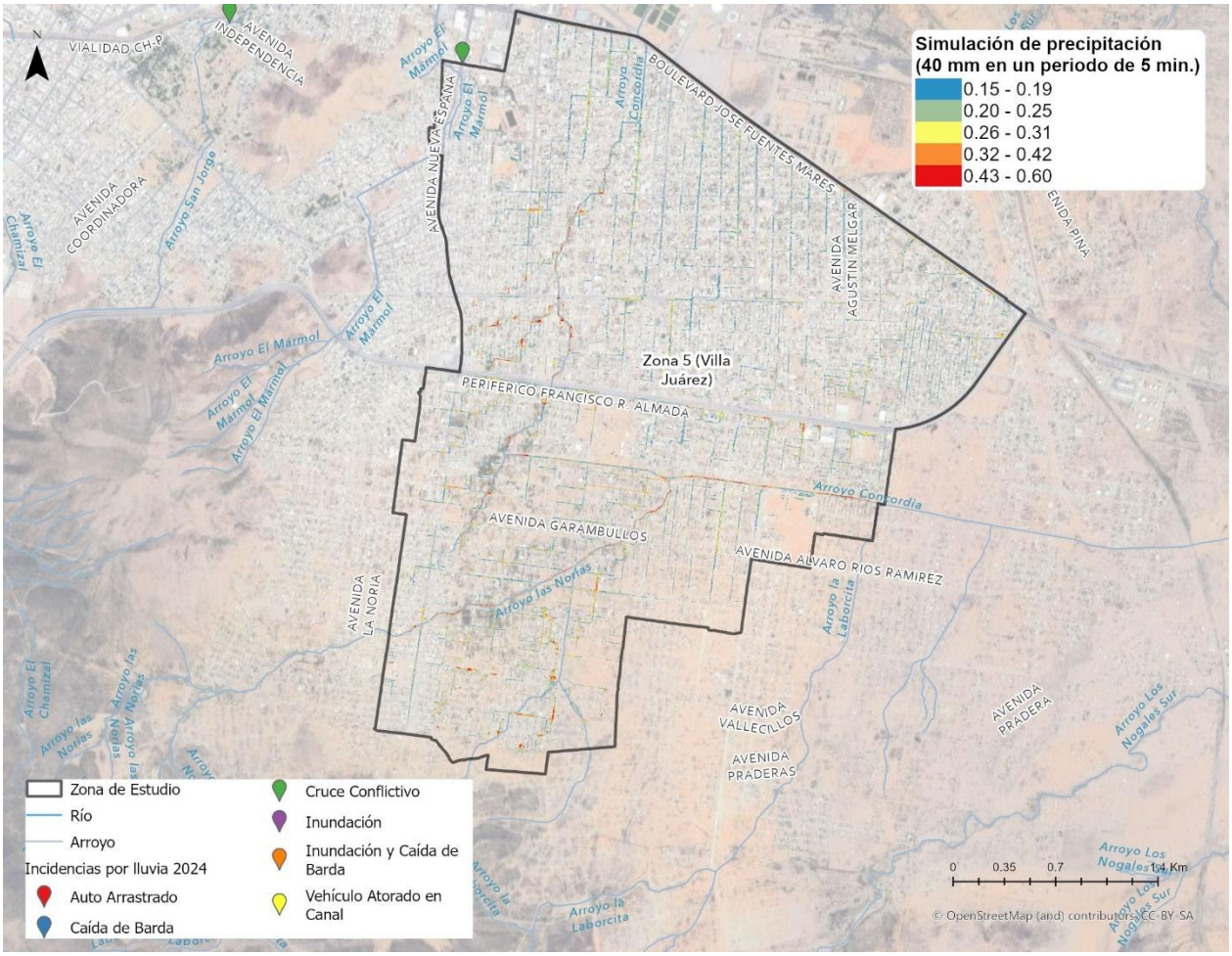


Figura 46 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 5 se pueden observar vialidades con problemas de inundación dentro de la colonia División del Norte II etapa y División del Norte III etapa por el

transcurso del arroyo Concordia que fluye por las vialidades y entre las manzanas, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa el flujo acumulativo del arroyo Concordia que afecta las siguientes calles: desde la calle Francisco de Saucedo o calle 15ª, calle Francisco Villa, calle Onceava, cruza entre manzanas atravesando la calle Marín López, cruza por manzanas hasta la calle Tercera, calle López Mateos, calle 14ª, calle Soto y Gama.

   Se observa un flujo continuo por la calle Soto y Gama aunque de niveles Bajos, desde la calle Onceava hasta llegar al Blvd. Jose Fuentes Mares, y un proceso similar en calles paralelas a esta: calle Francisco Sarabia, calle Ángel Posada, calle Emiliano Zapata, y calle 16 de septiembre.

   Con algunos puntos conflictivos en los siguientes cruces: calle Tercera esquina con calle Guadalupe Victoria, calle Quinta esquina con calle Niños Héroes, y calle Novena esquina con calle Martín López (como se observa en las siguientes imágenes). A la par en el costado Oeste, se observa acumulación de agua en la calle Quinta, entre la calle Miguel Trillo y calle Felipe Ángeles.

B) Se observa el flujo acumulativo en la calle Niños Héroes, desde la calle 10ª a la calle 20ª.

C) Se observa el flujo acumulativo en la calle 15ª, entre la calle López Mateos y calle Kennedy,

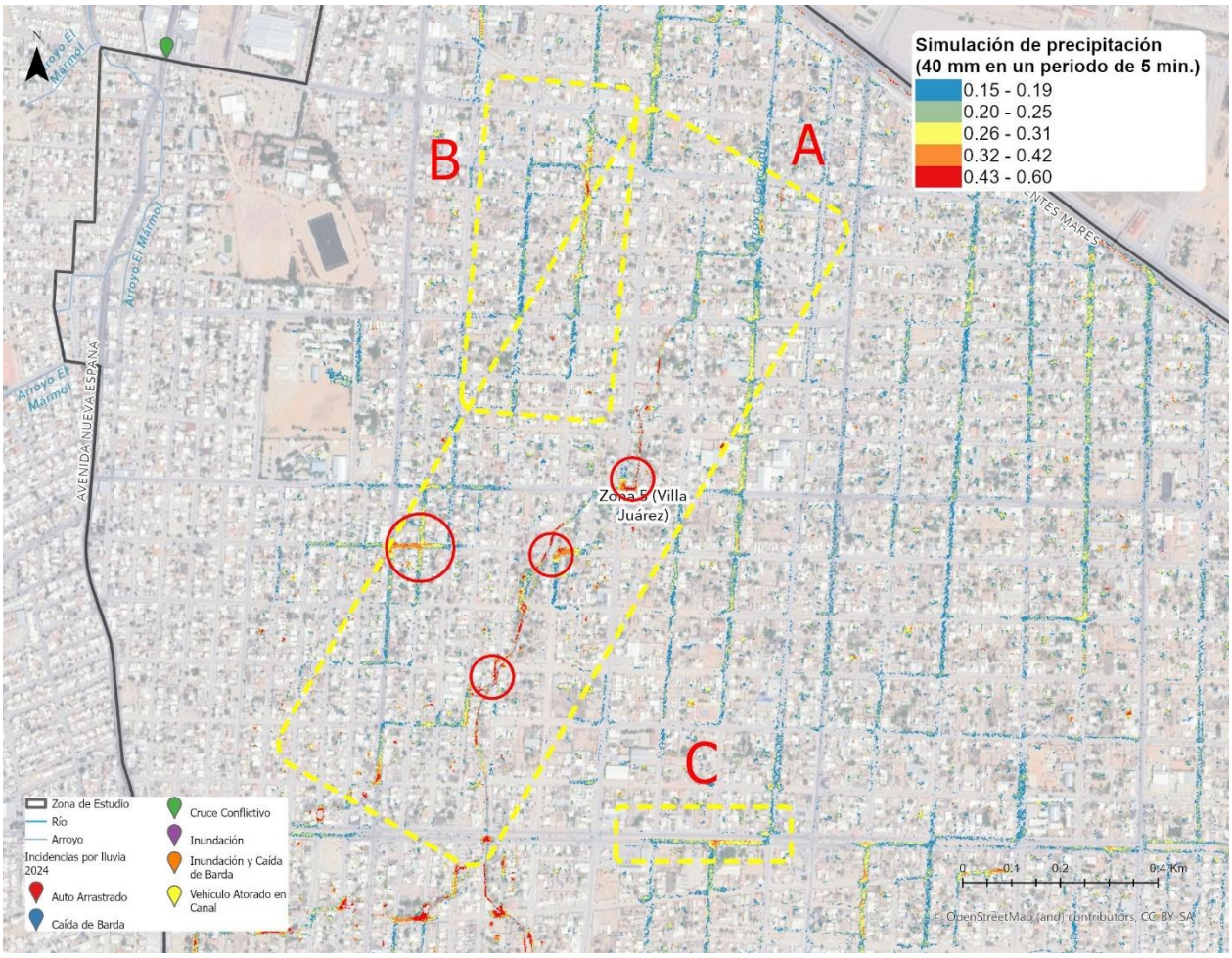


Figura 47 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia División del Norte II etapa y División del Norte III etapa (Tiscareño, 2024).



Figura 48 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en la calle Tercera, casi esquina con calle Guadalupe Victoria.



Figura 49 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia por debajo de la calle Quinta, en el cruce de calle Niños Héroes.



Figura 50 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el cruce de calle Novena y calle Martín López.

En la región Este del área de estudio de la Zona 5 se pueden observar algunas vialidades con problemas de acumulación de niveles Bajos y Medios, dentro de la colonia Villa Juárez, Libertad, Servidor Agrario y Felipe Ángeles 2, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa un flujo acumulativo en el Blvd. Jose Fuentes Mares, desde la calle Francisco I. Madero hasta el Perif. Francisco R. Almada.
B) Se observa un flujo acumulativo en la calle 15ª, desde la calle López Mateos hasta la calle Abraham González.
C) Se observa un flujo acumulativo en la calle Pablo López, desde la calle Miguel Hidalgo hasta el Perif. Francisco R. Almada y en la calle Brigada de Morelos.
D) Se observa un flujo acumulativo en la calle 15 de Enero, desde la calle Enrique Flores Magón hasta el Perif. Francisco R. Almada y en la calle Vicente Guerrero, desde la calle 8 de Enero hasta la calle Ricardo Flores Magón.

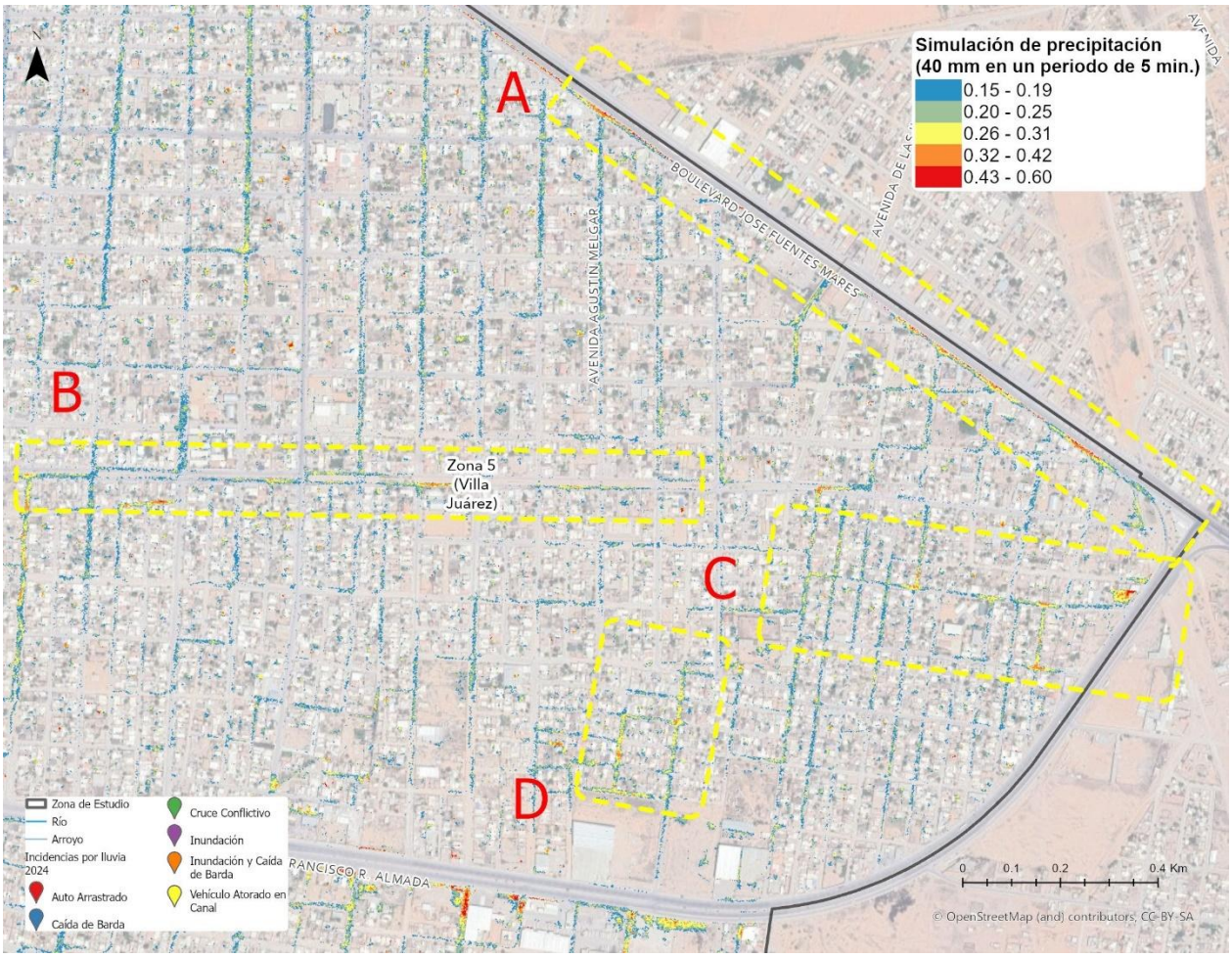


Figura 51 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Villa Juárez, Libertad, Servidor Agrario y Felipe Ángeles 2 (Tiscareño, 2024).

En el bloque Central de esta zona de estudio, Zona 5, se observa el recorrido del arroyo Concordia por la colonia Granjas Cerro Grande y el recorrido del arroyo Las Norias por la colonia Los Llanos hasta unirse ambos en la calle Dinosaurio, calle 43 y calle Primera, para continuar su camino por la calle Dinosaurio.

A) Se observan algunos índices de acumulación Media en el trayecto del Arroyo Concordia que en su mayor parte en esta sección transcurre entre manzanas, hasta cruzar el Perif. Francisco R. Almada por debajo de la vialidad, entre la calle Avelina Gallegos y la calle Niños Héroes. Sobre este cruce del lado Sur se observa la instalación de un centro llantero y está libre del lado Norte de la vialidad.

B) Se observan índices de acumulación alta en algunos puntos de la calle 31ª y acumulación media a todo lo largo de su trayecto. Se observan tramos de acumulación media en la

calle Primera, Segunda, Tercera, Cuarta, Quinta y Sexta en las secciones de calle que más se aproximan a su descarga al arroyo las Norias que se ubica al Este.

C) Se observan índices de acumulación media a alta en todo el trayecto del Arroyo las Norias, que en su mayor parte fluctúa entre manzanas a lo largo de todo el polígono de estudio. El tramo natural de este arroyo finaliza en el cruce de las calles Dinosaurio, Primera, Llano del Carrizal y calle 43, continuando el flujo por la calle Dinosaurio. Se observan cruces conflictivos por acumulación media a alta en las calles Séptima y calle Pinavetes.

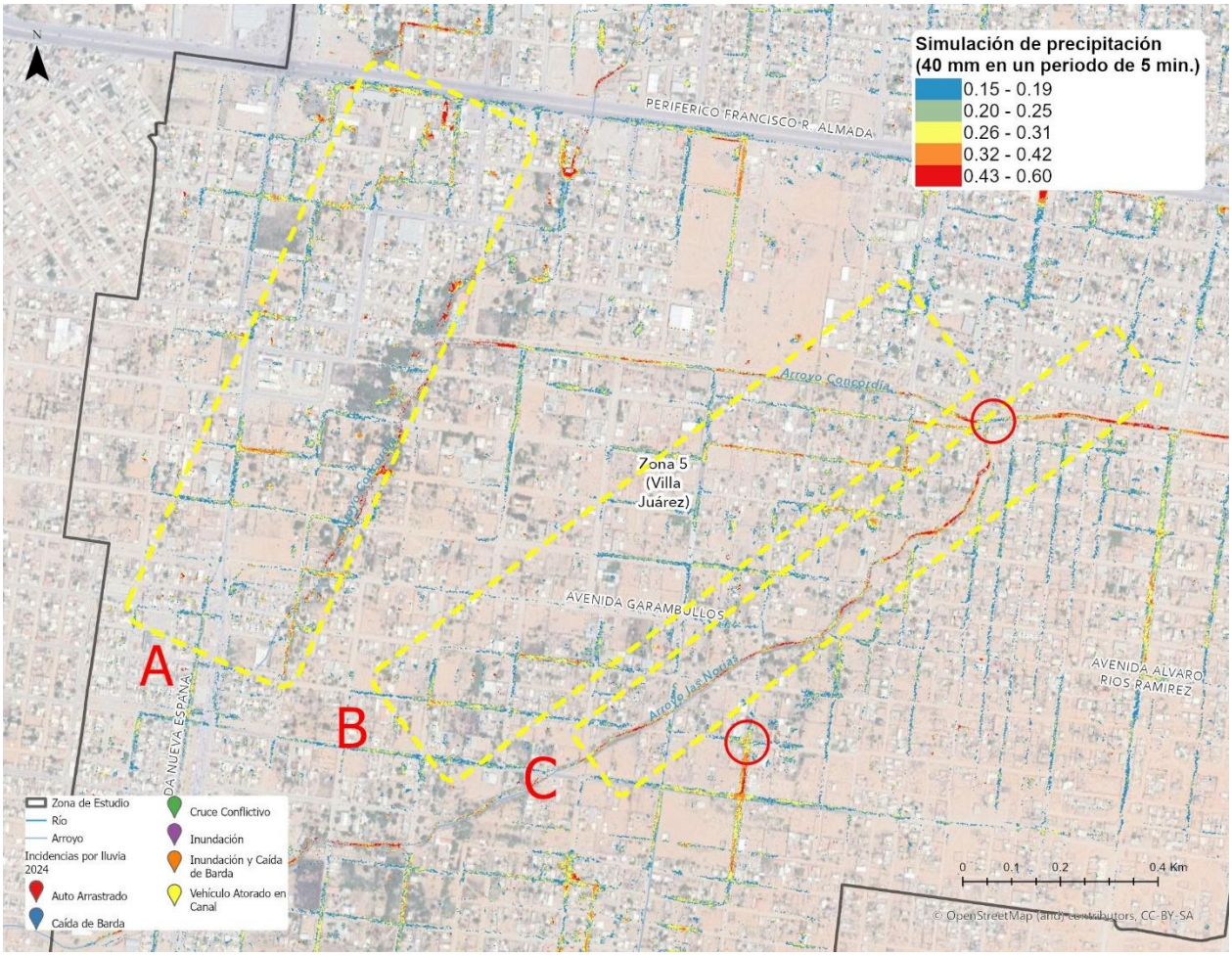


Figura 52 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Granjas Cerro Grande y Los Llanos (Tiscareño, 2024).



