



---

---

# **Propuestas para evacuación de poblaciones en zonas de muy alto riesgo: caso Villahermosa**

Eric Antonio Ramos Acosta  
Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz  
Víctor Manuel Fraide Arroyo

**Publicación Técnica No. 571  
San Fandila, Qro., 2019**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Propuestas para evacuación de poblaciones en  
zonas de muy alto riesgo: caso Villahermosa**

**Publicación Técnica No. 571  
San Fandila, Qro., 2019**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Transporte Integrado y Logística, del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en I. Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz, el M. en I. Eric Antonio Ramos Acosta y el Ing. Víctor Manuel Fraide Arroyo.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna TI-03/14, “Análisis de riesgos y evaluación de la vulnerabilidad vial. Propuestas para evacuación de poblaciones en zonas de muy alto riesgo: caso Villahermosa”.

Se agradece la valiosa asesoría brindada por el Dr. Ricardo Montoya Zamora, para la solución del problema de transporte a través del modelo TransCad, así como la asesoría en análisis georreferenciado del M. en G. Jonatan Omar González Moreno, del Lic. Juan Carlos Vázquez Paulino y del M. en G. Miguel Ángel Backhoff Pöhls, de la Unidad de Sistemas Geoespaciales del IMT. También se destaca el invaluable apoyo del Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue, de fundamental importancia para las gestiones internas que facilitaron el trabajo de los involucrados.

La investigación permitió la obtención del grado de Maestro en Ingeniería en Transporte y Comunicación Terrestre, por la Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco, de Eric Antonio Ramos Acosta, y el grado en Ingeniería en Tecnologías de la Información, por la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, de Víctor Manuel Fraide Arroyo, ambos bajo la dirección y supervisión de Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz.

Se agradece el apoyo de Abraham Cortés Ronquillo y de Raúl Beristain Álvarez en el trabajo de exportación al formato DOCX del borrador, así como las observaciones de Ariadna Sánchez Loo sobre el cumplimiento del formato institucional. Se agradece el apoyo de Citlaly López Morales, para agregar las correcciones finales al documento editado.



# Contenido

---

1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1	DEFINICIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.2.1	<i>Objetivo general.....</i>	6
1.2.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	6
1.3	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.4	HIPÓTESIS.....	8
1.5	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
1.6	JUSTIFICACIÓN.....	9
2	BASES TEÓRICAS .....	11
2.1	MARCOS HISTÓRICO Y CONTEXTUAL .....	14
2.1.1	<i>Descripción fisiográfica de Tabasco.....</i>	15
2.1.2	<i>Historia de la hidrología de Tabasco.....</i>	16
2.1.3	<i>Eventos de 2007 y su lugar dentro del país .....</i>	24
2.1.4	<i>Identificación y análisis de riesgos por cuenca que provocan inundaciones en el estado 28</i>	
2.1.5	<i>Análisis de subcuencas y grado de riesgo .....</i>	28
2.1.6	<i>Atlas de riesgo del municipio Centro.....</i>	36
2.1.7	<i>Historia de situaciones similares .....</i>	42
2.2	MARCO DE REFERENCIA .....	46
2.2.1	<i>Asignación de referencia .....</i>	47
2.2.2	<i>La salida más cercana.....</i>	47
2.2.3	<i>Gestión y tráfico optimizado .....</i>	48
2.3	MARCO LEGAL .....	48
2.4	MARCO TEÓRICO.....	49
2.4.1	<i>Red de transporte.....</i>	50
2.4.2	<i>Elementos de una red.....</i>	50
2.4.3	<i>Análisis de la red .....</i>	52
3	METODOLOGÍA .....	58
3.1	DISEÑO DEL ESTUDIO .....	58
3.2	UNIVERSO DE TRABAJO Y MUESTRA .....	60
3.3	ANÁLISIS DE ALTITUDES .....	61
3.4	OPERATIVIDAD DE VARIABLES.....	63
3.5	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	66
3.5.1	<i>ArcMap .....</i>	69

3.5.2	TransCAD .....	70
3.6	DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	70
3.6.1	Identificación de zonas de riesgo y clasificación .....	71
3.6.2	Identificación de albergues en zonas seguras .....	71
3.6.3	Identificación de tipos de vehículos .....	71
3.6.4	Identificación de los puntos de reunión .....	71
3.6.5	Construcción de la capa de la red vial en ArcMap .....	71
3.6.6	Verificación de concordancia de la topología de la red vial con la red actual.....	71
3.6.7	Importación en TransCAD de la red vial, puntos de origen y destino generados en ArcMap 72	
3.6.8	Verificación de la conectividad de la capa de la red vial en TransCAD .....	72
3.6.9	Conexión de la capa de los puntos de reunión y albergues a la capa de la red vial ..	72
3.6.10	Creación del archivo de red en TransCAD a partir de la capa de la red vial.....	72
3.6.11	Creación de la matriz de distancia a través de la red ya creada .....	72
3.6.12	Creación de la matriz y tabla de flujos de transporte de autobuses a través de TransCAD 72	
3.6.13	Obtención de las direcciones de cada ruta de autobuses .....	73
3.6.14	Carga de matrices a una base de datos en MySQL .....	73
3.6.15	Cálculo de los tiempos de evacuación, en la calculadora de evacuaciones (CE)..	73
3.6.16	Creación del protocolo de evacuación .....	73
3.6.17	Diseño técnico y metodológico para el análisis de la información.....	73
4	RESULTADOS .....	77
4.1	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	77
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	77
4.3	IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO Y SU CLASIFICACIÓN.....	78
4.4	IDENTIFICACIÓN DE LOS ALBERGUES EN ZONAS SEGURAS .....	79
4.5	IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VEHÍCULOS DISPONIBLES EN LA LOCALIDAD.....	82
4.6	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE REUNIÓN .....	83
4.7	CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA DE RED VIAL EN ARCMAP .....	85
4.8	VERIFICACIÓN DE CONCORDANCIA DE LA TOPOLOGÍA DE LA RED VIAL CON LA RED ACTUAL.....	85
4.9	PROCESAMIENTO CLUSTER.....	85
4.10	ERRORES Y EXCEPCIONES .....	97
4.11	IMPORTACIÓN A TRANSCAD, DE LA CAPA DE LA RED VIAL, PUNTOS DE ORIGEN Y DESTINO DE ARCMAP.....	97
4.12	VERIFICACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA CONECTIVIDAD DE LA CAPA DE LA RED VIAL EN TRANSCAD .....	99
4.13	CONEXIÓN DE LA CAPA DE LOS PUNTOS DE REUNIÓN Y ALBERGUES A LA CAPA DE LA RED VIAL .....	102
4.14	CREACIÓN DEL ARCHIVO DE RED EN TRANSCAD A PARTIR DE LA CAPA DE LA RED VIAL .....	104
4.15	CREACIÓN DE LA MATRIZ DE DISTANCIA (MATRIZ O-D), A TRAVÉS DE LA RED YA CREADA .....	105
4.16	CREACIÓN DE LA MATRIZ Y TABLA DE FLUJOS DE TRANSPORTE DE AUTOBUSES A TRAVÉS DE TRANSCAD.....	108
4.17	DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO DE LAS RUTAS DE EVACUACIÓN .....	116
4.17.1	Obtención de las direcciones de cada ruta de autobuses .....	116



4.17.2	<i>Carga de matrices en una base de datos en MYSQL</i> .....	117
4.17.3	<i>Cálculo de tiempos en la calculadora de evacuaciones (CE)</i> .....	117
4.18	ANÁLISIS DE ESCENARIOS ANTE EL COLAPSO DE PUENTES .....	126
4.18.1	<i>Caso de colapso del puente Grijalva 1</i> .....	126
4.18.2	<i>Caso de colapso del puente Grijalva 2</i> .....	129
4.18.3	<i>Caso de colapso del puente Grijalva 3</i> .....	131
4.19	CASO DE EVACUACIÓN EN VEHÍCULOS PARTICULARES .....	133
4.20	PROTOCOLO DE EVACUACIÓN.....	136
4.21	LOGÍSTICA INTERINSTITUCIONAL .....	141
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	143
4.22	RECOMENDACIONES Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN.....	145
	REFERENCIAS.....	149
4.23	REFERENCIAS DOCUMENTALES .....	149
4.24	REFERENCIAS EN LÍNEA .....	155
	ANEXO 1. GLOSARIO Y DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	157
	ANEXO 2. NOMENCLATURA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	162
	ANEXO 3. EVIDENCIAS DE SOLICITUDES PROCESADAS.....	165

## Índice de figuras

---

FIGURA 2.1. INUNDACIONES HISTÓRICAS EN EL ESTADO DE TABASCO.....	12
FIGURA 2.2. INUNDACIONES DEL SIGLO XXI EN EL ESTADO DE TABASCO.....	12
FIGURA 2.3. LA PREVENCIÓN COMO OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO.....	13
FIGURA 2.4 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
FIGURA 2.5 ROMPIDOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GRIJALVA.....	16
FIGURA 2.6. CUENCA GRIJALVA USUMACINTA Y SUS SUBCUENCAS. ....	18
FIGURA 2.7. PRINCIPALES RÍOS EN LA CUENCA GRIJALVA-VILLAHERMOSA .....	19
FIGURA 2.8. VISTA DE VILLAHERMOSA, EL RÍO MEZCALAPA Y SUS CORRIENTES.....	20
FIGURA 2.9. OBRAS HISTÓRICAS DE PROTECCIÓN EN EL RÍO MEZCALAPA .....	22
FIGURA 2.10. OBRAS HISTÓRICAS DE PROTECCIÓN EN EL RÍO MEZCALAPA (CONTINUACIÓN).....	23
FIGURA 2.11. SISTEMA HIDROLÓGICO DEL RÍO GRIJALVA.....	24
FIGURA 2.12. MAPA DE LA INUNDACIÓN DE VILLAHERMOSA (2007) .....	30
FIGURA 2.13. MAPA DE LAS LOCALIDADES CERCANAS A LOS RÍOS (ZONA 2) .....	31
FIGURA 2.14. MAPA DE LOCALIDADES CERCANAS A LOS RÍOS DE LA ZONA 3.....	33
FIGURA 2.15. MAPA DE LOCALIDADES CERCANAS A LOS RÍOS DE LA ZONA 4.....	34
FIGURA 2.16. EVACUACIÓN POR TIPO DE ESCENARIO .....	36
FIGURA 2.17. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN GENERADO A PARTIR DE LIDAR .....	37
FIGURA 2.18. COMPARACIÓN DE IMÁGENES .....	38
FIGURA 2.19. MAPA DE RIESGOS, VILLAHERMOSA, TABASCO.....	42
FIGURA 2.20. MAPA DE UN SISTEMA PRINCIPAL DE CAMINOS EN UNA REGIÓN .....	51
FIGURA 2.21. REPRESENTACIÓN DE LA RED DEL SISTEMA DE CAMINOS.....	51
FIGURA 2.22. MATRIZ DE CONEXIÓN .....	52
FIGURA 2.23. MATRIZ DE INCIDENCIA ARCO-NODO O ENLACE-NODO .....	52
FIGURA 2.24. RED PRINCIPAL DE CAMINOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN FRANCISCO, QUE MUESTRA LOS ENLACES CON TIEMPOS DE VIAJE .....	53
FIGURA 2.25. RUTA MÍNIMA DESDE EL NODO 1 A TODOS LOS NODOS .....	55
FIGURA 2.26. MATRIZ DE RUTA MÍNIMA DE TIEMPOS PARA EL NODO 1 A TRAVÉS DEL 9 EN LA RED.....	57
FIGURA 3.1. SUBCUENCAS CON INFLUENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	61
FIGURA 3.2. ÁREAS DE VILLAHERMOSA UBICADAS POR DEBAJO DE LA COTA DE 6 MSNM QUE REQUIEREN PROTECCIÓN.....	62
FIGURA 3.3. MAPA DE DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA. ADAPTADO DE INEGI-AGEBS, 2008. ....	63

FIGURA 3.4. MAPA DE RIESGOS, VILLAHERMOSA, TABASCO .....	64
FIGURA 3.5. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE EVACUACIÓN.....	67
FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA USADA EN ARCMAP .....	68
FIGURA 3.7. ALGORITMO PARA EL PROBLEMA DE TRANSPORTE DE UNA EVACUACIÓN DE EMERGENCIA .....	75
FIGURA 4.1. CRITERIOS PARA DESCARTAR ALBERGUES.....	80
FIGURA 4.2. POLÍGONOS DE CURVAS DE NIVEL DE 3 HASTA 7 MSNM .....	81
FIGURA 4.3. PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE PUNTOS DE REUNIÓN .....	84
FIGURA 4.4. EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE REUNIÓN .....	84
FIGURA 4.5. EJEMPLO DE CONDICIÓN <i>CLUSTER</i> EN UN CONJUNTO DE DATOS.....	86
FIGURA 4.6. ERRORES Y EXCEPCIONES EN ARCMAP .....	97
FIGURA 4.7. SELECCIÓN DE ARCHIVO “ESRI SHAPEFILE” .....	98
FIGURA 4.8. IMPORTACIÓN DE ARCHIVO DE LA CAPA DE LA RED VIAL A TRANSCAD .....	98
FIGURA 4.9. VISTA DE LOS PUNTOS DE REUNIÓN, REFUGIOS Y RED VIAL EN TRANSCAD.	99
FIGURA 4.10. VISTA DE LA HERRAMIENTA “VERIFICAR CONECTIVIDAD DE LA CAPA DE LÍNEA ( <i>CHECK LINE LAYER CONNECTIVITY</i> )” .....	100
FIGURA 4.11. ELECCIÓN DE A CADA CUÁNTO CHECAR LA CONECTIVIDAD DE LA CAPA DE LÍNEA.....	101
FIGURA 4.12. EDICIÓN DE ARCOS POR CONECTIVIDAD EN TRANSCAD.....	101
FIGURA 4.13. PUNTOS DE REUNIÓN NO CONECTADOS A LA CAPA DE LA RED VIAL .....	102
FIGURA 4.14. UTILIZANDO LA OPCIÓN “CONNECT” PARA CONECTAR LOS ALBERGUES Y PUNTOS DE REUNIÓN.....	103
FIGURA 4.15. PUNTOS DE REUNIÓN CONECTADOS A LA CAPA DE LA RED VIAL .....	104
FIGURA 4.16. SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA “CREATE” .....	104
FIGURA 4.17. HERRAMIENTA “CREATE NETWORK” .....	105
FIGURA 4.18. LOCALIZACIÓN DE LA OPCIÓN “MULTIPLE PATHS” .....	105
FIGURA 4.19. APARIENCIA DE LA OPCIÓN “MULTIPLE SHORTEST PATH” .....	106
FIGURA 4.20. MATRIZ O-D DE LA MEJOR RUTA.....	107
FIGURA 4.21. USO DE LA OPCIÓN “THE TRANSPORTATION PROBLEM” (EL PROBLEMA DE TRANSPORTE).....	108
FIGURA 4.22. VENTANA “THE TRANSPORTATION PROBLEM” .....	108
FIGURA 4.23. MATRIZ DE TRANSPORTE.....	109
FIGURA 4.24. RUTAS Y FLUJO DE PASAJEROS DE LA RED DE EVACUACIÓN DE LAS ZONAS DE MUY ALTO RIESGO .....	111
FIGURA 4.25. RUTAS Y FLUJO DE AUTOBUSES EN LA RED DE EVACUACIÓN DE LAS ZONAS DE MUY ALTO RIESGO. ....	112
FIGURA 4.26. CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS CRÍTICOS EN REDES CARRETERAS.....	115
FIGURA 4.27. RUTAS DE EVACUACIÓN DE LAS ZONAS DE MUY ALTO RIESGO .....	117
FIGURA 4.28. ASPECTO DE LA CALCULADORA DE TIEMPOS DE EVACUACIÓN .....	120
FIGURA 4.29. VENTANA DE OPCIONES DE BASES DE DATOS .....	121

FIGURA 4.30. VENTANA PARA CARGAR ARCHIVOS DE TEXTO EN LA BASE DE DATOS .....	122
FIGURA 4.31. FORMULARIO PARA ESPECIFICACIONES DE CAPACIDAD .....	122
FIGURA 4.32. FORMULARIO PARA TIEMPOS DE ASCENSO Y DESCENSO.....	123
FIGURA 4.33. FORMULARIO PARA CAPTURA DE VELOCIDADES .....	124
FIGURA 4.34. VENTANA DE BÚSQUEDA DE RECORRIDOS.....	125
FIGURA 4.35. ESCENARIO DE EVACUACIÓN NORMAL .....	126
FIGURA 4.36. RUTAS DE ESCAPE ANTE ESCENARIO DE COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 1 .....	128
FIGURA 4.37. TIEMPOS DE EVACUACIÓN ANTE EL COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 1...	129
FIGURA 4.38. RUTAS DE ESCAPE ANTE ESCENARIO DE COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 2 .....	130
FIGURA 4.39. TIEMPOS DE EVACUACIÓN ANTE COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 2.....	130
FIGURA 4.40. RUTAS DE ESCAPE ANTE ESCENARIO DE COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 3 .....	131
FIGURA 4.41. TIEMPOS DE EVACUACIÓN ANTE COLAPSO DEL PUENTE GRIJALVA 3.....	132
FIGURA 4.42. MAPA DE TIEMPOS DE EVACUACIÓN.....	133
FIGURA 4.43. RELACIÓN DE PERSONAS EVACUADAS EN VEHÍCULOS PARTICULARES, POR HORAS DE CONTINGENCIA.....	134
FIGURA 4.44. EVACUACIÓN DE LAS ZONAS DE MUY ALTO RIESGOS HACIA DOS DE LAS SALIDAS DE LA CIUDAD EN VEHÍCULOS PARTICULARES .....	135
FIGURA 4.45. TIEMPO NECESARIO PARA UNA EVACUACIÓN TOTAL DE LA CIUDAD, UTILIZANDO VEHÍCULOS PARTICULARES.....	136
FIGURA 4.46. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EVACUACIÓN. (C.E. = CALCULADORA DE EVACUACIONES) .....	139
FIGURA 4.47. ACCIONES DE EMERGENCIA DURANTE EL HORIZONTE DE EVENTOS.....	140

## Índice de tablas

---

TABLA 2.1 INUNDACIONES HISTÓRICAS EN EL ESTADO DE TABASCO .....	11
TABLA 2.2.- PRINCIPALES RIESGOS EN LOS ESTADOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA .....	26
TABLA 2.3.-PRINCIPALES SINIESTROS OCURRIDOS EN MÉXICO DE 1985 A 2007 EN FUNCIÓN DE SUS PÉRDIDAS ECONÓMICAS .....	27
TABLA 2.4.- AFECTACIÓN POR SITUACIÓN DE EMERGENCIA EN EL ESTADO DE TABASCO (1995-2009).....	28
TABLA 2.5.- MUNICIPIOS DE LA ZONA 2 CON POBLACIÓN SUSCEPTIBLE DE AFECTACIÓN ..	32
TABLA 2.6.- MUNICIPIOS CON POBLACIÓN SUSCEPTIBLE DE AFECTACIÓN (ZONA 3).....	33
TABLA 2.7.- MUNICIPIOS CON POBLACIÓN SUSCEPTIBLE DE AFECTACIÓN (ZONA 4).....	34
TABLA 2.8.- COLONIA POR NIVEL DE RIESGO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA .....	39
TABLA 2.9. FALLAS GENERALES ANTE LOS HURACANES KATRINA Y RITA .....	45
TABLA 2.10. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS TRES MODELOS .....	46
TABLA 2.11.- RUTA MÍNIMA DE TIEMPO PARA LA RED CON EL NODO 1 COMO NODO ORIGEN .....	56
TABLA 3.1.- SUPERFICIE DE LA ZONA URBANA BAJO LA COTA 6.....	62
TABLA 3.2. - COLONIAS DE VILLAHERMOSA, TABASCO, POR NIVEL DE RIESGO (ACTUALIZADA A 2010).....	65
TABLA 4.1.- CANTIDAD DE ALBERGUES UBICADOS EN ZONAS SEGURAS .....	81
TABLA 4.2.- CANTIDAD DE CAMIONES PARA PASAJEROS EN EL MUNICIPIO DEL CENTRO. .	82
TABLA 4.3.- RADIOTAXIS ESPECIALES EN EL MUNICIPIO DEL CENTRO .....	83
TABLA 4.4.- CANTIDAD DE COMBIS EN EL MUNICIPIO DEL CENTRO .....	83
TABLA 4.5.- REGLAS TOPOLÓGICAS PARA LÍNEAS (APLICACIÓN EN CAPAS DE REDES VIALES) .....	87
TABLA 4.6. TABLA DE TRANSPORTE .....	110



## **Sinopsis**

---

Esta investigación presenta un modelo para evacuación de poblaciones en zonas de muy alto riesgo de inundación y utiliza el caso de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, a efectos de probar el modelo definido. En éste se propone que, con una alerta oportuna por amenazas hidrometeorológicas de alto impacto, sería posible implementar un exitoso sistema de transporte de emergencia, que permita evacuar con oportunidad a las poblaciones ubicadas en zonas de muy alto riesgo ante un desastre inminente.

El trabajo ofrece un mecanismo para resolver el problema logístico de transporte de las poblaciones localizadas en las zonas más vulnerables de la ciudad, hacia refugios o albergues identificados previamente, lo que permitiría establecer la ventana de tiempo que se necesita para desalojar las zonas potenciales de impacto, bajo condiciones de emergencia. Para lograrlo, se creó para fines del presente proyecto una calculadora de tiempos de evacuación, considerando los recursos técnicos y tecnológicos disponibles, aprovechando el transporte masivo de la región de estudio, presumiendo el control de la situación por parte de las autoridades competentes, así como de las rutas de escape y puentes críticos, que requeriría un control de tráfico central y condiciones de mantenimiento de mayor nivel, para evitar colapsos y cuellos de botella, con el consecuente caos urbano.





# Abstract

---

This research presents a model for evacuation of populations in areas of very high flood risk and uses the case of the city of Villahermosa, Tabasco, Mexico, in order to test the model.

The central hypothesis of the research proposes that, with a timely alert for high-impact hydrometeorological threats, it would be possible to implement a successful emergency transport system, which would allow timely evacuation of populations located in areas of very high risk, in the face of an imminent disaster.

This work offers a mechanism that allows solving the transport logistic problem of populations located in the most vulnerable areas of the city, to shelters previously identified in safe areas, which would allow to establishing the window of time that is needed to evacuate the potential areas of impact, under emergency conditions. To achieve this goal, a calculator for evacuation times is developed, considering the technical and technological resources available, taking advantage of the mass transportation available in the study region, assuming that the authority has control of the situation, as well as the routes of escape and critical bridges, which would require central traffic control and higher level of maintenance conditions, to avoid collapses and bottlenecks, with the consequential hypothetical urban chaos.



## Resumen ejecutivo

---

El presente trabajo se preparó en respuesta a una preocupación de los autores sobre la vulnerabilidad del estado de Tabasco a las inundaciones, así como parte de la línea de investigación en planeación del transporte, de la Coordinación de Transporte Integrado y Logística del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), especialmente en la rama de evaluación de la vulnerabilidad vial, encabezada por el investigador titular del IMT Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz y profesor en su momento de la materia de “Evaluación de la vulnerabilidad vial” de la Maestría en Transporte y Comunicación Terrestre, del Campus Tabasco de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

El proyecto ofrece un mecanismo que atiende el problema logístico de transporte de las zonas más vulnerables de la ciudad hacia refugios o albergues identificados en este estudio, lo que permitiría conocer la ventana de tiempo que se necesita para desalojar las zonas potenciales de impacto, bajo condiciones de emergencia.

El trabajo implica la identificación de las zonas de muy alto riesgo, los albergues potenciales, el tipo de transporte masivo que se utilizaría, de acuerdo con las condiciones del parque vehicular disponible en la región de estudio, así como las rutas de escape y puentes críticos que requerirían un control de tráfico central y condiciones de mantenimiento de mayor nivel, para evitar colapsos y cuellos de botella, con el consecuente caos urbano.

A efectos de lograrlo, se identificaron las curvas de nivel de la ciudad de Villahermosa, para determinar la vulnerabilidad de las zonas con base en su elevación sobre el nivel de mar, y conocer, a su vez, las zonas que ofrecen mayor seguridad para establecer refugios provisionales.

En las zonas vulnerables, se identificaron los sitios públicos en los que se podrían establecer los centros logísticos para la recolección de hasta 250 personas, como los parques y jardines, en donde existen condiciones para concentrar muchedumbres y vehículos de emergencia y transporte.

En las zonas seguras, se identificaron los albergues que se pueden implementar, aprovechando la vocación de algunos edificios públicos para recibir grandes volúmenes de personas, como son escuelas, templos, auditorios, teatros y sitios

similares, que pueden ofrecer espacios de descanso, sillas y baños públicos, además de centros de acopio.

También se identificó el parque vehicular para el transporte público, disponible en la ciudad, que puede utilizarse para el traslado de grandes volúmenes de personas que necesitan ser reubicadas, de las zonas de alto riesgo, a las zonas de la ciudad que brindan mayor seguridad. Esto implicó el desarrollo tecnológico de una calculadora de tiempos de evacuación, que se nutre de la información recopilada en campo, a fin de determinar el tiempo requerido para evacuar por completo las zonas susceptibles a ser afectadas ante una amenaza hidrometeorológica inminente.

Finalmente, se demuestra la ventaja de realizar evacuaciones masivas controladas, utilizando vehículos de transporte público, ante la alternativa de esperar a que la población resuelva por sí misma su propia evacuación, pues los tiempos requeridos para el primer caso son de cuatro a seis horas; mientras que, en caso de utilizarse vehículos particulares, se requerirían más de 40 horas continuas para una evacuación completa de las zonas de riesgo.

# Introducción

---

El presente trabajo se elaboró en respuesta a una preocupación de los autores sobre la vulnerabilidad del estado de Tabasco a las inundaciones, así como parte de la línea de investigación en planeación del transporte, de la Coordinación de Transporte Integrado y Logística del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), especialmente en la rama de evaluación de la vulnerabilidad vial, encabezada por el investigador Ricardo Eugenio Arredondo Ortiz y profesor en su momento de la materia de “Evaluación de la vulnerabilidad vial”, de la Maestría en Transporte y Comunicación Terrestre, del Campus Tabasco de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

La investigación revisa los registros históricos del estado de Tabasco, que entre 1868 y 2010 reportan 37 inundaciones históricas. El trabajo se concibió debido a la concerniente preocupación por la ausencia de un plan de pre-contingencia de evacuación masiva de la población expuesta, así como a la necesidad de contar con una herramienta para la toma de decisiones; por ello, se plantea la idea de resolver de manera anticipada el problema de transporte para la evacuación en masa de la ciudad de Villahermosa, por tratarse de la ciudad de mayor importancia en el estado, que produce cerca del 30% del PIB de la entidad. La ciudad de Villahermosa se encuentra rodeada por tres ríos: el Carrizal, el Mezcalapa y el Grijalva, además de estar ubicada en una planicie con cotas entre 4 y 25 metros sobre el nivel de mar (msnm).

El proyecto ofrece un mecanismo que atiende el problema logístico de transporte de las poblaciones que habitan las zonas más vulnerables de la ciudad, hacia refugios o albergues identificados en este estudio, lo que permitiría conocer la ventana de tiempo que se necesita para desalojar las zonas potenciales de impacto, bajo condiciones de emergencia.



# **1 Descripción del problema**

---

Se trata de establecer una metodología para la toma de decisiones, que permita conocer las zonas de muy alto riesgo de inundación, a evacuar de manera preventiva para evitar pérdidas humanas, así como conocer los refugios en donde se podrían alojar a los damnificados potenciales, antes de la ocurrencia de un desastre hidrometeorológico.

Este método de evacuación busca resolver el problema de transporte que se presenta al intentar desplazar, de manera segura, eficiente y oportuna, a miles de personas dentro de un límite de tiempo, con los vehículos de transporte público disponibles y utilizando la infraestructura vial de la ciudad, con todas sus fortalezas y debilidades, desde los puntos de evacuación o reunión hacia los albergues o refugios localizados en las zonas de más bajo riesgo de la ciudad.

## **1.1 Definición y formulación del problema**

Como se ha explicado en la introducción y la descripción del problema, no existe un plan de precontingencia que prevea la concepción de cómo gestionar la logística de una evacuación a través del transporte público, de las zonas de más alto riesgo en las ciudades y cabeceras municipales del estado de Tabasco, hacia refugios o albergues en zonas seguras, dentro de las propias ciudades.

En la Agencia de Investigación del Transporte (TRB, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, desde el año 2005, se tiene planteada la idea de movilización de emergencia del transporte público y una guía de operaciones de emergencia. En ella se esboza la principal problemática para resolver este tipo de cuestiones.

Según la Agencia de Investigación del Transporte (TRB, 2005), la movilización de emergencia es el acto de prepararse para los mayores eventos catastróficos, los cuales podrían afectar el sistema de transporte público o sus áreas de servicio, a través de reunir y organizar los recursos, incluyendo personas, equipo, instalaciones, sistemas de comunicación, apoyo de técnicos expertos, e información pública de los protocolos y sistemas. La movilización general es el proceso que asegura que las personas indicadas podrán emplear apropiadamente los recursos en el tiempo correcto. Es fundamental para la capacidad de la industria del transporte público garantizar la prestación del servicio en condiciones normales y de emergencia.

Los operadores del transporte público juegan un papel vital en la respuesta y recuperación de las emergencias y cualquier otro evento catastrófico. Estos sistemas, y sus capacidades para movilizar recursos, se ven profundamente afectados por las decisiones y directivas de otros durante estas actividades. Para direccionar estos efectos y asegurar la obtención de la respuesta más efectiva posible, es aconsejable que los proveedores de transporte público lleguen a involucrarse activamente con sus comunidades locales para planear y prepararse para emergencias.

El principal problema de esta idea es la movilización de emergencia por medio del transporte público y la guía de operaciones de emergencia para poderla vincular a la realidad, por lo que en el caso Tabasco, se necesita primero resolver el problema de transporte, que la ventana de tiempo y, al mismo tiempo, plantear la idea de cómo se debe organizar la movilización de emergencia, para finalizar partiendo de una buena guía de operación de emergencia durante la misma evacuación.

Las operaciones de planificación de una emergencia consisten típicamente en un proceso de cuatro pasos:

- Paso 1. Establecer el equipo de planificación.
- Paso 2. Analizar posibilidades y peligros.
- Paso 3. Desarrollar el plan.
- Paso 4. Poner en práctica el plan.

Aunque las necesidades de cada sistema de transporte podrían variar, este proceso puede expandirse o contraerse con base en el nivel del sistema de servicio y la integración existente dentro de la planificación de emergencia local y la administración de procesos.

La alta probabilidad de que los desastres naturales sigan afectando al mundo de forma relativamente periódica hace que muchos países realicen estudios y análisis sobre la vulnerabilidad frente a cualquier tipo de fenómeno, los cuales deben estar disponibles para mejorar el proceso de la toma de decisiones (Moreira F. L., 2011).

Existen diferentes estudios realizados en Tabasco, como el PHIT (Conagua, 2008), en el que se muestran aspectos generales de Tabasco y se describen los eventos que dieron lugar a las inundaciones de octubre de 2007. Algunos de los aspectos revisados son la conformación hidrográfica de Tabasco, sus cuencas hidrológicas y las características de éstas. En particular, se revisó la trayectoria de los ríos en la cuenca Grijalva-Usumacinta y cómo se asocia a las inundaciones de Villahermosa. A este respecto, cabe señalar que aun cuando las pérdidas humanas o económicas están fuertemente vinculadas a la falla de la infraestructura de protección hidráulica, se muestra que el crecimiento urbano desproporcionado de la ciudad de Villahermosa llevó a tener asentamientos urbanos en zonas de riesgo, por la divagación de los ríos, lo cual rebasa cualquier medida de defensa.



La ciudad de Villahermosa cuenta con una población de 353,577 personas, de las cuales 58,458 se localizan en las zonas de más alto riesgo, a través de los datos del municipio actualizados a partir de la encuesta del INEGI (2012).

Para este caso, se busca evaluar la vulnerabilidad de las diferentes vialidades involucradas, con la finalidad de apoyar una mejor toma de decisiones al momento de evacuar. Debe mencionarse que al hacer esta investigación se tuvieron en cuenta las particularidades del estado de Tabasco, responsables de numerosas inundaciones desde 1868.

### **Experiencia internacional**

Como experiencia internacional, se revisa el caso de la ciudad de Nueva Orleans, cuyo plan de evacuación exhibe los problemas de transporte que sufren las ciudades pertenecientes al grupo de ciudades costeras de los Estados Unidos de América y de cualquier parte del mundo dentro de este grupo.

El área metropolitana de Nueva Orleans alberga a 1.4 millones de personas y está rodeada completamente de agua. Su principal dilema es el hecho de que la ciudad se encuentra debajo del nivel del mar, con un promedio de 60 centímetros y con casos de hasta 3 metros, como ocurre en las partes de la ciudad localizadas cerca del lago Pontchartrain.

Muchas ciudades costeras tienen la posibilidad de mover a su población lejos de las amenazas, a través de estructuras sólidas en elevaciones arriba del nivel de inundación por tormentas, pero Nueva Orleans no dispone de esas facilidades (Wholson, 2002), por lo que invariablemente debe evacuarse a la población. A partir de modelos de tormenta realizados, se ha demostrado que incluso huracanes de moderada fuerza inundarían los diques, lo que dejaría porciones de la ciudad sumergidas por debajo de los 3 o 6 metros de agua. Estos modelos también muestran que dichos diques, que protegen a la ciudad de inundaciones, trabajarían de forma inversa durante un huracán manteniendo el agua dentro de la ciudad después de que la marea retrocediese. Por ello, debe garantizarse la evacuación total de las áreas ubicadas al interior de la zona de diques. Los funcionarios estadounidenses encargados de acelerar el flujo de los evacuados hacia las afueras de la ciudad concibieron un plan de emergencia y transporte que incluye el cambio de sentido de las rutas dentro de la ciudad. Este plan se implementó durante el huracán Floyd en Georgia y Carolina del Sur, con un éxito desigual. La pregunta que no ha sido respondida es: ¿funcionaría tal plan para Nueva Orleans? Aunque el concepto se ha ensayado, no se ha hecho de manera realista, lo que genera incertidumbre respecto de sus resultados positivos en este caso.

En el Plan de Evacuación de Nueva Orleans se reconoce que, mientras que una se requiere evacuar la ciudad en su totalidad, lo cierto es que solo cabe la posibilidad de una evacuación parcial de la población.

Este argumento se comprobó durante el huracán Rita (2005): a pesar de disponer de un plan eficaz, las vías se congestionaron y la evacuación tomó demasiado tiempo, lo que reflejó una debilidad del plan, mismo que, aunque las autoridades siguieron todas las instrucciones al utilizar los vehículos particulares, ésta no fue la solución para las movilizaciones de grandes cantidades de personas.

Al tener en cuenta la lectura anterior redactada por Wholson (2002), Nueva Orleans comparte con la ciudad de Villahermosa, en cierta medida, algunas características de vulnerabilidad ante emergencias hidrometeorológicas, aunque esta última tiene la ventaja de contar con una topografía irregular, lo que hace posible tener refugios dentro de la ciudad, a diferencia del caso de Nueva Orleans.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Elaborar una metodología para análisis de riesgos de inundación y evaluación de la vulnerabilidad, con especial énfasis en la evacuación de zonas de muy alto riesgo, hacia refugios en zonas seguras, utilizando como estudio piloto la ciudad de Villahermosa.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Realizar un análisis de los peligros a los que está expuesto el estado de Tabasco.
2. Evaluar los tramos más críticos de la red de carreteras de Tabasco y, en particular, los de la ciudad de Villahermosa.
3. Definir el nivel histórico de riesgos en la entidad, para jerarquizar las zonas de emergencia potenciales, en función de su grado de exposición al peligro.
4. Realizar un inventario tanto de albergues potenciales, que podrían servir de refugio a una población potencialmente afectada, como del parque vehicular del transporte público, susceptible de emplearse para evacuar a los posibles damnificados, de las zonas de más alto riesgo.
5. Evaluar los planes de protección civil disponibles en la entidad, a fin de proponer un plan de contingencia regional, que sirva como documento maestro para los diversos municipios de la entidad.
6. Ponderar las lecciones adquiridas por la capital del estado de Tabasco, partiendo de sus experiencias más recientes, y emitir recomendaciones al respecto.

7. Proponer rutas de evacuación para desalojar poblaciones de las zonas de mayor riesgo de la entidad, utilizando teoría de grafos e identificando las vialidades estratégicas para conectar los puntos de reunión de damnificados potenciales con los refugios de zonas seguras a utilizar, con anticipación a emergencias regionales, así como estimar los tiempos de respuesta y proponer los procedimientos para el manejo de damnificados.

### 1.3 Preguntas de investigación

Parte del trabajo que es importante considerar antes de resolver el problema de transporte e implica la movilización de personas en caso de emergencia, se resume en las siguientes preguntas; sin su respuesta, no es posible determinar a qué tipo de peligros y riesgos está sometida la población de estudio. A continuación se plantean las preguntas que sirvieron de base para determinar el trabajo propuesto:

- ¿A qué peligros está sometido el estado?
- ¿Cuáles son los tramos más críticos de la red de carreteras del estado de Tabasco, y en particular de Villahermosa?
- ¿Cuál es el nivel de riesgo histórico en la entidad?
- ¿Cuáles son las zonas de emergencia potenciales?
- ¿Qué planes de protección civil propone la entidad?
- ¿Cuáles son las lecciones de la capital o la entidad derivadas de sus experiencias más recientes?

La esencia de esta investigación reside en considerar la movilización de personas en caso de emergencia, aprovechando el uso del transporte público disponible; ello parte de una idea sencilla: para resolver este problema de transporte se necesita un origen, un destino y una matriz de distancias que permitan indicar “la mejor ruta” posible a través de grafos. Esta idea sencilla involucra varios factores, como identificar el origen, el destino y la forma de moverse entre esos puntos, para lo que se requiere de una investigación exhaustiva de cada zona de estudio, que contemple las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el punto de origen?
- ¿Hacia dónde se quiere llegar, es decir, el punto de destino?
- ¿Qué población se va a beneficiar?
- ¿Cómo se va a transportar a la población?

- ¿Cuál es la capacidad de los vehículos para transporte masivo que se pueden utilizar en la evacuación, así como la logística para su organización y gestión?
- ¿En qué tiempo se evacua a la población de las zonas de mayor riesgo?

De todas las preguntas aquí mencionadas, la pregunta clave que culmina el tema de esta investigación es la última, ya que el factor tiempo es el que nos permite establecer la ventana de posibilidades ante un posible desastre.

## **1.4 Hipótesis**

Se presume que es posible determinar tiempos de evacuación de una población localizada en una zona de muy alto riesgo de inundación, y también que es posible evacuar a la misma población, si se recibe una alerta creíble y oportuna, con la suficiente antelación, que permita realizar todas las actividades para garantizar una evacuación ordenada y segura de todos los habitantes.

## 1.5 Delimitación de la investigación

A pesar de la importancia de los sistemas de transporte existentes en la entidad, que incluyen aeropuertos, puertos, carreteras y ferrocarriles, el presente estudio se limitará al análisis de riesgos de la red vial del estado de Tabasco y su capital, dejando los demás casos para etapas posteriores.

La investigación explorará los recursos institucionales disponibles en el municipio de El Centro y se emitirán las recomendaciones pertinentes para aquellos municipios de Tabasco que tampoco cuenten con planes de evacuación en casos de contingencia y protección civil preestablecidos.

## 1.6 Justificación

El razonamiento principal para efectuar esta investigación se generó debido a que el “Plan maestro de protección civil del estado de Tabasco (2011)” no cuenta con un estudio que resuelva el problema de transporte para movilizar personas que se encuentran en las zonas de más alto riesgo de inundación de la capital de Tabasco, identificadas como parte de este trabajo. Al investigar acerca de las zonas de más alto riesgo de inundación en la ciudad de Villahermosa, se encontraron dos documentos realizados en años anteriores: uno es el “Plan hídrico integral de Tabasco” (2008), generado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y el “Atlas de riesgo del municipio del Centro” (2009), creado por el H. Ayuntamiento del Centro; sin embargo, ambos muestran discrepancias acerca de la ubicación de las zonas de más alto riesgo en la ciudad. Se presume que estas discrepancias pueden obedecer a las escalas de trabajo de cada proyecto, así como a sus fuentes de información, pues el primero solamente se centra en las zonas que se deben proteger con obras de protección marginal (muros de contención y terraplenes), donde se considera la necesidad de proteger a la población que vive en lugares con niveles de 6 msnm o menos. En el segundo trabajo se clasifican los riesgos a partir de los peligros por inundación, para los cuales se contemplan tres niveles de peligro, que van desde el alto (3.79-5.59 msnm), el medio (6-7.10 msnm) y el bajo (7.10-12.43 msnm). Al utilizar modelos digitales de elevación proporcionados por la USIG-IMT (2012), generados a partir del sensor japonés ASTER con una precisión de 30 metros por pixel, se encontró que las alturas no concordaban al generar las curvas de nivel a cada metro con la clasificación de riesgos de ciertas zonas emanadas del “Atlas de riesgo del municipio del Centro” (2009), dado que el presente trabajo se elaboró en Querétaro y no se pudo trabajar en campo con uso de un GPS para verificar los datos de las curvas de nivel interpoladas. Por ello, se utilizaron los datos a disposición del municipio del centro, que no solamente toman en cuenta las curvas de niveles, sino también la vulnerabilidad social, que considera aspectos económicos, grados de preparación escolar y cómo respondería el segmento poblacional en cuestión ante un peligro por inundación.

La justificación de la investigación responde a la carencia de este tipo de investigaciones en México, como se constató después de una búsqueda exhaustiva

de los avances alcanzados durante el periodo de esta investigación, lo que demuestra que aún no se dispone en el país de un estudio o metodología encaminados a resolver el problema de transporte para movilizar a poblaciones en zonas de alto riesgo hidrometeorológico asentadas en ciudades mexicanas. En el ámbito internacional, en cambio, se encontró que en Holanda se están proponiendo modelos para la movilización de poblaciones de zonas de alto riesgo, considerando que cada individuo tiene acceso a vehículos, lo que genera mucha presión en los sistemas viales, al demandar la salida de miles de vehículos en un breve espacio de tiempo, con la consiguiente generación de congestionamientos, accidentes, descomposturas mecánicas, falta de recursos para pagar el combustible, etc. Con el enfoque aquí propuesto, de utilizar transporte público para una evacuación masiva, se permitiría la optimización del uso de los espacios viales y se lograría evacuar a un mayor número de personas, en un menor tiempo. Y los resultados de esta investigación no solo pueden beneficiar a la población de muy alto riesgo en la ciudad de Villahermosa, sino a otras localidades, al reducir el potencial caos que se generaría en condiciones de emergencia, cuando los problemas podrían rebasar la capacidad de la autoridad, como se observó en Tabasco, con las inundaciones de 2007.

El beneficio social de este proyecto buscaría motivar a las autoridades competentes a desarrollar una cultura de la prevención, al diseñar diferentes modelos de evacuación usando el transporte público masivo para la movilización por emergencia de la población de alto riesgo hidrometeorológico y a realizar en un futuro simulacros para que los modelos se mantengan vigentes y se fortalezcan. La aplicación teórica involucraría analizar el funcionamiento de una evacuación en masa utilizando la teoría del Problema de Transporte de Hitchcock. La aplicación académica permitiría generar un primer documento para Villahermosa, que sirva de base para resolver los problemas de transporte para una movilización general de emergencia a través del transporte público, a replicar en los diferentes municipios y estados del país.

Todo esto conlleva a responder la pregunta constante formulada ante una posible contingencia: “¿Cómo y cuándo evacuar?”, algo muy difícil de determinar sin un plan de contingencias, que proponga modelos de evacuación como los aquí expuestos, aunque sin olvidar las demás etapas de un plan de contingencias, como la logística de evacuación, que conlleva la coordinación entre autoridades, la coordinación para atender los albergues y hasta la reconstrucción de la vida normal de estas poblaciones. Esta información es crucial en el estado de Tabasco y más en la capital, porque, a la fecha, el problema de transporte, generado por estos elementos, aún queda por resolverse.

## 2 Bases teóricas

---

La decisión sobre cuándo evacuar siempre ha sido la principal preocupación de cualquier administración, en cualquier país, pero especialmente en México. La solución teórica que aquí se establece es determinar los tiempos de evacuación de una población localizada en una zona de muy alto riesgo, con el fin de sustentar un criterio de evacuación. Esto se logra a través de teorías de grafos aplicadas en programas de información geográfica —que se abordarán a fondo en el apartado correspondiente al marco teórico—; sin embargo, para llegar hasta ese punto inclusive es necesario entender como base teórica la importancia de tomar las decisiones a tiempo y entender quiénes son los actores en una evacuación. Por ello, es fundamental determinar quién toma este tipo de decisiones y las implicaciones que conlleva ordenar una evacuación general.

En la tabla 2.1 siguiente, se listan las inundaciones históricas en el estado de Tabasco, de los últimos 142 años, mientras que las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 muestran la falta de decisiones concretas, sobre cuándo decidir evacuar las poblaciones, y evitar tener personas afectadas entre el agua.

**Tabla 2.1 Inundaciones históricas en el estado de Tabasco**

Año	Efecto	Año	Efecto
1868	Inundación	1959	Inundación
1879	Inundación	1969	Inundación
1888	Inundación	1973	Inundación
1889	Inundación	1973	Inundación
1909	Inundación	1980	Inundación
1918	Inundación	1995	Inundación
1926	Inundación	1995	Inundación
1927	Inundación	1996	Inundación
1929	Inundación	1998	Inundación
1931	Inundación	1999	Inundación
1932	Inundación	2000	Inundación
1935	Inundación	2001	Inundación
1942	Inundación	2002	Inundación
1944	Inundación	2003	Inundación
1952	Inundación	2005	Inundación
1955	Inundación	2007	Inundación
1956	Inundación	2007	Inundación
1958	Inundación	2008	Inundación

Fuente: ARMC (2009).



Fuente: Carrillo (2011)

Figura 2.1. Inundaciones históricas en el estado de Tabasco



Fuente: Carrillo (2011)

Figura 2.2. Inundaciones del siglo XXI en el estado de Tabasco





Fuente: Paraíso (2010)

### Figura 2.3. La prevención como objetivo del presente trabajo

La decisión sobre cuándo evacuar ya se ha considerado en el marco de la Junta de Investigación del Transporte de Estados Unidos (TRB, 2005), en su Programa Cooperativo de Investigación del Tránsito (TCRP, por sus siglas en inglés), en el cual se mencionan las siguientes consideraciones para un plan de movilización, que permita evacuar poblaciones en caso de emergencia, y se explican las complicaciones derivadas de la toma de este tipo de decisiones:

- a. deben cumplirse diferentes requisitos legales;
- b. es en gran parte la responsabilidad de los profesionales no dedicados al transporte (es decir, principalmente los organismos de emergencia locales y estatales de gestión, la policía local y estatal, y funcionarios electos), y
- c. requiere la disponibilidad de información oportuna y relevante, a menudo generada a través de modelos y simulaciones que deben mantenerse por cada área local o estatal, en cooperación con los funcionarios de transporte.

Cuando la decisión de evacuar se toma demasiado pronto y la amenaza se disuelve antes de concretarse el daño, la comunidad evacuada puede haber estado expuesta a un riesgo, inconvenientes y costos innecesarios. A esto se le suma la posibilidad de que sus hogares, negocios y otras propiedades se conviertan en objeto de vandalismo o saqueo, debido a la observancia insuficiente de las leyes locales. Las autoridades responsables de la aplicación de la ley estarán muy ocupadas durante este evento, amén de no contarse con suficientes funcionarios encargados de proporcionar seguridad adecuada para estas propiedades y sus contenidos. Si la decisión se toma demasiado tarde, la comunidad afectada podría verse forzada a evacuar bajo condiciones de alto riesgo o refugiarse *in situ*, enfrentando los efectos de la amenaza.

Muchos estados y jurisdicciones locales no cuentan con leyes de evacuación obligatoria. Por lo tanto, el funcionario estatal o municipal, encargado de iniciar la evacuación, sólo puede recomendar este curso de acción para un espacio percibido como amenazado. Sin embargo, por lo general, una vez que el funcionario designado ha emitido una declaración de desastre local, él o ella pueden tomar medidas para controlar el regreso a la zona afectada, el movimiento de personas y la ocupación de los edificios en un área de desastre.

A continuación se enumeran los casos de evacuación que podrían requerirse en ciertos eventos dentro de una amplia gama de tiempos de alerta y posibles áreas de impacto:

- Evacuación sin previo aviso.** En respuesta a una amenaza inminente o ya existente, estas evacuaciones requieren el movimiento inmediato de todo el personal no esencial de un área afectada. Poca o ninguna planificación previa es posible bajo estas condiciones. Estas evacuaciones —aunque potencialmente tienen una escala menor que las evacuaciones resultantes de las advertencias oficiales, como en caso de huracanes o incendios forestales— pueden conllevar enormes dificultades en los casos de centros urbanos densamente poblados. Planificadores locales a menudo tienen sólo unos minutos para tomar decisiones que afectan a miles de personas. Bajo estas circunstancias, los planes y procedimientos existentes revisten una profunda importancia. La eficacia de la evacuación dependerá en gran medida de la calidad de la notificación establecida y el proceso de movilización.

- Evacuaciones de alerta limitada.** Estas son las evacuaciones con advertencias muy restringidas, en las que tal vez se cuenta con algunas horas para dar una respuesta a una amenaza inminente, como un incendio o un tornado, o como medida de precaución contra el ajuste de una situación existente, como inundaciones o aumento de los niveles de inseguridad ante amenazas potenciales. Alguna planificación básica será posible para estas evacuaciones que, por lo general, se centrará en la obtención de transporte para apoyar a las personas de mayor edad y a aquellas con discapacidad, así como en la organización e instalación de refugios temporales.

- Evacuación de advertencia.** Bajo ciertas circunstancias, la evacuación es necesaria, pero el tiempo es apenas negociable dentro de un período de días o semanas. Cierta planificación detallada y eficaz es posible. Estas evacuaciones generalmente están relacionadas con desastres naturales, como huracanes o tormentas de invierno.

## **2.1 Marcos histórico y contextual**

En esta parte se describe el marco histórico de Tabasco y su ciudad capital, así como el contexto hídrico y fisiográfico regional.

### 2.1.1 Descripción fisiográfica de Tabasco

La planicie de la cuenca, mostrada en la figura 2.4, está formada por los ríos Grijalva, Usumacinta y sus afluentes, y tiene una extensión de 19,250 km<sup>2</sup> (GET, 2005), con una pendiente muy pequeña (la ciudad de Villahermosa, cuya elevación promedio es la cota 10 msnm, se ubica a 60 km de la línea de costa). Año con año, dicha planicie sufre de inundaciones ocasionadas tanto por la acumulación de lluvia local, como por el desbordamiento de sus ríos.



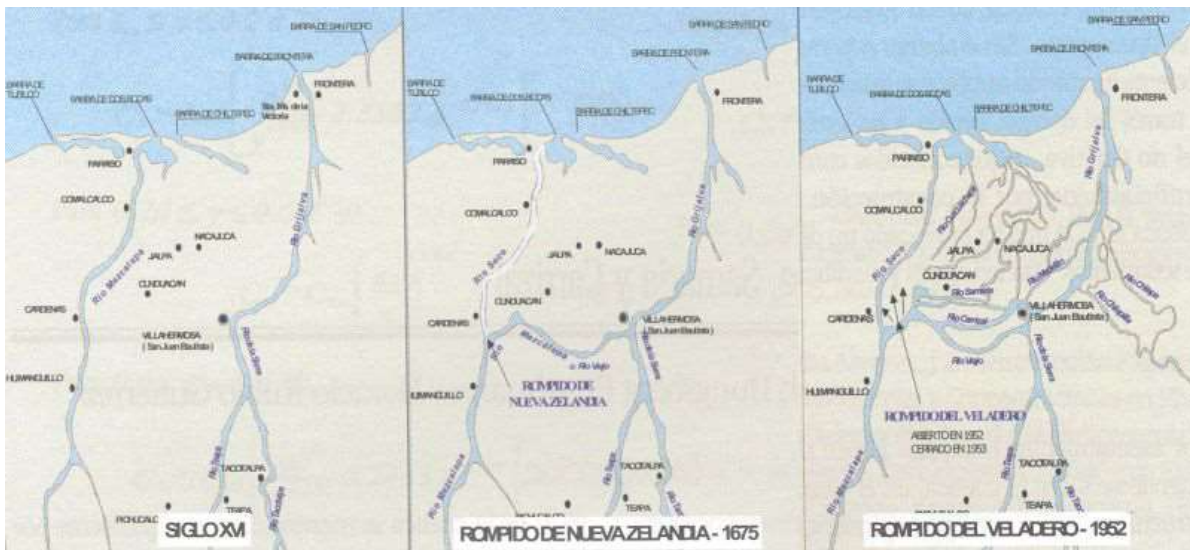
Fuente: CEPAL (2008).

**Figura 2.4 Ubicación de la zona de estudio**

El volumen de escurrimiento de sus ríos es el mayor de las corrientes fluviales de la República Mexicana, del orden de los 115,000 millones de metros cúbicos al año (CEPAL, 2008). Durante la época de lluvias, se generan grandes problemas, que hacen indispensable contar con una adecuada infraestructura para el eficiente control de los escurrimientos, de manera que se brinde mayor seguridad a las zonas

urbanas y se tenga un mejor aprovechamiento de los terrenos económicamente productivos.

Las características fisiográficas y la intervención del ser humano han provocado modificaciones en el curso de los ríos de la planicie tabasqueña (regionalmente conocidos como “rompidos”) y, en la mayoría de los casos, han reducido su capacidad hidráulica (figura 2.5). A este respecto, destaca el caso del río Grijalva, que originalmente desembocaba al mar de manera independiente al río Usumacinta, por el cauce del ahora llamado río Seco, para posteriormente hacerlo por el río Medellín y, con la intervención humana, desde principios del siglo pasado vierte sus aguas al río Usumacinta.



Fuente: Arreguín, 2005; citado por CEPAL (2008).

**Figura 2.5 Rompidos en la cuenca baja del río Grijalva**

## 2.1.2 Historia de la hidrología de Tabasco

Debido a sus características geohidrológicas, Tabasco está considerado como un acuífero de tipo libre, con zona de recarga en la sierra de Huimanguillo, Teapa y Tenosique. Este acuífero fue poco explotado hasta que la actividad petrolera se intensificó en la década de 1980, cuando se registraron grandes asentamientos humanos, con una enorme demanda de agua para satisfacer las necesidades de la población. Pese a no presentar sobreexplotación, esta zona está sujeta a problemas de contaminación provenientes de aportes municipales e intrusión salina. El nivel freático en casi toda la región es somero, lo que da lugar a la presencia de lagos y lagunas con profundidades variadas; las más profundas contienen lentes o capas de arcilla que le confieren condiciones de semiconfinamiento al acuífero (Inegi, 2000).

No obstante, la importancia del acuífero, principal fuente de agua en el estado, es la de origen superficial, presentando una red hidrográfica muy compleja con

abundancia de escurrimientos relacionados con fenómenos de carácter geológico, climático y biológico que están en constante interacción. Así, Tabasco se divide en dos regiones hidrológicas (RH), la 29 o Coatzacoalcos y la 30 o Grijalva-Usumacinta definidas por los principales ríos que las forman.

La RH29 se divide a su vez en siete subcuencas, de las cuales la cuenca del río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona es la que influye en el estado de Tabasco, con aproximadamente 24.8% de extensión territorial. La corriente principal es el río Tonalá, el cual tiene su origen en la sierra chiapaneca a 1,000 msnm, donde recibe el nombre de Tancochapa y desemboca en el golfo de México. Frontera con el estado de Veracruz, este río tiene una longitud de 150 km, de los cuales 120 están por debajo de los 200 msnm. Sus principales afluentes son los ríos Zanapa, Blasillo y Chicozapote, antiguas derivaciones del río Mezcalapa, hoy desagües pluviales y de zonas pantanosas. En su origen, la cuenca presenta un drenaje dendrítico debido a la presencia de material litológico homogéneo. Sin embargo, en la región norte se tiene una red de drenaje radial centrípeto con material detrítico tipo palustre y aluvial (Inegi, 2000), favorecido por la entrada de la marea a tierra, dando lugar a la formación de dunas, barras y esteros en la costa. Estos últimos se alimentan por los escurrimientos de los ríos Santana, Naranjeño y su afluente, el San Felipe. La calidad del agua es mala debido a las descargas municipales y al aporte de la actividad petrolera (GTE, 2008; Maza, 1997).

