

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**SIG EN LA SIMULACIÓN DE ZONAS DE
PELIGRO POR EXPLOSIÓN DE
GASOLINERAS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TOPOGRAFÍA E HIDROLOGÍA**

PRESENTA

YAHIR ANTONIO VELASCO VAZQUEZ

ALAN SANTIAGO CABRERA

DIRECTOR

DR. JOSÉ ARMANDO VELASCO HERRERA

REVISORES

**MTRO. BENITO JAVIER VILLANUEVA
DOMÍNGUEZ**

ING. REYNOL MAGDALENO GONZÁLEZ



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Enero de 2025



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
30 de enero de 2025

C. Yahir Antonio Velasco Vázquez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Topográfica e Hidrología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

SIG en la simulación de zonas de peligro por explosión de gasolineras

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. Benito Javier Villanueva Domínguez

Ing. Reynol Magdaleno González

Dr. José Armando Velasco Herrera

Firmas:

C.c.p. Expediente





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
30 de enero de 2025

C. Alan Santiago Cabrera

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Topográfica e Hidrología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
SIG en la simulación de zonas de peligro por explosión de gasolineras

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. Benito Javier Villanueva Domínguez

Ing. Reynol Magdaleno González

Dr. José Armando Velasco Herrera

Firmas:

C.c.p. Expediente



AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por brindarme sabiduría, fortaleza y salud durante los cuatro años de carrera profesional.

A mis padres Benedicto Velasco y Patricia Vazquez, que nunca dejaron de apoyarme, estuvieron siempre para mí cuando lo necesite y cuyo esfuerzo sirvió de inspiración para lograr uno de mis objetivos. Gracias por su paciencia y sobre todo por nunca dejar de creer en mí.

Es necesario expresar mi agradecimiento a mi hermano Cristhian Velasco quien, en varias ocasiones, con su conocimiento, experiencia y actos, ayudó a formar a la persona que soy hoy en día, de igual manera a Sergio Velasco a quien veo como a un hermano, por haberme apoyado en los primeros años de carrera y por su compañía a largo de todo este camino.

A mi director de tesis, el Dr. José Armando Velasco Herrera, por haber aceptado dirigir este proyecto, por su orientación, conocimientos y valiosas sugerencias Su compromiso y ayuda, fue esencial para lograr finalizar este proyecto.

De igual manera a mi compañero de proyecto Alan Santiago a quien puedo llamar amigo sin temor a equivocarme, también a todas esas amistades que conozco desde hace mucho tiempo, así como las que hice recientemente, ya que siempre estuvieron dispuestos a escuchar, brindar su apoyo y compartir momentos especiales que sin duda alguna hicieron este camino más llevadero.

A los profesores de la Universidad de Ciencias y Artes que aportaron a mi persona (FF-FM), por impartirme conocimientos que fueron esenciales para la elaboración de esta tesis, y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

Finalmente, y sin restar mérito, quiero agradecer a una persona muy especial que admiro, quien me acompañó en toda mi carrera profesional y a pesar de los malos momentos nunca me dejó solo, por suerte puedo decir que hasta el día en que escribo este texto, sigue a mi lado (L.M.M.G).

No tengo más que estas palabras de gratitud a todas las personas mencionadas que hicieron posible la realización de esta tesis. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Con todo mi corazón, les agradezco haberme acompañado en esta importante etapa de mi vida.

Yahir Antonio Velasco Vazquez.

31/05/25

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios y a mis padres, Gilberto Santiago y Ángeles Cabrera, porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible. Por cada palabra de aliento en los momentos de duda, por cada sacrificio que hicieron para que yo pudiera seguir adelante, por su amor incondicional que me ha sostenido en cada paso de este camino. Este logro es tan mío como suyo.

A mis hermanos, Julián, Jhoanita y Santiago, por ser mi mayor fuente de apoyo y fortaleza. Gracias por su inquebrantable compañía, por brindarme ánimo en los momentos difíciles y por demostrarme, día a día, que el verdadero amor y apoyo siempre están en la familia.

A mi amada y linda Jocelyn, gracias por tu amor incondicional, por cada palabra de aliento en los momentos de duda y por siempre tenderme tu mano sin importar las circunstancias. Tu presencia ha sido un regalo invaluable, y sin ti, este logro no habría sido el mismo. Te agradezco, de todo corazón, por estar siempre para mí.

Agradezco al Dr. José Armando Velazco Herrera, cuya guía, paciencia y conocimientos fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Sus consejos y apoyo han sido un pilar en mi formación académica.

A mis amigos, en especial a mi querido amigo y hermano Yahir, cuyo apoyo incondicional y conocimientos, fueron clave para la realización de este trabajo. A mi amiga y hermana Adriana, que me adoptó, me llevó a vivir con su familia y que a pesar de todo lo vivido juntos, siempre estuvo conmigo, gracias Adri por hacer esta etapa más linda y fácil. Y a todos aquellos amigos que, con el tiempo, se convirtieron en mi familia. Gracias por hacer de este camino una experiencia más bonita y llena de compañía. Su apoyo ha significado más de lo que las palabras pueden expresar.

Este trabajo no es solo el resultado de años de estudio y esfuerzo, sino también del amor, apoyo y sacrificio de las personas más importantes en mi vida.

Para finalizar este trabajo de tesis, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a que este proyecto fuera posible.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Alan Santiago Cabrera

31 . 01 . 2025

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivo general	4
1.3.1 Objetivo Específico.....	4
1.3.2 Objetivo Especifico.....	4
1.3.3 Objetivo Específico.....	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Conceptos generales de los hidrocarburos.....	5
1.5.1 Hidrocarburos	5
1.5.2 Petróleo.....	5
1.5.3 Gasolina.....	6
1.5.3.1 Tipos de gasolinas.....	7
1.5.4 Explosión.....	8
1.5.5 Tanques de almacenamiento de gasolina	8
1.6 Legislación y normatividad	9
1.6.1 Norma Oficial Mexicana (NOM 005 ASEA 2016).....	9
1.7 Seguridad ciudadana, prevención de desastres	10
1.8 Sistemas de información geográfica	13
1.8.1 Operaciones y funciones del SIG	14
1.8.1.1 Ingreso de datos.....	15
1.8.1.2 Manipulación de datos.....	15
1.8.1.3 Almacenamiento y producción de datos.....	16
1.8.2 Elementos primordiales de los SIG.....	16
1.8.2.1 Bases de datos	16
1.8.2.2 Metadatos.....	17
1.8.2.3 Capas de información	17
1.8.2.4 Superposición de capas	17
1.8.2.5 Modelos de datos ráster y datos vectoriales	18

1.8.2.6 Topología Espacial	18
1.8.2.7 Análisis espacial.....	18
1.8.2.8 Proyección cartográfica	18
1.8.3 Herramientas básicas de los SIG	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
2.1 Elección y búsqueda de parámetros	21
2.2 Trabajo en campo	22
2.3 Procesamiento de datos por medio de sistemas de información geográfica.....	24
2.3.1 Base de datos.....	24
2.3.2 Radio de afectación	28
2.3.3 Cartografía de la simulación	33
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
3.1 Cartografía obtenida.....	36
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
4.1 Conclusiones	48
4.2 Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXO I. GASOLINERAS PRINCIPALES MOSTRADAS EN EL PROYECTO	53
ANEXO II. MAPAS DE ESCENARIOS FICTICIOS RESPECTO A LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Composición química de los hidrocarburos</i>	<i>5</i>
<i>Ilustración 2 Petróleo en estado crudo</i>	<i>6</i>
<i>Ilustración 3 Gasolina líquida comercial.....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 4 Ejemplo de los dos tipos de gasolina más comerciales</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 5 Explosión de una gasolinera.....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 6 Tanques de almacenamiento de gasolina</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 7 Componentes de un SIG.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 8 Interfaz de la página web del Atlas Nacional de Riesgos.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 9 Archivo .xls de la base de datos de las gasolineras en Tuxtla Gutiérrez, posteriormente transformada a formato shapefile.</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 10 Archivo .xls de la base de datos de los hospitales en Tuxtla Gutiérrez, posteriormente transformada a formato shapefile.</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 11 Archivo .xls de la base de datos de los lugares de concentración masiva cercanos a gasolineras, posteriormente transformada a formato shapefile.</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 12 Interfaz de ArcMap con los puntos coordinados de las gasolineras ubicadas en Tuxtla Gutiérrez.</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 13 Gasolinera "Vialva El Paraíso" Tomada de: Fuente propia.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 14 Tanques de almacenamiento de la gasolinera "Vialva El Paraíso" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 15 Gasolinera "La Diana" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 16 Tanques de almacenamiento de la gasolinera "La Diana" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 17 Gasolinera "Dinogas" Tomada de: Fuente propia.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 18 Tanque de almacenamiento de la gasolinera "Dinogas" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 19 Gasolinera "La Fuente" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 20 Tanques de almacenamiento de la gasolinera "La Fuente" Tomada de: Fuente propia</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1 Datos principales de la gasolinera Vialva El Paraíso</i>	<i>23</i>
<i>TABLA 2 Datos principales de la gasolinera La Diana.....</i>	<i>23</i>
<i>TABLA 3 Datos principales de la gasolinera Dinogas</i>	<i>23</i>
<i>TABLA 4 Datos principales de la gasolinera La Fuente</i>	<i>24</i>
<i>TABLA 5 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera Vialva El Paraíso.</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 6 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera La Diana.</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 7 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera Dinogas.....</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 8 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera La Fuente.....</i>	<i>31</i>
<i>TABLA 9 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 200,000 litros de combustible.</i>	<i>31</i>
<i>TABLA 10 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 250,000 litros de combustible.</i>	<i>32</i>
<i>TABLA 11 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 300,000 litros de combustible.</i>	<i>32</i>
<i>TABLA 12 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 350,000 litros de combustible.</i>	<i>32</i>

INTRODUCCIÓN

Las estaciones de servicio de combustible, comúnmente conocidas como gasolineras, son infraestructuras críticas para el suministro de energía a vehículos y otras máquinas motorizadas. Por lo tanto, el manejo de grandes cantidades de combustibles inflamables, como la gasolina y el diésel, representa riesgos inherentes de accidentes. Entre los principales peligros asociados a estas operaciones se encuentran las explosiones, que pueden ocurrir debido a una variedad de factores, como fallos técnicos, errores humanos o condiciones ambientales adversas. Estos eventos no solo ponen en peligro la vida humana, sino que también pueden tener un impacto devastador en el entorno y la economía local.

El análisis de riesgos en gasolineras se presenta como una herramienta indispensable para identificar, evaluar y mitigar posibles amenazas. Este proyecto tiene como objetivo principal realizar simulaciones y análisis cartográficos de los riesgos asociados a explosiones en gasolineras, considerando tanto los factores técnicos como humanos. Para ello, se emplearán metodologías reconocidas en la ingeniería de la geomática, ya que los sistemas de información geográfica son parte fundamental en este proyecto, esto, con el fin de proponer medidas preventivas y mapas de riesgos que aseguren una operación segura y sostenible en estas instalaciones.

En el presente proyecto, se detallarán los resultados y conclusiones obtenidos a partir de la simulación de zonas de peligro realizada, con el objetivo de generar una mayor conciencia pública sobre la importancia de la seguridad en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Además, este trabajo busca proporcionar una herramienta eficaz y aportar conocimiento sobre la gestión de riesgos en esta ciudad, contribuyendo tanto a la protección de sus habitantes como al fortalecimiento de la infraestructura local ante posibles incidentes.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

De manera local en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez existen 41 gasolineras registradas de manera pública, lo cual es un número bastante considerable a comparación de otros municipios, un claro ejemplo es el de Simojovel de Allende que solo cuenta con dos gasolineras.

El hecho de que cada vez existan gasolineras nuevas en Tuxtla Gutiérrez puede representar un riesgo para la población en general, puesto que existen normativas, en las cuales encontramos una guía para poder ubicarlas y construirlas.

Los accidentes en gasolineras generalmente son riesgosos para la población y con el incremento de las mismas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, este riesgo puede llegar a ser significativo en cuestión de pérdidas tanto humanas como materiales.

En ocasiones algunas de las recientes gasolineras no siempre cumplen con todas las normativas de ubicación, las normativas adecuadas indican ciertas distancias que se deben mantener entre las gasolineras y puntos de reunión masivos, como lo son, hoteles, centros comerciales, escuelas, cines, iglesias, entre muchos otros, también señalan la mejor manera de cómo deben estar ubicadas en función a las vialidades del municipio en donde se prevén las nuevas instalaciones. (DOF, 2016)

Los permisos para comercializar productos derivados de los hidrocarburos deben ser otorgados después de una revisión del proyecto, luego de haber corroborado que cumplan con la normativa, ya sea del impacto ambiental, de ubicación y de construcción, el hecho de

tomar estos requerimientos a la ligera puede significar un problema para la población, por esta razón es importante seguir las normativas oficiales y cumplir con ellas. (DOF, 2016)

1.2 Justificación

Los SIG han logrado un cambio tecnológico e intelectual fundamentalmente en el ámbito de las geociencias y de la cartografía, esto debe ser entendido como el conjunto de procedimientos técnicos y metodológicos que permiten: por un lado, tratar la espacialidad de los datos, y por otro, favorecer al estudio de diferentes campos científicos y de interés desde distintos tipos de enfoques, lo cual representa una ventaja para los investigadores (Gonzalez, *et al.*, 2012).

