



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS



**PROPUESTA DE TRAZADOR DE RUTAS EN EL SISTEMA DE
TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA,
TABASCO. CASO: TRANSBUS.**

Trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis

Que para obtener el grado de

Maestro en Administración de Tecnologías de la Información

Presenta:

LSC. Emmanuel Palomera May

Directores de Trabajo Recepcional:

Dr. Gerardo Arceo Moheno

M. en C. Guillermo de los Santos Torres

Grupo de investigación / Cuerpo Académico:

Innovación en Organismos Sociales

Sistemas Inteligentes

Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento:

La tecnología de la información (TI) en la evaluación de

aspectos estratégicos de las organizaciones

para la formulación de propuestas innovadoras.

Optimización, clasificación y minería de datos.

Cunduacán, Tabasco

Octubre de 2014



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS



**PROPUESTA DE TRAZADOR DE RUTAS EN EL SISTEMA DE
TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA,
TABASCO. CASO: TRANSBUS.**

Trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis

Que para obtener el grado de

Maestro en Administración de Tecnologías de la Información

Presenta:

LSC. Emmanuel Palomera May

Directores de Trabajo Recepcional:

Dr. Gerardo Arceo Moheno

M. en C. Guillermo de los Santos Torres

Jurado Revisor:

M.N. Eric Ramos Méndez

M.A.S.I. Arturo Corona Ferreira

M.C. José Luis Gómez Ramos



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

55
ANIVERSARIO
UJAT

DAIS
11111000011

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

"2013, CENTENARIO LUCTUOSO DE FRANCISCO I. MADERO
Y JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ"

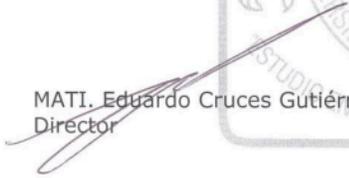
Oficio No. 1714/13/DAIS/D
Julio 16 de 2013

Dr. Gerardo Arceo Moheno
Profesor-Investigador
Presente

De acuerdo al artículo 44 fracción 3 del Reglamento de Estudios de Posgrado, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, me permito informar a Usted, que ha sido designado Director del trabajo de Tesis titulado **"Propuesta de trazador de rutas en el sistema de transporte urbano de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. Caso: Transbus"**, a realizar por el **C. Emmanuel Palomera May**, para obtener el grado de Maestro en Administración de Tecnologías de la Información.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

Atentamente


MATI. Eduardo Cruces Gutiérrez
Director

c.c.p. Lic. Martha Patricia Silva Payró.- Coordinadora de Investigación y Posgrado.
Archivo.
Consecutivo.

Miembro CUMEX desde 2008
Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, Colonia Esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México.
E-mail: direccion.dais@ujat.mx
Teléfonos: (993) 358 1500 ext. 6727; (914) 336 0616; Fax: (914) 336 0670



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

55
ANIVERSARIO
UJAT

DAIS
11111000011

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

"2013, CENTENARIO LUCTUOSO DE FRANCISCO I. MADERO
Y JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ"

Oficio No. 1715/13/DAIS/D
Julio 16 de 2013

M.C. Guillermo de los Santos Torres
Profesor-Investigador
Presente

De acuerdo al artículo 44 fracción 3 del Reglamento de Estudios de Posgrado, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, me permito informar a Usted, que ha sido designado Director del trabajo de Tesis titulado "**Propuesta de trazador de rutas en el sistema de transporte urbano de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. Caso: Transbus**", a realizar por el **C. Emmanuel Palomera May**, para obtener el grado de Maestro en Administración de Tecnologías de la Información.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

Atentamente

MAT. Eduardo Cruces Gutiérrez
Director

c.c.p. Lic. Martha Patricia Silva Payró.- Coordinadora de Investigación y Posgrado.
Archivo.
Consecutivo.

Miembro CUMEX desde 2008
Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, Colonia Esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México
E-mail: direccion.dais@ujat.mx
Teléfonos: (993) 358 1500 ext. 6727; (914) 336 0616; Fax: (914) 336 0876

Cunduacán, Tabasco., a 14 de octubre de 2014.

Asunto: Cesión de Derechos.

A quien corresponda:

Los que suscriben la presente, declaramos que el trabajo de tesis titulado, "PROPUESTA DE TRAZADOR DE RUTAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO. CASO: TRANSBUS" es de nuestra autoría intelectual y por lo tanto cedemos todos los derechos sobre este proyecto a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, a la cual relevamos de cualquier sanción y asumimos responder a cualquier reclamo de derechos de autor ante las autoridades competentes.

Atentamente

Autores:

Nombre	Domicilio	Firma autógrafa
Emmanuel Palomera May	2 de abril #82, Cunduacán, Tabasco.	
Gerardo Arceo Moheno	Independencia 56-2 Col. 1ro de Mayo, Villahermosa, Tabasco.	
Guillermo de los Santos Torres	Av. Universidad s/n, Villahermosa, Tabasco.	

c.c.p. Lic. Eduardo Cruces Gutiérrez.- Director de la DAIS
Lic. Martha Patricia Silva Payró.- Coordinadora de Investigación y Posgrado.
Director Estudiante



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS



11111000011

En la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, de acuerdo al Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, se revisó el trabajo de investigación titulado "PROPUESTA DE TRAZADOR DE RUTAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO. CASO: TRANSBUS", realizado por el C. Emmanuel Palomera May, para obtener el Grado de Maestro en Administración de Tecnologías de la Información bajo la modalidad de Tesis.

Los integrantes del jurado, después de revisar el trabajo, lo declararon aceptado.


M.A.S.I. Arturo Corona Ferreira
Profesor-Investigador


M.N. Eric Ramos Méndez
Profesor-Investigador


M.C. José Luis Gómez Ramos
Profesor-Investigador

Miembro CUMEX desde 2008
consorcio de
universidades
icanas

Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, Colonia Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.
E-mail: direccion.dais@ujat.mx
Teléfonos: (993) 358 1500 ext. 6727; (914) 336 0616; Fax: (914) 336 0870



11111000011



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



11111000011

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

"2014, Conmemoración del 150 Aniversario de
La Gesta Heroica del 27 de Febrero de 1864"

Oficio No.2437/14/DAIS/D
16 de octubre de 2014

C. EMMANUEL PALOMERA MAY
PRESENTE

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos establecidos en el Reglamento de Estudios de Posgrado vigente en la Universidad, informo a Usted que se autoriza la impresión del trabajo de investigación **"Propuesta de trazador de rutas en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Caso: Transbus"**, para presentar Examen de Grado de la Maestría en Administración de Tecnologías de la Información, bajo la modalidad de Tesis.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

Atentamente

MATI. Eduardo Cruces Gutiérrez
Director

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Informática y Sistemas

c.c.p. Lic. Martha Patricia Silva Payró.- Coordinadora de Investigación y Posgrado.
Archivo.
Consecutivo.

Miembro CUMEX desde 2008
Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, Colonia Esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México.
E-mail: direccion.dais@ujat.mx
Teléfonos: (993) 358 1500 ext. 6727; (914) 336 0616; Fax: (914) 336 0670

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Agradecimientos

Principalmente a Dios por darme la vida y esta gran bendición de cumplir un logro más en mi vida, gracias por su sabiduría que me regala a diario.

A mis padres, que hicieron un gran esfuerzo y sacrificio por darme este gran regalo. ¡Este logro también es de ustedes, gracias!

Al Dr. Gerardo Arceo Moheno por su comprensión, atención y por haberme confiado tan valioso proyecto. Al M. en C. Guillermo de los Santos Torres por su apoyo y por brindarme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos al desarrollar el proyecto.

A la L.I.A. Martha Patricia Silva Payró, coordinadora de investigación y posgrado de la DAIS, la cual con su invaluable labor fungió como guía durante todo el posgrado, gracias por su paciencia y apoyo.

Al comité revisor, el cual con su experiencia y dedicación me guiaron para seguir aprendiendo y mejorando este estudio, les agradezco infinitamente M.A.S.I. Arturo Corona Ferreira, M.N. Eric Ramos Méndez y M.C. José Luis Gómez Ramos, un honor conocerlos y trabajar con ustedes.

A todos mis amigos de la DAIS que fueron de apoyo en esta etapa y que siempre se preocuparon por darme ánimo y algunos consejos para seguir.

A todos aquellos de que de alguna manera siempre fueron de gran apoyo y ayuda en el desarrollo de esta tesis.

¡Gracias!

Dedicatorias

A Dios

Por darme la vida y fuerzas necesarias para salir adelante, sobre todo por permitir culminar una de las etapas más importante de mi vida, nunca me ha dejado solo, me protege y guía en cada paso que doy.

A mis Padres

Por la herencia más valiosa que pudiera recibir y su inmenso apoyo; la confianza, los esfuerzos y sacrificios hechos no han sido en vano.

A mis Amigos

Carlos, Karen, Rox, Lalo, Aless, Neto, Migue, Vanesa, Geovanny, Jorge, Adonay, Gustavo, Iván, Jesucristo, Felipe, Tere, Evelina, Irelida y a todos aquellos que hicieron que esos momentos difíciles fueran aliviados con ratos de sus alegrías y compañía, los llevo en mi mente y corazón.

Resumen

En este trabajo se elabora un trazador de rutas utilizando el método de mapas probabilísticos con apoyo del algoritmo de Dijkstra como una solución que ayude a aquellos usuarios que no tengan el conocimiento acerca de las paradas y las rutas del sistema de Transbus para realizar traslados dentro de la ciudad. La metodología empleada para el desarrollo de la solución fue la metodología Desarrollo Adaptable de Software (ASD), la cual es una metodología ágil y consta de un ciclo de vida iterativo de constantes mejoras. Se hizo uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) para la elaboración de la documentación y planeación, siendo muy útil al momento de realizar la parte de programación. El resultado obtenido es una propuesta agradable al usuario y fácil de utilizar, que permite mostrar las rutas de traslado dentro de la ciudad de Villahermosa haciendo uso del servicio de Transbus.

Introducción

La ciudad de Villahermosa, capital del estado de Tabasco, considerada como la puerta de entrada al sureste mexicano, ha experimentado un crecimiento debido a las actividades económicas de la región; este crecimiento no se ha llevado con base en un plan de desarrollo urbano donde se contemple un ordenamiento adecuado de las calles y avenidas, lo que impacta en el servicio del sistema de transporte público.

Al introducir en la ciudad el servicio de Transbus como nuevo medio de transporte, se hace necesario dar a conocer a los usuarios la trayectoria de las rutas con las que cuenta este servicio, para que de esta manera puedan disponer del recorrido de las rutas y así puedan planear su recorrido. La solución propuesta en este trabajo hace uso del método de mapas probabilísticos y el algoritmo de Dijkstra para encontrar un trayecto de traslado en las rutas del Transbus y de esta manera, determinar el traslado de un punto de la ciudad a otro de una manera eficiente e intuitiva. El trabajo es presentado en 5 capítulos que se describen a continuación:

En el capítulo 1 se describen las generalidades del problema estudiado, es decir, antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, alcances, limitaciones y una descripción del método empleado en el desarrollo del proyecto.

El capítulo 2 está comprendido por el marco referencial (que muestra investigaciones relacionadas con el problema estudiado), el marco conceptual (que presenta los conceptos relacionados al problema de estudio) y el marco tecnológico (donde se describen las tecnologías involucradas en el desarrollo del proyecto).

En el capítulo 3 se aplica y describe la metodología utilizada en el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos durante la aplicación de la metodología de desarrollo.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan las conclusiones de la investigación y los trabajos futuros propuestos.

Índice general

1. Generalidades	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.2.1. Definición del problema	3
1.2.2. Delimitación de la investigación	6
1.2.3. Pregunta de investigación	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4 Justificación	7
1.5 Metodología utilizada	8
1.5.1. Fuentes de investigación	9
1.5.2. Instrumento para la recolección de datos	9
1.5.3. Tipo de programación	9
1.5.4. Metodología de desarrollo	10
2. Marco teórico	12
2.1 Marco referencial	12
2.2 Marco conceptual	13
2.2.1. Transporte urbano	13
2.2.2. Planeación de movimientos	15
2.2.3. Método de mapas probabilísticos (PRM)	17
2.2.4. Algoritmo de Dijkstra	18
2.3 Marco tecnológico	19
2.3.1. Lenguaje de marcado hipertextual	19
2.3.2. Diseño responsivo	21
2.3.3. jQuery	22
2.3.4. SQLite	22

3.	Aplicación de la metodología y desarrollo.....	24
3.1	Especlar	24
3.1.1.	Inicio del proyecto.....	24
3.1.2.	Planeación	24
3.1.2.1.	Mapa de navegación	24
3.1.2.2.	Diagramas de caso de uso	25
3.1.2.3.	Método de mapas probabilísticos (PRM)	29
3.1.2.4.	Diseño de interfaces	32
3.1.2.5.	Diseño de la base de datos	34
4.	Pruebas y resultados	36
4.1	Colaborar	36
4.1.1.	Desarrollar	36
4.1.1.1.	Fase de aprendizaje del PRM.....	36
4.1.1.2.	Fase de consulta del PRM.....	45
4.1.1.3.	Elaboración de las interfaces	48
4.2.	Aprender.....	51
4.2.1.	Prueba de calidad	51
4.2.2.	Entrega final	59
5.	Conclusiones y trabajos futuros	60
5.1	Conclusiones	60
5.2	Trabajos futuros.....	61
	Bibliografía.....	62
	Glosario	66
	Anexos.....	68
	Anexo 1	68
	Anexo 2	69