La RH30, mostrada en la figura 2.6, comprende el 75.2% de la superficie del estado y se subdivide en tres cuencas: río Usumacinta (29.2%), laguna de Términos (4.5%) y río Grijalva-Villahermosa (41.5%). La cuenca de la laguna de Términos es la que menor área del estado ocupa, con tan solo 4.5% de la superficie total, y se divide en las subcuencas de las lagunas del Pom y Atasta, el río Chumpán, y varias zonas de inundación y escaso escurrimiento, al inicio de las corrientes San Joaquín y El Pimiental.

El Usumacinta se considera un río maduro debido al equilibrio que presenta entre la pendiente y la deposición de material. Otros ríos principales incluyen el Santa Ana, Palizada, San Pedro, El Lagartero, Pimiental, Tepetitlán y Tacotalpa. Se debe considerar que debido a la baja altitud de las planicies, las corrientes divagantes menores pasan a ser tributarias del sistema Grijalva-Usumacinta al no estar interconectadas directamente (Inegi, 2000). El siglo pasado, el río San Pedro presentaba un caudal promedio de 2,304.45 Mm<sup>3</sup>/año, mientras que el río Usumacinta tenía uno de 56 113.74 Mm<sup>3</sup>/año, de acuerdo con datos de la estación hidrométrica Boca del Cerro. El volumen de escurrimiento se consideró de 7,021.83 Mm<sup>3</sup> al año, como resultado de escurrimientos variados debido a la densidad de la vegetación y a la permeabilidad de la zona; 10 a 20% de escurrimiento en el oriente y sur de Tenosique de Pino Suárez debido a una media cobertura vegetal y media permeabilidad; de 20 a 30% en el centro y noroeste de la cuenca y alrededor de Tenosique de Pino Suárez, y mayor de 30%, con una baja cobertura vegetal y baja permeabilidad al noroeste, sureste y al centro de la cuenca misma (Inegi, 2000).

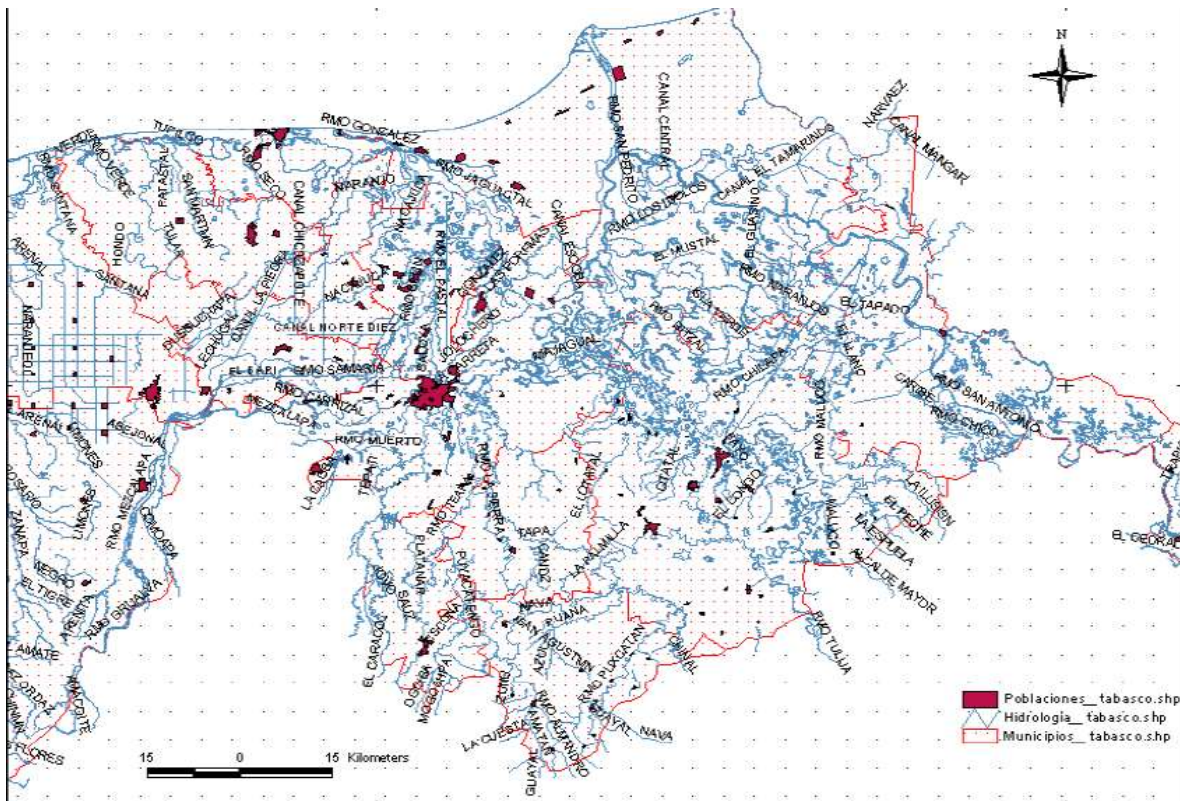


Fuente: Maza, 1997. Citado en el PHIT, 2008.

**Figura 2.6. Cuenca Grijalva Usumacinta y sus subcuencas.**

La cuenca río Grijalva-Villahermosa —la de mayor extensión territorial (41%) y donde todos sus ríos drenan hacia el golfo de México con altos porcentajes de escurrimiento (20% o mayor debido a permeabilidad media con escasa vegetación o permeabilidad baja con densa vegetación)— se divide en las subcuencas formadas por los ríos Grijalva, Viejo Mezcalapa, Paredón, Pichucalco, De la Sierra, Tacotalpa, Almendro, Puxcatán, Macuspana, Tulijá, Chilapa, Chilapilla, Tabasquillo, Carrizal, Samaria, Cunduacán y Caxcuchapa (figura 2.7).

El río Grijalva, con origen en Chiapas, cambia su nombre a Mezcalapa después de la presa Malpaso (Nezahualcóyotl), al norte de Chiapas, hasta la ciudad de Villahermosa, para posteriormente retomar otra vez el nombre de río Grijalva. El Mezcalapa tuvo sus primeras salidas al mar por las barras de Tonalá (ríos Coatajapan-Zanapa, Blasillo y Chicozapote), Santa Ana (ríos San Felipe y Santa Ana), y Tupilco (ríos Tortuguero, Tular y Cocohital y Dos Bocas) (GTE, 2008).

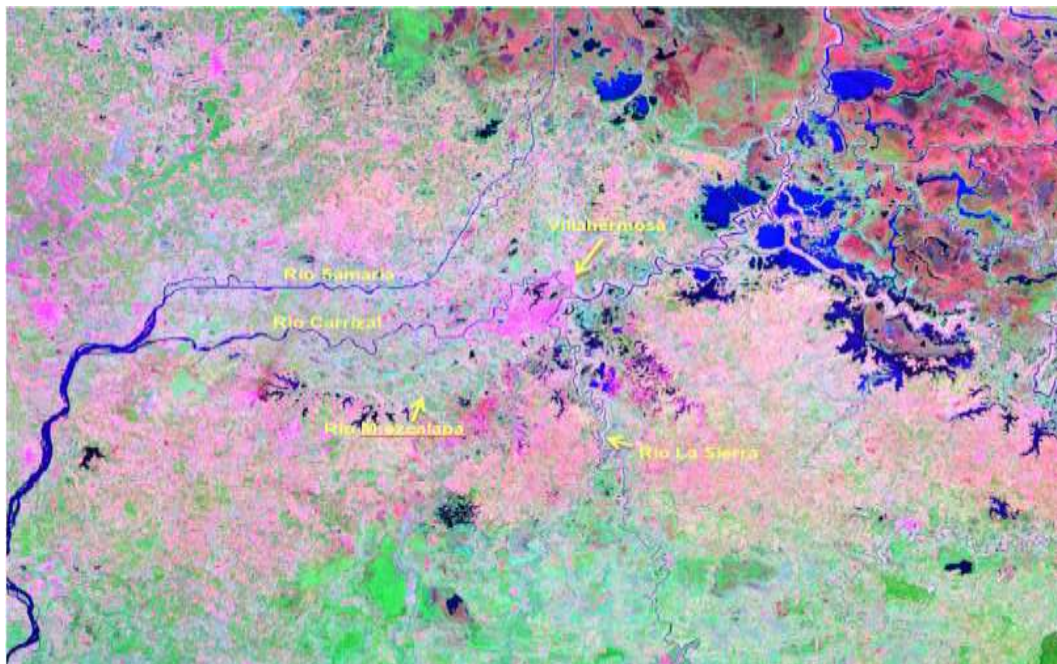


Fuente: PHIT (2008).

**Figura 2.7. Principales ríos en la cuenca Grijalva-Villahermosa**

El Mezcalapa aguas arriba de la presa Peñitas recibe aportaciones del río Tzimbac y el río Sayula, mientras que aguas abajo el río Platanar es el de mayor aporte, junto con el río Camoapa, que tiene su origen cerca de Pichucalco. El río Grijalva entra a Tabasco como corriente de llanura aluvial, por lo que tiende a divagar y a dividirse. Una de estas ramificaciones es el río Seco, que desembocaba en la laguna de Mecoacán. En 1881, tuvo lugar un rompido del río Mezcalapa que formó el río Carrizal, el cual desemboca en la barra de Chiltepec, con el nombre de río González. En 1932, el río Mezcalapa sufre otra bifurcación originando a su margen izquierda el río Samaria, el cual descarga en el río Cañas y este al río González, para desembocar en la barra de Chiltepec. Durante la bifurcación del Samaria, éste derramó sus aguas por la margen izquierda e inundó lo que se conoce como la Olla de La Chontalpa, zona de gran importancia agrícola. La ramificación en la margen derecha se dividió en dos corrientes: la del norte que recibió el nombre de Nuevo o Carrizal y la del sur río Viejo o Mezcalapa, las cuales bordean la ciudad de Villahermosa y se unen aguas debajo de ésta. Posteriormente, sobre la margen izquierda se tienen los efluentes Cunduacán y Cedro, que dan lugar a lagunas y pantanos, y sobre la margen derecha se encuentra el río Pichucalco como principal afluente. Otro afluente es el río La Sierra, el cual recibe varios nombres desde su origen en Chiapas, siendo uno de ellos el de Tacotalpa. A 23 km aguas arriba de la desembocadura del río Grijalva, éste recibe el aporte del río Teapa, el cual por su

margen derecha tiene la afluencia del río Puyacatengo. Antes de la confluencia con el río Usumacinta, 20 km aguas arriba, el Grijalva recibe el afluente del río Chilapa, el cual presenta un recorrido complejo desde su origen. Posterior a la unión con el río Usumacinta, el Grijalva da lugar a la formación de desembocaduras de carácter deltaico con la bifurcación de sus escurrimientos en varios canales antes de llegar al mar. Cabe destacar que esta generación de canales es el sustento de marismas y zonas palustres (figura 2.8) (Inegi, 2000; Maza, 1997).



Fuente: Imagen Landsat TM 28/03/2001, citado en el PHIT, 2008.

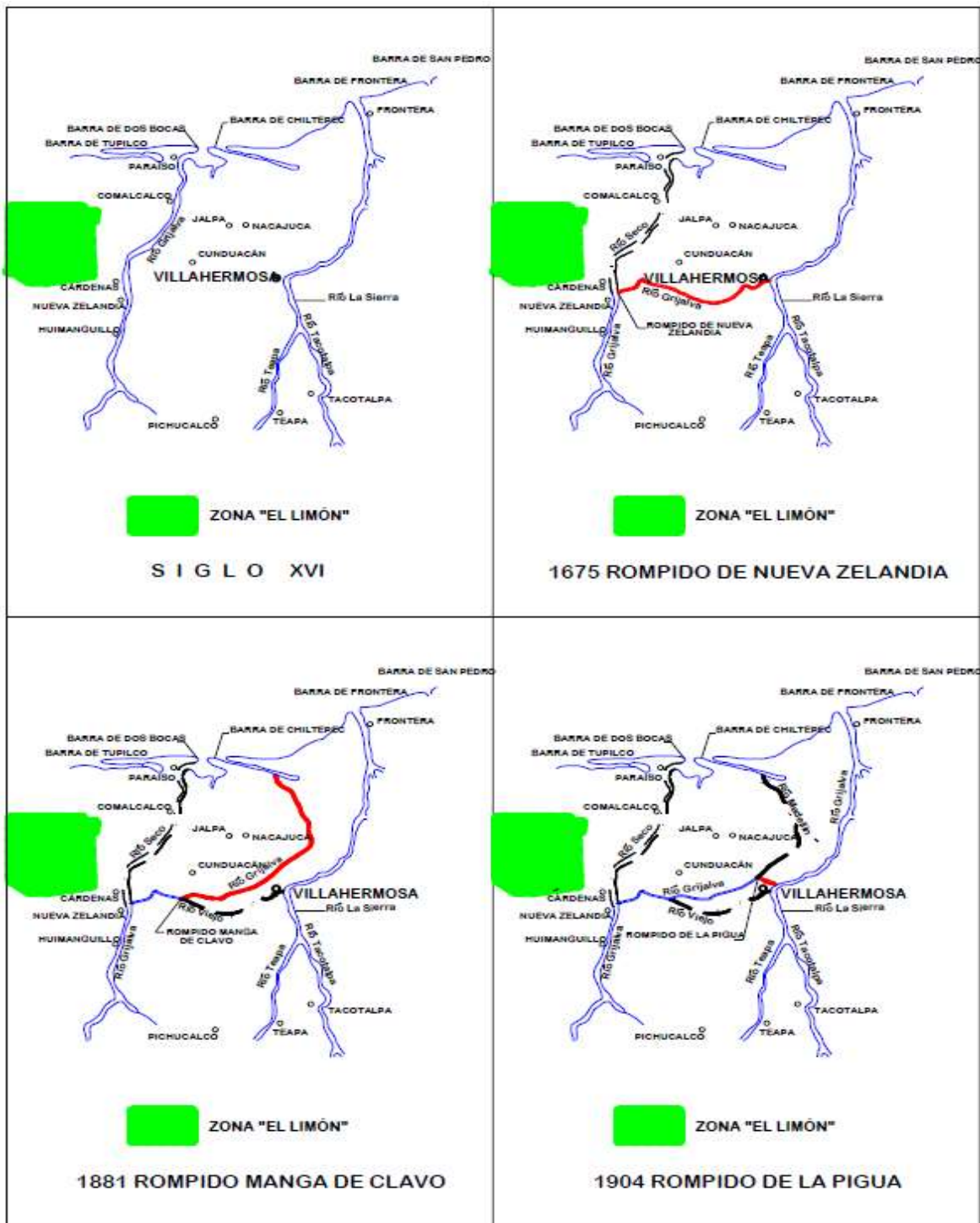
**Figura 2.8. Vista de Villahermosa, el río Mezcalapa y sus corrientes**

En 1956, posterior a las precipitaciones extraordinarias de 1955, se construyeron bordos de defensa a lo largo del río Samaria, los cuales, junto con las presas Malpaso y Angostura, sirvieron para regular las avenidas y disminuir el riesgo de inundación de Huimanguillo, Cárdenas y Villahermosa, para la cual ya también se tenían algunos bordos de protección (Maza, 1997). Más adelante se efectuaron otras obras, como la construcción de obras viales y drenes artificiales, principalmente en la región de La Chontalpa, donde se realizó una red de drenes de canalización de aguas superficiales con fines agrícolas y desfogue de terrenos anegados. Como parte de la creación de vías de comunicación en el estado, y en especial en Villahermosa, se construyeron bordos, se implementaron acciones para evitar el cegamiento del malecón y se realizó el cambio de curso de los ríos y dragados, los cuales cambiaron en forma drástica la dinámica natural del río (GTE,



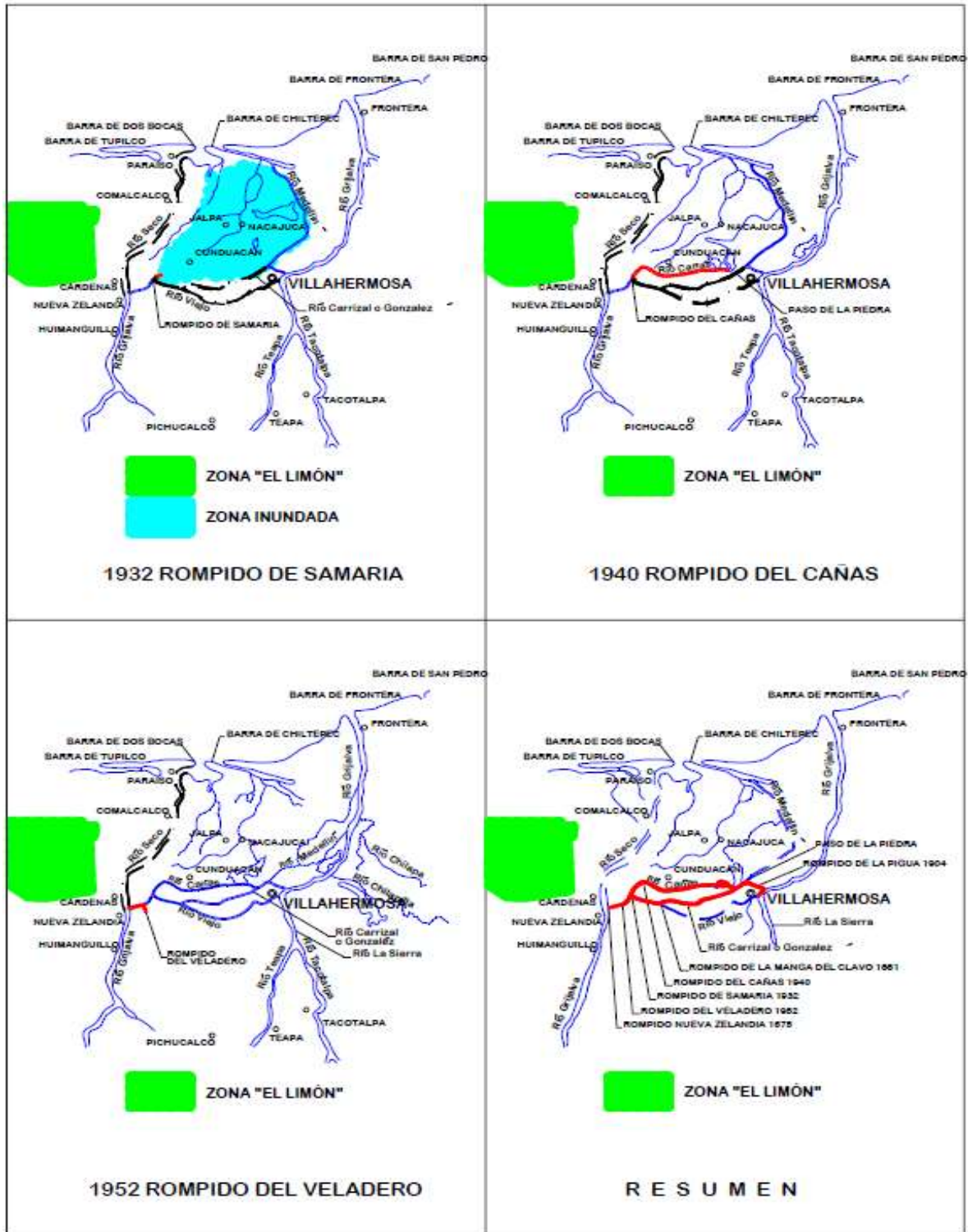
2008), medidas que se tradujeron en la intensificación de los problemas de inundación, como el caso de eventos recientes (1999 y 2007).

Como se mostró, el río Grijalva ha tenido diversas modificaciones dadas sus divagaciones y obras de protección, algunas de las cuales se resumen en las figuras 2.9 y 2.10.



Fuente: Maza, 1997, citado en el PHIT, 2008.

Figura 2.9. Obras históricas de protección en el río Mezcalapa



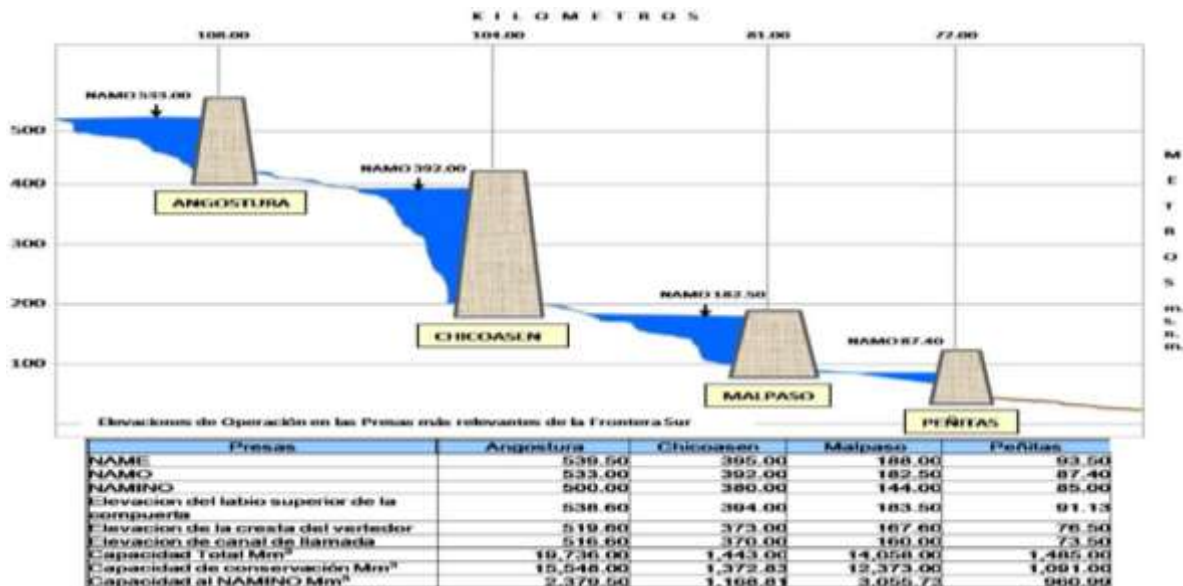
Fuente: Maza, 1997, citado en el PHIT, 2008.

**Figura 2.10. Obras históricas de protección en el río Mezcalapa (continuación)**

### 2.1.3 Eventos de 2007 y su lugar dentro del país

Los efectos de las precipitaciones registradas los últimos días del mes de octubre de 2007 produjeron la saturación del suelo, así como escurrimientos muy significativos que causaron el desbordamiento de muchos ríos, derrumbes y deslizamientos de tierra. Esa situación ocasionó severos daños en las obras hidráulicas de protección de la ciudad de Villahermosa y en la infraestructura de carreteras y puentes del estado. La infraestructura de los servicios de agua potable y alcantarillado también reportan daños significativos. En menor escala, también se registraron averías y afectaciones en los servicios de suministro de energía del estado, así como en la infraestructura de telecomunicaciones.

En cuanto a la infraestructura energética, se debe mencionar que en el Alto Grijalva (en el estado de Chiapas) se ubica un sistema de cuatro embalses en cascada (figura 2.11), que concentran la mayor parte de la producción hidroeléctrica del país. Asociado al evento hidrometeorológico, el 4 de noviembre de 2007 se produjo un deslizamiento de tierras de gran escala que provocó un taponamiento y la formación de un embalse en el Alto Grijalva, lo cual modificó los escurrimientos y la operación de las presas del sistema del Grijalva. El drenaje del embalse natural en mención ha requerido la construcción de obras de emergencia de gran envergadura, cuyo costo no debe contabilizarse dentro de los daños directos de las inundaciones en el estado de Tabasco. Sin embargo, las operaciones de desalojo de las aguas han requerido de coordinaciones muy estrechas entre las instituciones responsables del manejo de las presas —la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua)— y las autoridades responsables de la seguridad y protección de la población.



Fuente: PHIT (2008).

Figura 2.11. Sistema hidrológico del río Grijalva

Las condiciones físicas y geográficas, junto con el entorno social, político, económico y cultural de Tabasco lo convierten en uno de los diez estados de la República con mayor grado de riesgo, particularmente a las inundaciones provocadas por fenómenos de diverso origen, las cuales presentan una distribución municipal y comunitaria muy específica.

El riesgo es producto de la combinación de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza, por el valor total obtenido del cálculo de la vulnerabilidad global, dividido entre la capacidad integral de respuesta. Como para este último valor señalado no se tiene la suficiente información sistematizada para poder calcularlo a la fecha (noviembre de 2009), entonces la siguiente tabla demuestra el valor obtenido para el riesgo, siguiendo la lógica señalada al inicio de este párrafo:

**Tabla 2.2.- Principales riesgos en los estados de la República Mexicana**

PRINCIPALES RIESGOS EN LOS ESTADOS DE LA REPUBLICA MEXICANA											
ANÁLISIS GENERAL POR ESTADO										INUNDACIONES	
ÍNDICE DE RIESGO (1)	NIVEL DE RIESGO (2)	AMENAZA (3)	VULNERABILIDAD (4)	IDH (5)	POSICIÓN IDH (6)	LUGAR DE RIESGO (7)	ESTADO (8)	NÚM. DE HABITANTES (2000) (9)	AMENAZA (10)	VULNERABILIDAD (11)	RIESGO (12)
7.86	Extrema	2.35	3	0.7032	32	1	Chiapas	3 920 892	2.33	3	6.99
6.31	Extrema	2.1	3	0.7135	31	2	Oaxaca	3 438 765	2.33	3	6.99
5.82	Extrema	2.02	2.88	0.7312	30	3	Guerrero	3 079 649	2.33	2.88	6.71
3.86	Extrema	1.81	2.13	0.7479	29	4	Veracruz	6 908 975	2.33	2.13	4.96
3.49	Extrema	1.4	2.5	0.7666	25	5	Hidalgo	2 235 591	2.33	2.5	5.83
3	Extrema	1.5	2	0.7762	20	6	Puebla	5 076 686	2.33	2	4.66
3.16	Extrema	1.58	2	0.7516	28	7	Tabasco	1,891,829	2.33	2	4.66
2.75	Extrema	1.38	2	0.7553	27	8	Distrito Federal	8 605 239	1	2	2
2.55	Extrema	1.35	1.88	0.8913	1	9	México	13,096,686	1	1.88	1.88
3.06	Extrema	1.75	2.75	0.8401	3	10	Michoacán	3,985,667	1.33	1.75	2.33

(1)= Índice de riesgo general registrado en cada estado.

(2)= Nivel de riesgo general.

(3)= Índice de amenaza general por estado.

(4)= Vulnerabilidad general por estado.

(5)= Índice de desarrollo humano.

(6)= Lugar en el país en cuanto a su índice de desarrollo humano en el año 2000.

(7)= Lugar de riesgo general en el país.

(8)= Nombre del estado.

(9)= Núm. de habitantes en el año 2000.

(10)= Amenaza por riesgos hidrometeorológicos.

(11)= Grado de vulnerabilidad por inundación.

(12)= Nivel de riesgo por estado.

Fuente: Ignacio Acosta D. L. (México, 2000), citado por el PCIET (México, 2010).

Con la tabla 2.3, se busca ofrecer una concepción de alcance federal del costo de los mayores desastres nacionales

**Tabla 2.3.-Principales siniestros ocurridos en México de 1985 a 2007 en función de sus pérdidas económicas**

<b>Siniestro</b>	<b>Afectaciones en US\$</b>
Huracán Wilma 2005	1,782,000,000.00
Inundaciones de Tabasco y Chiapas 2007	700,000,000.00
Huracán Gilberto 1988	567,000,000.00
Terremoto de México de 1985	473,000,000.00
Huracán Isidoro 2002	308,000,000.00
Huracán Emily 2005	302,000,000.00
Huracán Stan 2005	228,000,000.00
Huracán Kenna 2002	176,000,000.00
Huracán Juliette 2001	90,000,000.00
Huracán Paulina 1997	62,000,000.00

Fuente: Wikipedia 2008, citado en el PHIT, 2008.

Es precisamente en Tabasco donde se encuentran dos de los ríos más caudalosos de México: el Mezcalapa-Grijalva y el Usumacinta, así como parte de las regiones hidrológicas Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta. Se considera que aproximadamente 30 por ciento de las aguas superficiales que escurren en el país tienen lugar en Tabasco.

Como se señaló en el análisis de riesgo, amenazas y vulnerabilidad presentado, por sus características físicas e hidrológicas, así como por otros diferentes factores, el estado de Tabasco es el que, de toda la República Mexicana, presenta la mayor probabilidad de ocurrencia, en frecuencia, magnitud y gravedad de sufrir una inundación, como se ha observado a lo largo de su historia. En la tabla 4, se muestran las características y efectos de los fenómenos hidrometeorológicos sucedidos que han provocado inundaciones históricas en la entidad:

**Tabla 2.4.- Afectación por situación de emergencia en el estado de Tabasco (1995-2009)**

Año	Situación de Emergencia	Total de Localidades Afectadas	Población Afectada	Viviendas Afectadas	Familias Afectadas	Costo (Millones de Pesos)
1995	Huracanes Opal y Roxanne	756	182,860	30,216	37,940	
1999	Lluvias Atípicas (Desfogue de Presa Peñitas)	929	312,931	62,300	74,237	3,218.99 (CNAPRED)
2007	Lluvias Atípicas y huracán Dean (Ene - Feb / Oct - Nov - Dic)	1,456*	1,486,849	353,996		31,871.26 (CEPAL/CENAPRED)
2008*	Lluvias atípicas	807	290,909	255,608**	73,483	5,277.2 (CNAPRED)
2009	Lluvias atípicas	309	279,812	62,421	56,045	Pendiente

Fuente: DGPCET /cifras preliminares CTEEG, citado en el PCIT (México, 2010).

\* 62% de la superficie del estado afectada.

\*\* La ciudad de Villahermosa y su continuo urbano comprenden 32 localidades de dos municipios, con una estimación de 69 mil 056 viviendas inundadas.

## 2.1.4 Identificación y análisis de riesgos por cuenca que provocan inundaciones en el estado

El cambio climático, los enormes caudales de los ríos que conforman la red hidrológica de nuestro estado, las escasas pendientes de las llanuras, las intensas precipitaciones (la precipitación anual de Tabasco es la mayor del país: 2 mil 102 mm<sup>3</sup>), el sistema de presas de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas) que vierte sus contenidos sobre las regiones hidrológicas de la entidad y los fenómenos hidrometeorológicos que la impactan son todos ellos factores de riesgo permanente que históricamente, durante la época de lluvias, ocasionan inundaciones cada vez más severas, lo que mitiga su desarrollo económico y origina severos daños a su exuberante entorno ecológico.

## 2.1.5 Análisis de subcuencas y grado de riesgo

### 2.1.5.1 Zona 1.- Asentamientos en zona de riesgo de la ciudad de Villahermosa y su área metropolitana

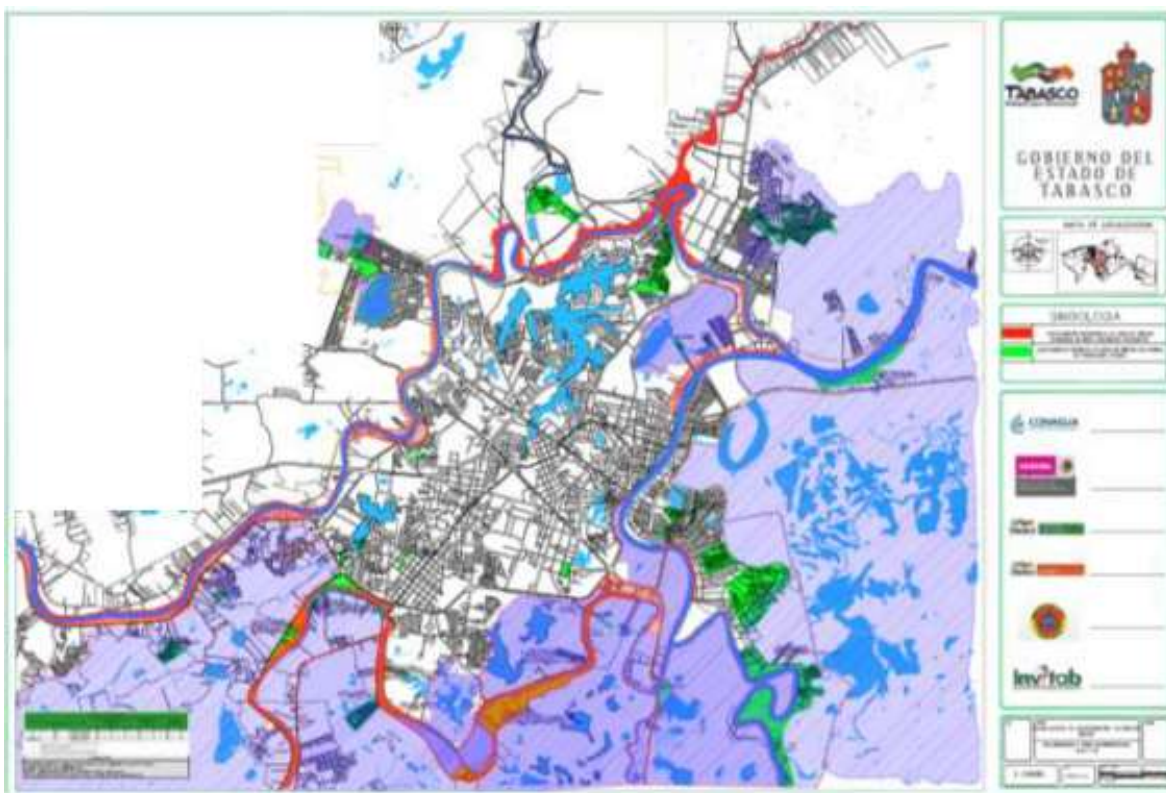
La ciudad de Villahermosa, capital del estado, y su zona metropolitana abarcan una superficie de 2 mil 258 kilómetros cuadrados, en la que se asienta 70.9% del total de la población de los municipios de Centro y Nacajuca, y está conformada por 20 localidades de estos dos municipios, que concentran una población de 464 mil 187 personas y 120 mil 515 viviendas, siendo la zona donde se concentra la mayor



actividad económica del estado. Durante la emergencia hidrometeorológica del año 2007, esta zona concentró la mayor cantidad de población y viviendas afectadas, por lo que requiere un análisis especial.

En septiembre de 2008, de manera conjunta entre la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas del Estado (SAOP), la Dirección General de Protección Civil y el Instituto de Vivienda del Estado de Tabasco (INVITAB), bajo la supervisión y metodología de la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), se definió el siguiente mapa (figura 2.12), que identifica geográficamente la zona de mayor riesgo de la ciudad de Villahermosa y su zona metropolitana. Tomando como referencia la superficie inundada durante la emergencia hidrometeorológica de 2007 en esta ciudad, el mapa se diseñó para utilizarse como instrumento para la planeación ordenada de acciones de protección civil.

En este mapa se tienen identificados 25 asentamientos ubicados en las márgenes de los ríos, en zonas de alta susceptibilidad a inundaciones, que representan una población de 22 mil 554 personas, en 5 mil 766 viviendas, así como también se identifican 49 asentamientos ubicados en zonas de alta vulnerabilidad ocasionada por otros cuerpos de agua tales como: lagunas, arroyos y conexiones subterráneas, que representan una población de 30 mil 513 personas en 9 mil 308 viviendas, necesarias de reubicar.



Fuente: PCIET (México, 2010).

**Figura 2.12. Mapa de la inundación de Villahermosa (2007)**

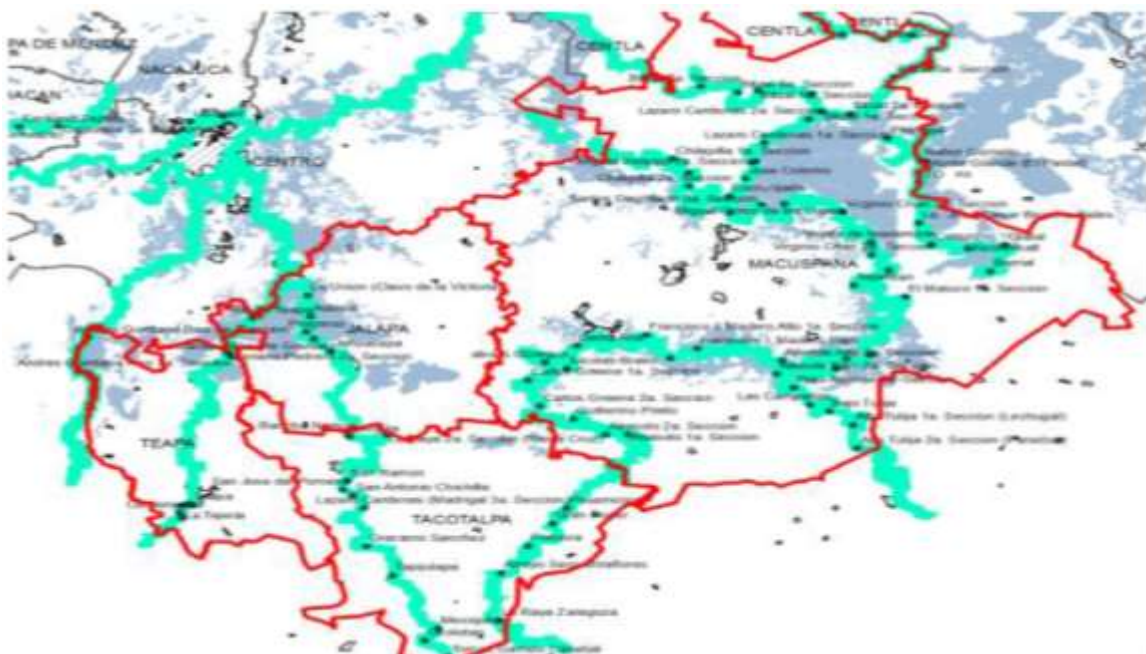
En este mismo contexto, la Dirección General de Protección Civil del Estado, tiene identificados 215 refugios temporales para esta zona, con capacidad para atender en una situación de emergencia hidrometeorológica a 40 mil 165 personas o 9 mil 986 familias.

Aunado a este trabajo, el Ayuntamiento del municipio de Centro elaboró el Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, con el apoyo financiero de la Sedesol, cuyo estudio corrió a cargo de maestros investigadores especializados de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. En este trabajo, elaborado por el ayuntamiento, se identifican las localidades y colonias en riesgo ante inundaciones de este municipio.

Para la identificación de las localidades en situaciones de riesgo en las cuencas hidrológicas que atraviesan Tabasco, la Dirección General de Protección Civil Estatal, con el apoyo de la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, generó un área de influencia alrededor de los ríos que conforman las subcuencas de estas cuencas, con un radio de cobertura de 200 m de ancho, basándose en las experiencias pasadas en cuanto a los niveles de afectación máximos de estos cuerpos de agua. Así mismo, se agruparon las subcuencas por regiones, a fin de conjuntar características hidrográficas y fisiográficas de las superficies en estudio.

### 2.1.5.2 Zona 2. Cuenca Grijalva-Villahermosa; subcuenca de los ríos de la sierra

La subcuenca que se muestra en la figura 2.13 está comprendida por los ríos de la Sierra, Puyacatengo, Teapa, Chilapa, Macuspana y Pichucalco, que escurren entre los municipios de Teapa, Tacotalpa, Jalapa y Macuspana, así como parte del municipio de Centro.



Fuente: PCIT (México, 2010)

**Figura 2.13. Mapa de las localidades cercanas a los ríos (zona 2)**

Mediante este análisis se identifican (en la tabla 2.5) 90 localidades en riesgo de inundación en esta subcuenca, ubicadas a 200 metros del cuerpo de agua en estudio, que concentran un total de 29 mil 595 personas, a las que podría ofrecerse refugio temporal en 116 espacios identificados para brindar cobijo a esta población, durante una situación de emergencia hidrometeorológica. Además, se identifican en este trabajo las rutas de evacuación por cada localidad, en caso de inundación.

**Tabla 2.5.- Municipios de la zona 2 con población susceptible de afectación**

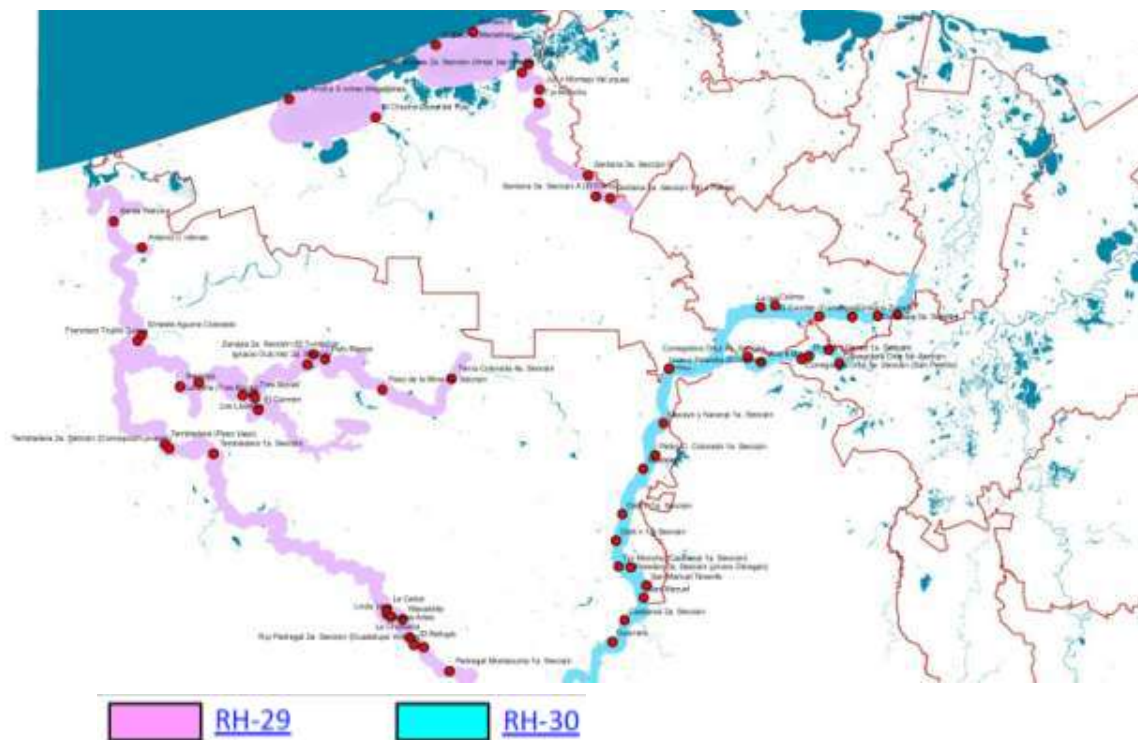
Municipio	Total de Localidades (INEGI)	Población Susceptible de Afectación a/	Población total (INEGI)	Viviendas (INEGI)	Refugios Temporales Identificados a/	Capacidad a/	
						Personas	Familias
Teapa	9	2,092	26,904	6,715	11	3,155	788
Tacotalpa	18	8,694	11,136	2,373	10	2,390	597
Jalapa	6	1,919	2,650	674	19	3,500	871
Macuspana	57	16,890	15,448	3,669	76	11,815	2,931
	90	29,595	56,138	13,431	116	20,860	5,187

Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (México, 2010).

### 2.1.5.3 Zona 3. Cuencas Grijalva-Villahermosa y río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona; Subcuenca de los ríos de la Chontalpa

La subcuenca ilustrada en la figura 2.14 contiene cuerpos de agua de dos regiones hidrológicas —la RH-29 y la RH-30—, de las cuales se analizaron las lagunas del Carmen y Machona, y los ríos Santa Ana, Coacajapa, Tonalá, Tancochapa Bajo, Tancochapa y Zanapa de la primera, y los ríos Grijalva, Viejo Mezcalapa, Mezcalapa, Samaria, Cunduacán y Carrizal, de la segunda. Todos ellos escurren entre los municipios de Huimanguillo, Cárdenas y Cunduacán.

Mediante este análisis se identificaron (en la tabla 2.6) 55 localidades en riesgo de inundación ubicadas a 200 m de los cuerpos de agua que conforman estas subcuencas, las cuales concentran un total de 19 mil 348 habitantes, que podrán recibir refugio temporal en 188 espacios identificados como refugios temporales, para brindar cobijo a esta población, durante una situación de emergencia hidrometeorológica. Además, se tienen identificados los cuerpos de agua que afectan a cada localidad y la distancia a la que se encuentran de ellos.



Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (México, 2010).

**Figura 2.14. Mapa de localidades cercanas a los ríos de la zona 3**

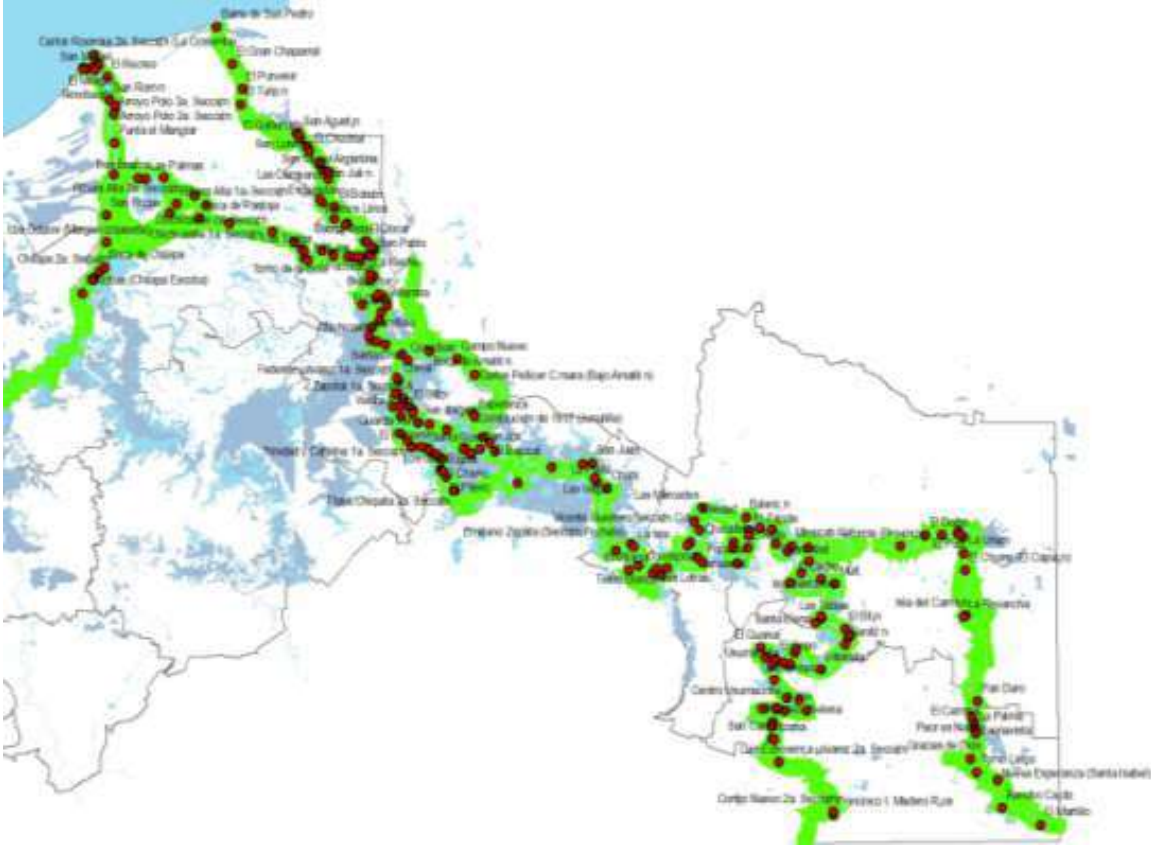
**Tabla 2.6.- Municipios con población susceptible de afectación (zona 3)**

Municipio	Total de Localidades en Riesgo (INEGI)	Población Susceptible de Afectación a/	Población total (INEGI)	Viviendas (INEGI)	Refugios Temporales Identificados a/	Capacidad a/	
						Personas	Familias
Huimaguillo	37	6,311	6,311	1,386	16	5,100	1,271
Cárdenas	12	12,213	12,213	2,717	95	18,950	4,707
Cunduacán	6	824	1,061	236	77	15,625	3,886
	55	19,348	19,585	4,339	188	39,675	9,864

Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (México, 2010).

#### 2.1.5.4 Zona 4. Cuenca del Río Usumacinta; subcuenca Usumacinta-San Pedro

Esta subcuenca (figura 2.15) está comprendida por los ríos Usumacinta, San Pedro, Palizada, San Pablo y Chacamax, que escurren entre los municipios de Centla, Jonuta, Tenosique, Balancán y Emiliano Zapata.



Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (México, 2010).

**Figura 2.15. Mapa de localidades cercanas a los ríos de la zona 4**

Mediante el proceso anteriormente descrito, se tiene un registro (tabla 2.7) de 232 localidades en riesgo de inundación en esta subcuenca, de las cuales el 47% se ha inundado los últimos dos años (2007 y 2008), concentrando un total de 52 mil 169 habitantes en peligro, que podrán recibir refugio temporal en 236 espacios identificados para brindar refugio temporal a quienes lo requieran durante una situación de emergencia hidrometeorológica.

**Tabla 2.7.- Municipios con población susceptible de afectación (zona 4)**

Municipio	Total de Localidades (INEGI)	Población Susceptible de Afectación P.C. a/	Población total (INEGI)	Viviendas (INEGI)	Refugios Temporales Identificados a/	Capacidad	
						Personas	Familias
<a href="#">Centla</a>	41	10,610	32,420	8,020	87	15,180	4,231
<a href="#">Jonuta</a>	98	12,932	19,273	4,563	81	8,585	2,142
<a href="#">Tenosique</a>	38	19,729	37,121	9,622	40	12,265	3,063
<a href="#">Balancán</a>	42	4,366	16,794	4,395	21	8,580	2,143
<a href="#">Emiliano Zapata</a>	13	4,532	4,532	1,024	41	5,215	1,333
	<b>232</b>	<b>52,169</b>	<b>110,140</b>	<b>27,624</b>	<b>230</b>	<b>44,610</b>	<b>11,579</b>

a/ Fuente: Dirección General de Protección Civil del Estado de Tabasco

Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (México, 2010).

A partir de la documentación presentada anteriormente, es preciso mencionar que en el estado de Tabasco aún no se ha propuesto un plan que resuelva el problema de transporte para evacuar a cualquiera de las poblaciones del estado de Tabasco; en cambio, se identifican simplemente las más vulnerables por cercanía a los ríos ante una inundación. Se ha de reconocer que el único esquema que se acerca una posible solución es el “Programa de Contingencia por Inundaciones del Estado de Tabasco” (2010) que presenta diferentes escenarios de inundación en el estado y los recursos necesarios para enfrentar este tipo de escenarios, mas no resuelve el problema de evacuación de transporte en masa, que en cambio sí se propone en este trabajo y constituye la principal aportación de la investigación.

La figura 2.16 muestra un resumen del “Programa de Contingencia por Inundaciones del Estado de Tabasco” (2010).

Subcuenca	Escenarios					
	Uno		Dos		Tres**	
	Extracción "Peñitas"	Lluvia*	Extracción "Peñitas"	Lluvia*	Extracción "Peñitas"	Lluvia*
Mezcalapa – Samaria - Carrizal	2,500 m <sup>3</sup> /seg	100 mm	5,000 m <sup>3</sup> /seg	100 mm	5,000 m <sup>3</sup> /seg	100 mm
<b>Acciones:</b>						
Uno	Evacuación y traslado a albergues 15,400 personas de los municipios de Centro, Cunduacán y Nacajuca, existe capacidad para albergar a las personas en sus propios municipios.					
Dos	Evacuación y traslado a albergues 29,815 personas de los municipios de Cárdenas, Centro, Cunduacán, Huimanguillo y Nacajuca, existe capacidad para albergar a las personas en sus propios municipios, a excepción de Nacajuca, de donde se tendrían que trasladar personas al Municipio de Centro.					
Tres	Evacuación y traslado a albergues 284,295 personas de los municipios de Cárdenas, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Jalpa de Méndez, Nacajuca y Paraiso, no existe capacidad para albergar a todas las personas en el Estado, las capacidades es de 135,006 personas, por lo que se trasladarían a los Estados de Campeche, Veracruz, Chiapas y Yucatán, de acuerdo al Plan de Evacuación Regional					

\* Lluvias generalizadas en la subcuenca y en la subcuenca de los ríos de la Sierra.

\*\* Previendo fallas en obras de protección y problemas no previstos por el modelo matemático.

Datos de referencia proporcionados por la Dirección Local de la CONAGUA

Se estima que el traslado y rescate de los habitantes de las localidades afectadas en cada escenario representaría lo siguiente:

#### REQUERIMIENTOS EN MATERIA DE TRANSPORTE TERRESTRE

	Habitantes	Localidades Tabasco	Municipios Tabasco	Localidades Chiapas	Municipios Chiapas	Viajes de Autobuses	Viajes de Carga
Escenario I	15,400	14	3			385	770
Escenario II	29,815	41	5	3	1	746	1,491
Escenario III	284,295	226	9	42	3	7,108	14,215

Fuente: DGPCET, citado en el PCIET (2010).

Figura 2.16. Evacuación por tipo de escenario

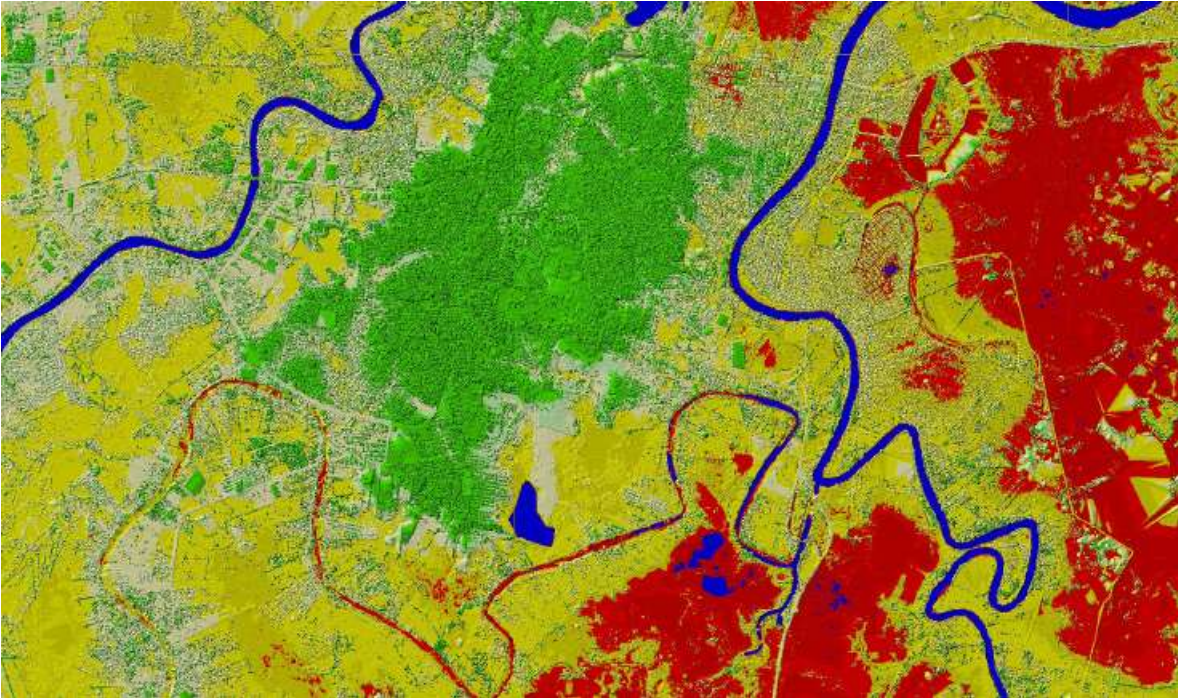
### 2.1.6 Atlas de riesgo del municipio Centro

En el año 2008 se publicó el Atlas de Riesgos del municipio del Centro, elaborado por el H. Ayuntamiento del Municipio del Centro y actualizado por el mismo en el año 2009. En éste, se definen tres niveles de peligro, cada uno a partir de un modelo digital generado por el sensor LIDAR (figura 17). Estos datos fueron proporcionados por la Sedesol, mediante convenio con el IMPLAN.