Este estudio busca contribuir de manera satisfactoria lo abordado detrás de las horas de trabajo, por ejemplo, en la actualidad, lograr una simulación sobre algún fenómeno o una cartografía sobre lugares determinados puede realizarse de diferentes formas. Los sistemas de información geográfica pueden ayudarnos a obtener resultados de calidad, con métodos precisos y es por eso que, para realizar una simulación, los SIG pueden ser de gran importancia puesto que son de las ciencias más versátiles. (Sarria, 2010)

Los sistemas de información geográfica tienen diferentes aplicaciones, entre ellas destacan: Científicas

- Especialmente en ciencias medioambientales (en sentido amplio) y relacionadas con el espacio.
- Desarrollo de modelos empíricos, por ejemplo, los que relacionan temperatura con altitud y orientación, a partir de medidas tomadas en el lugar.
- Modelización cartográfica (implica el uso de modelos empíricos para crear mapas de temperatura utilizando mapas de altitud y orientación) (Sarria, 2010).

La razón para elaborar este trabajo radica en la necesidad de identificar y evaluar peligros asociados a estas instalaciones, informar la planificación urbana y mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias. Este proyecto proporciona información crucial para la toma de decisiones informadas y la gestión integral de riesgos en la ciudad.

1.3 Objetivo general

Los SIG en la simulación de zonas peligro por explosión de gasolineras con mayor demanda y ubicados en puntos claves de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

1.3.1 Objetivo Específico

Aplicar un sistema de información geográfica para la simulación en la explosión de una gasolineras.

1.3.2 Objetivo Especifico

Evaluar los alcances de la onda expansiva provocada por una explosión simulada en gasolineras.

1.3.3 Objetivo Específico

Elaborar un mapa de riesgos y representar cartográficamente los alcances de la explosión.

1.4 Hipótesis

Los SIG permiten realizar una simulación de zonas vulnerables al peligro por ondas expansivas provocadas por explosión de gasolineras en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

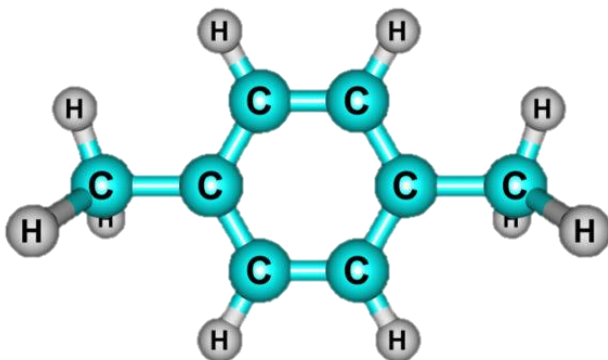
1.5 Conceptos generales de los hidrocarburos

1.5.1 Hidrocarburos

Los hidrocarburos son un grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos.

Se pueden encontrar en estado líquido natural (petróleo), en estado líquida por condensación (condensados y líquidos del gas natural), en estado gaseoso (gas natural) y en estado sólido (en forma de hielo como son los hidratos de metano) (Secretaría de Energía, 2015).

Nota: Los hidrocarburos están compuestos principalmente por carbono e hidrógeno.



*Ilustración 1 Composición química de los hidrocarburos
Tomada de: (Álvarez, 2021)*

1.5.2 Petróleo

Líquido natural oleaginoso e inflamable, compuesta por una mezcla de hidrocarburos que se presentan en la naturaleza, en depósitos geológicos continentales o marítimos, ya sea en estado sólido, líquido, o gaseoso, estos tres cambios pueden pasar de una a otra por efecto de cambio de presión y temperatura.

Es una fuente de energía no renovable con apariencia de líquido aceitoso, que se encuentra saturando la porosidad de las rocas.

Tanto el gas como el petróleo son restos de materia orgánica que han sido reducidos por descomposición a un estado en que el carbono y el hidrógeno son los principales elementos (Servicio Geológico Mexicano, 2017)



Ilustración 2 Petróleo en estado crudo
Tomada de: (Martínez, 2023)

1.5.3 Gasolina

La gasolina es un combustible líquido compuesto por mezclas complejas de más de 400 compuestos orgánicos volátiles, siendo los hidrocarburos los más abundantes. El tamaño molecular de estos compuestos está acotado entre 4 y 12 átomos de carbono, que se corresponde con un intervalo de destilación comprendido que va desde los 30°C hasta 215°C (Majhi *et al.*, 2012).



Ilustración 3 Gasolina liquida comercial

Tomada de: (González, 2023)

1.5.3.1 Tipos de gasolinas

Pemex Premium: Gasolina de bajo contenido de azufre y mayor nivel de octanaje diseñada para vehículos con convertidor catalítico y motores de alta compresión (Pastrana, 2022).

Pemex Magna: Gasolina sin plomo diseñada para vehículos equipados con convertidor catalítico y en términos generales, para motores de gasolina de combustión interna con una clasificación de octanaje de al menos 87 (Pastrana, 2022).



Ilustración 4 Ejemplo de los dos tipos de gasolina más comerciales

Tomada de: Fuente propia

1.5.4 Explosión

Una explosión es el resultado de una liberación extremadamente rápida de energía proveniente de un espacio reducido en un intervalo temporal muy breve. Las explosiones pueden clasificarse según sea su naturaleza ya sea física, nuclear o química (Larios, 2011).



Ilustración 5 Explosión de una gasolinera

Tomada de: (Nieto J. G., 2018)

1.5.5 Tanques de almacenamiento de gasolina

Recipiente y tubería herméticos empleados para almacenar o conducir combustibles (tanques de almacenamiento y conductos para el producto) (PEMEX, 2018).



Ilustración 6 Tanques de almacenamiento de gasolina

Tomada de: (Chávez, 2023)

1.6 Legislación y normatividad

Un país debe tener leyes que rijan el comportamiento y las acciones de los habitantes de dicha nación, y aunque en México existe una extensa cantidad de leyes para el comportamiento de la población, también es importante que existan leyes o normativas que indiquen las características que deben tener los servicios y/o productos que las personas consumen, para ello existen las Normativas Oficiales Mexicanas (NOM).

Las Normativas Oficiales Mexicanas son disposiciones técnicas de cumplimiento obligatorio emitidas por las autoridades competentes, que tienen por finalidad establecer características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana (Secretaría de Salud, 2018).

Todos los servicios y productos que se mueven dentro de la república deben ser aprobados por las NOM, desde alimentos hasta productos de higiene personal y no solo eso, los servicios que usamos frecuentemente también deben tener la aprobación de las NOM.

1.6.1 Norma Oficial Mexicana (NOM 005 ASEA 2016)

Los servicios de combustible cuentan con sus propias normativas y para el caso de los hidrocarburos la normativa aplicable es la “NOM 005 ASEA 2016”.

El nombre completo es “NOM 005 ASEA 2016, Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas, en la cual, como su nombre indica, habla sobre las características primarias para la construcción de una estación de servicio de hidrocarburos.

En ella podemos encontrar información muy importante previa a la construcción de una gasolinera, como por ejemplo la siguiente.

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 (DOF, 2016).

Esta normativa es de gran importancia, ya que engloba al servicio de hidrocarburos, el cual debe tener especial cuidado para poder evitar accidentes que atenten contra la seguridad pública.

1.7 Seguridad ciudadana, prevención de desastres

La seguridad de los ciudadanos es responsabilidad fundamental de las autoridades locales. Tuxtla Gutiérrez, al igual que muchas otras ciudades, alberga una cantidad significativa de gasolineras, las cuales pueden convertirse en zonas de riesgo para la población local.

Para poder estar al tanto de lo que podría pasar cuando se trabaja con combustibles, es necesario realizar algunos estudios como por ejemplo análisis y evaluaciones de riesgos. Cabe mencionar que no es lo mismo un análisis de riesgo y una evaluación de riesgo, aunque son conceptos que pueden ser parecidos, tienen enfoques diferentes. Se entiende por análisis de riesgo el uso de la información disponible para identificar los peligros existentes, estimar el nivel de riesgo presente y por evaluación de riesgo se entiende el proceso por el cual se juzga la aceptabilidad de riesgo estimado (Ferradás *et al.*, 2004).

Es importante para la investigación crear un mapa de riesgos que sea de ayuda a la población. El mapa de riesgos es un documento gráfico de representación convencional que pretende mostrar la distribución espacial o geográfica de las pérdidas esperadas de una o más amenazas. Representa una amenaza principal y las condiciones de vulnerabilidad asociadas a ésta (Renda *et al.*, 2017).

El manejo y almacenamiento de sustancias inflamables como los combustibles, conlleva riesgos de fugas, incendios y explosiones. La seguridad de las personas que viven, trabaja o

transitan cerca de estas instalaciones debe ser una prioridad, y es por eso que es necesario hacer simulaciones de riesgos y planes de contingencia para cubrir cualquier emergencia que pueda suceder.

La elaboración de una simulación de zonas de peligro por explosión de gasolineras permite identificar y evaluar de manera precisa los posibles peligros asociados a estas instalaciones. Con esta información, las autoridades locales pueden implementar medidas preventivas y protocolos de seguridad, lo que, a su vez, contribuye a la reducción de accidentes y la prevención de desastres. Además, este mapa proporciona una base sólida para la planificación de respuestas y la movilización de recursos de emergencia, lo que podría salvar vidas y reducir daños materiales. (Fernández, 2017)

Cuando se habla de las explosiones no se puede dejar a un lado a aquel suceso que tomó lugar en Jalisco, Guadalajara, en el año 1992, un evento que marcó de manera trágica a la población de Jalisco.

Ocho kilómetros lineales de calles fracturadas por las explosiones más otros cuatro de calles perpendiculares fueron los destrozos inmediatos de las explosiones del 22 de abril en el llamado Sector Reforma. Calles que tocan colonias como: Barragán y Hernández, Las Conchas, Del Periodista, Quinta Velarde, Ángel Guzmán, García Cuadra y Atlas (Macías, 1993).

El saldo humano incluyó 210 fallecidos, 2 desaparecidos y 1,480 lesionados. No sólo fueron las vidas valiosas que se perdieron sino los impactos económicos tan terribles en la vida económica regional y nacional junto con la modificación de la coyuntura política (Saavedra *et al.*, 2014).

Las explosiones en el drenaje de la ciudad de Guadalajara fueron causadas por la acumulación de hidrocarburos y solventes provenientes, principalmente, de la zona industrial con aportaciones de talleres mecánicos y pequeñas industrias próximas al colector Intermedio Oriente; sin la presencia de gasolina Nova, pues no se detectó en las muestras tomadas el 21 de abril. Dicha acumulación se provocó por la modificación de los colectores para la

construcción de la línea 2 del tren ligero. De tal suerte que la gasolina localizada fue consecuencia y no causa de las explosiones (Mora, 2017).

Debido a los incidentes provocados por hidrocarburos y las consecuencias que tienen con la población cercana y las zonas naturales, se tienen que seguir las medidas de seguridad y tener prioridad con el medio ambiente, por esta razón es importante hacer mención de los impactos provocados y la optimización de la capacidad de respuesta ante estos posibles sucesos.

Los derrames de combustible pueden contaminar cuerpos de agua cercanos, suelos y áreas ecológicamente sensibles. Además, el exponencial crecimiento no regulado de estaciones de servicio puede generar problemas de zonificación y uso de suelo, lo que podría resultar en una distribución inadecuada de estas instalaciones en relación con áreas residenciales, comerciales y educativas. (Lester *et al.*, 2020)

Esta problemática se ve reflejada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, dado así es más común ver estaciones de servicios gasolineros a escasos metros de áreas de concentración masiva, como por ejemplo escuelas, plazas comerciales entre otras.

La simulación por explosión de gasolineras brinda la oportunidad de identificar áreas ecológicamente sensibles y zonas de protección ambiental que podrían verse afectadas en caso de un derrame de combustible u otro incidente. Esto facilita la toma de decisiones informadas para proteger el entorno natural y minimizar el impacto negativo en el medio ambiente. (Fernández, 2017)

La preparación y capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia son fundamentales para garantizar la seguridad de la población en la ciudad. Saber con anticipación dónde están ubicadas las estaciones de servicio y cuáles son los riesgos asociados es crucial para una respuesta rápida y coordinada en caso de accidentes. También, puede facilitar la movilización de recursos y equipos de respuesta a las áreas afectadas. (Fernández, 2017)

Además de su utilidad operativa, la elaboración de una simulación de zonas de peligro por explosión de gasolineras promueve la transparencia, la comunicación entre las autoridades locales y la comunidad en general, con el fin de brindar información a la población. (Fernández, 2017)

1.8 Sistemas de información geográfica

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que han sido diseñados para funcionar coordinada y lógicamente con el objetivo de capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de manera instantánea (Humboldt, 2006).

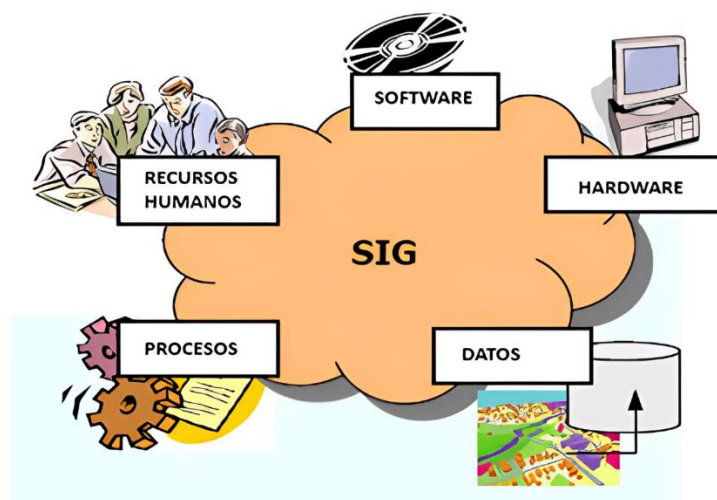


Ilustración 7 Componentes de un SIG

Tomada de: (Vega, 2012)

Dentro de los sistemas de información geográfica existen programas con los cuales se pueden manipular datos geográficos como por ejemplo ArcMap.