Índice de ilustraciones

Figura 1. Guía de rutas de Transbus	4
Figura 2. Señalamiento de las paradas del servicio de Transbus	5
Figura 3. Etapas de la metodología ASD	10
Figura 4. Representación de algoritmo de Dijkstra.....	19
Figura 5. Mapa de navegación del sitio.....	25
Figura 6. Caso de uso de sitio Web.....	26
Figura 7. Caso de uso observar ruta	27
Figura 8. Caso de uso generar ruta	28
Figura 9. Caso de uso información.....	29
Figura 10. Diseño del sitio visto en una PC.....	32
Figura 11. Diseño del sitio visto en una Tablet.....	33
Figura 12. Diseño del menú visto desde una Tablet	33
Figura 13. Diseño del sitio visto en un Smartphone	34
Figura 14. Diseño del menú visto en un Smartphone	34
Figura 15. Representación de la base de datos	35
Figura 16. Ruta M1 Ixtacomitán	37
Figura 17. Elaboración de la ruta M1	37
Figura 18. Resultado de depuración de nodos.....	38
Figura 19. Integración de rutas	39
Figura 20. Agrupación de rutas	39
Figura 21. Depuración de los recorridos	40
Figura 22. Nodos en el mapa.....	41
Figura 23. Segmento del <i>roadmap</i> con 530 nodos	41
Figura 24. Prueba de rendimiento de 530 nodos	42
Figura 25. Segmento del <i>roadmap</i> de 1041 nodos	42
Figura 26. Prueba de rendimiento de 1041 nodos	43

Figura 27. Segmento del <i>roadmap</i> de 1325 nodos	44
Figura 28. Prueba de rendimiento de 1325 nodos	44
Figura 29. Ejemplo del complemento <i>autocomplete</i>	45
Figura 30. Prueba de recorrido antes de mejora.....	46
Figura 31. Prueba de recorrido después de mejora	46
Figura 32. Representación de asignación de rutas	47
Figura 33. Ejemplo de indicaciones sin formato	48
Figura 34. Ejemplo de indicaciones mostradas al usuario	48
Figura 35. Página de inicio.....	49
Figura 36. Página de rutas	49
Figura 37. Página del trazador.....	50
Figura 38. Página de información	50
Figura 39. Mapa de navegación después de mejoras	54
Figura 40. Ejemplo de recorrido después de las mejoras	55
Figura 41. Ejemplo de indicaciones después de las mejoras.....	56
Figura 42. Ejemplo de indicaciones de <i>Direction Service</i>	56
Figura 43. Pantalla de inicio después de mejoras.....	57

Índice de tablas

Tabla 1. Caso de uso de sitio Web	26
Tabla 2. Caso de uso observar ruta	27
Tabla 3. Caso de uso generar ruta	28
Tabla 4. Caso de uso observar información	29
Tabla 5. Diccionario de datos	35
Tabla 6. Resumen de resultados de la 1ra prueba de usabilidad	52
Tabla 7. Resumen de resultados de la 2da prueba de usabilidad	57
Tabla 8. Resultados de la 1ra prueba de usabilidad	69
Tabla 9. Resultados de la 2ra prueba de usabilidad	70

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

La población del estado de Tabasco, según números del último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010, es de 2,238,603 habitantes, de la cual, el 28.60% está asentada en el municipio del Centro, es decir, 640,359 habitantes. El gran número de personas que habitan y arriban a la ciudad de Villahermosa hace necesario que se cuenten con los medios que permitan los traslados dentro y fuera de la ciudad.

En la ciudad de Villahermosa existe un parque vehicular aproximado de 138,067 unidades en circulación, todo esto sin tomar en cuenta al gran número de vehículos que entran a la ciudad del resto de los municipios del estado con diferentes motivos desde laboral y educativo, hasta con fines recreativos.

Dependiendo de la situación económica en que se encuentren las familias tabasqueñas, pueden tener o no a su disposición un vehículo propio; en caso contrario, se dispone de múltiples maneras de trasladarse dentro y fuera de la ciudad, es decir, mediante transporte público.

³ Se entiende por transporte como el medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hasta otro. El transporte público comprende los medios de transporte en donde los pasajeros no son propietarios de los mismos. Los servicios de transporte público pueden ser suministrados tanto por instituciones públicas como por empresas privadas. Los sistemas de transporte son componentes básicos en la estructura social, económica y física de un área urbana (Krishna, et al., 2000).

En términos económicos, el transporte urbano posibilita la reproducción de la fuerza laboral a través del desplazamiento masivo de la mano de obra, por que incrementa las grandes economías de escala y la productividad general de la ciudad. Urbanísticamente, el transporte urbano tiene efectos sobre la dimensión y configuración socio-espacial de la ciudad. A nivel cultural, posibilita

relaciones sociales diferentes a las estrictamente productivas y genera espacios en el cual el ciudadano puede presentar e imaginar la ciudad y los otros. (Canclini, et al., 1996)

El término transporte público se refiere al transporte de tipo comercial de personas. Es un servicio de transporte urbano y suburbano de pasajeros al que se accede mediante el pago de una tarifa fijada y que se lleva a cabo con servicios regulares establecidos en recorridos, horarios y puntos de acceso determinados (Gruttner, et al., 2002).

En la ciudad de Villahermosa, las distintas rutas del transporte público eran administradas por las diferentes uniones que se encontraban registradas hasta julio de 2008:

- Unión de Transportistas Unidos de Centro (UTUC)
- Servicio de Transporte (VICOSERTRA)
- Servicio de Transporte de Tabasco (SETRATAB)
- Unión de Concesionarios de Transporte Colectivo Urbano y Suburbano de Combis del Centro (UTPCAM)
- Unión de Autos Rápidos de Villahermosa, Tabasco (ARVIT)
- Unión de Nueva Generación de Transportistas (Génesis XXI)

Es el 31 de julio de 2008, siendo gobernador del estado de Tabasco Andrés Rafael Granier Melo, entra en vigor el Programa para la Transformación del Transporte Público (Transbus), que tiene como eje principal la total satisfacción del usuario brindando un servicio de calidad y de esta manera impulsar la rentabilidad del servicio de transporte público.

En sus inicios, el servicio de Transbus constaba de 210 autobuses equipados con aire acondicionado y pantalla de televisión, así como también con cuatro autobuses adaptados para personas con capacidades especiales, los cuales sustituyeron a 1,293 combis con más de 12 años prestando servicio. Al día de hoy se encuentran 224 autobuses distribuidos en los cuatro corredores coordinados que cubren 30 rutas dentro de la ciudad de Villahermosa:

- Corredor Vía Méndez

- Corredor 27 de febrero
- Corredor Universidad
- Corredor Bicentenario

Con el crecimiento del área metropolitana de la ciudad de Villahermosa y la gran afluencia de personas que arriban a la ciudad procedente de poblaciones fuera de la ciudad y continuando con el acuerdo para la modernización del transporte público urbano de Villahermosa, se introdujeron corredores que están cubiertos por las unidades del servicio Transmetropolitano que cuentan con 120 unidades que cubren desde el fraccionamiento Pomoca, ubicado en el municipio de Nacajuca, hasta la ciudad de Villahermosa, y la ruta de Villa Playas del Rosario a la ciudad de Villahermosa.

Al tener como reto no sólo la modernidad del transporte público urbano, sino agilizar los traslados dentro de la ciudad de Villahermosa, es importante mencionar que en tan solo cuatro años de funcionamiento el sistema de Transbus ha movilizó a cerca de 122 millones de usuarios hasta diciembre del 2012, movilizó a cerca de 150 mil usuarios diariamente (De la Cruz, 2012).

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1. Definición del problema

9 En ciudades medianas y grandes, los sistemas de transporte público juegan un rol fundamental en la movilidad de las personas, tanto en zonas urbanas como suburbanas. Uno de los mayores desafíos de la planificación del transporte público consiste en asegurar un sistema operacional y económicamente eficiente, adecuadamente integrado al entorno (Krishna, et al., 2000).

3 La ciudad de Villahermosa, como capital del estado de Tabasco, recibe un gran afluente de personas proveniente de diferentes partes del Estado o fuera de éste, siendo necesario ofrecer un medio de transporte adecuado en el cual trasladarse dentro de la ciudad, además de señalar de

manera adecuada las rutas y paradas que cubren los servicios de transporte, entre ellos el servicio de transporte Transbus.

Cuando inició operaciones el servicio de Transbus, para que los usuarios se familiarizaran con las rutas del servicio, se distribuyeron guías en las cuales se podían visualizar las rutas con las que cuenta el servicio (ver figura 1) además de contar con mapas de rutas en las paradas para orientar a las personas dentro de las rutas.

Como se mencionó con anterioridad, el servicio de Transbus cuenta con cuatro corredores dentro de la ciudad de Villahermosa, además de paradas debidamente señalizadas a lo largo de todas las rutas, las cuales cuentan con mapas de las rutas en el corredor.



Figura 1. Guía de rutas de Transbus

Cabe mencionar que la simbología de las paradas solo indican las siguientes paradas que están ubicadas en esta ruta y que corresponden solo al corredor específico, tal como se muestra en la figura 2. Los mapas ubicados en las paradas muestran solo las rutas comprendidas en el corredor, por lo tanto si una persona desea trasladarse a un punto fuera del corredor, los señalamientos realmente no le ayudarán a ubicar la mejor ruta de traslado. Cabe mencionar que no en todas las

paradas se encuentran este tipo de señales, desalentando a la gente a realizar traslados haciendo uso del transporte público (Walker, 2010).



Figura 2. Señalamiento de las paradas del servicio de Transbus

El usuario, ya sea que radique en la ciudad de Villahermosa o fuera de ella, no sabe desplazarse de un punto a otro de la ciudad a un destino utilizando el servicio de Transbus. La desconfianza que se produce al no saber la manera de dirigirse a un destino, la falta de conocimiento de uso y el miedo a perderse en la ciudad al no saber localizar la ruta adecuada hace que los potenciales usuarios opten por otros medios de transporte como el servicio de taxi.

Por lo tanto, podría deducirse que una importante cantidad de recursos financieros no están siendo ingresados a las arcas gubernamentales, al no persuadir a potenciales usuarios a hacer uso del Transbus ya que desconocen los trayectos de las rutas.

1.2.2. Delimitación de la investigación

Alcances

- El trazador permite identificar las rutas adecuadas realizando transbordos de unidades.
- La herramienta es fácil de utilizar y de uso intuitivo.
- La aplicación puede ser visualizada desde cualquier dispositivo, teléfonos móviles y computadoras, que cuenten con navegador Web.

Limitaciones

- Se utilizaron las rutas del servicio de Transbus.
- No se incluyen las rutas del servicio de Transmetropolitano.
- No se incluyen las rutas del servicio de combis.

1.2.3. Pregunta de investigación

- ¿Cuáles son los beneficios que aportaría un trazador de rutas al persuadir a personas que no son usuarios del servicio de Transbus, a trasladarse por medio de éste?

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

³ Realizar una propuesta de trazador de rutas utilizando tecnologías de la información con la finalidad de apoyar a usuarios a realizar traslados dentro de la ciudad de Villahermosa y que no cuentan con el conocimiento acerca de las paradas en los corredores y rutas del servicio de Transbus.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar ³ las rutas con las que cuentan los cuatro corredores del servicio Transbus.
- Identificar y seleccionar las TI necesarias para el desarrollo y funcionamiento del trazador.
- Realizar un mapeo de las rutas con las que cuenta el servicio Transbus.

- Aplicar el método *Probalistic RoadMap* (PRM) al diseño de rutas.

1.4 Justificación

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) se incita a fomentar una movilidad urbana sustentable con apoyo de proyectos de transporte público y masivo, y que promueva el uso de transporte no motorizado, (Peña, 2013). De esta manera, y siguiendo los ejes rectores del PND, en el Plan Estatal de Desarrollo (PED) se plantea estimular opciones de movilidad humana sustentable que privilegien el uso de medios de transporte colectivo no contaminantes. (Núñez, 2013)

De acuerdo a lo planteado en el PND y en el PED, existe entonces la necesidad de seleccionar un medio adecuado para fomentar el uso del transporte público urbano.

Modernizar el servicio del transporte público es mejorar la calidad del mismo para que sus usuarios puedan realizar traslados de manera confortable, seguros y sin demoras de ningún tipo, donde el mayor beneficiado de la modernización será el usuario.

Al introducir nuevos medios de transporte en el ambiente urbano de la ciudad de Villahermosa, se hace necesario dar a conocer las trayectorias de las rutas con las que cuenta el servicio de Transbus, es decir, que los usuarios puedan disponer de información de las rutas para que puedan planear su recorrido utilizando las rutas disponibles del servicio de Transbus.

¹ Según con resultados publicados por el INEGI (2012), en 2011 menos del 35% de la población de Tabasco tenía acceso a computadoras, menos del 30% tenía acceso a servicios fijos de Internet y sólo 16% tiene este servicio en sus hogares; sin embargo 56% tiene acceso a servicios de telefonía celular y 99.1% de los hogares cuentan con una conexión de Internet de banda ancha.

Aunque no se cuentan con datos oficiales actualizados por género y edad, en una encuesta realizada por Consulta Mitofsky (2013), se muestra que 56% de los hombres, 51% de las mujeres y dos de cada tres mexicanos menores de 30 años tienen acceso a un celular. En cuanto al segmento de edad 18 a 29 años, 61% declaró que sabe utilizar todas las funciones de su teléfono celular (Consulta Mitofsky, 2013).

Es así que teniendo el compromiso de fomentar el uso del transporte urbano y con el crecimiento de medios de comunicación en el estado de Tabasco, surge la necesidad de contar con una herramienta, basada en tecnología de la información, que permita conocer la manera de trasladarse dentro de la ciudad de Villahermosa por medio del servicio que ofrecen las unidades del Transbus, lo cual permitirá una mayor recaudación de recursos económicos proveniente de las personas que, apoyados por la herramienta, puedan hacer uso del Transbus.

1.5 Metodología utilizada

La investigación utilizó un enfoque investigación-acción que es de tipo mixto. De acuerdo a la definición de Teddie y Tashakkori (Sampieri et al., 2006), el enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cualitativos y cuantitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento de problema.

Dentro de las ventajas de la aplicación de una metodología mixta podemos mencionar:

- Se logra una perspectiva más precisa del fenómeno.
- Ayuda a plantear y a clarificar el planteamiento del problema.
- Se producen datos más ricos y variados.
- Se potencia la creatividad teórica.
- Se logra que se aprovechen mejor los datos.