Los datos están expresados a partir de una nube tridimensional de puntos, donde la altura del terreno está expresada a partir del geode utilizado como referencia. Los datos se trabajaron de varias formas dependiendo del producto a generar, ya sea como modelo digital o para la elaboración de curvas de nivel. Para el modelo



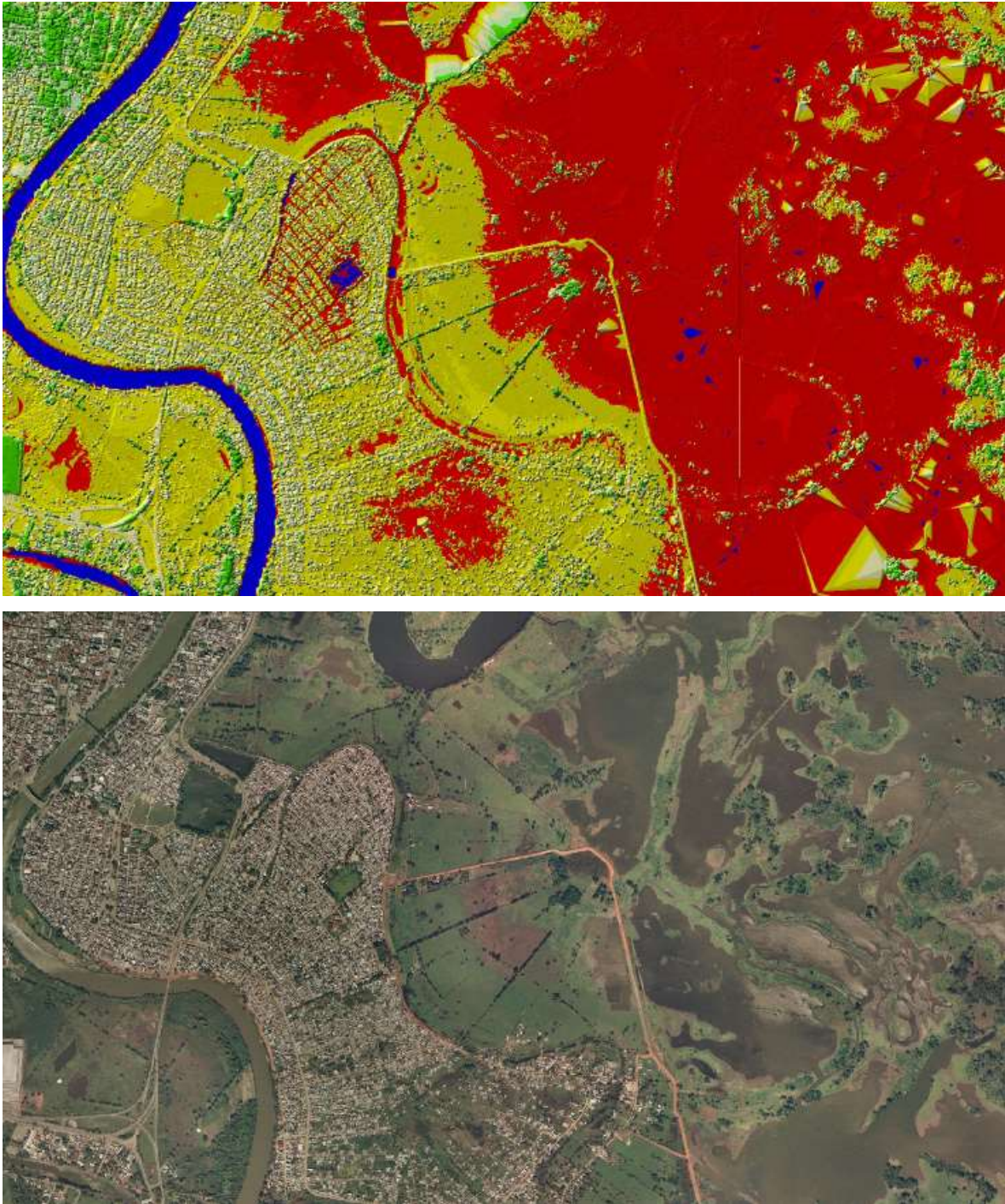
digital, se utilizó la altura geoidal, y para las curvas de nivel, los datos se extrapolaron a msnm.



Fuente: ARMC (2009).

**Figura 2.17. Modelo digital de elevación generado a partir de LIDAR**

En la figura 2.17, se pueden apreciar en diferentes tonalidades las características topográficas del terreno. Los colores en rojo representan zonas de alto riesgo, los colores en amarillo las zonas intermedias y los colores en verde las zonas más seguras.



Fuente: ARMC (2009).

### Figura 2.18. Comparación de imágenes

En la figura 2.18 superior, se aprecia un fragmento de la imagen generada a partir de los puntos colectados por el láser aerotransportado, y se presenta el mismo

fragmento en una ortofotografía aérea para su comparación. Se puede observar que las partes en color rojo corresponden a las zonas de humedales y áreas de mayor peligro de inundación. Además, se observan los principales bordos de contención del lado este de la ciudad.

El cálculo del riesgo del Atlas del Municipio de Centro(2009) corrió por cuenta del H. Ayuntamiento del Municipio del Centro a través de una clasificación cualitativa que integra los aspectos de peligro y vulnerabilidad social (ésta lleva implícita en el cálculo elementos característicos de construcción de la vivienda y densidad de población), con base en los riesgos creados utilizando la tabla de clasificación de colonias por fenómenos hidrometeorológicos en la ciudad de Villahermosa, municipio de Centro, Tabasco. Esto los divide en cinco niveles (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) de riesgo. A continuación, se muestra la tabla 8, integrada por el municipio de Centro:

**Tabla 2.8.- Colonia por nivel de riesgo de la ciudad de Villahermosa**

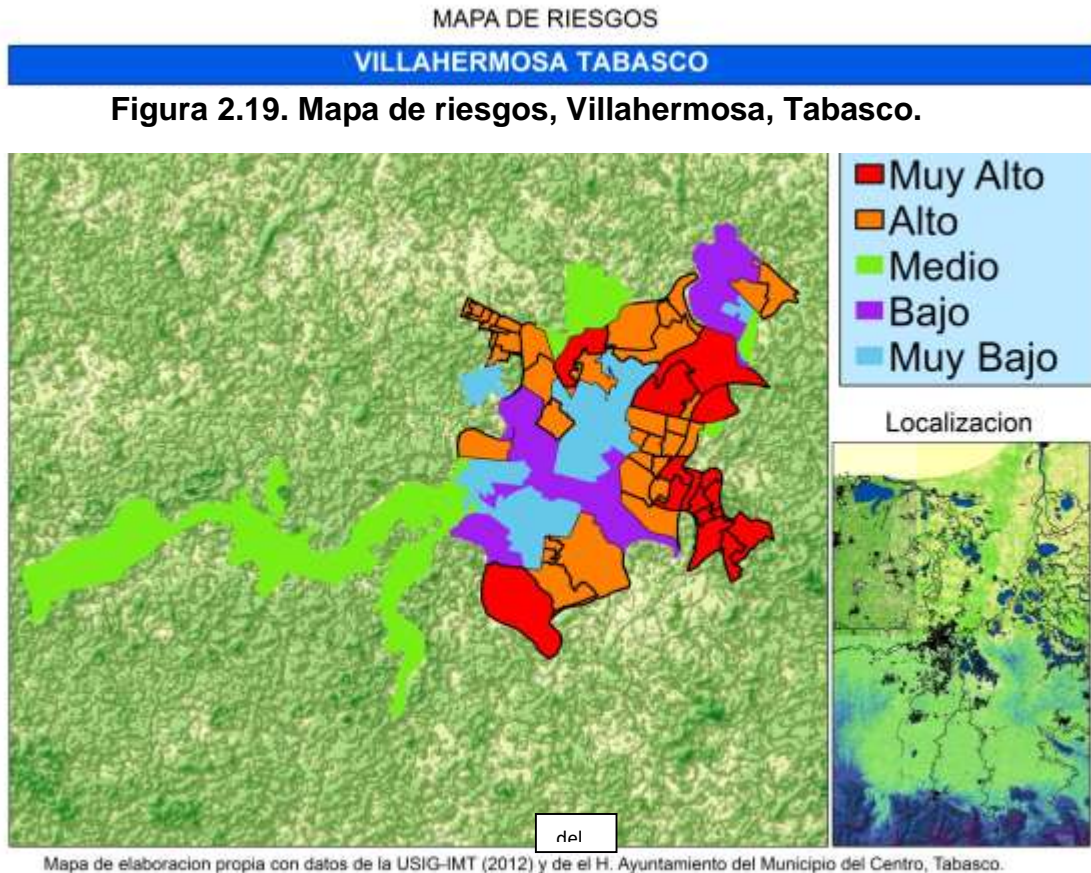
Colonias	Población (Hab)	Densidad (Hab/ha)	Área (ha)	Riesgo
Fracc. Triunfo La Manga I	2216	17046	0.13	Muy alto
Colonia Gaviotas Sur Sector San José	13682	15893	52	Muy alto
Col. Gaviotas Norte Sector Explanada	2205	13119	1.16	Muy alto
Fracc. Triunfo La Manga III	641	12290	1.31	Muy alto
Colonia La Manga II Etapa	6809	7755	18.04	Muy alto
Col. José Ma. Pino Suárez (Tierra Colorada) I Etapa	8058	7348	8.27	Muy alto
Colonia Gaviotas Sur Armenia	3631	4421	36.76	Muy alto
Col. Casa Blanca 1ra. secc.	3064	2691	62.1	Muy alto
Col. Casa Blanca 2da. secc.	4619	1488	189.14	Muy alto
Col. Sabina	1563	388	34.87	Muy alto
Cd. Industrial	3030	1262	139.66	Alto
Centro Delegación Seis Colonia	1194	3039	15.91	Alto
Centro Delegación Cinco Colonia	2584	7647	3.54	Alto
Centro Delegación Cuatro Colonia	2531	9789	1.35	Alto
Centro Delegación Tres Colonia	2807	11415	1.47	Alto
Centro Delegación Dos	1583	6499	1	Alto
Centro Delegación Uno	6289	15928	0.38	Alto
Col. El Recreo	4366	3415	0.86	Alto
Col. Gaviotas Norte Sector Popular	2989	13817	5.27	Alto
Col. Guayabal	3812	6913	2.27	Alto

Col. José Ma. Pino Suárez (Tierra Col.) Etapa II	10106	5124	29.5	Alto
Col. Mayito	2601	15198	0.49	Alto
Col. Nueva Villahermosa	7206	13233	1.24	Alto
Col. Plutarco Elías Calles (Cura Hueso)	2266	835	45.99	Alto
Colonia Gaviotas Norte	10765	12790	4.66	Alto
Colonia La Manga I Etapa	2491	15478	0.9	Alto
Fracc. Carrizal	4201	5097	4.45	Alto
Fracc. Club Campestre	1415	2001	3.15	Alto
Fracc. Electricistas	512	3582	1.27	Alto
Fracc. Heriberto Kehoe Vicent's (Col. Petrolera)	4197	9228	0.09	Alto
Fracc. Los Ríos	1998	1955	0	Alto
Fracc. Plaza Villahermosa	3592	2398	0.24	Alto
Fracc. Tulipanes	793	2788	0.53	Alto
Roberto Madrazo Pintado Colonia Cd. Industrial	1795	17465	10.28	Alto
Unidad Habitacional Fovissste Casa Blanca	1115	25432	4.38	Alto
Fracc. El Triángulo Cd. Industrial	551	43750	1.26	Medio
Colonia La Manga III Etapa	3266	21914	13.68	Medio
Fracc. INVITAB Miguel Hidalgo	4590	19649	4.72	Medio
Vicente Guerrero Colonia Cd. Industrial	959	12157	7.89	Medio
Fracc. Carlos A. Madrazo Becerra	1157	6042	14.67	Medio
Col. Miguel Hidalgo II Etapa	3272	3783	29.71	Medio
Colonia Miguel Hidalgo III Etapa	4774	3152	58.01	Medio
Col. José Ma. Pino Suárez (Tierra Col.) III Etapa	2733	916	289.43	Medio
Frac. Las Garzas	346	21484	1.61	Bajo
Colonia Nueva Pensiones	2278	20261	1.21	Bajo
Col. Municipal (Constitución 1917)	3130	18736	6.79	Bajo
Colonia El espejo I	5883	17314	2.2	Bajo
Fracc. Villa Las Flores Cd. Industrial	1841	16329	9.96	Bajo
Col. Tamulté de Las Barrancas	17501	16211	10.79	Bajo
Fracc. Cosmos	409	16083	1.39	Bajo
Fracc. Nueva Villahermosa de los Trabajadores	610	15681	0.75	Bajo
Fracc. Insurgentes	652	12856	5.07	Bajo
Colonia Punta Brava	3211	12009	4.81	Bajo
Fracc. La Choca	518	11917	2.12	Bajo
Colonia INFONAVIT-Atasta	5231	11474	0.5	Bajo

Col. Reforma	4915	10865	0.75	Bajo
Col. 18 de Marzo (San Joaquín)	5430	10174	9.33	Bajo
Fracc. Galaxias	1043	9590	0.29	Bajo
Colonia El Espejo II	3888	7476	21.25	Bajo
Col. Atasta de Serra	24760	6498	86.4	Bajo
Fracc. Lagunas	3001	5638	53.18	Bajo
Col. Primero de Mayo	11244	5098	220.54	Bajo
Fracc. Multi 80,83,85	2184	4389	27.84	Bajo
Fracc. FOVISSSTE I Etapa	1275	9543	13.36	Muy bajo
Fracc. Lago Ilusiones	475	9059	5.22	Muy bajo
Col. Del Bosque	938	8763	10.7	Muy bajo
Col. Andrés Sánchez Magallanes	3168	8131	38.96	Muy bajo
Fracc. José Colomo	1820	8042	22.63	Muy bajo
Fracc. Lidia Esther	433	6862	6.29	Muy bajo
Col. Adolfo López Mateos	1086	5349	20.26	Muy bajo
Col. Pensiones	539	5336	10.1	Muy bajo
Fracc. Bonanza	1778	4856	32.8	Muy bajo
Fracc. Palmitas	1310	38745	3.38	Muy bajo
Colonia Magisterial (15 de Mayo)	1060	3732	28.19	Muy bajo
Col. Jesús García	2968	3704	63.43	Muy bajo
Fracc. Residencial Framboyanes	483	3167	15.19	Muy bajo
Fracc. Villa Las Fuentes	3367	30417	11.07	Muy bajo
Fracc. Prados de Villahermosa	861	2911	29.15	Muy bajo
Fracc. Loma Linda	515	2713	18.86	Muy bajo
Conjunto Habitacional Nueva Imagen	2182	25527	8.55	Muy bajo
Conjunto Habitacional Militar Linda Vista	332	21729	1.53	Muy bajo
Fracc. Villa Los Arcos	2511	20591	12.19	Muy bajo
Colonia Infonavit Cd. Industrial	6152	19787	1.94	Muy bajo
Fracc. Oropeza	300	1969	15.24	Muy bajo
Col. Guadalupe Borja de Díaz Ordaz	4976	18183	23.57	Muy bajo
Fracc. FOVISSSTE II Etapa	762	17690	4.31	Muy bajo
Colonia Las Delicias	1370	14800	9.26	Muy bajo
Gil y Sáenz (Col. El Águila)	9158	14587	62.78	Muy bajo
José Narciso Rovirosa (Col. Rovirosa)	2568	14290	17.97	Muy bajo
Fracc. Vista Alegre	823	11749	7	Muy bajo
Col. Linda Vista	3585	11678	27.89	Muy bajo
Fracc. Jardines del Sur	411	11168	3.68	Muy bajo

Fuente: Elaboración propia con datos del ARMC (2009).

Para una mejor concepción de los niveles de riesgos en la ciudad de Villahermosa, se creó un mapa de elaboración propia, donde se georreferenciaron las colonias a fin de poder ubicarlas por nivel de riesgo (ilustrado en la figura 2.19).



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de la USIG-IMT (2012), HAMC (2009) e Inegi (2012).

## 2.1.7 Historia de situaciones similares

Una situación similar, pero de mayores dimensiones, ocurrió en Nueva Orleans con los huracanes Katrina (29/08/2005) y Rita (24/09/2005).

### 2.1.7.1 Huracán Katrina

En el caso de Katrina, según Litman (2006), sería erróneo afirmar que este desastre era un inevitable "Acto de Dios". Katrina empezó como un huracán, pero solamente se convirtió en un desastre significativo debido a las fallas de una gestión y planificación preventiva. Para la mayoría, la evacuación de automóviles fue la adecuada. El Plan, el cual incluía el uso de todos los carriles de carreteras para acomodar el tráfico de salida, estuvo muy bien diseñado y publicitado (Wolshon, 2002, citado por Litman, 2006, p. 3). Los automovilistas pudieron abandonar la ciudad, a pesar de la congestión, resultado de velocidades de tránsito muy lentas y

problemas cuando los vehículos se quedaban sin gasolina o tenían problemas mecánicos.

Sin embargo, no fue un plan efectivo para evacuar a los residentes que dependían del transporte público (Litman, 2006). En un artículo titulado "Planeación para la evacuación de Nueva Orleans", publicado en la revista de Ingenieros del Transporte (Wolshon, 2002, p. 45) el autor explica:

De 1.4 millones de habitantes en áreas de alto riesgo, se presume que solo aproximadamente 60 por ciento de la población o cerca de 850,000 personas querrán o tendrán la posibilidad de abandonar la ciudad. Aunque numerosas, las principales razones parten de una falta de transporte (se estima que entre 200,000 y 300,000 personas no tienen acceso a un transporte particular confiable), una renuencia a dejar sus hogares y propiedades (estimadas en al menos 100,000 personas) y una falta de capacidad en las vialidades de salida.

Esto indica que, aunque conscientes del problema, los funcionarios públicos estaban dispuestos a asumir un riesgo significativo para cientos de miles de residentes que no pudieron evacuar porque carecían de transporte (Litman, 2006, p. 3).

Las autoridades federales de emergencia tampoco lograron implementar una salida con el uso de autobuses para la evacuación según lo previsto. Un alto funcionario de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (*Federal Emergency Management Agency*, FEMA) describió su sorpresa y frustración por la preparación inadecuada de la dependencia antes de Katrina, a pesar de sus advertencias urgentes a los ejecutivos de la misma (Bosner, 2005). Según su propia versión, en el momento se preguntó, "¿Dónde están los autobuses para sacar a la gente de allí?".

La importancia de los autobuses para la evacuación de la ciudad se hizo evidente poco después del paso del huracán. El 1 de septiembre, el alcalde Nagin declaró en una estación de radio local: "Necesito 500 autobuses... Esto es un desastre nacional", y explicó la necesidad de obtener el apoyo de todas las líneas de autobuses en el país y dirigirlos hacia Nueva Orleans. Dos semanas después del huracán, en la Conferencia de Prensa con NBC ([www.msnbc.msn.com/id/9240461](http://www.msnbc.msn.com/id/9240461)), el funcionario manifestó: "Por supuesto, había un montón de autobuses por ahí, pero ¿adivinen qué? No se puede esperar que los choferes se queden en el caso de un huracán de categoría 5, ya sabes, a la espera abajo en Nueva Orleans. Apenas disponemos de los servicios de choferes suficientes para mover personas el domingo, o sábado y domingo, para moverlos al Súper Domo. Apenas tuvimos suficientes choferes para eso. Estoy seguro, hemos tenido los vehículos, pero los choferes no estaban disponibles".

### **2.1.7.2 Huracán Rita**

El Huracán Rita pegó en las costas de Luisiana y Texas el 24 de septiembre 2005. Los funcionarios públicos ordenaron la evacuación de ciudades costeras, y abastecieron de autobuses gratuitos para las personas sin automóviles. Un mayor número de residentes respondieron a las instrucciones de evacuación. Esto generó problemas significativos de tráfico vial (Blumenthal, 2005, citado por Litman, 2006, p. 7).

Según Litman (2006), un estimado de 3 millones de personas evacuó la costa de Texas, lo que creó un atasco de líneas de tráfico de 100 millas de largo. Los conductores escucharon la llamada a evacuar la isla de Galveston y otras zonas bajas e invirtieron entre cuatro y cinco horas para recorrer los 50 kilómetros hasta Houston, y de ahí las condiciones del camino eran aún peores, con un tráfico arrastrándose a pocos kilómetros por hora.

Según datos publicados en *The New York Times*, el 24 de septiembre de 2005, se corría el riesgo de que Rita no lograra obtener plena atención de las autoridades, o que la gente, una vez acercándose el peligro, no prestara atención a las advertencias para evacuar. Sin embargo, cuando se recomendó la evacuación, los residentes de Houston se encontraban varados y sofocantes en el calor de 40 grados en atascos colosales.

Los carriles de alta ocupación de vehículos fueron inutilizados, al igual que muchos carriles entrantes de las carreteras, ya que las autoridades inexplicablemente esperaron hasta tarde el jueves para abrirlos parcialmente. Algunos automovilistas se descubrieron, con profundo temor, que estaban atrapados en lo que podría ser la ruta del huracán. Trágicamente, un autobús que transportaba a ancianos residentes de un asilo se incendió, con un saldo de 24 personas fallecidas.

Si Katrina expuso lo que ocurre cuando muchas personas no disponen de vehículos para escapar del peligro, Rita parecía mostrar la otra cara de la moneda. Las autoridades tendrán que elaborar planes de evacuación considerablemente más sofisticados, en los que se busque que no todas las familias que deben evacuar utilicen su propio vehículo. Por ello, será necesario educar antes de que muchos ciudadanos estadounidenses acepten la idea de que deben huir de desastres a través del transporte público.

Algunos fallos relacionados con Rita parecían inexplicables. La escasez de inspectores de seguridad federal en los aeropuertos de Houston llevó a largas colas de pasajeros en su intento por salir de la ciudad, problema que el Departamento de Seguridad Nacional no previó. Por otro lado, la escasez de albergues de emergencia en Houston y la aparente renuencia de las autoridades locales para que el público supiera dónde estaba el espacio disponible, era difícil de comprender. En la tabla 2.9 siguiente se muestran las fallas generales.



**Tabla 2.9. Fallas generales ante los huracanes Katrina y Rita**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla para llevar el número de personas a los refugios de emergencia, y la provisión adecuada de instalaciones y recursos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiencias para asignar a la autoridad responsable, conflictos de cargos y una inadecuada comunicación entre los niveles directivos más altos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla para distribuir comida y agua inmediatamente después del huracán.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espera de hasta cuatro días para recurrir a la Guardia Nacional y proveer naves esperando cerca.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de seguridad a los equipos de rescate.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas al ayudar a evacuar a las familias de equipos esenciales (policías y agentes de tránsito, personal de los servicios de salud, apoyo en general, etc.), lo que ocasionó distracciones en la respuesta de emergencia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en los sistemas de comunicaciones (teléfonos de caseta) y generadores de luz en instalaciones importantes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exageración en los reportes de violencia por parte de los funcionarios competentes, quienes incumplieron en el aprovisionamiento de ayuda o la facilitación de la evacuación de algunas personas, particularmente afroamericanos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de respeto y compasión para con las personas con capacidades diferentes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de un plan de evacuación para personas sin vehículos privados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla para priorizar la evacuación, al no asegurarse de dar prioridad a los más vulnerables (residentes de las áreas más riesgosas y personas con necesidades especiales).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de entendimiento de las razones que desalentaron a las personas a evacuar, y atender sus motivos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiencias para ofrecer una libre evacuación en transporte subsidiado, para las personas necesitadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omisión en la priorización de la evacuación a favor de los autobuses, vehículos de transporte público de gran ocupación y vehículos de servicio.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla para organizar la logística de evacuación con base en el transporte público y escolar.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiencias para, donde la situación lo permitiera, usar carriles en sentido contrario y hombros para la evacuación del tráfico.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla para coordinar vehículos rentados, distribución de gasolina y servicios a lo largo de las rutas de evacuación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento del parque vehicular disponible de autobuses de transporte público y escolar, así como de trenes, para usarlos en una evacuación general.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omisiones en el acomodo de mascotas.</li> </ul>

Fuente: LITMAN, 2006.

## 2.2 Marco de referencia

Simular un escenario en donde Tabasco se inunda de nuevo, como en el año 2007, es poco viable, pero es conveniente hacerlo para fines de esta investigación.

La base de la cual parte esta investigación es el Plan Maestro de Protección Civil del Estado de Tabasco, ya que es la plataforma sobre la cual se va a trabajar. Este Plan contiene cinco tipos de escenarios a considerar, dentro de los cuales la inundación es la que contempla parte de esta investigación. La información se irá recopilando poco a poco de entre todos los municipios del estado de Tabasco, misma que ayudará a demostrar cuáles son las vías más vulnerables de la entidad para que a partir de ello se puedan crear rutas de evacuación sobre las cuales se trabajarán a través de software especializados que manejan logaritmos complejos basados en teorías de grafos que, al combinarlos con sistemas de información geográfica, se definen las mejores rutas para evacuaciones en masa.

En Europa, la Unesco, en conjunto con el Instituto para la Educación Relativa al Agua (IHE), preparó un proyecto compuesto de varias tareas, cuya información se comparte a través del sitio en internet FLOODsite, dedicado a la gestión de metodologías y análisis de riesgos integrados relativo a inundaciones.

El proyecto busca identificar tecnologías y estrategias para una mitigación sustentable de inundaciones y sus efectos, reconociendo la interacción compleja entre sistemas biofísicos naturales y socioeconómicos, en apoyo de elementos geoespaciales y políticas de planeación en un contexto de cambio global y avance social.

**Tabla 2.10. Comparación de resultados de los tres modelos**

Perfiles de salida	Salidas	Asignación	EC**	INDY	ESCAPE***	
8h Curva-S	Todas	Referencia	22h00	22h15	-	
		Más cercano	32h00	31h45	-	
		Optimizado*	12h00	21h45	44h00	
	Caminos Brabant	a	Referencia	39h00	36h45	-
		Más cercano	16h00	39h45	-	
		Optimizado*	13h00	36h30	54h00	
16h Curva-S	Todas	Referencia	23h00	23h30	-	
		Más cercano	33h00	31h45	-	
		Optimizado*	21h00	22h30	44h00	
	Caminos Brabant	a	Referencia	40h00	37h00	-
		Más cercano	25h00	40h15	-	
		Optimizado*	22h00	37h00	54h00	

Fuente: [http://www.floodsite.net/html/cd\\_task17-19/model\\_comparison.html](http://www.floodsite.net/html/cd_task17-19/model_comparison.html)

Algunas de las tareas realizadas consisten en determinar procesos de modelos de evacuación en caso de inundación, que consideren la movilización de las personas con sus propios vehículos, sin necesidad de acudir a albergues, sino más bien estableciendo los puntos de salida de la ciudad más cercanos y optimizando tiempos con base en distintos modelos, a saber: la calculadora de evacuaciones (CE), INDY y ESCAPE. En la tabla 2.10 anterior se comparan los resultados de cada modelo.

### **2.2.1 Asignación de referencia**

Los modelos CE e INDY muestran tiempos de evacuación comparables cuando se utilizan todas las salidas. Dos aspectos pueden causar una diferencia en tiempos de evacuación, si todos los demás parámetros de entrada se mantienen iguales: se fusionan los flujos y la distancia. INDY representa la congestión causada por la fusión de los flujos, lo que lleva a una mayor estimación del tiempo de evacuación. Sin embargo, la opción de referencia en la CE, que se define de manera diferente que en INDY, da como resultado una distancia de viaje promedio más alto que en INDY, que a su vez conduce a un aumento en el tiempo de evacuación. Por lo tanto, la opción de referencia en la CE compensa la falta de la congestión debido a las corrientes de la fusión, y los resultados de ambos modelos son comparables.

Cuando sólo se usan las carreteras a Brabante, INDY calcula tiempos de evacuación inferiores. Esto tiene que ver con las diferentes capacidades de carretera y el hecho de que se utilizan en paralelo. Los puntos de salida en la CE reciben el mismo número de personas, mientras que en INDY la salida con la capacidad más alta (la carretera) recibe más personas. Esto es debido a la naturaleza del algoritmo de asignación en INDY, en la que más personas utilizan la carretera que está más cerca. Aunque ambos caminos conducen a Brabante, la carretera se define como más cercana a la mayor parte de las zonas. Esto conduce a una evacuación más rápida con INDY.

### **2.2.2 La salida más cercana**

Los modelos CE e INDY muestran de nuevo los tiempos de evacuación comparables cuando se utilizan todas las salidas. Cuando sólo se usan las carreteras a Brabante, la diferencia en tiempos de evacuación resultantes es significativa. En la CE, el tiempo de evacuación disminuye cuando sólo las vías de Brabante están en uso. Esto se debe a que todas las salidas están disponibles, las rutas más cercanas para la asignación de un exceso de evacuados a las salidas de baja capacidad. Cuando sólo las carreteras en Brabante están en uso, los evacuados se dirigen a la carretera que tiene una capacidad más alta, y por lo tanto se reduce el tiempo de evacuación. Por el contrario, aumenta el tiempo de evacuación en INDY cuando sólo los caminos de Brabante están en uso. Esto, supuestamente, obedece al aumento en la congestión de la fusión, producida cuando todos los evacuados viajan en la misma dirección.

### **2.2.3 Gestión y tráfico optimizado**

Los resultados de la CE en tiempos de evacuación es de sólo 12 horas, mientras que los resultados en INDY indican que la evacuación más rápida se puede lograr en 22 horas. La razón de esta discrepancia se debe a la incapacidad de la CE para simular el tráfico probable. Los tiempos de evacuación se estiman sobre la base de las capacidades de las diferentes vías de comunicación, junto con una velocidad promedio de viaje por el usuario de entrada. Debido a que el modelo INDY no incorpora la congestión, las velocidades del tráfico se pueden reducir significativamente, lo que resulta en un aumento del tiempo de evacuación. En aplicaciones anteriores de la CE, un factor de reducción de la capacidad de flujo de salida se introduce para tener en cuenta la congestión. La discrepancia entre los resultados de la CE y la INDY podrían utilizarse para estimar con mayor precisión un factor de reducción apropiado.

Según Joost Mak (2008), autor líder del proyecto comentado anteriormente, en Holanda más de la mitad de su territorio se encuentra debajo del nivel del mar y se los tiene expuestos a los peligros de inundaciones. La principal amenaza es la del Mar del Norte y su sistema fluvial. En 1953, Holanda registró las peores inundaciones en la historia reciente holandesa. La marea de primavera, junto con una oleada de la tormenta, provocó un aumento en el nivel del agua, a una altura tal que los diques en Zuid Holanda y Zeeland se rompieron. El número de víctimas —tanto humanas como de ganado—, así como los daños causados a viviendas y el paisaje fue enorme. Después de este desastre, el gobierno tomó medidas y creó el plan de Delta para ayudar a la defensa contra las nuevas amenazas del mar. Aunque prevalece la probabilidad de inundaciones y la de un desastre nacional es mucho menor ahora que en 1953, el daño potencial de las inundaciones ha aumentado a lo largo de los años. Esto es principalmente el resultado de un aumento de la población en la zona de riesgo. Por lo tanto, es importante tener un plan de evacuación eficaz. Es preciso tener en cuenta la presión que las evacuaciones ejercen sobre la infraestructura existente. Al planificar el proceso de evacuación de antemano, el tiempo de evacuación se puede minimizar, lo que puede reducir el número de bajas.

Todas las reseñas anteriores ponen de relieve la importancia de minimizar los tiempos de evacuación para reducir las bajas que pudieran causar los desastres. Dicha mitigación requeriría el uso de software especializado en transporte que se adecue a los diferentes modelos y escenarios necesarios para cada tipo de ciudad en el mundo.

## **2.3 Marco legal**

A efectos de delinear el marco legal del presente trabajo, se consideró la Ley General de Protección Civil, al amparo de la cual se debe fundamentar cualquier plan de protección civil o de contingencias en el país (México). Las políticas de ahí emanadas solo sirven como base para determinar el marco de acción legal que

cubre este tipo de proyectos, cuyo objetivo es reducir los riesgos existentes. En ese sentido, los artículos 7 y 10 de dicho instrumento cobran la mayor importancia.

1. Ley General de Protección Civil

- Artículo 7. Corresponde al Ejecutivo Federal en materia de protección civil:
- II. Promover la incorporación de la Gestión Integral de Riesgos en el desarrollo local y regional, estableciendo estrategias y políticas basadas en el análisis de los riesgos, con el fin de evitar la formación de riesgos futuros y la realización de acciones de intervención para reducir los riesgos existentes;
- III. Contemplar, en el proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación de cada ejercicio fiscal, recursos para el óptimo funcionamiento y operación de los Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos a que se refiere la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, con el fin de promover y apoyar la realización de acciones de orden preventivo; así como las orientadas tanto al auxilio de la población en situación de emergencia, como la atención de los daños provocados por los desastres de origen natural;
  
- Artículo 10. La Gestión Integral de Riesgos considera, entre otras, las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador:
- I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos;
- II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios;
- III. Análisis y evaluación de los posibles efectos;
- IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto;
- V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos;
- VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos, y
- VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad.

Cabe reiterar y concluir que los artículos anteriormente mencionados a detalle, determinan las acciones a ejecutar al momento de pensar en realizar un plan de protección civil donde no solo se toma en cuenta la mitigación de los riesgos, sino también se busca fortalecer la resiliencia de la sociedad frente a futuros desastres con el fin último de que ésta se encuentre más protegida.

## 2.4 Marco teórico

El matemático Leonhard Euler fue el pionero en desarrollar la teoría de grafos; posteriormente, la primera persona en resolver el “problema del camino más corto o ruta más corta” a través de la teoría de grafos en computación fue Edsger Dijkstra, un científico de la computación que, a través de su algoritmo logró resolver el problema de transporte planteado en esta metodología. A fin de aplicar esta metodología, es necesario tener bien definidos los siguientes conceptos:

## **2.4.1 Red de transporte**

Los sistemas de transporte existen para mover el tráfico de un lugar a otro. Un viajero desea ser transportado de un lugar de origen en particular hacia otro destino (Morlok, 1978).

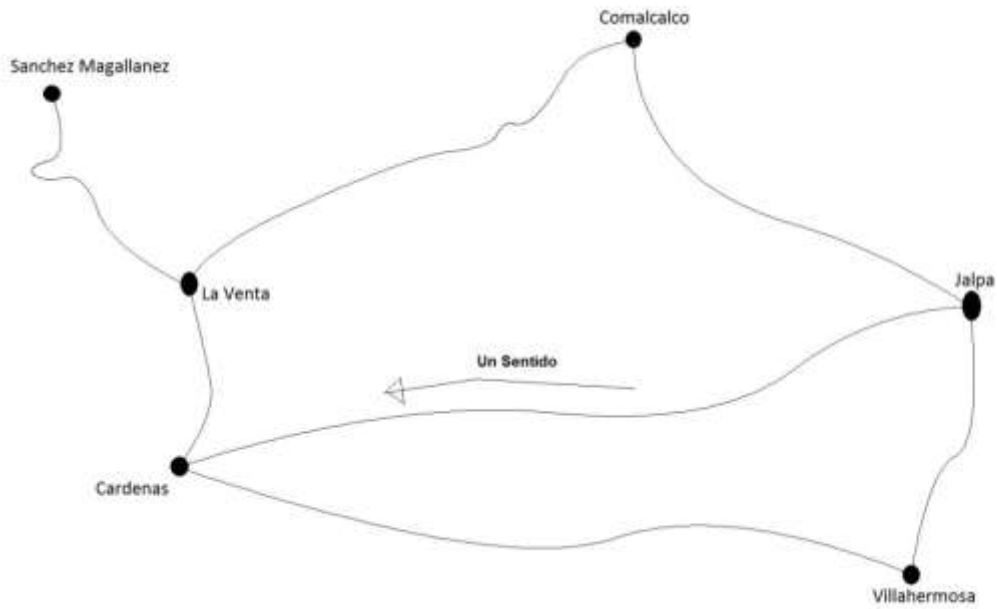
## **2.4.2 Elementos de una red**

Una red es un concepto matemático que puede aplicarse para describir cuantitativamente los sistemas de transporte y otros con características espaciales. Aunque el término “red” suele tener otros significados, el concepto matemático y su uso en el análisis de sistemas de transporte será el que nos ocupe en el presente trabajo. Primero, se describirán estos conceptos matemáticos y luego se abordará su aplicación en los sistemas de transporte.

Las redes consisten principalmente de dos elementos: enlaces y nodos. Los nodos representan puntos particulares en el espacio. En su representación gráfica, los nodos corresponden literalmente a puntos, y los enlaces son líneas que conectan a estos puntos. Un enlace está definido por los nodos en cada terminación. Los enlaces no especifican la dirección. En situaciones donde es importante especificar la dirección (como en la representación de una calle de un sentido), se utiliza un arco, elemento que consiste simplemente en un enlace con una dirección asociada a éste. A menudo los arcos reciben la designación de “enlaces con dirección”. El nodo desde donde se dirige un arco se denomina nodo-A, y aquel hacia donde se dirige un arco se llama nodo-B.

El uso de una red para representar las características espaciales de un sistema de transporte se ilustra en las figuras 2.20, 2.21, 2.22 y 2.23 siguientes, donde el sistema de caminos mostrado en la forma de un mapa típico en la porción superior de la figura está representado por enlaces y nodos en la porción inferior. Ahí se muestran los dos tipos de enlaces: unidireccionales o bidireccionales (a menudo llamados simplemente enlaces) y enlaces direccionales (a menudo denominados arcos) indicados por líneas con flechas. Un camino donde el tráfico puede ir en ambas direcciones está representado tanto por un enlace o dos arcos (uno en cada dirección), mientras que las calles en una dirección están representadas por un arco.

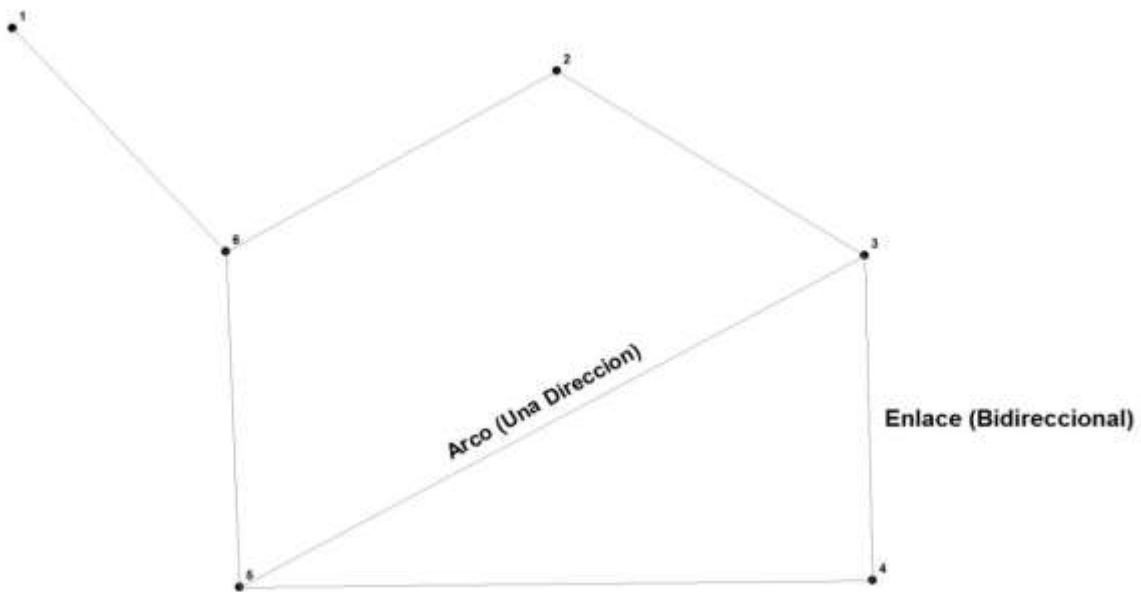
Esta figura también ilustra los medios habituales para designar varios nodos y enlaces. Mientras que en un mapa los nombres usualmente están asociados con enlaces (nombre de calles) o nodos (nombres de pueblos), el uso de nombres en análisis matemáticos sería extremadamente engorroso. Por lo tanto, para especificar nodos, normalmente se recurre al uso de números, y menos común es el uso de letras individuales como a, b, etc., que podrían estar asociadas con los nodos. Los números también pueden designarse a enlaces o arcos.



Nota: Mapa de una región hipotética para ilustrar conceptos de red; un camino de un sentido entre pueblos es muy inusual.

Fuente: Morlok, 1978

**Figura 2.20. Mapa de un sistema principal de caminos en una región**



Fuente: Morlok, 1978

**Figura 2.21. Representación de la red del sistema de caminos**

	1	2	3	4	5	6
Nodo 1	0	0	0	0	0	1
Nodo 2	0	0	1	0	0	1
Nodo 3	0	1	0	1	1	0
Nodo 4	0	0	1	0	1	0
Nodo 5	0	0	-1	1	0	1
Nodo 6	1	1	0	0	1	0

Fuente: Morlok, 1978.

**Figura 2.22. Matriz de conexión**

	(1,6)	(2,3)	(2,6)	(3,2)	(3,4)	(3,5)	(4,3)	(4,5)	(5,4)	(5,6)	(6,1)	(6,2)	(6,5)
Nodo 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
Nodo 2	0	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
Nodo 3	0	-1	0	1	1	1	-1	0	0	0	0	0	0
Nodo 4	0	0	0	0	-1	0	1	1	-1	0	0	0	0
Nodo 5	0	0	0	0	0	-1	0	-1	1	1	0	0	-1
Nodo 6	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con base en Morlok 1978, p. 91

**Figura 2.23. Matriz de incidencia arco-nodo o enlace-nodo**

### 2.4.3 Análisis de la red

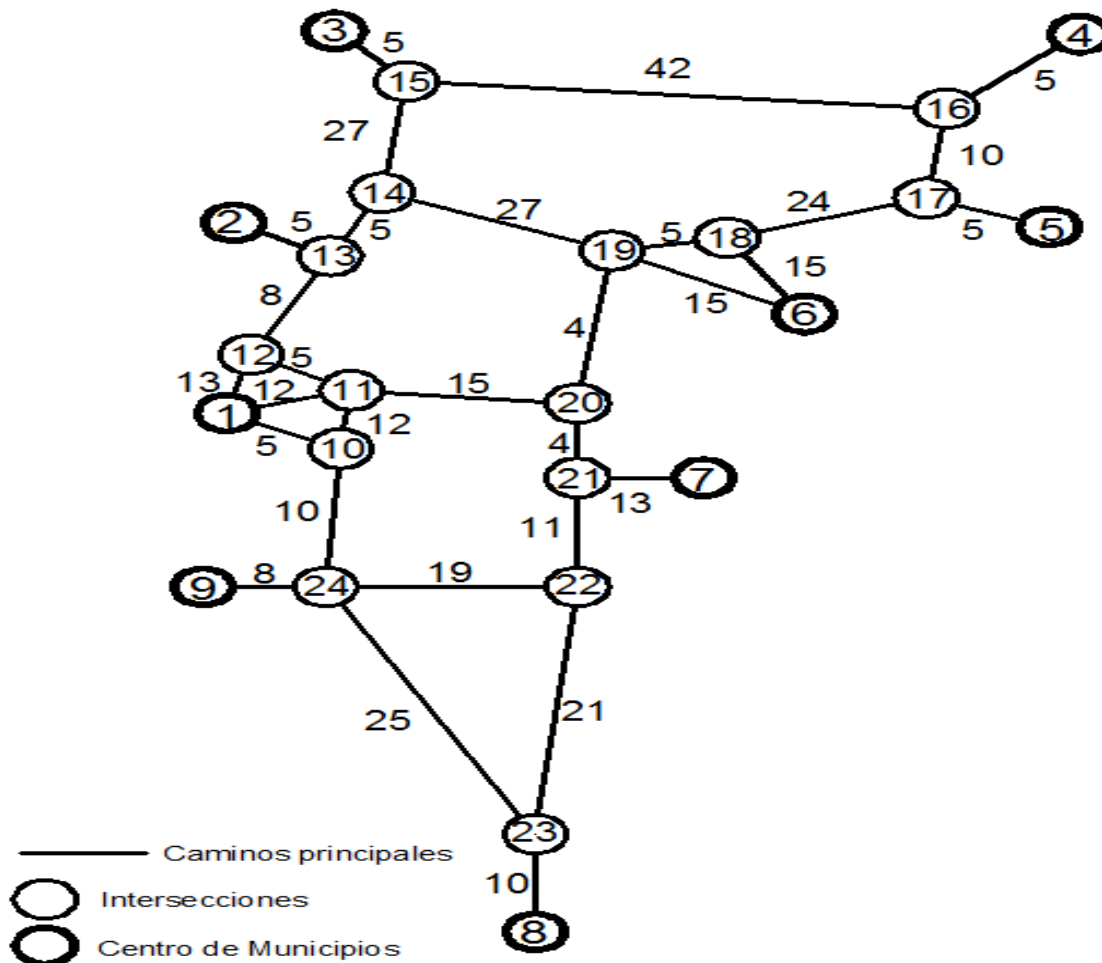
Un sistema de transporte está representado como una red para describir componentes individuales del sistema de transporte y las relaciones entre sí. Algunas de las características más importantes del sistema son el tiempo de viaje y el costo (Morlok, 1978).

Esto puede ilustrarse usando como referencia las figuras 2.24 y 2.25, que corresponden a la principal red de caminos actual del área metropolitana de San Francisco. El promedio de tiempo de viaje (en minutos) se da en todos los enlaces. El tiempo de viaje del nodo 1 al nodo 8, a través de los enlaces (1,10), (10,24), (24,23) y (23,8) es

$$5 + 10 + 25 + 10 = 50 \text{ minutos}$$



Existen otros caminos posibles, como (1,11), (11,20), (20,12), (21,22), (22,23) y (23,8). Por lo tanto, al dar tiempos o costos origen-destino, es importante especificar el camino usado. En términos matemáticos más generales, podemos expresar esto como sigue: designar el camino de interés " $\rho$ " y los conjuntos de enlaces o arcos que lo componen " $L_\rho$ ".



Fuente: Morlok (1978), p. 91.

**Figura 2.24. Red principal de caminos del área metropolitana de San Francisco, que muestra los enlaces con tiempos de viaje**

$$t_\rho = \sum_{ij \in L_\rho} t_{ij}$$

Donde  $t_\rho$  = Tiempo del origen del camino  $\rho$  a su destino

$L_\rho$  = Conjunto de enlaces y arcos en el camino  $\rho$  [ejemplo de arriba, (1,10), (10,24), (24,23), (23,8)]

$t_{ij}$  = Tiempo en el enlace o arco (i,j)

$ij \in L_\rho$  Significa que  $ij$  está incluido en el conjunto  $L_\rho$

Nota: Los tiempos de viajes son en minutos.

En muchos contextos del transporte, se busca que el camino a utilizar involucre el menor tiempo total de viaje, o en algunos casos, el menor costo. En el contexto personal de los viajeros, la mayoría de las personas seleccionan la ruta que minimice el tiempo de viaje, aunque, en algunos casos, el costo difiere entre las diferentes rutas, lo que lleva a los viajeros a menudo a modificar su selección. En el transporte de carga, como en el ruteo de carros de trenes a grandes distancias largas y con muchas compañías de trenes diferentes, la ruta que suele seleccionarse es aquella que minimiza el costo total. En ambos casos, el problema reside esencialmente en encontrar el camino a través de la red, teniendo en cuenta la suma mínima de ciertos costos (o tiempos) asociados con los enlaces o arcos individuales que conforman el camino, al que se denomina camino mínimo o mejor camino. Así, en términos matemáticos, estos problemas son esencialmente idénticos.

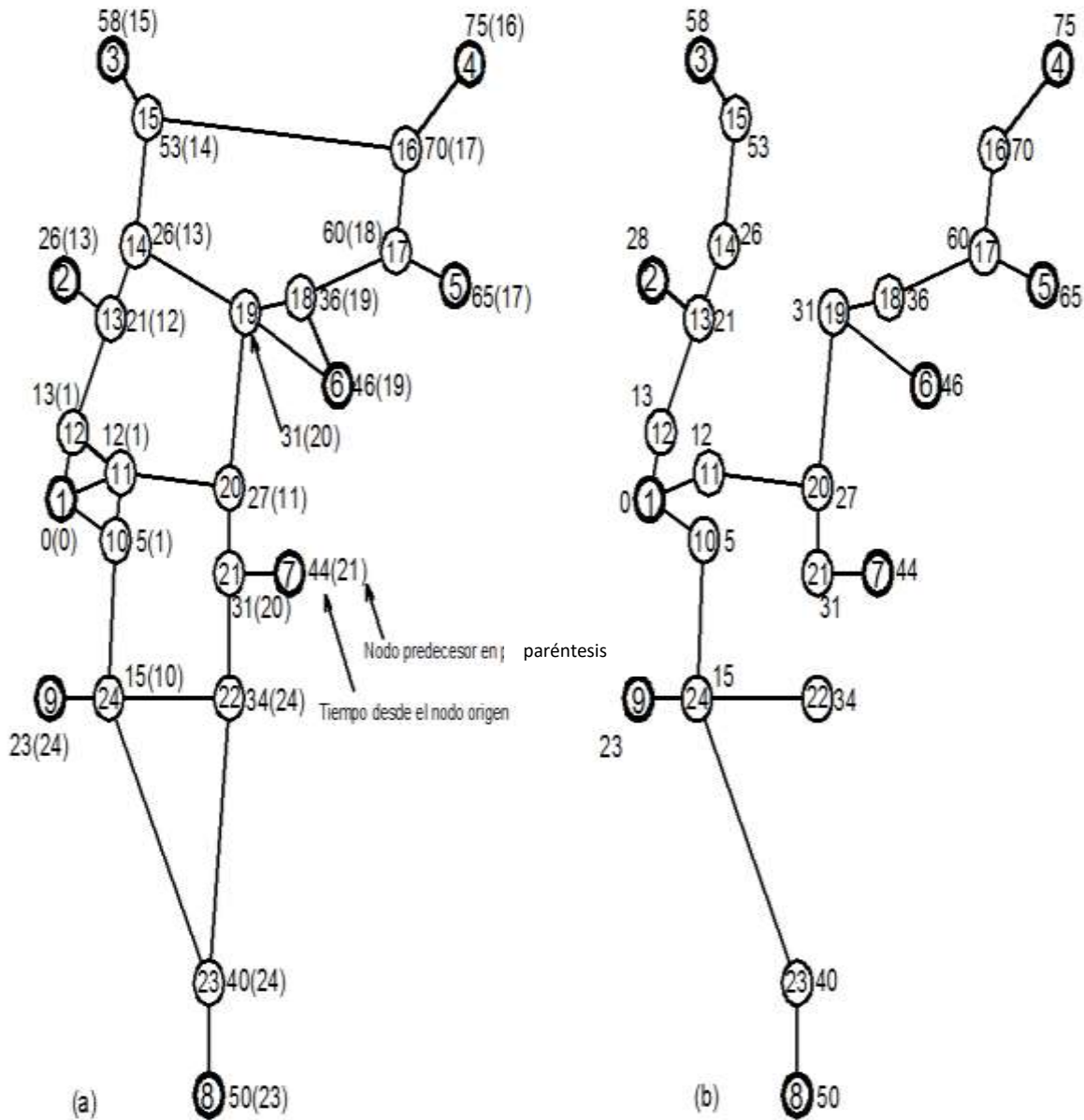
Un procedimiento bastante sencillo y elegante se definió para encontrar estos caminos mínimos a través de la red. Este método, llamado “árbol de decisión”, es una aplicación de un procedimiento matemático bastante general llamado “programación dinámica”, que fácilmente se explica con el uso de un ejemplo y la ejecución de cálculos bastantes simples directamente en una red ejemplo.

Pasos en el algoritmo de la ruta de acceso mínimo:

1. Se procede a comparar los costos en todos los enlaces (o arcos) para el cual el nodo de origen es un nodo-A. (Los nodos –A y –B para enlaces sin dirección resultan del uso del enlace en una dirección específica en estos cálculos.) Luego, es necesario seleccionar el único con el costo más bajo, y etiquetar su nodo-B con el nodo origen y el costo desde el nodo origen. Si se emplea una tabla, deben primero marcarse las columnas etiquetando el nodo usado, el nodo predecesor y el costo desde el nodo origen. La primera fila se rellena con el nodo origen, 0 de nodo predecesor, y 0 minutos en el costo. En la segunda fila, se escriben los resultados de este análisis, el nodo-B, el nodo-A, y el tiempo, respectivamente.

2. En este paso, se comparan los costos del nodo origen con todos los nodos que sean nodos B de los enlaces, en los cuales se tienen nodos A en el conjunto de nodos, para el cual se halla encontrado la mejor ruta de acceso. Esta información se vacía en la primera columna de la tabla. Los tiempos se calculan al agregar los tiempos de los enlaces a los tiempos de la ruta de mejor acceso desde el nodo origen (indicado por las etiquetas del nodo y en la tercera columna de la tabla). Enseguida, se selecciona el costo mínimo y la ruta mínima para el nodo-B del enlace encontrado. Se escribe este nodo en la lista, al igual que el nodo predecesor y el costo de viaje (desde el nodo origen) usados en la comparación. A continuación, se etiqueta el nodo alcanzado en la figura con el nodo predecesor y el costo. Si dos o más nodos tienen costos iguales desde el origen, se tratan ambos como en la parte antes mencionada. Si dos diferentes accesos tienen tiempos iguales, se incluyen ambos en la solución al indicar ambas alternativas de nodos predecesores.

3. Se continúa con el procedimiento especificado en el apartado número 2 hasta haber alcanzado el único nodo de destino de interés o cuando todos los nodos se hayan alcanzado, si se desea construir el árbol entero de ruta mínima.



Notas: (a) Red completa con nodos etiquetados para la ruta mínima desde el nodo 1. (b) Árbol de ruta mínima con nodo 1 como origen.

Fuente: Morlok (1978), p. 97.

**Figura 2.25. Ruta mínima desde el nodo 1 a todos los nodos**

**Tabla 2.11.- Ruta mínima de tiempo para la red con el nodo 1 como nodo origen**

Nodo	Nodo predecesor	Costo o tiempo desde el nodo 1, mín.
1	0	0
10	1	5
11	1	12
12	1	13
24	10	15
13	12	21
9	24	23
14	13	26
2	13	26
20	11	27
19	20	31
21	20	31
22	24	34
18	19	36
23	24	40
7	21	44
6	19	46
8	23	50
15	14	53
3	15	58
17	18	60
5	17	65
16	17	70
4	16	75

Fuente: Morlok, 1978, p. 98

Este tipo de información (tabla 2.11) con las características de una red que relaciona los movimientos entre todos los pares de nodos en la red puede presentarse con gran utilidad en forma de matriz. La matriz mostrada en la figura 2.26 es muy similar a la matriz de conexión, excepto que la información en las celdas corresponde a la deseada en la conexión entre los dos nodos especificados (Morlok K., 1978).

		Hacia el nodo								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Desde el nodo	1	0	26	58	75	65	46	44	50	23
	2	26	0	42	81	71	52	50	75	48
	3	58	42	0	52	62	74	80	107	80
	4	75	81	52	0	20	54	65	94	90
	5	65	72	62	20	0	44	55	84	80
	6	46	52	74	54	44	0	36	65	61
	7	44	50	80	65	55	36	0	55	51
	8	50	75	107	94	84	65	55	0	43
	9	23	48	80	90	88	61	51	43	0

Fuente: Morlok (1978), p. 100.

**Figura 2.26. Matriz de ruta mínima de tiempos para el nodo 1 a través del 9 en la red**

## 3 Metodología

---

### 3.1 Diseño del estudio

El diseño de este estudio se basó pensando en los componentes básicos que existen para trabajar en la ingeniería del transporte y planeación. En el caso de redes de transporte, se tomó en cuenta el análisis matemático realizado por programas de información geográfica y del transporte utilizando teoría de grafos, lo que implicó un estudio exhaustivo de los grafos aplicados en el transporte. Asimismo, se tomaron en cuenta los diferentes estudios disponibles para transportar personas de un origen a un destino, algunos de los cuales ya son aplicables a movilizaciones de personas en caso de emergencia.

A fin de empezar a entender el diseño del estudio, es necesario tener ciertas nociones básicas de cómo resolver un problema de transporte.

El problema del transporte (DARP, del inglés: *Dial-A-Ride problem*) consiste en la definición de un conjunto de rutas que satisfagan los requerimientos de transporte entre un conjunto de puntos de recogida y un conjunto de puntos de entrega (Masson, 2015).

El problema de recoger y entregar con una ventana de tiempo (PDPTW, por sus siglas en inglés) es una generalización del problema de rutear vehículos con una ventana de tiempo (VRPTW, por sus siglas en inglés), el cual se refiere a la construcción de rutas óptimas para satisfacer solicitudes de transporte (cada solicitud de recoger en un origen y entregar en un destino, en función de la capacidad del vehículo, la ventana de tiempo y la procedencia de la restricción). Además, cada ruta debe satisfacer pares o restricciones de pares porque el recoger y entregar ubicaciones para un cliente debe atenderse con el mismo vehículo.

Aunque se dispone de numerosos estudios que buscan resolver problemas de recoger y entregar, éstos no son tan generales como el VRPTW. La mayoría de los documentos que abordan el problema de recoger y entregar se concentran en el problema del transporte (DARP). Cuando la unidad de demanda es 1 (una persona), el problema estriba en definir cómo marcar un problema de transporte (DARP), el cual es un caso especial del problema sobre recoger y entregar.