Figura 53 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el Perif. Francisco R. Almada hacia el lado Norte de la vialidad.

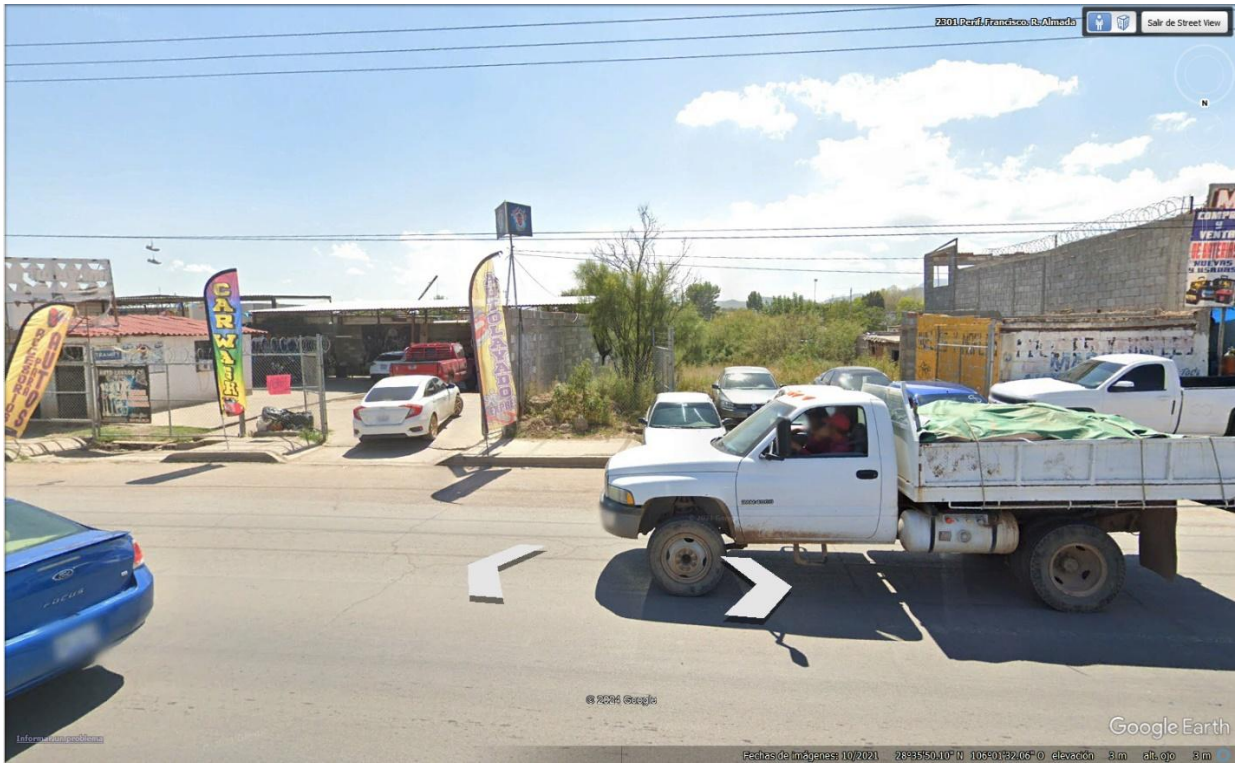


Figura 54 Imagen Google Earth (Street View) del cauce del arroyo Concordia en el Perif. Francisco R. Almada hacia el lado Sur de la vialidad.

En la región Ser Este del área de estudio de la Zona 5 se puede observar el recorrido del flujo del arroyo Concordia y las Norias dentro de la colonia Casa Blanca, Toribio Ortega, Valle Dorado, Los Llanos y Ejidal, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observa un flujo acumulativo de nivel bajo y medio en las calles Lucio Neto, Jesús Rentería, Av. Neandertal, Ramapitecus, Plesiosaurio, Torosaurio, Tiranosaurio, e Iguanodonte. Convirtiéndose en índices de acumulación alta en la medida que se acercan al Periférico Francisco R. Almada.

B) Se observan índices de acumulación media a alta en todo el transcurso de la calle 31ª y calle Dinosaurio que cruzan a lo largo de todo el polígono de estudio.

C) Se observan índices de acumulación baja a media en el transcurso de la calle 16 de Septiembre, calle 6 de Enero, y Av. Neandertal en su tramo más próximo a calle Dinosaurio.

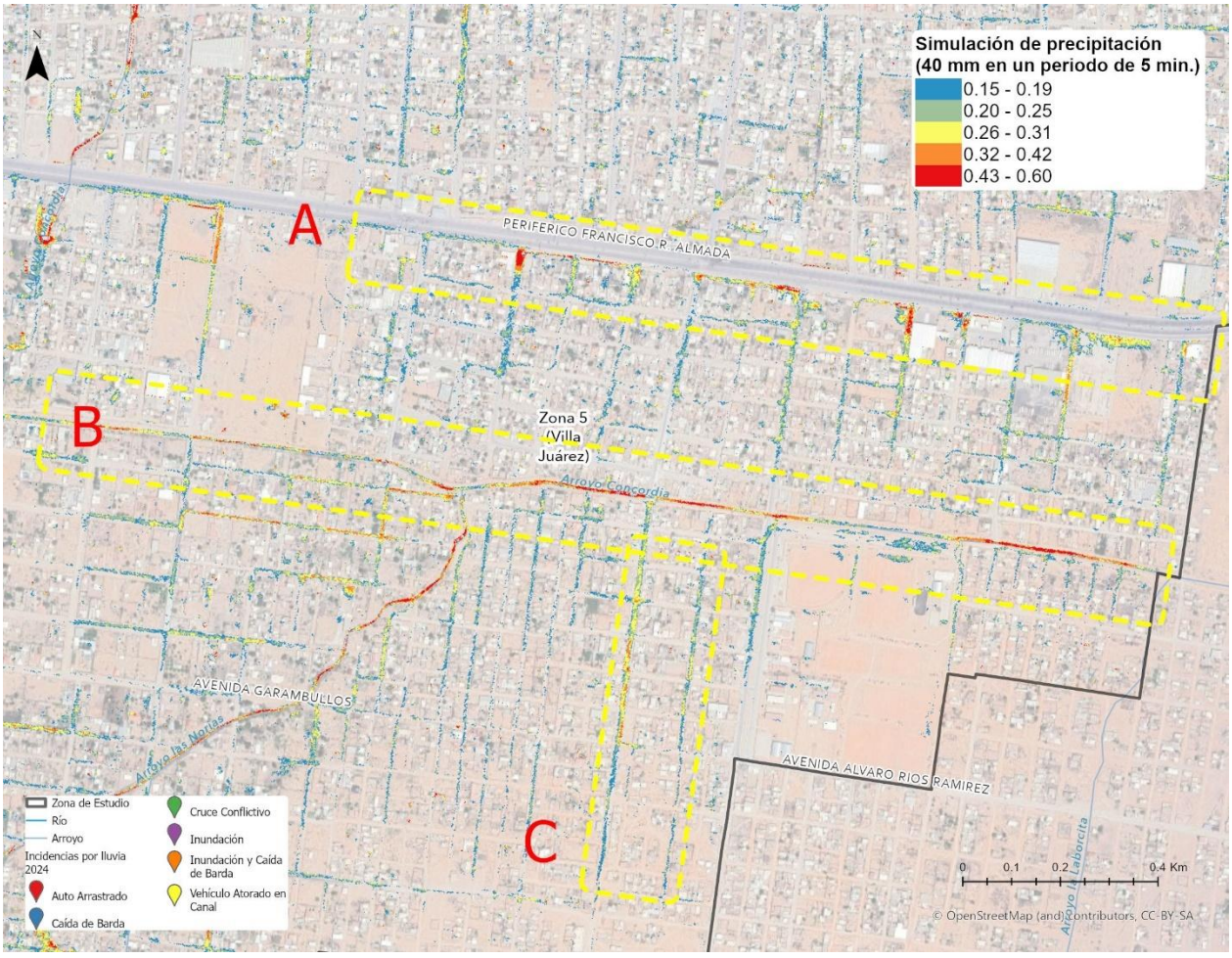


Figura 55 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos.

Acercamiento colonia Toribio Ortega, Los Llanos y Valle El Dorado (Tiscareño, 2024).

En la región Sur del área de estudio de la Zona 5 se puede observar el recorrido del flujo del arroyo las Norias dentro de la colonia Vistas Cerro Grande, siendo las más significativas las siguientes:

A) Se observan índices de acumulación baja a alta en todo el trayecto del Arroyo las Norias, que en su mayor parte fluctúa entre manzanas a lo largo de todo el polígono de estudio. Se identifica un flujo acumulativo de bajo a medio en el tramo Oeste de la Av. Nueva España y a lo largo de la calle Séptima.
B) Se observan índices de acumulaciones puntuales medias y altas en la calle 70.
C) Se observan índices de acumulaciones puntuales medias y altas en las calles 76, Táscates, Álamos y calles intermedias sin nombre.

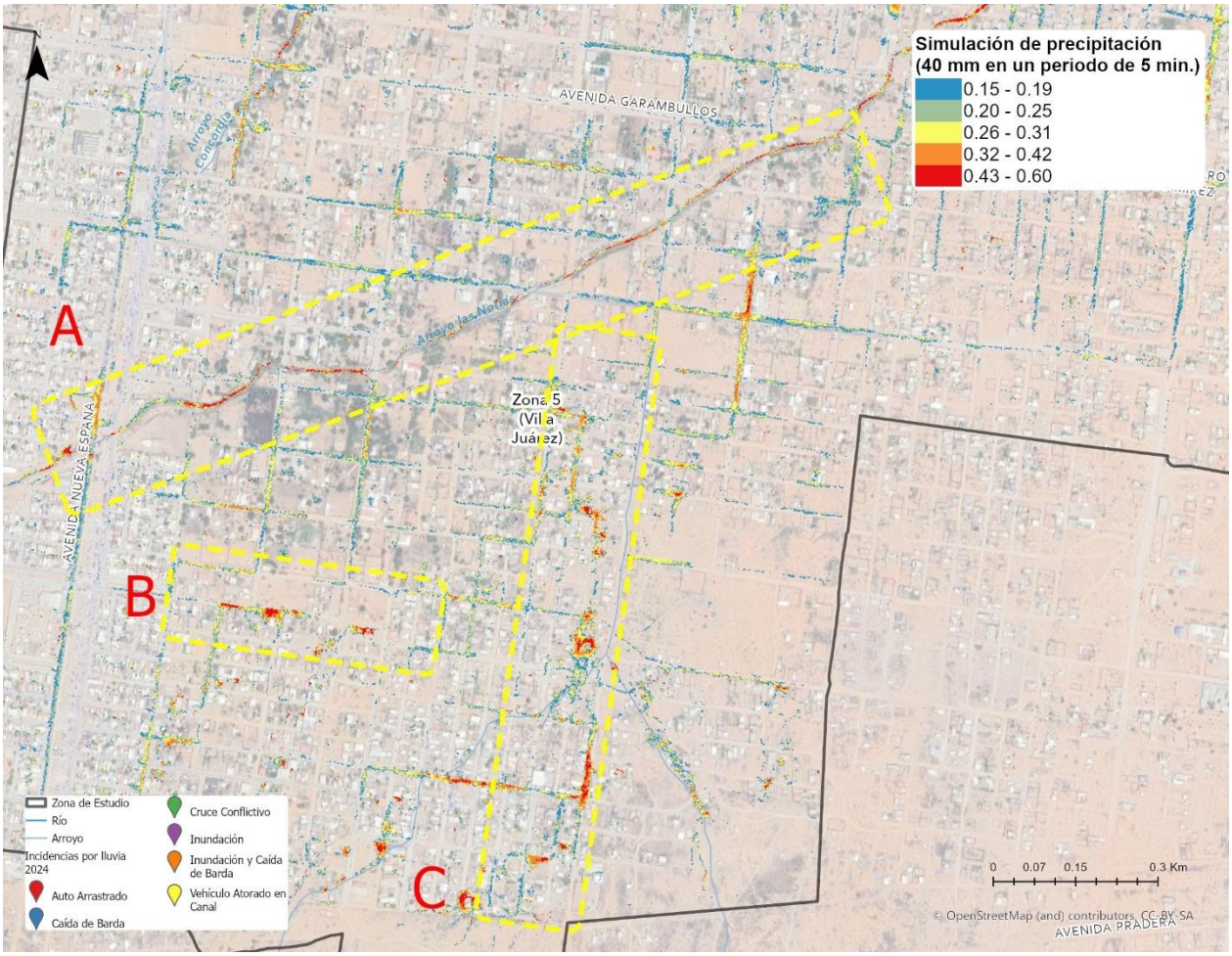


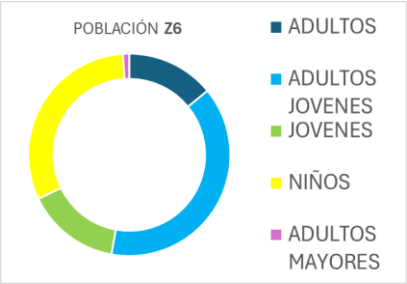
Figura 56 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 5 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Vistas Cerro Grande, Ladrilleras y Jorge Barousse (Tiscareño, 2024).

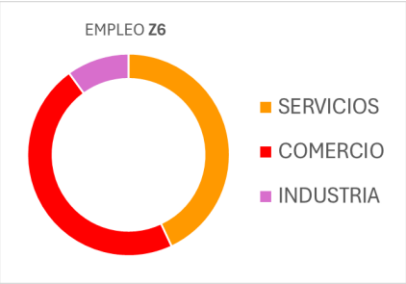
4.6. Zona 6

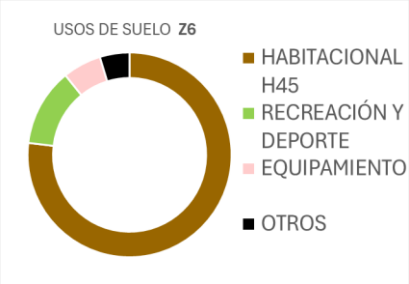
4.6.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la "Zona 6" cubre una superficie de **492 hectáreas** aproximadas, con una población total de **12,334 personas**. El 14.1% de la población en la zona de estudio es adulta, 38.8% adultos jóvenes, 15.0% jóvenes, 31.2% niños y 1.0% adultos mayores. La Densidad Bruta es de 25.06 habitantes por hectárea.
- **Vivienda**: En el polígono de estudio se observan **5,110 viviendas totales**, y la Densidad Bruta es de 10.38 viviendas por hectárea.
- **Empleo**: Cuenta con **160 unidades económicas** y 3,985 personal ocupado, siendo los sectores económicos 47% de comercio, 43% de servicios y 10% industria. Predominan las actividades de comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas 21; salones y clínicas de belleza y peluquerías 16; y comercio al por menor en minisúper 10.







- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**128** ha de superficie sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo Habitacional H45 con 76.87%, seguido del uso Recreación y Deporte con 12.30%, y Equipamiento General con 6.13%, en su respectivo orden.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Habitacional H45	98.51	76.87%
Recreación y Deporte	15.77	12.30%
Equipamiento General	7.85	6.13%

Comercio y Servicios	3.25	2.54%
Zona de Amortiguamiento	0.99	0.78%
Industria Bajo Impacto	0.93	0.73%
Mixto Moderado	0.84	0.66%
Total general	**128.14**	100.00

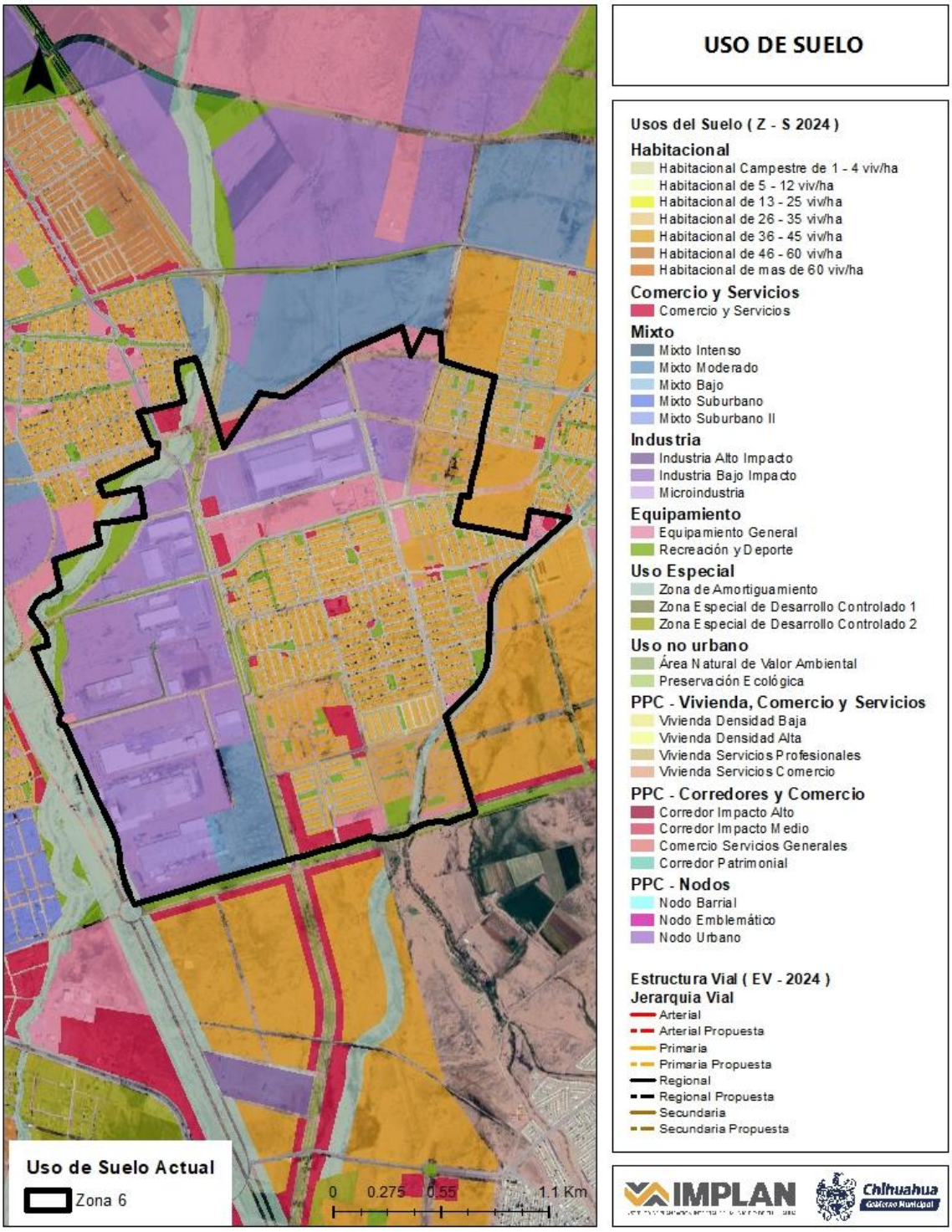


Figura 57 Zonificación Secundaria en la Zona 6 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.6.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 12%.
- **Hidrografía**. Se observa el cauce del arroyo Los Nogales Sur en el extremo Oeste y el cauce del arroyo El Cacahuatal en el extremo Este que transcurren por encauzamientos de tierra de Sur a Norte.
- **Riesgos geológicos**. No se identifican debido a que esta zona de estudio no tiene cobertura del análisis de riesgos por parte del Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua 2006.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. No se identifican debido a que esta zona de estudio no tiene cobertura del análisis de riesgos por parte del Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua 2006.
- **Riesgos Antropogénicos**. Se observa en la parte externa del costado Oeste del polígono de estudio que existe:
    - 1 Gasoducto

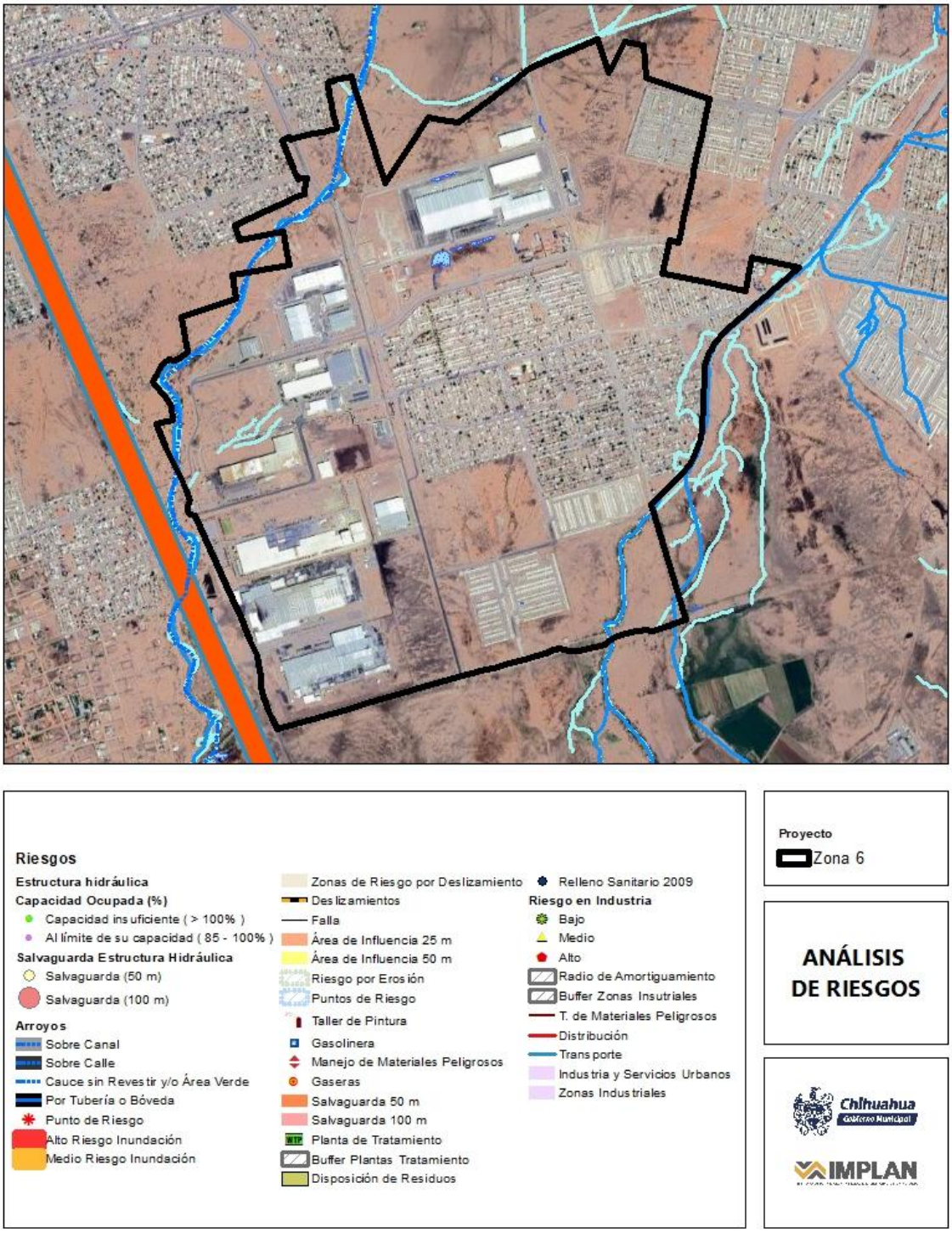


Figura 58 Análisis de Riesgos en la Zona 6 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.6.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: En el polígono de estudio se encuentran los siguientes equipamientos urbanos, espacio público, concentradores de actividad económica y masividad de personas:
    - 2 escuelas
        - 2 primarias
    - 5 centros de Asistencia Social
        - 5 casas de cuidado diario
    - 45 espacios de recreación y deporte:
        - 20 parques
        - 6 jardines
        - 7 jardineras
        - 12 camellones
- **Infraestructuras**: Esta zona no se encuentra completamente consolidada, el área urbanizada de este polígono de estudio únicamente cubre el 50% del mismo, por lo que el área de cobertura de los servicios es compatible con esta área urbanizada. En el área urbanizada se tiene una cobertura del servicio de agua potable y sanitario del 80% al 100%. Se cuenta con una cobertura del servicio de electricidad del 80% al 100%.

4.6.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 6 abarca las siguientes colonias: Una sección de la colonia La Bamba, la colonia Praderas del Sur y el Parque Industrial Avalos. Se encuentra bordeado por el Periférico Francisco R. Almada, Av Oriente I, el Arroyo Los Nogales Sur, Av. Parques de Oriente, Av. Sol del Altair, calle Sol de Mannik, y el Arroyo El Cacahuatal.

Se puede observar en el polígono de estudio acumulaciones de niveles Medios a Altos a lo largo del Arroyo Los Nogales Sur y el Arroyo El Cacahuatal. Es importante resaltar que la mitad de este polígono de estudio son áreas industriales con accesibilidad por vialidades pavimentadas y grandes predios baldíos, pudiendo presentar más infiltración.

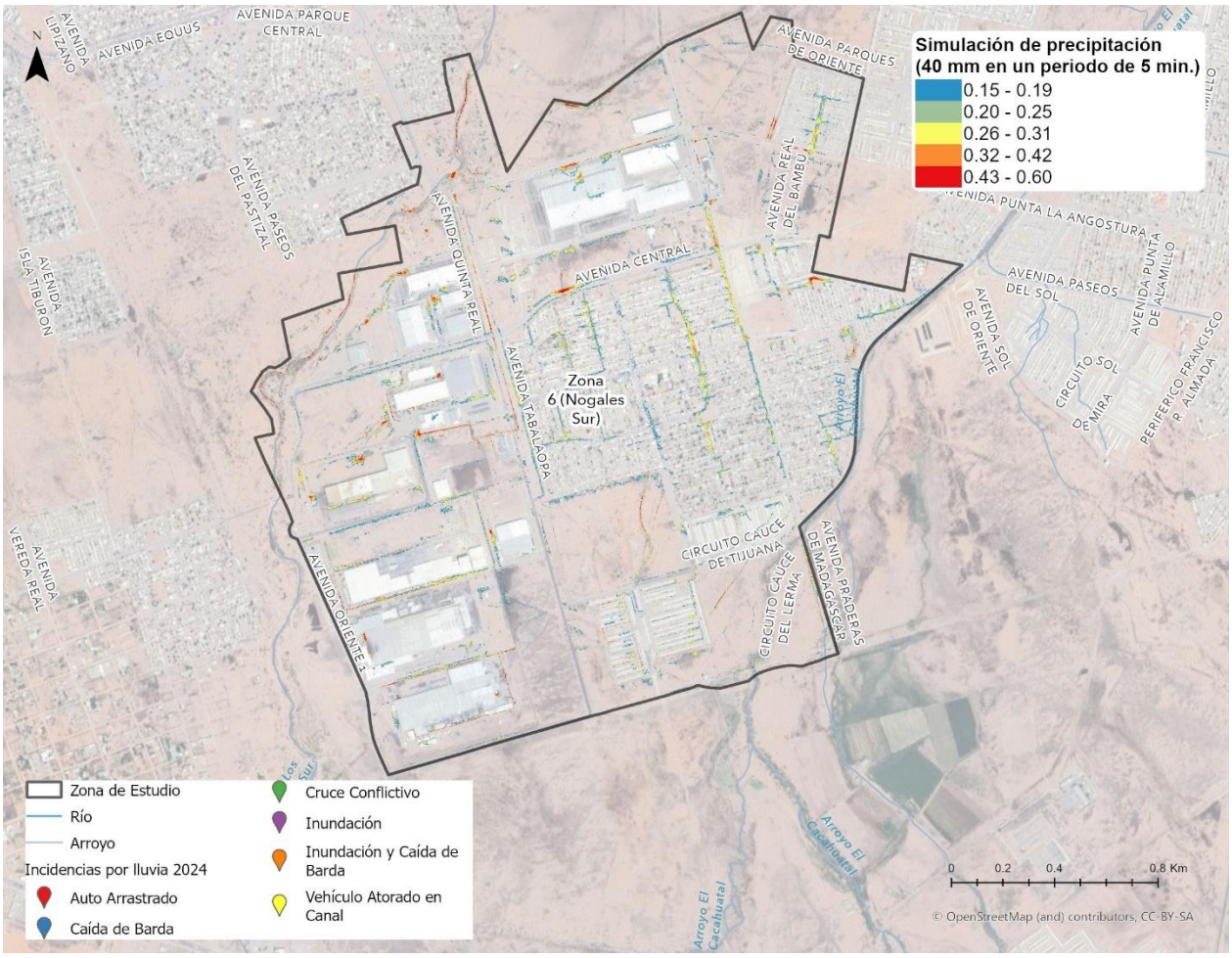


Figura 59 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos (Tiscareño, 2024).

En la región Norte del área de estudio de la Zona 6 se puede observar el recorrido del flujo del agua pluvial en la sección Sur de la colonia la Bamba y zona Norte de la colonia Praderas del Sur, siendo las más significativas las siguientes:

A) En la sección Sur de la colonia La Bamba se observan acumulaciones de agua de Baja a Media sobre la calle de acceso Real del Bambú y acumulaciones de Media a Alta en los desagües pluviales perimetrales por la calle Av. Praderas de Madagascar y Av. Punta La Angostura.

B) En la zona Norte de la colonia Praderas del Sur se observan acumulaciones de agua de Baja a Media sobre las vialidades Real de las Lilas y Real del Viñedo.

C) En la zona Norte de la colonia Praderas del Sur se observan acumulaciones de agua de Media a Alta sobre las vialidades Sol de Denebola y esquina de Sol de Shaula y Sol de

Mannik. Pudiendo estar bloqueado un desagüe pluvial en este punto (las imágenes de Street View no están actualizadas para ver reflejado el estado de este desagüe pluvial).

D) En la zona Norte de la colonia Praderas del Sur se observan acumulaciones de agua de Baja a Media sobre la vialidad Praderas de Alto Veld.

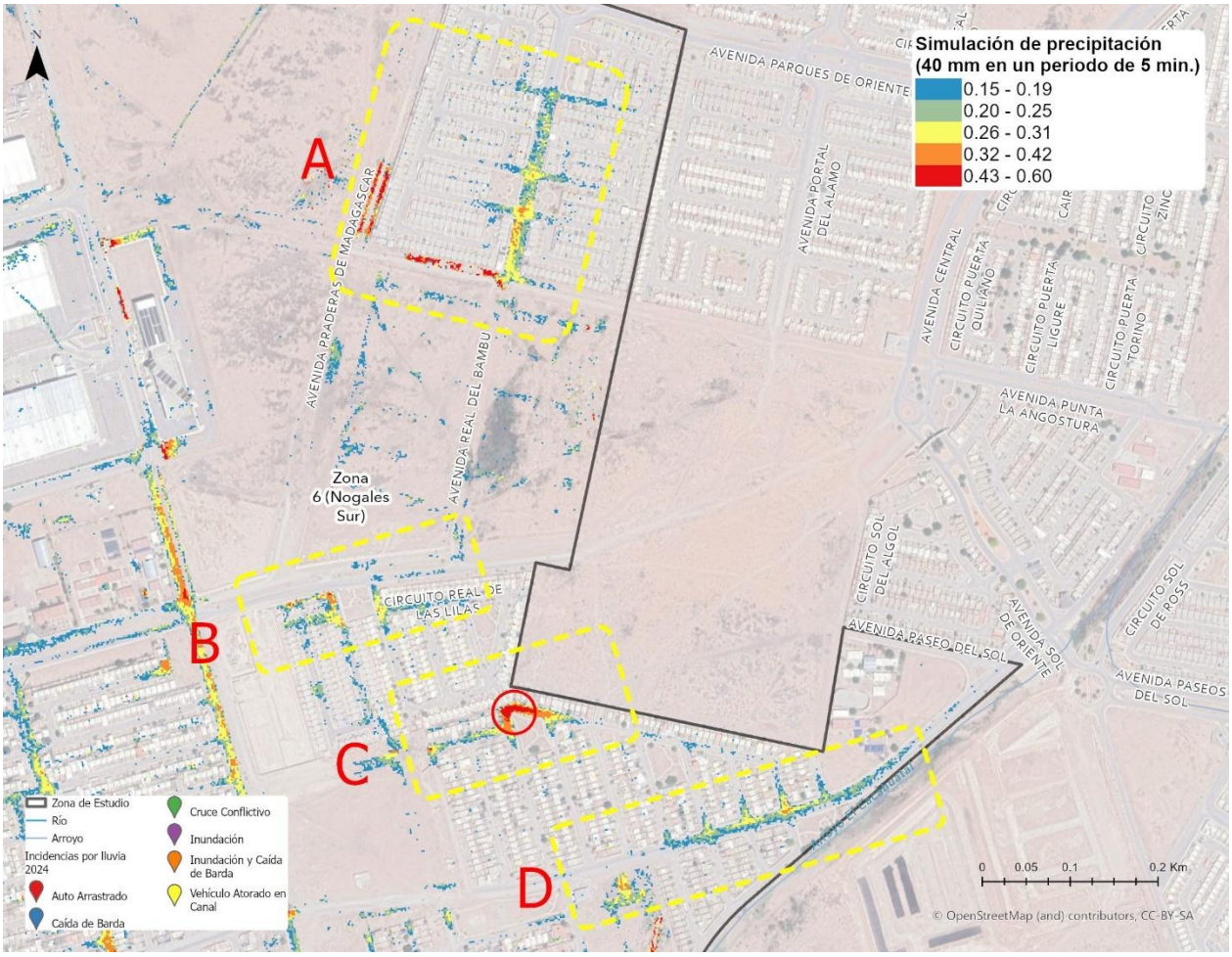


Figura 60 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia La Bamba (Tiscareño, 2024).