ArcMap es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar. ArcMap también es la aplicación que se usa para crear y editar los dataset.

ArcMap muestra datos geográficos como una serie de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes incluyen el marco de datos, que contiene las capas de mapa para una extensión determinada, más la barra de escala, la flecha de norte, el título, un texto descriptivo y una leyenda de símbolos (Esri, 2023).

Los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas manejadores de bases de datos SMBD están estrechamente relacionados en el ámbito de la gestión y análisis de datos espaciales. Los SIG son herramientas diseñadas para capturar, almacenar, analizar y visualizar información geográfica, mientras que los sistemas manejadores de bases de datos son un apoyo para los SIG.

Los SMBD se especializan en el almacenamiento y control de diferentes tipos de datos, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito. No tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG (Humboldt, 2006).

1.8.1 Operaciones y funciones del SIG

La versatilidad y funcionalidad de los SIG los convierten en herramientas indispensables para comprender y gestionar el entorno geoespacial en varios aspectos, estos operan mediante la recopilación, almacenamiento, manipulación y presentación de datos geográficos, para entender patrones, relaciones y tendencias en el mundo real. Dentro de las operaciones principales se encuentran el ingreso, manipulación, almacenamiento y producción de datos, siendo el primero de estos con el cual inicia cualquier trabajo. (OEA, 1993)

1.8.1.1 Ingreso de datos

El proceso de ingreso de datos se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital. Entre los distintos dispositivos comúnmente utilizados para esta operación están los teclados, digitalizadores, barredores electrónicos, CCTS, y terminales interactivos o unidades de visualización (VDU). Debido a su costo bajo, eficiencia, y facilidad de operación, la digitalización es la mejor opción de ingreso de datos para los fines de planificación del desarrollo (OEA, 1993).

1.8.1.2 Manipulación de datos

El procesamiento y manipulación de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones. El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobreposición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispares, de una gran variedad de fuentes (OEA, 1993). En la manipulación de los datos existe una parte importante, la cual es la georreferenciación de los mismos, con ella podremos ubicar los puntos dentro de un mapa digital.

La georreferenciación consta de la alineación de datos geográficos con un sistema de coordenadas conocido con el fin de visualizarlo, consultarlo y analizarlo con otros datos geográficos. La georreferenciación puede conllevar mover, rotar, escalar, sesgar, y en algunos casos combar, estirado "rubber sheeting" u ortorrectificación de los datos (Esri, 2023).

1.8.1.3 Almacenamiento y producción de datos

Organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación, y diseño de atributos. Las computadoras permiten que se almacenen gran cantidad de datos, ya sea en el disco duro del equipo o en discos portátiles (OEA, 1993).

La producción de datos se refiere a la exhibición o presentación de datos utilizando formatos comúnmente utilizados incluyendo mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para un análisis más profundo (OEA, 1993).

1.8.2 Elementos primordiales de los SIG

Es necesario saber que, dentro de los sistemas de información geográfica, existen elementos con vitales que son requeridos para llevar a cabo un proyecto, estos elementos van desde bases de datos hasta el análisis espacial de los datos con los que se desea trabajar, cada uno de los siguientes conceptos, está relacionado y son elementos primordiales de los SIG. (Gonzalez *et al.*, 2012)

1.8.2.1 Bases de datos

Una base de datos es una recopilación de elementos o datos interrelacionados que pueden ser manipulados por uno o más sistemas de aplicación. En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica una base de datos es un componente esencial ya que permite transformar los datos en información, por lo que este diseño se hace aún más esencial (Nieto & Fajardo, 2023).

1.8.2.2 Metadatos

La información que describe elementos en ArcGIS se llama metadatos. Cuando se tiene cuidado de proporcionar buenas descripciones, puede encontrar elementos apropiados con una búsqueda y evaluar cuáles de los elementos en los resultados de su búsqueda son los correctos a utilizar.

En los metadatos de un elemento, es posible registrar la información de mayor relevancia que su organización conozca sobre ese elemento. Esto incluye información sobre lo preciso y reciente que es el elemento, las restricciones asociadas con utilizar y compartir el elemento, los procesos de importancia en el ciclo de vida como generalizar las entidades (Esri, 2023).

1.8.2.3 Capas de información

Se refiere a una representación visual de un “Dataset geográfico” en cualquier entorno de mapa digital. Conceptualmente, una capa representa una porción o estrato de una realidad geográfica en una zona específica, y es más o menos equivalente a un elemento de leyenda en un mapa de papel. En un mapa de carreteras, por ejemplo, las carreteras, parques nacionales, fronteras políticas y ríos se pueden considerar como capas diferentes (Esri, 2023).

1.8.2.4 Superposición de capas

El método de superposición de mapas consta de la combinación de dos o más capas o mapas en donde cada celda (píxel) de cada capa o mapa referencia la misma localización geográfica y con lo cual se genera una nueva capa o mapa que contiene la unión de la información de las capas o mapas de entrada (Jaime *et al.*, 2011).

1.8.2.5 Modelos de datos ráster y datos vectoriales

En el formato ráster se divide el espacio en un grupo regular de celdillas, cada una de estas celdillas incluye un número que puede ser el determinador de un objeto (si se trata de una capa que contiene objetos) o del valor de una variable (si la capa contiene esta variable) (Sarria, 2010).

En el formato vectorial los distintos objetos se suelen presentar como puntos, líneas o polígonos. La representación de puntos o líneas es inmediata, sin embargo, al representar polígonos aparecen dos situaciones diferentes (Sarria, 2010).

1.8.2.6 Topología Espacial

La Topología espacial muestra las relaciones espaciales entre características de vectores (puntos, polilíneas y polígonos) conectados o adyacentes en un SIG. Los datos topológicos o sustentados en la topología sirven para descubrir y corregir errores de digitalización (QGIS, 2002).

1.8.2.7 Análisis espacial

El análisis espacial se define como una herramienta que permite el manejo de datos espaciales en distintas formas y hace posible extraer como resultado conocimientos adicionales sobre los procesos que ocurren en el espacio, con el objetivo de tener una mejor comprensión de estos (Rocha, 2004).

1.8.2.8 Proyección cartográfica

Independientemente de si la tierra se trata como una esfera o un esferoide, es necesario transformar su superficie tridimensional para crear una hoja de mapa plano. Esta transformación matemática se conoce normalmente como una proyección cartográfica (Esri, 2023).

1.8.3 Herramientas básicas de los SIG

Los softwares de los SIG, emplean herramientas que ayudan al procesamiento y a la manipulación de los datos, al mismo tiempo estas herramientas ofrecen una extensa cantidad de recursos para lograr desde mapas digitales hasta modelos digitales de elevación (MDE). Dentro del software ArcMap podemos encontrar la herramienta 3D analyst. ArcGIS 3D, Analyst extensión proporciona herramientas para crear, visualizar y analizar los datos de SIG en un contexto tridimensional (3D). (Esri, 2023)

Algunas de sus funciones son las siguientes:

- Ver datos SIG en un globo 3D mediante ArcGlobe.
- Ver datos SIG dentro de una vista planimétrica 3D mediante ArcScene.
- Consultar datos SIG mediante distancias 3D.
- Construir y mantener superficies funcionales, como un dataset de terreno que se construyó a partir de lidiar.
- Consultar y analizar superficies, tales como la pendiente y la orientación.
Editar y mantener datos vectoriales 3D, tales como construir redes de transporte internas (Esri, 2023).

El 3D Analyst solo engloba una parte de todas las funciones de ArcMap, es ahí donde entra la herramienta ArcScan y Spatial Analyst.

ArcScan proporciona herramientas que le permiten convertir imágenes escaneadas en capas de entidades basadas en vectores. El proceso de conversión de datos ráster a entidades vector se conoce como vectorización. Es posible realizar la vectorización de manera manual trazando celdas ráster o automáticamente con el modo automático (Esri, 2023).

Por otra parte, el Spatial Analyst brinda una vasta variedad de funciones potentes de análisis y modelado espacial, con ella podrá crear, consultar, trazar mapas y analizar datos de rásteres basados en celdas; llevar a cabo un análisis integrado del ráster/vector; obtener información

nueva de los datos existentes; consultar la información a través de varias capas de datos; así como integrar por completo los datos de ráster basados en celdas con fuentes de datos vectoriales tradicionales (Esri, 2023).

El Spatial Analyst brinda funciones muy interesantes para el desarrollo de esta investigación, algunas de ellas son la función “Buffer” y “Clip”. La función BUFFER funciona en un espacio Euclidiano y se sirve de un algoritmo bidimensional. Un área de influencia tendrá el mismo ancho, independientemente de cuál sea el sistema de coordenadas, no refleja la curvatura o la forma de la Tierra (Esri, 2023).

Hablando ahora de la función “Clip”, esta se trata de una herramienta de geoprocesamiento de ArcGIS que extrae entidades de entrada que se superponen a las entidades del clip (Esri, 2023).

Las herramientas de los sistemas de información geográficas son muchas más de las que se mencionan anteriormente, estas pueden ayudar a realizar análisis geoestadísticos, esquemas, entre otras aplicaciones. El hecho es que en la actualidad los SIG son herramientas importantes que con un buen uso se pueden realizar trabajos de importancia, en estos tiempos las tecnologías están avanzado de manera muy rápida y los SIG no se quedan atrás, con las nuevas actualizaciones, herramientas y funciones, se podrán satisfacer las necesidades de los usuarios de estos softwares.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Elección y búsqueda de parámetros

Establecer todas las herramientas e información a utilizar, además, determinar cuáles serán las bases de datos que se usarán para poder llevar a cabo este trabajo, es el primer paso a realizar.

Algunos de los datos que ayudarán a obtener buenos resultados son los siguientes.

- Capa geográfica del lugar en el que se planea realizar la investigación.
- Coordenadas de gasolineras en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas
- Ubicar las gasolineras de mayor interés para efectos de la investigación

El Atlas de riesgo del estado de Chiapas es parte fundamental para el trabajo, pues de la página oficial se pueden obtener datos de esencial importancia, como, por ejemplo, información sobre gasolineras, tales como el nombre, la ubicación, contacto, entre otros datos generales. De esta plataforma también es posible recolectar información acerca de hospitales, hoteles, lugares de concentración masiva y otros puntos de interés dentro de una zona de estudio en específico.

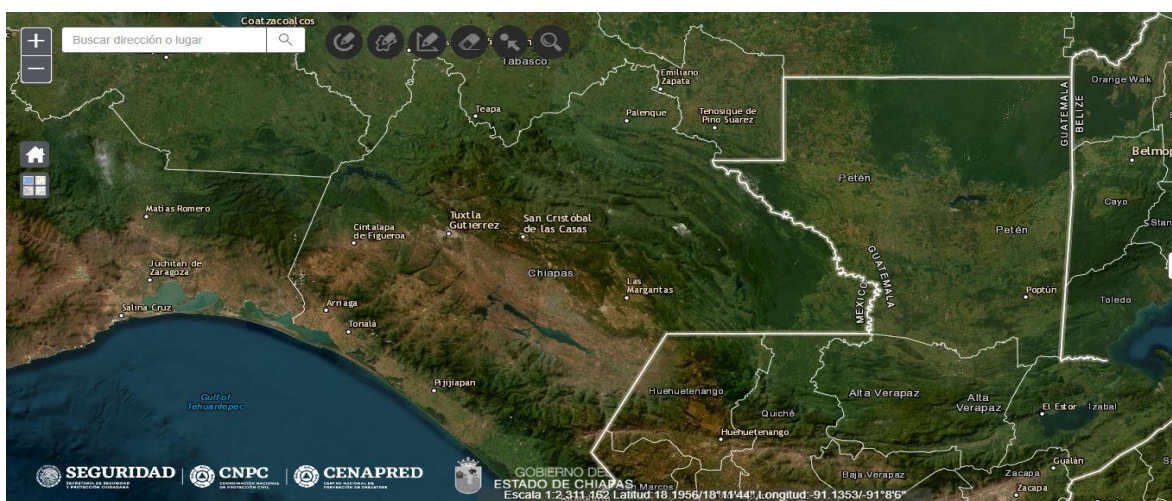


Ilustración 8 Interfaz de la página web del Atlas Nacional de Riesgos

Tomada de: (SEGURIDAD et al., 2024)

El atlas de riesgo está dividido por estados, así que, para obtener la información deseada de un lugar en específico, es necesario delimitar dicha zona.

Para realizar nuestra investigación fue indispensable obtener una tabla de gasolineras y hospitales, esto con el fin de elaborar una cartografía que muestre ciertos aspectos de nuestra investigación.

La búsqueda de artículos, notas y trabajos relacionados a nuestro tema de interés, es fundamental para obtener referencias del trabajo práctico, además de datos de apoyo para realizar el procesamiento de datos en el sistema de información geográfica.