18

El propósito de la investigación-acción es resolver problemas cotidianos e inmediatos; ha tratado de hacer comprensible el mundo social y busca mejorar la calidad de vida de las personas (Jurgenson, 2003). Se define la investigación-acción como “el estudio de una situación social con miras a mejorar la calidad de la acción dentro de ella”. Igualmente, Sampieri et al. (2006) la definen como una “intervención a pequeña escala en el funcionamiento del mundo real y el examen minucioso de estas intervenciones”.

1.5.1. Fuentes de investigación

El tipo de fuente de información fue de tipo primaria puesto la información fue facilitada por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del estado de Tabasco (SCT) de manera documental y por medio de entrevistas no estructuradas a funcionarios.

1.5.2. Instrumento para la recolección de datos

Los instrumentos de recolección de la información fueron la observación, la entrevista y documental.

Como menciona Jurgenson (2003), la observación desde que tenemos conocimiento de la existencia del ser humano, la observación ha sido la piedra angular del conocimiento. Incluso durante el desarrollo de la persona, desde que el niño tiene uso de la vista, inicia su relación y su conocimiento-del mundo a través de la observación. La observación se realizó de manera participativa.

Además se empleó la entrevista como menciona Jurgenson (2003), una entrevista es una conversación que tiene una estructura y un propósito. En la investigación cualitativa, la entrevista busca entender el mundo desde la perspectiva del entrevistado, y desmenuzar los significados de sus experiencias. Steinar Kvale define que el propósito de la entrevista en la investigación cualitativa es “obtener descripciones del mundo de vida del entrevistado respecto a la interpretación de los significados de los fenómenos descritos”.

Una fuente muy valiosa de información son los documentos, nos pueden ayudar a entender el fenómeno central de estudio. Prácticamente la mayoría de las personas, grupos, organizaciones, comunidades y sociedades los producen y narran o delinean sus historias y estatus actual (Sampieri et al., 2006).

1.5.3. Tipo de programación

Se usará la Programación Orientada a Objetos (POO) como el modelo de programación ya que este método es una manera de enfocar la programación y resulta eficiente para trabajar.

Este tipo de programación se seleccionó gracias a sus grandes características como la seguridad que ofrece en cuanto a desarrollo y sus ideas incorporadas en la programación estructurada que las combina con nuevos y potentes conceptos que permiten organizar los programas de forma más efectiva (Schildt y Ruckauer, 2002).

1.5.4. Metodología de desarrollo

La metodología que se ha utilizado para el desarrollo es Desarrollo Adaptable de Software (ASD), la cual se trata de una metodología ágil que tiene las siguientes características (Highsmith, 2000):

- Iterativo
- Cíclico
- Tolerante a fallos
- Guiado por los riesgos
- La revisión de los componentes sirve para aprender de los errores y no cometerlos al iniciar de nuevo el ciclo de desarrollo

Esta metodología consta de tres etapas: especular, colaborar y aprender; las cuales se muestran en la figura 3, mismas que será utilizada de manera repetitiva hasta que las rutas que obtengan sean satisfactorias en las pruebas de calidad.

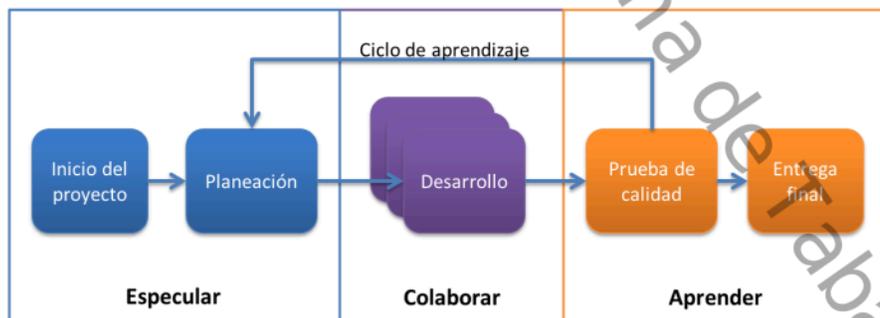


Figura 3. Etapas de la metodología ASD.

Fuete: adaptación de Highsmith (2000)

Las pruebas de calidad serán del tipo caja negra, donde no se tiene acceso al código fuente y solo se evalúa la calidad de los resultados. De acuerdo a Nielsen (1993), cinco es el número de personas más adecuado para este tipo de pruebas, ya que se pueden observar la mayoría de los problemas existentes en el producto a evaluar; más allá de estos cinco usuarios las pruebas pierden información relevante y se vuelven más costosas en cuanto a tiempo y recursos para los desarrolladores.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.¹¹

2. Marco teórico

2.1 Marco referencial

A continuación se muestran algunas de las investigaciones desarrolladas en el campo de la planeación de rutas aplicadas al transporte público.

- En *Path Planning System for Bus Network Including Walking Transfer* (Kawamura, et al., 2005), se muestra el desarrollo de un sistema de planificación de ruta para la red de autobús en Tottori, Japon, como servicio Web. Este sistema encuentra caminos apropiados usando información de la ubicación del punto de partida y el destino obtenido a través de GPS. Muestra la planificación del camino en el que se pueden transportar, incluyendo no sólo las transferencias en transporte si no también caminando.
- En *Best-Path Planning for Public Transportation Systems* (Liu, 2011), el autor examina los métodos de una clase especial de problemas en la planificación de ruta en el que las rutas están restringidas. En los algoritmos de búsqueda general asume que podemos movernos en la red de tráfico libremente, de manera que sobresalgan los caminos parciales desde el último lugar a cada uno de las paradas cercanas para formar caminos parciales. Las mejores rutas se seleccionan y amplían, a menos que la ruta parcial seleccionada pase a ser una solución.
- En *Practical Path Planning System for Bus Network* (Kawamura y Sugahara, 2007), se muestra un planificador de camino en un sistema de autobuses y se propone una planeación de camino utilizando algoritmo de planificación de dos etapas para evitar la salida de caminos no prácticos. En la primera etapa del algoritmo, se aplica un algoritmo modificado de Dijkstra de ruta más corta para tratar los costos dinámicamente cambiantes.
- En *Take Me to the Bus Stop: AR Based Assistance System for Public Transit User* (Kawamura, et al., 2011), se desarrolla una aplicación de algoritmos de búsqueda (AR) para la red de autobuses, apoyando a los usuario de autobús de manera innovadora

poniendo información en una fotografía de la cámara y a la vanguardia de una parada de autobús. La aplicación también informa al usuario el autobús correcto para llegar, la dirección del bus a tomar y la tarifa, eliminando muchas angustias y preocupaciones personas tienden a sentirse cuando toman autobuses.

2.2 Marco conceptual

2.2.1. Transporte urbano

2 La movilidad, en sus distintas formas, está fundamentalmente determinada por la ordenación territorial y urbanística. Algunas realidades urbanas no serían posibles sin los sistemas de transporte conocidos y, por otro lado, se ha demostrado que la morfología de las ciudades determina las formas de moverse. La disposición sobre el territorio de la población, del empleo y demás actividades cotidianas, la densidad y la dispersión, la mayor o menor segregación social y de usos, las redes de conexión y el diseño urbano, son factores con una importante influencia sobre la movilidad urbana. En definitiva, estos factores sientan las bases, difícilmente modificables a posteriori, de la distribución espacial de la demanda de desplazamientos y en gran medida, de la oferta de infraestructuras para resolverlos (Pozueta, 2005).

2 Al conllevar la dependencia de los medios motorizados para la realización de movimientos, el transporte adquiere el valor de cambio, en lugar del valor de uso que tiene por excelencia (Lefebvre, 1969). Se definen así dos clases de transporte según la relación de propiedad que pueda tener el usuario con el medio:

- El transporte privado, adquirido por personas particulares o empresas y cuyo uso queda restringido a sus dueños (el usuario es el dueño del vehículo utilizado).
- El transporte público, como parte del conjunto de la movilidad urbana queda, por tanto, definido como un sistema de medios (infraestructuras y vehículos) para llevar personas de un lugar a otro de la ciudad. El transporte público, es el que utiliza medios cuyos pasajeros no son los propietarios de los mismos, siendo servidos por terceros. Los

servicios de transporte público pueden ser suministrados tanto por empresas privadas como públicas (Illich, 2012).

El modelo de ciudad dispersa y de baja densidad refuerza la dependencia de los vehículos motorizados y actualmente hace parecer imposible prescindir de ellos. Las características de demanda urbana de movilidad están en gran medida condicionadas por la disposición de las actividades urbanas en el espacio y por el diseño concreto de la ciudad y de cada uno de sus elementos. En consecuencia, interviniendo sobre esta disposición y sobre su plasmación física en el ambiente construido, puede influirse decisivamente sobre la demanda de movilidad (Lamíquiz, et al., 2005).

A continuación se muestra una clasificación según el tipo de medio de transporte:

Transporte terrestre:

- Transporte por carretera
 - Autobús – Autobús de tránsito rápido – Trolebús – Taxi
- Transporte por ferrocarril
 - Tranvía – Tren ligero – Metro – Tren – Tren de alta velocidad

Transporte marítimo y fluvial:

- Transbordador (ferry) – Catamarán – Lancha colectiva – Góndola

Transporte aéreo:

- Teleférico – Telecabina
- Aerolínea

La equidad social en el acceso a estos medios es indispensable para que el valor de uso de los desplazamientos se mantenga igualitario y sea prioritario frente al valor de cambio, fortalecido por la relación de propiedad existente actualmente. Sólo el transporte ofrecido por el poder público puede dar respuesta a la demanda de movilidad de las clases sociales con ingresos inferiores al necesario para la adquisición y mantenimiento de un vehículo privado.

La ocupación del suelo es también una cuestión clave en la relación movilidad-ordenación urbana, y por eso es interesante conocer el aprovechamiento de espacio que supone la utilización de los distintos medios de locomoción. La gran capacidad de los vehículos empleados para los

medios públicos de transporte, maximiza el espacio ocupado por la gente en sus movimientos, siempre y cuando se garanticen umbrales mínimos de ocupación. Comparativamente, el vehículo privado es el más exigente en consumo de suelo. El desplazamiento en este medio de transporte ocupa seis veces más espacio que en autobús y quince veces más que en ferrocarril metropolitano (Estevan, 1994). El suelo que se puede liberar en detrimento del transporte privado y a favor del público tiene gran potencial económico y puede resultar en reordenaciones con aumento de la calidad del espacio urbano y reducción del impacto ambiental.

2.2.2. Planeación de movimientos

1 Con la planeación del movimiento se pretende resolver el problema de encontrar el camino adecuado que debe seguir un objeto desde un punto inicial a otro punto objetivo del espacio, típicamente añadiendo restricciones que se deben cumplir y/o costos que deben minimizarse.

Esto puede parecer sencillo, y lo es en el caso trivial de un sólido rígido o un punto sin restricciones de movimiento en un espacio euclídeo sin obstáculos. Hay infinitos caminos posibles que solucionan el problema. Por citar un ejemplo obvio, la línea recta resolvería el problema minimizando la distancia euclídea recorrida (Gómez et al, 2003).

Pero la planeación de movimiento aborda problemas más difíciles de resolver matemáticamente. 1 Considérese ahora que entre los puntos, inicial y final, hay un obstáculo fijo. Ahora la línea recta no soluciona el problema si se quiere salvar el obstáculo. A simple vista, una línea segmentada o una curva simple podrían solucionar el problema. Dependiendo de la forma y tamaño del obstáculo y del móvil, minimizar la distancia recorrida puede ser más o menos difícil, y aunque no parece representar un problema de consideración, su formulación y resolución matemática no es trivial.

Considérese de nuevo un espacio libre de obstáculos y, en este caso, una restricción a la cinemática del objeto, que ahora sólo podría moverse en líneas diagonales. La línea recta de nuevo no sirve para llevar al objeto desde su posición inicial hasta su objetivo pero se tienen infinitas maneras de llegar a él minimizando la distancia recorrida.

Ahora considérese un automóvil, que es un sólido rígido sometido a restricciones de movimiento, en un entorno con obstáculos fijos. Una generalización de este tipo de problemas que los seres humanos resuelven de manera razonable sin demasiado esfuerzo mental ha demostrado ser matemáticamente del tipo PSPACE-complete, lo cual quiere decir que si fuéramos capaces de encontrar un algoritmo que los resolviera genéricamente en tiempo de orden $O(n^k)$ para un k arbitrario, donde n representa el tamaño de la entrada del problema, habríamos resuelto el problema más importante de las ciencias computacionales.

Considerando las técnicas desarrolladas para la planeación de movimientos se puede proponer la siguiente clasificación (Ollero y Baturone, 2001):

- Determinísticos:
 - Basados en grafos:
 - Grafos de visibilidad.
 - Diagramas de Voronoi.
 - Modelado del espacio libre.
 - Descomposición en celdas.
 - Campos potenciales artificiales.
- Probabilísticos y aleatorios (algoritmos de búsqueda aleatoria):
 - Planeador aleatorio de trayectorias (*Randomized Path Planner RPP*).
 - Mapas probabilísticos (*Probabilistic Road Maps PRM*).
 - Árboles de exploración rápida (*Rapidly Exploring Random Tree RRT*).
 - Basados en optimización:
 - Algoritmos genéticos (*Genetic Algorithms GA*).
 - Colonia de hormigas (*Ant Colony Optimization ACO*).
 - Enjambre de partículas (*Particle Swarm Optimization PSO*).
 - Quimiotaxis bacteriana (*Bacterial Chemotaxis BC*).