En la región Centro del área de estudio de la Zona 6 se puede observar el recorrido del flujo del agua pluvial en el Parque Industrial Avalos y en la colonia Praderas del Sur, siendo las más significativas las siguientes:

A) En estas áreas industriales la acumulación de agua se presenta en vialidades de acceso, infraestructura de desagüe pluvial, bordes de estacionamientos y rampas de descarga. Los flujos tienen una dirección de Oeste a Este, descargando el agua pluvial en el

camellón de la Av. Tabalaopa, y posteriormente hacia el Norte y descargando en el Arroyo Los Nogales Sur.

B) En la colonia Praderas del Sur se observan acumulaciones de agua de Media a Alta sobre la vialidad Praderas de Alto Veld, desfogando hacia el Norte por un parque lineal y un desagüe pluvial hacia la calle Praderas de Caceres y Praderas de Grecia, hasta llegar a la Av. Central, donde también se observan puntos de acumulación de Media a Alta.

C) En la colonia Praderas del Sur se observan flujos acumulativos de agua de Baja a Media sobre las vialidades Praderas de Madagascar, Praderas de Daurian, Cto. Praderas Patagónicas y Sol de Centauri.

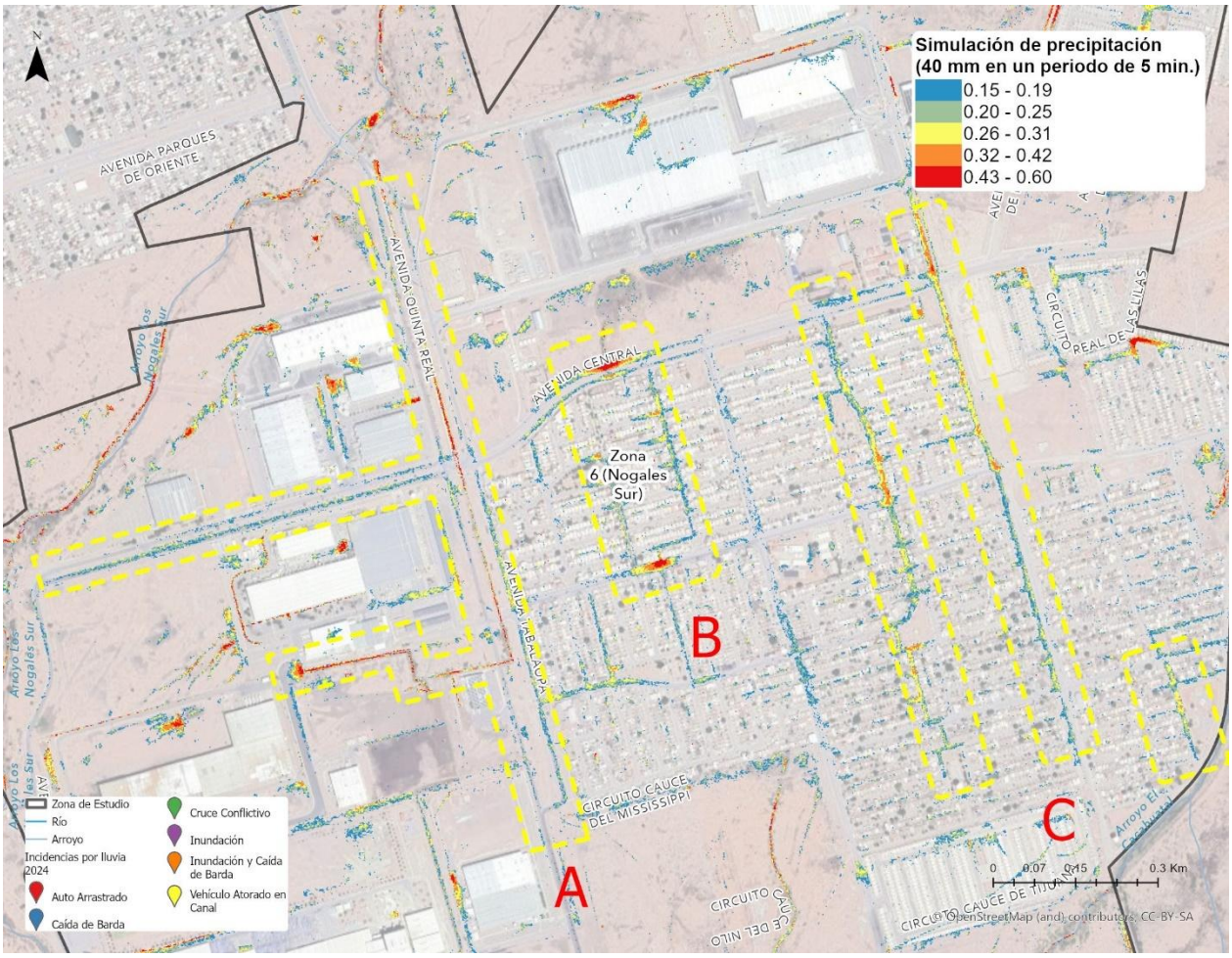


Figura 61 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Praderas del Sur (Tiscareño, 2024).



Figura 62 Imagen Google Earth (Street View) del desagüe pluvial en muro perimetral en la vialidad Praderas de Alto Veld.

En la región Sur del área de estudio de la Zona 6 se puede observar el recorrido del flujo del agua pluvial en el Parque Industrial Avalos y en la zona Sur de la colonia Praderas del Sur, siendo las más significativas las siguientes:

A) En la colonia Praderas del Sur se observan flujos acumulativos de agua de Baja a Alta sobre las vialidades de acceso a las instalaciones industriales, la Av. Aeroespacial y vialidades paralelas sin nombre.

B) Se observan acumulaciones puntuales de Baja a Media en la sección extrema Sur de la colonia Praderas del Sur. Sin embargo, es importante resaltar que el perfil de elevaciones usado para el cálculo de esta simulación de inundaciones es del año 2020, fecha en el que este fraccionamiento aún no se encontraba construido, por lo que el resultado muestra zonas de acumulación de agua en lo que eran las terracerías y plataformas previas a la construcción de las casas.

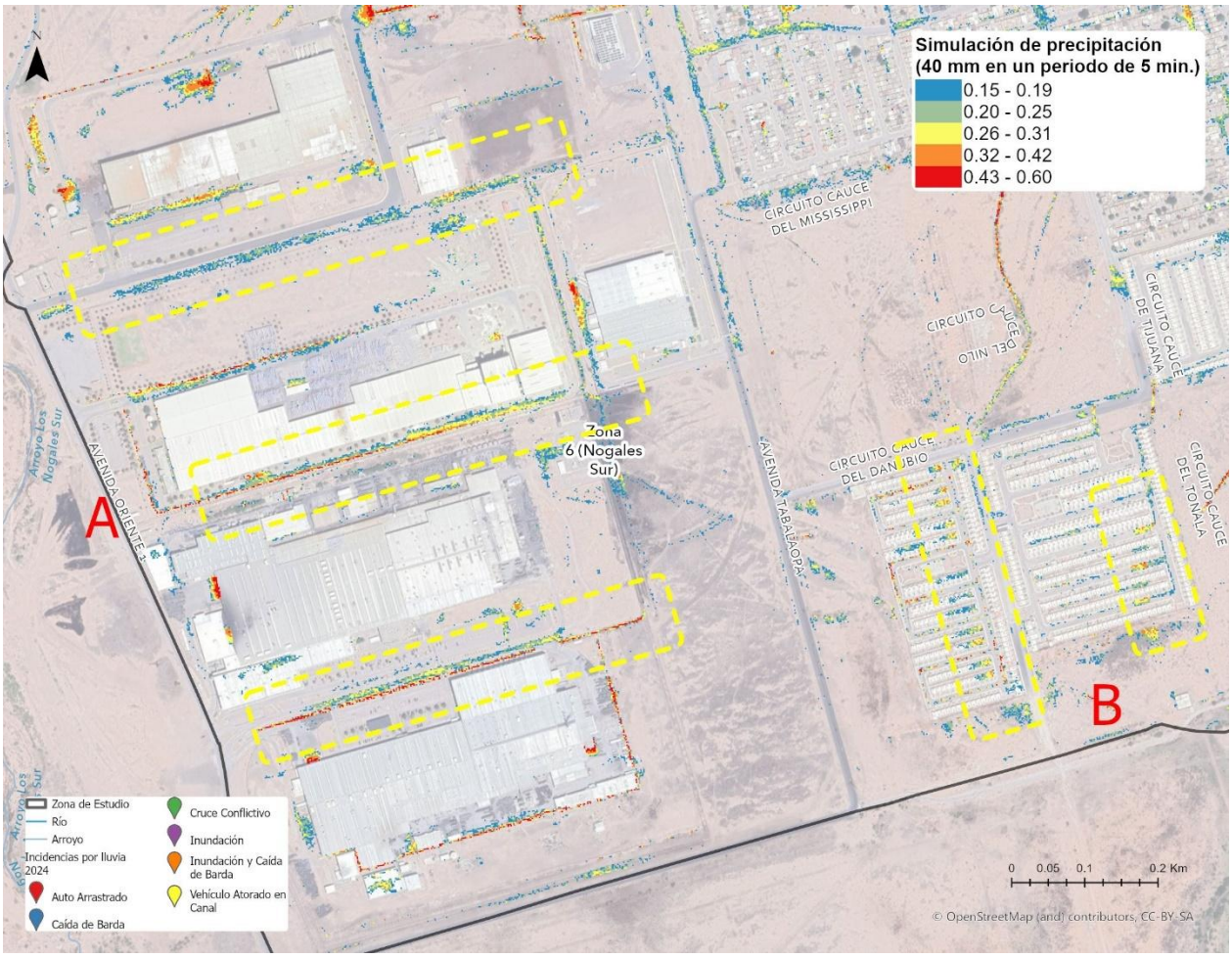


Figura 63 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 6 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento Parque Industrial Avalos (Tiscareño, 2024).

4.7. Zona 7

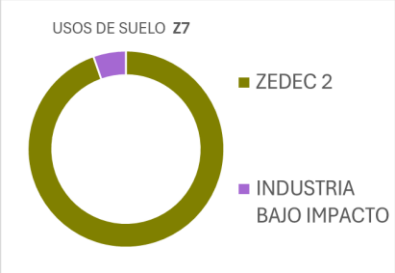
4.7.1. Análisis Demográfico, Económico y Usos de Suelo

(OVIE Chihuahua, 2024) (Concentradores de Actividad Económica: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economías. Noviembre 2023), (Usos de Suelo Fuente: PDU2040 Séptima Actualización):

- **Población**: El polígono de estudio de la "Zona 7" cubre una superficie de **102 hectáreas** aproximadas, El OVIE no refleja datos de población en este polígono de estudio.
- **Vivienda**: El OVIE no refleja datos de vivienda en este polígono de estudio.
- **Empleo**: El OVIE no refleja datos de empleo en este polígono de estudio.
- La **dosificación de los usos de suelo** en el polígono de estudio (**16** ha de superficie sin considerar las vialidades ni otras superficies) es la siguiente: predomina el uso de suelo

Zona Especial de Desarrollo Controlado 2 con 94.61%, seguido del uso Industria Bajo Impacto con 5.39%.

Uso de suelo	Superficie (Ha)	%
Zona Especial de Desarrollo Controlado 2	15.37	94.61%
Industria Bajo Impacto	0.88	5.39%
Total general	**16.24**	100.00



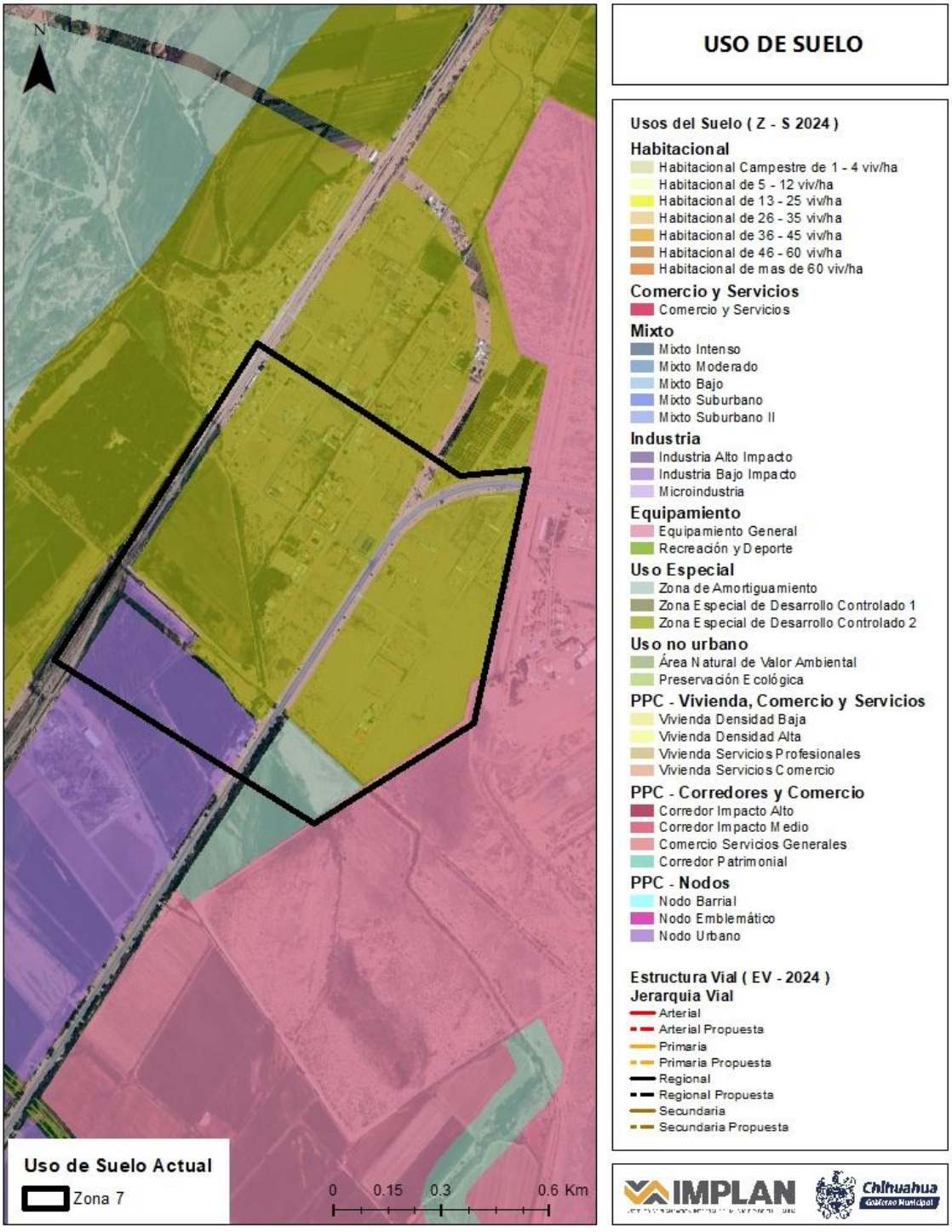


Figura 64 Zonificación Secundaria en la Zona 7 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024)

4.7.2. Análisis del medio biofísico

(Topografía: INEGI, Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000, serie III 2013 – 2018. Hidrografía: Restitución planimétrica 2007. Riesgos: Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009):

- **Topografía**. Se observa en la zona de estudio pendientes predominantes del 0 al 12%.
- **Hidrografía**. Se observa el cauce del arroyo Los Nogales Sur que transcurre de Este a Oeste por encauzamiento de tierra para posteriormente incorporarse al Río Sacramento.
- **Riesgos geológicos**. No se identifican debido a que esta zona de estudio no tiene cobertura del análisis de riesgos por parte del Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua 2006.
- **Riesgos Hidrometeorológicos**. No se identifican debido a que esta zona de estudio no tiene cobertura del análisis de riesgos por parte del Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua 2006.
- **Riesgos Antropogénicos**. No se identifican debido a que esta zona de estudio no tiene cobertura del análisis de riesgos por parte del Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua 2006.



Figura 65 Análisis de Riesgos en la Zona 7 Fuente: PDU séptima actualización (Gobierno Municipal de Chihuahua, 2024) (Atlas De Riesgos del Centro de Población de Chihuahua 2006 Publicado en el folleto anexo al P.O. N° 99 del 12 de Diciembre 2009)

4.7.3. Análisis del medio construido

(aspectos urbanos) Fuente: Inventario de Equipamiento Urbano 2020, IMPLAN (por corroborar):

- **Concentradores de actividad económica, equipamiento urbano y espacio público**: A pesar de que en la imagen satelital se observan algunas construcciones o granjas dispersas, siendo este el tramo vial de acceso al aeropuerto de Chihuahua, en el polígono de estudio no se encuentran equipamientos urbanos, espacio público, ni concentradores de actividad económica y masividad de personas.
- **Infraestructuras**: Esta zona no se encuentra consolidada, por lo que no se detecta cobertura de servicios de agua potable y sanitario, ni de electricidad.

4.7.4. Descripción de resultados de la simulación de inundación

El polígono de estudio de la Zona 7 abarca la colonia de Rancho Enmedio, aledaño al aeropuerto de Chihuahua. Se encuentra bordeado por la Vialidad CH-P Ojinaga y caminos rurales sin nombre, es atravesada por el Blvd. Juan Pablo II.

Se puede observar en el polígono de estudio que es una zona predominantemente rural y con caminos de terracería, pudiendo presentar más infiltración.

A) Se observan acumulaciones de niveles Bajos a Medios principalmente a los costados del Blvd. Juan Pablo II, acumulaciones de niveles Medios a Altos en el cruce inferior del Arroyo Los Nogales Sur con el Blvd. Juan Pablo II y dos cruces inferiores más bajo el Blvd. Juan Pablo II en la curva de ingreso al aeropuerto.
B) En la sección Oeste del polígono de estudio se observan acumulaciones de agua de Baja a Alta en el trayecto del Arroyo Los Nogales Sur, caminos rurales agrícolas, y a los costados de la Vialidad CH-P Ojinaga.