2.2 Trabajo en campo

Con el fin de realizar el trabajo lo más cercano posible a la realidad, se hicieron visitas a algunas de las gasolineras que existen en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, para ello, elegimos a las gasolineras con mayor demanda y ubicadas en puntos clave de la ciudad (Anexo 1 contiene fotografías de las gasolineras mencionadas a continuación). Las estaciones elegidas fueron las siguientes:

- Vialva El Paraíso
- La Diana
- Dinogas
- La Fuente

En las visitas realizadas se pudo obtener información importante para poder llevar a cabo el trabajo, tales como medidas de seguridad, la cantidad de tanques de almacenamiento, así como su capacidad, el volumen al cual se manejan los tanques regularmente, cada cuanto tiempo se llenan los tanques de almacenamiento y también la demanda que tiene cada uno de los 3 combustibles (Magna, Premium, Diesel).

La información obtenida en la investigación de campo se presenta en las siguientes tablas.

Gasolinera “Vialva El Paraíso”			
Tanque de almacenamiento	Tipo de combustible	Capacidad del Tanque	Volumen de llenado
1	Magna	50,000 L	40,000 L
2	Premium	50,000 L	30,000 L
3	Diesel	50,000 L	25,000 L

TABLA 1 Datos principales de la gasolinera Vialva El Paraíso

Gasolinera “La Diana”			
Tanque de almacenamiento	Tipo de combustible	Capacidad del Tanque	Volumen de llenado
1	Magna	80,000 L	75,000 L
2	Premium	50,000 L	45,000 L

TABLA 2 Datos principales de la gasolinera La Diana

Gasolinera “Dinogas”			
Tanque de almacenamiento	Tipo de combustible	Capacidad del Tanque	Volumen de llenado
1	Magna	40,000 L	36,000 L
2	Magna	40,000 L	36,000 L
3	Premium	40,000 L	36,000 L
4	Magna	40,000 L	36,000 L
5	Diesel	40,000 L	36,000 L

TABLA 3 Datos principales de la gasolinera Dinogas

Gasolinera “La Fuente”			
Tanque de almacenamiento	Tipo de combustible	Capacidad del Tanque	Volumen de llenado
1	Magna	80,000 L	72,000 L
2	Premium	80,000 L	72,000 L
3	Magna	80,000 L	72,000 L
4	Diesel	80,000 L	72,000 L

TABLA 4 Datos principales de la gasolinera La Fuente

La información que se muestra en las tablas es primordial, ya que con ella se podrán desarrollar los siguientes puntos del trabajo.

2.3 Procesamiento de datos por medio de sistemas de información geográfica

2.3.1 Base de datos

Las tablas en formato Excel que fueron obtenidas con anterioridad del atlas de riesgo del estado de Chiapas, se complementaron con información extraída de la plataforma web de mapas “Google Maps” esto debido a que actualmente existen gasolineras en funcionamiento, que aún no cuentan con registros en el Atlas de riesgo y por lo tanto no son parte de las tablas de Excel descargadas, además de las tablas mencionadas, también se crearon otras más en las cuales se registraron lugares de concentración masiva como escuelas, comercios y centros recreativos cercanos a las gasolineras.

Con la información completa, las tablas pasaron por un tratamiento de conversión para poder importarlas a nuestro sistema de información geográfica, es decir, crear una base de datos compatible con el programa.

Bajo este contexto se crearon 9 bases de datos diferentes, cada una de ellas con un propósito en específico, las cuales fueron:

- Bases de datos de todas las gasolineras en Tuxtla Gutiérrez
- Base de datos de la gasolinera “Vialva El Paraíso”
- Base de datos de la gasolinera “La Diana”
- Base de datos de la gasolinera “Dinogas”
- Base de datos de la gasolinera “La Fuente”
- Base de datos de escuelas cercanas a las gasolineras
- Base de datos de comercios cercanos a las gasolineras
- Base de datos de centros recreativos cercanos a las gasolineras
- Base de datos de hospitales y centros de ayuda

La base de datos general de gasolineras incluirá los siguientes datos:

- Nombre de la gasolinera
- Razón social
- Personal ocupado
- Código postal
- Entidad
- Municipio
- Localidad
- Ubicación (Latitud y Longitud)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	NOM_ESTAB	RAZ_SOCIAL	PER_OCU	COD_POSTAL	ENTIDAD	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD
2	GASOLINERA CENTRAL NORTE DINOGAS	DINOGAS SA DE CV	11 a 30 personas	29014	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.77131	-93.112569
3	ESTACION DE SERVICIO: E07867	OLEUM GAS. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29060	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.750264	-93.139274
4	GASOLINERA LIBRA SUR	GASOLINERA LIBRA SUR. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29080	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.744111	-93.128561
5	GASOLINERA EL SUMIDERO	COMERCIALIZADORA NANDALUMI SA DE CV	11 a 30 personas	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.775795	-93.101582
6	GASOLINERA GONZA	GASOLINERA GONZA. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29000	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.741515	-93.084233
7	ESTACION DE SERVICIO: J01021	OMNIBUS CRISTOBAL COLON. S.A. DE C.V.	6 a 10 personas	29037	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.76601	-93.114895
8	COMBUSTIBLES YAJALON. S.A. DE C.V.	COMBUSTIBLES YAJALON. S.A. DE C.V.	6 a 10 personas	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.768329	-93.106123
9	COMBUSTIBLES Y REPARACIONES DE CHIAPAS	COMBUSTIBLES Y REPARACIONES DE CHIAPAS. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29020	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.767353	-93.1922
10	AUTO SERVICIO CABALLERO. S.A. DE C.V.	AUTO SERVICIO CABALLERO. S.A. DE C.V.	51 a 100 personas	29078	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.748801	-93.090776
11	AUTO CENTRO BOULEVARD. S.A. DE C.V. ESTACION DE SERVICIO: E08324	AUTO CENTRO BOULEVARD. S.A. DE C.V. ESTACION DE SERVICIO E08324	11 a 30 personas	29050	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.749004	-93.151132
12	GASOLINERA LA FUENTE	DINAMICA DE COMBUSTIBLES. S.A. DE C.V.	51 a 100 personas	29000	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.754861	-93.142045
13	GASOLINERA ESTACION 48500	GASOLINERA BONAMPAK. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29066	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.736351	-93.1131
14	GASOLINERA GAMBOA	AUTO SERVICIOS MONTESINOS. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29025	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.76637	-93.166264
15	GASOLINERA CENTENARIO	OLEUM GAS. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29030	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.754844	-93.139687
16	ESTACION DE SERVICIO: E07787	ESTACION DE SERVICIO EN TUXTLA. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29050	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.752337	-93.173289
17	GASOLINERA SAN JOSE TERIN	GASOLINERA LIBRANORTE. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29110	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.774439	-93.186362
18	GASOLINERA LIBRANORTE	GASOLINA Y LUBRICANTES PASO LIMON. S.A. DE C.V.	6 a 10 personas	29045	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.757672	-93.084479
19	GASOLINA Y LUBRICANTES PASO LIMON. S.A. DE C.V.	GASOLINERA EL LIBRAMIENTO SUR. S.A. DE C.V.	31 a 50 personas	29090	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.734512	-93.092652
20	GASOLINERA GELISSA	GASOLINERA QUINTA NORTE. S.A. DE C.V.	31 a 50 personas	29000	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.759078	-93.12045
21	GAQUINSA	GASOLINERA LA DIANA. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29040	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.747611	-93.083484
22	GASOLINERA LA DIANA. S.A. DE C.V.	GASOLINERA IVAN HUGO COMBUSTIBLE DE. S.A. DE C.V.	31 a 50 personas	29096	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.770248	-93.103071
23	GASOLINERA IVAN HUGO COMBUSTIBLE DE. S.A. DE C.V.	OLEUM GAS. S.A. DE C.V.	0 a 5 personas	2909	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.733755	-93.093462
24	GASOLINERA OLEUM GAS	OPERADORA DE COMBUSTIBLES DE CHIAPAS. S.A. DE C.V.	11 a 30 personas	29080	CHIAPAS	TUXTLA GUTI	Tuxtla Gutiérrez	16.731457	-93.107213
25	GASOLINERA ESTACION DE SERVICIO: E05381								

Ilustración 9 Archivo .xls de la base de datos de las gasolineras en Tuxtla Gutiérrez, posteriormente transformada a formato shapefile.

Tomada de: Fuente propia

Por otra parte, la base de datos general de hospitales incluye los siguientes campos.

- Nombre del establecimiento
- Calle
- Colonia
- Código Postal
- Ubicación (Latitud y Longitud)
- Descripción
- TEF Nombre
- TMD Nombre
- TLO Nombre
- Tipo de Consulta
- TDU Nombre

A	B	C	D	E	F	G
Nombre	Nombre de la calle	Colonia	postal	LATITUD	LONGITUD	TIS_DESCR
1 S.A.G.A.R.P.A.	CARRETERA CHICOASEN No.SIN NÚMERO	LOS LAGUITO	99999	16.7612	-93.1482	ISSSTE
2 SEDESOL	AVENIDA CENTRAL ORIENTE No.11228	CENTRO	99999	16.7521	-93.1066	ISSSTE
4 SECH	AVENIDA CENTRAL ORIENTE No.11228	CENTRO	99999	16.7728	-93.0916	ISSSTE
5 TUXTLA GUTIERREZ	AVENIDA SEPTIMA SUR No.1515-B	PENIPAK	29060	16.7495	-93.1321	ISSSTE
6 DR. BELISARIO DOMINGUEZ	14 PONIENTE Y PERIFÉRICO SUR No.SIN NÚMERO	ISSSTE	29060	16.7498	-93.129	ISSSTE
7 HGZ 2 TUXTLA GUTIERREZ	CALZADA EMILIO O. RABASA No.SIN NÚMERO	CENTRO	29000	16.7573	-93.1061	IMSS
8 UMF 13 TUXTLA GUTIERREZ	BOULEVARD CHICOASEN ESQUINA ARTÍCULO 115 No.	LAS PALMAS	29040	16.7457	-93.1314	IMSS
9 UMF 23 TUXTLA GUTIERREZ	BOULEVARD SALOMÓN GONZÁLEZ BLANCO No.2560	INFONAVIT C	29014	16.7457	-93.1314	IMSS
10 TUXTLA GUTIERREZ	DOMICILIO CONOCIDO No.		29000	16.7531	-93.1156	IMSS-PROSPEI
11 TERAN	NO DISPONIBLE No.		99999	16.7531	-93.1156	IMSS-PROSPEI
12 CRUZ ROJA MEXICANA. DELEGACIÓN LOCAL EN TUXTLA GUTIERREZ	QUINTA NORTE PONIENTE No.1480	CENTRO	29000	16.7594	-93.1218	CRUZ ROJA
13 UNIDAD MOVIL DE LA MUJER	OCTAVA PONIENTE NORTE No.271	CENTRO	29000	16.757	-93.1228	DIF
14 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES PEDIÁTRICAS	NO DISPONIBLE No.	CASTILLO TIEI	29045	16.751	-93.0779	SSA
15 HOSPITAL REGIONAL DR. RAFAEL PASCASIO GAMBOA TUXTLA		CENTRO	29000	16.7456	-93.1165	SSA
16 UMMA I POTINAPAK	NO DISPONIBLE No.		29000	16.7496	-93.1299	SSA
17 LAS CASITAS	NO DISPONIBLE No.		29000	16.7457	-93.1312	SSA
18 TUXTLA (COL. SANTA CRUZ)	NO DISPONIBLE No.SIN NÚMERO		29000	16.7845	-93.1091	SSA
19 BIENESTAR SOCIAL	NO DISPONIBLE No.SIN NÚMERO		29070	16.7449	-93.0907	SSA
20 PLAN DE AYALA	NO DISPONIBLE No.		29110	16.7643	-93.1837	SSA
21 ALBANIA (EL VALLE)	NO DISPONIBLE No.SIN NÚMERO	FRACCIONAM	29010	16.7728	-93.102	SSA
22 PATRIA NUEVA	NO DISPONIBLE No.SIN NÚMERO		29045	16.7637	-93.0731	SSA
23 TERAN	NO DISPONIBLE No.215		29100	16.753	-93.1663	SSA
24 TUXTLA GUTIERREZ	NO DISPONIBLE No.1092		29000	16.7452	-93.1164	SSA
25 CENTRO MÉDICO SAN MARTÍN	AVENIDA MIGUEL HIDALGO No.646	BIENESTAR SC	29077	16.7528	-93.1167	PRIVADA
26 U.H. FOVSSSTE PARAISO	ANDADOR VÍA LACTEA No.SIN NÚMERO	UNIDAD HABI	99999	16.7719	-93.1209	ISSSTE
27 UNIDAD DE PROTECCIÓN Y MEDICINA PREVENTIVA EN EL TRANSPORTE T	DÉCIMO SEGUNDA ORIENTE SUR No.164	CENTRO	29000	16.7436	-93.1177	SCT
28 HOSPITAL MILITAR REGIONAL DE TUXTLA SCT. QUE	CAMPO MILITAR NO. 31 B AVENIDA DELEGADO DOMÍNGUEZ No.100		29000	16.7433	-93.0955	SEDEF

Ilustración 10 Archivo .xls de la base de datos de los hospitales en Tuxtla Gutiérrez, posteriormente transformada a formato shapefile.

Tomada de: Fuente propia

Además de las bases de datos antes mencionadas, para realizar un análisis óptimo, también deben ser considerados otros puntos de interés, conocidos como “puntos de concentración masiva”, en ellos se incluirán los siguientes datos.