2.2.3. Método de mapas probabilísticos (PRM)

Como se menciona en *Probabilistic roadmaps for path planing in high-dimensional configuration space* (Kavraki et al., 2006) el objetivo del método de mapas probabilísticos o *Probabilistic roadmaps methode* (PRM) es encontrar rutas libre de colisiones para robots de cualquier tipo en espacios de trabajo estáticos, es decir en ambientes donde los obstáculos no se muevan. el método consta de dos fases:

— Fase de aprendizaje

- Fase de construcción
 - Creación de configuraciones aleatorias
 - Aplicación de planeador local
 - Conectar con nodos vecinos
 - Determinar distancia
- Fase de expansión

— Fase de consulta

En la fase de aprendizaje se genera el mapa probabilístico conocido también como *roadmap*. Primero se generan aleatoriamente n configuraciones libres para el robot y posteriormente se intenta conectar a través de un simple y rápido planeador local. El *roadmap* construido se encuentra en el espacio libre y se presenta como un grafo no dirigido. Las configuraciones generadas constituyen los nodos del grafo y las rutas calculadas por el planeador son las aristas.

Una vez construido el *roadmap* se pueden realizar múltiples consultas, una consulta pregunta si existe una ruta entre dos configuraciones cualesquiera del robot. Para ejecutar una consulta el método primero intenta conectar las configuraciones inicial y final a nodos en el grafo, si eso se logra se realiza una búsqueda en el grafo a partir de los nodos con los cuales hubo una conexión para encontrar la secuencia de aristas que conectan con los nodos.

Finalmente la unión de los segmentos sucesivos se transforma en una ruta factible para el robot, es decir, una ruta formada por tres sub-rutas, la sub-ruta que conecta la configuración inicial con

un nodo del grafo, la sub-ruta presente en el grafo entre los dos nodos de conexión y la sub-ruta que conecta un nodo del grafo con la configuración final.

2.2.4. Algoritmo de Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra encuentra los caminos más cortos desde el nodo origen S a todos los demás nodos de la red, siempre y cuando no haya enlaces de coste negativo (Dijkstra y Scholten, 1980). El algoritmo de Dijkstra mantiene una etiqueta de distancia $d(i)$ para cada nodo i , que es una medida superior a la distancia del camino al nodo i . En todos los pasos intermedios el algoritmo divide a los nodos en dos grupos:

- Los que designa como etiquetados en forma permanente
- Los que designa como etiquetados en forma transitoria

La etiqueta de distancia a un nodo permanente representa la distancia más corta desde la fuente al nodo. Para un nodo temporal, la etiqueta representa una cuota superior a la distancia del camino más corto a ese nodo.

La idea básica del algoritmo es partir de nodo S y permanentemente etiquetar nodos de acuerdo a su distancia a S . inicialmente $d(s)=0$ y $d(i)=m$ para todos i, S . en cada iteración de $d(i)$ es la distancia más corta desde la fuente al nodos a través de un camino que utilice solo nodos permanentes (además del nodo i y el nodos S). El algoritmo selecciona un nodo i con etiqueta temporaria mínima, lo hace permanente y actualiza las etiquetas de sus nodos adyacentes que aun sean temporales. El algoritmo termina cuando todos los nodos fueron designados permanentes.

El resultado obtenido es un camino entre nodos es una línea compuesta por nodos (i) (ver figura 4) que representan una sucesión de configuraciones en el espacio de trabajo, las cuales no deben presentar un choque con el entorno para que este enlace sea válido.

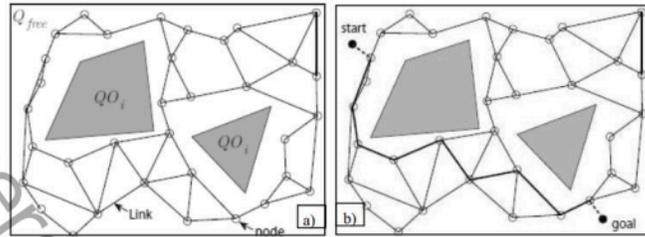


Figura 4. Representación de algoritmo de Dijkstra.

Fuente: Kavraki et al. (2006)

2.3 Marco tecnológico

2.3.1. Lenguaje de marcado hipertextual

Lenguaje de marcado hipertextual o HTML, siglas de HyperText Markup Language, hace referencia al lenguaje de marcado predominante para la elaboración de páginas Web que se utiliza para describir y traducir la estructura y la información en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes. El HTML se escribe en forma de etiquetas, rodeadas por corchetes angulares (<,>). HTML también puede describir, hasta un cierto punto, la apariencia de un documento y puede incluir un script (por ejemplo, JavaScript), el cual puede afectar el comportamiento de navegadores Web y otros procesadores de HTML (W3C, 2012).

El lenguaje HTML puede ser creado y editado con cualquier editor de textos básico, como puede ser Gedit o de tipo “lo que ves es lo que obtienes”. Estos editores permiten ver el resultado de lo que se está editando en tiempo real, a medida que se va desarrollando el documento. Ahora bien, esto no significa una manera distinta de realizar sitios Web, sino que una forma un tanto más simple, ya que estos programas, además de tener la opción de trabajar con la vista preliminar, tiene su propia sección HTML, la cual va generando todo el código a medida que se va trabajando. Algunos ejemplos de editores son KompoZer, Microsoft FrontPage o Adobe Dreamweaver.

4

Combinar estos dos métodos resulta muy interesante, ya que de alguna manera se ayudan entre sí. Por ejemplo, si se edita todo en HTML y de pronto se olvida algún código o etiqueta, simplemente se dirige al editor visual y se continúa ahí la edición o viceversa, ya que hay casos en que resulta más rápido y fácil escribir directamente el código de alguna característica que el usuario desea adherir al sitio que buscar la opción en el programa mismo.

7

Existe otro tipo de editores HTML del tipo “lo que ves es lo que quieres decir” que dan más importancia al contenido y al significado que a la apariencia visual. Entre los objetivos que tienen estos editores es la separación del contenido y la presentación, fundamental en el diseño Web.

HTML utiliza etiquetas o marcas, que consisten en breves instrucciones de comienzo y final, mediante las cuales se determinan la forma en la que debe aparecer en su navegador el texto, así como también las imágenes y los demás elementos, en la pantalla del ordenador.

Toda etiqueta se identifica porque está encerrada entre los signos menor que y mayor que (<>), y algunas tienen atributos que pueden tomar algún valor. En general las etiquetas se aplicarán de dos formas especiales:

- Se abren y se cierran, como por ejemplo: negrita, que se vería en su navegador Web como negrita.
- No pueden abrirse y cerrarse, como <hr />, que se vería en su navegador Web como una línea horizontal.
- Otras que pueden abrirse y cerrarse, como por ejemplo <p>.
- Las etiquetas básicas o mínimas son:

```
1. <!DOCTYPE HTML>
2. <html>
3.   <head>
4.     <title>Ejemplo1</title>
5.   </head>
6.   <body>
7.     <p>ejemplo1</p>
8.   </body>
9. </html>
```

2.3.2. Diseño responsivo

Se describe como una técnica de diseño y desarrollo Web que, mediante el uso de estructuras e imágenes fluidas, así como de *media queries* en la hoja de estilo CSS, consigue adaptar el sitio Web al entorno del usuario.

8 Toma las mejores prácticas para aplicarlas en la construcción de sitios, logrando buena calidad en las aplicaciones. La idea es que un solo sitio sea no solo adaptable a las características del recurso, sino que llegue a ser adaptativo (Labrada y Salgado, 2013).

El diseño de la información es variable y relativo, denominado fluido. La composición se presenta en forma dinámica, puesto que cada elemento se ajusta a las condiciones técnicas de despliegue. Para hacer un diseño Web adaptativo se debe cumplir con los siguientes aspectos:

- Diseño fluido con cuadrículas flexibles o *fluid grids*.
- *Media Queries*.
- Imágenes, objetos, videos o medios similares flexibles.
- Fuentes tipográficas con valores relativos.

La técnica del diseño Web responsivo permite ajustar el contenido de los sitios Web al ancho del área de despliegue de cada dispositivo a través de las siguientes soluciones:

- 5 El uso de un diseño fluido mediante cuadrícula flexible, el cual se basa en proporciones y no en píxeles. Esto hace posible que el sitio Web se visualice en distintas modalidades, según el dispositivo del que se trate.
- La utilización de Media Queries orientadas a configurar el alto, ancho y resolución dependiendo de las características del dispositivo donde se consulte el sitio.
- El ancho de las imágenes, objetos, videos o medios similares es flexible y su tamaño se modifica por medio de porcentajes. Por ello, es aconsejable que se guarden en el tamaño más grande en que se mostrarán y su ancho máximo equivaldrá al 100 por ciento de su dimensión, considerando que el tiempo de carga de las mismas puede ser lento en dispositivos móviles.
- El tamaño de las fuentes tipográficas se establecen en em^2 (*emphasized*) en vez de píxeles, por lo tanto, su valor no es absoluto sino relativo y depende directamente del elemento

padre que lo contiene. Si el contenedor cambia, la fuente con tamaño definido en em también lo hará ⁴

2.3.3. jQuery

jQuery es una biblioteca de JavaScript, creada inicialmente por John Resig, que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas Web. Fue presentada el 14 de enero de 2006 en el *BarCamp NYC*.

jQuery es software libre y de código abierto, posee un doble licenciamiento bajo la Licencia MIT y la Licencia Pública General de GNUv2, permitiendo su uso en proyectos libres y privados. jQuery, al igual que otras bibliotecas, ofrece una serie de funcionalidades basadas en JavaScript que de otra manera requerirían de mucho más código, es decir, con las funciones propias de esta biblioteca se logran grandes resultados en menos tiempo y espacio.

2.3.4. SQLite

SQLite es una biblioteca que implementa un proceso independiente, sin servidor y cero configuraciones, además de ser un motor de base de datos transaccional. El código de SQLite es de dominio público y, por lo tanto, es gratuito para uso de cualquier propósito, comercial o privado.

⁶ SQLite es un motor de base de datos SQL incrustado. A diferencia de la mayoría de otras bases SQL, SQLite no tiene un proceso de servidor independiente. SQLite lee y escribe directamente en un archivo de disco ordinario. Una base de datos de SQL completa con múltiples tablas, índices, trigger y vistas, está contenida en un único archivo en el disco. El formato del archivo de base de datos es multiplataforma, y se puede copiar libremente una base de datos entre sistemas con arquitecturas de 32 bits y 64 bits.

SQLite es una biblioteca compacta. Con todas las características habilitadas, el tamaño de la biblioteca puede ser inferior a 350KB, dependiendo de la configuración de optimización de la plataforma y compilador de destino. El código de 64 bits es más grande y algunas optimizaciones de inclusión del compilador y el ciclo desenrollado ¹⁷ puede hacer que el código objeto sea mucho

más grande, si se omitieran características opcionales, el tamaño de la biblioteca SQLite puede reducirse por debajo de 300KB; también puede ser obligado a correr con un espacio de pila mínimo (4KB) y muy poco espacio (100KB), haciendo a SQLite una opción de motor de base de datos muy popular en dispositivos con memoria limitada, tales como teléfonos móviles, PDAs y reproductores MP3. SQLite generalmente funciona muy rápido, conforme a más memoria se le asigne. Sin embargo, el rendimiento suele ser bastante bueno, incluso en entornos de poca memoria.

SQLite es probado con mucho cuidado antes de cada lanzamiento y tiene la reputación de ser muy fiable. SQLite resuelve errores de asignación de memoria y errores de entrada y salida de disco. Las transacciones son atómicas, coherentes y aisladas, aunque son interrumpidas por fallos del sistema o fallas de energía. Todo esto se verifica por pruebas automatizadas y pruebas que simulan fallos del sistema. Por supuesto, incluso con todas las pruebas, todavía hay errores, pero a diferencia de proyectos similares, SQLite es abierto acerca de todos los errores y proporciona listas de *bugs*, incluyendo listas de errores críticos y cronologías minuto a minuto de los informes de errores y cambios de código.

La base de código SQLite es apoyado por un equipo internacional de desarrolladores que trabajan en SQLite a tiempo completo. Los desarrolladores amplían las capacidades de SQLite y mejoran su fiabilidad y rendimiento, al tiempo que mantiene la compatibilidad con las especificaciones publicadas, la sintaxis SQL y el formato de archivo de base de datos. El código fuente es totalmente gratuito a cualquier persona que lo desee, pero la ayuda profesional también está disponible (Hipp, 2013).

3. Aplicación de la metodología y desarrollo

A continuación se describen las etapas comprendidas en la metodología ASD.

3.1 Especular

La etapa de especular de la metodología ASD está compuesta por dos fases: la fase inicio del proyecto y fase de planeación.

3.1.1. Inicio del proyecto

La fase de inicio del proyecto en este caso en particular, corresponde a las generalidades del problema de estudio (ver capítulo 1) y a la recopilación de información acerca del problema estudiado (ver capítulo 2).

3.1.2. Planeación

La fase de planeación, es donde se determina el rumbo a seguir durante el desarrollo del proyecto, sabiendo que en caso necesario la planeación puede cambiar después de realizar el análisis de los datos de la prueba de calidad que se aplica posteriormente a la etapa de desarrollo.

La planeación está compuesta por cinco elementos: el mapa de navegación, los diagramas de caso de uso, el método de mapas probabilísticos, el diseño de las interfaces y el diseño de la base de datos.

3.1.2.1. Mapa de navegación

En el mapa de navegación se muestra la representación del sitio Web para facilitar el acceso a las opciones principales del sitio, tal como se observa en la figura 5, donde se proporciona de manera esquemática la estructura del sitio Web.

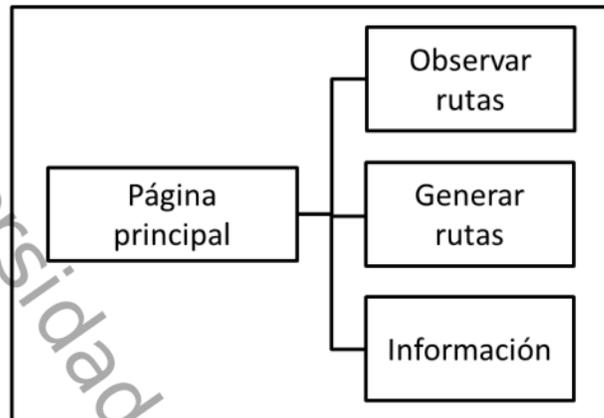


Figura 5. Mapa de navegación del sitio

A continuación se describe cada uno de los puntos que integran el mapa de navegación:

- En la página principal se muestra al usuario información sobre el Transbus.
- En la opción "Observar rutas", se puede observar el recorrido de las rutas con las cuales cuenta el servicio de Transbus.
- En la opción "Generar rutas" el usuario puede obtener una ruta personalizada para trasladarse en la ciudad de Villahermosa utilizando las rutas del sistema de Transbus.
- La opción "Información" permite información referente al desarrollo del proyecto.