Psaraftis (1985) estudió una simple marcación de un problema de transporte (DARP) y desarrolló un procedimiento de algoritmo exacto, basado en programación dinámica, para solucionar las versiones “estáticas” y “dinámicas” de un solo vehículo con capacidad conocida, muchos a muchos, que inmediatamente aborda el problema de transporte. La posición máxima de cambio de restricción fue

considerada en vez de la ventana de tiempo. El objetivo consistió en minimizar la total insatisfacción en términos de tiempo de espera y de transporte. A pesar del número de demandas fuera de menos 10, Psaraftis fue el primero en presentar un algoritmo para marcar un problema de transporte. Psaraftis revisó este algoritmo dinámico de programación, con algunas sencillas modificaciones, para tener en cuenta la versión de la ventana de tiempo del problema de un solo vehículo. También propuso un método heurístico basado en el algoritmo del árbol de expansión mínima para solucionar el problema euclidiano de transportar personas para solo un vehículo de muchos a muchos sin ni una restricción de ventana de tiempo.

Ahora, respecto al “problema de transporte”, el cual se utiliza en TransCAD para resolver los escenarios de este proyecto, el mismo vuelve a identificar la forma más eficiente para dar servicio a ciertos destinos desde ciertos orígenes.

Un pequeño ejemplo es una compañía que necesita entregar mercancía al por menor a dos almacenes. Cada almacén tiene algunos suministros de producto, y cada tienda requiere la entrega de cierto volumen de producto (la demanda). Cada almacén podría proveer mercancías a cualquier número de tiendas. También es posible que algunas tiendas reciban algunas mercancías de más de un almacén. Además, el costo del servicio de una tienda en particular desde cada almacén es diferente, porque la distancia viajada es diferente.

El procedimiento del problema de transporte soluciona este tipo de asunto para encontrar la mejor solución a fin de enviar un solo producto desde múltiples orígenes a múltiples destinos. El costo puede expresarse en términos de distancia, tiempo de viaje, costo del envío, o cualquier variable definida por el usuario. A diferencia del problema de coincidencia bipartida, es posible dar servicio a cualquier número de destinos desde un solo origen, o múltiples orígenes pueden servir a un solo destino.

TransCAD resuelve el problema de transporte para casos donde el suministro y la demanda son iguales, el suministro excede la demanda, o la demanda excede el suministro.

El problema de transporte a menudo recibe el nombre de “Problema de transporte de Hitchcock”, en honor de F. L. Hitchcock, una de las primeras personas que formularon originalmente el problema en 1941.

Para el estudio concreto de la ciudad de Villahermosa se recolectó información acerca de los siguientes elementos:

- Parque vehicular de autobuses para pasajeros en Tabasco.
- Ubicación geográfica de todas las escuelas en el estado de Tabasco
- Ubicación de todos los templos religiosos que fungieron como albergues en 2007.
- Polilíneas de la red vial municipal de Villahermosa.
- El INIT de Tabasco 2010.

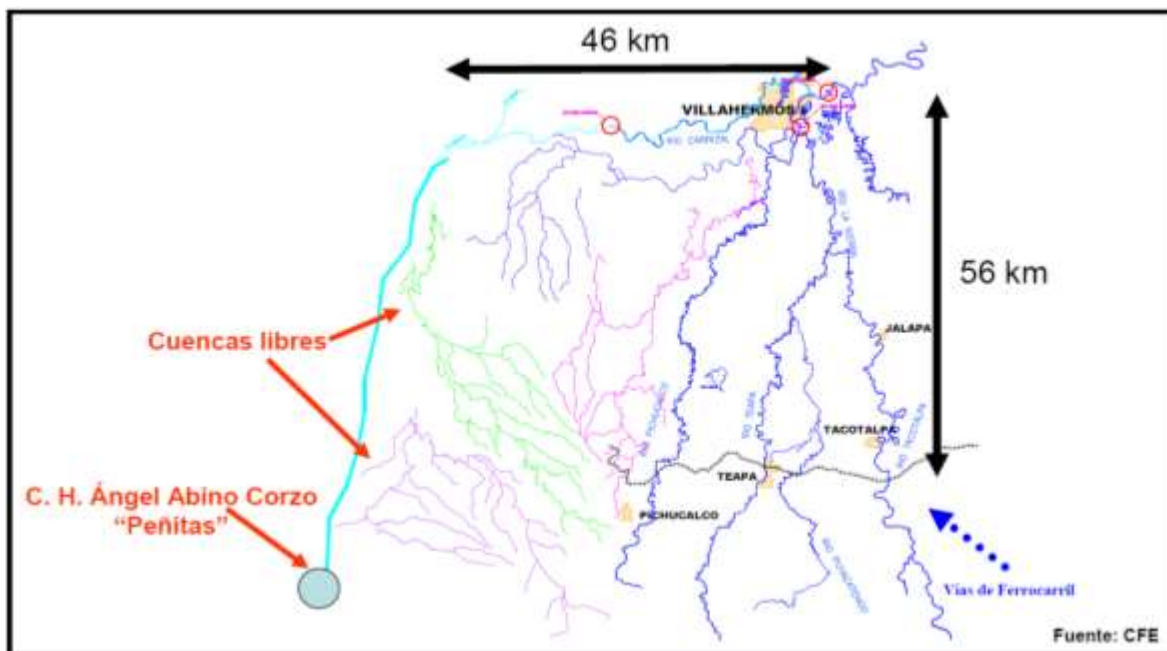
El estudio se diseñó con el fin de obtener información acerca de qué rutas tomar, además de cómo colocar a la población de muy alto riesgo en los centros de refugio o albergues más cercanos, con el fin de obtener un tiempo global de cuánto se tardaría en evacuar a las personas desde que se inicia una alerta interna entre las autoridades, que posteriormente avisan a las organizaciones del transporte público masivo de la ciudad hasta cuándo realmente se inicia la evacuación de los puntos de muy alto riesgo en la red de transporte de la ciudad de Villahermosa.

A pesar de contar con información actualizada del sensor ASTER japonés, proporcionados por la USIG-IMT de los niveles de la ciudad de Villahermosa —que podría tomarse como justificación para realizar un nuevo estudio de riesgos—, se utilizó la información proporcionada por el municipio Centro. La razón obedece a que ellos habían hecho un estudio exhaustivo mediante un modelo digital de elevación generado a partir de un sensor llamado LIDAR, en conjunto con una recopilación de información acerca de la sociedad vulnerable y más expuesta a inundaciones para la clasificación de riesgos de la ciudad desde el 2008. Por cuestiones de tiempo, en el periodo de esta investigación, no es posible hacer un estudio de riesgos por inundaciones que permita crear, en conjunto con el modelo digital de elevación proporcionado por la USIG-IMT, una nueva clasificación de riesgos para la ciudad.

## **3.2 Universo de trabajo y muestra**

Cerca de Villahermosa se definen cinco subcuencas: Tacotalpa, Puyacatengo, Teapa, Pichucalco y Carrizal, que se muestran en la figura 3.1. Según señala el PHIT (2008), esta área de estudio se forma considerando los 56 km registrados en línea recta desde las vías de ferrocarril hasta la zona urbana de Villahermosa, y los 46 km perpendiculares desde la bifurcación del río Samaria-Carrizal hasta la zona en estudio.





Fuente CFE, citada en el PHIT, 2008.

**Figura 3.1. Subcuencas con influencia en la zona de estudio**

Para efectos de los análisis de flujo permanente y no permanente en los ríos Tacotalpa, Puyacatengo, Teapa y Pichucalco, se consideraron como frontera aguas arriba las vías de ferrocarril, al estar las estaciones hidrométricas (EH) muy cerca del cruce con el cauce mismas que se utilizaron para los análisis hidrológicos.

Para el caso del río Carrizal, se tienen las aportaciones de la cuenca hidrográfica (CH) Peñitas y las cuencas libres. Asimismo, se consideró como la condición de frontera aguas arriba la estructura de control sobre el mismo río Carrizal.

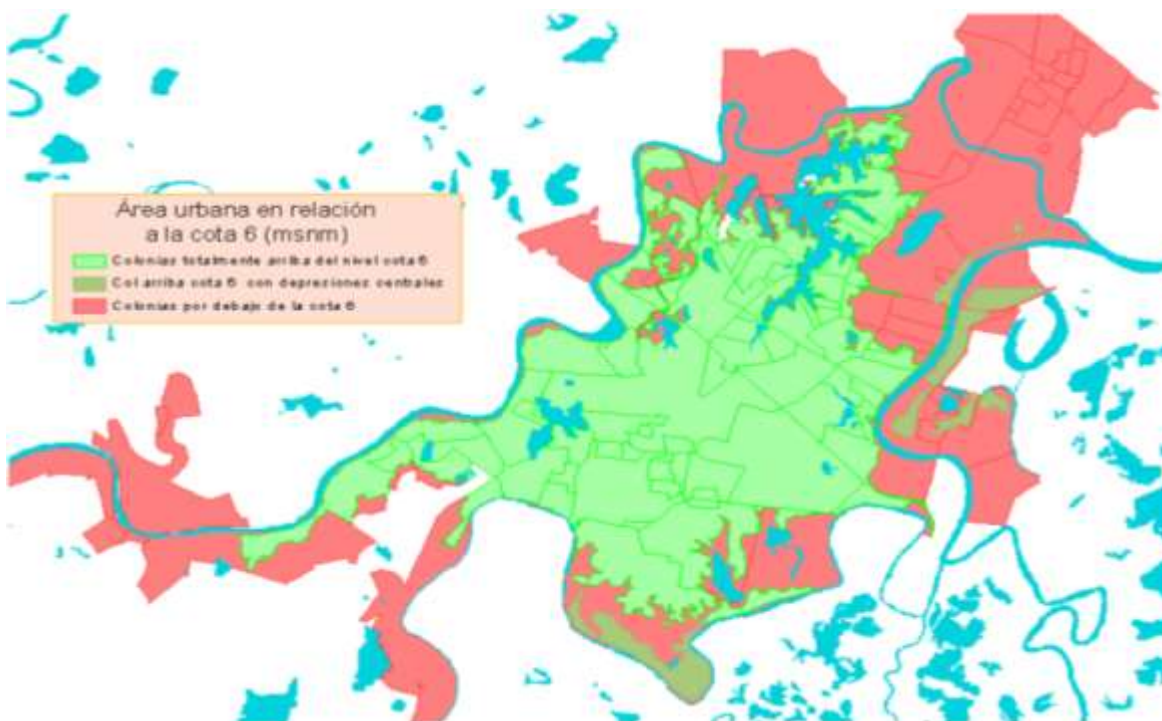
### 3.3 Análisis de altitudes

La ciudad de Villahermosa se encuentra ubicada en una importante escala topográfica: se tienen cotas de 4 y de más de 25 msnm, que en la entidad no son fáciles de encontrar.

De acuerdo con los avances de los análisis de riesgo que pueden causar las corrientes que circundan la ciudad, se considera que después de varias acciones de protección la ciudad podrá tener importantes niveles de seguridad después de la cota de 6 msnm.

En el análisis objeto del presente trabajo, se consideran las zonas ubicadas por debajo de la cota de 6 msnm, como se aprecia en la figura 3.2, y que serán las

zonas que requieren de mayor protección en la ciudad para efectos de riesgo hidrometeorológico.



Fuente: PHIT, 2008

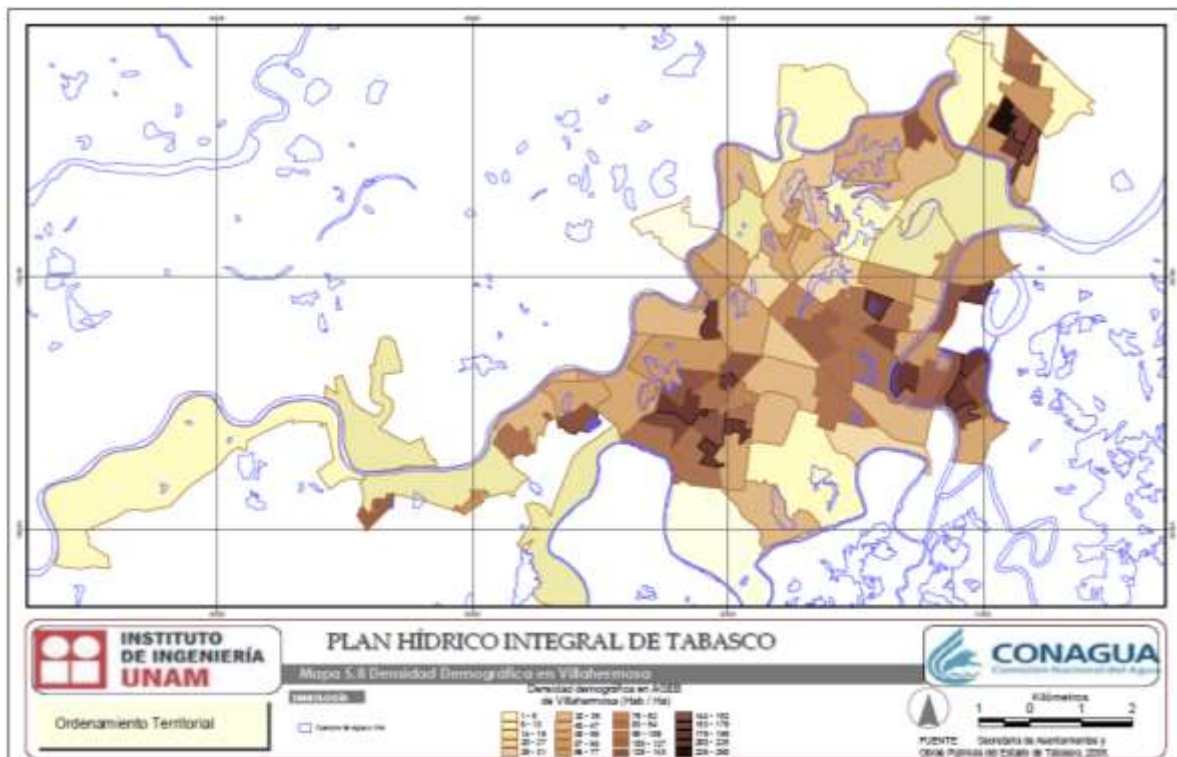
**Figura 3.2. Áreas de Villahermosa ubicadas por debajo de la cota de 6 msnm que requieren protección**

Los mismos resultados se concentran en la tabla 3.1, donde se observa la superficie que corresponde a cada clasificación. De acuerdo con la tabla citada, el 48.89 por ciento de la superficie urbana de la ciudad se ubica bajo la cota mencionada, lo que requerirá de medidas de protección especial con un programa adecuado de manejo de corrientes que provengan de la zona de la montaña y de las presas.

**Tabla 3.1.- Superficie de la zona urbana bajo la cota 6**

Posición	Ha	Habitantes	Porcentaje
Arriba cota 6	3152.776	174,716	51.11
Arriba cota 6 (con depresiones rodeadas por bordos)	192.332		
Bajo de la cota 6	4183.78	167,084	48.89
Total general	7528.888	341,800	100

Fuente: PHIT, 2008



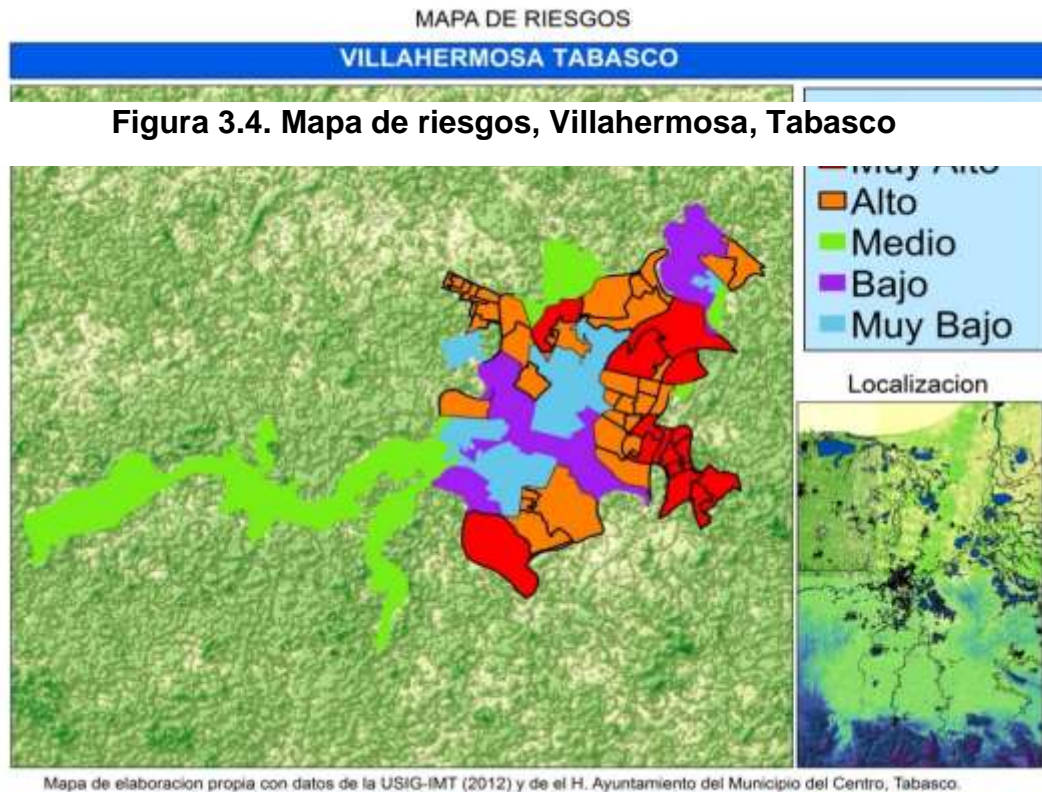
Fuente: PHIT, 2008.

**Figura 3.3. Mapa de densidad de población en la ciudad de Villahermosa. Adaptado de INEGI-AGEBs, 2008.**

En la figura 3.3. anterior, podemos observar la densidad demográfica de Villahermosa a través de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) que integran la ciudad. Con color más claro, la densidad fluctúa entre 0 a 5 hab/ha, mientras que en los colores más intensos, la densidad es mayor que 200 hab/ha; la densidad promedio de toda la zona urbana es de 49 hab/ha.

### 3.4 Operatividad de variables

Las variables manejadas en este proyecto son tres, a saber: a) la población en cada uno de los puntos de reunión, b) la cantidad de personas que es posible albergar en un refugio, los cuales se miden en cantidades de personas, pero el problema de transporte exige resolverlo en cuestiones de “menor costo”, en este caso de “menor tiempo”, por lo que existe una última variable: c) el tiempo, que es el menor costo de llevar una población de un punto de reunión a un albergue. Una vez planteadas estas ideas, es posible obtener resultados en términos del tiempo, aunque primero hay que georreferenciar geográficamente, que es lo que se explica a continuación.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de USIG-IMT (2012), H. Ayuntamiento del Centro (2009) e Inegi (2012).

A fin de localizar la población a evacuar en caso inminente de desastre por inundación, se ubicaron las zonas de muy alto riesgo establecidas por el H. Ayuntamiento Municipio del Centro. Por lo regular estas áreas se encuentran en su mayoría debajo de la cota de 6 msnm. La población que se encuentra en la zona mencionada es de 58,458 personas (tabla 3.2). En el mapa de riesgos de la figura 3.4, se muestra su ubicación en la ciudad de Villahermosa.

**Tabla 3.2. - Colonias de Villahermosa, Tabasco, por nivel de riesgo (actualizada a 2010)**

CVEGEO	Colonias	Población	Densidad	Hectáreas	Riesgo
2700400011295	Fracc. Triunfo La Manga I	4903	115.598315	42.414113	Muy alto
2700400011331	Colonia Gaviotas Sur Sector San José	3312	128.947961	25.684780	Muy alto
2700400011346	Colonia Gaviotas Sur Sector San José	4585	179.725195	25.511170	Muy alto
2700400010920	Col. Gaviotas Norte Sector Explanada	4116	145.649424	28.259638	Muy alto
2700400011327	Col. Gaviotas Norte Sector Explanada	3661	173.643571	21.083418	Muy alto
2700400011276	Fracc. Triunfo La Manga III	3271	80.074367	40.849527	Muy alto
2700400010719	Colonia La Manga II Etapa	7231	82.528686	87.618019	Muy alto
2700400011914	Colonia Gaviotas Sur Armenia	2570	160.586369	16.003849	Muy alto
2700400011929	Colonia Gaviotas Sur Armenia	4864	58.528692	83.104539	Muy alto
2700400011933	Colonia Gaviotas Sur Armenia	997	116.919768	8.527215	Muy alto
2700400012560	Colonia Gaviotas Sur Armenia	2319	49.606355	46.748043	Muy alto
2700400012575	Colonia Gaviotas Sur Armenia	1989	24.031330	82.766956	Muy alto
270040001105A	Col. Casa Blanca 2da. secc.	6238	24.397426	255.682715	Muy alto
2700400011628	Col. José Ma. Pino Suárez (Tierra Colorada) I Etapa	3203	29.317122	109.253560	Muy alto
2700400011543	Col. Casa Blanca 1ra. secc.	2483	15.911038	156.055186	Muy alto
2700400011153	Col. Sabina	2716	8.472632	320.561560	Muy alto
	TOTAL	58458	1393.938251	1350.124288	

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014, con datos del HAMC (2009), Google Earth (2012) e Inegi (2010).

Después se ubican los puntos de reunión a utilizar en las zonas de muy alto riesgo mencionadas en función del número de habitantes por manzana, de acuerdo con las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) del Inegi (2012), que establecen que, por cada 250 personas en una AGEB, se colocará un punto de reunión, es decir en razón de la densidad de población del área de estudio.

Por último, se ubican los albergues o refugios, que corresponderán a las escuelas ubicadas en una zona no inundable (información obtenida a través de la Secretaría de Educación Pública [SEP]).

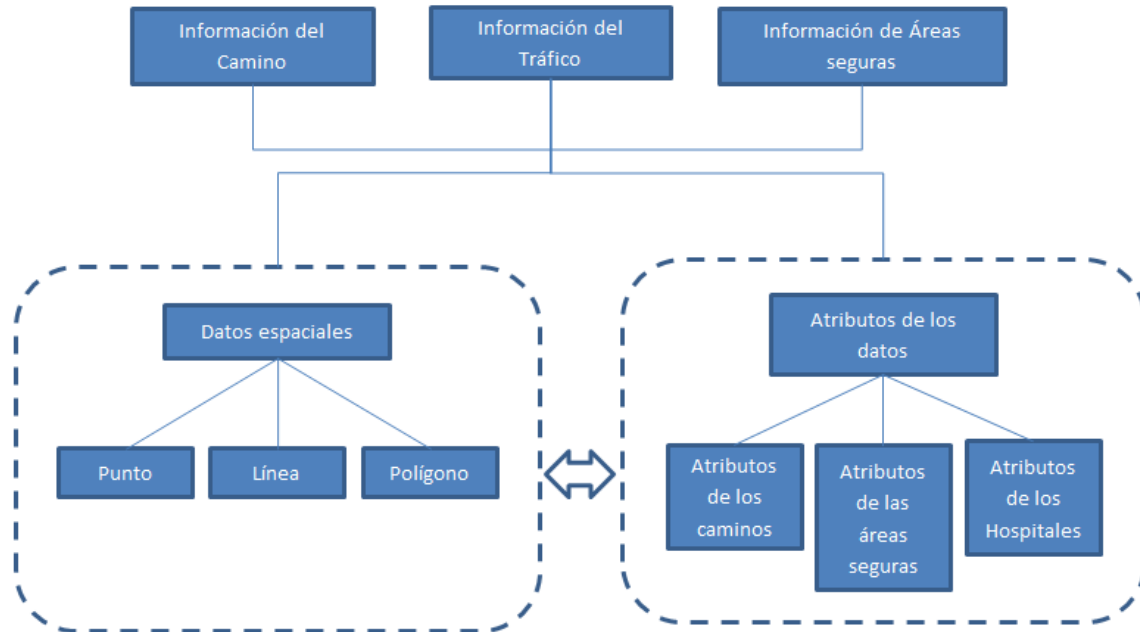
Al terminar el trabajo se ubicaron 234 puntos de reunión en las zonas de muy alto riesgo donde se pueden reunir 58,500 personas, junto con 276 refugios ubicados en zonas de muy bajo y bajo riesgo en caso de inundación, con una capacidad para albergar a 70,638 personas.

### **3.5 Instrumentos de investigación**

En años recientes, numerosos estudios se han llevado a cabo en el campo de la planeación de evacuaciones en los que se examinan diferentes métodos con distintas perspectivas, como comportamiento de los evacuados, control de tráfico, selección de áreas seguras, e identificación de las rutas de evacuación. La planificación de la evacuación debe involucrar aspectos como la posición de áreas seguras para el traslado de los evacuados, las ubicaciones de los hospitales para transferir a los posibles heridos, y la determinación de rutas de los lugares del incidente hacia áreas seguras, junto con la habilidad para minimizar sobre todo el tiempo requerido para el proceso de la evacuación completa.

Debido a la naturaleza geográfica del proceso de evacuación, se han empleado ampliamente sistemas de información geográfica (SIG) en el campo de la planificación de evacuaciones. Estos sistemas ofrecen una colección espacial de datos relacionada con administración, operaciones, análisis, simulación y vista, así como el análisis de estos datos usando modelos geográficos con el apoyo de computadoras y software. Por otro lado, los SIG aportan con gran oportunidad información geográfica dinámica espacial para construir sistemas de cálculo en favor de una investigación geográfica y servicios favorables para la toma de decisiones. Además, el mayor atractivo de los SIG para muchos radica en que son intuitivos y cognitivos. Esto combina una poderosa visualización del ambiente con una sólida capacidad analítica y marcos de modelación que tienen sus raíces en la ciencia de la geografía.

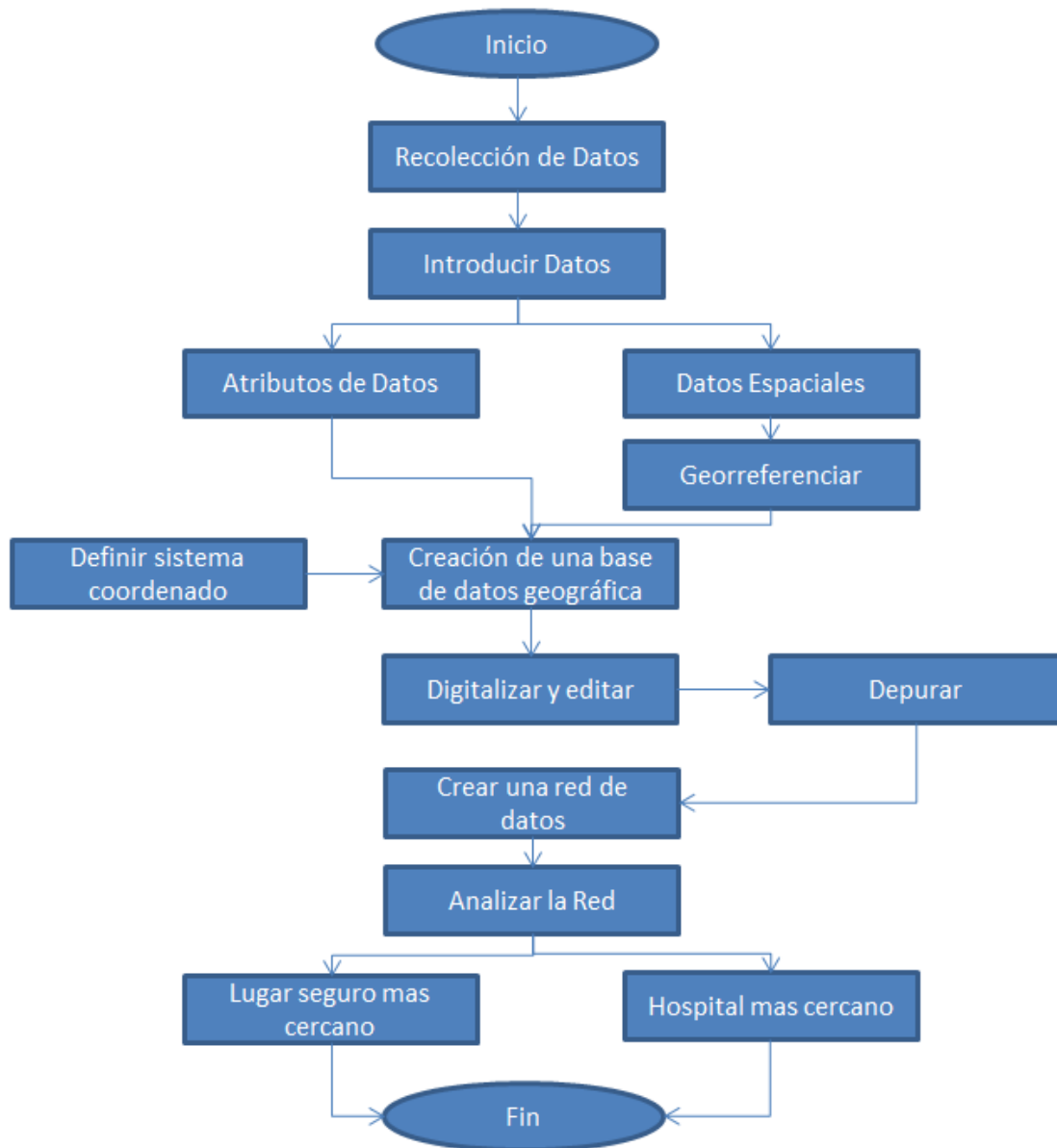
Los datos asociados con el proceso de la planificación de evacuación constan, obviamente, de datos geográficos, los cuales consisten en datos espaciales, que describen la referencia geográfica en la Tierra, como coordenadas y posiciones de sus características, y los atributos de los datos que describen las características geográficas como caminos y áreas seguras, y atributos de los hospitales. Los datos espaciales se describen como características de puntos, líneas, y polígonos en los software SIG, y se guardan con su información geométrica respectiva. Los datos de atributos se guardan y manejan a través de un sistema de manejo de base de datos (DBMS, del inglés: *Data Base Management System*). Al integrar información de caminos, tráfico, y áreas seguras, y datos geográficos, el sistema puede proveer a los responsables con la información relevante necesitada para tomar una decisión en el proceso de la planificación de la evacuación. Véase la figura 3.5 siguiente.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014), con datos de El-Heishy, Saleh y Asem (2012).

**Figura 3.5. Estructura de un sistema de evacuación**

Una situación de evacuación es un proceso de tiempo crítico, por lo que debe abordarse con precisión y rapidez. Para lograr la meta de una metodología de evacuación, deben considerarse algunos factores como: 1) seleccionar áreas seguras para trasladar a los evacuados; 2) elegir la ubicación de hospitales adonde transferir a los heridos; 3) determinar las rutas de evacuación desde el lugar del incidente hacia las áreas seguras seleccionadas, y 4) minimizar el tiempo requerido para completar el proceso de evacuación. En la figura 3.6 siguiente, se muestra un diagrama de flujo de la metodología que sirvió de base para el estudio de este proyecto, utilizando el programa ArcMap.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de El-Heishy, Saleh y Asem, 2012.

**Figura 3.6. Diagrama de flujo de la metodología usada en ArcMap**

Entre los instrumentos de investigación utilizados para recopilar la información se cuenta software de información geográfica y del transporte con el objeto de analizar los datos desde una perspectiva geográfica, además de simular qué pasaría en la movilización de emergencia iniciando como punto de partida en los puntos de reunión. Otro instrumento utilizado fue la calculadora de evacuaciones desarrollada por Víctor Fraide para determinar tiempos de evacuación de los distintos escenarios aquí planteados. A continuación se explica brevemente la función de cada software.



### 3.5.1 ArcMap

ArcMap es el programa que permite representar el espacio donde se visualizan y exploran los datos de información geográfica del área de estudio, que asigna símbolos, y donde se crean los diseños de mapa a imprimir o publicar. Se trata, también, de una aplicación utilizada para crear y editar información geográfica.

ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes son el marco de datos, que contiene las capas cartográficas para una extensión determinada, más la barra de escala, la flecha de norte, el título, texto descriptivo, una leyenda de símbolos, etc.

Tareas habituales realizadas en ArcMap

Aplicación principal de ArcGIS, ArcMap se utiliza para realizar muchas de las tareas habituales de SIG, así como otras especializadas, específicas del usuario. A continuación, se enumeran algunos flujos de trabajo habituales que se pueden realizar:

- **Trabajar con mapas:** Puede abrir y utilizar documentos de ArcMap para explorar información, desplazarse por los documentos cartográficos, activar y desactivar capas, realizar consultas en entidades para acceder a todos los datos de atributos que forman parte del mapa, y visualizar la información geográfica.
- **Imprimir mapas:** Con ArcMap puede crear mapas muy sencillos o cartografía compleja con calidad de impresión.
- **Compilar y editar conjuntos de datos SIG:** ArcMap ofrece uno de los métodos principales que los usuarios emplean para automatizar los conjuntos de datos de la base de datos geográficos. ArcMap admite la edición completa de funciones escalables. Puede seleccionar capas en el documento cartográfico para editarlas, y las entidades nuevas y actualizadas se guardan en el conjunto de datos de la capa correspondiente.
- **Utilizar geoprocésamiento para automatizar el trabajo y realizar análisis:** SIG es visual y analítico. ArcMap tiene la capacidad de ejecutar cualquier modelo o scripts de geoprocésamiento, así como de ver y trabajar con los resultados mediante la visualización de mapas. El geoprocésamiento se puede utilizar para realizar análisis y automatizar muchas tareas rutinarias, por ejemplo la generación de libros de mapas, la reparación de vínculos de datos rotos en una colección de documentos de mapa, y el procesamiento de datos SIG.
- **Organizar y administrar bases de datos geográficos y documentos de ArcGIS:** ArcMap cuenta con la herramienta *Catálogo*, en la que puede organizar todos los conjuntos de datos y bases de datos geográficos SIG, documentos cartográficos y otros archivos de ArcGIS, herramientas de geoprocésamiento, y muchos otros tipos de información SIG. En la

herramienta *Catálogo* también puede configurar y administrar esquemas de bases de datos geográficos.

- **Publicar documentos de mapa como servicios de mapas mediante ArcGIS Server:** El contenido de ArcGIS cobra vida en Internet, mediante la publicación de la información geográfica como una serie de servicios de mapas. ArcMap proporciona una sencilla experiencia al usuario para publicar documentos de mapa como servicios de mapas.
- **Compartir mapas, capas, modelos de geoprocésamiento y bases de datos geográficos con otros usuarios:** ArcMap cuenta con herramientas que facilitan las tareas de empaquetar conjuntos de datos SIG y compartirlos con otros usuarios. Además, ofrece la posibilidad de compartir mapas y datos SIG mediante ArcGIS Online.
- **Documentar la información geográfica:** Uno de los objetivos clave de las comunidades de SIG consiste en describir su información geográfica, de forma que ayude a documentar sus proyectos, así como a realizar consultas y compartir los datos. Utilizando la ventana *Catálogo* puede documentar todo el contenido de SIG. En el caso de organizaciones que utilizan metadatos basados en estándares, los conjuntos de datos se pueden documentar mediante el editor de metadatos de ArcGIS.
- **Personalizar la experiencia del usuario:** ArcMap incluye herramientas de personalización. Ofrece la capacidad de escribir complementos de software para agregar nuevas funcionalidades, simplificar y mejorar la interfaz de usuario, y utilizar el geoprocésamiento para la automatización de tareas.

### **3.5.2 TransCAD**

TransCAD es el primer Sistema de Información Geográfica (SIG) diseñado específicamente para uso de profesionales del transporte para guardar, mostrar, manejar y analizar datos del transporte. TransCAD combina habilidades de modelación del transporte y SIG en una sola plataforma integrada, proveyendo habilidades que no están en conjunto en cualquier otro software. TransCAD puede utilizarse para todos los modos de transporte, a cualquier escala o nivel de detalle.

TransCAD tiene aplicaciones para todo tipo de datos del transporte y para todos los modos de transporte, y es ideal para construir información del transporte y sistemas de apoyo para decisiones.

## **3.6 Descripción de la elaboración del proyecto**

En este apartado se establecen los límites y alcances del presente proyecto en busca de resolver el problema de conocer concretamente cual será el área de estudio y las mejores facilidades para obtener la información a recabar.

### **3.6.1 Identificación de zonas de riesgo y clasificación**

A efectos de identificar y clasificar las zonas de riesgo, es preciso ubicar a las poblaciones que, de acuerdo con sus antecedentes por cuanto a inundaciones, son las que se inundan con más frecuencia. Para esta tarea, se toma en cuenta la cota de las poblaciones que más se inundan y se procede a su clasificación por niveles de peligro por inundaciones con respecto a su cota, además de hacerse un estudio de vulnerabilidad de la población por inundaciones con base en un análisis socioeconómico y sobre el tipo de construcciones para finalmente que todos estos datos en conjunto ayuden a determinar el nivel de riesgo.

### **3.6.2 Identificación de albergues en zonas seguras**

Se utiliza toda la información recabada acerca de las zonas inundadas para poder trazar polígonos de inundación, o se investiga acerca de polígonos de inundación de que el gobierno disponga ya para cotejar los polígonos de inundación con información que se refiere a la misma. Una vez georreferenciada y cotejada la información geoespacial del polígono de inundación en cuestión, se procede a identificar instalaciones escolares o de culto que hayan servido de refugio o albergue durante una inundación o que sean viables de utilizarse por su ubicación con respecto al polígono de inundación. Cada uno de estos albergues debe georreferenciarse para posteriormente poder analizarse en el estudio.

### **3.6.3 Identificación de tipos de vehículos**

Se investiga sobre el parque vehicular disponible en la zona de estudio que pudiera utilizarse en caso de inundación, por cuanto a tipo de vehículos y capacidad disponible de asientos para pasajeros.

### **3.6.4 Identificación de los puntos de reunión**

Se propone reunir a 250 personas por punto de reunión en la ciudad de Villahermosa.

### **3.6.5 Construcción de la capa de la red vial en ArcMap**

En archivos geográficos, se investiga información acerca de las redes viales ya construidas previamente, asegurándose de tener la información más actual. Esto puede llevar al hecho de estar trabajando con dos o más capas al mismo tiempo debido a que algunas de ellas complementan la información de otra, y así sucesivamente dependiendo de la escala del trabajo.

### **3.6.6 Verificación de concordancia de la topología de la red vial con la red actual**

Una vez construida la red vial, se procede a verificar que todas las vialidades donde se trabaje coinciden con la realidad o lo más cercano posible, para así poder imitar los flujos de transporte en la zona de estudio, por ejemplo, se corrobora que todos

los *cul-de-sac* (calles sin salida) efectivamente lo sean, y que los distribuidores viales e intersecciones imiten la dirección en que va el flujo o la forma en que trabajan en la ciudad.

### **3.6.7 Importación en TransCAD de la red vial, puntos de origen y destino generados en ArcMap**

Una vez actualizados la capa de la red vial, puntos de origen y destino en ArcMap, solamente se realiza la importación en TransCAD, es decir, se importa el archivo shape (.shp) a archivo geográfico (.dbf) a través del mismo TransCAD para poder analizar los datos en este mismo software.

### **3.6.8 Verificación de la conectividad de la capa de la red vial en TransCAD**

A pesar de estar seguros que la red vial está correctamente conectada, como segundo filtro para verificar la calidad de la capa de la red vial, se debe comprobar su conectividad, ya que este software está más especializado para detectar este tipo de errores.

### **3.6.9 Conexión de la capa de los puntos de reunión y albergues a la capa de la red vial**

Se utiliza una opción de una de las herramientas del TransCAD para poder conectar la capa de la red vial a los distintos puntos y así trabajar con los datos de puntos de reunión y albergues creados previamente.

### **3.6.10 Creación del archivo de red en TransCAD a partir de la capa de la red vial**

Se crea una red de la capa de la red vial, por ser ésta la forma de trabajar con TransCAD para analizar los datos.

### **3.6.11 Creación de la matriz de distancia a través de la red ya creada**

Se crea la matriz de distancia sobre la cual se resolverá el problema de transporte.

### **3.6.12 Creación de la matriz y tabla de flujos de transporte de autobuses a través de TransCAD**

Para esta tarea, se utiliza la opción de “The Transportation Problem” de la herramienta Routing/Logistics de TransCAD, que permite crear flujos de transporte a partir de puntos de origen y destino a través de la red vial.

### **3.6.13 Obtención de las direcciones de cada ruta de autobuses**

Las rutas se generan a través de TransCAD utilizando las matrices de flujos en los arcos.

### **3.6.14 Carga de matrices a una base de datos en MySQL**

A fin de crear una base de datos, se toman las matrices, que servirán como registros para trabajar posteriormente en la calculadora de evacuaciones.

### **3.6.15 Cálculo de los tiempos de evacuación, en la calculadora de evacuaciones (CE)**

Se introducen las variables necesarias para obtener los tiempos de evacuación. Esto se crea a través de un software creado por Víctor Manuel Fraide Arroyo, ingeniero en Tecnologías de la Información, de la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, quien, durante el desarrollo de esta investigación, colaboró para diseñar el algoritmo.

### **3.6.16 Creación del protocolo de evacuación**

Se establecen finalmente los tiempos de evacuación. A sugerencia de los autores, estos indicadores sirven como punto de partida del proyecto, aunque se acepta que esos tiempos tendrán que ser dinámicos y deberán ajustarse a los primeros experimentos o simulaciones que se desarrollen de manera subsecuente.

### **3.6.17 Diseño técnico y metodológico para el análisis de la información**

Para todos los datos de información geográfica presentados en este proyecto, se utilizó el sistema de coordenadas geográficas WGS84 que, según es.wikipedia.org (2012), permite localizar cualquier punto de la Tierra, sin necesitar otro de referencia, por medio de tres unidades dadas. Las siglas WGS84 provienen del inglés World Geodetic System 84, que significa Sistema Geodésico Mundial 1984.

Se trata de un estándar en geodesia, cartografía y navegación, que data de 1984, sometido a distintas revisiones (la última en 2004), y se considera válido hasta una próxima reunión (aún no definida en la página web oficial de la Agencia de Inteligencia Geoespacial). Se estima un error de cálculo menor que 2 cm, que sirve de base al Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Consiste en un patrón matemático de tres dimensiones que representa la Tierra por medio de un elipsoide, un cuerpo geométrico más regular que la Tierra, denominado WGS 84 (nótese el espacio). El estudio de éste y otros modelos que buscan representar la Tierra se llama Geodesia.

Toda la información geográfica recopilada estaba en formato “shape” (.shp) en su mayoría, lo que facilitó su manejo para visualizarse y analizarse en un software de

información geográfica (SIG) como ARCMAP y TransCAD (SIG para el Transporte). En los casos en que no se dispuso de archivos en formato shape, se utilizaron tablas de Excel en formato 97 (.xls), con información georreferenciada, para posteriormente convertirlos en archivos shape o unirlos a archivos con extensión shape. Para el caso del uso de archivos en TransCAD, todos los archivos de formato shape utilizados se importaron posteriormente a un “archivo geográfico” (*Geographic File*) de extensión “.odb”, que es lo que maneja el TransCAD para poder analizar los datos en una red.

La metodología antes descrita se resume en el diagrama de flujo de la figura 3.7.



Elaboración propia, Ramos E. (2013)

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.7. Algoritmo para el problema de transporte de una evacuación de emergencia**





## **4 Resultados**

---

En este capítulo, se muestran los resultados del modelo, esperando que sean de ayuda para las distintas ciudades de México expuestas a niveles elevados de riesgo, para que puedan diseñar esquemas de evacuación a través de transporte masivo de sus poblaciones.

### **4.1 Presentación de los resultados**

De los principales resultados esperados de este documento, ahora es posible saber de dónde podrían partir las evacuaciones y a dónde dirigirse, así como cómo y en qué tiempo se podría evacuar a las poblaciones de más alto riesgo. Esto se puede resumir en una idea central, para evacuación de poblaciones en zonas de muy alto riesgo de inundación, como se ilustra con el caso Villahermosa.

Los resultados preliminares de la investigación indican que, con una alerta oportuna, por amenazas hidrometeorológicas de alto impacto, sería posible implementar un sistema de transporte de emergencia previo a una emergencia inminente, para las poblaciones ubicadas en las zonas de muy alto riesgo de Villahermosa.

### **4.2 Planteamiento del problema**

El proyecto trata de ofrecer un mecanismo que resuelva el problema logístico de transporte de las zonas más vulnerables de la ciudad, hacia refugios o albergues identificados en este estudio, lo que permitiría conocer la ventana de tiempo que se necesita para desalojar las zonas potenciales de impacto, bajo condiciones de emergencia.

El trabajo implica la identificación de las zonas de muy alto riesgo, los refugios y albergues potenciales, el tipo de transporte masivo a utilizar, de acuerdo con las condiciones del parque vehicular disponible en la región de estudio, así como las rutas de escape y puentes críticos, lo que requeriría un control de tráfico central y condiciones de mantenimiento de mayor nivel, para evitar colapsos y cuellos de botella, con el consecuente caos urbano.

### **4.3 Identificación de las zonas de riesgo y su clasificación**

Al iniciar esta parte de la metodología se tienen que investigar los antecedentes históricos sobre los diferentes desastres históricos que han afectado a la ciudad de Villahermosa y comprobarlo con estudios previos que existan acerca de la ciudad. Se cotejan las cotas de nivel —en metros sobre el nivel de mar (msnm)— de la ciudad con la información encontrada previamente, para corroborar la certeza de la clasificación de riesgos hecha por el H. Ayuntamiento del municipio del Centro. Aunque se desconoce la precisión del modelo digital de elevación usado para la clasificación de riesgos de la ciudad de Villahermosa, se cotejó con el modelo digital de elevación del sensor ASTER proporcionado por la USIG-IMT con el fin de verificar si estas zonas pertenecían a los diferentes niveles de riesgos.

Al tener solamente la lista de colonias por tipo de riesgo desde el muy alto hasta el muy bajo, pasando por el alto, medio y bajo, estas listas se fueron depurando lo que hizo que las colonias que pertenecían a la categoría de alto a medio, solamente pertenecieran al nivel de riesgo alto, todo esto debido a un contraste en la cantidad total de personas y, por ende, la densidad registrada en una colonia no debía ser la misma para la clasificación de alto y medio riesgo, sino que debía ser diferente a pesar de pertenecer a la misma colonia. Por ello, se tomó en cuenta el nivel con el mayor grado de riesgo para cada colonia, aclaración planteada al H. Ayuntamiento del Centro para mejoras en el futuro a través del ITAIP.

Una vez depurada toda la información, se procedió a georreferenciar cada colonia de la ciudad de Villahermosa a través de Google Earth, con base también en datos del Inegi, así como en páginas como [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org), [www.PueblosdeAmerica.com](http://www.PueblosdeAmerica.com) y [www.citypopulation.de](http://www.citypopulation.de) para corroborar que coincidiera la ubicación exacta de todas las colonias.

Después de georreferenciar cada colonia y verificar su ubicación a través de distintas fuentes, se importaron desde el formato “.kml” de Google Earth hacia el formato “.shape” de ArcMap, para trabajarlas y unirlas a la capa de colonias del Inegi en su página oficial. En sus atributos, la población está actualizada al 2010; posteriormente se vincula la tabla del municipio depurado sobre el nivel de riesgo de cada colonia con esta capa para finalmente poder visualizar en vista de planta la clasificación hecha por el municipio del Centro.

Como ya está actualizada toda la información al 2010, entonces es posible saber cuántas personas aproximadamente se encuentran por cada clasificación de riesgos en la ciudad. Por último, se decidió trabajar con la población de muy alto riesgo de la ciudad de Villahermosa, para acotar el problema de transporte en aras de una movilización de emergencia.

## 4.4 Identificación de los albergues en zonas seguras

A efectos de llevar a cabo esta tarea, se recopiló información acerca de los polígonos de inundación del año 2007 de la Conagua y el gobierno de Tabasco. La primera proporcionó imágenes de la inundación de Tabasco a partir de un radar de la empresa alemana Terrasar-X, unidas con imágenes satelitales del SPOT5, y proporcionó también los polígonos de inundación en formato shape. El segundo compartió una imagen en formato pdf del polígono de afectación de la inundación del mismo año. El polígono de afectación no parecía concordar del todo con el polígono de inundación generado por la Conagua, pero aun así se tomó en cuenta ya que sí guardaba cierta concordancia para la ciudad de Villahermosa. El archivo pdf del polígono de afectación del gobierno de Tabasco se georreferenció, y a partir de éste se generó un polígono en formato shape solamente del municipio del Centro.

Asimismo, se generaron curvas de nivel a partir del sensor japonés ASTER a cada metro —desde 3 hasta 25 metros sobre el nivel del mar— del estado de Tabasco, a partir de lo cual se tomaron en cuenta los niveles de 3 a 7 metros sobre el nivel del mar, para identificar si éstas coincidían de cierta forma con los polígonos de inundación, conseguidos anteriormente, que denotan las zonas inundadas.

A través del ITAIP, se solicitó a la SEP la información georreferenciada de todas las escuelas del estado de Tabasco con la capacidad para albergar personas. La dependencia proporcionó la información georreferenciada con la cantidad de alumnos por escuela, así como cuáles de ellas fungieron como albergues en la inundación de 2007. El dato para conocer la capacidad saber cuántas personas podía albergar por escuela se tomó como si fuera la capacidad de alumnos por escuela.

Se solicitó a la CGAR (2012) información georreferenciada de las diferentes iglesias y templos, que fungieron como albergues durante la inundación de 2007, con su capacidad para albergar personas; la dependencia proporcionó una lista de las iglesias y templos que sirvieron de albergue, con su capacidad para albergar personas, pero no estaba georreferenciada, por lo que se procedió a dicha tarea en Google Earth. Posteriormente se importaron los archivos “.kml” a formato “shape” para poderlos trabajar en ArcMap, y así agregar a cada uno su capacidad a través de la tabla de atributos.

Una vez georreferenciadas las escuelas, iglesias y templos, se les unió en una sola capa para trabajarlos solamente como la capa “Albergues”.

Enseguida, se activa la capa de polígonos de curvas de nivel a partir del MDE del sensor ASTER, junto con la capa “Albergues”, y se verifica que ningún albergue se encuentre dentro de estos polígonos que representan de 3 a 7 msnm (el que se encuentre dentro de estos niveles será eliminado). Se verifica, asimismo, que no quede ningún albergue en las zonas de muy alto y alto riesgo; de lo contrario, se descarta.

Finalmente, se desactiva la capa de “polígonos de curvas de nivel” y se mantiene activa la de albergues, para luego activar la capa de polígono de afectación 2007 y del polígono de inundación del 2007, y se verifica que ningún albergue entre dentro de estos polígonos, de lo contrario deberá eliminarse.

Como regla general (figura 4.1), los albergues deben cumplir lo siguiente para servir de albergue en una inundación:

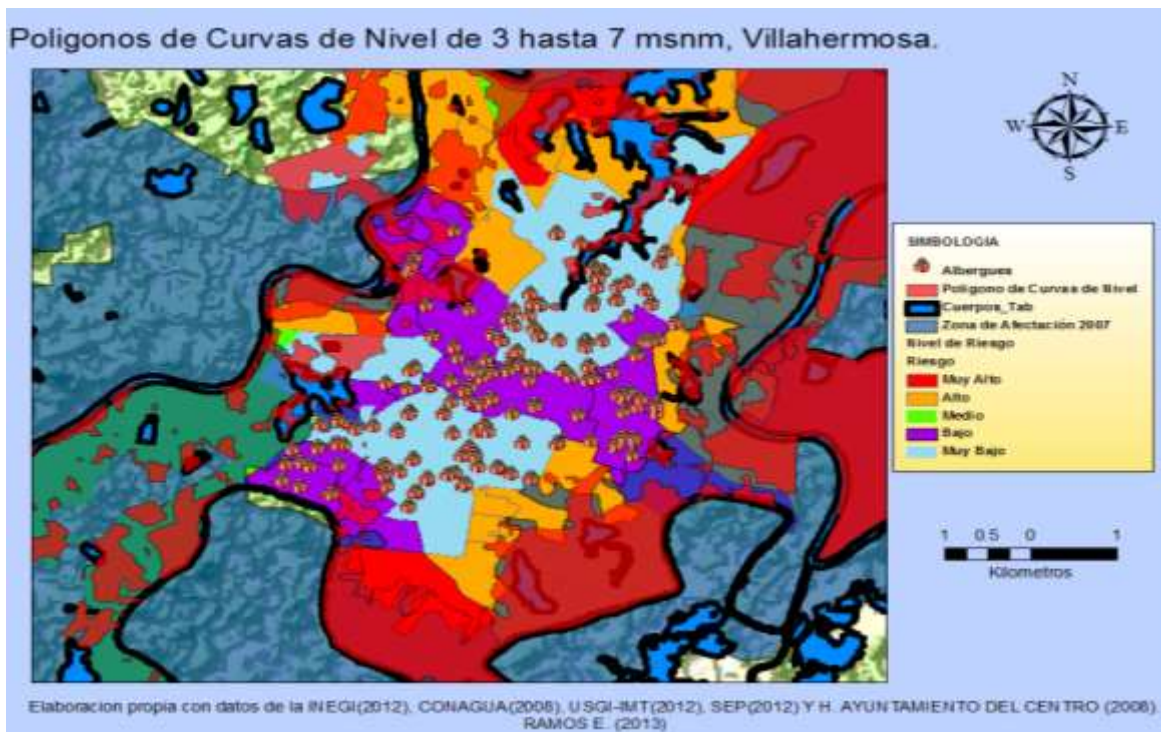
- No estar localizados en una zona de afectación.
- No ubicarse en niveles de 3 a 7 msnm.
- No estar en zonas establecidas de riesgo muy alto y alto.

Estar ubicado en cualquiera de estas zonas o polígonos podría poner en riesgo a las personas, y en la figura 4.2 se muestran las zonas consideradas en este análisis.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.1. Criterios para descartar albergues**



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014), con datos de Inegi (2012), Conagua (2008), USIG-IMT (2012), SEP (2012) y H. Ayuntamiento del Centro (2008).

**Figura 4.2. Polígonos de curvas de nivel de 3 hasta 7 msnm**

De la determinación de la cantidad de albergues a través de esta metodología, resulta la siguiente tabla 4.1.

**Tabla 4.1.- Cantidad de albergues ubicados en zonas seguras**

Albergues seguros	Cantidad	Capacidad
Escuelas y templos	276	70638

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de la SEP (2012).

## 4.5 Identificación de los tipos de vehículos disponibles en la localidad

Se solicitó a la Secretaría de Planeación y Finanzas del estado de Tabasco la cantidad de autobuses para pasajeros de que se dispuso en el estado en 2012, así como de combis y taxis especiales. También se solicitó a la SCT (2012) la cantidad y capacidad de los vehículos denominados “Transbus”, para saber si la información concordaba con la obtenida de Planeación y Finanzas. Esto es fundamental para entender acerca de la infraestructura disponible en el municipio del Centro, que serviría como apoyo para movilizar por emergencia a la población en zonas de muy alto riesgo de la ciudad.

A continuación se muestran las tablas 4.2, 4.3 y 4.4, obtenidas bajo estos criterios:

**Tabla 4.2.- Cantidad de camiones para pasajeros en el municipio del Centro.**

TIPO	CANTIDAD	ASIENTOS
AUTOBÚS	451	45
MICROBÚS	146	32
MINIBÚS	69	27
OMINIBÚS	380	40
TOTAL	1046	

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de la Secretaría de Planeación y Finanzas (2013) y la SCT (2014).

**Tabla 4.3.- Radiotaxis especiales en el municipio del Centro**

TIPO	CANTIDAD	ASIENTOS
RADIOTAXIS ESPECIALES	10	4

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de la SCT (2014).

**Tabla 4.4.- Cantidad de combis en el municipio del Centro**

TIPO	CANTIDAD	ASIENTOS
PARTICULAR	885	13
PÚBLICO	367	13
TOTAL	1,252	

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, con datos de la Secretaría de Planeación y Finanzas (2014).