- Nombre del lugar
- Código Postal
- Entidad
- Municipio
- Localidad
- Descripción
- Latitud
- Longitud

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	NOM_ESTAB	COD_POSTAL	ENTIDAD	MUNICIPIO	LOCALIDAD	DESCRIPCION	LATITUD	LONGITUD			
2	Little Caesars Piza	29040	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Cadena de Comida Rapida	16.74772514	-93.08374238			
3	CHEDRAUI TUXTLA NORTE	29034	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Super Mercado	16.76996208	-93.11251316			
4	Plaza Santa Elena	29060	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Plaza comercial	16.75444494	-93.14123171			
5	Oxxo Santa Elena	29060	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Tienda de Conveniencia	16.75447575	-93.14165966			
6	Plaza Poliforum	29040	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Plaza comercial	16.747566	-93.082411			
7	Domino's Pizza	29096	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Cadena de Comida Rapida	16.73720032	-93.06335983			
8	Pollo Palenque Industrial	29096	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Cadena de Comida Rapida	16.73684557	-93.06207606			
9	Botanero el Chiapanecote	29044	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Restaurante	16.75849461	-93.09638131			
10	Farmacias del Ahorro	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Farmacia	16.77027802	-93.1034289			
11	Elektra	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Comercio	16.77648707	-93.1011394			
12	Chiapas Hotel Express	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Hotel	16.7748677	-93.101615			
13	Farmacias del Ahorro	29010	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Farmacia	16.77475056	-93.10177791			
14	Barcel Tuxtla	29020	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Comercio	16.77350213	-93.18625334			
15	Hino Motors	29110	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Concesionaria de autos	16.76691962	-93.19140681			
16	La isla Auto hotel	29110	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Auto Hotel	16.76412854	-93.1870008			
17	Design Hotel	29057	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Hotel	16.762762	-93.187461			
18	Taller Mecánico Bosch DMG Tuxtla - Bosch Car Service	29020	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Taller de Autos	16.76365066	-93.1867932			
19	Bodega Aurrera Teran	29038	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Super Mercado	16.75952538	-93.1756367			
20	Autozone Refacciones	29064	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Tienda de refacciones	16.76043302	-93.1779116			
21	Plaza Kinde	29050	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Plaza comercial	16.75653766	-93.16042975			
22	Vento Motors	29050	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Concesionaria de autos	16.75629807	-93.16075198			
23	Pizza Hut	29060	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Cadena de Comida Rapida	16.75731948	-93.1610833			
24	Casino CODERE	29060	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Centro de entretenimiento	16.75520556	-93.1429045			
25	Pollo Picazo	29030	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Restaurante	16.75505371	-93.1407143			
26	Elektra	29040	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Comercio	16.74910631	-93.09020933			
27	Andiroba Palace	29040	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Hotel	16.74938594	-93.09101488			
28	Concesionaria de autos	29000	CHIAPAS	TUXTLA GUTIERREZ	Tuxtla Gutierrez	Concesionaria de autos	16.74838594	-93.09101488			

Ilustración 11 Archivo .xls de la base de datos de los lugares de concentración masiva cercanos a gasolineras, posteriormente transformada a formato shapefile.

Tomada de: Fuente propia

Cada tabla debe contener la información más relevante, para posteriormente hacer una conversión en el formato de los archivos y convertir una “Hoja de cálculo Excel” a un “Libro de Excel 97-2003”. Esto se hace con el fin de tener compatibilidad entre el sistema de Información Geográfica y las bases de datos.

Dentro del software “ArcMap” los archivos mencionados con anterioridad deben pasar por un proceso de extracción de coordenadas por el cual se obtengan coordenadas X-Y de las gasolineras, esto se hace para tener una visualización de las gasolineras dentro del programa.

Para lograrlo, es necesario abrir el archivo con las coordenadas dentro del software. Con el archivo dentro del programa, es necesario extraer los datos X-Y para poder visualizarlos en forma de puntos.

Con los puntos deseados dentro del programa es importante convertir esto a un archivo .shp, para poder trabajar con ellos y realizar los procesos necesarios. Esto se repite con todas las bases de datos que se usarán en el trabajo.

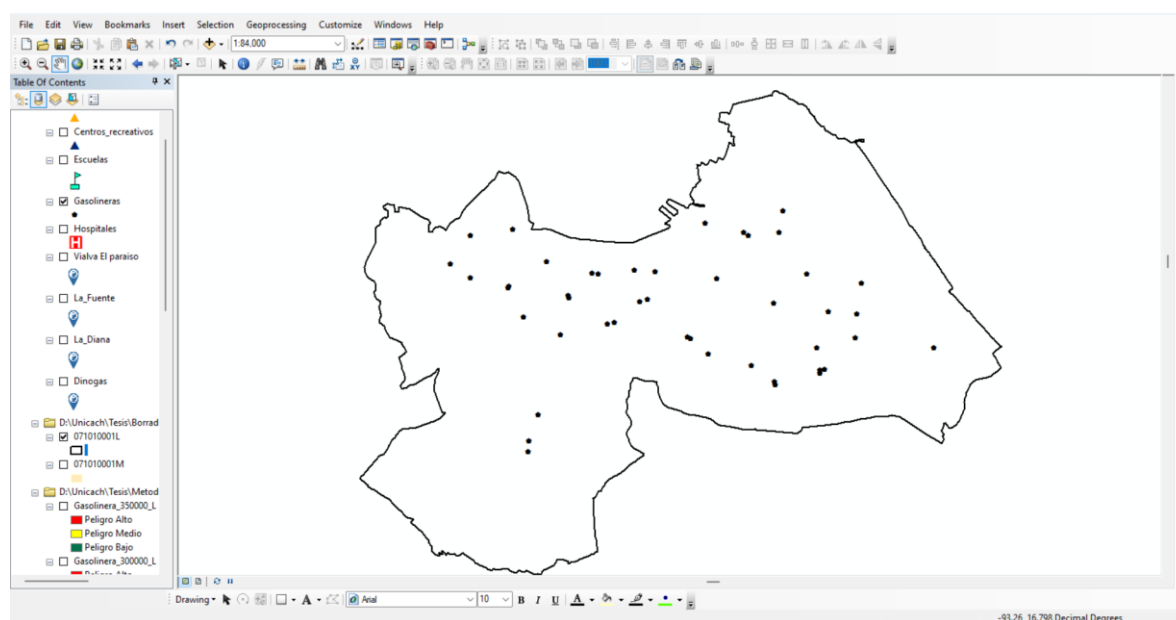


Ilustración 12 Interfaz de ArcMap con los puntos coordenados de las gasolineras ubicadas en Tuxtla Gutiérrez.

Tomada de: Fuente propia

2.3.2 Radio de afectación

En esta etapa se realizó una simulación de las ondas expansivas que se ocasionan en caso de que las gasolineras sufrieran una explosión, para ello se tomaron en cuenta escenarios propuestos y escenarios reales.

Para el caso de los escenarios propuestos se toma como base el siguiente supuesto, “Todas las gasolineras tienen la misma capacidad de almacenamiento de combustible”.

Con los escenarios reales se realizaron las ondas expansivas en base a los datos obtenidos en el trabajo de campo.

Para ambos escenarios se tomó en cuenta lo que (Fernández, 2017) hizo en su investigación del “Atlas de Riesgo del Estado de Tamaulipas” en el Capítulo IX Parte 2 en el cual muestran las ondas expansivas de una explosión en una gasolinera con una capacidad de 60,000 litros de combustible, así como la distancia radial en metros que abarca cada una de las diferentes áreas de peligro (Fernández, 2017).

En el ejemplo señalan las siguientes distancias:

- Peligro Alto = 0 m – 15.59 m
- Peligro Medio = 15.59 m – 25.56
- Peligro Bajo = 25.56 m - 41.52 m

Con los datos mostrados anteriormente fue posible calcular un factor con el cual se puede obtener la distancia de afectación por litro de gasolina/combustible.

El factor de daño se obtuvo del siguiente cálculo:

- Peligro Alto: $15.59 \text{ m} / 60,000 \text{ L} = 0.000259 \text{ m}^*\text{L}$
- Peligro Medio: $25.56 \text{ m} / 60,000 \text{ L} = 0.000426 \text{ m}^*\text{L}$
- Peligro Bajo: $41.52 \text{ m} / 60,000 \text{ L} = 0.000692 \text{ m}^*\text{L}$

Con los factores de cálculo para cada nivel de peligro obtenidos fue posible calcular los aros de peligro de las demás gasolineras, concluyendo en la siguiente tabla.

Gasolinera “Vialva El Paraíso” Con capacidad de almacenamiento de 95,000 Litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 24.6 m
Peligro Medio	24.6 m – 40.47 m
Peligro Bajo	40.47 m – 65.74 m

TABLA 5 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera Vialva El Paraíso.

Gasolinera “La Diana” Con capacidad de almacenamiento de 120,000 Litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 31.08 m
Peligro Medio	31.08 m – 51.12 m
Peligro Bajo	51.12 m – 83.04 m

TABLA 6 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera La Diana.

Gasolinera “Dinogas” Con capacidad de almacenamiento de 180,000 Litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 46.62 m
Peligro Medio	46.62 m - 76.68 m
Peligro Bajo	76.68 m - 124.56 m

TABLA 7 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera Dinogas.

Gasolinera “La Fuente” Con capacidad de almacenamiento de 288,000 Litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 74.59m
Peligro Medio	74.59 m - 122.68 m
Peligro Bajo	122.69 m - 199.29 m

TABLA 8 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en la gasolinera La Fuente.

Las tablas mostradas con anterioridad contienen datos cercanos a la realidad, pero para fines de realizar un mejor estudio se llevaron a cabo simulaciones de escenarios ficticios, en los cuales se generalizó a todas las gasolineras de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con una sola capacidad de almacenamiento de combustible, los escenarios fueron los siguientes:

- Escenario 1 = Gasolineras con capacidad de 200,000 litros
- Escenario 2 = Gasolineras con capacidad de 250,000 litros
- Escenario 3 = Gasolineras con capacidad de 300,000 litros
- Escenario 4 = Gasolineras con capacidad de 350,000 litros

Obteniendo las siguientes tablas de valores:

Gasolineras con capacidad de almacenamiento de 200,000 litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 51.80 m
Peligro Medio	51.80 m - 85.20 m
Peligro Bajo	85.20 m - 138.40 m

TABLA 9 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 200,000 litros de combustible.

Gasolineras con capacidad de almacenamiento de 250,000 litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 64.75 m
Peligro Medio	64.75 m - 106.50 m
Peligro Bajo	106.50 m – 173 m

TABLA 10 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 250,000 litros de combustible.

Gasolineras con capacidad de almacenamiento de 300,000 litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 77.70 m
Peligro Medio	77.70 m - 127.80 m
Peligro Bajo	127.80 m - 207.60 m

TABLA 11 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 300,000 litros de combustible.

Gasolineras con capacidad de almacenamiento de 350,000 litros de combustible	
Peligro Alto	0 m – 90.65 m
Peligro Medio	90.65 m – 149.10 m
Peligro Bajo	149.10 m - 242.20 m

TABLA 12 Distancias radiales de afectación divididas por su peligrosidad en gasolineras con capacidad de 350,000 litros de combustible.

Con todos los valores necesarios para el estudio, se realizó el proceso de simulación de la onda expansiva provocada por una explosión mediante el software ArcMap y su herramienta “Multibuffer”.

Para realizar el “Multibuffer, es necesario indicar los parámetros en los cuales queremos realizar el proceso. Serán 3 anillos radiales, para cada punto deseado, a los cuales se les asignará un valor, esto con ayuda de las tablas correspondientes, este valor corresponde a la distancia calculada anteriormente, en este caso se debe indicar al programa que se desea trabajar en la unidad de medida de “Metros”.

Con los radios de afectación obtenidos, era necesario agregar una capa que mostrará lugares de concentración masiva cercanos a los lugares de interés, en este caso las gasolineras “Vialva El Paraíso” - “La Diana” - “Dinogas” - “La Fuente”, esto con el objetivo de poder realizar un mejor análisis final del trabajo.

2.3.3 Cartografía de la simulación

En este subtema nos enfocamos en cómo la cartografía se utiliza para crear representaciones visuales detalladas de datos geográficos, permitiéndonos explorar los lugares de afectación a gran escala.

Las cartografías implican la creación de mapas y modelos geoespaciales que representan sucesos del mundo real o hipotético a través de simulaciones. Estos mapas pueden abarcar desde la simulación de desastres naturales o desastres provocados por el hombre. La clave de este subtema es cómo se visualizan y manipulan los datos para proporcionar una representación precisa y útil del suceso en estudio.

El avance de las tecnologías de la información ha permitido el desarrollo de herramientas de software que facilitan la cartografía de la simulación. Algunas de las herramientas más utilizadas incluyen Software como: ArcGIS y QGIS, que son fundamentales para la manipulación y visualización de datos espaciales.

La creación de mapas requiere un enfoque metodológico riguroso, que, en nuestro caso para el diseño y elaboración del mapa en ArcGIS vamos a dividirlo en 3 partes.

1.- Elaboración del mapa de ubicación de nuestro proyecto:

Una vez obtenidas todas las capas con las simbologías correspondientes y ajustados el color y la transparencia de los anillos radiales que representan las explosiones en nuestra área de trabajo, procederemos a la vista “Layout View” para crear el mapa de ubicación. En esta vista, insertamos un “New Data Frame”, sobre el cual trabajaremos. Luego, transferimos los “Shapefiles” que deseamos visualizar a la tabla de contenido. A continuación, accedemos a las propiedades para ajustar la simbología, colores y etiquetas, completando así la primera parte de nuestro mapa.

2.- Elaboración de la tira marginal:

El proceso es sencillo. Primero, ubicamos el lugar donde queremos crear la tira marginal y hacemos zoom en esa área. Con la ayuda de las líneas guía, trazamos las líneas necesarias para darle forma al membrete. Finalmente etiquetamos cada espacio con la información relevante que deseamos incluir según los datos presentes en nuestro mapa.