3.1.2.2. Diagramas de caso de uso

Con la finalidad de facilitar el desarrollo de la aplicación se han elaborado los casos de uso de las principales tareas realizadas por el sitio.

En la figura 6 y tabla 1 se muestra el caso de uso del sitio Web, donde se muestra el funcionamiento general de la página, donde el usuario puede seleccionar alguna de las opciones que se ofrecen en la página. En el caso de uso se observan las tres opciones que componen el sitio: la opción de observar rutas, la opción de generar rutas y la opción donde el usuario puede solicitar la información adicional del sitio.

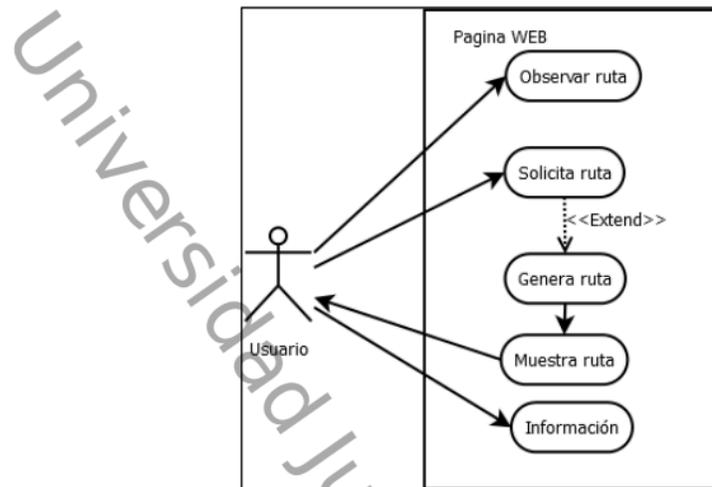


Figura 6. Caso de uso de sitio Web

CASO DE USO: Página Web
DESCRIPCIÓN: El usuario ingresa al portal mediante una dirección Web. En la página principal se muestra información referente al Transbus como los corredores que lo conforman, rutas y número de unidades. Se muestra también las opciones de las que dispone el sitio y están a disposición del usuario dependiendo su necesidad.
ACTOR: Usuario
PRECONDICIONES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Browser con soporte para JavaScript 2. Elegir opción deseada
Flujo normal <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra al portal 2. Selecciona la opción deseada 3. Observa la información solicitada
POST-CONDICIONES: El usuario podrá observar la información dependiendo de la opción que elija, ya sea observar las rutas del Transbus, genera rutas específicas, y la opción de solicitar información.

Tabla 1. Caso de uso de sitio Web

El caso de uso que se observa en la figura 7 y se describe en la tabla 2 muestra el funcionamiento de la opción observar ruta, donde el usuario podrá observar el recorrido de cualquier ruta en específico.

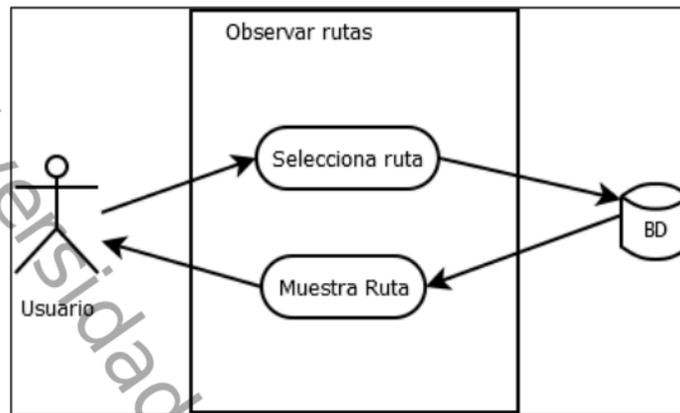


Figura 7. Caso de uso observar ruta

CASO DE USO: Observar ruta
DESCRIPCIÓN: En la página principal el usuario selecciona la opción de observar ruta; posteriormente el usuario selecciona una de las rutas con las que cuenta el Transbus y finalmente se muestra la ruta seleccionada.
ACTOR: Usuario
PRECONDICIONES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Browser con soporte para JavaScript
Flujo normal <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una ruta a observar 2. Observa la ruta seleccionada
POST-CONDICIONES: Al usuario se le mostrará la ruta seleccionada.

Tabla 2. Caso de uso observar ruta

En la figura 8 y tabla 3 se muestra el funcionamiento de la opción generar ruta, en la cual el usuario puede observar una ruta adecuada para trasladarse por medio del sistema de Transbus. En esta opción el usuario deberá ingresar un origen y un destino para obtener una ruta personalizada. El sitio de manera interna genera el grafo usando PRM, que se apoya del algoritmo de Dijkstra, para obtener el camino y las indicaciones para realizar el recorrido que se muestran al usuario.

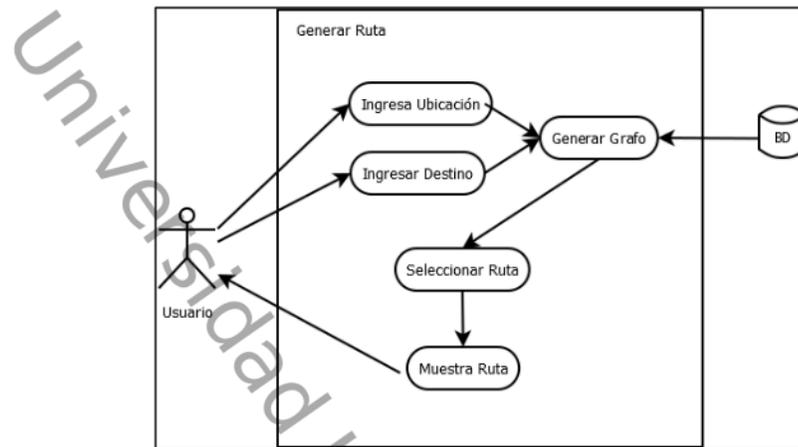


Figura 8. Caso de uso generar ruta

CASO DE USO: Generar ruta	
DESCRIPCIÓN: En la página principal el usuario selecciona la opción de generar ruta, posteriormente dirige al usuario a la página donde se le solicita su origen y destino, el sitio genera una ruta adecuada a las necesidades del usuario y se muestran las indicaciones.	
ACTOR: Usuario	
PRECONDICIONES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Browser con soporte para JavaScript 2. Saber destino 3. Permitir obtención de origen 	
Flujo normal	Flujo alternativo
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ingresa ubicación 2. Se ingresa destino 3. Se muestra la ruta 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ingresa ubicación 2. Se ingresa destino cercano a ubicación 3. Se muestra la ruta alternativa adecuada
POST-CONDICIONES: Al usuario se le mostrará una ruta adecuada dependiendo del origen y su destino.	

Tabla 3. Caso de uso generar ruta

El caso de uso que se observa en la figura 9 y tabla 4 muestra el funcionamiento de la opción información, donde el usuario podrá solicitar información adicional.

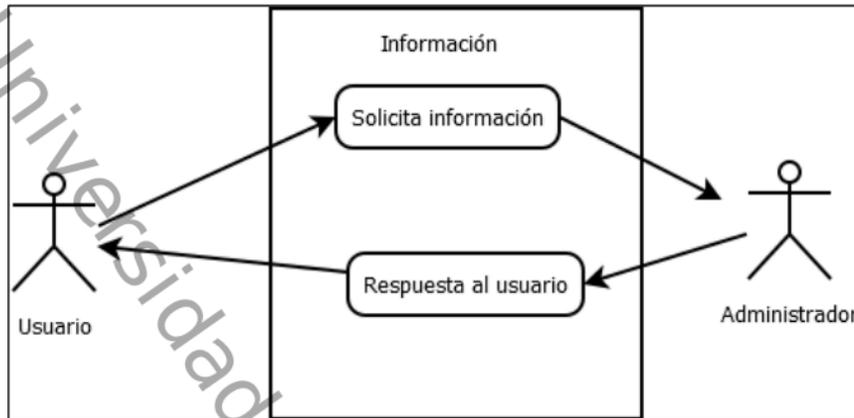


Figura 9. Caso de uso información

CASO DE USO: Información
DESCRIPCIÓN: El usuario selecciona la opción de información; se presenta al usuario un formulario para ingresar los datos y su petición. A continuación el formulario es enviado por correo electrónico al administrador del sitio que deberá informar al usuario sobre la petición realizada.
ACTOR: Usuario, administrador
PRECONDICIONES: 1. Browser con soporte para JavaScript
Flujo normal 1. El usuario ingresa sus datos y la petición 2. Se envían los datos del usuario al administrador 3. El administrador recibe petición y responde al usuario
POST-CONDICIONES: El usuario recibe respuesta vía correo electrónico sobre la petición realizada.

Tabla 4. Caso de uso observar información

3.1.2.3. Método de mapas probabilísticos (PRM)

¹ El PRM comprende dos fases: la fase de aprendizaje y la fase de consulta, cada una comprendida de diferentes pasos. El PRM se implementó en conjunto con el algoritmo de Dijkstra para poder ofrecer al usuario la ruta más corta a seguir para llegar a su destino. A continuación se muestran los pasos a seguir para esta aplicación en particular:

- Fase de aprendizaje
 - Mapear rutas de Transbus

- Corrección y depuración de las rutas
- Conectar los nodos generados.
- Fase de consulta
 - Determinar el punto de inicio y fin
 - Conectar punto de inicio y fin con el *roadmap* generado
 - Aplicar el algoritmo de Dijkstra
 - Mostrar resultados obtenidos

1

En la fase de aprendizaje se realiza un mapeo de las rutas del Transbus para obtener un mapa que cuente con los recorridos de las rutas. Posterior al mapeo y a la integración de las rutas en un solo entorno, se procede a realizar una corrección en los recorridos, eliminando puntos irrelevantes en las rutas.

Una vez realizado la corrección de las rutas, se procede a ingresar las adyacencias de los nodos generados dentro de la base de datos para su posterior uso en la fase de consulta.

Ya elaborado el *roadmap* es posible realizar consultas, es decir, preguntar si existe un camino para llegar de un punto inicial a un punto final. El punto inicial y el punto final son determinados dependiendo a la cercanía que hay a un nodo del *roadmap*.

Para ejecutar una consulta primero se conecta las configuraciones iniciales y finales al *roadmap*, posterior a esto se implementa el algoritmo de Dijkstra para obtener el recorrido más corto entre los nodos.

14

Finalmente, la sucesión de nodos se transforma en una ruta factible, es decir, la ruta formada por tres sub-rutas que conecta la configuración inicial con un nodo del *roadmap*, la sub-ruta presente en el *roadmap* entre los dos nodos de conexión y la sub-ruta que conecta un nodo del *roadmap* con la configuración final. Esto es mostrado a través de las interfaces previamente elaboradas.

Algoritmo de Dijkstra

A continuación se describen las adaptaciones hechas al algoritmo de Dijkstra que utilizó el PRM. Para aplicar el algoritmo de Dijkstra se necesitó inicializar las variables necesarias para el correcto funcionamiento del mismo. Primero se deben marcar todos los nodos como no visitados en la variable visitado, además de inicializar las variable previos y distancia en caso de que el usuario haya hecho una consulta previamente. Después se realiza una búsqueda para determinar cuáles son los nodos más cercanos al punto de inicio que se recibe como parámetro marcándolos como posibles nodos de llegada. A continuación se presenta el pseudocódigo de la función de inicialización de variables.

1. Inicio función inicialización de variables (inicio)
2. Se inicializa las variables visitado, previo y distancia
3. Se señalan los nodos más cercanos a inicio y se marcan como posibles destinos
4. Fin de función

El algoritmo parte del nodo marcado como inicio del recorrido ingresado por el usuario; a partir de ese nodo se evalúan los nodos adyacentes, se busca el nodo que esté más cerca del nodo de inicio que al ser ubicado se marca como visitado y se pregunta si es posible llegar más rápido a través de este nodo a los demás. Después se elige el siguiente nodo más cercano y se repite el proceso guardando siempre la distancia más corta entre los nodos. Esto se repite hasta que el nodo no visitado más cercano sea el destino solicitado. A continuación se presenta el pseudocódigo de la aplicación del algoritmo de Dijkstra.

1. Inicio de Dijkstra (fin)
2. Mientras existan nodos sin visitar y no se encuentre el final
3. Extrae el mínimo
4. Se marca el mínimo como nodo visitado
5. Se extraen las adyacencias del nodo
6. Se aplica relajación a las adyacencias
7. Se pregunta si es el final
8. Fin de función

La aplicación del algoritmo de Dijkstra permite conocer la manera adecuada de desplazarse en el *roadmap* recorriendo la menor distancia entre dos nodos. El siguiente paso es realizar el recorrido

desde el nodo de inicio al nodo marcado como fin guardando los nodos involucrados en el camino. Después de encontrar el camino, es necesario realizar una inversión al orden de los nodos encontrados ya que el recorrido se realiza de manera inversa. Una vez ordenada la secuencia de nodos que representan la ruta entre los nodos de inicio y fin, se pasa como parámetro a la función encargada de generar las indicaciones necesarias que son presentadas al usuario para realizar el traslado. A continuación se presenta el pseudocódigo de la función encargada de encontrar el camino entre el nodo de inicio y el nodo marcado como final.

1. Inicia función camino (inicio,fin)
2. Se inicia la variable camino
3. Realiza el recorrido desde el nodo final, al nodo inicio
4. Se invierte el contenido de la variable camino
5. Se llama a la función de indicaciones(camino)
6. Se imprime camino generado
7. Termina función camino

3.1.2.4. Diseño de interfaces

Utilizando el diseño responsivo para el diseño del sitio, a continuación se muestra el diseño que será visible al usuario dependiendo del tamaño de pantalla donde visualice la página.