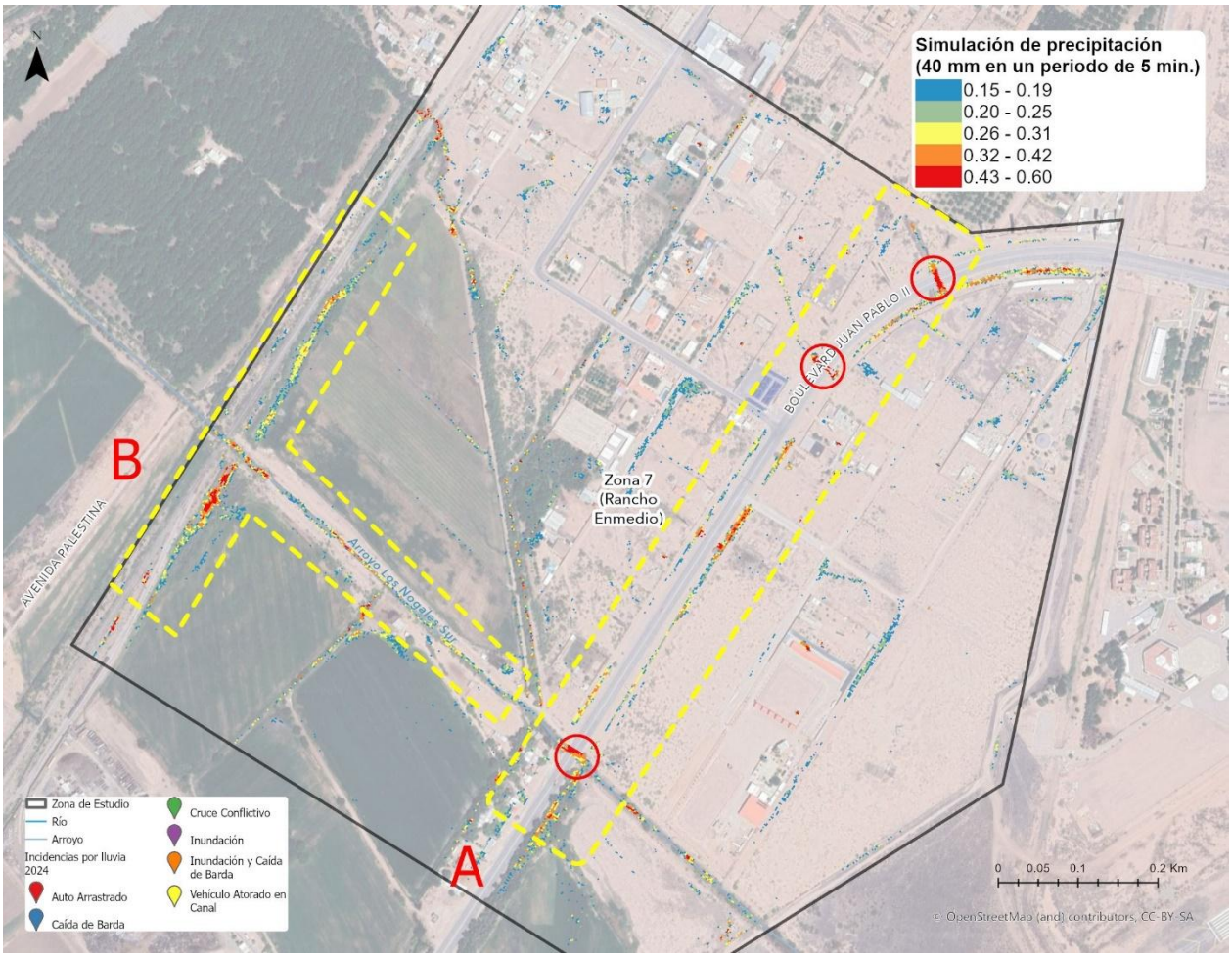


Figura 66 Imagen Google Earth de la simulación de la Zona 7 con 40mm de precipitación en 5 minutos. Acercamiento colonia Rancho Enmedio (Tiscareño, 2024).



Figura 67 Imagen Google Earth (Street View) del cruce del Blvd. Juan Pablo II con el Arroyo Los Nogales Sur (hacia el Este).



Figura 68 Imagen Google Earth (Street View) del cruce del Blvd. Juan Pablo II con el Arroyo Los Nogales Sur (hacia el Oeste).

4.8. Inventario georreferenciado de los elementos asociados a los fenómenos antropogénicos químico-tecnológicos de gasolineras y gaseras.

Fuente de información: La capa del inventario de “Servicios Urbanos” de gasolineras y gaseras proviene del inventario del equipamiento urbano del IMPLAN 2024, del DENUE 2024 del INEGI, y, del listado de gasolineras 2017 del portal de datos abiertos de la CRE 2017 revisado en agosto 2024.

La información de las siguientes tablas proviene de los registros recibidos por parte de la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología (DDUE) en el período 2020-2024 y corresponde a un resumen consolidado a partir de análisis para dictaminación de factibilidad de gasolineras y gaseras. Cabe aclarar que solo un porcentaje de estos registros han llegado actualmente a la etapa de construcción del equipamiento. Solo el equipamiento existente al momento se verá impactado en el mapa. La clasificación de estos registros se desglosa en las siguientes tablas.

Solicitud de trámites para Gasolineras y Gaseras ante la DDUE en el periodo 2020-2024

Servicio Urbano	Periodo	Cantidad
Gasera		**45**
	2019	1
	2020	10
	2021	3
	2023	12
	2024	19
Gasolinera		**136**
	2020	34
	2021	34
	2022	14
	2023	20
	2024	34
Sin Dato		1
	2023	1
	Total general	**182**

Status de la solicitud de trámites para Gasolineras y Gaseras ante la DDUE en el periodo 2020-2024

Servicio Urbano	Status	Cantidad
Gasera		**45**
	Compatible	3
	Sin Dato	12
	Tecnicamente Factible	3
	Tecnicamente Factible Condicionado	15
	Tecnicamente No Factible	11
	Tecnicamente Procedente	1
Gasolinera		**136**
	Compatible	12
	Sin Dato	10
	Tecnicamente Factible	46
	Tecnicamente Factible Condicionado	17
	Tecnicamente No Factible	26
	Tecnicamente Procedente	24
	Tecnicamente Prohibido	1
	Total general	**182**

Los servicios urbanos presentados en el siguiente mapa corresponden al inventario de equipamiento actualmente existente: 108 gaseras, que son aquellas que ofrecen comercio al por menor de gas L.P. en cilindros y para tanques estacionarios; 124 gasolineras, que se dedican al comercio al por menor de gasolina y diésel. También se incluyen 6 instalaciones de comercio al por mayor de combustibles de uso industrial. En conjunto representan un total de 238 servicios de comercio de combustible existentes.

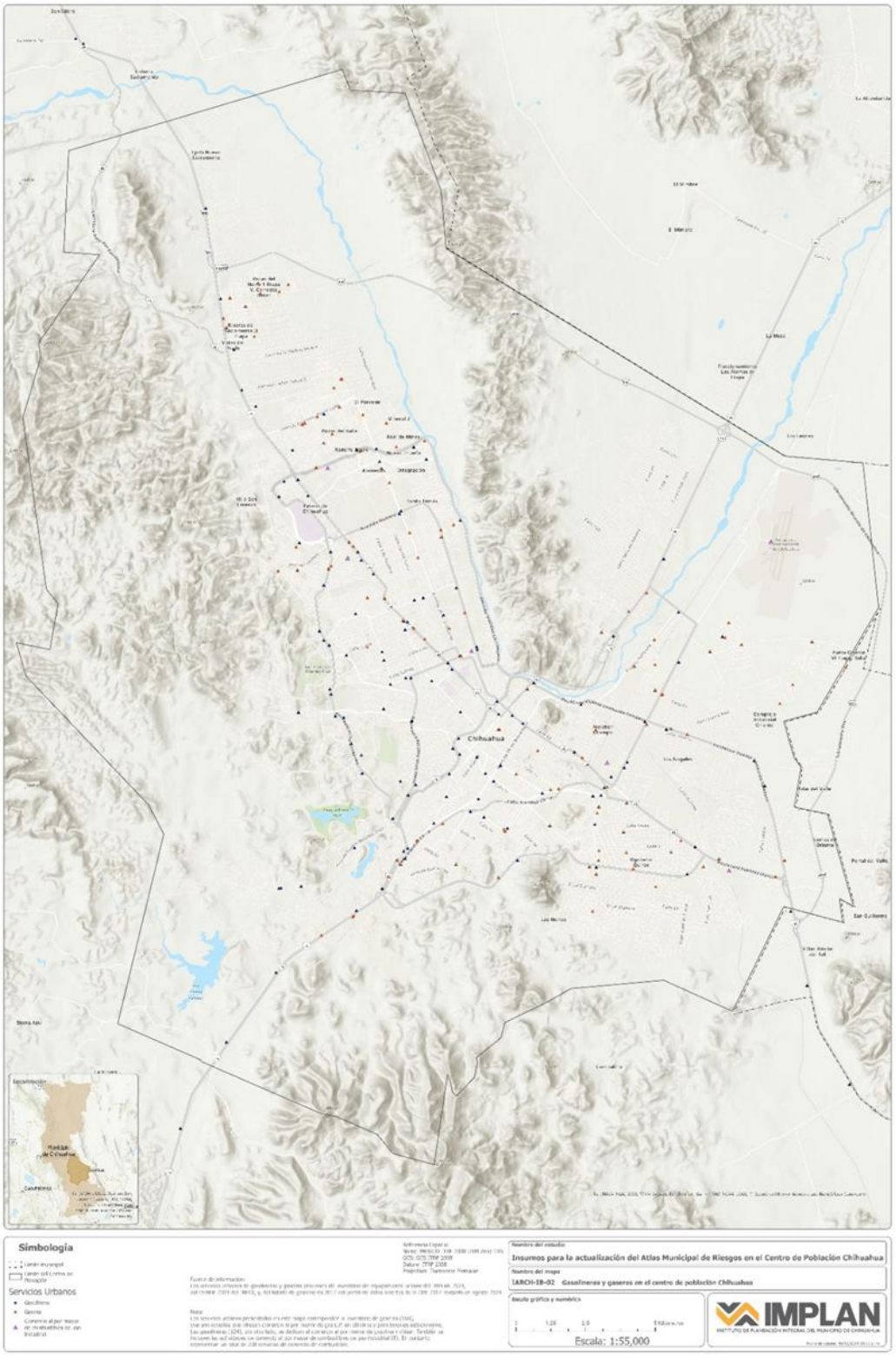


Figura 69 Mapa de Gasolineras y Gaseras en el centro de población Chihuahua.

V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

INSUMOS BASE DE PELIGROS NATURALES HIDROMETEOROLÓGICOS POR INUNDACIONES.

- De los 7 polígonos de estudio analizados, el polígono 2 presenta la mayor densidad poblacional y, siendo el polígono 1 y 2 los que reflejan consecuencias en inundaciones más severas con el indicador más alto de nivel de acumulación de agua en puntos críticos, siendo de 0.60m. Ambos polígonos muestran flujos acumulativos por vialidades donde se han encauzado las aguas pluviales buscando salida de acuerdo con la topografía del sitio hasta llegar a un arroyo encauzado.
- El polígono 3 y 4 muestran niveles bajos e intermedios de nivel de acumulación de agua distribuidos por vialidades, con algunos puntos críticos altos en cruces viales cercanos a los arroyos y sobre el transcurso de arroyos encauzados.
- El polígono 5 de estudio, que además es el de mayor dimensión, presenta la mayor cantidad de población, aunque en densidades bajas. Este polígono muestra gran acumulación dispersa de niveles bajos y acumulaciones de niveles altos sobre los arroyos y en cruces de arroyos y vialidades. La infraestructura de canalización de aguas pluviales no ha sido consolidada en este polígono lo que representa un riesgo y es importante señalar que en la mayoría de este territorio las vialidades siguen siendo de terracería lo que puede ayudar a la permeabilidad e infiltración del agua pluvial, pero en dado caso que este polígono se llegara a consolidar con pavimento en su totalidad, el riesgo de inundaciones seguramente será mayor.
- El polígono 6 se encuentra entre 2 arroyos con volúmenes importantes de canalización de agua, el arroyo Cacahuatal y el arroyo Nogales Sur, además de ser una zona aún no consolidada y en crecimiento, por lo que la evaluación de las condiciones de la infraestructura pluvial de este sitio será trascendental para reducir los riesgos en su proceso de urbanización. Este polígono muestra niveles bajos e intermedios de nivel de acumulación de agua distribuidos por vialidades, con algunos puntos críticos altos en cruces viales y canales perimetrales de las colonias.
- Finalmente, en el polígono 7 que es la zona de acceso al aeropuerto no se cuenta con registros de INEGI de presencia de vivienda o equipamiento, los niveles de acumulación

alta se observan a los costados de la vialidad de acceso y en canales que cruzan por debajo de la misma, así como en el cauce del arroyo los Nogales Sur.

- Ha sido evidente en el análisis del presente estudio que el diseño urbano de las colonias e implantación de las manzanas en el terreno resulta determinante para permitir el flujo rápido y eficaz de las aguas pluviales o para bloquearlas. Las manzanas implantadas perpendicularmente a la caída de los niveles topográficos retienen aguas pluviales aumentando los niveles acumulativos y generando vialidades conflictivas, como es el caso de las colonias Cafetales, Los Huertos, Paseos de Chihuahua I y II etapa, Infonavit, etc. También se evidencia en algunas colonias que las bardas perimetrales no presentan la suficiente apertura para la salida de aguas pluviales y que la infraestructura pluvial urbana existente es insuficiente o carece de medidas de seguridad para peatones y vehículos.

Como lo menciona el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial (IMPLAN, 2009), los escurrimientos de agua pluvial han sido considerados en esta ciudad como un elemento natural que necesariamente debe ser controlado y/o desalojado de las áreas urbanas, poniendo poca atención en la utilización de estos volúmenes. La visión a futuro del manejo del agua pluvial requiere de congruencia con el manejo sustentable de este recurso natural, sobre todo en una zona como en la que se encuentra la Ciudad de Chihuahua, en el que la disponibilidad de agua genera una gran preocupación para poder abastecer la demanda creciente en los próximos años.

Además de valorar el potencial aprovechamiento de los volúmenes pluviales en zonas estratégicas a través de infraestructura verde, además de la infraestructura hídrica gris que es la convencional o construida, se requiere un doble enfoque ante el fenómeno de las inundaciones, por un lado atender la problemática derivada de la falta de planeación estratégica, y por otro lado acciones correctivas para controlar los escurrimientos pluviales y evitar los daños que estos generan a la población y la infraestructura de la ciudad.

Conclusiones

INSUMOS BASE DE PELIGROS ANTROPOGÉNICOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS POR GASOLINERAS Y GASERAS.

- La actualización del inventario base del equipamiento de gasolineras y gaseras en la ciudad de Chihuahua resulta trascendental para posibilitar un estudio de riesgos e impactos de posibles incendios, explosiones, fugas o derrames de las instalaciones, y así contar con un atlas de riesgo antropogénico actualizado.
- Con el apoyo de algunos casos de referencia, como lo son el atlas de Culiacán, Mexicali, Iztapalapa, y Benito Juárez, es posible aproximarse en la futura actualización del atlas de riesgos del Municipio de Chihuahua toda vez que los mismos sirven para como una simulación de eventos de desastre que permitan visualizar los radios de afectación de estas instalaciones, y derivar tanto en estrategias de mitigación, gestión, prevención y programas de contingencia para la Coordinación de Protección Civil Municipal, como en medidas de prevención y control del ordenamiento territorial y el desarrollo urbano para la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología y el Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua.

Recomendaciones

En lo relativo al análisis de los peligros naturales hidrometeorológicos por inundaciones. La cobertura de estudio de los ejercicios de simulación del presente documento no cubre todo el centro de población de la ciudad de Chihuahua, éste abarca 7 zonas o polígonos de interés identificadas por la CPC y previstas en el Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022.

1. Sería importante que la nueva actualización del Atlas de Riesgos aumentara las zonas de estudio cubriendo otras áreas prioritarias del “área urbanizada”, e incluso incluyera el análisis preventivo hidrometeorológico por inundaciones de territorios en zonas de nuevo desarrollo “área urbanizable”, donde actualmente existe presión de desarrollo urbano y es trascendental contemplar medidas de prevención y mitigación a la impermeabilización del suelo que acarrea aguas debajo de la cuenca o microcuenca mayores impactos y riesgos aumentados.
2. Se recomienda un análisis hidráulico detallado en todos los cauces de la ciudad y del Municipio de Chihuahua en donde exista vulnerabilidad y potencial de desarrollo, complementado con acciones de mantenimiento, rediseño o manejo de aguas pluviales. Este enfoque integral es necesario para abordar eficazmente los riesgos identificados y garantizar la seguridad hídrica de la población.

3. Es importante que se revise y actualice el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial de la ciudad de Chihuahua (IMPLAN, 2009), y las estrategias que al respecto se han implementado a la fecha, más las nuevas obras de infraestructura hidráulica que se han construido. Lo anterior, tomando en consideración que este estudio estableció estrategias para el manejo integral y sustentable de las aguas pluviales en la ciudad y pone a disposición datos de caudales y escurrimientos pluviales asociados a periodos de retorno. También propuso acciones para la solución y mitigación de inundaciones en la zona urbana, infraestructura requerida como vasos de retención y encauzamiento de arroyos, y estrategias para facilitar la infiltración y recarga del acuífero y otros esquemas de aprovechamiento. Propuso lineamientos técnicos básicos para la planeación de aguas pluviales en zonas de crecimiento. Este plan es crucial para desarrollar una gestión adecuada de los escurrimientos pluviales, aunque se requiere un seguimiento continuo y actualizaciones periódicas. Al año 2024 se han llevado a cabo obras por parte del gobierno Municipal como la parcial canalización del arroyo los Arcos y el arroyo las Malvinas, pero es importante la revisión de las acciones prioritarias que no fueron llevadas a cabo ya que se han incrementado las modificaciones y urbanizaciones a las subcuencas.
4. Cada nuevo fraccionamiento propuesto debiera analizar y garantizar el adecuado flujo y canalización de las aguas pluviales dentro de su territorio, así como los impactos hacia el exterior, que eventualmente resultarán acumulativos aguas abajo, agravando las condiciones de volúmenes de agua y velocidad en los fraccionamientos ya existentes.