3.- Elaboración de la leyenda y edición:

Para la creación de la leyenda, hemos procedido a insertar un nuevo “New Data Frame” en el cual agregaremos información clave y relevante relacionada con los diferentes tipos de

elementos representados en nuestro mapa como, las gasolineras, que nos sirve para identificar cuantas son y en donde está ubicadas, asimismo con los hospitales, zonas de concentración masiva, el área específica de estudio, escuelas y otros datos importantes que deben ser considerados.

Para finalizar con estos procesos debemos insertar nuestro norte geográfico para estar bien ubicados e insertar de igual manera la escala correspondiente.

Teniendo en cuenta todos los detalles mencionados anteriormente y asegurándonos de que el mapa ha sido completado con la información requerida y sin más que agregar, procedemos a guardar el archivo para garantizar que no se pierdan los avances. A continuación, es recomendable exportarlo a JPEG, ya que este formato nos permite una visualización más clara y profesional del mapa, preservando su calidad. Además, el formato JPEG es altamente compatible y sencillo de manejar, lo que facilita tanto la difusión como su visualización en distintos dispositivos y es este caso, en nuestros resultados.

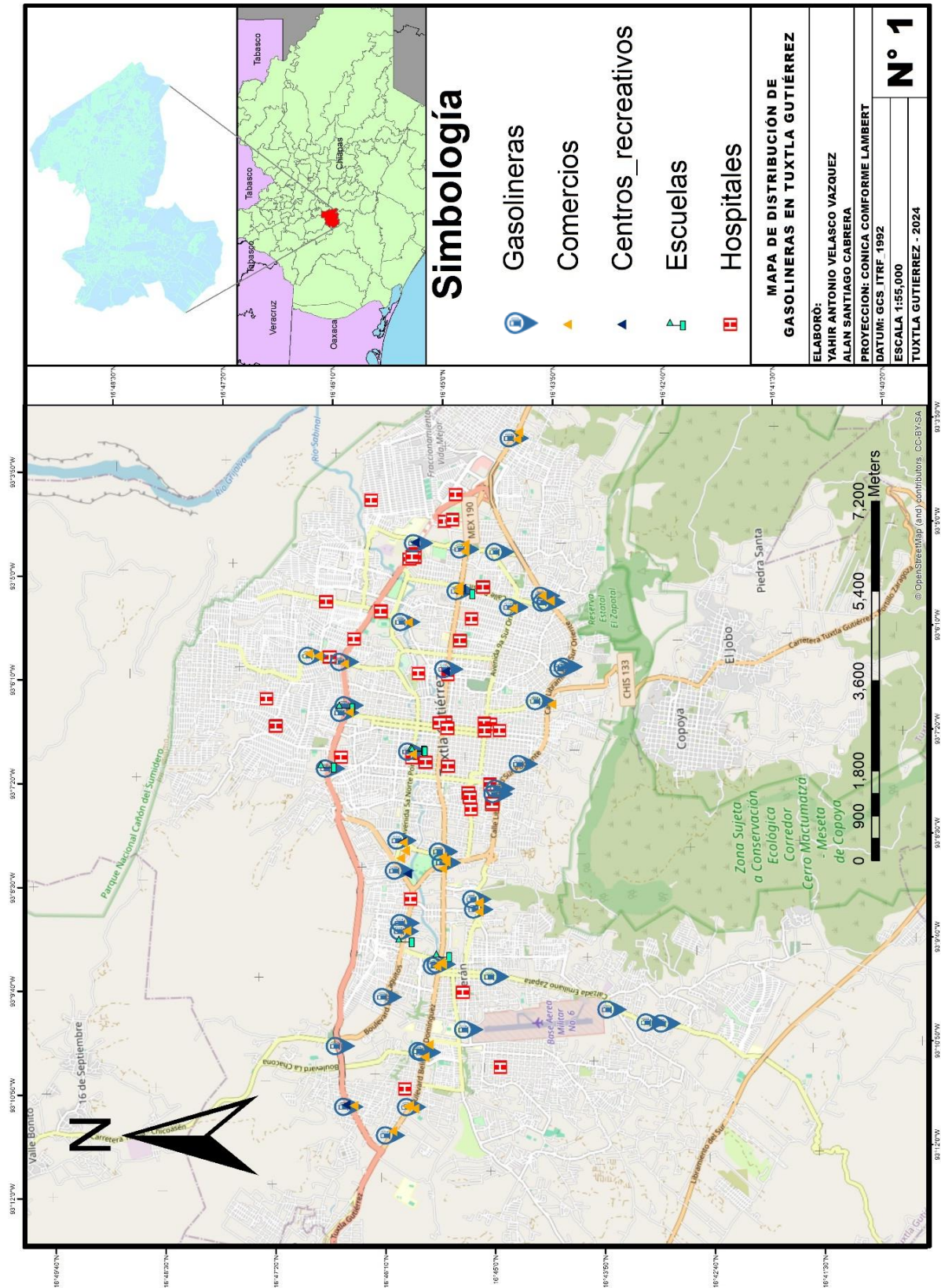
CAPÍTULO III. RESULTADOS

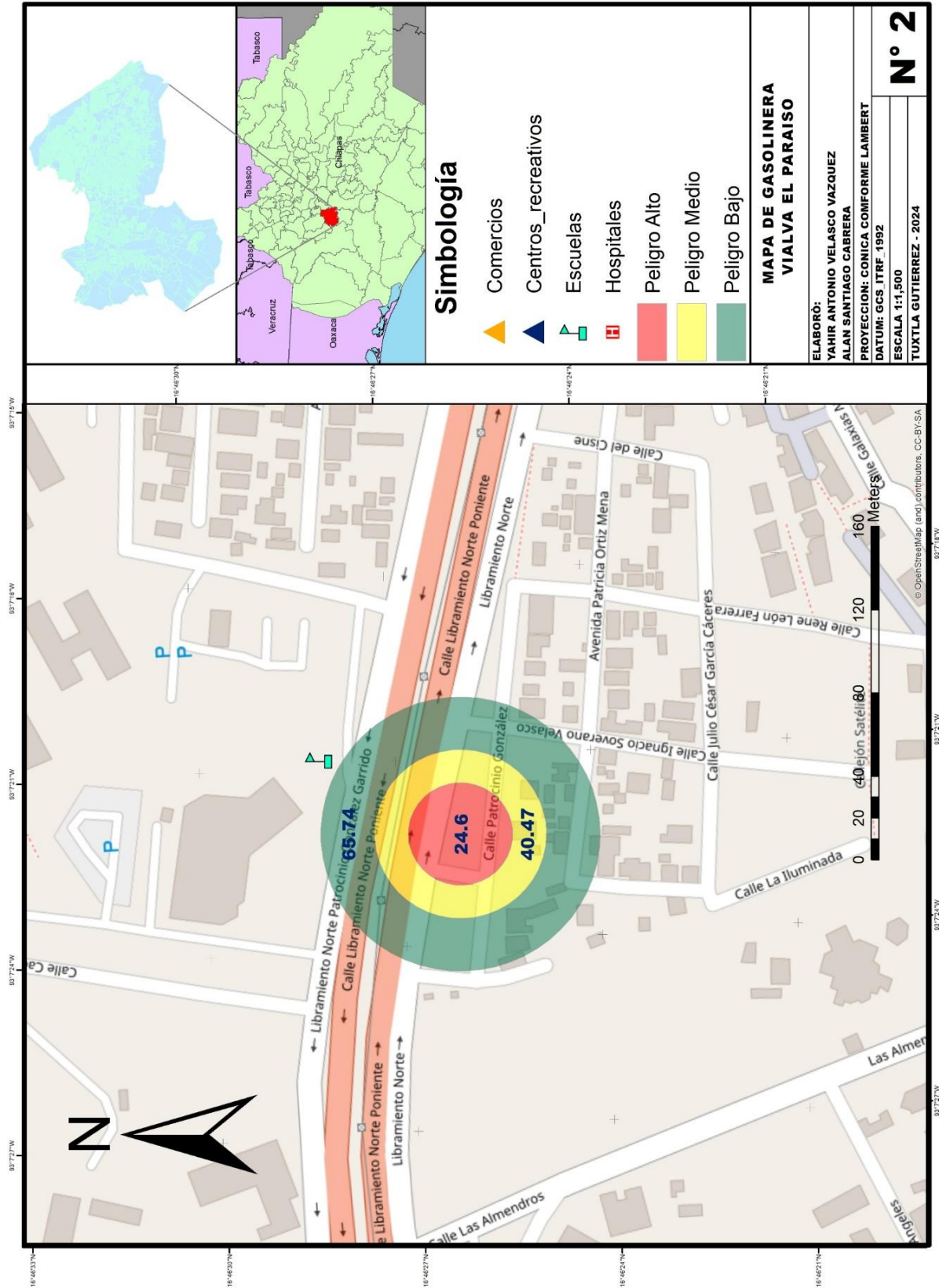
3.1 Cartografía obtenida

Los resultados obtenidos en el capítulo anterior, dieron paso a una serie de mapas que se presentan en las siguientes hojas. En el mapa No. 1 que es el “Mapa de distribución de gasolineras de Tuxtla Gutiérrez” se destacan diversas infraestructuras clave dentro de la ciudad.

Se visualizan 45 gasolineras distribuidas estratégicamente a lo largo de las principales vías de transporte, representadas con iconos específicos para facilitar su identificación. Además, se localizan hospitales en áreas de alta densidad poblacional, resaltando su cercanía a los corredores viales más importantes para asegurar un acceso rápido en caso de emergencias.

Asimismo, el mapa incluye la ubicación de escuelas de distintos niveles educativos, distribuidas en zonas residenciales y urbanas, lo que permite observar la relación entre los centros educativos y las áreas habitadas. También se marcan los centros de concentración masiva, como plazas comerciales, comercios y auditorios, señalando los puntos con mayor influencia de personas en la ciudad y áreas en donde se encuentran las gasolineras ya mencionadas. Este conjunto de información geoespacial es esencial para el análisis de riesgos en caso de una explosión





El análisis realizado en el mapa No. 2 de la gasolinera “Vialva el Paraíso”, que cuenta con capacidad de almacenamiento de 95,000 litros de gasolina y está ubicada en el libramiento norte, a la altura de la Unicach, entre las calles Julio César García Cáceres e Ignacio Soverano Velasco, muestra los graves daños que podría ocasionar una explosión en el sitio.

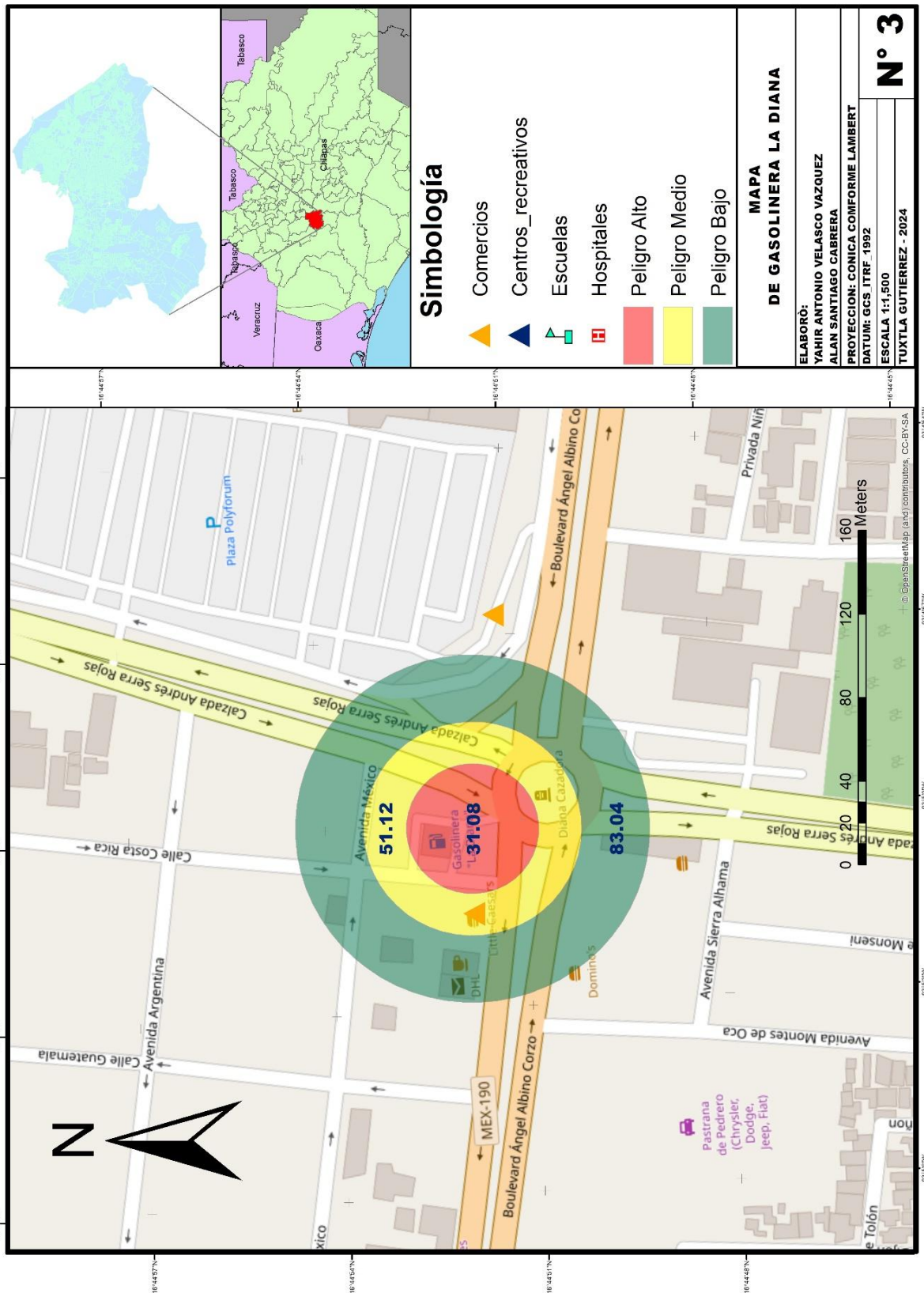
La imagen muestra una zona de alto riesgo marcada con un anillo rojo, donde se prevén daños severos, afectando principalmente uno de los carriles del libramiento norte, una arteria vial principal. Esto impactaría directamente a los vehículos que circulen por la zona en el momento de la explosión.