Si el usuario ingresa a través de una pantalla de un navegador Web a través de una PC, es decir, donde una pantalla tiene una dimensión superior a 10 pulgadas, el diseño a visualizar es el que se muestra en la figura 10. En este caso, la barra de menú estará visible todo el tiempo.

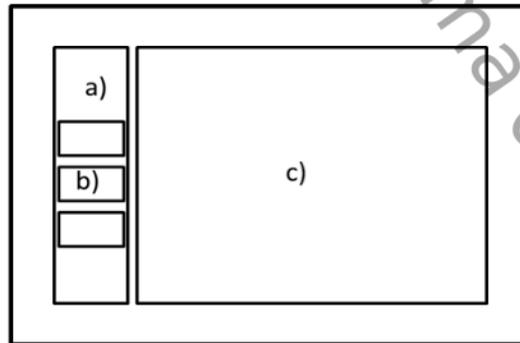


Figura 10. Diseño del sitio visto en una PC

Al visualizar el sitio en una pantalla entre 7 y 10 pulgadas (Tablet), el diseño es el que se muestra en la figura 11. En el área marcada con el inciso a) debe estar ubicado el botón para mostrar el menú de opciones, el cual permanece oculto ya que al permanecer visible disminuiría el área para mostrar contenido en la página marcada con el inciso b).

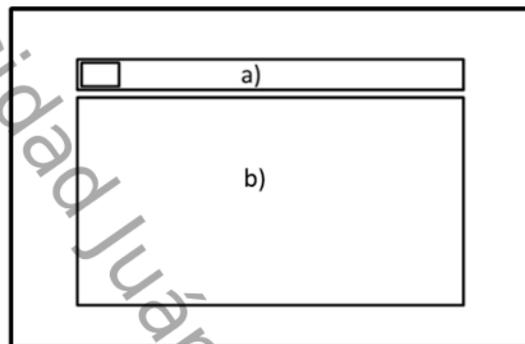


Figura 11. Diseño del sitio visto en una Tablet

En este mismo caso, si el usuario elige desplegar el menú de opciones, el área de contenido (inciso c) se verá reducida y se mostrarán las opciones del sitio (ver figura 12).

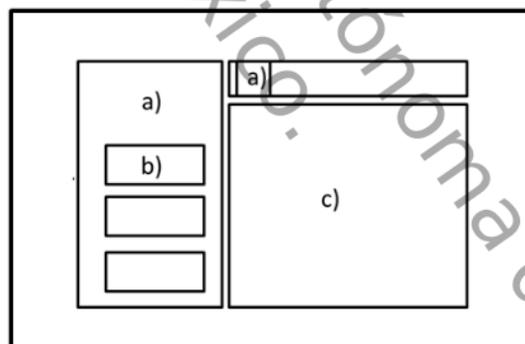


Figura 12. Diseño del menú visto desde una Tablet

En caso de visualizar el sitio en una pantalla entre 3 y 6 pulgadas (Smartphone), el diseño es el que se observa en la figura 13. Se ocultan las opciones para navegar en el sitio y el área de contenido se reduce al tamaño de la pantalla.

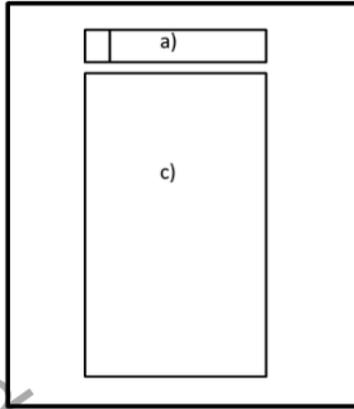


Figura 13. Diseño del sitio visto en un Smartphone

En este caso la barra de menú estará oculta y podrá ser visualizada cuando el usuario la necesite (ver figura 14).

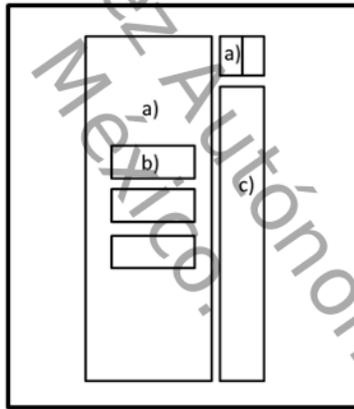


Figura 14. Diseño del menú visto en un Smartphone

3.1.2.5. Diseño de la base de datos

Con la finalidad de almacenar los datos necesarios para la aplicación del PRM, se utilizó una base de datos con 2 tablas: una de las tablas, llamada nodo, almacena información de los nodos del *roadmap* y la otra, llamada ruta, información referente a las rutas del Transbus (ver figura 15). La tabla nodo cuenta con 6 atributos (*ID*, *ltd*, *lng*, *route*, *ady*, *name*), y la tabla ruta con 2 atributos (*ID*, *name*).

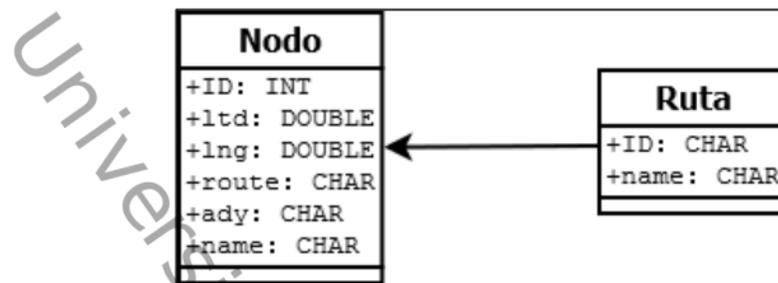


Figura 15. Representación de la base de datos

En la tabla 5 se describen los atributos de la tabla nodo y de la tabla ruta.

Nodo				
Atributo	Tipo de dato	Restricción	Nulo	Descripción
<i>ID</i>	INT	PK	NO	Identificador del marcador
<i>Ltd</i>	DOUBLE		NO	Latitud del marcador
<i>Lng</i>	DOUBLE		NO	Longitud del marcador
<i>Route</i>	CHAR		NO	Ruta a la que pertenece el marcador
<i>Ady</i>	CHAR		NO	Adyacencias del marcador
<i>Name</i>	CHAR		NO	Nombre del marcador
Ruta				
Atributo	Tipo de dato	Restricción	Nulo	Descripción
<i>ID</i>	CHAR	PK	NO	Identificador de la ruta
<i>Name</i>	CHAR		NO	Nombre de la ruta

Tabla 5. Diccionario de datos

4. Pruebas y resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos durante la fase de colaborar y la fase aprendizaje de la metodología ASD.

4.1 Colaborar

La etapa de colaborar de la metodología ASD, está comprendida por la fase de desarrollar.

4.1.1. Desarrollar

En la fase de desarrollar se muestran los pasos de la aplicación el PRM que se encuentra formado, a su vez, por la fase de aprendizaje y la fase de consulta.

De igual manera, la fase de desarrollar contiene el desarrollo de las interfaces del sitio.

4.1.1.1. Fase de aprendizaje del PRM

La construcción del *roadmap* está comprendida en la fase de aprendizaje del PRM. A continuación se describen los pasos seguidos para la construcción del *roadmap* (mapeo de rutas, corrección y depuración de rutas, y conexión de los nodos).

Mapeo de rutas

Las rutas del Transbus se obtuvieron de diferentes fuentes. Una de ellas fue las oficinas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte del Estado (SCT) y otra fue la página de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco que ofrece a los alumnos y público en general un medio para conocer el recorrido de las rutas del Transbus a través de un archivo PDF. En la figura 16 se muestra la ruta M1 que comprende de Ixtacomitán al Mercado Pino Suárez.

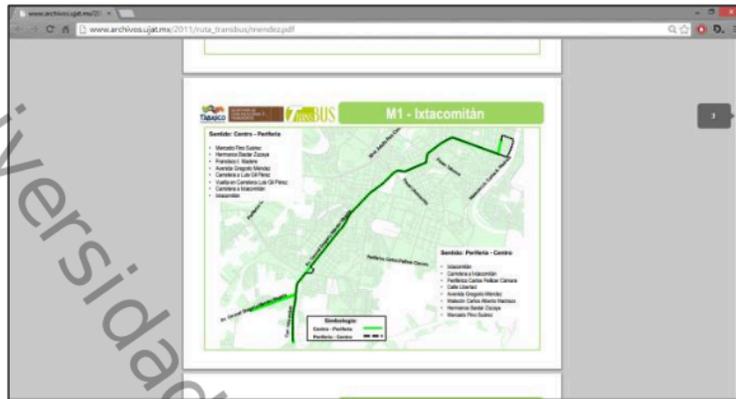


Figura 16. Ruta M1 Ixtacomitán

Ya obtenidas las rutas se procedió a elaborar el recorrido de ambos sentidos de cada ruta, utilizando *Google Maps Engine* en la versión lite que se encuentra disponible de manera online y de forma gratuita. En la figura 17 se observa la elaboración de la ruta M1.

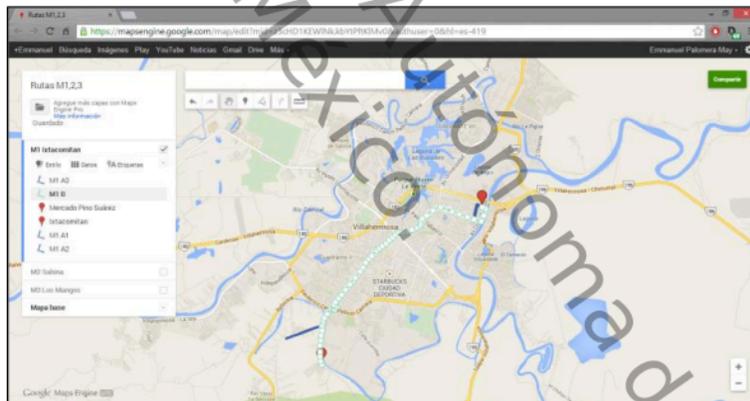


Figura 17. Elaboración de la ruta M1

Corrección y depuración de las rutas

Con la posibilidad de que el usuario pueda observar el recorrido de cada una de las rutas, el recorrido fue elaborado de manera detallada empleando un número alto de nodos en cada ruta. Sin embargo, se necesitó disminuir el número de nodos empleados en cada ruta con el objetivo de

reducir el número de adyacencias y, por lo tanto, los recursos necesarios para el procesamiento de las rutas. Se sustituyeron los segmentos donde el recorrido se realiza en ambos sentidos con un solo segmento que representa ambos sentidos por medio de adyacencias, lo cual se explica en el siguiente paso del PRM (conexión de nodos).

Muchos nodos en el recorrido se eliminaron, dejando únicamente los nodos que representan paradas establecidas por el Transbus y que están ubicadas a una distancia aproximada de 200 mts de separación entre una y otra (ver figura 18).

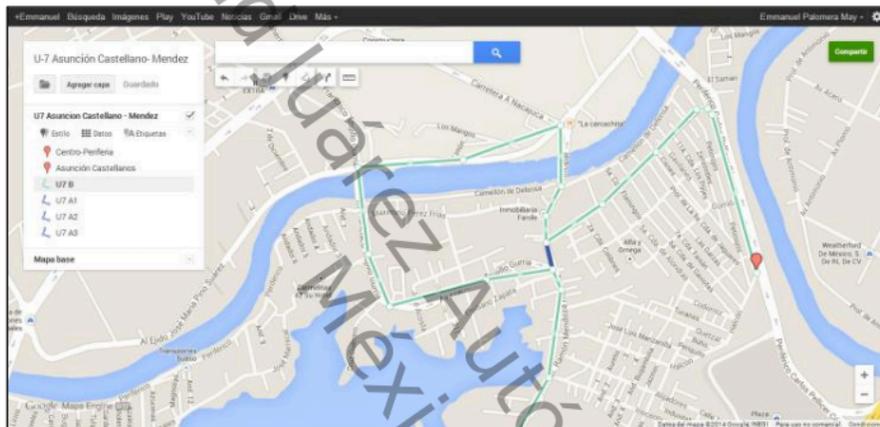


Figura 18. Resultado de depuración de nodos

Teniendo elaborados todos los recorridos, se procedió a realizar una integración de las 30 rutas bajo un solo entorno, debido a que *Google Maps Engine* impone un límite en el número de capas disponibles a utilizar en la versión lite. La integración de las rutas se elaboró modificando los archivos KML generados de cada ruta, extrayendo el segmento de código con el que se representa la secuencia de nodos de un recorrido identificado con la etiqueta `<LineString>`. El resultado de la integración se observa en la figura 19.

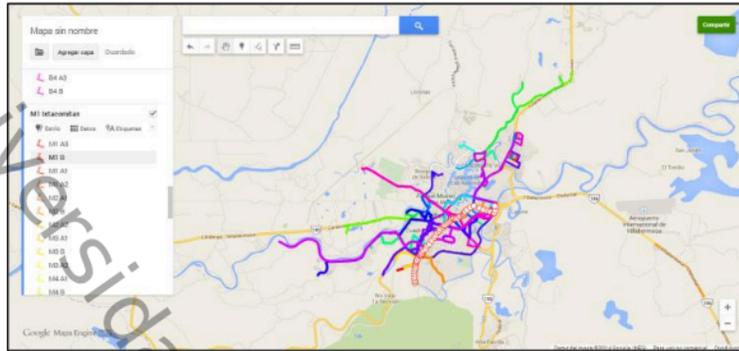


Figura 19. Integración de rutas

Después de realizar la integración de las rutas, se agruparon dependiendo el sentido que recorre, es decir, el grupo donde el recorrido se realiza de la periferia al centro, y el otro grupo donde el recorrido se realiza del centro a la periferia de la ciudad, obteniéndose un mapa como el mostrado en la figura 20, que fue utilizado para identificar las adyacencias existentes entre los nodos.