## 4.6 Identificación de los puntos de reunión

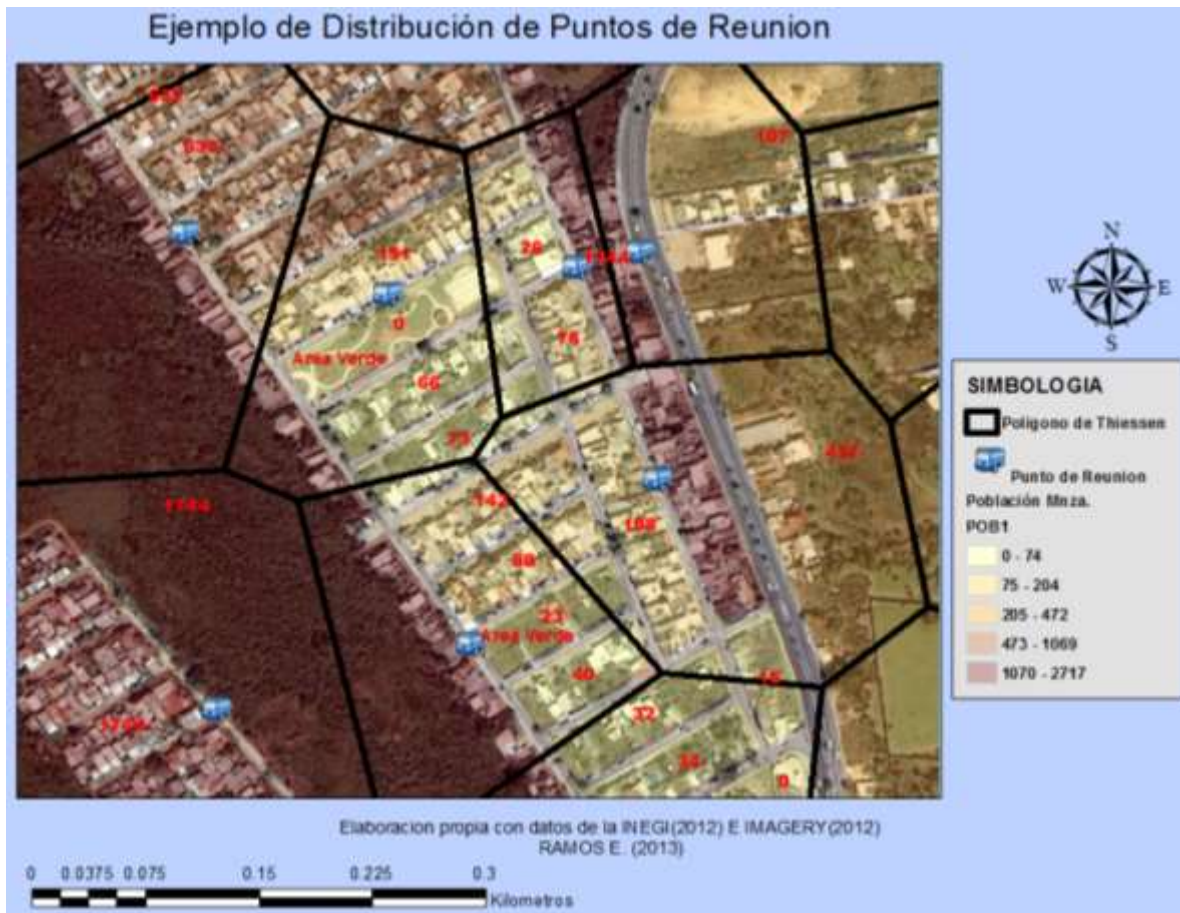
Se propone reunir hasta 250 personas por punto de reunión en la ciudad de Villahermosa, utilizando dos autobuses, con capacidad de 45 personas cada uno, para cada punto de reunión, y con ello evitar mayores concentraciones de personas en un solo punto. Ello permitirá atenuar las crisis emocionales durante la evacuación, incluyendo el hecho de evitar largas filas para abordar los autobuses, cuando no puedan ser evacuados a tiempo. También se tendrá que lidiar con aquellos casos en donde las personas se resistan a ser evacuadas.

Estos puntos de reunión se localizaron utilizando el criterio de mayor densidad poblacional de las propias colonias, considerando distancias de hasta 8 minutos de marcha, dentro del perímetro de estas poblaciones. Se consideraron prioritarias las zonas con parques o áreas verdes, que funcionarán como centros de recolección de personas que deberán evacuar. Esta idea se resume en la figura 4.3 y se presenta un ejemplo en la figura 4.4.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.3. Propuesta de colocación de puntos de reunión**



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.4. Ejemplo de distribución de puntos de reunión**



## 4.7 Construcción de la capa de red vial en ArcMap

A efectos de construir la red vial de la ciudad de Villahermosa, se recopiló la información existente por el Inegi (2012) que contiene las polilíneas de la red vial municipal de Villahermosa y el INIT de Tabasco 2010, proporcionados por la USIG-IMT, que contiene las vías federales de la ciudad a mayor detalle. Estas capas se unieron y, donde se sobreponían, se daba preferencia a mantener la capa del INIT, ya que tiene mayor detalle y más atributos.

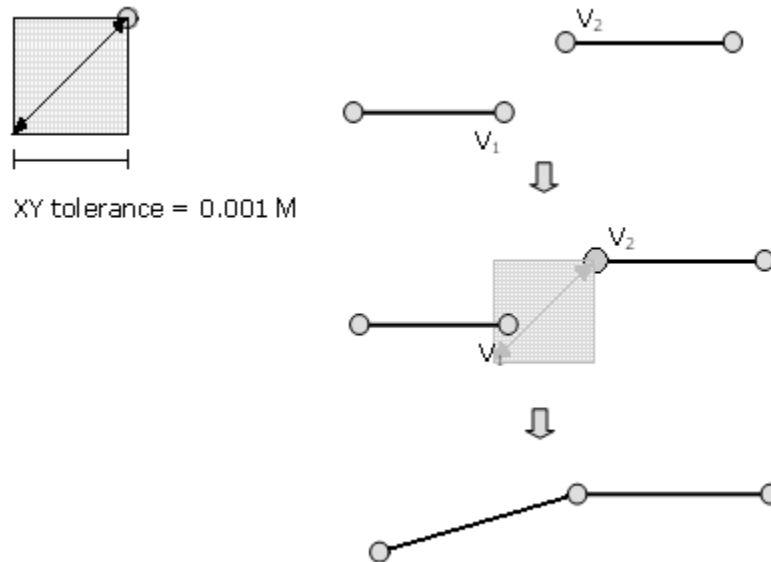
## 4.8 Verificación de concordancia de la topología de la red vial con la red actual

Se verificó que la capa final de la red vial estuviera totalmente unida. En este caso, al no contar con imágenes satelitales actualizadas de la ciudad de Villahermosa, se exportó la red vial en formato “shape” a formato “kml” de Google Earth para poder verificar que todos los arcos de la capa coincidieran con la realidad y, en donde faltasen arcos, se crearían nuevos. Para las partes de la ciudad donde se modificaron y agregaron arcos a la red vial, primero se tuvo que tomar imágenes de pantalla desde Google Earth, de la zona donde se haría la modificación para posteriormente georreferenciarla, agregarla al cuadro de contenido en ArcMap y editar los arcos que fueran necesarios de la capa de la red vial.

## 4.9 Procesamiento *cluster*

Para un mejor entendimiento de la idea, en esta sección se explica el procesamiento *cluster*: la creación de relaciones topológicas implica analizar la ubicación de las coordenadas de los vértices de entidad entre aquellas de la misma clase, así como entre las clases de entidad que participan en la topología. Se supone que los que están dentro de una distancia determinada de otros representan la misma ubicación y tienen asignado un valor de coordenadas común.

Una tolerancia *cluster*, cuyo ejemplo se ilustra en la figura 4.5, se utiliza para integrar los nodos. Todos los nodos dentro de la tolerancia *cluster* pueden moverse ligeramente en el proceso de validación. La tolerancia *cluster* predeterminada se basa en la precisión definida para el conjunto de datos. La tolerancia *cluster* predeterminada es 0.001 metros en unidades del mundo real, lo que significa 10 veces la distancia de la resolución x,y (que define la precisión numérica usada para almacenar las coordenadas).

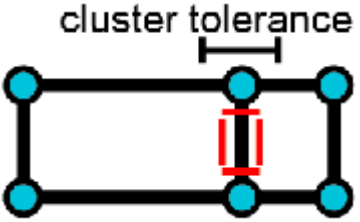
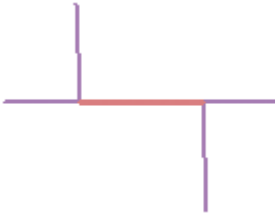


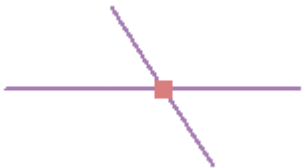
Fuente: [www.help.arcgis.com](http://www.help.arcgis.com)

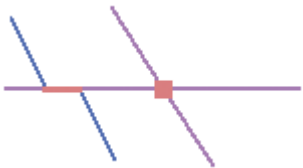
#### Figura 4.5. Ejemplo de condición *cluster* en un conjunto de datos


Una vez actualizada toda la capa de la red vial en ArcMap, se procede a crear una base de datos georreferenciada (*geodatabase*) y un conjunto de datos con atributos (*feature dataset*), a la cual se agregará la capa de la red vial para verificar la topología de la red a través de la extensión “Topology” de ArcMap, con base en las siguientes reglas mostradas en la tabla 4.5.

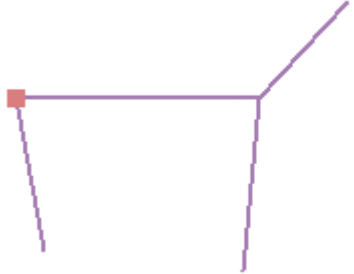
Tabla 4.5.- Reglas topológicas para líneas (aplicación en capas de redes viales)


Regla topológica	Descripción de la norma	Posibles soluciones	Ejemplos
<p><b>Debe ser mayor que la tolerancia cluster</b></p>	<p>Es necesario que una entidad no se colapse durante el proceso de validación. Esta regla es obligatoria para una topología y se aplica a todas las clases de entidad de línea y poligonal. En los casos en los que se infringe esta regla, la geometría original permanece sin cambios.</p>	<p><b>Eliminar:</b> La solución “Eliminar” quita las entidades de línea que se podrían colapsar durante el proceso de validación con base en la tolerancia <i>cluster</i> de la topología. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo Debe ser mayor que la tolerancia <i>cluster</i>.</p>	<p><b>cluster tolerance</b></p>  <p>Cualquier entidad de línea, como estas líneas de color rojo, que se pudiera colapsar al validar la topología, es un error.</p>
<p><b>No debe superponerse</b></p>	<p>Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad. Esta regla se utiliza en aquellos segmentos de línea que no se deberían duplicar, por ejemplo, en una clase de entidad de arroyo. Las líneas se pueden cruzar o intersectar pero no pueden compartir segmentos.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionar la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, seleccione la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. Tenga en cuenta que la solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un error seleccionado de tipo No debe superponerse.</p>	

<p><b>No debe intersectarse</b></p>	<p>Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí. Las líneas pueden compartir extremos. Estas reglas se utilizan para líneas de contorno que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como segmentos e intersecciones de calles.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionar la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, seleccione la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. Tenga en cuenta que la solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un error de tipo No debe intersectarse.</p> <p><b>Dividir:</b> La solución “Dividir” divide las entidades de línea que se cruzan entre sí en el punto de intersección. Si dos líneas se cruzan en un único punto, al aplicar la solución Dividir en dicha ubicación se producen cuatro entidades. Se mantienen los atributos de las entidades originales en las entidades divididas. Si existe una política de división, los atributos se actualizan según la misma. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe intersectarse.</p>	
-------------------------------------	---	--	---

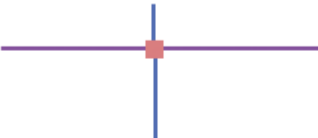
<p><b>No debe intersectarse con</b></p>	<p>Requiere que las entidades de línea de una clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan las líneas de otra clase (o subtipo) de entidad con otras. Las líneas pueden compartir extremos. Estas reglas se utilizan cuando existen líneas de dos capas que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como calles y ferrocarriles.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionar la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, seleccione la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. Tenga en cuenta que la solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un error de tipo No debe intersectarse con.</p> <p><b>Dividir:</b> La solución “Dividir” divide las entidades de línea que se cruzan entre sí en el punto de intersección. Si dos líneas se cruzan en un único punto, al aplicar la solución Dividir en dicha ubicación se producen cuatro entidades. Se mantienen los atributos de las entidades originales en las entidades divididas. Si existe una política de división, los atributos se actualizan según la misma. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe intersectarse con.</p>	
---	---	--	---



<p><b>No deben quedar nodos colgados</b></p>	<p>Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama nodo colgado (<i>dangle</i>). Esta regla se utiliza cuando las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de las entidades poligonales. También se podría utilizar en los casos en los que las líneas se conectan generalmente con otras líneas, como con calles. En este caso, las excepciones se pueden utilizar allí donde la regla se viola ocasionalmente, como con segmentos <i>cul-de-sac</i> o de calle sin salida.</p>	<p><b>Extender:</b> La solución “Extender” extenderá el extremo colgado de las entidades de línea si se ajustan a otras entidades de líneas en una distancia dada. Si no se encuentra ninguna entidad dentro de la distancia especificada, la entidad no se extenderá hasta la distancia especificada. Además, si se seleccionan varios errores, la solución simplemente omitirá las entidades que no se puedan extender e intentará extenderse a la siguiente entidad en la lista. Los errores de entidades que no se puedan extender permanecerán en el cuadro de diálogo Inspector de errores. Si el valor de distancia es 0, las líneas se extenderán hasta que encuentren una entidad para ajustarla. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No deben quedar nodos colgados.</p> <p><b>Acortar:</b> La solución “Acortar” acortará entidades de línea colgantes si se encuentra un punto de intersección dentro de una distancia dada. Si no se encuentra ninguna entidad dentro de la distancia especificada, la entidad no se acortará, ni se eliminará si la distancia es mayor que la longitud de la entidad en la que se produce el error. Si el valor de distancia es 0, las líneas se acortarán hasta encontrar un punto de intersección. Si no se encuentra una intersección, la entidad no se acortará y la solución intentará acortar la siguiente entidad que produce el error. Esta solución se puede</p>	
--	--	---	---

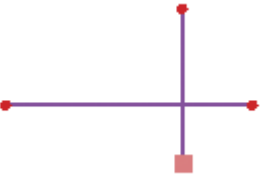

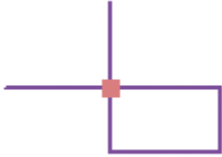
		<p>aplicar a uno o más errores del tipo No deben quedar nodos colgados.</p> <p><b>Alinear:</b> La solución “Alinear” alineará las entidades de línea colgantes a la siguiente entidad de línea dentro de una distancia dada. Si no se encuentra ninguna entidad de línea dentro de una distancia especificada, la línea no se alineará. La solución Alinear se alineará con la entidad más cercana que se encuentre dentro de la distancia. Busca los extremos para alinearlos, en primer lugar, con los vértices, y después con el borde de entidades de línea dentro de la clase de entidad. La solución Alinear se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe quedar nodos colgados.</p>	
<p><b>No deben quedar pseudonodos</b></p>	<p>Requiere que una línea se conecte, por lo menos, con otras dos líneas en cada extremo. Las líneas que se conectan con otra línea (o con ellas mismas) se dice que tienen pseudonodos. Esta regla se utiliza donde las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de los polígonos o cuando las entidades de línea se deben conectar de forma lógica con otras dos entidades de línea en cada extremo, igual que con segmentos en una red</p>	<p><b>Fusionar con la mayor:</b> La solución “Fusionar con la mayor” fusionará la geometría de la línea más corta en la geometría de la línea más larga. Se conservarán los atributos de la entidad de línea más larga. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe haber pseudonodos.</p> <p><b>Fusionar:</b> La solución “Fusionar” agrega la geometría a una entidad de línea en la otra entidad de línea que provoca el error. Debe seleccionar la entidad de línea en la que se fusiona. Esta solución se puede aplicar únicamente a un error seleccionado de tipo No debe haber pseudonodos.</p>	


	<p>de transmisión, marcándose las excepciones para los extremos que originan las transmisiones de primer orden.</p>		
<p><b>No debe intersectarse o tocar el interior</b></p>	<p>Requiere que una línea en una clase (o subtipo) de entidad deba tocar únicamente otras líneas de la misma clase (o subtipo) de entidad en extremos. Cualquier segmento de línea en el que las entidades se superpongan o cualquier intersección que no se produzca en un extremo es un error. Esta regla es útil donde las líneas deban estar conectadas, únicamente, en los extremos, como en el caso de las líneas de lote, que se deben dividir (únicamente se conectan en los extremos) las líneas de lote y no se pueden superponer entre sí.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionar la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, elija la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. La solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un único error seleccionado de tipo No debe intersectarse o tocar el interior.</p> <p><b>Dividir:</b> La solución “Dividir” divide las entidades de línea que se cruzan entre sí en el punto de intersección. Si dos líneas se cruzan en un único punto, al aplicar la solución Dividir en dicha ubicación se producen cuatro entidades. Se mantienen los atributos de las entidades originales en las entidades divididas. Si existe una política de división, los atributos se actualizan según la misma. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del</p>	



		tipo No debe intersectarse o tocar el interior.	
<p><b>No debe intersectarse o tocar el interior con</b></p>	<p>Requiere que una línea en una clase (o subtipo) de entidad deba tocar únicamente otras líneas de otra clase (o subtipo) de entidad en extremos. Cualquier segmento de línea en el que las entidades se superpongan o cualquier intersección que no se produzca en un extremo es un error. Esta regla resulta útil allí donde las líneas de dos capas se deben conectar únicamente en los extremos.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionarse la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, elija la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. La solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un único error seleccionado de tipo No debe intersectarse o tocar el interior con.</p> <p><b>Dividir:</b> La solución “Dividir” divide las entidades de línea que se cruzan entre sí en el punto de intersección. Si dos líneas se cruzan en un único punto, al aplicar la solución Dividir en dicha ubicación se producen cuatro entidades. Se mantienen los atributos de las entidades originales en las entidades divididas. Si existe una política de división, los atributos se actualizan según la misma. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe intersectarse o tocar el interior con.</p>	

<p><b>No debe superponerse con</b></p>	<p>Requiere que una línea desde una clase (o subtipo) de entidad no se superpongan con las líneas de entidad en otra clase (o subtipo) de entidad. Esta regla se utiliza cuando las entidades de líneas no pueden compartir el mismo espacio. Por ejemplo, las carreteras no deben superponerse con las líneas de ferrocarril o los subtipos de depresión de las líneas de contorno no se pueden superponer con otras líneas de contorno.</p>	<p><b>Sustraer:</b> La solución “Sustraer” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Debe seleccionar la entidad desde la que se sustraerá el error. Si existen entidades de línea duplicadas, elija la entidad de línea que desea eliminar en el cuadro de diálogo Sustraer. La solución Sustraer crea entidades multiparte, por lo que si los segmentos superpuestos no se encuentran al final o el principio de una entidad de línea, puede resultar más adecuado utilizar el comando Expandir en la barra de herramientas Edición avanzada para crear entidades de una parte. Esta solución se puede aplicar únicamente a un error seleccionado de tipo No debe superponerse con.</p>	 <p>Quando se superponen las líneas púrpura es un error.</p>
<p><b>Debe estar cubierto por la clase de entidad</b></p>	<p>Requiere que las líneas de una clase (o subtipo) de entidad estén cubiertas por las líneas en otra clase (o subtipo) de entidad. Es útil para modelar las líneas coincidentes espacialmente pero distintas lógicamente, tales como las rutas y las calles. Una clase de entidad de ruta de bus no debe salir de las calles definidas en la clase de entidad de calle.</p>	<p>Ninguno</p>	 <p>Quando no se superponen las líneas púrpura es un error.</p>

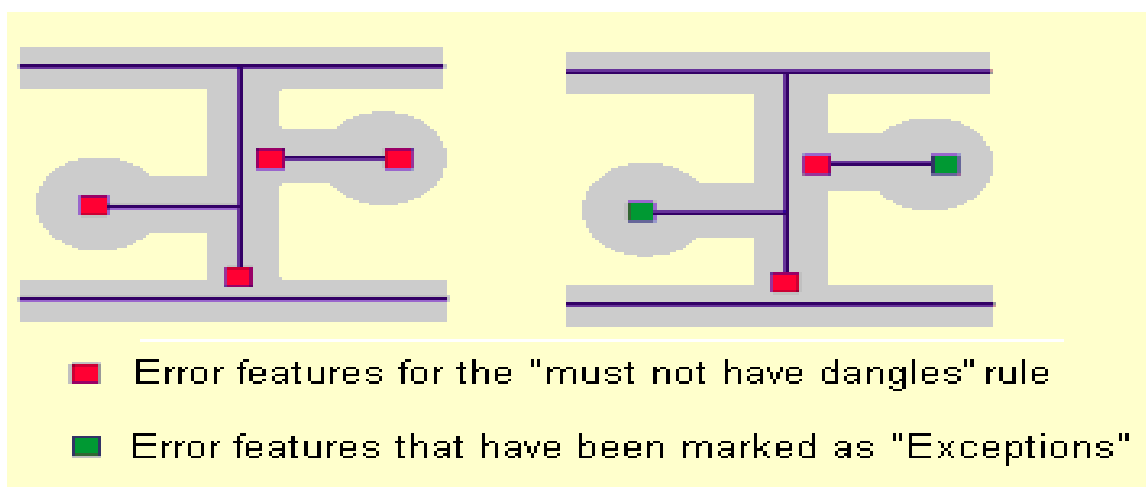
<p><b>El extremo debe estar cubierto por</b></p>	<p>Requiere que los extremos de las entidades de línea estén cubiertos por entidades de puntos en otra clase de entidad. Esto es útil para modelar los casos en los que se debe conectar un ajuste con dos canalizaciones o que se debe encontrar un cruce de calle en la unión de dos calles.</p>	<p><b>Crear entidad:</b> La solución “Crear” entidad agrega una nueva entidad de puntos en el extremo de la entidad de línea que es un error. La solución Crear entidad puede aplicarse a uno o varios errores del tipo El extremo debe estar cubierto por.</p>	 <p>El cuadrado en la parte inferior indica un error, porque no hay ningún punto que cubra el extremo de la línea.</p>
<p><b>No debe superponerse</b></p>	<p>Requiere que las entidades de línea no se superpongan entre sí. Pueden cruzarse o tocarse, pero no deben tener segmentos coincidentes. Esta regla es útil para las entidades, como calles, en las que los segmentos se podrían tocar en un bucle pero en donde la misma calle no debería seguir el mismo curso dos veces.</p>	<p><b>Simplificar:</b> La solución “Simplificar” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Aplicar la solución Simplificar puede dar lugar a entidades multiparte, que puede detectar utilizando la regla Debe ser una sola parte. La solución Simplificar se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe superponerse.</p>	 <p>La entidad de línea individual se superpone a sí misma con el error indicado por la línea coral.</p>
<p><b>No debe intersectarse</b></p>	<p>Requiere que las entidades de línea no se crucen ni se superpongan entre sí. Esta regla es útil para las líneas, tales como líneas de contorno, que no se puedan cruzar entre sí.</p>	<p><b>Simplificar:</b> La solución “Simplificar” quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. Tenga en cuenta que aplicar la solución Simplificar puede dar lugar a entidades multiparte. Puede detectar las entidades multiparte utilizando la regla Debe ser una sola parte.</p>	

		Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo No debe intersectarse.	
<b>Debe ser una sola parte</b>	Requiere que las líneas tengan una única parte. Esta regla es útil allí donde las entidades de línea, como carreteras, no deben tener múltiples partes.	<b>Expandir:</b> La solución "Expandir" crea entidades de línea de una parte desde cada parte de la entidad de línea multiparte que produce el error. Esta solución se puede aplicar a uno o más errores del tipo Debe ser una sola parte.	 <p>Las líneas multiparte se crean desde un único bosquejo.</p>

Fuente: [www.help.arcgis.com](http://www.help.arcgis.com)

## 4.10 Errores y excepciones

Las infracciones de las reglas topológicas se almacenan inicialmente como errores de la topología. Las entidades de error registran dónde se detectan errores topológicos durante la validación. Algunos errores pueden ser aceptables, en cuyo caso se pueden marcar las entidades de error como excepciones. En la figura 4.6, los errores, mostrados en color rojo, y las excepciones, mostradas en color verde, se almacenan como entidades en la capa de topología y permiten representar y administrar los casos en los que las entidades no necesitan cumplir las reglas topológicas ([www.help.arcgis.com](http://www.help.arcgis.com)).

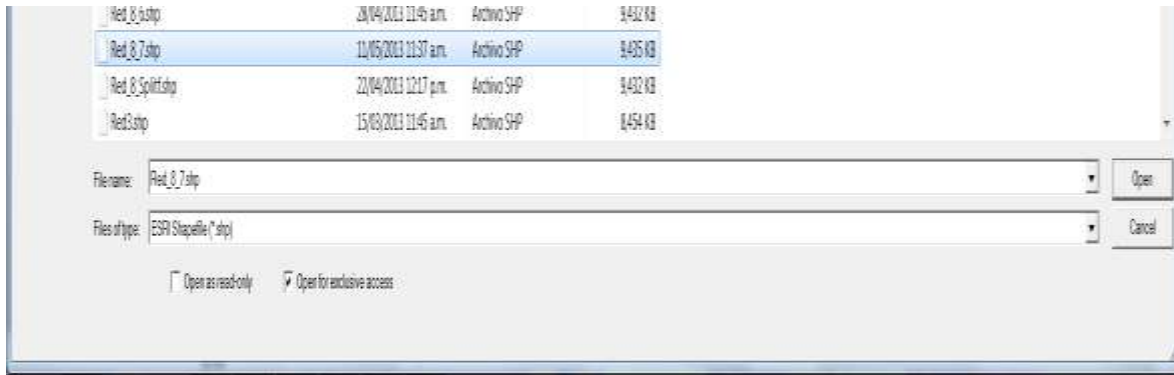


Fuente: [www.help.arcgis.com](http://www.help.arcgis.com)

**Figura 4.6. Errores y excepciones en ArcMap**

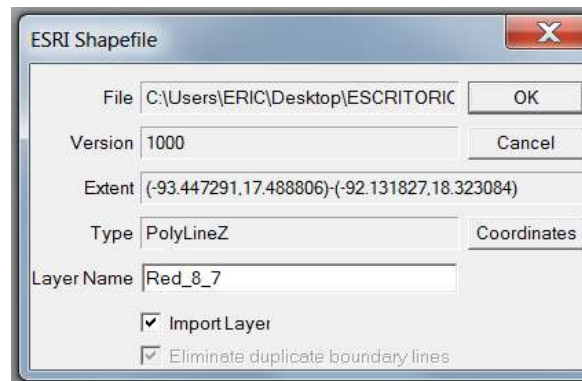
## 4.11 Importación a TransCAD, de la capa de la red vial, puntos de origen y destino de ArcMap

Una vez actualizada la capa de la red vial, los puntos de reunión y los albergues en ArcMap, solamente se importa en TransCAD, como se muestra en las figuras 4.7 y 4. Con esto se importa el archivo "shape" (.shp) a archivo geográfico (.dbf), a través del mismo TransCAD, para poder analizar los datos en este mismo software.



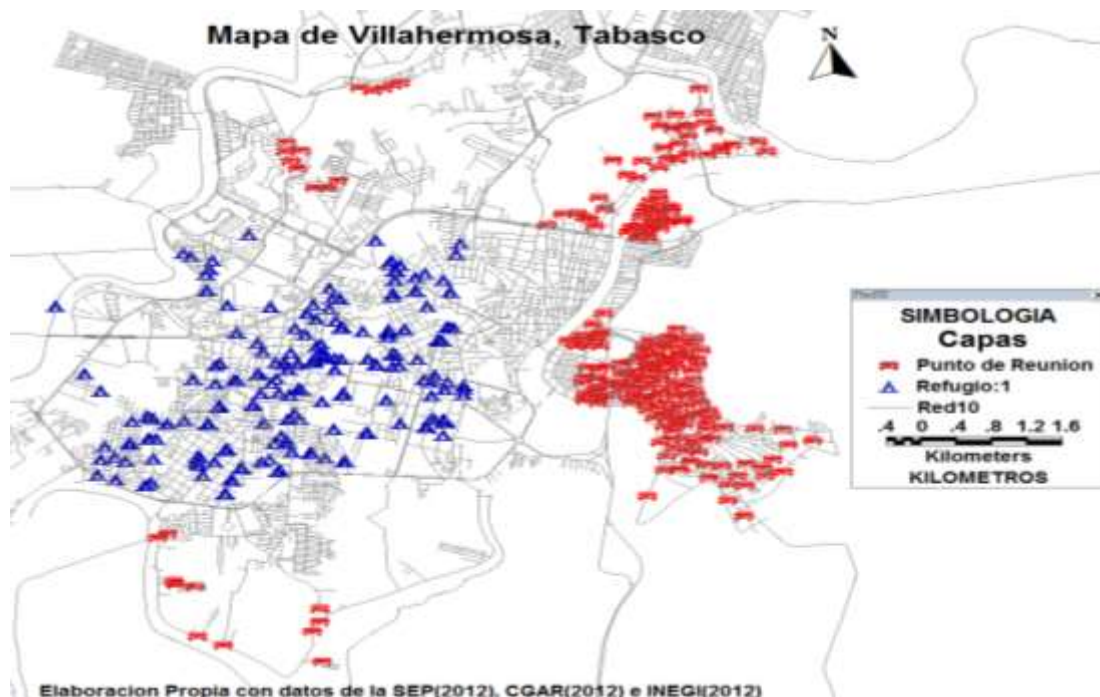
Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.7. Selección de archivo “ESRI Shapefile”**



Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.8. Importación de archivo de la capa de la red vial a TransCAD**

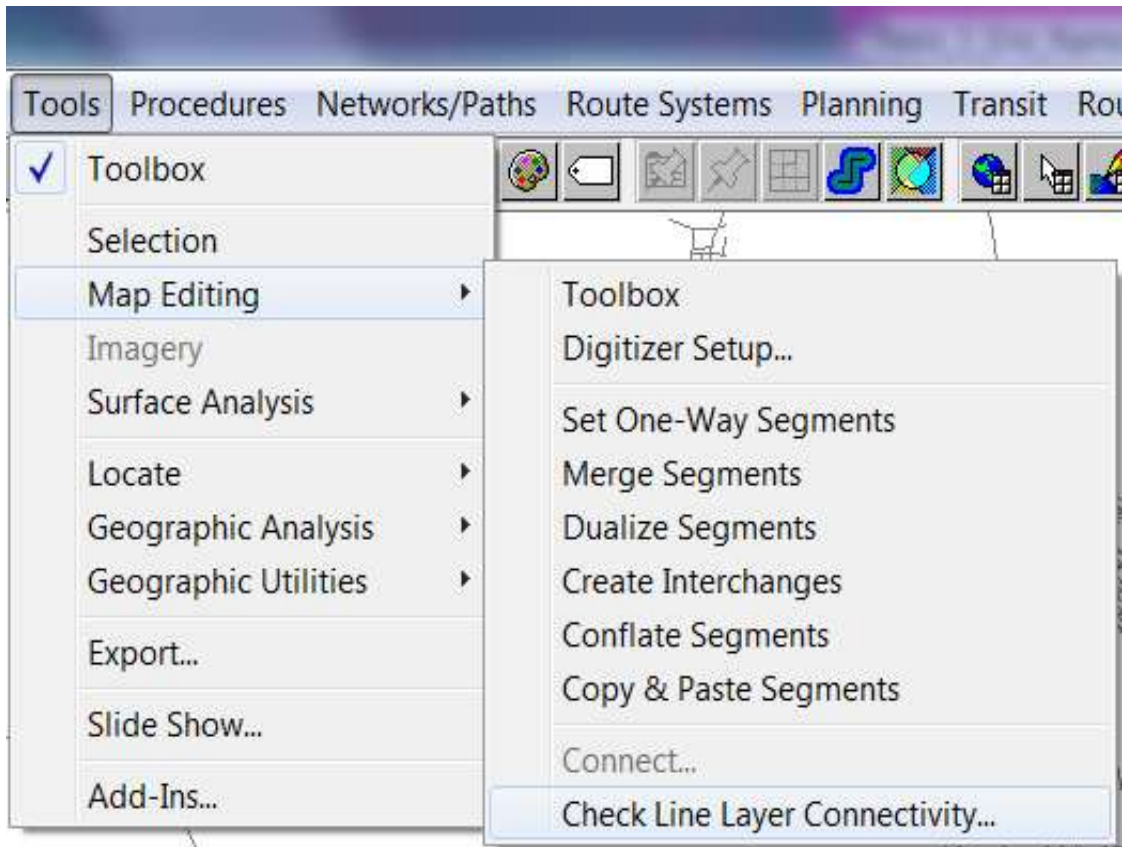


**Figura 4.9. Vista de los puntos de reunión, refugios y red vial en TransCAD**

En las figuras 4.7 y 4.8 citadas, se ilustra el proceso para importar la capa de la red vial de ArcMap hacia TransCAD. Este mismo proceso se repite para las capas de punto de reunión y albergues. Finalmente, se edita la simbología de los puntos en TransCAD y se ven todos los datos juntos, representados en un solo mapa en TransCAD, como se ilustra en la figura 4.9.

## 4.12 Verificación y corrección de la conectividad de la capa de la red vial en TransCAD

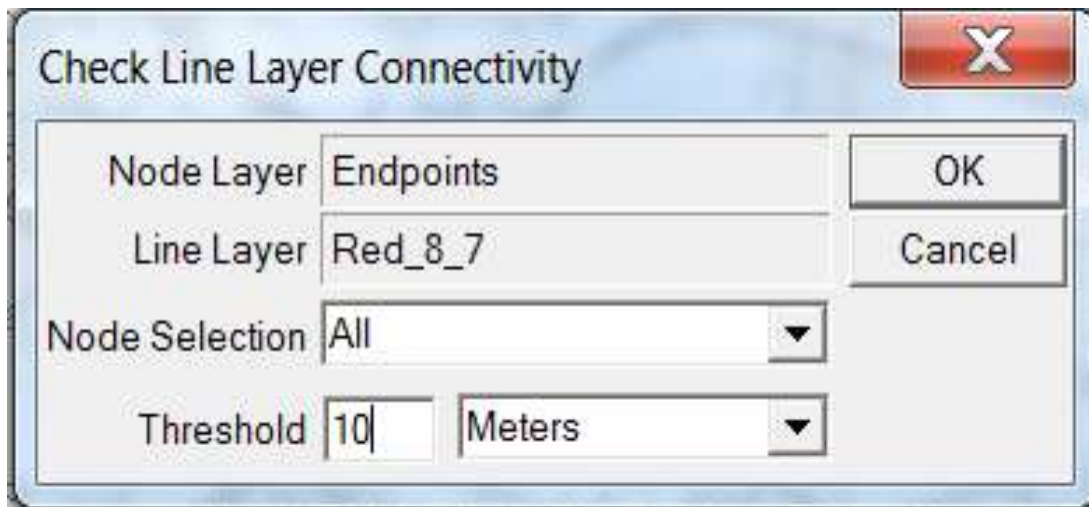
Se utiliza la opción de “verificar conectividad de la capa de línea” de la herramienta “Tools, Map Editing”, como se ve en las figuras 4.9 y 4.10.



Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.10. Vista de la herramienta “Verificar conectividad de la capa de línea (*Check line layer connectivity*)”**

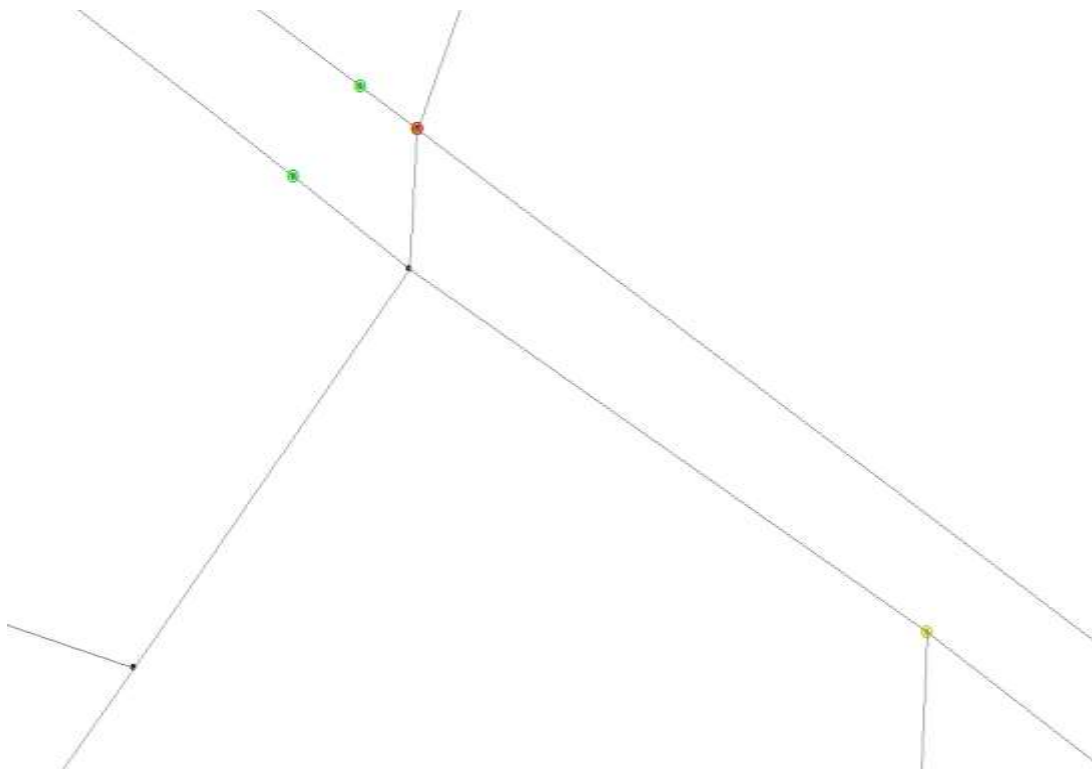




Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.11. Elección de a cada cuánto checar la conectividad de la capa de línea**

Se selecciona el valor de 10 metros, para asegurarse de que la conectividad de las vías sea a cada 10 metros, debido al tamaño mínimo de longitud de la capa de la red vial, como se ilustra en la figura 4.11.

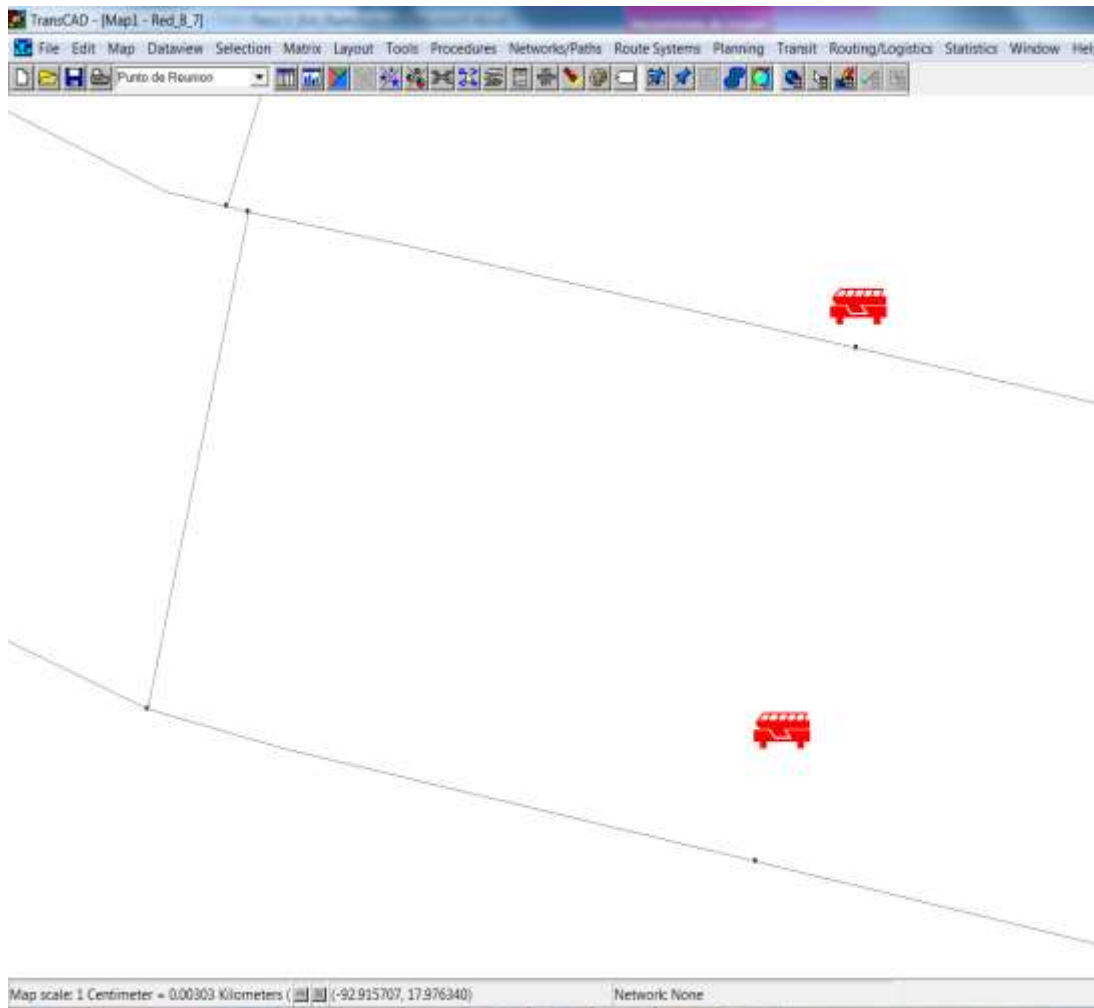


Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.12. Edición de arcos por conectividad en TransCAD**

Una vez confirmada la información, se procede a corregir cualquier error no corregido al momento de hacer la topología en ArcMap. Los puntos de color rojo mostrados en la figura 4.12, además de ser los más críticos, son los que deben editarse primero; los segundos deben ser los de amarillo, y los verdes significan que hay una buena conectividad, por lo que no requieren editarse.

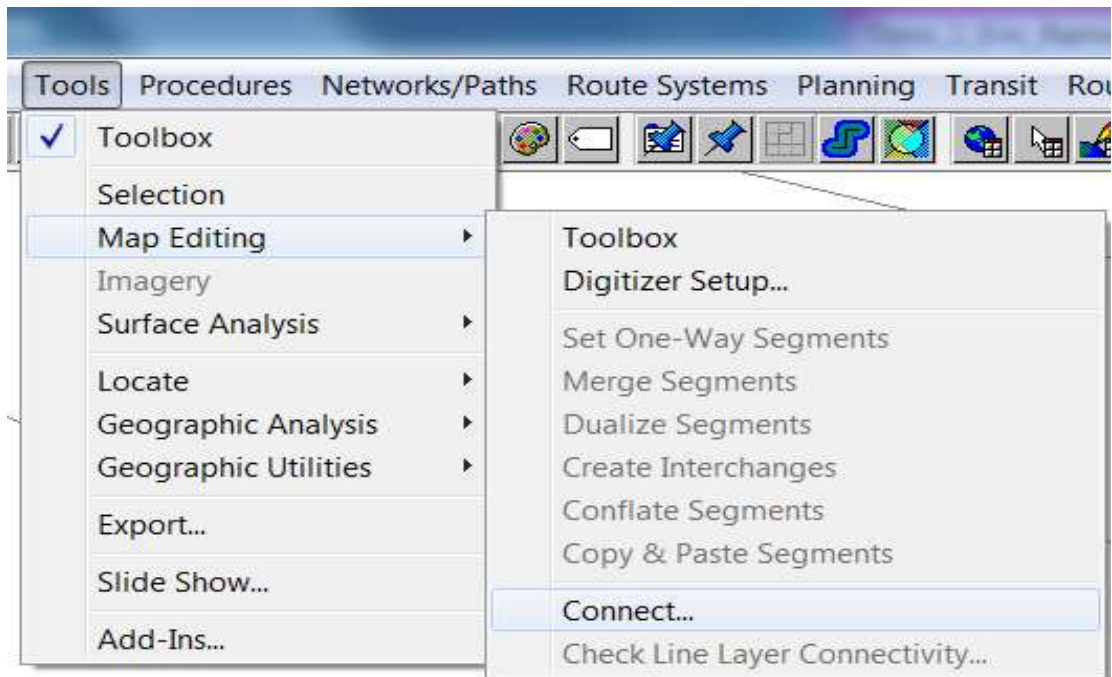
### 4.13 Conexión de la capa de los puntos de reunión y albergues a la capa de la red vial



Fuente: TRANSCAD 4.5

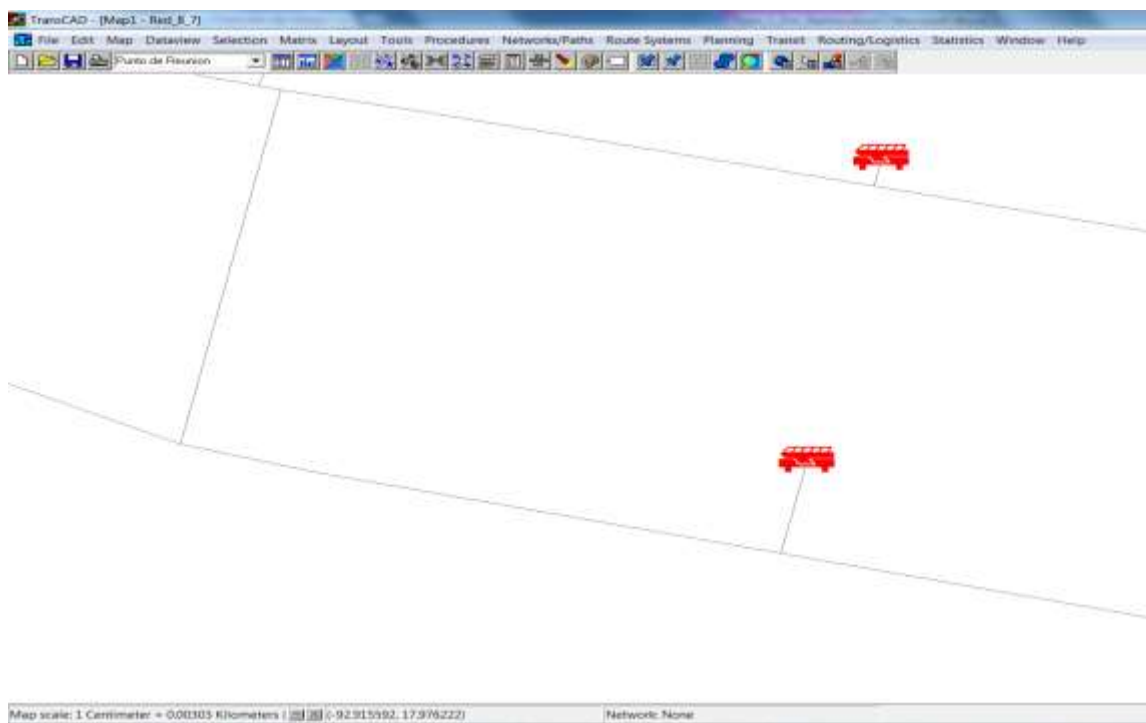
**Figura 4.13. Puntos de reunión no conectados a la capa de la red vial**

Se procede a ir a la herramienta "Tools, Map Editing" y se selecciona la opción "Connect" (figura 4.14), para conectar todos los puntos (figura 4.13) a la capa de la red vial (figura 4.15).



Fuente: TRANS CAD 4.5

**Figura 4.14. Utilizando la opción “Connect” para conectar los albergues y puntos de reunión**



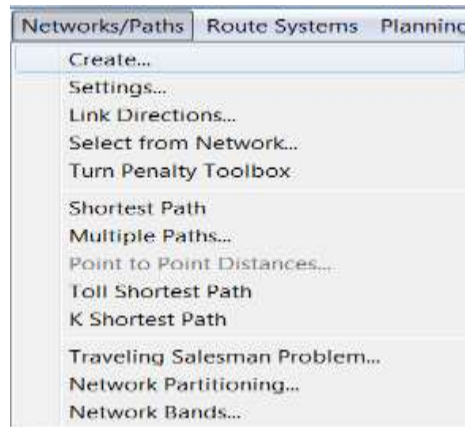
Fuente: TRANS CAD 4.5

#### **Figura 4.15. Puntos de reunión conectados a la capa de la red vial**

Posteriormente, se hace una selección para cada capa de puntos y se rellenan los datos de cada selección en la opción “Dataview”, de la capa de nodos de la red vial, que servirá como base para trabajar los datos en la matriz de O-D.

### **4.14 Creación del archivo de red en TransCAD a partir de la capa de la red vial**

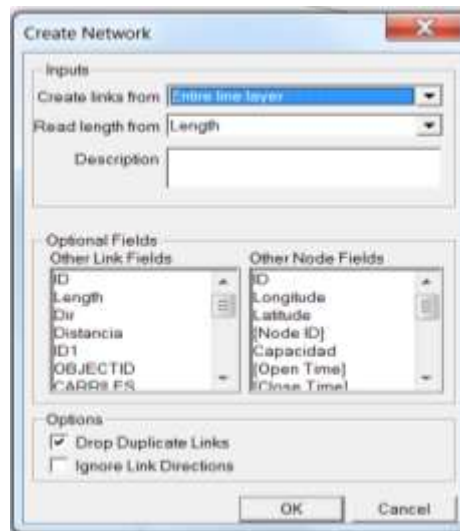
Se crea el archivo de red a través de la herramienta “Network/Path” tomando la opción “Create”, como se ve en la figura 4.16.



Fuente: TRANSCAD 4.5

#### **Figura 4.16. Selección de la herramienta “Create”**

Por último, se seleccionan todos los campos de la capa de arcos y de todos los nodos que servirán para crear la matriz O-D, como se muestra en la figura 4.17.

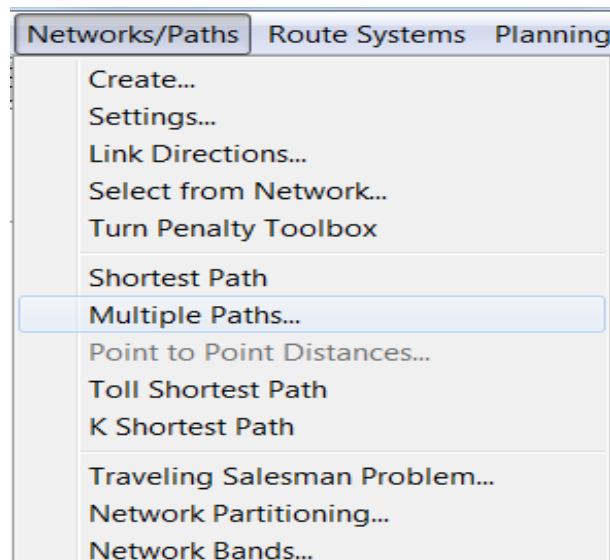


Fuente: TRANSCAD 4.5

Figura 4.17. Herramienta “Create Network”

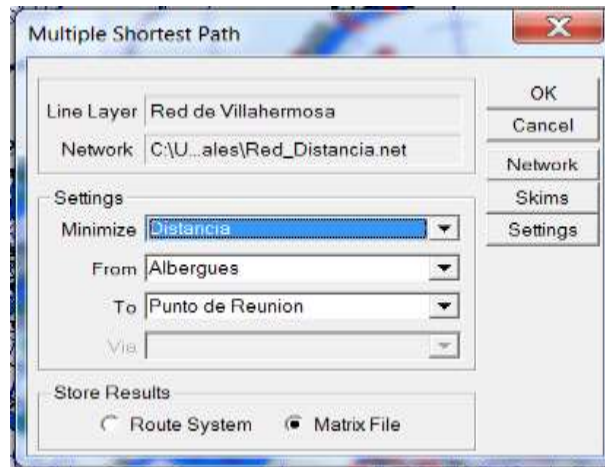
## 4.15 Creación de la matriz de distancia (matriz O-D), a través de la red ya creada

Se utiliza la opción “Multiple Paths” de la herramienta “Network/Path”, para crear la matriz de O-D, para la cual se utilizarán los nodos de origen y destino seleccionados a partir de las capas de puntos creadas. A continuación, se describe el proceso para crear la matriz de distancia (matriz O-D), en las figuras 4.18, 4.19 y 4.20.



Fuente: TRANSCAD 4.5

Figura 4.18. Localización de la opción “Multiple Paths”



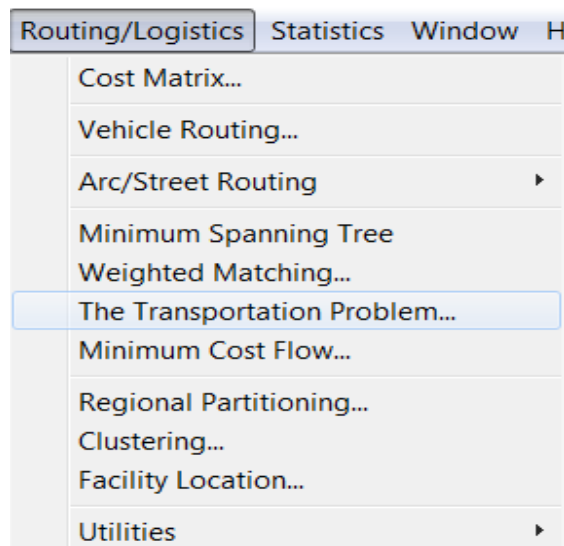
Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.19. Apariencia de la opción “Multiple Shortest Path”**

	6796	6817	6831	7008	7015	7385	7377	7421	7429	7478	7494	7500	7553	7555	7591	7591	7595	7617	7640	7642	7651	7664
6796	3.2033	2.7748	2.7994	3.0100	3.2756	3.6103	3.7406	3.3700	3.5276	3.5624	3.9051	3.6098	3.8680	3.0510	3.1821	3.4512	3.0229	3.0938	3.0142	3.1700	3.2374	3.654
6797	2.3384	1.9110	1.9355	2.2674	2.4466	2.7464	2.9267	2.5141	2.6637	2.7105	3.0632	2.8251	3.0021	2.9871	2.2881	2.5873	2.1580	2.2291	2.1503	2.3141	2.3740	2.590
6838	1.5316	1.1032	1.1277	1.4587	1.6388	1.9386	2.1189	1.7063	1.8558	1.9108	2.2545	1.8174	2.1943	2.1793	1.7095	1.9513	1.3513	1.4213	1.3425	1.5063	1.5653	1.783
6843	3.2753	3.3836	3.3941	2.5183	2.0018	4.1823	4.3823	3.0841	4.0388	4.0534	4.3143	3.6444	4.2213	4.2943	3.8668	3.1768	3.2432	2.9787	3.2017	3.2017	3.2017	3.173
6842	4.4720	4.0673	4.0911	3.2780	3.5016	4.8799	5.0800	4.5878	4.7563	4.7910	5.0176	4.5420	4.9190	4.9840	4.5842	3.0744	3.4488	3.6763	4.0258	4.0258	3.6944	4.071
6825	3.3734	2.9877	2.9822	2.1364	2.4020	3.7804	3.9405	3.4882	3.6387	3.6915	3.9124	3.4425	3.8195	3.8844	3.2611	3.4047	2.7740	2.8413	2.5768	2.9382	2.7988	2.971
6898	0.8350	0.6391	0.6546	0.7945	0.8019	0.9581	0.9539	0.8585	0.8339	0.8057	0.8382	0.72915	0.74858	0.74546	0.5001	0.2564	0.10183	0.10186	0.3328	0.9834	0.8098	0.832
6878	0.8325	0.6450	0.6713	0.8113	0.8087	0.9728	0.9706	0.8873	0.8508	0.7864	0.8550	0.8082	0.8464	0.8474	0.5168	0.3132	0.0330	0.0354	0.4985	0.9882	0.8258	0.848
6898	0.8631	0.6574	0.6819	0.8219	0.8113	0.9604	0.9612	0.8779	0.8412	0.7670	0.8556	0.8108	0.8490	0.8490	0.5168	0.3132	0.0330	0.0354	0.4985	0.9882	0.8258	0.848
11079	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11184	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11298	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11236	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11338	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11342	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11361	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11382	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11429	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11463	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11489	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11473	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11483	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11489	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11508	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11518	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11518	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11523	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11533	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11548	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11562	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11582	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418	6.2373	5.9572	5.9595	5.9453	5.9453	5.8357	5.810
11574	7.9489	7.0489	6.7962	6.7244	6.7962	6.1384	7.0489	6.8146	6.7915	6.8748	6.8106	6.3324	6.4106	6.3856	6.4418							

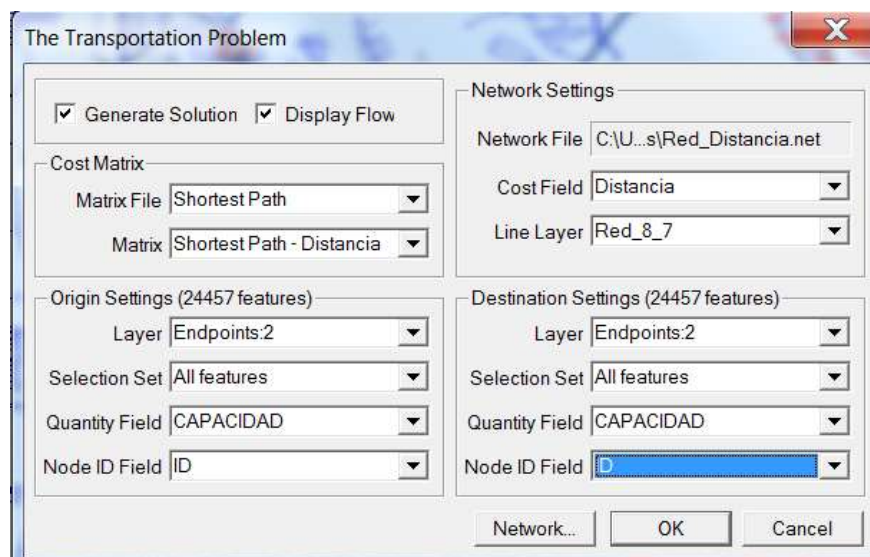
## 4.16 Creación de la matriz y tabla de flujos de transporte de autobuses a través de TransCAD

Se utiliza la opción “The Transportation Problem” (El problema de transporte, ilustrado en las figuras 4.21 y 4.22 siguientes), de la herramienta “Routing/Logistics”, para crear la matriz y tabla de flujos en TransCAD, tomando como base la matriz de distancia creada previamente.



Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.21. Uso de la opción “The Transportation Problem” (El problema de transporte)**



Fuente: TRANSCAD 4.5

**Figura 4.22. Ventana “The Transportation Problem”**



	Albergue 18 de Marzo	Voz de la Piedra Angular	16 DE SEPTIEMBRE	LICEO ANGLO MEXICANO	MAS GA
P7-Col. Sabina	-	250.0000	-	-	-
P9-Col. Sabina	-	250.0000	-	-	-
P11-Col. Sabina	-	250.0000	-	-	-
P3-Col. Sabina	-	-	-	-	-
P4-Col. Sabina	-	-	-	-	-
P2-Col. Sabina	-	-	-	48.0000	-
P12-Gaviotas Sur Sec. Armenia	-	-	-	-	-

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, (2014), con datos de la SEP (2012) e Inegi (2012).

#### Figura 4.23. Matriz de transporte

La matriz de transporte de la figura 4.23 muestra la cantidad de pasajeros que se envía de los distintos puntos de reunión a los distintos albergues en Villahermosa, de lo que resulta una matriz de 6729x6796, que son las combinaciones del programa para tomar la ruta de menor de distancia a través de la capa de la red vial. El primer número representa los registros para los puntos de reunión y el segundo los números de registros para los albergues.

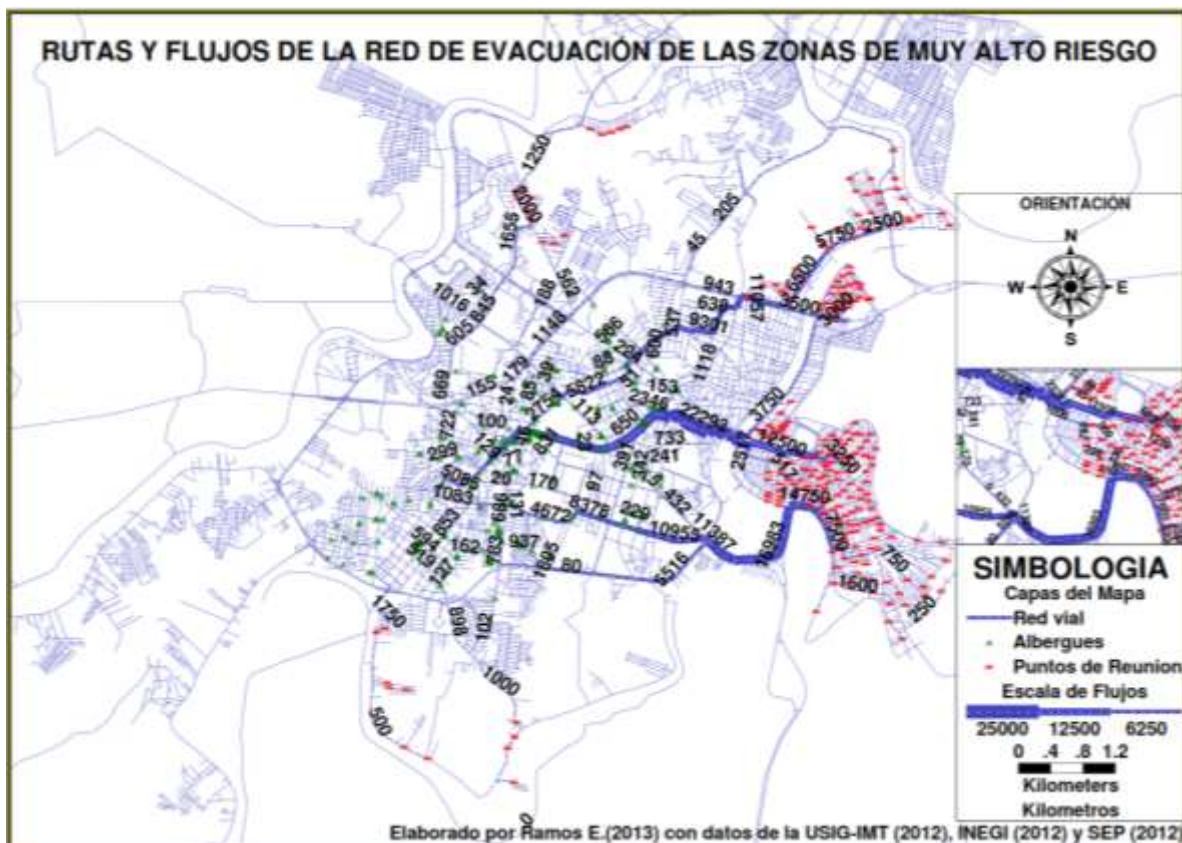
**Tabla 4.6. Tabla de transporte**

ID1	AB_Flow	BA_Flow	TOT_Flow
14443	19645.0000	0.0000	19645.0000
13307	0.0000	19256.0000	19256.0000
13308	19256.0000	0.0000	19256.0000
13310	19256.0000	0.0000	19256.0000
13081	0.0000	18282.0000	18282.0000
13300	0.0000	18282.0000	18282.0000
13301	0.0000	18282.0000	18282.0000
13321	0.0000	18282.0000	18282.0000
13323	0.0000	18282.0000	18282.0000
29873	0.0000	18282.0000	18282.0000
29876	0.0000	18282.0000	18282.0000
29878	0.0000	18282.0000	18282.0000
29880	0.0000	18282.0000	18282.0000
29882	0.0000	18282.0000	18282.0000
29885	0.0000	18282.0000	18282.0000
29887	0.0000	18282.0000	18282.0000
29893	0.0000	18282.0000	18282.0000
29894	18282.0000	0.0000	18282.0000
29897	18282.0000	0.0000	18282.0000
29898	0.0000	18282.0000	18282.0000
29900	0.0000	18282.0000	18282.0000
28407	0.0000	17105.0000	17105.0000
28408	0.0000	17105.0000	17105.0000
28463	0.0000	17105.0000	17105.0000
28464	0.0000	17105.0000	17105.0000

Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide, (2014), con datos de la SEP (2012) e Inegi (2012).

La tabla 4.7 de transporte muestra lo que es transportado en cada arco de la capa de la red vial.

Una vez terminada esta etapa del proceso, se obtiene la cantidad de personas que se pueden mover de un punto de reunión a un albergue, a través de los diferentes arcos que representan la ruta mínima, es decir, la movilización de personas hacia los albergues disponibles.



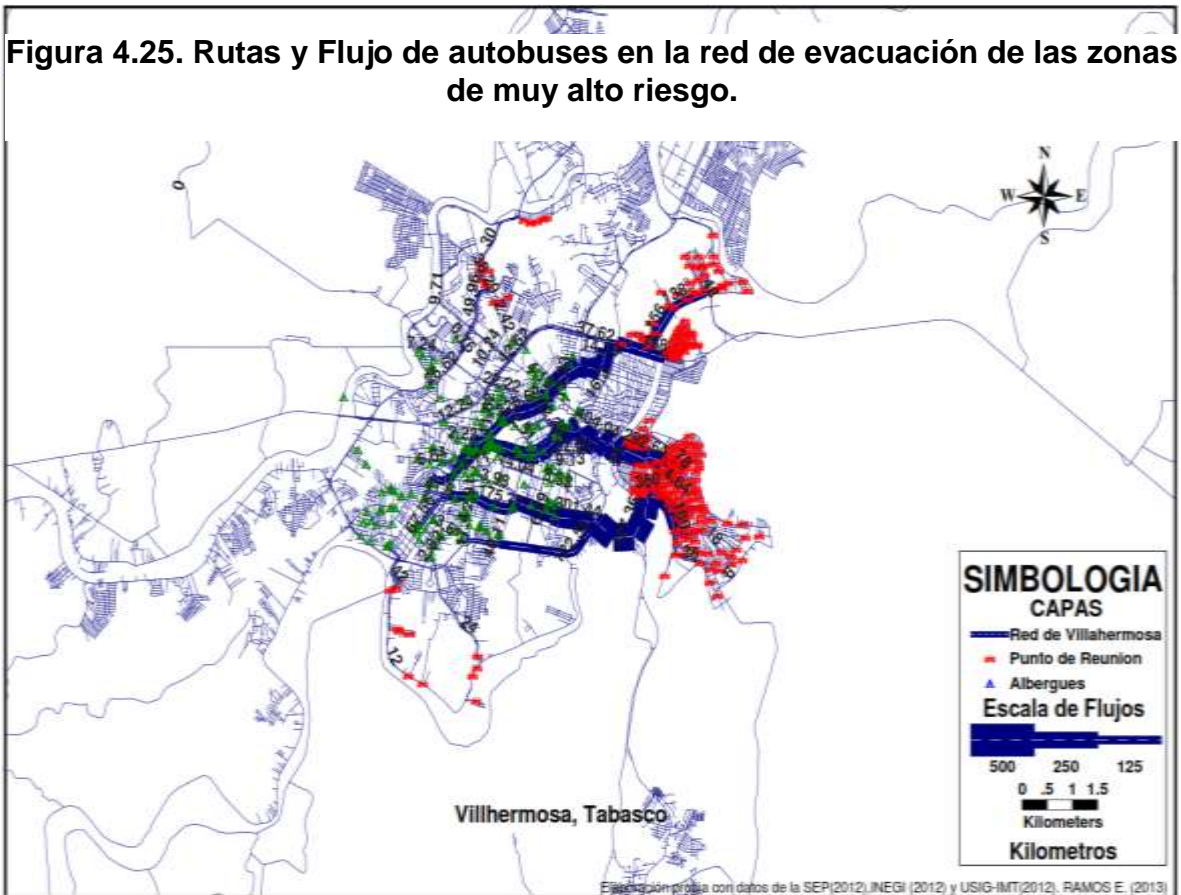
Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014), con datos USIG (2012), Inegi (2012) y SEP (2012).

**Figura 4.24. Rutas y flujo de pasajeros de la red de evacuación de las zonas de muy alto riesgo**

En la figura 4.24 se muestra el resultado de la cantidad de personas a transportar a través de la red vial, durante una emergencia hidrometeorológica en la ciudad de Villahermosa. En ella, se aprecia la vital importancia que tienen los puentes Grijalva 1, Grijalva 2 y Grijalva 3, debido a la cantidad de personas que serán transportadas a través de éstos, que son 3,500, 22,293 y 16,983 personas, respectivamente.

En la figura 4.25 se muestra el resultado de la cantidad de autobuses que podrán desplazar a todas esas personas a través de la red vial de Villahermosa. Ahí se aprecia que los puentes Grijalva 1, Grijalva 2 y Grijalva 3 son de vital importancia, debido a la cantidad de autobuses que por ahí circularán a lo largo de la jornada de evacuación, que significa un tránsito de 428, 54 y 168 autobuses, respectivamente.

Como se vio en los escenarios anteriores, el puente que facilitará el flujo de la mayor cantidad de personas y autobuses a lo largo de una jornada de evacuación será el puente Grijalva 2, por lo que si este puente colapsara se tendrían que mandar a las 23,267 personas por vías alternas, en este caso, los puentes Grijalva 1 y Grijalva 2, lo que ocasionaría un flujo más lento en estas vías, por la saturación vehicular implícita.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014), con datos USIG (2012), Inegi (2012) y SEP (2012).

Para entender parte de la vulnerabilidad de las vías, es necesario tener ciertos conocimientos básicos, presentados en los siguientes párrafos.

Según Jenelius *et al.* (2006), y de acuerdo con diferentes autores (Einarson y Rausand, 1998; Berdica, 2002<sup>a</sup>; Holmgren, A°, 2004, y Taylor y D'Este, 2004), el concepto de vulnerabilidad no tiene una definición comúnmente aceptada, y su significado podría depender del contexto. Holmgren, A°. (2004) define la “susceptibilidad para amenazas y peligros” como vulnerabilidad. Sin embargo, acentúa que los eventos negativos “sustancialmente reducen la habilidad del sistema para mantener su función prevista” (Jenelius, 2006). Otros autores acentúan la poca ocurrencia de los eventos, de tal forma que “la vulnerabilidad es

una susceptibilidad rara, para grandes riesgos” (Laurentius, 1994; Berdica, 2002a), o la repentina ocurrencia imprevista (Departamento Suizo de la Defensa, 1998).

Abrahamsson (1997) denota que en el concepto de vulnerabilidad existe la noción implícita de que “los pequeños golpes hacen caer grandes robles”, por ejemplo, un incidente relativamente pequeño puede resultar muy desafortunado o crítico, dependiendo del lugar y del tiempo, causando daños mayores o incluso la falla de todo el sistema a través de una reacción en cadena. En cambio, si el incidente es una explosión de una bomba de hidrógeno, difícilmente se podría decir que el sistema es vulnerable si llegase a fallar. Si arcos individuales o áreas contiguas de los arcos fallan, en la mayoría de los casos todavía hay una forma de pasar a través de la red, lo que constituye la idea fundamental de una red. Las vulnerabilidades surgen en la red (o en un sistema de transporte), cuando ésta es puesta bajo presión o cuando las capacidades llegan a su máximo, y un pequeño esfuerzo más podría causar un mayor daño al aumentarse en sí y provocar una cascada a través del sistema, hasta el colapso.

Berdica (2002a) define “la vulnerabilidad” como “una susceptibilidad a incidentes que puede resultar en considerables reducciones en nivel de servicio de la red de caminos”. El nivel de servicio de un arco, ruta o camino de la red, a su vez, “describe la posibilidad de uso de un arco, ruta o camino, durante un periodo dado”. En términos de Husdal (2004), la vulnerabilidad es “la inoperatividad de la red bajo ciertas circunstancias”. A la inversa, el autor afirma que la confiabilidad “describe la operatividad de la red bajo una variante de condiciones agotadoras (por ejemplo, la habilidad de seguir funcionando bajo condiciones extremas)”. Estas definiciones son muy similares a la de Holmgren, ya citado, dado que el término nivel de servicio (inoperativo) expresa la capacidad para mantener la función prevista de la red de transporte (o sistema de transporte). Ambos niveles de servicio y operatividad se refieren prácticamente igual a “capacidad” (Chen *et al.*, 2002) o “desempeño” (Nicholson y Du, 1997), lo cual presenta, en todo momento, la posibilidad de los arcos y redes para degradarse parcialmente (como en el caso de congestión, accidentes, caminos en reparación, etc.).

Aun con estas definiciones de vulnerabilidad, se enfrentan problemas para describir el desempeño en términos que permitan su cuantificación, así como para determinar lo que es una “considerable reducción” (“inoperatividad”), sin mencionar cómo evaluar la “susceptibilidad” de la red de caminos.

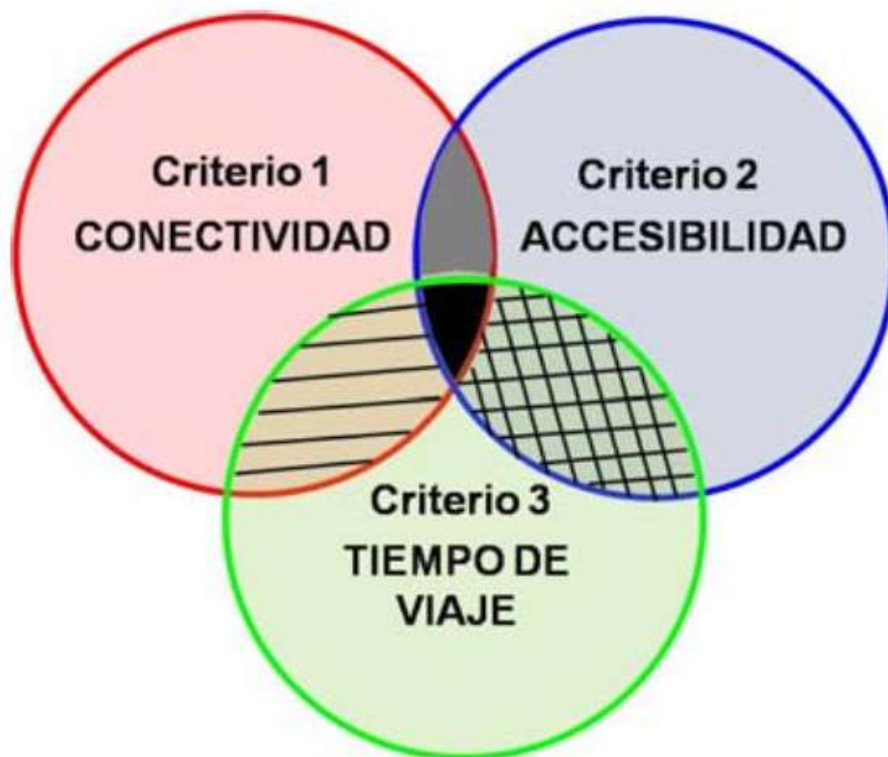
La vulnerabilidad está relacionada con el concepto de riesgo. De acuerdo con la percepción general aceptada, el riesgo incluye dos componentes: la probabilidad y la consecuencia. La consecuencia usualmente concierne a la vida, la salud y el medio ambiente. Si a estas cuestiones se asignan valores monetarios, las consecuencias también pueden expresarse en costos. El riesgo asociado con un evento dañino  $X$ ,  $R(X)$  es entonces una combinación de la probabilidad del evento,  $Pr(X)$ , y el costo,  $C(X)$ . Una forma muy común de operar el riesgo es calcular el producto de los dos componentes,  $R(X) = Pr(X) * C(X)$  (Eirnarsson y Rausand, 1998; Holmgren, A°, 2004).

Con lo visto anteriormente, se argumenta que la vulnerabilidad puede tratarse de la misma manera que el riesgo, y que el concepto de vulnerabilidad debe separarse en dos componentes: uno de probabilidad y otro de consecuencia. Sarewitz *et al.* (2003) también apuntan las desventajas de incluir la probabilidad de falla en estudios de vulnerabilidad. Estimar las probabilidades de la ocurrencia de eventos extremos, como desastres naturales y ataques terroristas, es muy difícil. Las probabilidades se pronostican con base en datos históricos, los cuales implican que las circunstancias alrededor del evento se mantienen iguales todas las veces y que se conocen todas las conexiones.

D'Este y Taylor (2003) afirman que un nodo es vulnerable “si la pérdida (o degradación sustancial) de un pequeño número de arcos disminuye significativamente la accesibilidad del nodo, como una medida para un índice estándar de accesibilidad.

Lo crítico de ciertos componentes (arcos, nodos, grupo de arcos y/o nodos) en la red, involucra tanto la probabilidad de que el componente falle, como las consecuencias de que falle todo el sistema. Entre más crítico sea el componente, más severo es el daño al sistema cuando el componente está perdido. Si la probabilidad de un incidente es alta, el componente (arco, etc.) es débil, y si las consecuencias son grandes, el componente es importante. Si es ambos, débil e importante, el componente es crítico (cf. Nicholson y Du, 1994).

Gradilla L. (2010) trabajó con una metodología multicriterio (figura 4.26), para obtener la vulnerabilidad de las carreteras cuantificando los efectos que provoca la obstrucción de tramos individuales, independientemente de la probabilidad de obstrucción de cada tramo. En la figura de abajo, se tiene una imagen que explica de manera general la identificación de estos tramos carreteros.



Fuente: Gradilla (2010).

**Figura 4.26. Criterios para la identificación de tramos críticos en redes carreteras**

Y según Gradilla L. (2010), en las redes urbanas existen más rutas alternas que en las carreteras regionales o nacionales, cuando un tramo dentro de una ruta óptima se obstruye, de forma tal que una falla similar puede provocar efectos más drásticos en las redes regionales que en las urbanas. Una primera aproximación al concepto de vulnerabilidad tiene que ver, entonces, con la densidad de la red. En la medida en que aumenta la densidad de la red, el sistema resulta menos vulnerable y viceversa: una red con escasas conexiones redundantes provoca un grado de vulnerabilidad mayor en su sistema de transporte.

En lo que respecta a este trabajo, al analizar la vulnerabilidad vial que pudiera encontrarse al hacer una evacuación por movilización de emergencia, no sería tan grave como el de evacuar a los ciudadanos fuera de la ciudad.

Se tiende a creer que una red de carreteras es más vulnerable simplemente donde los flujos en los tramos son los mayores. Sin embargo, pueden existir rutas alternas a esos tramos que provean de un nuevo patrón de equilibrio de los flujos con una pequeña reducción en el desempeño total de la red, además de considerar tramos en forma agregada, que pueden quedar sin identificarse las vulnerabilidades en las

conexiones entre algunos orígenes y destinos. Por lo tanto, la clave del diagnóstico de la vulnerabilidad de redes es el desarrollo de herramientas analíticas que permitan identificar debilidades de la red, y su localización en primera instancia (Taylor y D'Este, 2003a).

Tomando en cuenta lo anterior, se entiende que el efecto de un flujo de transporte masivo en caso preventivo, por inundación o cualquier otro tipo de desastre dentro de una ciudad, solamente redirigiría los vehículos bloqueados por el uso de un arco o un tramo por evacuación hacia otro arco de la red, el cual solamente afectaría a cualquier otro vehículo que no esté usando el arco bloqueado, lo que alentaría el tráfico en la ciudad.

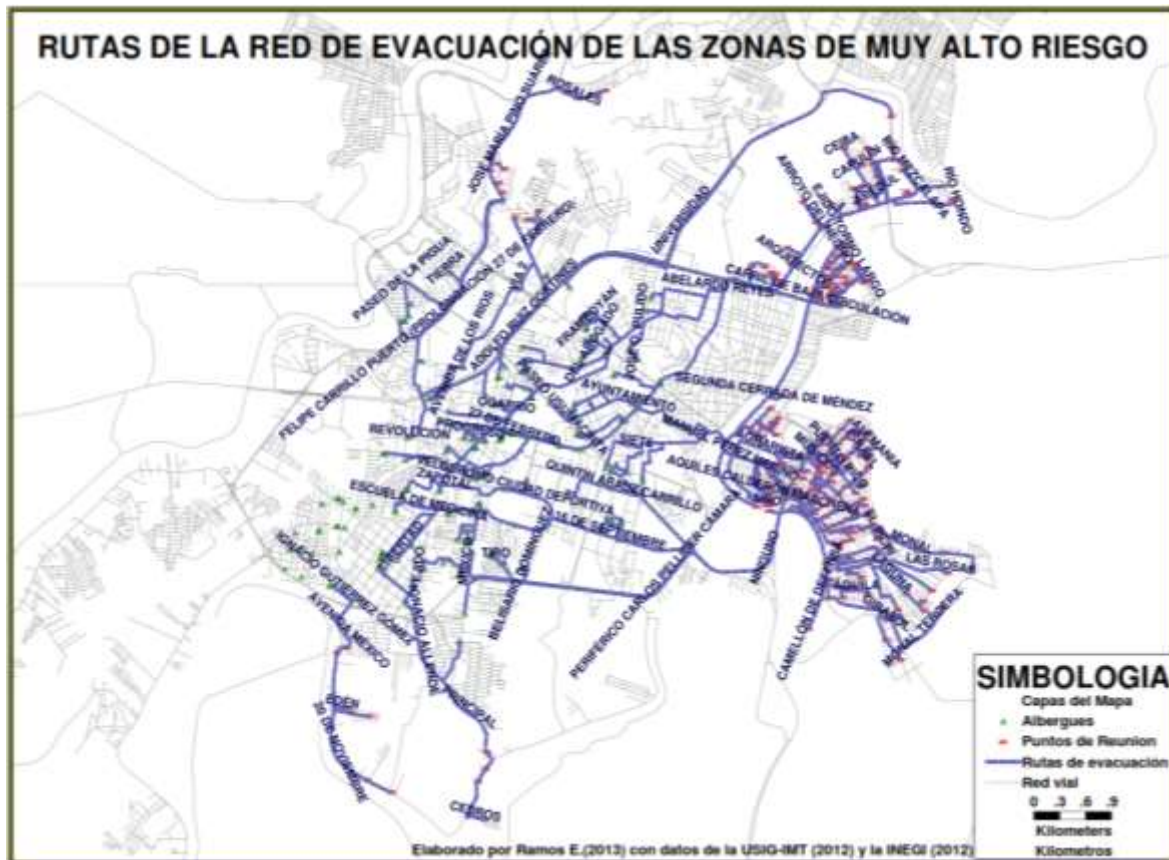
## **4.17 Descripción del cálculo de las rutas de evacuación**

En esta parte del trabajo se describen las herramientas de cómputo utilizadas para estimar las direcciones tomadas por cada ruta de autobús, así como los tiempos de evacuación.

### **4.17.1 Obtención de las direcciones de cada ruta de autobuses**

Las rutas se generan a través de TransCAD utilizando las matrices de flujos en los arcos, y se seleccionan los arcos con flujos para posteriormente obtener de esa selección las direcciones. Como la lista es muy larga, para obtener una concepción visual de qué rutas tomará cada autobús desde cada uno de los puntos de reunión hacia los albergues se muestra la figura 4.27.





Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.27. Rutas de evacuación de las zonas de muy alto riesgo**

En la figura se aprecia que no todos los albergues disponibles se usan, ya que la capacidad de los albergues es mayor que la población potencialmente en riesgo. Este hecho juega a favor de la seguridad, pues es fundamental contar con reservas de espacio disponible para recibir refugiados, pues la ciudad suele tener visitantes externos o la población real puede ser mayor a la censada en el último conteo del Inegi.

#### 4.17.2 Carga de matrices en una base de datos en MYSQL

Se toman ambas matrices y se cargan en una base de datos en MySQL, para poder analizarlos con base en los tiempos de recorrido de transporte.

#### 4.17.3 Cálculo de tiempos en la calculadora de evacuaciones (CE)

En esta parte se utiliza un software desarrollado por Víctor Manuel Fraide Arroyo para este proyecto.

Según Fraide V. (2013), “para determinar el tiempo total que tomaría evacuar de manera simultánea a todos los posibles damnificados en el área de Villahermosa,

se buscaron soluciones sencillas y factibles, que involucren todos los datos para el cálculo del tiempo”.

La solución al problema del cálculo de tiempo se basa en la siguiente ecuación matemática, donde la respuesta al problema es la sumatoria de los tiempos totales de las etapas en las cuales se desarrolla el proyecto, lo que se resuelve con la siguiente expresión matemática:

$$X = \sum T (T_{ap} + T_{dp} + T_{Recs} + Pa + Ca + Aa + Eapr)$$

Donde:

$X$  = Variable del tiempo total de evacuación

$T_{ap}$  = Tiempo total de ascenso de pasaje

$T_{dp}$  = Tiempo total de descenso de pasaje

$T_{Recs}$  = Tiempo total de recorridos

$Pa$  = Periodo de alerta

$Ca$  = Tiempo para la concentración de autobuses

$Aa$  = Tiempo para la asignación de autobuses

$Eapr$  = Tiempo de envío de autobuses a los puntos de reunión

Esta fórmula propuesta se desglosa de la siguiente manera para poder realizar los cálculos correctos en la aplicación de escritorio desarrollada, con la finalidad de automatizar los cálculos matemáticos en la obtención del tiempo total de evacuación de una determinada población a distribuirse entre los albergues disponibles.

Fórmulas derivadas de la ecuación principal

El grupo de formulaciones creadas para poder aplicarlas a la programación de esta calculadora, se fracciona en cuatro partes, cada una de las cuales reviste suma importancia para la realización de este procedimiento, a continuación descrito a detalle. Se comienza con la que se considera la fórmula base, que permitirá realizar las operaciones matemáticas de este problema. En ésta, se calcula el número de viajes a realizar, considerando el número de personas destinadas a un refugio, dividido entre la capacidad máxima del vehículo, por el número de unidades destinadas a cada punto de reunión, lo que da origen a la siguiente ecuación matemática.

$$Nv = \left\{ \left( \frac{Ppr}{PuNu} \right) \right\}$$

Donde:

*Nv* = Número de viajes que realizará el camión de los puntos de reunión a los refugios

*Ppr* = Personas por punto de reunión a trasladar a un determinado refugio

*Pu* = Número máximo de personas por unidad de transporte

*Nu* = Número de unidades designadas por punto de reunión para hacer el desalojo

El siguiente par de notaciones matemáticas se utiliza para determinar el tiempo de carga y descarga de pasajeros tomando en cuenta el número de vueltas que realiza cada autobús de su origen a su destino, multiplicando esta cantidad por el tiempo destinado al descenso y ascenso de pasajeros en el origen y destino de cada recorrido.

$$Tap = \left\{ \left( \frac{Ppr}{Pu \cdot Nu} \right) (Ap) \right\} \quad Tdp = \left\{ \left( \frac{Ppr}{Pu \cdot Nu} \right) (Dp) \right\}$$

*Tap* = Tiempo completo para carga de pasajeros

*Tdp* = Tiempo completo para la descarga de pasajeros

*Ap* = Tiempo destinado para el ascenso de pasajeros

*Dp* = Tiempo destinado para el descenso de pasajeros

La siguiente ecuación nos permite calcular el tiempo de un recorrido, tanto de un punto de origen a un punto destino como viceversa. Así mismo, servirá para presentar esta información de una manera más atractiva ante el tomador de decisiones. Esta persona interpreta de la siguiente manera el tiempo total de los recorridos, que es igual al número de personas por punto de reunión, dividido entre las personas por unidad de transporte, multiplicado por el número de unidades enviadas a cada punto de reunión; esto multiplicado por dos, producto al que después se resta uno y se multiplica por la división de distancia entre velocidad y el resultado de esto, multiplicado por sesenta para convertirlo a minutos.

$$T_{Recs} = \left( \left( \left( \frac{Ppr}{Pu \cdot Nu} \right) 2 \right) - 1 \left( \frac{d}{v} \right) \right) 60$$

Donde:

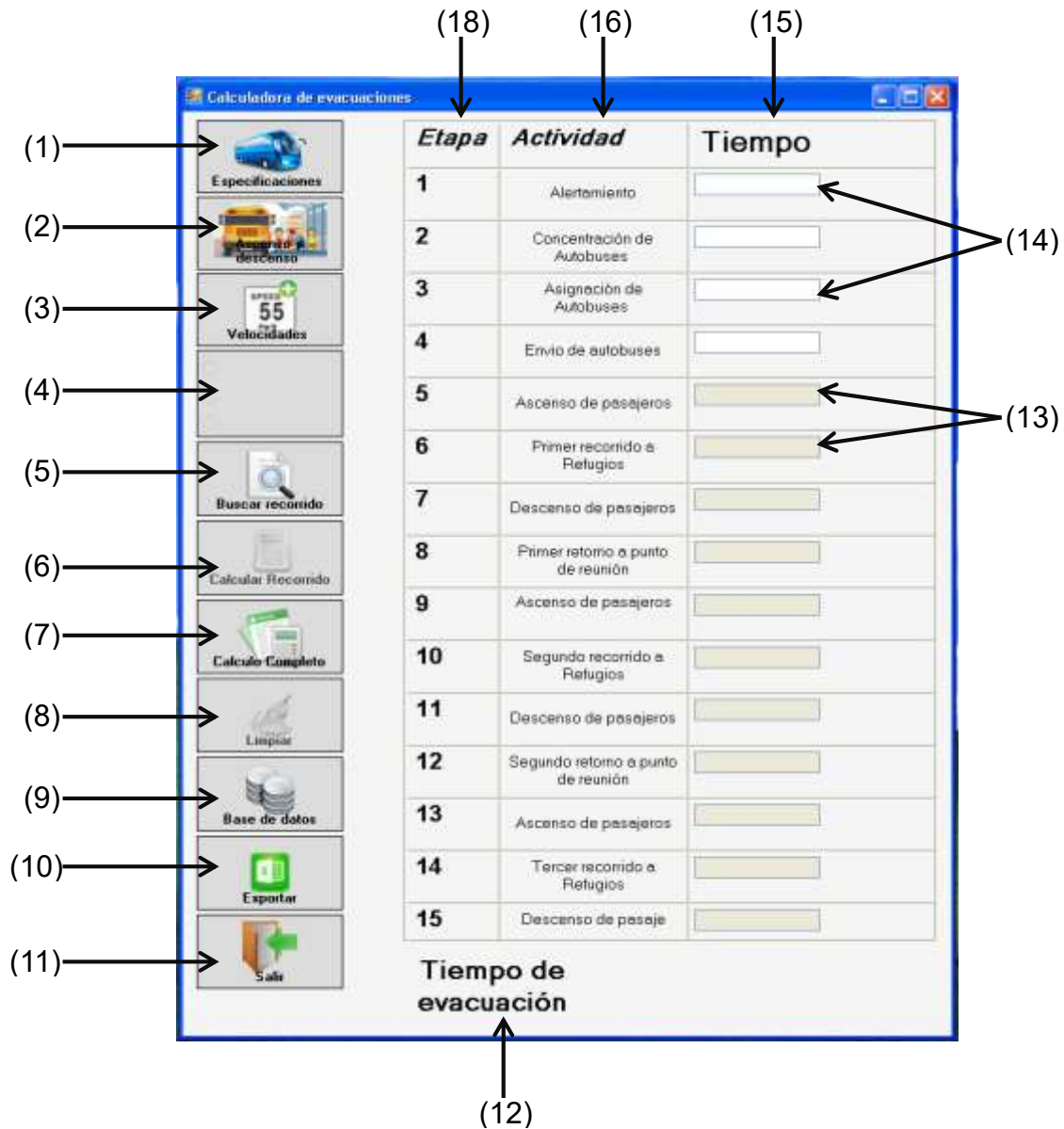
**T<sub>Recs</sub>** = Tiempo realizado por recorrido

**d** = Distancia

**v** = Velocidad

- ✓ El número **dos** es una constante debido a que una vuelta está compuesta por dos recorridos, entonces la distancia a considerar tiende a incrementarse.
- ✓ El número **uno** es una constante, la cual se resta debido a que no se toma en cuenta el primer recorrido, debido a que éste se realiza en un tiempo mayor que los demás.
- ✓ El número **60** es la constante de minutos, pues el resultado se presentará en esta unidad.

En esta parte se hace una pequeña presentación de las pantallas de la calculadora de tiempos de evacuación y el producto obtenido con la misma. Cabe mencionar que la calculadora ilustrada en la figura 4.28 se compone de 15 secciones, dependiendo del número de vueltas que cada autobús dé desde su punto de reunión hasta el albergue correspondiente, hasta que no quede ni un solo damnificado potencial en el punto de reunión. En la siguiente imagen se muestra la apariencia de la calculadora de tiempos de evacuación.



Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.28. Aspecto de la calculadora de tiempos de evacuación**

Cada botón corresponde a una función distinta, y se describen de la siguiente forma:

1. Botón donde se especifica la capacidad de las unidades de transporte.
2. Botón que alimenta los tiempos de ascenso y descenso.
3. Botón para agregar velocidades.
4. Panel que contiene los valores de velocidades.
5. Botón que llama a un formulario de búsquedas de recorridos.
6. Botón para calcular el recorrido.
7. Botón que obtiene el cálculo y tiempo completos de la evacuación.
8. Este botón se encarga de limpiar la calculadora después de hacer los cálculos.
9. Este botón llama a la ventana de opciones para la base de datos.
10. Este botón exporta toda la información a Excel, para su análisis posterior.
11. Botón que se encarga de cerrar la aplicación.
12. Etiqueta que señala dónde aparecerá el resultado de las operaciones.
13. Cajas de texto de solo lectura, para visualización de la información.
14. Cajas de texto que capturan las primeras cuatro etapas de la evacuación.
15. Columna que indica el tiempo a capturar y mostrar.
16. Columna que indica el nombre de cada etapa de la evacuación.
18. Columna que indica el número de la etapa en la evacuación.

El primer paso es cargar los datos. En este caso, para todos los archivos de texto (\*.txt) suministrados a través de TransCAD para los diferentes escenarios se utilizará el botón 9 del formulario, que una vez seleccionado se muestra en la siguiente ventana (figura 4.29), en donde se utiliza el botón de “carga de datos”.



Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.29. Ventana de opciones de bases de datos**

De ahí se carga cada uno de los archivos que se necesiten en la ventana “Ingresar archivos de datos” (figura 4.30); en este caso, se trata de los puntos de reunión, refugios, solución y distancias.



Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.30. Ventana para cargar archivos de texto en la base de datos**

Una vez cargados todos los datos en la calculadora de evacuaciones, se procede a rellenar cada una de las variables para obtener el cálculo de tiempos, como se muestra en las figuras siguientes (4.31 y 4.32).



Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.31. Formulario para especificaciones de capacidad**

El uso de los íconos de la figura 4.31 se lista a continuación.

1. En esta caja de texto, se introducirá la capacidad máxima de personas que puede transportar un vehículo.
2. En esta caja de texto, se colocará el número de unidades que se enviarán a cada punto de reunión.
3. Este botón se usa para cerrar la aplicación.
4. Este botón carga los datos a las variables para poder realizar las operaciones.



Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.32. Formulario para tiempos de ascenso y descenso**

Los íconos de la figura 4.32 se listan a continuación.

1. Caja de texto que captura el tiempo de ascenso de los pasajeros.
2. Caja de texto que captura el tiempo de descenso de los pasajeros.
3. Botón cancelar, que cierra la aplicación.
4. Botón para agregar los datos a las variables y realizar las operaciones.

Velocidades de recorrido

(1) → Vel. Minima 10

(2) → Vel. Media 20

(3) → Vel. Maxima 30

(4) → [Red X Button]

[Green Checkmark Button] (5) Agregar

Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.33. Formulario para captura de velocidades**

Los íconos de la figura 4.33 se listan a continuación.

1. Caja de texto que añade la velocidad mínima.
2. Caja de texto que añade la velocidad media.
3. Caja de texto que añade la velocidad máxima.
4. Botón que cierra la aplicación.
5. Botón que carga los datos a las variables para poder realizar las operaciones.

Al terminar este proceso, se procede a rellenar las primeras cuatro etapas de la evacuación consideradas en el formulario de la calculadora, que son las más importantes debido al tiempo que se efectivamente toma cada etapa. La alerta corresponde a los tiempos que requiere la autoridad competente para emitir un aviso interno entre las diversas instancias públicas, vinculadas al tema de protección civil. El dato de alerta se estimó inicialmente en 40 minutos, aunque estará sujeto a los valores obtenidos de simulacros previos. Una alerta interna es cuando se informa solamente entre autoridades la necesidad de una evacuación en masa de la población de muy alto riesgo de la ciudad; se trata, además, de información clasificada no apta para la población en general y su manejo es altamente discrecional.

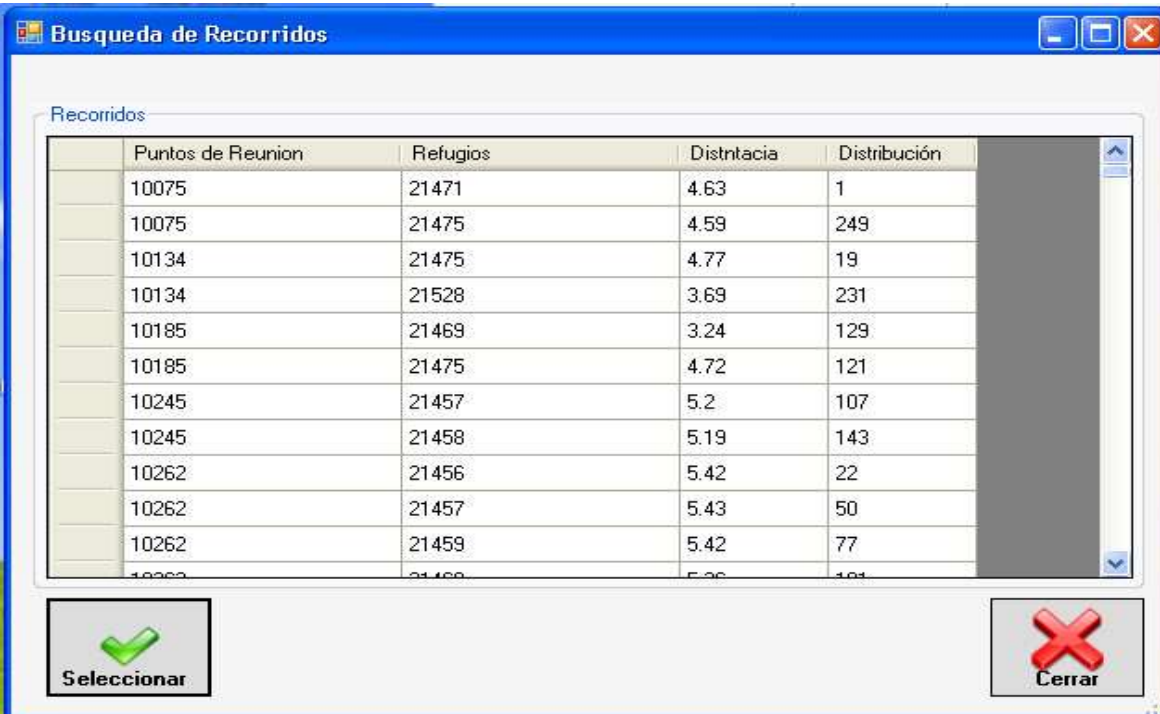


El tiempo de concentración de autobuses se estimó en 40 minutos, el requerido para trasladar, desde cualquier punto de la ciudad, un autobús a una velocidad promedio de 22 km/h y ubicarlo en alguno de los puntos de concentración designados. Este valor tendrá que calibrarse con base en simulacros a escala real.

El tiempo de asignación de autobuses, estimado en 10 minutos para este ejercicio, corresponde al tiempo que se necesita para darle las instrucciones necesarias al conductor: de qué punto de reunión debe ir y el rumbo que debe tomar desde ese sitio, para dirigirse hacia los albergues seleccionados.

El tiempo de envío de autobuses, que en este ejercicio se estimó en 40 minutos, es el aquel que podría llevarle a un autobús para trasladarse desde cualquier punto de la ciudad, a una velocidad promedio de 22 km/h, para concentrarlo en cualquiera de los puntos de reunión más cercanos a los autobuses.

Si se desea saber el tiempo de un solo recorrido de la ciudad, se oprime el botón 5, para buscar el recorrido que se desea, como se muestra en la figura 4.34 siguiente, y el botón 6, para calcular el tiempo de recorrido. Si se desea obtener el cálculo completo, se oprime el botón 7, llamado también “cálculo completo”.



Busqueda de Recorridos

Recorridos

	Puntos de Reunion	Refugios	Distntacia	Distribución
	10075	21471	4.63	1
	10075	21475	4.59	249
	10134	21475	4.77	19
	10134	21528	3.69	231
	10185	21469	3.24	129
	10185	21475	4.72	121
	10245	21457	5.2	107
	10245	21458	5.19	143
	10262	21456	5.42	22
	10262	21457	5.43	50
	10262	21459	5.42	77

Seleccionar

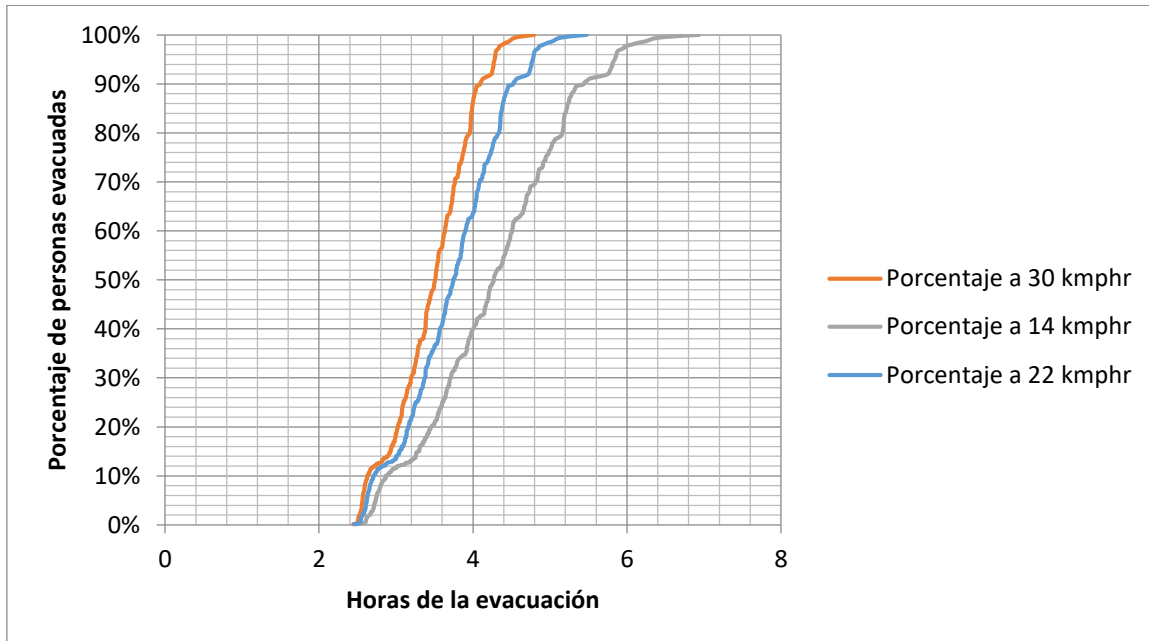
Cerrar

Fuente: Fraide, Arredondo y Ramos (2013).

**Figura 4.34. Ventana de búsqueda de recorridos**

Una vez realizado el cálculo completo, se procede a seleccionar el botón de 10 de “exportar” a Excel 97, con el fin de obtener una gráfica como la mostrada en la figura 4.35, que presenta los tiempos de evacuación, producto de los diferentes escenarios

a diferentes velocidades (de los 14, 22 y 30 km/h), ejemplo de las velocidades promedio observadas en la ciudad de Querétaro.



Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2013.

Figura 4.35. Escenario de evacuación normal

## 4.18 Análisis de escenarios ante el colapso de puentes

Para conocer la forma en que cambiarían los flujos de rutas de evacuación en la ciudad, si cada uno de los puentes Grijalva 1, 2 y 3 llegasen a colapsar de manera independiente, se presenta ahora un análisis de escenarios para distintas circunstancias.

### 4.18.1 Caso de colapso del puente Grijalva 1

El puente Grijalva 1 es el puente más antiguo de la ciudad que cruza el río Grijalva, y está localizado entre las avenidas Adolfo López Mateos y la carretera federal Villahermosa-Macuspana.

Si bien en la actualidad el puente se encuentra en buenas condiciones, en este trabajo se analiza el escenario que se presentaría si colapsara y la forma en que el transporte de damnificados podría atenderse, considerando su interacción con el resto de la infraestructura disponible.

Debe destacarse que, a lo largo de este trabajo, solo se ha considerado la evacuación de las poblaciones localizadas en las zonas de muy alto riesgo de la ciudad, justo antes de la ocurrencia de un desastre meteorológico, por lo que se

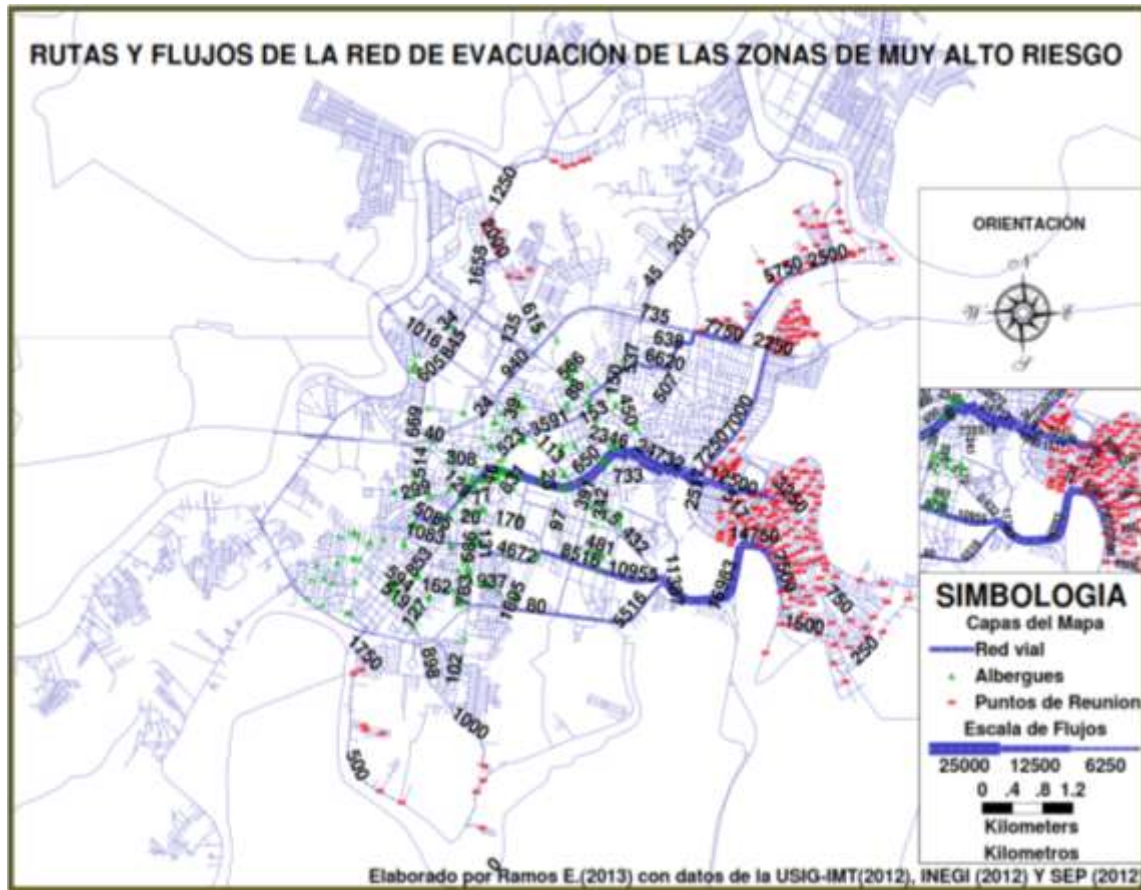
cuenta con libertad de movimientos en la ciudad, sin mayor conflicto vial que el que el tráfico cotidiano vigente.

Sin embargo, como todos los albergues considerados seguros se encuentran en la margen occidental del río y la mayor cantidad de puntos de muy alto riesgo se encuentran justo en la margen opuesta, existe la posibilidad de que los puentes disponibles se puedan encontrar cerrados antes de la evacuación, ya sea por reparación, bloqueados por situaciones extraordinarias o cualquier otra circunstancia que impida su utilización como vía de escape.

Ante esto, se realizó una corrida en el programa TransCAD, para resolver el reacomodo de las rutas de evacuación ante el colapso del Grijalva 1, y se obtuvo el mapa de la figura 4.36.

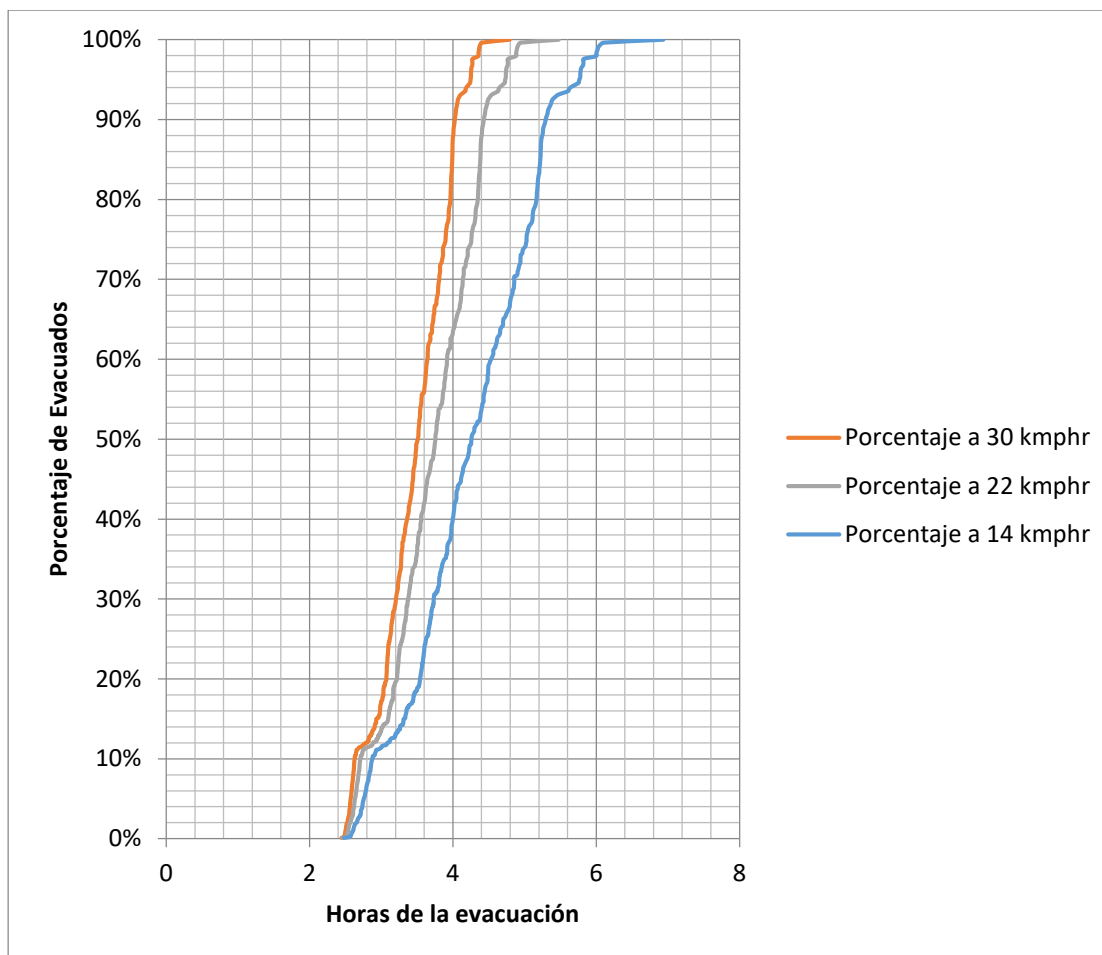
En este mapa, se observa que el transporte de personas se distribuiría entre los puentes Grijalva 2 (con 16,983 personas) y el Grijalva 3 (con 26,767 personas), para un total de 43,750 personas evacuadas de la margen oriental del río, hacia la margen occidental, que se transportarían en los autobuses disponibles, con capacidad de 45 pasajeros sentados, lo que arroja un saldo total de 973 viajes.

Si bien esta demanda de transporte no satura los carriles de circulación, pues cada carril tiene capacidad para hasta 600 autobuses por hora (Litman, 2006), significa que ante una posible contingencia, sería vital que la autoridad asegurase el control de estos dos puentes remanentes, como puntos neurálgicos para la evacuación de las zonas de muy alto riesgo, localizadas en la margen oriental del río Grijalva y controlara el acceso de los vehículos de baja capacidad, para evitar que estos saturen los puentes disponibles.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

Figura 4.36. Rutas de escape ante escenario de colapso del puente Grijalva 1



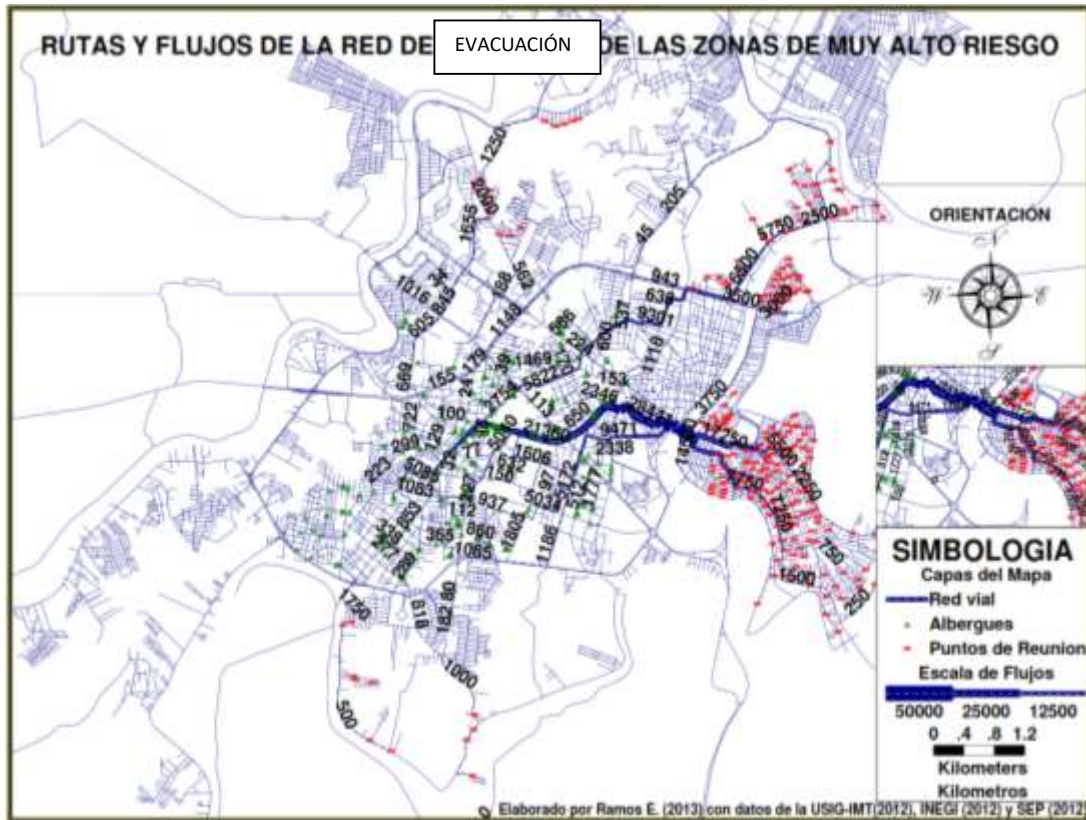
Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2014.