En la zona delimitada por un anillo amarillo, aunque el peligro es menor que en la zona roja, los daños siguen siendo significativos. Se estima que habría una gran cantidad de escombros y fragmentos de metal proyectados a alta velocidad, los cuales podrían representar un grave riesgo para la seguridad.

Por último, el tercer anillo, marcado en color verde, corresponde a una zona de menor riesgo. En esta área, los efectos de una posible explosión se reducirían a un aturdimiento, lo cual, aunque representa un peligro, es considerablemente menor en comparación con los otros anillos.

Por otro lado, en la zona se puede ver que hay una escuela cerca, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Si bien está a escasos metros, es una zona que se encuentra segura, los daños que podrían surgir únicamente son de riesgo menor

Aunque esta no es la gasolinera más grande en la que hemos trabajado, el riesgo que representa en caso de accidente es considerable, como se observa en la evaluación.



Simbología

- Comercios
- Centros_recreativos
- Escuelas
- Hospitales
- Peligro Alto
- Peligro Medio
- Peligro Bajo

MAPA	
DE GASOLINERA LA DIANA	
ELABORÓ:	YAHIR ANTONIO VELASCO VAZQUEZ
PROYECTO:	ALAN SANTIAGO CABRERA
PROYECCION:	CONICA CONFORME LAMBERT
DATUM:	GCS ITRF 1992
ESCALA:	1:1,500
TUXTLA GUTIERREZ - 2024	
N° 3	

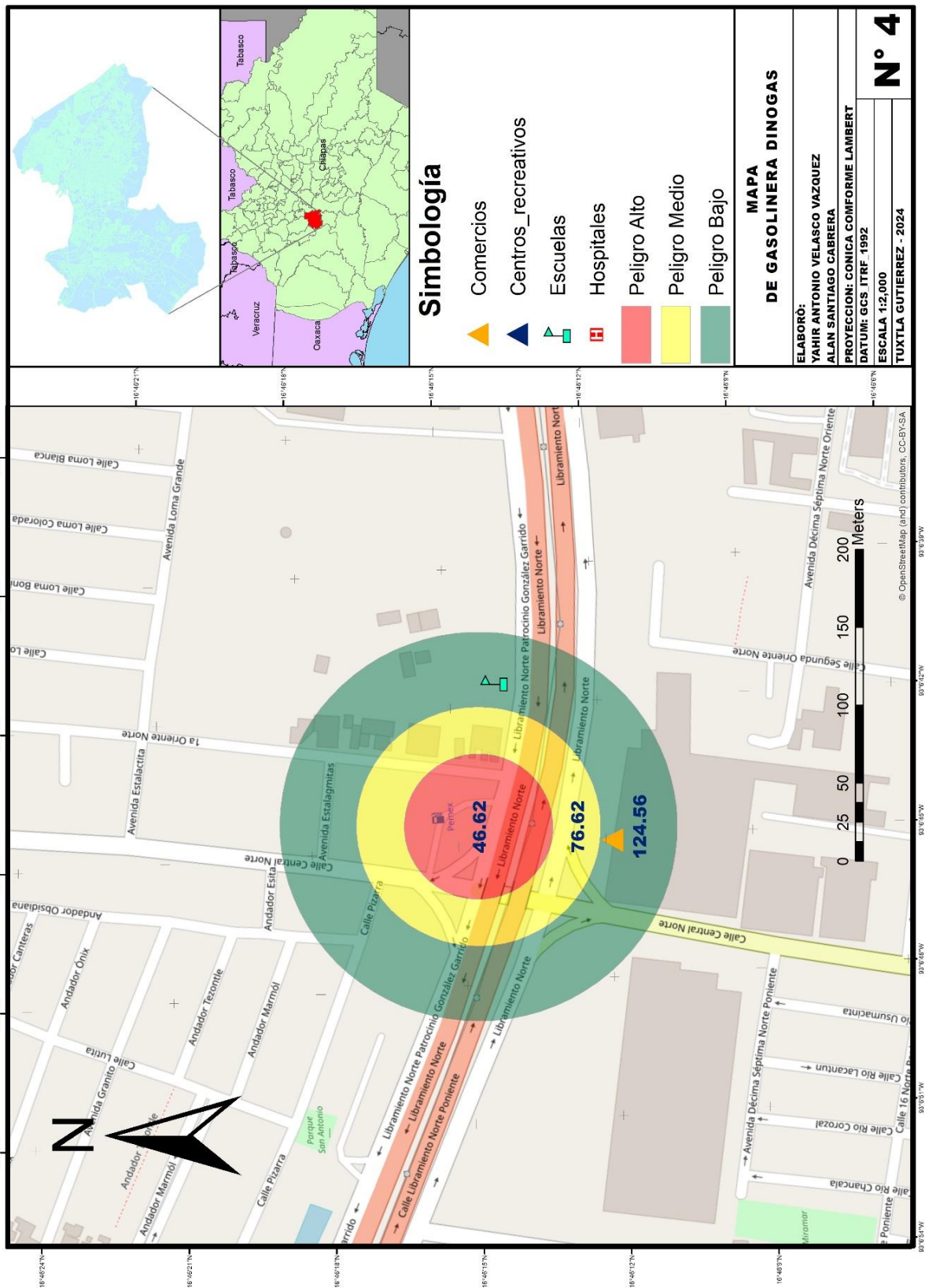
La gasolinera “La Diana” con una capacidad de almacenamiento de 120,000 litros de combustible, se encuentra ubicada en la zona oriente de la ciudad, específicamente en la colonia El Retiro, en esta zona existen muchos comercios y lugares de interés público, por esta razón la aglomeración de personas siempre es alta, y en el mapa No.3 se observa que la explosión de la gasolinera afectaría a algunos comercios cercanos.

El anillo de peligro alto con una distancia de 31.08 metros afectaría principalmente a las instalaciones de la gasolinera, es decir las máquinas expendedoras y sitios de espera, esto pone en riesgo la vida de cualquiera que estuviera en ese momento dentro de la distancia mencionada, además de afectar a las instalaciones, el radio de peligro alto, también causaría daños a los autos que circulen por el Boulevard Ángel Albino Corzo y una pequeña parte de la Calzada Andrés Sierra Rojas.

El anillo de peligro medio que abarca una distancia de 51.12 metros a partir del origen de explosión, es decir 20.04 metros más a partir del anillo de peligro alto. Dentro de este anillo se encuentra un lugar de concurrencia alta, específicamente un lugar de comida rápida, además de este comercio, las calles cercanas y los vehículos que transiten por las mismas, también sufrirán algunos efectos de la explosión.

La zona de peligro bajo con una distancia de 83.04 metros a partir del centro de la explosión y 31.92 metros a partir del anillo de peligro medio afecta a diferentes comercios cercanos, evidentemente el daño ocasionado será menor, ya que solo se trataría de daños por aturdimiento, pero si se toma en cuenta que esta onda afecta al Boulevard Ángel Albino Corzo y una pequeña parte de la Calzada Andrés Sierra Rojas, podría ocasionar accidentes automovilísticos.

El mapa muestra como la explosión de esta gasolinera sería muy significativa debido a la ubicación de la misma, ya que cerca de la gasolinera existe una plaza comercial de las más grandes de Tuxtla, que, si bien no resulta afectada directamente, puede llegar a afectar a todas las personas presentes puesto que la distancia total de la onda expansiva es bastante grande como para lograr un efecto negativo en dicha plaza.



La Gasolinera “Dinogas” Ubicada en la zona centro de la ciudad, cuenta con una capacidad de almacenamiento total de 180,000 litros de combustible, lo que se traduce en un mayor impacto en caso de una explosión. La zona donde se encuentra esta gasolinera no es tan concurrida a comparación de las demás, pero cuenta con una desventaja, ya que, frente a este establecimiento se encuentra un punto de abordaje de transportes públicos (Combi), esto conlleva a que las personas circulen por el área de posible peligro.

En el mapa mostrados La zona de peligro alto abarca una distancia de 46.62 metros a la redonda a partir del centro de la explosión, esta zona causaría daños severos a las instalaciones de la gasolinera y todas las personas presentes en ese momento, además de esto, la explosión también afectaría a una parte del Libramiento Norte, a la Calle Central y a los autos que circulen por la zona en ese momento.

Como se menciona, existe un punto de abordaje para los transportes públicos, frente a la gasolinera, este punto se encuentra dentro de la zona de peligro medio, que ocupa una distancia de 76.62 metros a partir del centro de la explosión y 30 metros más del anillo de peligro alto, en esta zona se ven afectadas algunas viviendas además de las calles colindantes a la estación de servicio.

La zona de peligro bajo tiene una distancia de 124.56 metros a partir del centro de la explosión y 47.94 metro más a partir de la zona de peligro medio, en ella se ven afectadas viviendas cercanas a las instalaciones de la estación de servicio, comercios y varias calles tanto principales, secundarias y terciarias, además de esto, también se ve afectada la escuela “Jardín de Niñas y Niños Alberto Chanona Rodríguez” El cual, al ser una escuela para niños, podría afectar más de lo previsto.

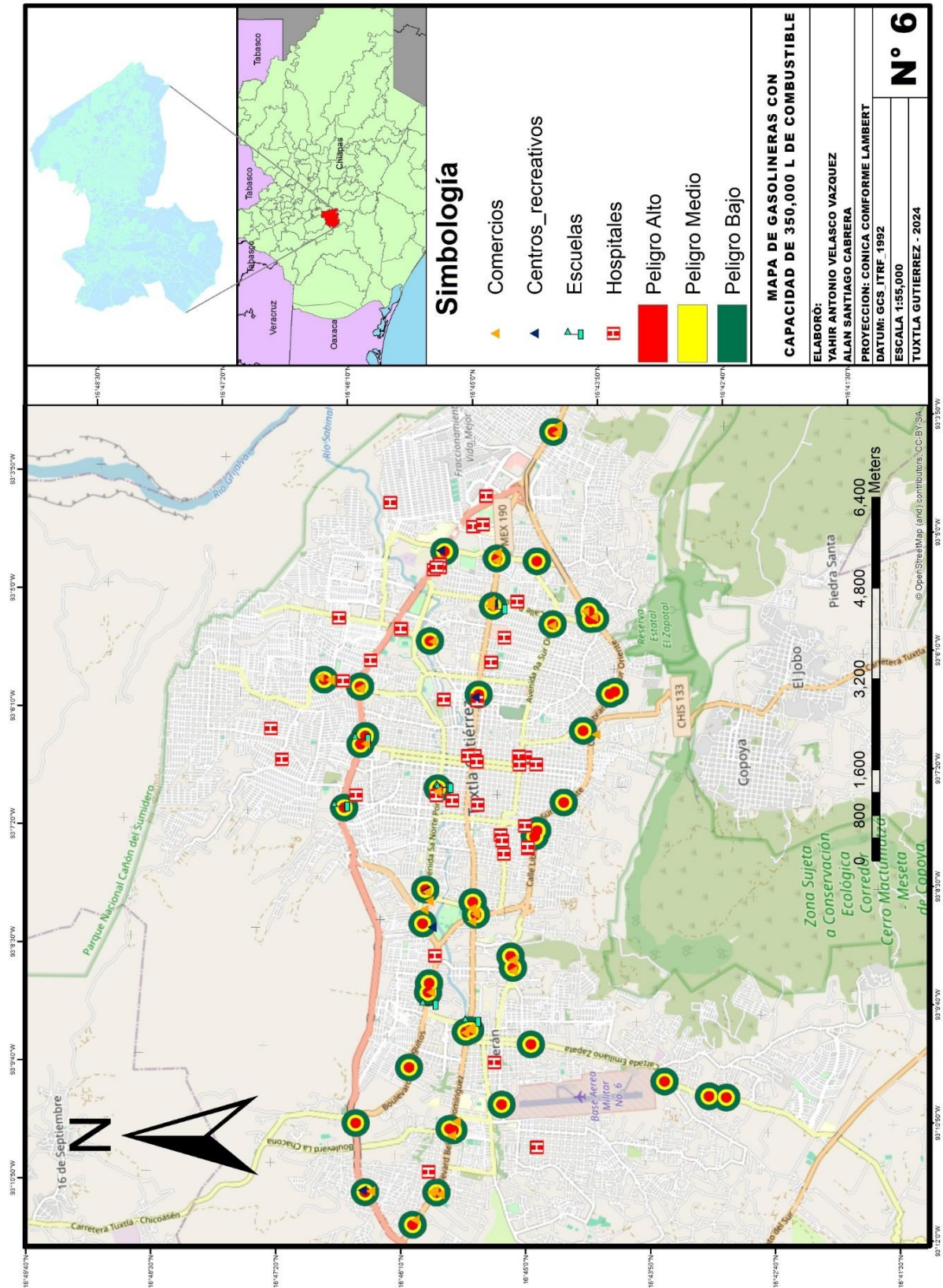
Los daños que podrían ocurrir en esta estación de servicio son bastante alarmantes, y en el mapa presentado se pueden observar de mejor manera como la onda expansiva de esta explosión afecta a los sitios colindantes a la gasolinera.