En lo relativo al análisis de los peligros antropogénicos por fenómenos químico-tecnológicos.

Este estudio desarrolla un inventario actualizado de las instalaciones de gasolineras y gaseras que se ubiquen en la zona urbanizada y urbanizable en el Centro de Población de Chihuahua para identificar los puntos de peligro antropogénico por fenómenos químico-tecnológicos. La identificación de los factores de riesgo en las instalaciones permite establecer las medidas de seguridad necesarias y específicas a aplicar, además de que es una de las tareas fundamentales para la elaboración de planes de emergencia que permitan salvaguardar la seguridad, tanto de los individuos como de las instalaciones que se encuentran expuestas a eventos como fugas, incendios y explosiones.

1. Es importante que la nueva actualización del Atlas de Riesgos profundice en el estudio y simulación de los radios de influencia y áreas de afectación de estas instalaciones, con el

uso de modelos numéricos para la determinación del riesgo. Se recomienda que la determinación numérica de los radios de afectación se lleve a cabo en períodos de operación normal de las instalaciones, con la finalidad de definir con anticipación las rutas de evacuación (tanto para el personal de la planta como para la población asentada en la zona aledaña), identificar y coordinar los recursos humanos, servicios de emergencia, de atención médica y hospitalaria, de seguridad pública, entre otros, con los cuáles se puede contar en caso de emergencia, determinando el tiempo de respuesta y haciendo los ajustes necesarios para minimizar las pérdidas producidas.

2. La selección del modelo numérico a usar para la simulación de los radios de afectación debe tomar en cuenta la información con la cual se cuenta: cantidad de material, condiciones fisicoquímicas y tipo de almacenamiento, condiciones ambientales (temperatura, humedad, estabilidad atmosférica, dirección y velocidad del viento predominante, etc.), condiciones geográficas del sitio (espacios abiertos o con presencia de depresiones o elevaciones), localización y distribución de construcciones cercanas, entre otros factores. La falta de esta información o la suposición incorrecta de datos dará por resultado que las áreas de afectación resulten distintas a las que realmente se producen en un evento real (CENAPRED, 2001). Sin embargo, un primer acercamiento al estudio de este fenómeno con algunos datos supuestos generales y al apoyo del software ALOHA es lo que han desarrollado unos cuantos municipios del país, los que hasta ahora han profundizado más en el estudio de este riesgo, y se considera un avance valioso y un primer paso indispensable en la actualización y mejora del atlas de riesgo municipal. Por supuesto también se cuenta con el apoyo del documento “Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas” de CENAPRED que incluye varios modelos de análisis para tal efecto (CENAPRED, 2001).
3. Complementario a las instalaciones de gasolineras y gaseras, es relevante identificar en mapas de amenazas (y peligro) de los fenómenos perturbadores de origen antropogénico químico-tecnológicos, el inventario de las instalaciones comerciales, de servicios, educativas e industriales que actualmente tienen almacenamiento y manejo de sustancias (materiales o residuos) peligrosas y potencialmente inflamables. Así como llevar un inventario actualizado y cartografiado de estas instalaciones.
4. Otra medida trascendental e irreductible para proteger a los miembros de la comunidad ubicada en la cercanía de sitios de almacenamiento de gasolineras y gaseras es llevar un adecuado control y vigilancia del uso del suelo, dictaminaciones de factibilidad,

condicionantes y restricciones en los permisos de construcción para este tipo de instalaciones como para obras de tipo habitacional y comercial adyacente, siendo las distancias mínimas indicadas en las Normas emitidas por la Secretaría de Energía y en los Planes y Programas de Desarrollo Urbano del municipio de Chihuahua.

En lo relativo a la congruencia normativa relacionada con las Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.

Para la aplicación de la normatividad relacionada con las Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas relacionadas con nuestro objeto de estudio, es importante señalar que existen discrepancias en cuanto a las distancias a los lugares de concentración de personas entre NOM-005-ASEA-2016 relativa al Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas y las normas urbanas locales; la Ley de Asentamientos Humanos Local y el Reglamento de Desarrollo Urbano:

1. La regulación y la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente en la industria de Hidrocarburos, corresponde de manera exclusiva a la jurisdicción federal, a través de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos; de ahí que sea este último el ente facultado para emitir Normas Oficiales Mexicanas en cuando a la regulación del diseño, construcción, mantenimiento y operación de estaciones de servicio.
2. Precisado lo anterior, es de referir que al encontrar una serie de discrepancias entre la NOM-005-ASEA-2016 relativa al Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas y las normas urbanas locales, se advierte la duda de si es factible aplicar la legislación local o únicamente las disposiciones de la NOM-005-ASEA 2016.
3. Luego entonces, tomando en consideración la incompatibilidad de las normas, y un análisis de lo que ha declarado la Suprema Corte de Justicia de la Nación, respecto de los conflictos de aplicación de las leyes, se aclara que el objeto principal de dichas disposiciones es que en la instalación de una gasolinera o estación de servicio se respeten los principios y la legislación relativa al ordenamiento de los asentamientos humanos y a la protección civil, así como para autorizar, controlar y vigilar el uso de suelo o para otorgar licencias de construcción, facultades que tienen los Municipios en términos del artículo 115, fracciones II y V, incisos d) y f) y último párrafo, de la Constitución Política de los

Estados Unidos Mexicanos y fueron expedidas para cumplir con sus atribuciones de vigilancia en las condiciones de seguridad que deben tener la vida de las personas, sus bienes y entorno, ante cualquier evento destructivo de origen natural o generado por la actividad humana, por medio de medidas de prevención de riesgos y en lo relativo al ordenamiento de asentamientos humanos.

4. Conforme a lo anterior, se desprende que la autoridad tiene dos esquemas a seguir:
   a) Aplicar como esquema de solución de la antinomia la jerarquía de la norma y la supremacía de la autoridad federal, quien en términos del artículo 95 de la Ley de Hidrocarburos, es el único ente facultado para reglamentar en torno a la materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente en la industria de Hidrocarburos, por lo que en ese contexto lo normativo sería la NOM-005-2016.
   b) Aplicar en términos del artículo 115 fracciones II y V, incisos d) y f) y último párrafo, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las disposiciones que en materia de asentamientos humanos se le permite legislar a los municipios en materia de controlar las reservas del suelo y de emitir licencias de construcción, privilegiando la seguridad de las personas; lo que puede en un momento dado implicar la presentación de impugnaciones por parte de los particulares que se sientan vulnerados por el requerimiento de distancias mayores a las previstas en la norma oficial mexicana, máxime que entre la Ley de Asentamientos Humanos Local y el Reglamento de Desarrollo Urbano existen discrepancias en cuanto a las distancias respecto de las zonas de los lugares de concentración de personas.

En lo relativo al Pasivo Ambiental Avalos y el Atlas de Riesgos.

Para el seguimiento oportuno y en cumplimiento de la recomendación de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) “sobre el caso de violaciones a los Derechos Humanos al medio ambiente sano, salud, vivienda e interés superior de la niñez, por la contaminación del pasivo ambiental Avalos y la construcción del fraccionamiento Rinconada Los Nogales, en Chihuahua, Chihuahua”, como medida de “NO REPETICIÓN”, en su punto 908 y 909, menciona que es imperativo que las autoridades responsables adopten planes, programas y acciones específicas para la atención a las violaciones a los derechos humanos enlistados, medidas que se materializan en la adopción de programas de monitoreo, programas de inspección, y el atlas de riesgo, entre otros (CNDH México, 2019, pág. 254).

1. En su categoría de riesgo sanitario-ecológico, por contaminación de suelo, aire y agua. Se recomienda ampliamente que el Atlas de Riesgo ponga especial atención y mayor detalle en escala de estudio y nivel de análisis al Pasivo Ambiental Avalos, en atención a la recomendación de CNDH 2019, con el registro de los índices de contaminación, inspección y monitoreo específico de los niveles de contaminación en el sitio. Para ello se cuenta con las especificaciones de la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2016), Lineamientos generales para la evaluación de sitios contaminados y propuesta de acciones para su restauración (CENAPRED, 2001) la información del "Programa de remediación de la Ex Fundidora Planta Avalos, Chihuahua", y documentación relacionada publicada por SEMARNAT (SEMARNAT, 2021), entre otra fuentes pertinentes.
2. En la recomendación conjunta a autoridades del documento mencionado, Primera, pág. 257, recomienda la adopción de un programa de protección ambiental en los asentamientos humanos en el pasivo ambiental Avalos que comprenda: "*un atlas de riesgos de los índices de contaminación en ese perímetro, previendo escenarios de exposición a los metales pesados en el suelo, partículas respirables, y en los sectores urbanos en mayor vulnerabilidad, y un monitoreo específico de los índices de exposición previstas por las normas oficiales analizadas*".

En lo relativo a la planeación urbana.

Para la aplicación eficiente y oportuna de la planeación urbana e instrumentar las políticas públicas para la reducción del riesgo se deben tener resultados de análisis de riesgos actualizados en las siguientes áreas: el área urbana, suelo programado, y suelo no programado o la zona de preservación ecológica, ya que es ahí donde actualmente habita y habitará la mayoría de la población del municipio de Chihuahua, y donde se presenta un daño potencial social mayor.

1. Señalar la importancia de que se revise, integre y actualice toda la información cartográfica georreferenciada generada por los Atlas de Riesgos: 2006, 2014 y 2022 y de los estudios relativos al clima, cambio climático y agua pluvial de la región, algunos de los cuales fueron mencionados en este estudio. A su vez, proponer que se mantenga en el Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua el análisis de riesgos a escala ciudad o Centro de Población Chihuahua, ya que es en la ciudad capital donde se concentran en

mayor medida los riesgos, por la existencia de mayor vulnerabilidad de la población y exposición de personas y bienes.

2. Coordinación interinstitucional previa a la emisión de autorizaciones urbanísticas. Se recomienda que la DDUE solicite a CPC emitir el “Estudio de Prevención de Riesgos”, establecido en el artículo 144 de la LAHOTDUECH, que identifique las medidas de mitigación adecuadas, como requisito para tramites, licencias y previo al otorgamiento de cualquier autorización para una acción urbanística, no solo en acciones o proyectos que se encuentren ubicados en zonas de mediano y alto riesgo, sino como lo mencionan los “Aspectos a considerar en las autorizaciones urbanísticas” en el artículo 213 fracción XIX: la prevención, atención y gestión integral de riesgos y las estrategias de resiliencia aplicables, en todos los proyectos de impacto significativo, como los define el artículo 94 de la LAHOTDUECH.

   Es importante la revisión de los procedimientos, coordinación interinstitucional y eficiencia para las autorizaciones urbanísticas debido al gran aumento de solicitudes de cambio de uso de suelo con giros de riesgo en áreas habitacionales o de solicitudes de desarrollos nuevos en zonas donde aún no han sido identificados riesgos por al Atlas de Riesgos vigente.

3. Fortalecer la participación y coordinación de las autoridades de Protección Civil para el cumplimiento del artículo 142 de la ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua (LAHOTDUECH) (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2021) que establece que los planes municipales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano deberán definir las zonas de riesgo de los centros de población donde quede prohibido el asentamiento humano o el desarrollo de conjuntos urbanos, edificaciones o fraccionamientos habitacionales, y que las autoridades estatales o municipales deben asegurarse que no se ocupen áreas de riesgo sin que se tomen las medidas de prevención y mitigación correspondientes y de la nueva NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SEDATU-2024, Clasificación, caracterización y delimitación de zonas no susceptibles para asentamientos humanos en la zonificación primaria por presentar riesgos críticos originados por amenazas hidrometeorológicas, geológicas y las asociadas al cambio climático o por tener valor ambiental o cultural en los instrumentos que conforman el Sistema General de Planeación Territorial. Esto no solo es relevante en suelo urbano, sino también en el suelo programado que aún no ha sido urbanizado, o también llamadas zonas de nuevo desarrollo (área urbanizable) que reciben gran presión

para su transformación, y que han quedado fuera del análisis de peligros del Atlas de Riesgos. Esta falta de información deja sin herramientas técnicas y sustento para condicionar estrategias de mitigación de riesgos, así como de compensación de impactos ambientales a la autoridad municipal que recibe solicitudes de urbanización y cambios de usos de suelo en estos territorios en crecimiento permanente.

4. Se propone una actualización al Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua, en lo que respecta a su sección tercera "De Los Fraccionamientos", que establece en el artículo 79 que *"quienes pretendan establecer un fraccionamiento deberán de realizar las etapas de revisión de anteproyecto y proyecto ejecutivo. Para la revisión y autorización de los fraccionamientos bajo cualquier régimen de propiedad deberán presentar un anteproyecto preliminar del conjunto con solución de la estructura vial, además del plano del contexto y proyecto geométrico con su relación y especificación de áreas correspondientes, levantamiento topográfico con curvas de nivel a cada metro, propuesta de nomenclatura de calles y nombre del fraccionamiento, factibilidades de servicio de agua potable, drenaje sanitario y agua tratada emitida por la JMAS así como de suministro de energía eléctrica por la CFE, y presentar la acreditación de propiedad y personalidad."* (H. Ayuntamiento de Chihuahua, 2024, págs. 55-56), y cabe señalar que para la integración del anteproyecto no se requisita documentación sobre riesgos, y este anteproyecto permite otorgar autorización para obras de movimiento de terracerías por la comisión de regidores en materia de desarrollo urbano sostenible.

En este caso, sería trascendental contar previamente con el "Estudio de Prevención de Riesgos" objeto del artículo 144 de la LAHOTDUECH, que establece que las autoridades estatales y municipales, previo al otorgamiento de cualquier autorización para una acción urbanística, deben exigir un "Estudio de Prevención de Riesgos" ante las autoridades competentes de Protección Civil, que identifique las medidas para su mitigación adecuadas, de los proyectos u obras ubicados en zonas de mediano y alto riesgo conforme a los planes de desarrollo urbano y Atlas de Riesgos.

Este "Estudio de Prevención de Riesgos" resulta relevante como una herramienta técnica para la autorización de fraccionamientos precisamente por su objetivo o esencia preventiva, no solo en proyectos ubicados en zonas de riesgo previamente identificado en los programas de planeación, también es trascendental en zonas de nuevo desarrollo donde aún no han sido identificados los riesgos por no existir aun vulnerabilidad. Porque al haber esta omisión en el procedimiento y en el Reglamento de Desarrollo Urbano

Sostenible del Municipio de Chihuahua, no se puede contar con la revisión oportuna del "anteproyecto de fraccionamiento" por parte de la autoridad competente de Protección Civil del Municipio, y con ello la participación y observaciones pertinentes para la identificación de los riesgos presentes o potenciales en el territorio y las medidas de mitigación necesarias para garantizar la seguridad de la población que habitará el sitio previo a la autorización del fraccionamiento o a la acción urbana en cuestión.

VI. Términos de Referencia Cartográficos

Se sugiere que el consultor asignado bajo contratación para el desarrollo del Atlas Municipal de Riesgos, cuente con experiencia en el manejo y uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Percepción Remota, de tal forma que integre la información geográfica conforme al estándar de datos geográficos compatibles con el Sistema de Información Geográfico Municipal (SIGMUN) y su infraestructura de datos espaciales, además de los mínimos establecidos por las guías, términos de referencia y lineamientos correspondientes de CENAPRED, SEDATU y CONAGUA anteriormente mencionados. A continuación, primero se enumeran de forma general las "**Especificaciones generales de los entregables cartográficos compatibles con SIGMUN"** y posteriormente se describen en extenso:

1. **Insumos Cartográficos**
   - 1.1. Consideraciones para el uso de información a nivel municipal de fuentes oficiales
   - 1.2. Cartografía base en formato shapefile entregada por el solicitante
   - 1.3. Plantilla para la documentación del catálogo de objetos

2. **Características de los Archivos Vectoriales**
   - 2.1. Sistema de referencia espacial
   - 2.2. Geometría
   - 2.3. Denominación de los archivos vectoriales
   - 2.4. Denominación de los atributos
   - 2.5. Precisión de los datos espaciales
   - 2.6. Calidad de los atributos o datos asociados

3. **Características de los Archivos Ráster**
   - 3.1. Sistema de referencia espacial
   - 3.2. Resolución espacial
   - 3.3. Resolución temporal
   - 3.4. Formato

4. **Características de la Representación Cartográfica**
   - 4.1. Proyectos cartográficos

4.2. Salidas en formato pdf y jpg

5. Estructura Organizacional de los Archivos

5.1. De los proyectos y salidas de información

5.2. De la organización de los entregables cartográficos

6. Diccionarios de Datos

6.1. Catálogo de Objetos

Descripción en extenso

1. Insumos Cartográficos

1.1. Consideraciones para el uso de información a nivel municipal de fuentes oficiales

Es importante contar con información oportuna, completa y de la mayor calidad posible, por lo que siempre se deberán utilizar las versiones más recientes de los conjuntos de datos que se tengan disponibles para la construcción de las bases cartográficas, incluidos los análisis y resultados definitivos; salvo cuando se tengan que realizar comparativas de distintos periodos, se deberán utilizar los conjuntos de datos anteriores junto con los más recientes. Enseguida se muestra una lista no limitativa, de algunas fuentes y algunos de sus conjuntos de datos que deberá tomar en cuenta:

INEGI

- Marco Geoestadístico Nacional, el más reciente
- Censo General de Población 2020, 2010, 2000
- Uso de Suelo y Vegetación, última serie disponible
- Censo Agropecuario del último año disponible
- Relieve (Continuo de Elevaciones Mexicano CEM 3.0)
- Red Nacional de Caminos
- Geología, Edafología, Hidrología, …

CNA

- Regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas hidrológicas

COEPI

- Asentamientos indígenas

CONAFOR

- Sistema Nacional Forestal (incluidos los incendios)

CONAPO

- Índice de marginación urbana

COESPO CONEVAL

- Niveles de pobreza
- Índice de Rezago Social
- Grado de Accesibilidad a Carreteras

SENER

- Plantas generadoras de Energía

SEMARNAT

- Áreas Naturales Protegidas

SEDATU

- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SIAP

- Frontera Agrícola
- Producción Agrícola y Pecuaria

RAN

- Núcleos Agrarios
- Zonas Parceladas
- Tierras de Uso Común
- Zonas de Asentamientos Humanos
- Tierras Parceladas

Servicio Geológico Mexicano (SGM)

- Cartografía minera (concesiones y asignaciones mineras CartoMinMex (economia.gob.mx))
- Cartografía del SGM a distintas escalas (Datos Abiertos de México - datos.gob.mx)

Datos abiertos

- Imágenes satelitales Landsat, Sentinel 2.