### Figura 4.37. Tiempos de evacuación ante el colapso del puente Grijalva 1

Bajo estas nuevas condiciones, se obtienen nuevos tiempos de evacuación, mismos que se muestran en la figura 4.37. En este caso, la evacuación completa se logra en menos de 7 horas, dependiendo de las velocidades elegidas para los vehículos de transporte.

#### 4.18.2 Caso de colapso del puente Grijalva 2

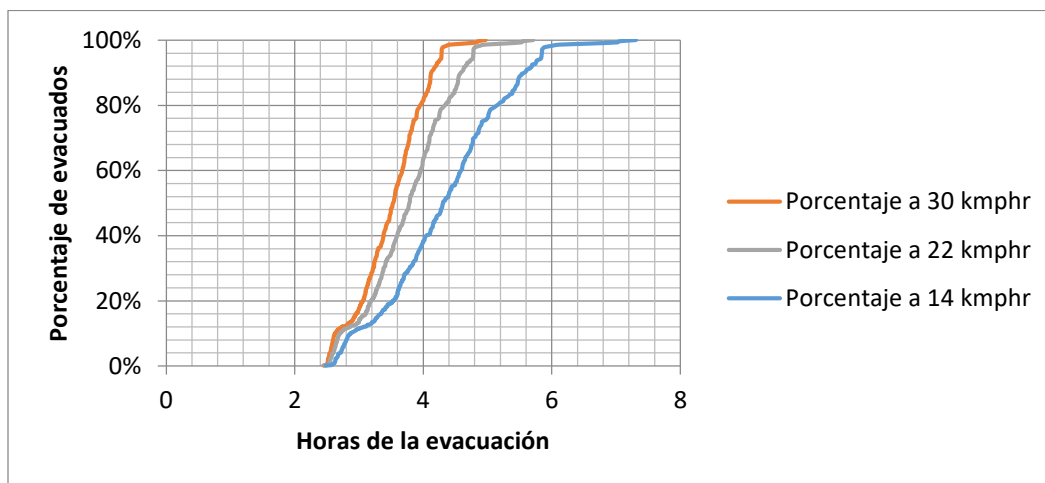
En el caso de que colapsara el puente Grijalva 2, el flujo de evacuación se repartiría entre los puentes Grijalva 1 (con 3,500 personas) y Grijalva 3 (con 40,250 personas), para tomar entre los dos el total de 43,750 personas que tendrían que ser evacuadas de las zonas de alto riesgo en la margen oriental, hacia los albergues en la zona occidental del río, como se observa en el mapa de la figura 4.38.



Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.38. Rutas de escape ante escenario de colapso del puente Grijalva 2**

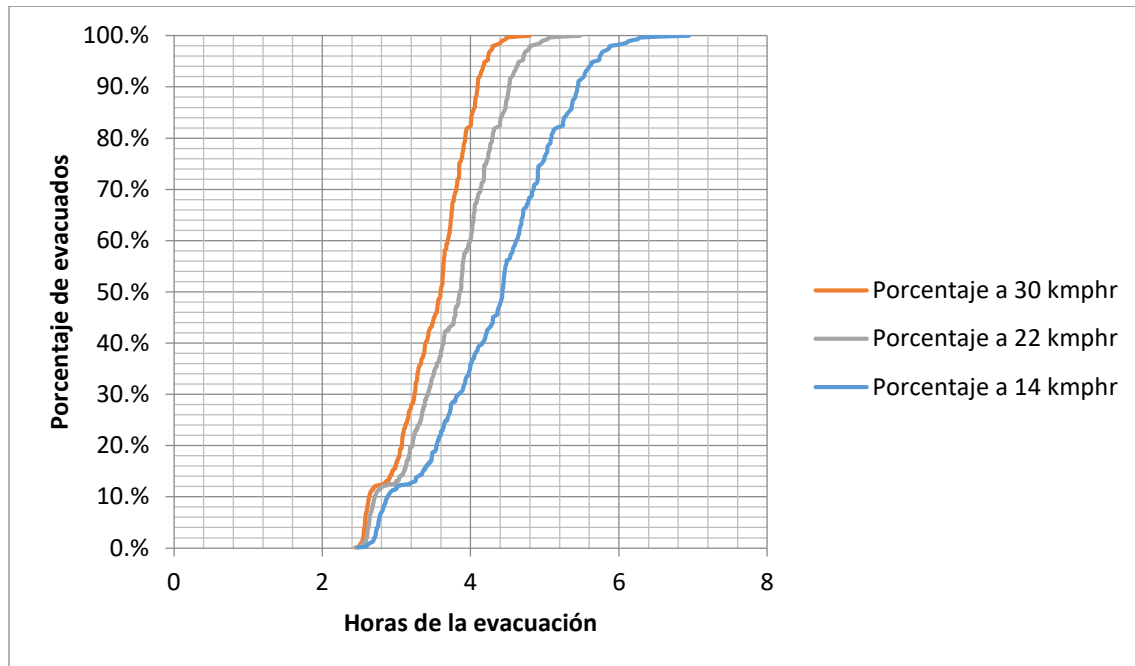
En este escenario, los tiempos de evacuación mostrados en la figura 4.39 se prolongan hasta cinco horas, utilizando velocidades de 30 kph, o bien hasta 7.50 horas utilizando velocidades de evacuación de 14 kph.



Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2014.

**Figura 4.39. Tiempos de evacuación ante colapso del puente Grijalva 2**





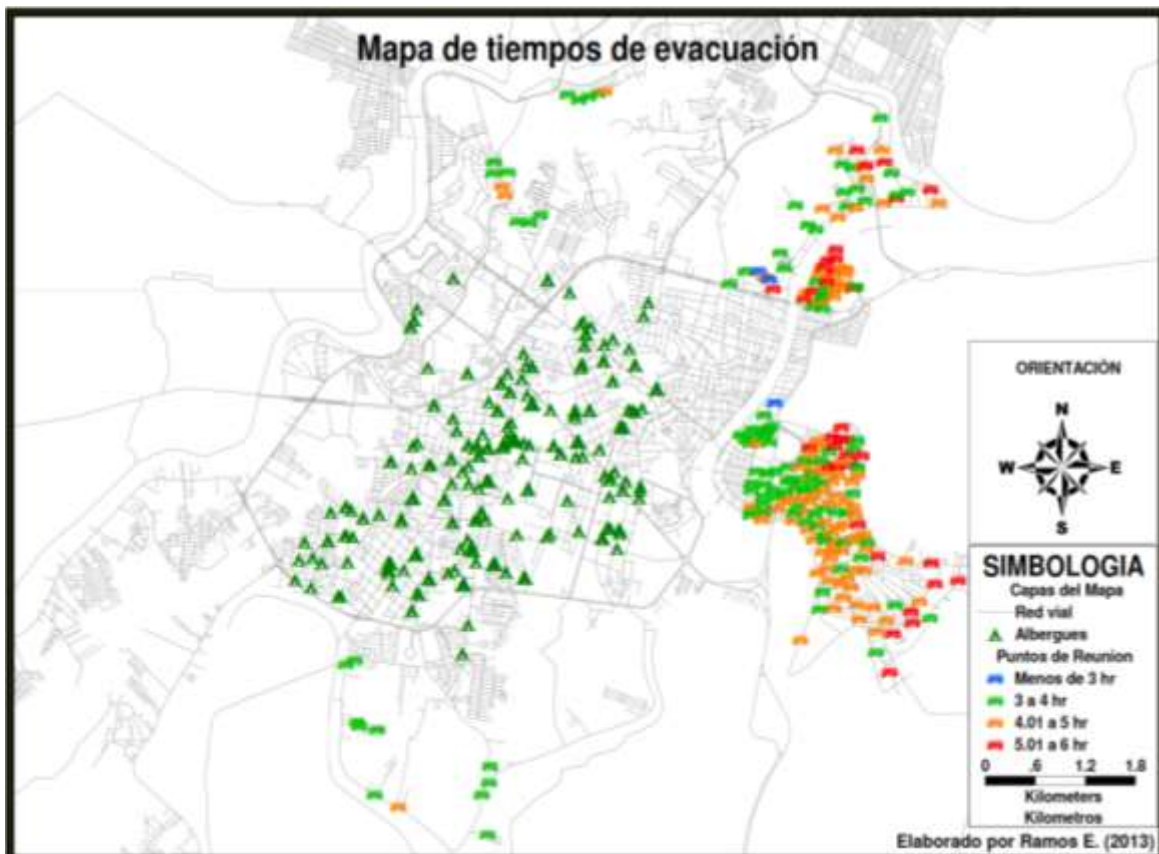
Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2013.

**Figura 4.41. Tiempos de evacuación ante colapso del puente Grijalva 3**

Como se puede ver en cada escenario, los tiempos no difieren mucho ante el escenario de colapso de cada uno de los puentes, exceptuando el escenario del colapso del puente Grijalva 2, donde se observa un incremento marginal de 30 minutos. Esto se debe a que la elección de la mejor ruta se hizo con base en la distancia, no conforme al tiempo, que podría generar diferentes resultados, debido a las diferentes velocidades permitidas en cada una de las vías de la ciudad, sin mencionar que tampoco se consideró la capacidad de cada una de las vías, lo que causaría retrasos en los tiempos de evacuación debido a la acumulación de autobuses en cada arco. Para obtener tiempos más cercanos a la realidad y con el fin de visualizar mejor estos tiempos de evacuación, sería necesario utilizar un simulador como el TRANSMODELER para observar a detalle qué sucede y cómo van los flujos de las rutas de evacuación en la ciudad, en escenarios más realistas.

A fin de entender cuáles son los puntos de reunión que tienen que evacuarse primero de acuerdo con la optimización a través de la elección de la ruta más cercana, se muestra la figura 4.42 siguiente, en donde los puntos de reunión se ilustran en colores que representan el tiempo que llevaría un desalojo completo de las personas concentradas en esos puntos de reunión.





Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

**Figura 4.42. Mapa de tiempos de evacuación**

En la figura 4.32 se aprecia el hecho de que, aunque un punto de reunión se encuentre más cercano a un albergue en comparación con otro punto de reunión, que puede incluso estar a unos cuantos metros de distancia, no quiere decir que será desalojado en menor tiempo, pues al resolver el problema de optimización de la red, el reparto de transporte se realiza buscando la mejor combinación entre puntos de reunión y puntos de refugio.

## 4.19 Caso de evacuación en vehículos particulares

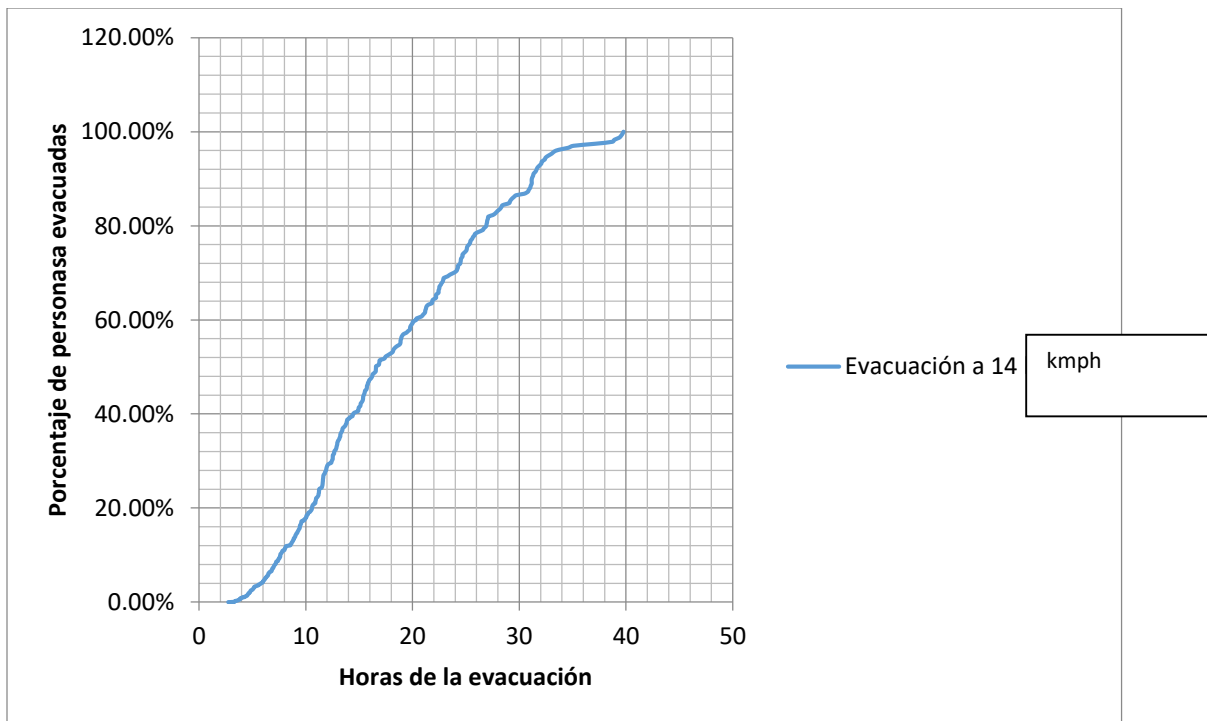
Para tener un punto de referencia acerca de la ventaja de usar el transporte público masivo, sobre el transporte privado, es necesario hacer este ejercicio ante el mismo escenario considerando el uso de vehículos particulares con capacidad máxima de cuatro personas cada uno, para estimar el tiempo que tomaría llegar a las salidas de la ciudad, es decir una evacuación total de las personas asentadas en zonas de muy alto riesgo utilizando solamente autos particulares.

Para este escenario, se tomaron en cuenta los mismos datos desde el TransCAD, con la diferencia de que solamente se consideró una ida desde los puntos de reunión hacia los albergues. Se puede decir ahora que los puntos de reunión son los puntos de salida de cada zona de alto riesgo.

También se presumió que no habría problemas para acomodar a cientos o miles de autos, en las inmediaciones de cada albergue —hipótesis poco realista, sin duda—, pero para fines de estimación de tiempos, se hizo caso omiso de esta limitante.

Estos datos de TransCAD se exportaron a Excel para posteriormente elaborar la gráfica de tiempos de evacuación, que se muestra en la figura 4.43.

Al hacer este estudio se consideró el tiempo de ida hacia los albergues a una velocidad de 14 kmph por cuestiones de tráfico, la alerta interna (de 40 min) entre las autoridades para considerar la necesidad de evacuar, la alerta general al público, la decisión inicial de evacuar (60 min) y la decisión final de evacuación (60 min) en caso de que no todos decidieran salir durante los primeros 60 minutos de la alerta general.



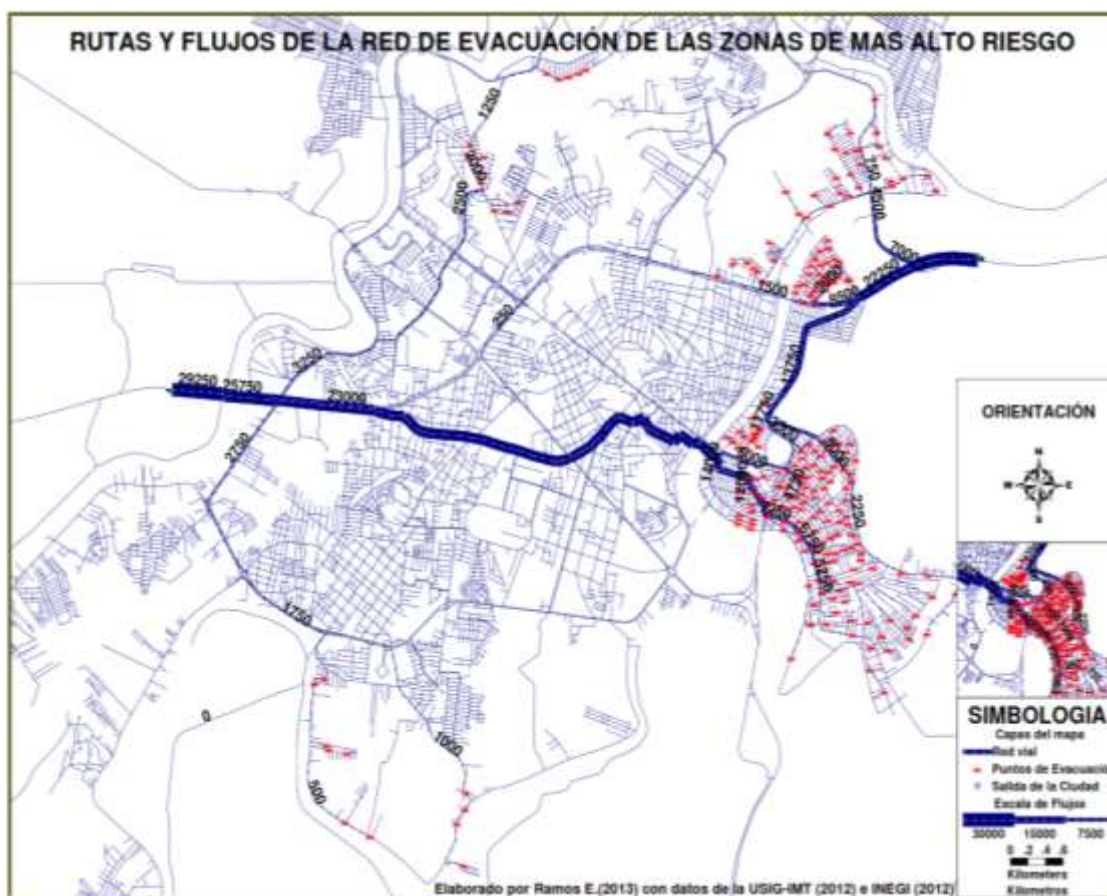
Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2013.

**Figura 4.43. Relación de personas evacuadas en vehículos particulares, por horas de contingencia**

La principal desventaja de usar carros particulares sería que el último vehículo en desalojar, desde el punto de salida más alejado, tardaría 39 horas con 44 minutos y 48 segundos, cosa que sería igual a día y medio de viaje, escenario que en una evacuación sería desastroso, si se tiene en cuenta que no todos los vehículos pueden ser tan fiables, es decir, pueden presentar descomposturas mecánicas en el camino que incluso haría más larga la evacuación o carecer de combustible al

momento de la evacuación, ya sea porque el combustible de las gasolineras se agotó, o porque la persona no tuvo dinero para llenar su tanque.

Ahora, considerando una evacuación total de la ciudad, donde la mitad de la población de muy alto riesgo, de 29,250 personas, se va hacia la salida de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa y la otra mitad (de 29,250 personas) se dirige hacia la salida de la carretera federal Villahermosa-Escárcega, las rutas que se tomarían pueden verse en la figura 4.44.



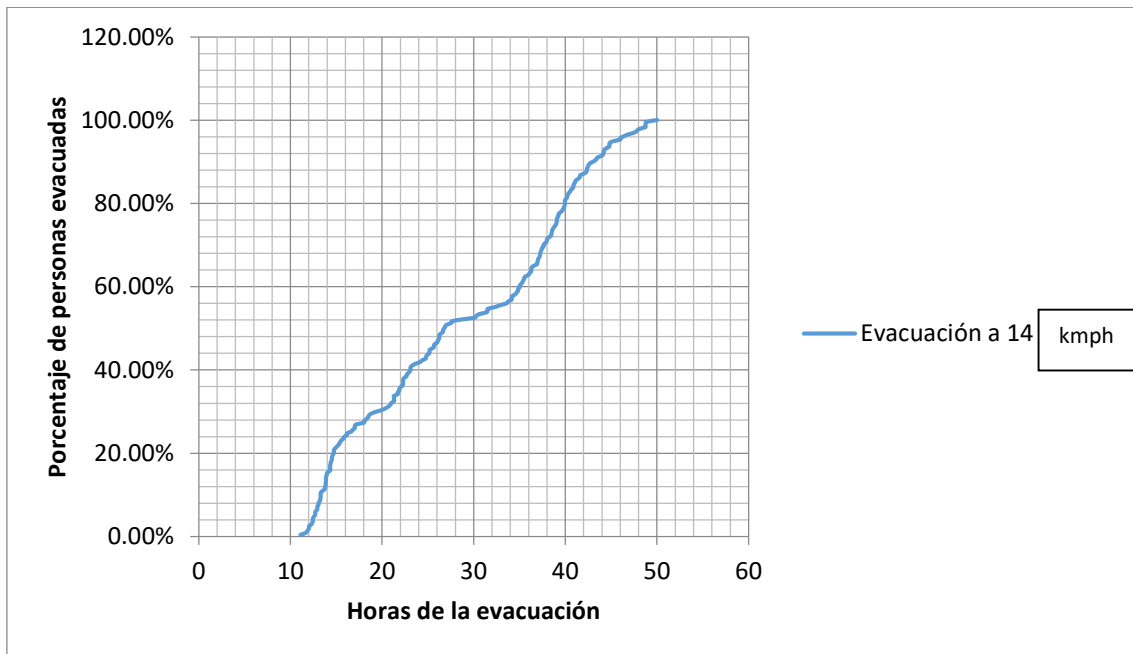
Fuente: Ramos, Arredondo y Fraide (2014).

#### **Figura 4.44. Evacuación de las zonas de muy alto riesgos hacia dos de las salidas de la ciudad en vehículos particulares**

Considerando los mismos tiempos de evacuación utilizados para el escenario anterior, pero cambiando esta vez solamente el tiempo de ida —ya que las distancias son diferentes—, los demás elementos se consideran igual, y se toman como valores constantes.

En la figura 4.45 siguiente, se puede apreciar que una evacuación total de la ciudad tardaría 50 horas, 3 minutos y 6 segundos, con velocidades colectivas de 14 km/h. Este tiempo de evacuación solo toma en cuenta a las personas que viven en las zonas de muy alto riesgo, en el supuesto de que todos cuentan con un auto en

buenas condiciones, sin considerar el efecto que causaría que personas localizadas en otras zonas de riesgo también quieran evacuar la ciudad al mismo tiempo.



Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2013.

**Figura 4.45. Tiempo necesario para una evacuación total de la ciudad, utilizando vehículos particulares**

Con esto se llega a la conclusión de que en caso de evacuaciones de zonas de muy alto riesgo, debe desalentarse el uso de vehículos particulares e impulsarse a la población para utilizar el transporte público masivo, pues de otra forma se pondría en riesgo la vida de los evacuados y de los que todavía no hayan decidido desalojarse.

## 4.20 Protocolo de evacuación

Antes de crear un protocolo de evacuación utilizando el transporte masivo público, se deben tener nociones sobre la planificación de emergencias aplicadas al transporte público, por lo que las agencias de investigación del transporte animan a los organismos del transporte público a considerar los siguientes 12 objetivos:

- 1. Partición de la respuesta al incidente en pasos fácilmente identificados y gestionados.
- 2. Organización para la gestión de una emergencia en el sistema de transporte.
- 3. Integración de un procedimiento para asegurar el papel de liderazgo de la autoridad encargada de gestionar el transporte, en respuesta a la emergencia y de la comunidad, para la toma de decisiones durante crisis.

- 
- 4. Uso del sistema de comando de incidentes, como un recurso para organizar la respuesta de emergencia.
  - 5. Documentación de la actividad de un sistema de preparación en un plan de respuesta ante incidentes y el plan de operaciones de emergencia.
  - 6. Mitigación de las situaciones de emergencia, mediante la planificación de respuestas frente a desastres naturales y eventos especiales, así como el reconocimiento temprano de indicadores potenciales de terrorismo.
  - 7. Establecimiento de un sistema de mando y control, lo antes posible.
  - 8. Integración de la inteligencia para tener la respuesta inicial.
  - 9. Coordinación del apoyo de las actividades de rescate y manejo de víctimas mortales.
  - 10. Coordinación de la participación en el control del tránsito local, para la toma de decisiones.
  - 11. Selección del sitio de soporte de seguridad, protección y evaluación de daños.
  - 12. Confirmación de la protección y seguridad del sistema en su totalidad.

Una vez establecidos estos 12 objetivos, de tal forma que se apliquen entre los organismos del transporte público y las autoridades, ya se es posible tener un protocolo de evacuación por medio de una movilización de emergencia, que se resume partiendo de la calculadora de evacuaciones propuesta realizada por Fraide V. (2013).

Esta calculadora está basada en 15 etapas, de las cuales las primeras cuatro son primordiales, ya que las demás solamente reflejan los tiempos que les toma a los autobuses recoger a las personas desde los puntos de reunión y llevarlos hasta los albergues, y así sucesivamente, hasta que no quede una sola persona en los puntos de reunión.

Estas primeras cuatro etapas se componen de:

- Alerta
- Concentración de autobuses
- Asignación de autobuses
- Envío de autobuses

La alerta consiste en un aviso interno entre autoridades. El dato indispensable a incluir desde un principio son los “tiempos de aviso por inundación” a las autoridades competentes (en este caso, protección civil del estado de Tabasco y el gobierno del municipio del Centro, con base en predicciones de precipitaciones extraordinarias proporcionadas en las últimas horas por la Conagua). A este tiempo se debe agregar el tiempo necesario para informar a las diferentes empresas concesionarias del transporte público de la ciudad, respecto de que sus unidades serán requeridas

para una “evacuación por movilización de emergencia” por parte de las autoridades competentes (en este caso, protección civil del estado de Tabasco).

Una alerta interna es cuando se informa solamente entre autoridades que es necesario evacuar en masa a la población ubicada en zonas de muy alto riesgo de la ciudad. Esta alerta interna deberá ser información clasificada, para evitar una histeria colectiva.

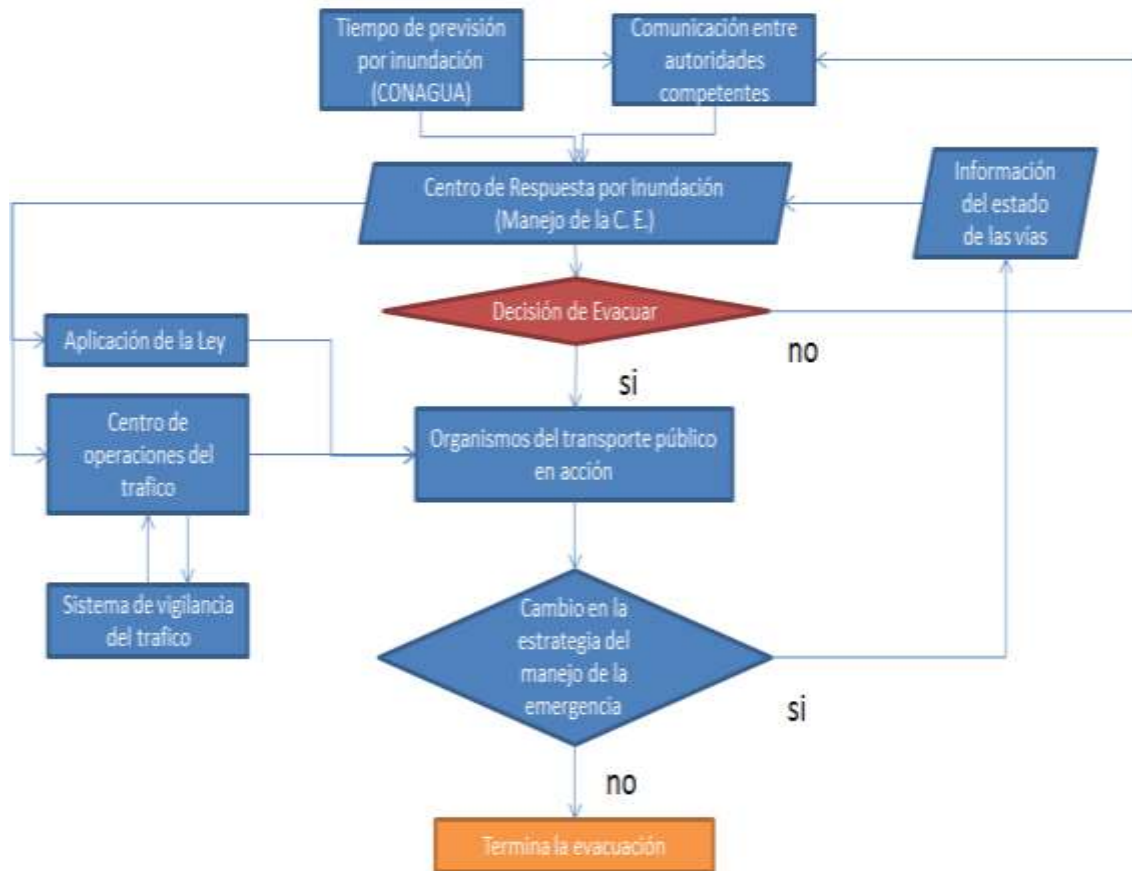
La acción por parte de los organismos del transporte público son las siguientes:

Concentración de autobuses: tiempo que podría llevarle moverse a un autobús desde cualquier punto de la ciudad a una velocidad promedio de 22 km/h, para colocarlo en cualquiera de los puntos de concentración más cercanos a los autobuses.

Asignación de autobuses: tiempo que se necesita para darle las instrucciones necesarias de a qué punto de reunión debe ir y el rumbo que debe tomar desde el punto de reunión hacia los albergues a cada uno de los choferes de autobuses.

Envío de autobuses: tiempo que podría llevarle moverse a un autobús desde cualquier punto de la ciudad a una velocidad promedio de 22 km/h para concentrarlo en cualquiera de los puntos de reunión más cercanos a los autobuses.

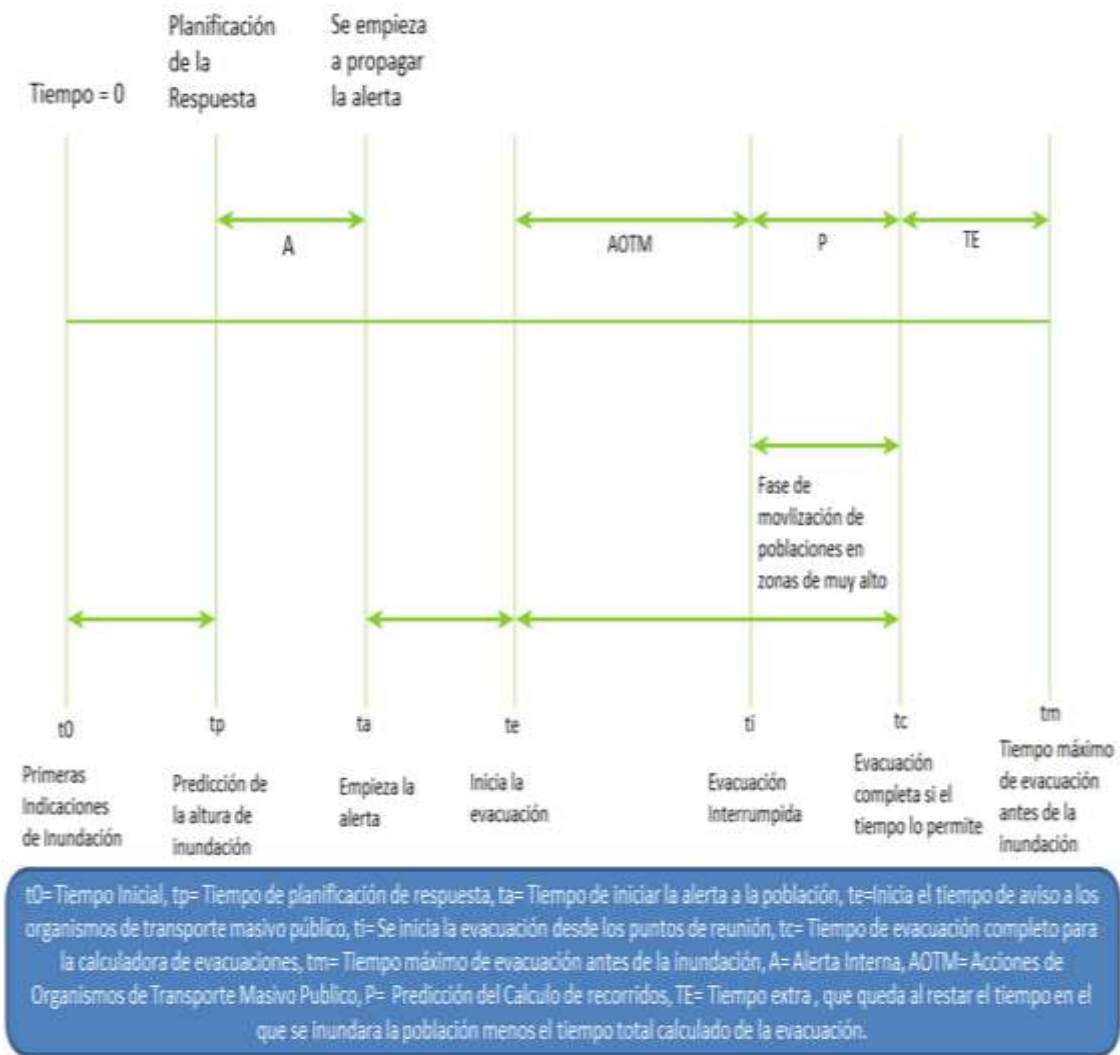
A efectos de entender de manera general el proceso de la evacuación global, se utiliza el diagrama de flujo de la figura 4.46, que ilustra cómo funcionaría la evacuación utilizando el transporte público.



Fuente: Arredondo, Ramos y Fraide, 2013.

**Figura 4.46. Diagrama de flujo de la evacuación. (C.E. = Calculadora de evacuaciones)**

Si durante la evacuación se presenta un nuevo acontecimiento sobre el estado de las vías, producto de algún bloqueo de las mismas, ya sea por inundación o descomposturas de algún vehículo particular, esta información sería notificada por el sistema de vigilancia de tránsito al centro de operaciones de mando, que a su vez notificaría a los organismos encargados de gestionar el transporte público, con el fin de cambiar las rutas de evacuación. Esta parte del proceso podría involucrar incluso el hecho de crear nuevos escenarios donde estas vías se encuentran bloqueadas para crear nuevas rutas y flujos de evacuación, que a su vez generarían nuevos tiempos de evacuación al retroalimentar de nuevo a la calculadora de evacuaciones.



Arredondo, Ramos y Fraide (2014), basada en la línea del tiempo del AEMS 20 (2009).

**Figura 4.47. Acciones de emergencia durante el horizonte de eventos**



La figura 4.47 anterior muestra la línea de tiempo para una evacuación por inundación, para entender todos los pasos a seguir en caso de una evacuación.

## 4.21 Logística interinstitucional

Las dependencias de gobierno y organizaciones que potencialmente se involucrarían en una evacuación de emergencia deberán resolver el tema logístico de organización y coordinación interinstitucional.

Según el *Manual de preparación en caso de inundación* del gobierno australiano (2009), las evacuaciones a gran escala requieren coordinación de los esfuerzos de numerosas dependencias de gobierno y organizaciones (a veces incluidos grupos de comunidades).

Con base en su el modelo australiano, se decidió tomar los siguientes consejos sobre el papel que cumple cada dependencia de gobierno y las organizaciones, que podrían ser muy útiles durante un plan de evacuación por movilización de emergencia, a través del transporte público:

La policía local o la guardia nacional deben asegurar que las personas evacuen cuando sea necesario, manteniendo la seguridad de los evacuados y el control de las áreas de evacuación, y asegurarse de que los evacuados se registren debidamente, para poder notificar la lista de personas rescatadas, sanas y salvas.

La policía de tránsito debe mantener el flujo de tráfico en las rutas de evacuación y cerrar rutas que podrían inundarse y ser peligrosas en esos momentos.

Protección civil debe asegurarse de que todos salgan de las áreas de riesgo por inundación, tocando puerta por puerta, y de que las personas con necesidades especiales también puedan desalojar el área.

El equipo médico debe asegurarse de que todos reciban la atención médica necesaria, en particular, las personas con necesidades especiales.

Las organizaciones de transporte público deben proveer los modos de transporte (por ejemplos, autobuses, trenes, taxis, taxis especiales, botes o helicópteros) en apoyo de los evacuados.

Las organizaciones dedicadas al cuidado del ganado, mascotas y animales de compañía deben responsabilizarse por los animales de los evacuados, es decir, deben encargarse de establecer albergues para los animales y supervisar la movilización de éstos fuera de la zona de alto riesgo.

Debe designarse a las organizaciones o grupos especializados en el traslado de muebles y propiedades de valor, como pueden ser artefactos arqueológicos o prendas con valor histórico.

Las organizaciones de asistencia social deben encargarse del área operativa de todo lo que tenga que ver con los refugios, como el suministro de ropa, comida y personal requeridos para atender a los evacuados satisfactoriamente.

## Conclusiones y recomendaciones

---

Es evidente la importancia de planificar las acciones que puede tomar el gobierno frente a emergencias causadas por fenómenos hidrometeorológicos en zonas expuestas a ellos, como es el caso del sureste mexicano, especialmente si se desean salvar vidas y mitigar las pérdidas materiales.

Este trabajo identificó las zonas de muy alto riesgo del municipio Centro, en el estado de Tabasco, y se estimó que la cantidad de personas afectadas ascendería el día de hoy a 58,500, mismas que podrían ser evacuadas a los albergues y zonas seguras aquí identificados, en tiempos menores a ocho horas, si para el trabajo de evacuación se utilizan 468 autobuses de transporte público, con capacidad para 45 pasajeros cada uno, que representa cerca del 45% del parque de vehicular dedicado al transporte público en ese municipio, según los registros obtenidos para este proyecto. El resto de los autobuses urbanos se dejarían en circulación normal, para que las personas repartidas a lo largo de la ciudad puedan trasladarse a los puntos de recolección correspondientes, si se trata de zonas de muy alto riesgo, o bien se trasladen a sus hogares, si se encuentran en zonas de menor riesgo, para guarecerse mientras dura la contingencia hidrometeorológica.

Se estima que la evacuación se lograría realizar de manera exitosa, si se realiza antes de la presentación de la contingencia y que las velocidades de circulación urbana serían de entre 14 y 30 km/h, considerando las condiciones de tráfico normal y siguiendo los ciclos semafóricos normales. Esta velocidad de circulación de los autobuses utilizados en la evacuación podría subir a valores entre 40 y 60 km/h, si se logra establecer un circuito controlado de las rutas de evacuación por parte de las autoridades correspondientes, lo que reduciría a menos de cuatro horas el tiempo necesario para evacuar a esa población.

Con esta ventana de tiempo, sería posible evacuar no solo a las personas con capacidades diferentes, sino también a las mascotas y ganado que se requiera resguardar.

El trabajo estimó las rutas óptimas de evacuación, considerando la localización de los puntos de reunión de muy alto riesgo y los albergues o zonas seguras. También se evaluaron los escenarios que se podrían presentar, si alguno de los principales puentes de la ciudad llegase a colapsar antes de la evacuación o bien se encontrase cerrado por motivos diversos.

Este trabajo permite concluir que, además de los estudios necesarios para la movilización de poblaciones en casos de emergencia, a través del transporte público, es fundamental impulsar la cultura de la prevención y participación, por medio de simulacros a escala real, para que todos los involucrados ensayen la

preparación en caso de inundación y respondan positivamente. Las autoridades deben reconocer que las personas en zonas propensas a inundaciones suelen ser difíciles de disuadir acerca del riesgo, pues están acostumbradas a vivir con el riesgo y se niegan a creer en las autoridades. Tales actitudes suponen constantes barreras para el aprendizaje, que los diseñadores de programas educativos de protección civil deben reconocer y tratar de superar. Irónicamente, la negación a la idea de ser víctimas de una inundación puede ser más frecuente en zonas donde se han construido dispositivos de mitigación tales como muros de contención. Estas áreas a menudo experimentan consecuencias muy graves de inundación cuando se sobrepasan o no aguantan dichas medidas de mitigación. Los muros de contención han dado a la gente la impresión de que el problema de las inundaciones se ha resuelto, aunque el riesgo sigue latente.

La ventana de tiempo encontrada en esta investigación es un primer acercamiento para entender de manera concisa que el tiempo requerido para evacuar a la población no solo depende de resolver el problema de transporte de evacuación a través del transporte público, sino que involucra toda una logística de evacuación conformada por la acción combinada de policías municipales, policías de tránsito, dependencias de gobierno (como la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres [Cenapred], la nueva Guardia Nacional, la Comisión Nacional del Agua [Conagua] y equipos médicos del sector salud [SSA, IMSS, ISSSTE, PEMEX, etc.], así como organizaciones del transporte público y las dedicadas al cuidado animal. En conjunto, esta logística también implica acciones que, al sumarse a la ventana de tiempo creada como parte de la solución al problema de transporte, indica los tiempos de evacuación más cercanos a la realidad para la población de muy alto riesgo en la ciudad de Villahermosa. En todo caso, éste será un primer acercamiento porque la información generada fue utilizando la distancia como parámetro para ruta mínima, cuando se sabe en realidad que la mejor forma de hacer estos análisis es a través del tiempo que se lleva de un punto de origen a un punto de destino, pero debido a que la información acerca de las diferentes velocidades permitidas en cada vía conllevaba un mayor tiempo para ingresarlos, se dejará para otra fase. También faltó agregar los datos de las capacidades reales de las vialidades de Villahermosa, con el fin de ver los patrones de tránsito que los autobuses generan por la acumulación de los mismos en las vías, y ver el retraso que tendrían para llegar a los albergues, lo que nos acercaría a una ventana de tiempo aún más real.

Falta también considerar cómo se vería afectado el tránsito de vehículos particulares y de autobuses en la evacuación de la ciudad de Villahermosa, en cuyo caso se podrían plantear rutas alternas para los que deseen salir de la ciudad.

Siempre los planes de contingencias por inundación deben partir de una ventana de tiempo, que indiscutiblemente surge de resolver los problemas de transporte por movilización de emergencia. En ella deben residir los planes de contingencia, ya que su falta haría más difícil determinar el tiempo indispensable para realizar una evacuación ordenada, razón por la cual las autoridades nunca tienen el tiempo disponible para evacuar a una población y más bien optan por rescatarla después

de haber sufrido el desastre, como sucedió en el evento de la inundación del año 2007 en Tabasco.

Es importante concluir que, al aplicar este tipo de estudios a la realidad, debe realizarse por lo menos un simulacro al año, que asegure el perfeccionamiento continuo del modelo, además de utilizar simuladores en tiempo real como el TRANSMODELER, que coadyuven al mejoramiento del ejercicio.

Aunque existan muchos planes de contingencia y planes maestros de protección civil, la mayoría de ellos carecen de una estimación detallada de tiempos y acciones logísticas como las que aquí se proponen, por lo que se estima que la elaboración de este trabajo permitirá ofrecer herramientas valiosas a los tomadores de decisiones.

La investigación consideró el caso de una evacuación en autos particulares, y los tiempos estimados para evacuar a 58 500 personas ascendería a 50 horas, lo que contrasta notablemente con las ocho horas necesarias, si la evacuación se realiza en autobuses de transporte público para 45 pasajeros cada uno. Por ello, la autoridad debe desalentar el uso de autos particulares en una situación de emergencia.

## **4.22 Recomendaciones y oportunidades de investigación**

Del trabajo realizado, se identifican las siguientes oportunidades de desarrollo y las acciones que necesitarán atención para continuar con la tarea de prevención y gestión de emergencias.

- 1) Debe establecerse y validarse una línea de mando, para la gestión emergencia de esta naturaleza, así como las líneas de comunicación indispensables.
- 2) Se requiere construir acuerdos y resolver aspectos legales, para que la autoridad pueda apoyarse con los transportistas de la ciudad, para el traslado de damnificados potenciales, así como con los establecimientos identificados como refugios o albergues, como es el caso de escuelas, templos y auditorios, además de los puntos de concentración de personas, disponibles en la ciudad como parques y jardines públicos.
- 3) Se requiere crear una retícula de Villahermosa, donde las gasolineras se conviertan en centroides de cuadrantes, para concentrar en ellas a los vehículos de evacuación y desde ese punto asignarles sus rutas de trabajo, mientras cada uno carga el combustible necesario para participar en la movilización de emergencia.

- 4) Se requiere una investigación que trate el tema psicológico de la conducta colectiva de los habitantes que podrían ser evacuados, para comprender las razones por las que las personas cooperan, o no, en una evacuación.
- 5) Es preciso replantear la solución hidráulica de la zona y resolver los retos hídricos en las condiciones actuales de la ciudad, tanto de precipitaciones, como del control de asentamientos y combate a la deforestación.
- 6) Se debe evaluar la posible reubicación de los habitantes de zonas de muy alto riesgo y establecer políticas claras y estrictas en materia de uso de suelo, que eviten asentamientos irregulares en zonas indeseables.
- 7) Habrá que analizar el escenario de evacuación donde las personas puedan utilizar sus propios vehículos para evacuar las zonas de muy alto riesgo, sus rutas de evacuación y los lugares a los que podrían trasladarse.
- 8) Se requiere reforzar los puentes críticos y recomendar pasos redundantes en zonas muy vulnerables.
- 9) Debe optimizarse la calculadora de tiempos de evacuación, en trabajo conjunto con el Cenapred, Protección Civil del estado de Tabasco, la Conagua y el municipio de Centro.
- 10) Es preciso simular la evacuación utilizando programas especializados, como TRANSMODELLER, para identificar las oportunidades de mejora.
- 11) Se deben realizar simulacros a escala natural, similares a los que ya existen para casos de sismo, en algunas partes del país.
- 12) Se recomienda aplicar esta metodología para otros municipios igualmente vulnerables.
- 13) Debe proponerse una metodología para otros tipos de riesgo, de acuerdo con las necesidades de cada ciudad, como podría ser el caso de la zona de afectación del volcán Popocatépetl.
- 14) Se precisa recrear los escenarios usando la metodología de esta investigación, para una evacuación de la ciudad usando solamente las vías principales de la ciudad y sus sentidos actuales, a fin de evaluar qué escenario es mejor en caso de desastre por inundación.
- 15) Deberá buscarse recrear los escenarios de esta investigación, pero en vez de elegir la mejor ruta con base en la distancia, el ejercicio deberá basarse en los tiempos generados a partir de la velocidad establecida de las diferentes vías de la ciudad y agregar a cada arco la capacidad que tiene con el fin de acercar los resultados a la realidad y tomar en cuenta el efecto de impedancia producida por problemas de congestionamiento.

- 16) Es necesario hacer una valoración del capital humano requerido para una evacuación, así como el perfil profesional necesario para cada tarea.
- 17) Deben estimarse los costos de una evacuación potencial de esta magnitud y las necesidades de equipamiento en los albergues, para resolver la eventual crisis de alimentos, agua, servicio médico, camas y cobertores.
- 18) Se requiere efectuar un análisis costo-beneficio en términos sociales, que compare los costos tanto de la vulnerabilidad como de una evacuación contra la opción de no hacer nada.
- 19) Debe establecerse un sistema de atención a las familias de las personas que participen activamente en las labores de evacuación, para que éstas puedan dedicarse a la atención de la emergencia, mientras sus familias son puestas en resguardo en primera instancia, si es que éstas viven en las zonas de muy alto riesgo.





# Referencias

---

## 4.23 Referencias documentales

- Australian Government (2009). *Australian Emergency Manual*, Series 20, Flood Preparedness. Australia.
- Backhoff M. (2005). *Transporte y espacio geográfico*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Balancán. H. Ayuntamiento Constitucional de Balancán (2011). H16\_INUNDACION\_URBANA\_2011, Tabasco. México.
- Balog, J. N. et al. (2005). *Public Transportation, Emergency Mobilization and Emergency Operations Guide*, Vol. 7. Washington D.C.
- Barret, Ran y Pillai (2000). "Developing a Dynamic Traffic Management Modeling Framework for Hurricane Evacuation", TRB. 1733. Washington D.C.
- Carrillo Sosa, Juan Javier (2011). *El plan hídrico integral de Tabasco a tres años de su inicio: Metas y resultados*. Instituto de Ingeniería de la UNAM. [http://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias\\_tercer\\_seminario/sem\\_inario/javier\\_carrillo/plan\\_hidrico\\_javier\\_carrillo.pdf](http://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias_tercer_seminario/sem_inario/javier_carrillo/plan_hidrico_javier_carrillo.pdf)
- Cárdenas. H. Ayuntamiento Constitucional de Cárdenas (2012). *Plan municipal de prevención por temporada de huracanes y tormentas tropicales 2012*, Tabasco. México.
- Cenapred Tabasco (2008). "Características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4", México: LC/MEX/L.864, junio de 2008. México.
- Cenapred (2012). *Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos*. México.
- Cenapred (2012). *Mapas de riesgo a escala municipal por inundaciones y bajas temperaturas*. México.
- Centla. H. Ayuntamiento Constitucional de Centla (2010-2012). *Plan de contingencia para fenómenos hidrometeorológicos del municipio de Centla, Tabasco*. México.
- Centro. H. Ayuntamiento Constitucional del Centro (2008), *Atlas de riesgo*. Municipio del Centro, Tabasco. México.

- Centro. H. Ayuntamiento Constitucional del Centro (2008). *Mapas de atlas de riesgo*. Municipio del Centro, Tabasco. México.
- Centro. SEGOB, Dirección General de Asociaciones Religiosas (2007). *Asociaciones Religiosas por Entidad Federativa*. Tabasco. México.
- Centro. Gobierno del Estado de Tabasco, Coordinación General de Asuntos Religiosos (2007). *Relación de Albergues*. Tabasco. México.
- Centro. Gobierno del Estado de Tabasco, Coordinación General de Asuntos Religiosos (2007). *Parroquias afectadas por las inundaciones de la Diócesis de Tabasco A. R., Tabasco*. México.
- Centro. Gobierno del Estado de Tabasco, Consejo de Asociaciones Religiosas en Tabasco (2007). *Relación de templos y/o iglesias que se inundaron*. Diciembre de 2007. Tabasco. México.
- Centro. Gobierno del Estado de Tabasco, Coordinación General de Asuntos Religiosos (2012). *Asociaciones Religiosas en el Estado de Tabasco 2012*. Tabasco. México.
- Centro. Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (2004). Productos multimedia creados en 2002-2003 y validados en 2004 por la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi):
- SIGET (Sistema de Información Geográfica del Estado de Tabasco), 2005. México.
- PEOT (Programa Estatal de Ordenamiento Territorial), 2005. México.
- Atlas de riesgo del estado de Tabasco (2005). Documento interactivo. México.
- Atlas geográfico del estado de Tabasco (2005). Documento interactivo. México.
- Centro. SAOP (2004), Versión ejecutiva del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, Tabasco. México.
- Centro. Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (2011). *Gestión Integral de Riesgos: Caso Tabasco*. Ing. Héctor Manuel López Peralta.
- Centro. Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (SAOP), 2012. Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. México.
- Conagua (2009). *Informe PHIT, Tabasco*. Diciembre de 2009. México.
- Conagua (2010). *Plan Hídrico Integral de Tabasco*. Tabasco. México.
- Conagua (2012). Lluvia diaria: octubre, noviembre y diciembre de 2007.xlsx. México.

- Conagua (2012). Precipitación mensual año 2007 en mm. Estado de Tabasco. México.
- Conagua (2012). Lluvia diaria y mensual de Tabasco 2007.xlsx. México.
- Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (2012). Lluvias diarias: octubre, noviembre y diciembre en el estado de Tabasco, Tabasco. 22 de octubre de 2012. México.
- Cunduacán. H. Ayuntamiento Constitucional de Cunduacán (2012). *Plan de Contingencias, Tabasco*.
- El-Heishy S., Saleh A. y Asem A. (2012). "Managing Evacuation Process in Urban Areas Using a GIS System: A Case Study on Mansoura City (volumen 57-núm. 10). Universidad de Mansoura. Egipto.
- Emiliano Zapata. H. Ayuntamiento Constitucional de Emiliano Zapata (2012). *Plan Municipal de Contingencias, Tabasco*.
- Especialistas en Evaluación de Riesgos Naturales (2007). *Inundación en Tabasco por Eventos Meteorológicos*. Reporte preliminar de las inundaciones en Tabasco. 7 de noviembre de 2007. Tabasco.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2007). *Plan Estatal de Desarrollo (2007-2012) para el Estado de Tabasco*. México.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2008). *Segundo informe de Gobierno*. Tabasco. México.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2010). *Programa de Contingencia por Inundaciones del Estado de Tabasco*. México.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2011). *Plan Maestro de Protección Civil del Estado de Tabasco*. México.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2012). *Proyectos Estratégicos de Impacto Regional con Visión 2030*. Tabasco, México.
- Gobierno Federal (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. México.
- Gradilla, L. A. (2010). *Desarrollo de una metodología para el análisis de la vulnerabilidad de redes carreteras y su aplicación a la red federal de carreteras en México*. Tesis publicada para la obtención del grado de doctor , Universidad Autónoma de Querétaro.
- Inegi (2012). Censo de población 2010 por municipios Tabasco.xlsx, Tabasco. México. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2007). *MEXICO: FLOODS*. Reporte Núm. MDRMX002, Plan núm. FL-2007-000200-MEX. México. Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1302\\_Redhum-](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1302_Redhum-)

[MX-Informe-IFCR Actualizacion de Operaciones Mexico Inundaciones-IFCR-20071115.pdf](#)

- Jalapa. H. Ayuntamiento Constitucional Jalapa (2010). *Plan de Contingencia Municipal 2010, Tabasco*. México.
- Jalapa. H. Ayuntamiento Jalpa de Méndez (2012). *Plan de Contingencia de Fenómenos Hidrometeorológicos, Tabasco*. México.
- Jenelius E., Mattson L. (2013). *Road Network Vulnerability Analysis: Conceptualization, Implementation and Application*. Departamento de Transporte de Ciencia y Tecnología. Estocolmo, Suecia.
- Jenelius E., Petersen T. y Mattsson Lars (2005). *Importance and exposure in road network vulnerability analysis*. Washington D.C.
- Jonuta. H. Ayuntamiento de Jonuta (2010-2012). *Plan Desarrollo Municipal Jonuta, Tabasco*. México.
- Joost Mak (2008). *Modelling the evacuation process in case of flooding*. Holanda (Países Bajos). IHE.
- Khan y Hoeschen (2000). "Simulating a Regularly Sampled Bus Location System", TRB 1733. Washington D.C.
- Litman, T.A (2006). *What Major Disasters Can Teach Transportation Planners*. Victoria Transport Policy Institute. Canadá.
- Macuspana. H. Ayuntamiento Constitucional de Macuspana (2011). *Plan Operativo de Inundación de la Ciudad de Macuspana, Tabasco: Brigada de Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias*. Diciembre de 2011. México.
- Macuspana. H. Ayuntamiento Constitucional de Macuspana (2010). *Plan de Contingencia 2010 Macuspana, Contingencias Hidrometeorológicas*. Tabasco. México.
- Masson Renaud, Trentini Anna, Lehuéde Fabien, Melhéné Nicolas, Péton Oliver y Tlahig Houda (2015). "Optimization of a city logistics transportation system with mixed passengers and goods", *Euro Journal on Transportation and Logistics*. Marzo de 2017. Volumen 6, núm. 1, pp. 81-109.
- Moreira, F. L. (2011). *Vulnerabilidad vial en función de los riesgos naturales para el cantón Ambato*. Tesis publicada para obtener el grado de maestro en ciencias. Universidad Técnica de Ambato.
- Morlok K. (1978). *Introduction to transport engineering and planning*. Universidad de Pensilvania.
- Nacajuca. H. Ayuntamiento Constitucional de Nacajuca (2012). *Plan de Contingencia 2012 de la Coordinación de Protección Civil, Tabasco*. México.