En el análisis de la gasolinera “La Fuente”, con una capacidad máxima de almacenamiento de 288,000 litros de gasolina y 23 despachadores distribuidos en su extenso terreno, se identificó como la más grande de Tuxtla Gutiérrez. Los datos obtenidos de la simulación indican que esta gasolinera genera el mayor impacto sobre los comercios cercanos en caso de explosión.

En el anillo rojo, que representa la zona de peligro alto y abarca desde 0 hasta 74.59 metros de distancia, los comercios más afectados serían aquellos ubicados a escasos metros, como el Oxxo, Starbucks, Plaza Santa Elena, Office Depot, además de una parte significativa de la estructura del Puente de Colores. Debido al alto tráfico vehicular en la zona, los automóviles también sufrirían graves daños.

En el anillo amarillo, la zona de peligro es menor, pero los daños aún son considerables. La onda expansiva podría provocar la explosión de cristales y afectar objetos frágiles en los comercios cercanos.

Finalmente, en el anillo verde, aunque es una zona relativamente segura frente a objetos proyectados a largas distancias, las personas que se encuentren en esta área y en la amarilla podrían sufrir aturdimiento temporal durante varios minutos, aunque los daños materiales serían menores.



Las estaciones de servicio gasolinera ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Este mismo crecimiento conlleva cierto riesgo, ya que varias de las estaciones de servicio se encuentran cercanas una de la otra, en otros casos, las estaciones se ubican en lugares con una alta aglomeración de personas.

En el mapa No. 6 se observa una simulación de un escenario ficticio que muestra los alcances de daño por explosión de todas las gasolineras de las cuales se tienen registro. Para fines de estudio y visualización se estableció una condición para poder realizar la simulación, esta actúa en el volumen de almacenamiento de cada una de las gasolineras tomadas en cuenta, ya que a todas se les asignó 350,000 litros de combustible.

Si bien esto se trata de algo irreal, es de ayuda para observar el comportamiento de un fenómeno tan peligroso como lo es una explosión de gasolineras.

Como se menciona, algunas de las gasolineras se encuentran a distancias cortas entre sí. en el mapa se muestran estas gasolineras y como las ondas de daño pueden llegar a cruzarse y provocar un efecto más grande que si de una sola se tratase, además de ello es evidente como en ciertas zonas de la ciudad existe un mayor volumen de gasolineras que en otras.

El Mapa presentado contiene además de los alcances de daño, ciertos lugares cercanos a las estaciones de servicio tales como comercios, centros recreativos, escuelas y hospitales, los cuales en su mayoría se ven afectados por las ondas de daño simuladas (Revisar anexo 2 para visualizar los demás mapas).

Está claro que el sector gasolinero seguirá creciendo, y no solo en número, sino también en capacidad de almacenamiento es por ello que estos escenarios ficticios pueden resultar de ayuda para poder visualizar como se desarrollaran las gasolineras en el futuro y a partir de ese punto, realizar planes de contingencia y aumentar la capacidad de respuesta y la efectividad ante este tipo de emergencias.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con la culminación del proyecto es evidente que los sistemas de información geográfica permiten demostrar el comportamiento de un suceso que involucra la seguridad pública como lo es la explosión de una gasolinera, además de brindar las herramientas necesarias para elaborar una cartografía, en la cual se puedan presentar los resultados obtenidos.

Los sistemas de información geográfica son de mucha utilidad cuando se requiere de un análisis de cierto espacio geográfico, en este caso, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Gracias a los SIG fue posible visualizar la ubicación de las gasolineras, hospitales, comercios y centros recreativos dentro de la ciudad, además también fue posible generar una serie de buffers a los puntos que representan gasolineras.

En este proyecto se evaluaron, principalmente cuatro gasolineras de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Vialva El paraíso, La diana, Dinogas, La Fuente), dejando como resultado una serie de mapas en los cuales se pueden observar los daños ocasionados por la onda expansiva de una explosión en gasolineras, esto con la finalidad de mostrar las consecuencias de este suceso.

Dentro de los cuatro casos presentados, tres de ellos muestran sucesos importantes, en el caso de la gasolinera “Vialva el paraíso” y “Dinogas” destaca la cercanía que tiene a diferentes escuelas, “Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas” y “Jardín de Niñas y Niños Alberto Chanona Rodríguez” respectivamente, si bien estas gasolineras cumplen con las distancias mínimas requeridas a centro de concentración establecida en las normativas oficiales, es importante tener en cuenta el riesgo que representan.

En el caso de la gasolinera “La Fuente” que es la más grande de la ciudad, se puede observar que se encuentra ubicada junto a una plaza comercial lo cual aunado a la capacidad de almacenamiento de la gasolinera, genera un riesgo importante para dicha plaza comercial, Todo esto queda más claro en el capítulo tres de este proyecto en el cual se habla más a detalle sobre los sucesos que pueden ocurrir en cada uno de los casos presentados.

4.2 Recomendaciones

Las cartografías presentadas pueden ayudar a tener una visión de lo que podría ocurrir y de esta manera mejorar la capacidad de respuesta ante posibles emergencias.

Es recomendable para futuros proyectos e investigaciones recabar información acerca de las gasolineras de la ciudad, pues este sector se encuentra en un constante crecimiento y cada vez existen más estaciones de gasolina. Por otra parte, ampliar las variables de estudio, es decir, no solo tomar en cuenta a las gasolineras, también se pueden incluir a los establecimientos que manejan gas LP.

Todo lo mencionado ayudaría a obtener un panorama más amplio del proyecto y con esto poder ampliar la zona de estudio, no solo enfocarse en una ciudad, sino en todo el estado de Chiapas. El alcance que puede tener este trabajo es potencialmente alto, es por ello que se hace la invitación a seguir buscando mejorar lo visto hasta ahora, todo esto con el objetivo de lograr un buen impacto en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D. O. (30 de 09 de 2021). *Humanidades*. Obtenido de Enciclopedia Humanidades.
- Chávez, L. (26 de 10 de 2023). *SENER restringe importación de 68 productos derivados de hidrocarburos*. Obtenido de Factor Energético.
- DOF, D. O. (07 de 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*.
- Esri, S. (2023). *Diccionario SIG*. Redlands, California: Publicaciones ESRI.
- Fernández, J. A. (07 de 09 de 2017). *Atlas de riesgos del estado de Tamaulipas* . Obtenido de Gobierno del Estado de Tamaulipas .
- Ferradás, E., Aznar, A., Ruiz, J., & Val, A. (2004). *Analisis de riesgo en los establecimientos afectados de nivel inferior (En el ámbito del Real Decreto 1254/1999(Seveso II))*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- González, A. (13 de 04 de 2023). *HyE*. Obtenido de Híbridos y eléctricos.
- Gonzalez, I. D., Freire, C. F., Morente, L. M., & Asencio, E. P. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales*. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales, CSIC.
- Humboldt, I. d. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica. *Geoenseñanza*, Pag. 107-116.
- Jaime, E., Larín, R., & Garea, E. (2011). Hacia métodos de análisis de datos espaciales raster. *Computación y Sistemas*, Pag. 91-106.
- Larios, F. N. (2011). *Caracterización de la Onda de Choque Sobre Estructuras*. Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.

- Lester, R., Navarro, Romero, Diaz, Fernandez, Cañete, . . . Hernandez. (2020). Evaluación en campo de material absorbente para recogida de hidrocarburos del petróleo en agua. *CENIC Ciencias Químicas*, Pag. 18-34.
- Macías, J. M. (1993). Lecciones de un desastre. *Desastres y Sociedad*, Pag. 3-8.
- Majhi, A., Kukerti, V., Sharma, Y., Khanna, R., & Datta, A. (2012). The Detection of Kerosene ad an Adulterant in Gasoline. *Petroleum Science and Technology*, Pag. 271-277.
- Martínez, F. C. (30 de Julio de 2023). *En Veracruz, reportan petróleo crudo en playas de Coatzacoalcos*.
- Mora, R. A. (2017). *La política detrás de la explosión: El 22 de abril de 1992 en Guadalajara (Primera edición)*. Zapopan, Jalisco: El Colegio de Jalisco.
- Nieto, C. G., & Fajardo, L. A. (2023). *¿Qué son bases de datos geoespaciales?* Ciudad de Mexico: Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo".
- Nieto, J. G. (28 de 01 de 2018). *¿Es verdad que usar el smartphone en una gasolinera puede provocar una explosión?* Obtenido de La vanguardia.
- OEA, O. d. (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos Washington, D.C.
- Pastrana, E. (08 de Diciembre de 2022). *Conoce los distintos tipos de gasolinas en México*. Obtenido de Donde ir.
- PEMEX, P. M. (2018). *Manuela de Operacion de de la Franquicia PEMEX*.
- QGIS, Q. G. (Mayo de 2002). *Una Introducción fácil a GIS*. Obtenido de QGIS.
- Renda, E., Rozas Garay, M., Moscardini, O., & Torchia, N. P. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo* (1a ed ilustrada. ed., Vol. 1). Programa Naciones Unidas para el Desarrollo.

- Rocha, M. M. (2004). *Modelagem da Dispersão de Vetores Biológicos com emprego da Estatística Espacial*. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia-IME.
- Saavedra, J. M., Torre, C. A., Soto, I. R., & Robles, C. M. (2014). Explosión en Guadalajara, 1992. *Memorias de los Seminarios Multidisciplinarios*, Pag. 6.
- Sarria, F. A. (2010). *Sistemas de informacion geografica*. Murcia: Universidad De Murcia.
- Secretaría de Energía. (16 de Julio de 2015). *¿Qué son los hidrocarburos?* Recuperado el 27 de Abril de 2024, de gob.mx.
- Secretaría de Salud, S. (2018). *gob.mx*.
- SEGURIDAD, CNPC, CENAPRED, & EDO., G. (Junio de 2024). *Atlas Nacional de Riesgos*.
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). *Características del petróleo*. Obtenido de *sgm.gob.mx*.
- Vega, J. (09 de Enero de 2012). *Ingeniería y Soluciones Geográficas*.

ANEXO I. GASOLINERAS PRINCIPALES MOSTRADAS EN EL PROYECTO

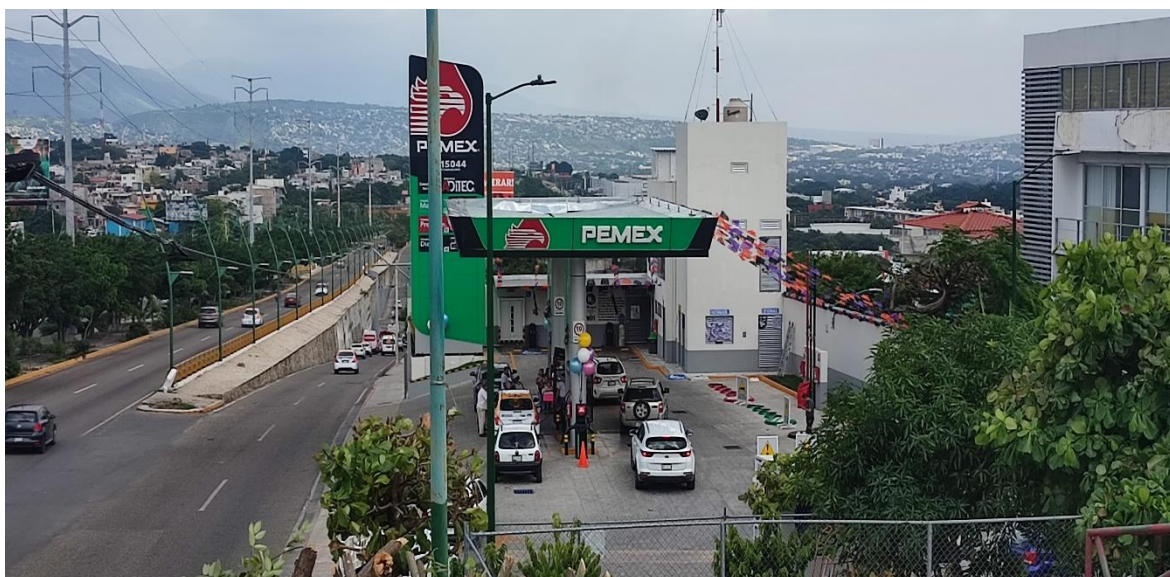


Ilustración 13 Gasolinera "Vialva El Paraíso" Tomada de: Fuente propia



Ilustración 14 Tanques de almacenamiento de la gasolinera "Vialva El Paraíso" Tomada de: Fuente propia



Ilustración 15 Gasolinera “La Diana” Tomada de: Fuente propia



Ilustración 16 Tanques de almacenamiento de la gasolinera “La Diana” Tomada de: Fuente propia



Ilustración 17 Gasolinera “Dinogas” Tomada de: Fuente propia



Ilustración 18 Tanque de almacenamiento de la gasolinera “Dinogas” Tomada de: Fuente propia



Ilustración 19 Gasolinera "La Fuente" Tomada de: Fuente propia



Ilustración 20 Tanques de almacenamiento de la gasolinera "La Fuente" Tomada de: Fuente propia

ANEXO II. MAPAS DE ESCENARIOS FICTICIOS RESPECTO A LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