1.2. Cartografía base en formato shapefile entregada por la CPC

Se sugiere que la CPC, además de los atlas existentes, incluida su cartografía, considere una entrega de información cartográfica base adicional como insumos y que puedan ser utilizados para generar los nuevos resultados según los requerimientos de este estudio. Parte de esos insumos pueden ser gestionados con dependencias como la Dirección de Desarrollo Urbano, la

Dirección de Desarrollo Rural, la Subdirección de Catastro, el IMPLAN y otras que considere pertinentes para atlas.

1.3. Plantilla para la documentación del catálogo de objetos

Archivo con la plantilla que deberá utilizarse para definir los catálogos de objetos (diccionarios de datos) de las capas de información, deberá existir una ficha por cada capa de información generada en el estudio. Este archivo se acompaña de una guía y una ficha de ejemplo para su llenado.

1. Guia_FichaCatalogoObjetosGeograficos.docx
2. FichaEjemplo_OtrosElementosPatrimoniales.docx
3. Plantilla_FichaCatalogoObjetosGeograficos.docx

2. Características de los Archivos Vectoriales

2.1. Sistema de referencia espacial

Los entregables serán definidos en el sistema de referencia espacial establecido por el INEGI: Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 13 Norte Datum horizontal: ITRF2008 Elipsoide GRS80

2.2. Geometría

Toda representación cartográfica deberá presentarse en archivos vectoriales con una geometría de puntos, líneas o polígonos según sea necesario y deberán generarse en el formato shapefile (shp).

2.3. Denominación de los archivos vectoriales

La denominación de los archivos vectoriales, en adelante capas de información, deberán nombrarse de acuerdo con los siguientes criterios:

- La longitud del nombre de la capa no deber ser mayor a 40 caracteres, se pueden abreviar palabras sin que se pierda su significado.
- Se escriben en minúsculas, separando las palabras por un guion bajo, sin espacios, sin caracteres especiales, sin acentuaciones y de preferencia deben tener como postfijo la fecha de generación de la capa.
- En caso de no contar con la información de algún elemento de la nomenclatura del nombre colocar “nd” para mantener la sintaxis del nombre completa. Este sufijo no

deberá utilizarse como comodín para omitir un dato referente a la sintaxis o componentes del nombre de la capa, dichos componentes están vinculados al diccionario de datos y metadatos de la capa de información.

Sintaxis: <nombre_de_capa>_<escala>_<periodo>
Donde
<nombre_de_capa> - indica el nombre de la capa de información
<escala> - indica la escala a la que fue digitalizada la capa de información
<periodo> - indica la fecha o periodo de origen de la información

Ejemplos:
ususuelo_y_vegetacion_250k_2018-2020
ususuelo_y_vegetacion_10k_2021
huella_urbana_nd_032021

2.4. Denominación de los atributos

- La definición de los nombres de los atributos (campos o columnas) para cada capa de información deberán apegarse a los siguientes criterios:
- Cada capa de información, en su estructura de datos debe contener atributos comunes y específicos de forma ordenada. Los atributos comunes (campos o columnas) son los preestablecidos por el instituto en la plantilla del catálogo de objetos (ver apartado 5 y revisar anexo para ver su contenido), los atributos específicos son aquellos que se definen según el tema y características que representan.
- La longitud del nombre de cada atributo no debe ser mayor a 10 caracteres, se pueden usar abreviaturas o recortar palabras sin que pierdan su significado.
- Se escriben en minúsculas, separando las palabras por un guion bajo, sin espacios, sin caracteres especiales y sin acentuaciones.
- El nombre de cada atributo debe tener congruencia con su alias para facilitar su comprensión como se indica en la documentación del catálogo de objetos de cada capa de información.

2.5. Precisión de los datos espaciales

Para asegurar la mayor precisión posible en lo que corresponde a exactitud posicional y representatividad de las capas de información, deberá considerar los siguientes aspectos según su geometría.

Puntos: El posicionamiento de los puntos de preferencia deberá estar encima del objeto representado. Por ejemplo, si un predio se va a representar mediante un punto este deberá estar colocado en una posición relativa al interior del predio, o si un monumento escultórico se va a representar con un punto, este deberá estar colocado encima de la posición relativa donde se ubica. Todos los elementos puntuales deberán contener como atributos las coordenadas X y Y en el sistema de referencia especificado.

Líneas: El posicionamiento de las líneas de preferencia deberá estar encima del objeto representado, y tener el atributo de longitud en el sistema de referencia especificado.

Polígonos: El posicionamiento de los polígonos de preferencia deberá estar encima del objeto representado, en polígonos adyacentes no debe haber huecos o traslapes, y tener los atributos de coordenadas del centroide (x, y) del polígono, el perímetro y la superficie en metros cuadrados en el sistema de referencia especificado.

2.6. Calidad de los atributos o datos asociados

- Cada registro identificado en las distintas capas de información deberá contar con un identificador único con el que se permita diferenciarlo de los demás.
- Cuando en los atributos existan clasificaciones de algún tipo o grupos de valores de dominio, deberán estar estandarizadas para mantener una congruencia y consistencia en los datos.

Ejemplo de clasificación de valores de dominio para identificar estilos arquitectónicos de edificaciones: Art Noveau, Art Deco, Tradicional, Californiano, Tradicionalista, Californiano.

Para el ejemplo anterior los valores incorrectos son Tradicionalista y California ya que no representan un estilo arquitectónico.

- En registros de domicilios se deberán apegar a la Norma Técnica de Domicilios Geográficos del INEGI, llenando los campos en mayúsculas, donde el campo de “dirección” está compuesto por tipo de calle, nombre completo de calle y número.

El campo “colonia” también debe ser llenado en mayúsculas como se indica en la sintaxis y los ejemplos:

Sintaxis: <tipo de calle> <nombre completo de calle> <numero>

Ejemplos:
Campo domicilio
CALLE JOSÉ MARIANO JIMÉNEZ MALDONADO NO. 712
CALLE 12 NO. 2215
CALLE CUARTA NO. 2211
AVENIDA 20 DE NOVIEMBRE NO. 402
Ejemplos:
Campo colonia
SECTOR BOLIVAR
SANTA ROSA
JARDINES DEL SANTUARIO

3. Características de los Archivos Ráster

Las características que deben cumplir los archivos ráster utilizados en el programa, tales como imágenes satelitales o vuelos de drone deben cumplir los siguientes requisitos:

3.1. Sistema de referencia espacial

Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 13 Norte Datum horizontal: ITRF2008 Elipsoide GRS80.

3.2. Resolución espacial

Como mínimo lo obtenido de las Imágenes de Satélite Sentinel 2A y 2B, que tienen una resolución espacial de 10m de píxel en sus bandas visible e infrarrojo (2,3,4 y 8). 3.

3.3. Resolución temporal

Dependiendo de los alcances que se establezcan y las áreas que se estén analizando. En el caso de las imágenes Sentinel, con una resolución espacial de 10 metros en el visible y una resolución temporal de 5 días, se cuenta con un acervo desde el año 2017 para la región norte de México. Por lo tanto, la recomendación es factible para un análisis en el corto plazo en tiempo retroactivo.

Para una referencia de un largo plazo multitemporal la opción sería Landsat (con resolución a 30 metros del píxel).

3.4. Formato

El formato aceptable deberá ser TIFF o IMG, pero considerando que la compatibilidad e interoperabilidad son importantes, GeoTIFF es la mejor opción. Sin embargo, para la eficiencia y el almacenamiento IMG es una elección valida.

4. Características de la Representación Cartográfica

4.1. Proyectos cartográficos

Para los nombres de los proyectos, deberá utilizar el capitulado del documento acorde a los presentes términos de referencia, realizados con el software ArcGIS 10.8 o ArcGIS Pro 3.x.

Todos los proyectos deberán incluir información general que describa de manera clara el mapa base del proyecto (limites administrativos, vialidades, toponimia, relieve, localidades etc.). Además de lo anterior, cada proyecto en particular deberá representar claramente el tema específico al que hace alusión.

Para el diseño de impresión (layout) dentro de los proyectos, deberá contar con lo mínimo de un mapa temático, que es la sección del mapa con una gradícula de coordenadas geográficas y malla UTM, símbolo de norte, escala; y la sección de solapa o tira marginal, título, simbología, croquis de ubicación, logos institucionales, fuente de datos, sistema de referencia, etc.

Todas estas indicaciones deberán ser dialogadas y acordadas entre el solicitante y el consultor para verificar que se cumplan las necesidades de las representaciones cartográficas.

4.2. Salidas en formato pdf y jpg

Las características técnicas y de presentación que deben cumplir las salidas de información cartográfica en formato PDF y JPG, garantizando su legibilidad y representación visual. Deberá considerar 2 versiones, la primera para documento de lectura tamaño carta, con una resolución de 300 PDI, y la segunda; formato de impresión de 90cm x 60cm con una resolución de 200 PDI.

5. Estructura Organizacional de los Archivos

5.1. De los proyectos y salidas de información

Todos los entregables deberán entregarse de manera organizada de acuerdo con la información representada, es decir proyectos cartográficos, catálogos de objetos, salidas de información, los datos espaciales y los insumos cartográficos.

La sintaxis para nombrar y enumerar los proyectos, fichas de catálogo de objetos y salidas en formato pdf y jpg derivadas de los proyectos de mapa, deberán ajustarse a la nomenclatura que se indica a continuación:

Sintaxis: <AMR>-<AAAA>-<tema>-<capítulo>-<número de mapa en el capítulo>-<nombre del mapa>

Donde

<AMR> - Corresponde a las siglas del Atlas Municipal de Riesgos.

<AAAA> - Corresponde al año de realización del estudio.

<tema> - Corresponde a la abreviatura o siglas seleccionadas para los distintas temáticas del estudio, por ejemplo, para los temas base, peligros, vulnerabilidad y riesgos las abreviaturas correspondientes podrían ser B, P, V y R.

<capítulo> - Corresponde al capítulo en el cual se encuentra el mapa dentro del documento.

<número de mapa en el capítulo> - Corresponde al número consecutivo asignado al mapa según se encuentre en el documento.

<nombre del mapa> - Corresponde al nombre del mapa según el tema representado.

Ejemplos

AMR-2025-B-1.1-01-area_de_estudio.mxd

AMR-2025-B-1.1-01-area_de_estudio.pdf

AMR-2025-B-1.1-01-area_de_estudio.jpg

AMR-2025-CO-area_de_estudio.docx

AMR-2025-R-1.1-01-zonificacion.mxd

AMR-2025-R-1.1-01-zonificacion.pdf

AMR-2025-R-1.1-01-zonificacion.jpg

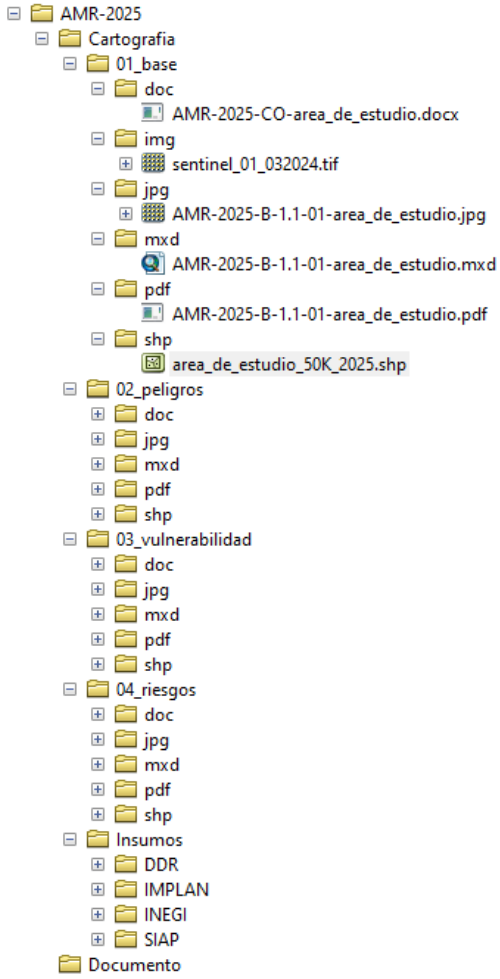
AMR-2025-CO-zonificacion.docx

Iniciales del estudio	**Periodo**	Base Peligros Vulnerabilidad	**Capítulo**	**Número de mapa**	**Nombre del mapa o documento**	**Tipo de archivo**

		Riesgos		**en el capítulo**		
AMR-	2025-	B-	1.1-	01-	area_de_estudio.mxd	Documento de mapa
AMR-	2025-	B-	1.1-	01-	area_de_estudio.pdf	Mapa en formato pdf
AMR-	2025-	B-	1.1-	01-	area_de_estudio.jpg	Mapa en formato jpg
AMR-	2025-	CO-	No aplica	No aplica	area_de_estudio.docx	Ficha del Catálogo de objetos
AMR-	2025-	P-	4.1-	01-	zonificacion.mxd	Documento de mapa
AMR-	2025-	P-	4.1-	01-	zonificacion.pdf	Mapa en formato pdf
AMR-	2025-	P-	4.1-	01-	zonificacion.jpg	Mapa en formato jpg
AMR-	2025-	CO-	No aplica	No aplica	zonificacion.docx	Ficha del Catálogo de objetos

5.2. De la organización de los entregables cartográficos

Los entregables cartográficos deberán entregarse bajo la siguiente estructura de directorios y archivos, a reserva de acordar alguna otra o ajustes adicionales a lo que muestra la figura siguiente:



6. Diccionarios de Datos

6.1. Catálogo de Objetos

Como uno de los soportes básicos para la documentación de la información geográfica, el IMPLAN construye el Catálogo de Objetos Geográficos, el cual permite la interpretación de la información de esta índole, asegurando la generación e integración de datos espaciales, la optimización de procesos de producción cartográfica y, la difusión de información estadística y geográfica, que otorgan sustento a los procesos de planeación, gestión, administración y ordenamiento del Municipio.

El Catálogo de Objetos Geográficos de la Infraestructura Municipal de Datos Espaciales de Chihuahua organiza los objetos con sus definiciones y características, permitiendo comprender la conformación de cada uno y las relaciones existentes entre ellos.

La estructura orgánica de cada objeto y la definición básica de los elementos que contiene: definiciones, atributos, dominios y subtipos, se representan en fichas catalogadas y codificadas según las propias necesidades.

De acuerdo con lo anterior y con la finalidad de documentar los datos con base en los criterios establecidos en el catálogo de objetos y conformar una estructura coherente de los datos que serán entregados, se anexan los siguientes documentos que deberá tomar en cuenta para la documentación:

- Guía para la correcta documentación de los datos en fichas para la conformación del catálogo (Guía_FichaCatálogoObjetosGeográficos.docx).
- Ficha del grupo “Planeación del Centro de Población” del tema “Planeación y Ordenamiento Territorial”, para que esta sirva como ejemplo para conformación de las fichas de los objetos que sean trabajados (FichaEjemplo_PlaneaciónyOrdenamientoTerritorial.docx).
- Plantilla para la documentación de los datos espaciales (Plantilla_FichaCatálogoObjetosGeográficos.docx).