- Paraíso. H. Ayuntamiento Constitucional de Paraíso (2010). *Plan Municipal para Atención a Contingencia a los Fenómenos Hidrometeorológicos; Atlas de Riesgo 2010- 2012*. Tabasco. México.
- Pemex (2007). *Plan General de Respuesta a Emergencias (NP-SS-IO-022)*. Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex, Tabasco. México.
- Protección Civil (2010). *Programa de Contingencias por Inundaciones 2010*. Ing. Roberto Antonio López Romero, Director General de Protección Civil.
- Psaraftis, Harilaos N. (1980). "A Dynamic Programming Solution to the Single Many-to-Many Immediate Request Dial-a-Ride Problem." *Transportation Science*, núm. 14, pp. 130-154.
- Psaraftis, Harilaos N. (1988). "Vehicle Routing: Methods and Studies", capítulo *Dynamic Vehicle Routing Problems*. Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland), pp. 223-248.
- Psaraftis, Harilaos N. (1995). "Dynamic vehicle routing: Status and prospects." *Ann. of Oper. Res.*, núm. 61, pp. 143-164.
- Psaraftis, Harilaos N., James B. Orlin, Daniel Bienstock y Paul M. Thompson (1985). "Analysis and Solution Algorithms of Sealift Routing and Scheduling Problems: Final Report." Informe técnico. Sloan School of Management, M.I.T.
- Rovirosa, L. (2005). *H2OMBRE, Vivencias con el agua de México*. 4a. edición. Disepub. México.
- SCT (2007). *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012*. Tabasco. México.
- SEP, Subsecretaría de Planeación de Servicios Educativos y Descentralización (2011). Serie histórica y mapa con 413 centros de trabajo georreferenciados que funcionaron como refugio temporal por las contingencias ocurridas en el estado de Tabasco durante el periodo 2007-2011. Tabasco. México.
- SEP (2012). *Mapa de centros de trabajo educativo utilizados como refugios temporales periodo 2007-2011 en Tabasco*. México.
- SEP (2012). *Mapa con ubicación de los planteles que en 2011 fueron habilitados como refugio temporal*. México. Disponible en: [www.cobatab.edu.mx](http://www.cobatab.edu.mx), [www.dgeta.edu.mx](http://www.dgeta.edu.mx), [www.cecytab.edu.mx](http://www.cecytab.edu.mx).
- Secretaría de Salud (2012). *Censo de establecimientos donde se practican actos quirúrgicos u obstétricos por municipio, del estado de Tabasco 2012*. Tabasco. Estados Unidos Mexicanos.
- SSP, Dirección General de Protección Civil (2007). *Concentrado de máximas afectaciones 2007*. Tabasco. Estados Unidos Mexicanos.

SSP, Dirección General de Protección Civil (2008). *Concentrado de máximas afectaciones 2008*. Tabasco. Estados Unidos Mexicanos.

Tacotalpa. H. Ayuntamiento Constitucional de Tacotalpa (2012). *Plan de Protección Civil Tacotalpa 2012*, Tabasco. Estados Unidos Mexicanos.

Teapa. H. Ayuntamiento Constitucional Teapa. *Plan de Contingencia Hidrometeorológica "Teapa" Protección Civil 2012*. Tabasco. Estados Unidos Mexicanos.

TransCAD 4.5 (2002). *Manual de usuario*. CALIPER.

TransCAD 4.8 (2005). *Routing and Logistics with TransCAD 4.8*. CALIPER.

UNAM, Instituto de Ingeniería (2010). Resumen Ejecutivo. *Plan Hídrico Integral de Tabasco*. Estados Unidos Mexicanos.

UNAM (2011). *El Plan Hídrico Integral de Tabasco a tres años de su inicio: Metas y Resultados*. M. en I. Juan Javier Carrillo Sosa, Instituto de Ingeniería.

Fraire, Víctor M. (2013). *Desarrollo de una aplicación informática para realizar cálculos de tiempo de evacuación de zonas de riesgo, bajo la plataforma de .NET*. UTTT. HIDALGO.

Wolshon, B. (2002). "Planning for the Evacuation of New Orleans." *ITE Journal*. Febrero. pp. 44-49.

## 4.24 Referencias en línea

- Cenapred (2012). "Mapas de atlas de riesgos." Disponible en: [http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=105&Itemid=150](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=150)
- German Aerospace Center (DLR) (2007). "Flood Situation around Villahermosa." 6 de noviembre de 2007. Mapa 1 (norte). Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/7A3105DDA06DB9DF8525738E0081ECD3-dlr\\_FL\\_mex071109-a.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/7A3105DDA06DB9DF8525738E0081ECD3-dlr_FL_mex071109-a.pdf)
- German Aerospace Center (DLR) (2007). "Flood Situation around Villahermosa." 6 de noviembre de 2007. Mapa 2 (centro). Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/B922E4761820C5F58525738E00821914-dlr\\_FL\\_mex071109-b.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/B922E4761820C5F58525738E00821914-dlr_FL_mex071109-b.pdf)
- German Aerospace Center (DLR) (2007). "Flood Situation around Villahermosa." 6 de noviembre de 2007. Mapa 3 (sur). Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/64B6E351926D76E08525738E00821A02-dlr\\_FL\\_mex071109-c.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/64B6E351926D76E08525738E00821A02-dlr_FL_mex071109-c.pdf)
- German Aerospace Center (DLR) (2007). "Flood Situation around Villahermosa." 8 de noviembre de 2007. Mapa 1 (norte). Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/D687D6332010981F8525738E00821AD3-dlr\\_FL\\_mex071109-d.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/D687D6332010981F8525738E00821AD3-dlr_FL_mex071109-d.pdf)
- German Aerospace Center (DLR) (2007). "Flood Situation around Villahermosa." 8 de noviembre de 2007. Mapa 2 (sur). Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/73F92971128731388525738E00821B9D-dlr\\_FL\\_mex071109-e.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/73F92971128731388525738E00821B9D-dlr_FL_mex071109-e.pdf)
- Gobierno del Estado de Tabasco (2007). "Mapa de afectaciones en carreteras." Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1107\\_Redhum-MX-Mapa-Afectaciones\\_en\\_carreteras\\_inundaciones-Gobierno\\_Estado\\_de\\_Tabasco-20071104.pdf](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1107_Redhum-MX-Mapa-Afectaciones_en_carreteras_inundaciones-Gobierno_Estado_de_Tabasco-20071104.pdf)
- Gobierno Federal (2011). "Tu gobierno en mapas." Disponible en: <http://mapas.gob.mx/home.do>
- Map Action (2007). "Affected Population - Tabasco State." 10 de noviembre de 2007. Disponible en: <http://www.mapaction.org/deployments/mapdetail/1089.html>
- Map Action (2007). "Albergues oficiales y oficiosos / Official and Unofficial Shelters - Tabasco State." Disponible en: <http://www.mapaction.org/deployments/mapdetail/1094.html>
- Map Action (2007). "Nacajuca Situation." Disponible en: <http://www.mapaction.org/deployments/mapdetail/1095.html>

- NASA (2007). Imágenes de Tabasco. 3 de noviembre de 2007 y 18 de octubre de 2007. Disponible en: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=8190>
- NASA (2007). Imágenes de Tabasco. 6 de noviembre y 5 de octubre de 2007. Disponible en: <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=19288>.
- NASA (2007). Galería de imágenes de Tabasco. Disponible en: <http://aqua.nasa.gov/>
- NASA (2007). Galería de imágenes. Disponible en: <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/>
- Pemex Refinación (2012). Mapa interactivo de las franquicias Pemex. Disponible en: <http://viajaconpemex.pemex.com/viajapemex/>
- Pemex Refinación (2012). Directorio de estaciones de servicio y estaciones de autoconsumo al 31 de agosto de 2012. Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: <http://www.ref.pemex.com/index.cfm?action=statusfilecat&categoryfileid=2022>
- Policía Estatal de Caminos (2007). Lista de afectación de carreteras Tabasco. Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1183\\_Redhum-MX-Lista-Afectacion\\_de\\_carreteras\\_Tabasco-PoliciaCaminos-20071108.pdf](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1183_Redhum-MX-Lista-Afectacion_de_carreteras_Tabasco-PoliciaCaminos-20071108.pdf)
- SCT (2007). Estado del camino / Road Closures - Tabasco State. Disponible en: <http://www.mapaction.org/map-catalogue/mapdetail/1096.html>
- UNOSAT (2007). Densidad estimada de la población en las zonas inundadas en Tabasco, México. Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1266\\_Redhum-MX-Mapa-Tabasco\\_Flood\\_Affected\\_Population-UNOSAT-20071108.pdf](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1266_Redhum-MX-Mapa-Tabasco_Flood_Affected_Population-UNOSAT-20071108.pdf)
- UNOSAT (2007). México: Inundaciones de Tabasco y Chiapas (al 9 de noviembre de 2007). Disponible en: <http://reliefweb.int/updates?search=Tabasco%2C+Mexico>.
- UNOSAT (2007). Identificación de las zonas inundadas en el estado de Tabasco, México. Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1267\\_Redhum-MX-Mapa-Flooded\\_Areas-UNOSAT-20071108.pdf](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1267_Redhum-MX-Mapa-Flooded_Areas-UNOSAT-20071108.pdf)
- UNOSAT (2007). Mapa de albergues oficiales y no oficiales. Disponible en: [http://redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1341\\_Redhum-MX-Mapa-AlberguesOficialyNoOficiales-undacma\\_SHL-20071120.pdf](http://redhum.org/archivos/pdf/ID_1341_Redhum-MX-Mapa-AlberguesOficialyNoOficiales-undacma_SHL-20071120.pdf)
- WFP Emergency Preparedness and Response Branch (2007). "Flood Affected Areas." Mapa disponible en: [http://www.redhum.org/archivos/pdf/ID\\_1242\\_Redhum-MX-Mapa-Flood\\_Affected\\_Areas-ODAP\\_PMA-20071104.pdf](http://www.redhum.org/archivos/pdf/ID_1242_Redhum-MX-Mapa-Flood_Affected_Areas-ODAP_PMA-20071104.pdf)



# Anexo 1. Glosario y definición de términos básicos

---

**Análisis vial:** Diagnóstico general del sistema vial existente en el área de estudio, que contiene características geométricas.

**Amenaza:** Probabilidad de que ocurra un fenómeno natural en un tiempo indeterminado y en un espacio dado.

**Altura geoidal:** Diferencia existente entre la altura del geoide en un determinado lugar de un planeta y la altura esperable con base en un determinado elipsoide de referencia o a un determinado modelo de densidad planetaria de referencia. Si ésta es positiva, significa que el geoide se encuentra situado en parte superior al del elipsoide con la una magnitud especificada en metros; si es negativa, entonces el geoide se encuentra en la parte inferior.

**Capa:** Elemento georreferenciado y representado en cualquier sistema de información geográfica.

**Colapso:** Cualquier condición externa o interna que incapacita a una estructura o elemento estructural a cumplir la función para la que ha sido diseñada.

**Condiciones geográficas:** Características de un entorno, como superficie, altura, tipo de clima, entre otras.

**Conectividad:** Capacidad de un enlace de poder estar conectado con otros enlaces de una red.

**Congestionamiento:** Situación en la que existe movilidad nula o movilidad muy baja, en comparación con la velocidad establecida para un tramo de un camino o una vía.

**Cuello de botella:** Cuando se produce un congestionamiento vial o un atasco que ralentiza todo o parte del flujo de las vías que llevan un ritmo constante.

**Cuenca:** Depresión en la superficie de la tierra cubierta por agua; valle rodeado de diferentes formaciones de tierra a diferentes alturas.

**Cuerpos de agua:** Masa o extensión de agua, como un lago, mar u océano, que cubre parte de la Tierra.

**Curvas de nivel:** Aquella línea que en un mapa une todos los puntos con igualdad de condiciones y de altura.

**Conjunto de datos:** Colección de datos.

**Desastre:** Condición en la cual la amenaza de un peligro se hace realidad e impacta en una sociedad vulnerable.

**El problema de transporte:** Caso particular de problema de programación lineal, en el cual se debe minimizar el coste del abastecimiento a una serie de puntos de demanda, a partir de un grupo de puntos de oferta, posiblemente de distinto número, teniendo en cuenta los distintos costos de envío de cada punto de oferta a cada punto de demanda.

**Embalse:** Acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

**Entorno social:** Donde un individuo vive con determinadas condiciones de vida, condiciones de trabajo, nivel de ingresos, nivel educativo, esto determinado o relacionado con los grupos a los que pertenece.

**Entorno político:** Conjunto de ideas reflejadas en la estructuración jurídica con la cual se logra moldear el comportamiento de una sociedad.

**Entorno económico:** Análisis y perspectivas acerca de las principales variables macroeconómicas del país, además de ofrecer un panorama económico financiero nacional e internacional sobre el comportamiento de la economía y temas relacionados.

**Evacuación:** Acción o efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales, accidentales o debidos a actos bélicos.

**Evacuado:** Persona que ha sido asistida para abandonar un territorio por diversas razones.

**Geohidrología:** Estudio de las aguas subterráneas.

**Georreferenciar:** Localizar algún objeto a partir de su ubicación en latitud y longitud.

**Hidrología:** Ciencia dedicada al estudio de la distribución —espacial y temporal—, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y la corteza terrestre.

**Infraestructura energética:** Todo tipo de infraestructura utilizada para producir algún tipo de energía benéfica para la sociedad.

**Ingeniería del transporte y planeación:** Rama de la ingeniería civil que trata la planeación, el diseño, operación y administración de las facilidades de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer un movimiento seguro, conveniente, económico y ambientalmente amigable de bienes y personas.

**Latitud:** Coordenada geográfica que especifica la posición del norte-sur de un punto en la Tierra perpendicular al meridiano.

**Longitud:** Coordenada geográfica que especifica la posición paralela al ecuador.

**Matriz:** Arreglo bidimensional de números (llamados entradas de la matriz) ordenados en filas (o renglones) y columnas.

**msnm:** Metros sobre el nivel del mar.

**Modelar:** Representación parcial o simplificada de la realidad que recoge aquellos aspectos de relevancia para las intenciones del modelador, y de la que se pretende extraer conclusiones de tipo predictivo. Se modela para comprender mejor o explicar con mayor claridad un proceso u observaciones.

**Modelo:** Representación abstracta, conceptual, gráfica o visual (ver, por ejemplo: mapa conceptual), física o matemática de fenómenos, sistemas o procesos, a fin de analizar, describir, explicar y simular —en general, explorar, controlar y predecir— esos fenómenos o procesos.

**Modelo digital de elevación (MDE):** Representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo ráster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

**Obras de protección:** Aquellas que protegen a la sociedad de cualquier impacto por fenómenos hidrometeorológicos.

**Ortofotografía:** Presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

**Plan de contingencia:** Tipo de plan preventivo, predictivo y reactivo. Presenta una estructura estratégica y operativa que ayudará a controlar una situación de emergencia y a minimizar sus consecuencias negativas.

**Plan maestro de protección civil:** Producto de la coordinación interinstitucional entre los tres órdenes de gobierno, la sociedad y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), así como de las operaciones y marco metodológico del Sistema Nacional de Protección Civil, en los cuales los temas de prevención, mitigación, gestión de riesgo y resiliencia se constituyen como ejes fundamentales de todas las acciones que en esta materia se realizan en estados de la República Mexicana, como Tabasco.

**Polígono de inundación:** Figura plana compuesta por una secuencia finita de segmentos rectos consecutivos que cierran una región en el espacio que pertenece a un área de inundación.

**Polígonos de Thiessen:** Uno de los métodos de interpolación más simples, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmentos de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional, alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos designando su área de influencia.

**Precipitaciones:** Cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

**Producción hidroeléctrica:** Producto del agua de un embalse que se canaliza por medio de túneles hacia un cuarto de máquinas. Ésta provoca el funcionamiento de turbinas, que transforma la energía del agua en energía mecánica; luego por medio de un generador, dicha energía se transforma en energía eléctrica.

**Protocolo de evacuación:** Describe la forma en que se debe actuar ante la ocurrencia de una emergencia.

**Red:** Conjunto de enlaces, arcos y nodos conectados entre sí.

**Red vial:** Sistema de transporte de personas u otros elementos.

**Riesgo:** Probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas por separado no representan un peligro, pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre.

**Rompido:** Intervención del ser humano que ha provocado variaciones del curso de los ríos en la planicie tabasqueña y sus características fisiográficas.

**Ruta:** Conjunto de vías por las que se transporta un vehículo para ir de un origen a un destino.

**Semiconfinamiento:** Acuíferos limitados por una o más capas de baja permeabilidad, a través de las cuales pueden establecerse flujos de agua, aunque lentos.

**Shape:** Extensión de un archivo utilizado para programas de un sistema de información geográfica.

**Simular:** Técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos.

**Sistemas viales:** Red de vías de comunicación terrestre, construidas por el hombre, para facilitar la circulación de vehículos y personas.

**Socioeconómico:** Mezcla de los cambios mentales y sociales de una localidad que la hace competente para aumentar su nivel de vida de forma progresiva y permanente, a través de la utilización de sus propios recursos naturales y humanos.

**Subcuenca:** Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos).

**Topografía láser aerotransportada:** El levantamiento láser se efectúa mediante el sistema láser aerotransportado (LIDAR, del inglés: *Light Detection and Ranging*), que consiste en usar un par transmisor-receptor de pulsos láser para hacer un barrido de la superficie del terreno y así registrar la topografía del área bajo estudio.

**Topología:** Define cómo las entidades de puntos, líneas y polígonos comparten una geometría coincidente. Por ejemplo, las líneas de centro de calles y los bloques censales tienen una geometría común y los polígonos de suelo adyacentes tienen límites comunes.

**Transporte público masivo:** Término aplicado al transporte colectivo de pasajeros.

**Vulnerabilidad vial:** Eventos negativos que reducen sustancialmente la habilidad del sistema para mantener su función prevista.

**Zonas de riesgo:** Aquellas zonas propensas a inundación.

## **Anexo 2. Nomenclatura de acrónimos y siglas**

---

**ARCMAP:** Sistema de información geográfica creado por ARCGIS.

**ARCGIS:** Empresa dedicada a la creación sistemas de información geográfica como ArcMap.

**ARMC:** Atlas de Riesgos del Municipio del Centro.

**AGEBS:** Áreas Geoestadísticas Básicas.

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

**CFE:** Comisión Federal de Electricidad.

**Conagua:** Comisión Nacional del Agua.

**COPLADET:** Comisión de Planeación del Estado de Tabasco.

**EU:** Estados Unidos de América.

**GPS:** Sistema de posicionamiento Global (del inglés: *Global Position System*).

**IHE:** Instituto Relativo a los Estudios del Agua (del inglés: *Institute of Hidrology for Education*).

**IMT:** Instituto Mexicano del Transporte.

**Inegi:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INIT:** Inventario Nacional de Infraestructura del Transporte.

**INVITAB:** Instituto de Vivienda de Tabasco.

**MDE:** Modelo Digital de Elevación.

**PCIET:** Plan de Contingencias en Caso de Inundaciones del Estado de Tabasco.

**PHIT:** Plan Hídrico de Tabasco.

**SAOP:** Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (a partir de 2013 llamada Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Publicas [SOTOP]).

**Sedesol:** Secretaría de Desarrollo Social.

**SIG:** Sistema de información geográfica.

**TRANSCAD:** Sistema de información geográfica y del transporte.

**TRB:** Agencia de Investigación del Transporte (del inglés: *Transport Research Board*).

**UNAM:** Universidad Nacional Autónoma de México.

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

**USIG-IMT:** Unidad Sistemas de Información Geoespacial del Instituto Mexicano del Transporte.





## **Anexo 3. Evidencias de solicitudes procesadas**

---

- a) Oficio de continuidad de Protección Civil.
- b) Solicitud de información dirigida al director técnico, Organismo de Cuenca Frontera Sur, Comisión Nacional del Agua.
- c) Solicitud de información dirigida al director local de la Comisión Nacional del Agua en Tabasco.
- d) Solicitud de información sobre lluvias atípicas registradas en el año 2007 en el estado de Tabasco.
- e) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Cunduacán (2012).
- f) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Centla (2012).
- g) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Huimanguillo (2012).
- h) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Emiliano Zapata (2012).
- i) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Jalpa de Méndez (2012).
- j) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Unidad de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Macuspana (2012).
- k) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Dirección General de Asociaciones Religiosas, de la Secretaría de Gobernación del Gobierno Federal (2012).
- l) Acuerdo de disponibilidad de información de la Coordinación de Asuntos Religiosos del estado de Tabasco (2012).
- m) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Salud en Tabasco (2012).

- n) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Educación en Tabasco (2012).
- o) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Educación del Gobierno Federal (2012).
- p) Acuse de recepción de información a través de Correos de México.
- q) Respuesta de solicitud de información de Refinación Pemex (2012).
- r) Oficio de solicitud de Productos Multimedia dirigido al Ing. Juan José García Jiménez, subsecretario de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas.
- s) Solicitud de información a la Secretaría de Educación Pública.
- t) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Balancán.
- u) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Tenosique.
- v) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Jalapa.
- w) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Jonuta.

A) Oficio de continuidad de Protección Civil



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
2012-02



ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE TABASCO  
PODER EJECUTIVO  
SECRETARIA DE SEGURIDAD PUBLICA  
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION CIVIL

Recibo  
Jorge E. Dueñas Zurita

L.C.P Jorge E. Dueñas Zurita  
Director de Planeación y Concertación Sectorial  
Del Estado de Tabasco.

Institución:	Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco
No. de Oficio:	UAGCT/ DIC/ 271/2012
Asunto:	El que se indica.

jueves, 08 de noviembre de 2012

Estimado L.C.P Jorge Dueñas, la Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco cuenta a la fecha con la Maestría en Transporte y Comunicación Terrestres y en fechas pasadas termino su primera generación, donde el alumno **Eric Antonio Ramos Acosta** cuya matricula es **1851832** esta desarrollado su tema de tesis para obtener el grado de maestro, por ese motivo solicita a usted de la manera más atenta las facilidades con información, datos U aportaciones, para que el egresado antes mencionado sustente y desarrolle su tema de tesis denominada **Análisis de Riesgos y Evaluación de la Vulnerabilidad Vial en el Estado de Tabasco**. De igual forma solicito a usted quedara registro de esta solicitud para que el alumno pueda tener continuidad en meses posteriores pues se tiene establecido en el protocolo de investigación finalizar en el mes de febrero de 2013.

ATENTAMENTE  
ING. JOSE ARMANDO MOLINA ZAMORA  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
UAG CAMPUS TABASCO.  
Tel 3105170 Ext 3131



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO

08 NOV. 2012

Prolongación de Paseo Usumacinta, Km. 3.5, Fracc. El Country, C.P. Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.  
Tels. (993) 310-5170 / 310-5171 www.uag.mx/uagtabasco

DIRECCIÓN DE  
INGENIERÍA CIVIL

b) Oficios de la Conagua (Frontera Sur)

VILLHERMOSA, TABASCO A,  
JUEVES, 25 DE OCTUBRE DE 2012

ASUNTO: SOLICITUD DE INFORMACION.

## **FISICO CESAR TRIANA RAMIREZ**

DIRECTOR TECNICO, ORGANISMO DE CUENCA FRONTERA SUR  
COMISION NACIONAL DEL AGUA

## **P R E S E N T E**

ESTIMADO **FISICO CESAR TRIANA**, POR ESTE MEDIO YO, **ING. ERIC ANTONIO RAMOS ACOSTA**, ALUMNO EGRESADO DE LA **MAESTRIA EN TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN TERRESTRE** CUYA MATRICULA ES **1851832** DE LA **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA (CAMPUS TABASCO)** TENGO A BIEN SOLICITAR DE LA MANERA MAS ATENTA, **COPIA DE INFORMACION DE LAS LLUVIAS DIARIAS EN MM Y MM/HR OCURRIDAS EN LOS MESES OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE TODO EL NORTE DE CHIAPAS (LOS LUGARES QUE ESTAN VECINOS A LA FRONTERA CON TABASCO) DURANTE EL AÑO 2007, HACIENDO EL FAVOR DE INDICARME CUALES FUERON LAS LLUVIAS ATIPICAS EN ESOS PERIODOS, CON EL FIN DE SUSTENTAR Y DESARROLLAR MI TEMA DE TESIS DENOMINADO "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD VIAL DE TABASCO"**.

MIS DATOS DE CONTACO SON:

TEL: 993 3556373

CEL: (045) 9935612840

CORREO: [eara1589@hotmail.com](mailto:eara1589@hotmail.com)

SIN OTRO PARTICULAR QUE ATENDER, ME DESPIDO ENVIANDO UN CORDIAL SALUDO, ESPERANDO PRONTA RESPUESTA A MI SOLICITUD.

ATENTAMENTE



ING. ERIC ANTONIO RAMOS ACOSTA

C.C.P. ARCHIVO

c) Oficios de la Conagua (Tabasco)

VILLAHERMOSA, TABASCO A,  
VIERNES, 14 DE SEPTIEMBRE DE 2012

ASUNTO: SOLICITUD DE INFORMACIÓN METEOROLOGICA.



**ING. JORGE OCTAVIO MIJANGOS BORJA**

DIRECTOR LOCAL DE CNA  
COMISION NACIONAL DEL AGUA EN TABASCO.

**PRESENTE**

ESTIMADO INGENIERO JORGE OCTAVIO, POR ESTE MEDIO YO, **ING. ERIC ANTONIO RAMOS ACOSTA**, ALUMNO EGRESADO DE LA MAESTRIA EN TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN TERRESTRE CUYA MATRICULA ES **1851832** DE LA **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA(CAMPUS TABASCO)** TENGO A BIEN SOLICITAR DE LA MANERA MAS ATENTA, COPIA DE INFORMACION METEOROLOGICA DE LAS LLUVIAS ATIPICAS PRESENTADAS EN LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DEL AÑO 2007 DEL ESTADO DE TABASCO, CON EL FIN DE SUSTENTAR Y DESARROLLAR MI TEMA DE TESIS DENOMINADO "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD VIAL DE TABASCO".

SIN OTRO PARTICULAR QUE ATENDER, ME DESPIDO ENVIANDOLE UN CORDIAL SALUDO, ESPERANDO PRONTA RESPUESTA A MI SOLICITUD.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Eric Antonio Ramos Acosta".

ING. ERIC ANTONIO RAMOS ACOSTA

C.C.P. ARCHIVO

d) Respuesta de la Conagua sobre lluvias atípicas



DIRECCIÓN LOCAL TABASCO.  
SOLICITUD No. 1610100151512  
OFICIO N° 0873/2012

Villahermosa, Tabasco a 20 de noviembre de 2012

ASUNTO: Respuesta a solicitud de acceso a la información.

Modalidad: Entrega de información en medio electrónico.

**C. ERIC RAMOS ACOSTA.  
PRESENTE**

Me refiero a la solicitud de acceso a la información ingresada a esta Comisión Nacional del Agua el pasado 19 de octubre de 2012, y registrada en el Sistema Infomex a cargo del Gobierno Federal conforme a lo siguiente:

**Folio INFOMEX:** 1610100151512

**Modalidad preferente de entrega de información:** Entrega por Internet en el INFOMEX.

**Información solicitada:** "Solicito copia de información de las lluvias atípicas registradas en el año 2007 del Estado de Tabasco en Milímetros."

**Requerimiento de Información adicional:** Solicito copia de información de las precipitaciones Atípicas que sean acumuladas en 24 horas y precipitaciones Atípicas acumuladas mensualmente, es decir ambas en el año 2007 en el estado de Tabasco.

Al respecto, me permito informar a usted que con fundamento en lo dispuesto en los artículos 42 y 44 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, y en virtud de la modalidad de entrega elegida por usted, en este acto se le comunica que dicha información fue localizada en los archivos de la Dirección Local Tabasco y es pública, por lo cual se pone a su disposición la siguiente información:

➤ **ARCHIVOS EN EXCEL CON LA INFORMACION SOLICITADA, PROPORCIONADA POR LA SUBGERENCIA TECNICA.**

JUNTOS CUIDAMOS EL AGUA."

Paseo Tabasco # 907 Col. Jesus Garcia. C.P. 86040, Villahermosa, Tabasco

e) Respuesta de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Cunduacán



H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL  
**Cunduacán**  
El Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco

UNIDAD MUNICIPAL DE PROTECCION CIVIL

Cunduacán Tabasco a 24 de Septiembre de 2012

Lic. Fabiola Ramírez Castilla  
Titular de la Unidad de Transparencia y Acceso a la Información  
**PRESENTE**

Por este medio me dirijo en contestación al oficio UIAI/19/09/2012-141 con fundamento en los artículos 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en relación con el artículo 7, Fracción IV de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tabasco y específicamente con fundamento en las artículos 38, 30, Fracción III de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública donde se nos solicita "información acerca de los diferentes planes de contingencias así como el atlas de riesgos elaborados hasta la fecha" es por ello que en respuesta a dicho oficio le enviamos en medio magnético la información requerida, esto para que usted le dé trámite legal y así evitar cualquier requerimiento por parte del Instituto de Transparencia y Acceso a la Información Pública del estado de Tabasco.

Sin otro particular que tratar me despido de usted enviándole un cordial saludo.

H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL  
MUNICIPIO CUNDUACÁN, TA.  
**RECIBIDO**  
DIA 27 MES SEPT AÑO 2012  
UNIDAD DE TRANSPARENCIA  
Y ACCESO A LA INFORMACIÓN  
RECIBO

C. C. Archivos

Av. Zaragoza No. 104, Cunduacán Tabasco  
proteccioncivil@h.ayuntamiento.cun.  
Tel: 9141001303

AL. ENT. AMH. R. T. F.  
  
Lic. Mario Vicente Cortazar  
Coord. DE La Unidad Mpa. DE Protección Civil.

**Protección Civil**  
"Trabajamos para Protegerte"



**f) Respuesta de Protección Civil del H. Ayuntamiento Constitucional de Centla**



**H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE CENTLA**

UNIDAD MUNICIPAL DE PROTECCION CIVIL  
"2012 AÑO INTERNACIONAL DE LA ENERGIA SUSTENTABLE"



**OFICIO: UMPC/0270/2012**  
**ASUNTO: EL QUE SE INDICA**

**Frontera, Centla, Tabasco 05 de Octubre de 2012.**

**LIC. CAROLINA DIAZ VIQUEZ**  
**TITULAR DE LA UNIDAD DE ACCESO**  
**A LA INFORMACION PÚBLICA.**  
**P R E S E N T E**

En relación al oficio: UAIC/092/2012, por vía electrónica entrego a Usted el **Plan de Contingencia 2010-2012** correspondiente a la Unidad Municipal de Protección Civil de este Ayuntamiento y relación al Atlas de Riesgos, no se cuenta, dado que no se ha elaborado.

Lo anterior para dar cumplimiento a la solicitud de información presentada por el C. ERIC ANTONIO RAMOS ACOSTA, registrada con número de folio 03760712.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**ENLACE DE LA UNIDAD DE PROTECCION CIVIL**

**LIC. SILVIA DEL C. PARES HIPOLITO**

C.c.p. Archivo



g) Respuesta de Protección Civil de Huimanguillo



**H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL  
DE HUIMANGUILLO, TABASCO.  
SECRETARIA GENERAL**



No. De oficio: SG/559/2012

ASUNTO: SE ENVIA INFORMACION


HUIMANGUILLO, TAB. 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2012

**C. ING. HUGO GONZÁLEZ SANCHEZ  
ENCARGADO DE LA COORDINACIÓN DE LA UNIDAD  
DE ACCESO A LA INFORMACIÓN MUNICIPAL.  
P R E S E N T E:**

EN ATENCIÓN A SU OFICIO NO. CUAIM /101/2012 DE FECHA 18 DE SEPTIEMBRE DEL PRESENTE AÑO, Y DE ACUERDO A LA SOLICITUD NO. 2237, FOLIO INFOMEX 03781312 DE FECHA 14/09/2012, CON REFERENCIA A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN ACERCA DE LOS DIFERENTES PLANES DE CONTINGENCIAS QUE SE TENGAN HASTA LA FECHA, ASÍ COMO ATLAS DE RIESGOS ELABORADOS HASTA LA FECHA O LOS QUE SE TENGAN DE ÚLTIMA CREACIÓN, ME PERMITO COMUNICARLE QUE HASTA LA PRESENTE FECHA, NO EXISTE ATLAS DE RIESGO EN EL MUNICIPIO, ASÍ COMO EL PLAN DE CONTINGENCIA NO SE HA REALIZADO DURANTE LA PRESENTE ADMINISTRACIÓN, POR LO QUE NO ES POSIBLE PROPORCIONARLE LA INFORMACIÓN REQUERIDA.

SIN OTRO PARTICULAR ME DESPIDO DE USTED, ENVIÁNDOLE UN AFECTUOSO SALUDO.

ATENTAMENTE

  
LIC. ISMAEL RUEDA MENDEZ  
ENLACE DE LA SECRETARÍA  
DEL H. AYUNTAMIENTO



C.C.P. ARCHIVO.

h) Respuesta de Protección Civil de Emiliano Zapata



H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL  
EMILIANO ZAPATA, TAB.  
2010 - 2012



No. Oficio: UMPC/026/2012  
Dependencia: Protección Civil  
Asunto: El que se Indica.

Emiliano Zapata, Tab; a 28 de Septiembre de 2012.

**Lic. César Jesús Vargas Quintero**  
Titular de la Unidad de Acceso a la Información

En atención a su oficio DAJ/370/2012 de fecha 21 de Septiembre de año 2012, donde solicita información acerca de los diferentes Planes de Contingencia a la fecha, como también atlas de riesgo; comunico a usted que la Unidad Municipal de Protección Civil a mi cargo cuenta con un Plan Municipal de Contingencia, pero no cuenta con un Atlas de Riesgo.

Anexo en forma Magnética el Plan de Contingencia.

Sin otro particular por el momento, estoy a su disposición para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

C. HUMBERTO ANDRADE LAYNEZ  
COORD. DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE PROTECCION CIVIL



C.C. p. H.V.Z. Miguel Ángel Jiménez Landero.- Presidente Municipal,  
C.C.p. Archivo.

UNIDAD DE ACCESO A LA  
INFORMACION PUBLICA  
EMILIANO ZAPATA, TABASCO.

28/09/12

12:57 PM

Calle Gregorio Méndez s/n X Juárez y Álvaro Obregón  
Tel.(934)34 302-28 Tel. Fax. (934)34 3-13-22  
www.tabasco.gob.mx



j) Respuesta de Protección Civil de Macuspana



LCP. JUAN MANUEL RODRIGUEZ MORALES  
TITULAR DEL AREA DE TRANSPARENCIA  
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me dirijo a usted de la manera más atenta para enviarle la información que fue solicitada por el C. Eric Antonio Ramos Acosta, el cual solicita lo siguiente: "copia de información acerca de los diferentes planes de contingencia que tengan hasta la fecha, así como también atlas de riesgos elaborados hasta la fecha o los que tengan de ultima creación". La información se envía de manera digital, y consiste en 2 archivos los cuales contienen:

- Plan de Contingencia 2010
- Plan Operativo de Inundación de Macuspana 2011

Sin otro asunto que tratar quedo de usted para cualquier aclaración,

ATENTAMENTE

**Uaipm**  
Unidad de Atención y  
Información pública  
RECIBIDO  
26/09/2012  
ING. JAILINEK DIAZ FALCON  
COORDINADOR DE PROTECCIÓN CIVIL

C.C.P. ARCHIVO

k) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Dirección General de Asociaciones Religiosas, de la Secretaría de Gobernación del Gobierno Federal

1825

SUBSECRETARÍA DE POBLACIÓN, MIGRACIÓN Y ASUNTOS RELIGIOSOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE ASOCIACIONES RELIGIOSAS  
DIRECCIÓN DE NORMATIVIDAD

OFICIO AR-03/13521/2012  
SOLICITUD: 0000400164412

México, D. F. a, 11 de octubre de 2012



SECRETARÍA  
DE GOBERNACIÓN

SEGOB

Unidad de Enlace para la Transparencia  
y Acceso a la Información en la  
Secretaría de Gobernación  
P r e s e n t e

Me refiero a la solicitud de acceso a la información, con número de folio 0000400164412, turnada a esta Área para su atención el día 8 de octubre del año en curso; misma que a la letra dice:

*"Solicito copia de información por medio electrónico de la Ubicación de Todas Las Iglesias y Templos religiosos que se encuentran en el estado de Tabasco con su capacidad de albergar personas, así como también un mapa de las Ubicaciones de Todas Las Iglesias y Templos Religiosos que se encuentran en el estado de Tabasco" (sic)*

Al respecto, con fundamento en los artículos 4 fracciones I y II, 5, 6, 40, 41, 42 y 44 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, se hace de su conocimiento lo siguiente:

Conforme a lo solicitado me permito hacer de su conocimiento, que esta Dirección General, no cuenta con la información de la manera en que el promovente la requiere; no obstante, favoreciendo el principio de máxima publicidad de la información en posesión de sujetos obligados, señalado en el artículo 6° de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, se pone a disposición la página electrónica de esta Unidad Administrativa en el link [http://www.asociacionesreligiosas.gob.mx/work/models/AsociacionesReligiosas/pdf/Numeralia/AR\\_por\\_EF.pdf](http://www.asociacionesreligiosas.gob.mx/work/models/AsociacionesReligiosas/pdf/Numeralia/AR_por_EF.pdf) para consultar el Directorio por Entidad Federativa de las asociaciones religiosas legalmente constituidas ante la Secretaría de Gobernación, y que manifestaron como domicilio legal el ubicado en el estado de Tabasco.

Por lo que se refiere a los inmuebles propiedad de la nación, en uso de asociaciones religiosas, corresponde a la Dirección General del Patrimonio Inmobiliario Federal, del Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales, dependiente de la Secretaría de la Función Pública, registrar y administrar estos inmuebles, por lo que se sugiere consultar el siguiente link: <http://dgpifweb.indaabin.gob.mx/sinbifpublico/WebfrmConsultaPub.aspx?rubro=A>. En cuanto a los inmuebles susceptibles de aportarse al patrimonio de las asociaciones religiosas, se remite CD que contiene en archivo electrónico, una relación de los 895 inmuebles ubicados en el estado de Tabasco.

Asimismo, por cuanto hace a la capacidad de los templos para albergar personas, se informa que no se está en posibilidad de proporcionar dicha información, en virtud de que no

SUBSECRETARÍA DE POBLACIÓN, MIGRACIÓN Y ASUNTOS RELIGIOSOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE ASOCIACIONES RELIGIOSAS  
DIRECCIÓN DE NORMATIVIDAD

OFICIO AR-03/13521/2012  
SOLICITUD: 0000400164412

México, D. F. a, 11 de octubre de 2012



SECRETARÍA  
DE GOBIERNO

SEGOB

es un requisito que establezca la ley de la materia para el registro de agrupación religiosa, iglesia o asociación religiosa, siendo probablemente, las autoridades responsables de la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; a quienes corresponde autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de competencia de sus jurisdicciones territoriales; así como para otorgar licencias para construcciones y expedir las correspondientes autorizaciones de funcionamiento de acuerdo con las actividades manifestadas por los interesados.

En ese orden de ideas, es menester señalar que en la solicitud de mérito, resulta aplicable el criterio **009-10** emitido por el Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos, en el sentido de que **las Dependencias y Entidades no están obligadas a generar documentos *ad hoc* para responder una solicitud de acceso a la información**, tomando en consideración lo establecido por el artículo 42 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, que estatuye que las Dependencias y Entidades sólo estarán obligadas a garantizar el acceso a la información, con las constancias con las que cuenten en el formato que la misma así lo permita o se encuentre, en el entendido de que esta Unidad Administrativa no posee la información en la forma solicitada.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**Atentamente**

  
Lic. E. Brenda Mandujano Alanuza  
Enlace con la Unidad de Transparencia



LGHR/JMCM

I) Acuerdo de disponibilidad de información de la Coordinación de Asuntos Religiosos del estado de Tabasco



Control Interno.- CGAR/UAI/SOL/012/2012  
Número de Folio.- 03797212  
**Acuerdo de Disponibilidad de Información**

**CUENTA:** Con la contestación a la prevención de la solicitud de acceso a la información pública dirigida a la Coordinación de Asuntos Religiosos, con numero de folio citado al rubro superior derecho, realizado vía Infomex, por Eric Antonio Ramos Acosta.-----

**COORDINACIÓN DE ASUNTOS RELIGIOSOS. UNIDAD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN. VILLAHERMOSA, TABASCO A SEIS DE NOVIEMBRE DE DOS MIL DOCE.**-----

---Vista la cuenta que antecede **se acuerda:** -----

**PRIMERO.-** Tomando en consideración que ha transcurrido el termino de CINCO DIAS HABILES concedidos al C. Eric Antonio Ramos Acosta, derivado de la solicitud de información con numero de folio citada al rubro, para que diera contestación al Acuerdo de Prevención para aclarar o completar su solicitud emitido el 11 de Octubre del año que transcurre, y debido a que el solicitante en fecha 18 de Octubre del año en curso contesta la prevención realizada de la siguiente manera "*...para aclarar la información hago saber que, Solicito copia de información de la dirección de Todas las Asociaciones Religiosas existentes en el Estado de Tabasco hasta el 2012, con su respectivo nombre del responsable y teléfonos.*", regístrese y continúese con los trámites correspondientes.-----

**SEGUNDO.-** Con fundamento en los artículos 38, 39 fracciones III y VI, y 48 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Tabasco, así como en el artículo 45, de su Reglamento de la referida Ley, **se acuerda la disponibilidad de información** donde solicita *copia de información de la Dirección de Todas las Asociaciones Religiosas existentes en el Estado de Tabasco hasta el 2012, con su respectivo nombre del responsable y teléfonos.*-----



m) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Salud en Tabasco





n) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Educación en Tabasco



o) Oficio de respuesta de solicitud de información de la Secretaría de Educación (Gobierno Federal)



**UNIDAD DE ENLACE**

México, D. F., a 23 de octubre de 2012.

**Estimado Solicitante:**

En atención a los folios 0001100424712 y 0001100424812, dirigidos a esta Unidad de Enlace, en los cuales indicó:

0001100424712

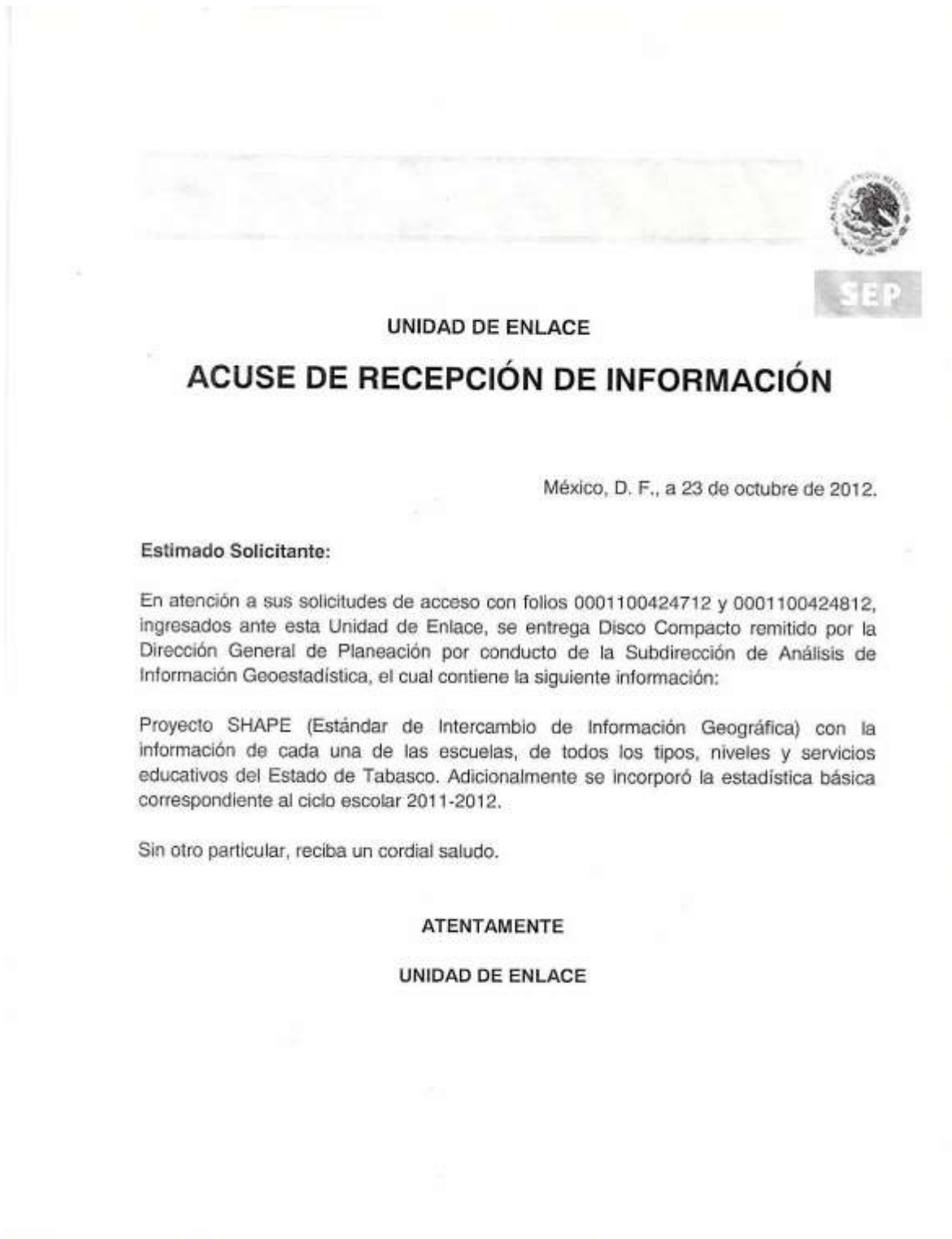
*"Descripción clara de la solicitud de información  
Solicito copia de informacion por medio electronico de todas las escuelas del estado de Tabasco de diferentes niveles de estudio ya sea publica o privada con su ubicacion(Direccion) si es posible su ubicacion darmela con latitud y longitud. Ademas de Capacidad para albergar personas." (sic)*

0001100424812

*"Descripción clara de la solicitud de información  
Solicito Copia de un Mapa por medio Electronico donde esten ubicadas todas las escuelas de todos los niveles(Quinder, Primaria, Secundaria, Bachillerato o Prepa y Universidad) que se encuentran en el estado de Tabasco" (sic)*

Al respecto, con fundamento en lo dispuesto en el artículo 42 tercer párrafo de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, se comunica que la información solicitada se encuentra disponible públicamente en el portal *Tu Gobierno en Mapas* <http://mapas.gob.mx/home.do> . Para pronta referencia se muestran los pasos respectivos:

p) Acuse de recibo de información a través de Correos de México



q) Respuesta de solicitud de información de Refinación Pemex

GADB  
DTN



PEMEX DIRECCIÓN GENERAL  
REFINACIÓN GERENCIA DE CONTROL  
DE GESTIÓN

24 OCT 2012

SUBDIRECCIÓN DE TENDENCIA DE CUENTAS

HORA: \_\_\_\_\_ RECIBIDO: \_\_\_\_\_

Oficio

---

<b>Remitente</b>	Subdirección Comercial Gerencia de Ventas a Estaciones de Servicio.	<b>Fecha</b>	Mexico, D.F., a 19 de octubre de 2012
<b>Destinatario</b>	Lic. Adolfo Salvador Lima Trejo Gerente de Control de Gestión Titular de la Unidad de Enlace de Pemex Refinación	<b>Número</b>	PXR-SC-GVES-511 -2012
<b>Asunto</b>	Solicitud de información conforme a la LFTAIPG clave SISI 1857600044612	<b>Número de expediente</b>	REF636716380012C08000001012010
		<b>Antecedentes:</b>	
		Número(s):	
		Número de expediente:	
		Fecha(s):	
		<b>Anexo</b>	<input checked="" type="checkbox"/>


Hago referencia a la Solicitud de Información con clave de registro SISI 1857600044612 recibida en la Unidad de Enlace, de conformidad con la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental (LFTAIPG), mediante la cual el C. Eric Ramos Acosta solicita a la letra lo siguiente:


*"Solicito copia de información por medio electrónico de todas las gasolineras Ubicadas en el estado de Tabasco con su dirección y tamaño de tal franquicia, si se cuenta con Mapa Favor de agregarlo"*


Sobre el particular, le comento que una vez realizada una búsqueda exhaustiva de la información solicitada en los archivos de esta Gerencia de Ventas a Estaciones de Servicio, no se encontró ningún documento que cumpla con todos y cada uno de los elementos requeridos por el solicitante, y toda vez que las dependencias y entidades sólo están obligadas a entregar documentos que se encuentren en sus archivos, conforme a lo establecido en el artículo 42 de la LFTAIPG, se infiere que esta Gerencia cuenta con la obligación de entregar los documentos en las condiciones en que se encuentren en sus archivos y no está obligada a elaborar documentos ad hoc para atender las solicitudes de información.

Por lo anterior, le comunico que la ubicación de la red de Estaciones de Servicio a nivel nacional es información pública disponible para su consulta a través del Directorio actualizado de Estaciones de Servicio, accedando en la página web: [www.franquiciapemex.com](http://www.franquiciapemex.com) sección "Ubicación de Franquicias Pemex". Respecto del tamaño de las franquicias, anexo al presente encontrará reporte emitido desde el Sistema Integral de Información Comercial (SIIC), en donde el requirente encontrará, la superficie de los predios de las Estaciones de Servicio ubicadas en el Estado de Tabasco. Para el mapa, favor de remitirse a: <http://viajaconpemex.pemex.com/viajapemex/> en donde el requirente encontrará la ubicación geográfica de las Estaciones de Servicio por Estado y municipio.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,  
  
Carlos Alberto Rábago Saldivar  
Gerente ZP

  
Lic. Mario Navarrete Quezada- Subdirector Comercial.  
Lic. Ma. Guadalupe López Nieto.- Asesora Jurídica del Subdirector Comercial.  
Lic. Raúl Cruz Blancarte.- E.D. Unidad de Enlace de Pemex Refinación.

C.c.p.  


r) Oficio de solicitud de Productos Multimedia dirigido al Ing. Juan José García Jiménez, subsecretario de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas



s) Solicitud de Información a la Secretaría de Educación Pública



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO



**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**2012-02**

Institución:	Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco
No. de Oficio:	UAGCT/ DIC/ 251/2012
Asunto:	El que se indica.

viernes, 07 de septiembre de 2012

**Ing. Roberto Antonio Lopez Romero**  
**Director General de Protección Civil**  
**Del Estado de Tabasco.**

Estimado Ingeniero Roberto Antonio, la Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco cuenta a la fecha con la Maestría en Transporte y Comunicación Terrestres y en fechas pasas termino su primera generación, donde el alumno **Eric Antonio Ramos Acosta** cuya matrícula es **1851832** esta desarrollado su tema de tesis para obtener el grado de maestro, por ese motivo solicito a usted de la manera más atenta le sea facilitada **información y asesoría de los planes de Contingencia Estatal y Municipal que se desarrollan o han sido desarrollados en nuestro Estado.** Con la finalidad sustentar y desarrollar su tema de tesis denominada **Evaluación de la Vulnerabilidad Vial de Tabasco.**

ATENTAMENTE  
ING. JOSE ARMANDO COLINA ZAMORA  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
UAG CAMPUS TABASCO.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO

07 SET. 2012

**DIRECCIÓN DE  
INGENIERÍA CIVIL**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
2012-02



Institución:	Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco
No. de Oficio:	UAGCT/ DIC/ 264/2012
Asunto:	El que se indica.

viernes, 05 de octubre de 2012

Mtra. Deyanira Camacho Javier  
Secretaría de Educación  
Del Estado de Tabasco.

Estimada Maestra Deyanira Camacho, la Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco cuenta a la fecha con la Maestría en Transporte y Comunicación Terrestres y en fechas pasadas terminó su primera generación, donde el alumno **Eric Antonio Ramos Acosta** cuya matrícula es **1851832** está desarrollando su tema de tesis para obtener el grado de Maestra, por ese motivo solicito a usted de la manera más atenta le sea facilitada copia de un listado de las instituciones educativas de todos los niveles del Estado de Tabasco, que contenga su Dirección, la capacidad para albergar personas y mapa de localización. Con la finalidad sustentar y desarrollar su tema de tesis denominada **Evaluación de la Vulnerabilidad Vial de Tabasco**.

ATENTAMENTE

DR. JOSE ANTONIO MOLINA ZAMORA  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
CAMPUS TABASCO.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE GUADALAJARA  
CAMPUS TABASCO

05 OCT. 2012

**DIRECCIÓN DE  
INGENIERÍA CIVIL**

t) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Balancán

Procedimiento de Queja



LUGAR Villahermosa, Tabasco FECHA 05/11/2012 HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL QUEJOSO:  
Eric Antonio Ramon Acosta



SUJETO OBLIGADO CONTRA QUIEN SE INTERPONE EL RECURSO:  
Ayuntamiento de Balancan

INDIQUE EL MODO POR EL CUAL DESEA SER NOTIFICADO (ART. 64 RLTAIPET):

- PERSONALMENTE:  
PROPORCIONAR DOMICILIO EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO: Cal. Popular Manuel Silva, Calle Pedicamar, M-1, L-1, C.P. 86280, Centro Tabasco
- MEDIOS DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA:  
CORREO ELECTRÓNICO: caro1529@hotmail.com
- ESTRADOS

ACCIONES U OMISIONES MOTIVO DE LA QUEJA:  
El Telefono que proporcionan en su portal de Transparencia especificamente el de la Unidad de Acceso a la Informacion No funciona y por lo tanto no puede comunicarme para ser atendido

FECHA EN QUE TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HECHOS: 05/11/2012



u) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Tenosique

Procedimiento de Queja



LUGAR Villahermosa, Tabasco FECHA 05/11/2012

NOMBRE DEL QUEJOSO:  
Eric Antonio Romar Aserto



SUJETO OBLIGADO CONTRA QUIEN SE INTERPONE EL RECURSO:  
Ayuntamiento de Tenosique

INDIQUE EL MODO POR EL CUAL DESEA SER NOTIFICADO (ART. 64 RLTAIPET):

- PERSONALMENTE:  
PROPORCIONAR DOMICILIO EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO: Caj Popular Manuel Silva, Calle Pelicaron M-1, L-1, c.p. 86280, Centro, Tab
- MEDIOS DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA:  
CORREO ELECTRÓNICO: eara1589@hotmail.com
- ESTRADOS

ACCIONES U OMISIONES MOTIVO DE LA QUEJA:  
El día 05/11/2012 entre a mi cuenta del sistema INFOMEX Tabasco y en la solicitud con No de Folio: 03762215 no había respuesta

FECHA EN QUE TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HECHOS: 05/M/11/A 2012

v) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Jalapa

Procedimiento de Queja



LUGAR Villahermosa, Tabasco FECHA 05/11/2012 HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL QUEJOSO:  
Eric Antonio Remon Acosta



SUJETO OBLIGADO CONTRA QUIEN SE INTERPONE EL RECURSO:  
Ayuntamiento de Jalapa

INDIQUE EL MODO POR EL CUAL DESEA SER NOTIFICADO (ART. 64 RLTAIPET):

- PERSONALMENTE:  
PROPORCIONAR DOMICILIO EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO: Col. Popular Manuel Silva, Calle Pelicanos, M-1, L-1 C.P. 86280, Centro, Tab.
- MEDIOS DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA:  
CORREO ELECTRÓNICO: carra1589@hotmail.com
- ESTRADOS

ACCIONES U OMISIONES MOTIVO DE LA QUEJA:  
El día 05/11/2012 entre al sistema INFOMEX Tabasco para chequear el folio: 03761412 y no había respuesta

FECHA EN QUE TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HECHOS: 05/M/11/A2012

José Martí 102, fraccionamiento Lidia Esther, Villahermosa, Tabasco.  
Teléfono 13 13 999 y 13 14 002 www.itaip.org.mx

w) Procedimiento de queja al Ayuntamiento de Jonuta

Procedimiento de Queja



LUGAR Villahermosa, Tabasco FECHA 05/11/2012



NOMBRE DEL QUEJOSO:  
Eric Antonio Ramer Acosta

SUJETO OBLIGADO CONTRA QUIEN SE INTERPONE EL RECURSO:  
Ayuntamiento de Jonuta

INDIQUE EL MODO POR EL CUAL DESEA SER NOTIFICADO (ART. 64 RLTAIPET):

- PERSONALMENTE:  
PROPORCIONAR DOMICILIO EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO: Cal. Popular Manuel Silva, Calle Pelicaron M-1, L-1, C.P. 96280 Centro, Tab.
- MEDIOS DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA:  
CORREO ELECTRÓNICO: eara1589@hotmail.com
- ESTRADOS

ACCIONES U OMISIONES MOTIVO DE LA QUEJA:  
Entre el día 05/11/2012 al portal de INFOMEX me parece que mi solicitud no había sido atendida. El folio de la solicitud es: 03761612

FECHA EN QUE TUVO CONOCIMIENTO DE LOS HECHOS: 05/M.11/A.2012



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"  
Parque Tecnológico San Fandila  
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México  
CP 76703  
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610  
Fax +52 (442) 216 9671

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>