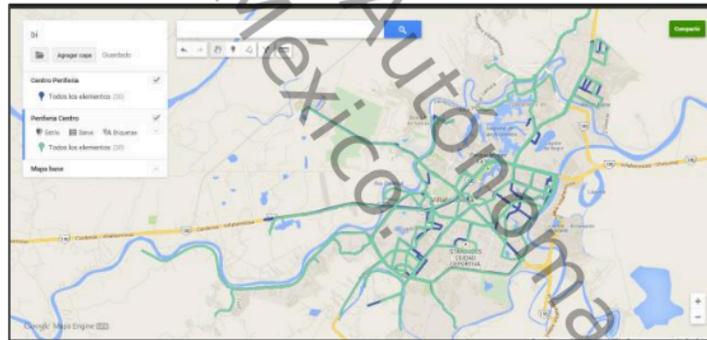


Figura 20. Agrupación de rutas

Ya realizada la integración y la agrupación de las rutas, se depuró el recorrido en una sola capa, para así unificar los trayectos donde pasan más de una de las rutas, simplificando de esta manera el *roadmap*. En la figura 21 se observa el resultado.

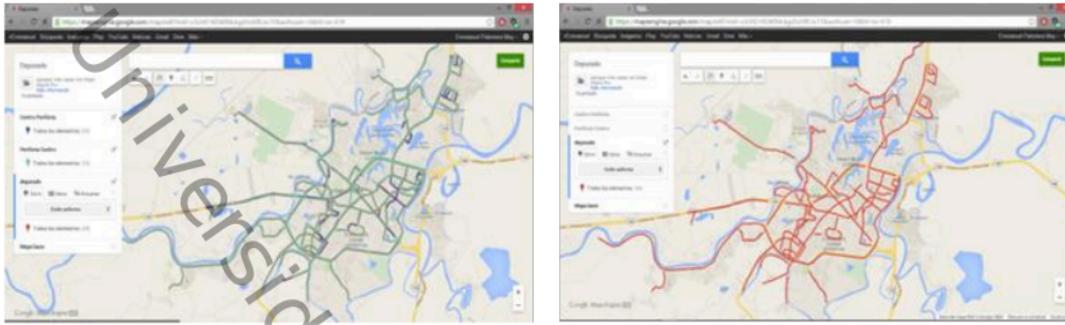


Figura 21. Depuración de los recorridos

Una vez terminada la depuración de las rutas, se exportó a un archivo KML que contiene la *roadmap*. Este archivo se procesó con la herramienta online kml2x, que convierte el archivo KML a un archivo de texto plano que puede ser ingresado a una base de datos con mayor facilidad que un archivo en formato KML.

Conexión de los nodos

La adyacencia de los nodos se determinó de acuerdo a los sentidos de las rutas del Transbus y fueron introducidas a la base de datos; utilizando PHP se genera un arreglo en JavaScript que contiene la ubicación de los nodos (latitud y longitud) así como también las adyacencias. La manera en que se generan los arreglos es la siguiente:

1. Inicio de programa
2. Se verifica si el archivo existe
3. Se cargan base de datos a un arreglo en php
4. Inicia for
5. Se ingresa latitud y longitud de nodo
6. Se Ingresa adyacencia
7. end for
8. Fin del programa

La estructura generada donde se guardan las ubicaciones de los nodos es la siguiente:

1. Var Node = [
2. New google.maps.LatLng (Lat1,Lng1),
3. New google.maps.LatLng (Lat2,Lng2),
4. ...
5. New google.maps.LatLng (LatN ,LngN),
6.];

Este *roadmap* tenía como principal ventaja el tiempo de procesamiento, tal como se puede observar en la figura 24, el cual fue de 233 milisegundos. Sin embargo, utilizando este *roadmap* no era posible determinar las rutas que intervenían en el recorrido generado, por lo que se elaboró un segundo *roadmap* que contaba con 1041 nodos.

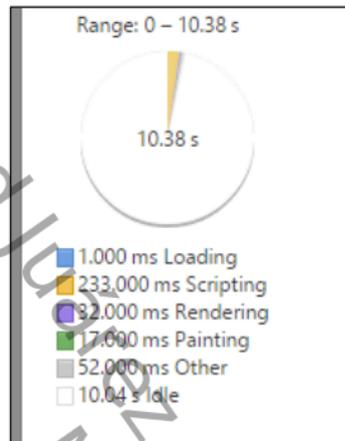


Figura 24. Prueba de rendimiento de 530 nodos

El número de nodos aumentó, ya que a diferencia que en el *roadmap* anterior, esta vez se elaboraron segmentos en los cuales los sentidos de las rutas eran separados, existiendo aun segmentos en los cuales el recorrido se realizaba en ambos direcciones, tal como se puede observar en la figura 25.

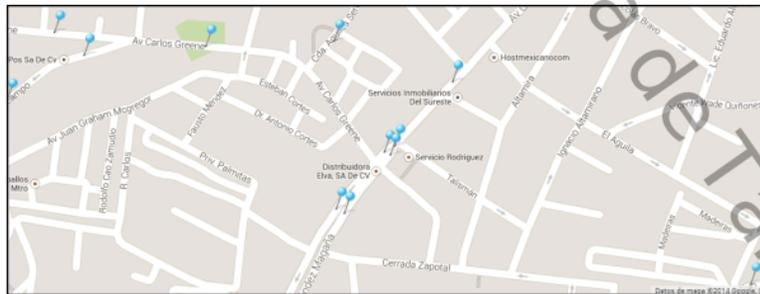


Figura 25. Segmento del *roadmap* de 1041 nodos

El tiempo de ejecución no se vio afectado de manera significativa, ya que al realizar la prueba con el mismo recorrido que el *roadmap* anterior, el tiempo fue de 273 milisegundos, es decir, solo hubo un aumento de 40 milisegundos en el tiempo de procesamiento, lo cual es irrelevante teniendo en cuenta el aumento en el número de nodos (ver figura 26).

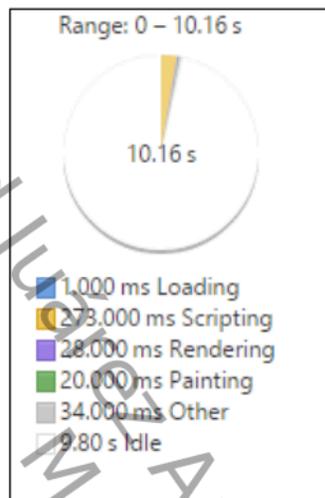


Figura 26. Prueba de rendimiento de 1041 nodos

El problema que presentó el *roadmap* de 1041 nodos fue que si se iniciaba el recorrido en un segmento donde las direcciones no estuvieran separadas, la identificación de las rutas adecuadas para realizar el traslado no se realizaba de manera correcta. Es así como se decide separar la dirección de los recorridos en la totalidad del *roadmap*, generando un *roadmap* de 1325 nodos.

En el *roadmap* de 1325 nodos eran separados los sentidos de los trayectos en su totalidad y de esta manera se añadía mayor precisión en los resultados. En la figura 27 se puede observar un segmento del *roadmap* generado.



Figura 27. Segmento del *roadmap* de 1325 nodos

El tiempo para procesar los 1325 nodos para el recorrido de prueba, como se observa en la figura 28, de fue de 279 milisegundos, es decir, que hubo un incremento de solo 6 milisegundos con respecto al tiempo de procesamiento del *roadmap* de 1041 nodos y un incremento de 46 milisegundos con respecto al *roadmap* de 531 nodos.

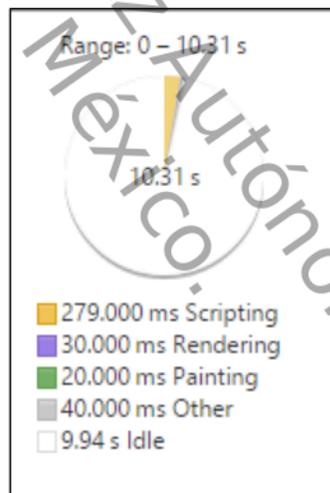


Figura 28. Prueba de rendimiento de 1325 nodos

Al utilizar este *roadmap* a diferencia de los anteriormente generados, era posible identificar de manera correcta las rutas del Transbus presentes en el recorrido.

4.1.1.2. Fase de consulta del PRM

A continuación se describen los pasos de la fase de consulta del PRM.

Determinar punto de inicio y fin

Para determinar los puntos de inicio y fin de una manera fácil, se utilizó el complemento *autocomplete* de *Google Maps*, que muestra un listado con los lugares que coincidan con el nombre del lugar que el usuario busca. En la figura 29 se muestra el complemento *autocomplete* funcionando en el sitio.

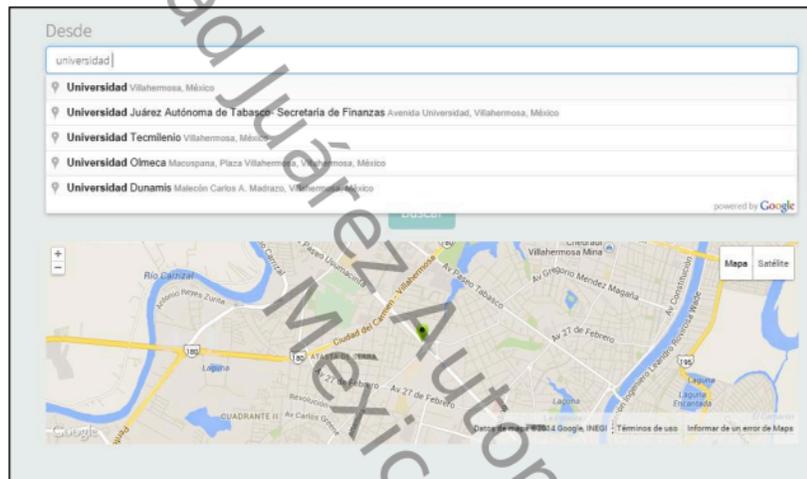


Figura 29. Ejemplo del complemento *autocomplete*

Conectar los puntos de inicio y fin al *roadmap*

Para conectar los puntos de inicio y fin al *roadmap*, se elegía el nodo más cercano a los puntos determinados por el usuario, esto provocaba que al aplicar el algoritmo de Dijkstra el resultado no siempre fuera un recorrido adecuado, como el que se puede observar en la figura 30; el recorrido generado no incluía cambio de aceras, por lo que solo se podía hacer cambio de rutas en los segmentos en los que la dirección de las rutas no estaban separados.

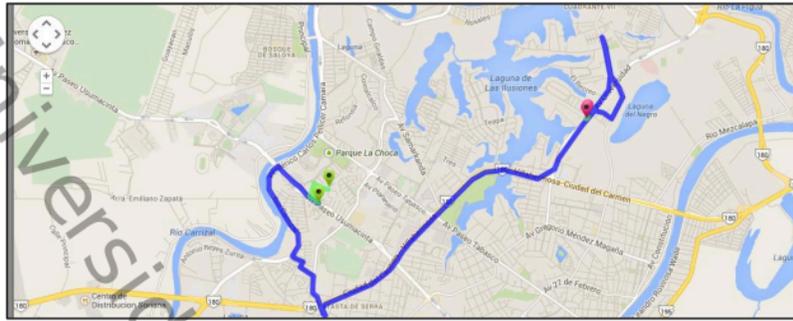


Figura 30. Prueba de recorrido antes de mejora

La manera de resolver este problema fue señalar a los nodos más cercanos a los puntos de inicio y fin como posibles destinos, de esta manera el algoritmo de Dijkstra podía identificar una ruta más corta (ver figura 31).

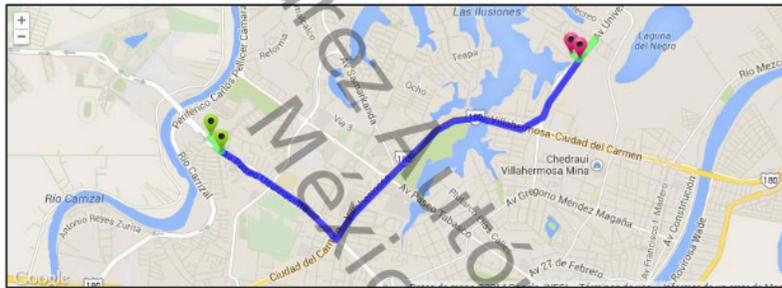


Figura 31. Prueba de recorrido después de mejora

Aplicar el algoritmo de Dijkstra

Ya realizada la conexión de los puntos de inicio y fin al *roadmap*, se aplica el algoritmo de Dijkstra para obtener una ruta entre estos puntos. Una vez obtenida la ruta, se debe presentar al usuario las indicaciones que debe seguir para realizar el recorrido.

Mostrar resultados

El primer paso para presentar las indicaciones es generarlas. Para generar las indicaciones es necesario agrupar los nodos dependiendo a la ruta a la que pertenecen y el sentido en el recorrido de la ruta.

Se realiza un recorrido del camino generado por el algoritmo de Dijkstra llevando un conteo del número de veces en que un nodo está presente en un grupo y así determinar que rutas aparecen en el recorrido. Una vez determinadas las rutas, se les asigna una prioridad dependiendo del número de nodos del recorrido que pertenecen a ésta, es decir, una ruta la cual esté presente en el recorrido un mayor número de veces tendrá una mayor prioridad, por el contrario, la ruta que esté presente el menor número de veces en el recorrido tendrá una prioridad menor.

Una vez asignadas las prioridades, se determina un identificador a los nodos del recorrido. Primero deben de ser asignadas las rutas con mayor prioridad en el recorrido, asignando después las rutas con prioridad menor. El identificador, una vez asignado, no es removido, por lo que se entiende que ese segmento del recorrido es cubierto por una ruta. En la figura 32 se muestra una representación.