Bibliografía

Albert, L., & Jacott, M. (2015). *México Tóxico: Emergencias Químicas.* México DF., México: México, Siglo XXI Editores. Recuperado el agosto de 2024, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=VvOkDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT39&dq=riesgos+qu%C3%ADmico+tecnol%C3%B3gicos+m%C3%A9xico&ots=WIBUwqeUrC&sig=1g-UfeBoGedhf8z9vBVAMqOZ0n0#v=onepage&q=riesgos%20qu%C3%ADmico%20tecnol%C3%B3gicos%20m%C3%A9xico&f=false

Alcaldías de la ciudad de México. (s/a). *Repositorio de archivos.* Recuperado el agosto de 2024, de Atlas de Riesgos de la ciudad de México y sus Alcaldías: https://www.atlas.cdmx.gob.mx/datospdf.html

Ayuntamiento de Benito Juárez. (2022). *Actualización del Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez Quintana Roo.* Recuperado el agosto de 2024, de Atlas Nacional de Riesgos: https://rmgir.proyectomesoamerica.org/AtlasMunPDF/2022/23005_BENITO_JUAREZ_2022.pdf

Ayuntamiento de Mexicali. (2011). *Atlas de Riesgos del municipio de Mexicali, BC.* Recuperado el agosto de 2024, de Ayuntamiento de Mexicali: https://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/atlas/pdf/0.pdf

Ayuntamiento de Mexicali. (2011). *Peligros Químico Tecnológicos.* Recuperado el agosto de 2024, de Ayuntamiento de Mexicali: https://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/atlas/pdf/3.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (6 de junio de 2012). *Ley General de Protección Civil (Última Reforma DOF 21-12-2023).* Recuperado el junio de 2024, de Cámara de Diputados: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (28 de noviembre de 2016). *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (Última reforma publicada DOF 01-04-2024).* Recuperado el junio de 2024, de Cámara de Diputados: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU.pdf

CENAPRED. (2001). *Lineamientos generales para la evaluación de sitios contaminados y propuesta de acciones para su restauración.* Recuperado el julio de 2024, de Informes Técnicos. Versión electrónica 2014.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/25-

INFORMETCNICOLINEAMIENTOSGENERALESPARALAEVALUACINDESITIOSCONTAMINADOSYPROPUESTADEACCIONESPARASURESTAURACIN.PDF

CENAPRED. (2001). *Lineamientos generales para la evaluación de sitios contaminados y propuesta de acciones para su restauración.* Recuperado el julio de 2024, de Informes Técnicos. Versión electrónica 2014.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/25-INFORMETCNICOLINEAMIENTOSGENERALESPARALAEVALUACINDESITIOSCONTAMINADOSYPROPUESTADEACCIONESPARASURESTAURACIN.PDF

CENAPRED. (2001). *Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas.* Recuperado el julio de 2024, de Informes Técnicos. Versión electrónica 2014.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/242-INFORMETCNICOMODELACINDERADIOSDEAFECTACINPOREXPLOSIONESENESTACIONESDEGAS.PDF

CENAPRED. (2001). *Prácticas apropiadas para disminuir los riesgos ambientales por el manejo de gasolina en estaciones de servicio.* Recuperado el julio de 2024, de Informes Técnicos. Versión electrónica 2014.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/21-INFORMETCNICOPRCTICASAPROPIADASPARADISMINUIRLOSRIESGOSAMBIENTALESPORELMANEJODELASGASOLINASENESTACIONESDESERVICIO.PDF

CENAPRED. (2003). *Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México.* Recuperado el julio de 2024, de Informes Técnicos. Versión electrónica 2014.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/23-INFORMETCNICOIDENTIFICACINDEPELIGROSPORALMACENAMIENTODESUSTANCIASQUMICASENINDUSTRIASDEALTORIESGOENMXICO.PDF

CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica. Versión electrónica 2021.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_ConecptosBasicos.pdf

CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. Versión electrónica 2021.* Recuperado el julio de 2024, de Material de Apoyo para Atlas Estatales y Municipales:

http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_HIDRO.pdf

CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Químicos. Versión Electrónica 2021.* Recuperado el jun de 2024, de CENAPRED: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_QUIM.pdf

CENAPRED. (2006). *Guía Práctica sobre Riesgos Químicos.* Recuperado el julio de 2024, de CENAPRED. Versión electrónica 2021.: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/137-GUAPRCTICASOBRERIESGOSQUMICOS.PDF

CENAPRED. (julio de 2011). *Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. Versión electrónica 2021.* Recuperado el julio de 2024, de CENAPRED: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/203.pdf

CENAPRED. (21 de diciembre de 2016). *Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos.* Recuperado el junio de 2024, de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf

CENAPRED. (2023). *Información básica de peligros naturales a nivel municipal. Municipio Chihuahua 08019.* Recuperado el junio de 2024, de Atlas Nacional de Riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Chihuahua/08019.pdf

CENAPRED. (2024). *Atlas de Riesgos del Estado de Chihuahua*. Recuperado el junio de 2024, de Atlas Nacional de Riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Chihuahua&CVE_ENT=08

CENAPRED. (2024). *Atlas Nacional de Riesgos*. Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

CNDH México. (2019). *Sobre el caso de violaciones a los Derechos Humanos al medio ambiente sano, salud, vivienda e interés superior de la niñez, por la contaminación del Pasivo Ambiental "Avalos" y la construcción del fracc Rinconada Los Nogales en Chihuahua, Chihuahua.* Comisión Nacional de Derechos Humanos México. Ciudad de México: Comisión Nacional de Derechos Humanos.

CNPC. (2023). *Presentación del Atlas Nacional de Riesgos.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/831058/Tema_3._Atlas_NAcional_de_Riesgos.pdf

Comisión Reguladora de Energía. (octubre de 2017). *Estaciones de Servicio (Gasolineras) y Precios finales de Gasolina y Diesel.* Recuperado el agosto de 2024, de Comisión Reguladora de Energía: https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/estaciones-de-servicio-gasolineras-y-precios-finales-de-gasolina-y-diesel

CONAGUA. (febrero de 2011). *Manual para el control de inundaciones.* (SEMARNAT, Ed.) Recuperado el agosto de 2024, de Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica: https://www.snieg.mx/Documentos/IIN/Acuerdo_10_IX/manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf

CONAGUA. (2014). *LIneamientos para la Elaboración de mapas de Peligro por Inundación.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/469330/Lineamientos__para_la_elaboraci_n_de_mapas_de_peligro_por_inundaci_n.pdf

CONAGUA. (2019). *Atlas Nacional de Riesgo por Inundación.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/atlas-nacional-de-riesgo-por-inundacion-204625

Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua. (2014). *Atlas de Riesgos para el Municipio de Chihuahua.* Recuperado el junio de 2024, de Implanchihuahua.org: https://implanchihuahua.org/Descargables_EP.html

Coordinación Municipal de Protección Civil Chihuahua. (diciembre de 2022). *Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022.* Recuperado el junio de 2024, de Municipio de Chihuahua: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/Descargas/SHA/Gacetas/Adicional%20Gacetas/ATLAS%20DE%20RIESGOS%202022.pdf

EPA. (2016). *ALOHA Software.* Recuperado el agosto de 2024, de EPA United States Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/cameo/aloha-software

FEMA, Emergency Management Institute. (2024). *Emergency Management Institute*. Recuperado el agosto de 2024, de Federal Emergency Management Agency: https://training.fema.gov/emi.aspx

Gobierno de Culiacán. (2015). *Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar en el municipio de Culiacán, Sinaloa.* Recuperado el agosto de 2024, de

Proyecto Mesoamérica: https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2015/25006_AR_CULIACAN.pdf

Gobierno de Culiacán. (2020). *Sistema de atlas de peligros y/o riegos del municipio de Culiacán, Sinaloa.* Recuperado el agosto de 2024, de Ayuntamiento de Culiacán: https://apps.culiacan.gob.mx/transparencia/archivos/42_exp18180_atlas_de_riesgos_2020.pdf

Gobierno de la ciudad de México. (junio de 2024). *Atlas de Riesgos de la Ciudad de México.* Recuperado el agosto de 2024, de Gobierno de la ciudad de México: https://www.atlas.cdmx.gob.mx/principal/inicio

Gobierno de la Republica. (2016). *Guia de Resiliencia Urbana.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179708/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf

Gobierno de México. (2022). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático o ANVCC*. Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/

Gobierno del Estado de Chihuahua. (2012). *Atlas de Peligros del Estado de Chihuahua*. Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/CHIHUAHUA_2012.pdf

Gobierno del Estado de Chihuahua. (29 de agosto de 2020). *Reglamento de la Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno del Estado de Chihuahua: https://chihuahua.gob.mx/sites/default/atach2/anexo/anexo_70-2020_acuerdo_107_reglamento_ley_proteccion_civil_estado_chihuahua.pdf

Gobierno Municipal de Chihuahua. (21 de mayo de 2016). *Reglamento de Protección Civil del Municipio de Chihuahua. (Ultima modificación 26/07/2021).* Recuperado el junio de 2024, de Municipio de Chihuahua: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/transparenciaarchivos/IMCFDJ/4to%20trimestre%202021/1%20I/16.%20Reglamento%20de%20Proteccion%20Civil%20del%20Municipio%20de%20Chihuahua.pdf

Gobierno Municipal de Chihuahua. (marzo de 2024). *Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chihuahua Visión 2040 Séptima Actualización.* Recuperado el junio de 2024, de IMPLAN Chihuahua: https://chihuahua.gob.mx/sites/default/atach2/periodico-oficial/anexos/2024-03/1ANEXO%2022-2024%20ACUERDO%20N%C2%BA%20016-

2024%20PDU%20CHIHUAHUA%20VISION%202040%20S%C3%89PTIMA%20ACTUALIZACI%C3%93N%20TOMO%20I%20F.pdf

H. Ayuntamiento de Chihuahua. (2024). *Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua. Última reforma 12.03.2024 Gaceta Municipal No. 362-III.* Recuperado el junio de 2024, de Gobierno Municipal de Chihuahua: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/TransparenciaArchivos/SHA/Normatividad/R23%20-%20Reg%20Desa%20Urbano/Reglamento%20desarrollo%20urbano.pdf

H. Congreso del Estado. (1995). *Código Municipal para el Estado de Chihuahua. Última reforma POE 2024.02.28/No.17.* Recuperado el junio de 2024, de Congreso de Chihuahua: https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/codigos/archivosCodigos/70.pdf

H. Congreso del Estado. (26 de agosto de 2015). *Ley de Protección Civil del Estado de Chihuahua. (Última Reforma POE 2023.07.01/No.52).* Recuperado el junio de 2024, de Congreso del Estado: https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1174.pdf

H. Congreso del Estado de Chihuahua. (2 de octubre de 2021). *Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua. (Última Reforma POE 2022.05.04/No.36).* Recuperado el junio de 2024, de Congreso del Estado de Chihuahua: https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1536.pdf

Hernández, E. (2018). *Tesis: Índice Pérdida-Posesión para generación de mapas de riesgo ante inundaciones en zonas urbanas.* Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ingeniería Civil Hidráulica.

IMPLAN. (2006). *Atlas de Riesgos del Centro de Población Chihuahua.* Recuperado el junio de 2024, de Implanchihuahua.org: https://implanchihuahua.org/Descargables_EP.html

IMPLAN. (2009). *Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial.* Recuperado el agosto de 2024, de IMPLAN: https://www.implanchihuahua.org/Descargables_EP.html

INEGI. (2010). *Red hidrográfica edición 2.0 Cuenca R. Conchos-P.El Granero. Región H. Bravo Conchos.* Recuperado el octubre de 2020, de Conjunto de datos vectoriales de información topográfica cartas H13C66, H13C67, H13C56, H13C57. Escala 1:50 000 serie III. INEGI (2014): https://www.inegi.org.mx/app/mapas/

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.* Recuperado el agosto de 2024, de INEGI: https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

International Atomic Energy Agency IAEA. (noviembre de 1996). *Manual for the classification and priorization of risks due to major accidents in process and related industries.* Recuperado el agosto de 2024, de International Atomic Energy Agency IAEA: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/023/28023339.pdf

ONU-HABITAT. (2024). *Ciudades Resilientes*. Recuperado el junio de 2024, de ONU-HABITAT: https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes#:~:text=El%20concepto%20de%20resiliencia%20describe,la%20adaptaci%C3%B3n%20y%20la%20transformaci%C3%B3n.

OVIE Chihuahua. (2024). *Ovie Chihuahua (con datos del Censo de Población y Vivienda 2020 y DENUE 2023).* Recuperado el agosto de 2024, de IMPLAN Chihuahua: http://ovie.mpiochih.gob.mx/

Poder Legislativo Federal, Cámara de Diputados. (2020). *Proyecto de Decreto que expide la Ley General de Gestión de Riesgos y Protección Civil.* Recuperado el agosto de 2024, de Congreso de la ciudad de México: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/iniclave/64/CD-LXIV-III-1P-267/01_minuta_267_03dic20.pdf

Protección Civil del municipio de Chihuahua. (24 de septiembre de 2024). Alerta por lluvias. Chihuahua, Chihuahua, México.

Protección Civil PJCDMX. (2019). *Protección Civil PJCDMX*. Recuperado el agosto de 2024, de Incendio: https://www.poderjudicialcdmx.gob.mx/proteccion_civil/incendio/

Reyes, V., & Nuñez, S. D. (2013). FirstChapter: ENSO/drought effects and their impact in the ecology and economy of the state of Chihuahua, Mexico. *WIT Press*, pp.101-117. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/261357912_ENSOdrought_effects_and_their_impact_in_the_ecology_and_economy_of_the_state_of_Chihuahua_Mexico

Ruiz, N. (septiembre de 2017). Asociaciones público-privadas en la reducción de riesgo de desastres. El caso de la industria química de Coatzacoalcos, México. *Gestión y Política Pública, Vol. XXVI*(No. 1), pp.105-138. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v26n1/1405-1079-gpp-26-01-00105.pdf

Sánchez, D. (2024, marzo.). *Informe Técnico: Estudio que sirva como herramienta base para la elaboración del Plan Municipal Hídrico de largo plazo.* Chihuahua: IMPLAN Chihuahua. Recuperado el junio de 2024

Secretaría de Economía. (2020). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-234-SCFI-2019, Gas natural vehicular. Requisitos mínimos de seguridad en instlaciones vehiculares (cancelará la NOM-011-SECRE-2000).* Recuperado el agosto de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5602412&fecha=13/10/2020#gsc.tab=0

Secretaría de Energía. (2000). *NOM-011-SECRE-2000, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.* Recuperado el agosto de 2024, de Orden Jurídico Nacional: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69947.pdf

Secretaría de Energía. (octubre de 2002). *NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio.* Recuperado el agosto de 2024, de Orden Jurídico Nacional: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69939.pdf

Secretaría de Gobernación. (marzo de 1990). *Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas.* Recuperado el junio de 2024, de SEMARNAT: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192861/Primer_Listado_de_Activiades_Altamente_Riesgosas.pdf

Secretaría de Gobernación. (mayo de 1992). *Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas.* Recuperado el junio de 2024, de SEMARNAT: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192863/Segundo_Listado_de_Actividades_Altamente_Riesgosas.pdf

Secretaría de Gobernación. (1994). *Programa simplificado para el establecimiento de nuevas estaciones de servicio.* Recuperado el agosto de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4730428&fecha=19/08/1994#gsc.tab=0

Secretaría de Gobernación. (1998). *Guía Técnica para la elaboración de instrumentación del Programa Interno de Protección Civil.* Recuperado el agosto de 2024, de Gobierno de Chihuahua: https://chihuahua.gob.mx/atach2/programainterno_1.pdf

Secretaría de Gobernación. (octubre de 2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SESH-2014, Plantas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.* Recuperado el junio de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5365134&fecha=22/10/2014#gsc.tab=0

Secretaría de Gobernación. (2015). *Diseño, construcción, mantenimiento y operación de estaciones de servicio de fin específico y de estaciones asociadas a la actividad de Expendio en su modalidad de Estación de Servicio para Autoconsumo, para diésel y gasolina.* Recuperado el agosto de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5418780&fecha=03/12/2015#gsc.tab=0

Secretaría de Gobernación. (noviembre de 2016). *NORMA Oficial Mexicana NOM-005-ASEA-2016, Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.* Recuperado el junio de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5459927&fecha=07/11/2016#gsc.tab=0

Secretaría de Gobernación. (agosto de 2017). *NORMA Oficial Mexicana NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.* Recuperado el junio de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5494801&fecha=23/08/2017#gsc.tab=0

Secretaría de Gobernación. (julio de 2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-008-ASEA-2019, Estaciones de servicio con fin específico para el expendio al público de gas licuado de petróleo, por medio del llenado parcial o total de recipientes portátiles.* Recuperado el junio de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5566432&fecha=24/07/2019#gsc.tab=0

Secretaría de la Función Pública. (2021). *Programa Interno de Protección Civil.* Recuperado el agosto de 2024, de Gobierno de México: https://portal-transparencia.funcionpublica.gob.mx/wp-content/uploads/2022/12/PIPC-2022-Proyecto-para-Trasparencia-V2.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Estaciones de servicio con fin específico para expendio al público y autoconsumo de gas licuado de petróleo para vehículos automotores.* Recuperado el agosto de 2024, de Secretaría de Economía: https://www.cofemersimir.gob.mx/portales/resumen/52016

SEDATU. (2016). *Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016.* Recuperado el junio de 2024, de Gob.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/135433/TR_AR_231016_Pu_blico.pdf

SEDATU. (agosto de 2024). *NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SEDATU-2024.* Recuperado el septiembre de 2024, de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5737045&fecha=23/08/2024#gsc.tab=0

SEMARNAT. (julio de 2016). *Trámite SEMARNAT-07-008*. Recuperado el junio de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/tramite-semarnat-07-008

SEMARNAT. (julio de 2021). *Ex Fundidora, Planta Ávalos Chihuahua, Chihuahua*. Recuperado el julio de 2024, de Programa de remediación de la Ex Fundidora Planta Ávalos, ubicada en el estado de Chihuahua.: https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/ex-fundidora-planta-avalos-chihuahua-chihuahua

Silva-Hidalgo, H. (s.f.). Variación en precipitación y sus valores extremos en el estado de Chihuahua. En *En CIMAV, Cambio Climatico en el Estado de Chihuahua* (págs. pp. 35-36). Chihuahua: Editorial Gestoría. Obtenido de http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/2122

Tiempo. (1 de septiembre de 2024). *Un muerto y 12 vehículos arrastrados dejó aguacero.* Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de Tiempo la noticia digital: https://www.tiempo.com.mx/noticia/saldo_de_ayer_lluvias_sabado_31_de_agosto_vehiculos_inundaciones_caidas_de_bardas/

Tiscareño, E. (2024). *Informe Técnico: Identificación de zonas inundables.* Chihuahua: UACH, Maestría en Ciencias.

USAID, PREPARE, MIYAMOTO. (2021). *Fenómenos Perturbadores.* Obtenido de U.S. Agency for International Development: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00Z5MN.pdf

USDT, TC, CIQE & SICT. (2024). *2024 Guia de Rspuesta en caso de Emergencia.* Recuperado el agosto de 2024, de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/914690/II.3_GRE2024__1_-.pdf

Zúñiga-Igarza, L., & Egler-Cohen, T. (2016). Dimensiones Físico-Espacial y Sociopolítica de la Resiliencia Urbana: aportes y perspectivas. (C. d. Cuba, Ed.) *Ciencia en su PC*(núm. 2), pp. 71-85. Recuperado el junio de 2024, de https://www.redalyc.org/journal/1813/181349391008/html/