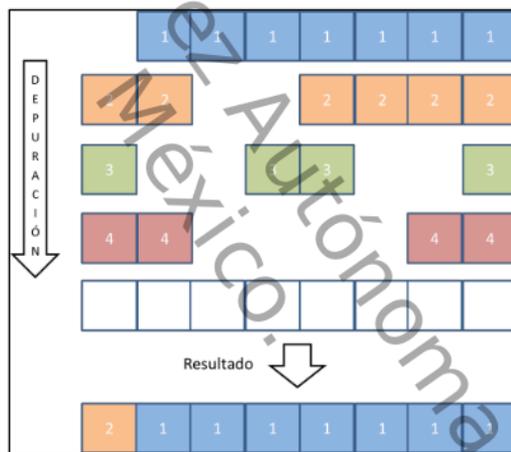


Figura 32. Representación de asignación de rutas

Para asignar el nombre a las ubicaciones fue necesario utilizar el servicio de geolocalización que ofrece *Google Maps*; este servicio cuenta con un límite de 25,000 peticiones en un lapso de 24 horas. Para no limitar el número de veces que pueda ser utilizado el sitio, se realizó una petición por cada uno de los nodos del *roadmap* guardándolos en la base de datos, que al igual que la lista de adyacencias, es cargada al sitio por medio de un arreglo.

Después de contar con la dirección de los nodos del *roadmap*, las direcciones se muestran dependiendo del identificador del nodo, tal como se observa en la figura 33.

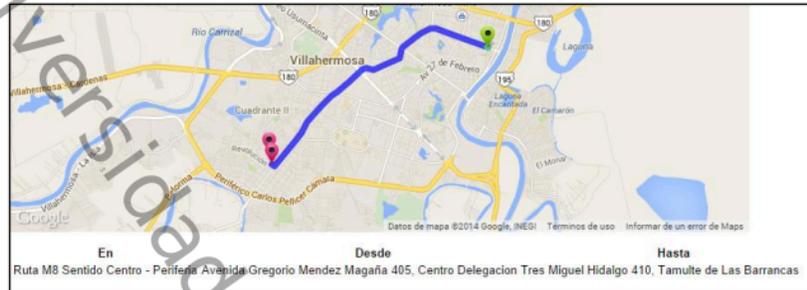


Figura 33. Ejemplo de indicaciones sin formato

El siguiente paso es presentar al usuario el resultado de manera agradable y entendible. En la figura 34 se muestra un ejemplo del resultado, donde se indica que ruta del Transbus debe tomar, el sentido de la ruta, en donde debe abordar y donde descender, así como la distancia a recorrer.

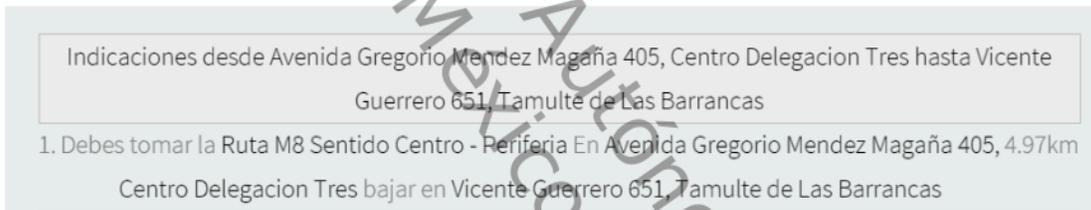


Figura 34. Ejemplo de indicaciones mostradas al usuario

4.1.1.3. Elaboración de las interfaces

Para el desarrollo de las interfaces se utilizó el complemento de jQuery *skelJS*, que controla la dimensiones de los paneles dependiendo de la dimensión de la pantalla en la que se visualiza. En el caso del sitio, las interfaces están conformadas por 2 paneles: uno para el menú de opciones y otro para el área asignada al contenido. El panel del menú está controlado por la clase *skel-panels-fixed* y el panel de contenido está controlado por la clase *container*.

En la figura 35 se muestra la página de inicio. Se observa de lado izquierdo la barra de navegación donde se muestra al usuario a las opciones que se ofrecen y que está presente en todas las páginas

del sitio, cuando éste es visto en una pantalla de PC. En la parte central se muestran imágenes que redirigen a las opciones del sitio, así como información acerca del Transbus.



Figura 35. Página de inicio

En la página de rutas (ver figura 36), se proporciona al usuario el recorrido de cualquier ruta en específico, señalando el punto de partida y el destino de cada una de ellas, mostrando el sentido de las rutas con diferentes colores. Se puede observar un menú por cada uno de los corredores del Transbus que al darle click, se despliegan en forma de lista las rutas con las que cuenta el corredor.

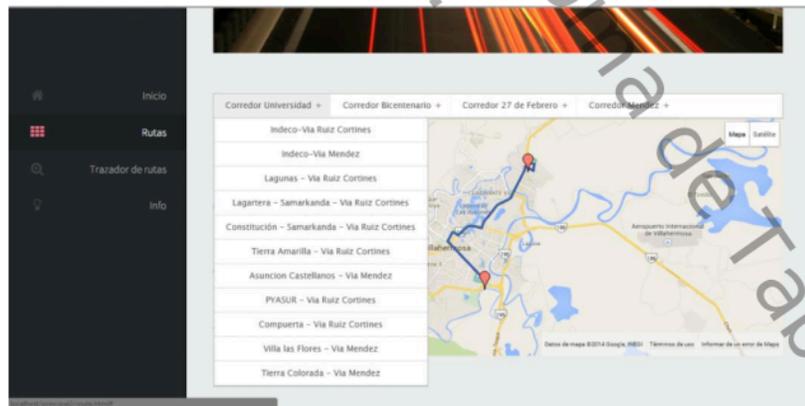


Figura 36. Página de rutas

En la figura 37 se muestra la página que contiene la opción del trazador, donde se ofrece al usuario la posibilidad de obtener un recorrido personalizado haciendo uso de las rutas del Transbus. El usuario solo señala los puntos de inicio y fin, para generar de manera automática el recorrido y las indicaciones necesarias.

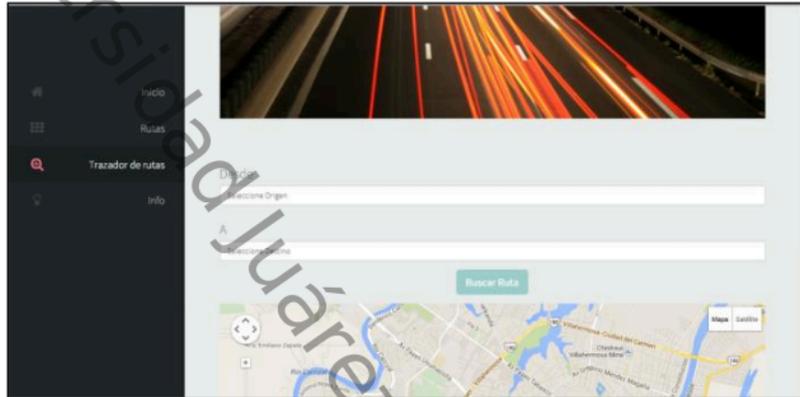


Figura 37. Página del trazador

Por último, se encuentra la página de información, en la que el usuario puede solicitar información adicional acerca del sitio o del Transbus. El usuario recibe respuesta vía correo electrónico (ver figura 38).



Figura 38. Página de información

4.2. Aprender

La etapa de aprender de la metodología ASD está compuesta por la fase de prueba de calidad y entrega final.

4.2.1. Prueba de calidad

La prueba de calidad fue aplicada de manera aleatoria a 5 usuarios por cada dispositivo, es decir, PC, Smartphone y Tablet; dicha prueba aparece como una ventana emergente para medir la usabilidad del sitio Web.

Los usuarios pudieron acceder al sitio a través de la dirección electrónica provista por la plataforma Heroku, siendo la dirección la siguiente:

<http://transbus.herokuapp.com>

La herramienta elegida para realizar la prueba es SurveyMonkey, que permite mostrar al usuario una encuesta, el cual aparece dentro del sitio y de manera aleatoria, para saber el grado de usabilidad. Cada respuesta fue medida con una escala de Likert donde 1 representaba que el usuario se encontraba completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. La encuesta presentada al usuario se encuentra en el anexo 1. La encuesta está desarrollada por *Website Analysis and Measurement Inventory (WAMMI)*, consta de 20 preguntas y es utilizada en pruebas de usabilidad a sitios Web. Se añadió además una pregunta para saber desde que dispositivo era visualizado el sitio y otra para saber la opinión del usuario con respecto al sitio.

El resumen de los resultados obtenidos durante la aplicación de la primera prueba de usabilidad se muestra en la tabla 6.

Durante la aplicación de la prueba, los usuarios indicaron que la interfaz era fácil de utilizar, ya que sin instrucciones previas pudieron hacer uso de las opciones ofrecidas en el sitio. Un ejemplo de esto fue el uso del trazador de rutas, donde los usuarios ingresaban los puntos de inicio y fin de su recorrido de manera fácil utilizando el complemento de autocompletar. Como se mencionó, ninguna de las opciones del sitio fue explicada durante la aplicación de la prueba.

Preguntas	Totalmente desacuerdo				Totalmente de acuerdo	Totales
	1	2	3	4	5	
1	0%	13%	20%	7%	60%	100%
2	47%	13%	33%	7%	0%	100%
3	0%	7%	33%	27%	33%	100%
4	0%	7%	13%	7%	73%	100%
5	47%	40%	13%	0%	0%	100%
6	0%	0%	7%	33%	60%	100%
7	0%	0%	33%	20%	47%	100%
8	47%	13%	20%	7%	13%	100%
9	0%	13%	7%	13%	67%	100%
10	47%	7%	40%	7%	0%	100%
11	0%	7%	7%	13%	73%	100%
12	13%	67%	20%	0%	0%	100%
13	0%	7%	13%	13%	67%	100%
14	27%	7%	60%	7%	0%	100%
15	0%	0%	20%	20%	60%	100%
16	73%	7%	20%	0%	0%	100%
17	47%	40%	13%	0%	0%	100%
18	40%	47%	7%	7%	0%	100%
19	0%	0%	13%	7%	80%	100%
20	0%	0%	7%	40%	53%	100%

Tabla 6. Resumen de resultados de la 1ra prueba de usabilidad

En la pregunta 1, donde se cuestionaba a los usuarios si el sitio era de interés para ellos, 60% indicó que el sitio tenía información que le resultaba de interés.

En la pregunta 3 ¿Puede encontrar rápidamente lo que quiere en el sitio?, solo 33% de los usuarios se mostró completamente de acuerdo con la manera de navegar en el sitio.

En la pregunta 5, donde se preguntaba si el sitio necesitaba explicaciones introductorias, 47% se mostró completamente en desacuerdo, señalando que era fácil de utilizar las opciones que se ofrecían.

Se preguntó a los usuarios si percibían cierto grado de lentitud en el sitio (pregunta 8), a lo que contestaron de manera negativa, ya que 47% señaló que al ingresar al sitio por primera vez la respuesta era lenta o tardaba en cargar algunas imágenes.

Al preguntar a los usuarios si el sitio era visualizado de manera correcta (pregunta 11), 73% de los usuarios se mostró de acuerdo, por lo que se puede deducir que el sitio no mostró inconsistencias en cuanto a visualización.

Se preguntó a los usuarios si utilizar el sitio era una pérdida de tiempo (pregunta 18), a lo que 40% se mostró completamente en desacuerdo y 47% en desacuerdo, por lo que se podría inferir que les pareció una propuesta interesante para realizar traslados utilizando el Transbus.

Es importante notar, de acuerdo a los resultados, que los usuarios mostraron aceptación hacia el sitio: la mayoría quedó satisfecha con las opciones que se ofrecen y estarían dispuestos a seguir haciendo uso de éste. Por último, se pidió a los usuarios comentarios adicionales con respecto al sitio, identificándose problemas e inconformidades.

Problemas e inconformidades identificadas

- A pesar de que los usuarios indicaron que era fácil ingresar a la opción de trazador, algunos usuarios señalaron que debía de mejorar la visibilidad de las opciones del sitio, destacándose que dado que el trazador es el principal atractivo del sitio, éste debería ser más accesible.
- Aunque el tiempo de carga de la página es reducido, algunos usuarios señalaron que existía un retraso en el tiempo de carga de la página principal.

- Se indicó que debería ser más fácil la manera en que se ingresa el punto de inicio del recorrido, ya que en ocasiones no se conoce la ubicación exacta desde donde se inicia éste.
- Algunos usuarios señalaron que se debía mejorar la manera en que se presentan las indicaciones al usuario.

Mejoras realizadas

Al identificar los problemas percibidos por el usuario, se procedió a resolverlos de la siguiente manera:

- Se modificó la distribución del sitio, uniendo el contenido de la página principal con la página de información. De esta manera, la página principal quedaba sustituida por la página destinada a la opción del trazador, facilitando el ingreso a esta opción a los usuarios ya que era la funcionalidad más atractiva del sitio. La disposición del sitio quedó conformado de la manera mostrada en la figura 39.

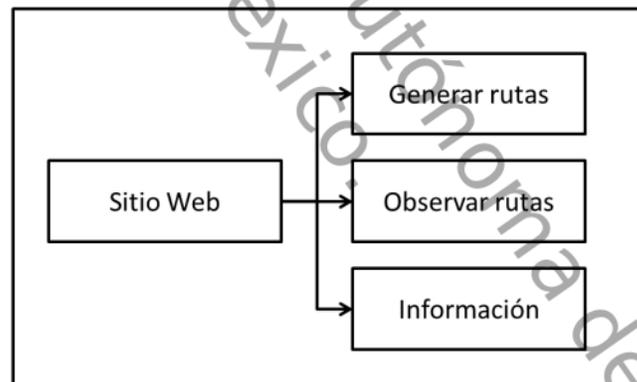


Figura 39. Mapa de navegación después de mejoras

- Un análisis en los tiempos de carga de las páginas que conforman el sitio indicó que el problema en los altos tiempos de carga señalados por los usuarios era originado por la alta resolución de las imágenes empleadas en la página de inicio y los encabezados de las

páginas por lo tanto se eliminaron los encabezados y las imágenes, dejando más espacio para el contenido que se muestra al usuario.

- Se agregó la opción de “Ubicación Actual”, en la cual se permite determinar la ubicación exacta del usuario en caso de que no la conozca. Esta función está activa siempre y cuando el navegador desde donde se visualiza el sitio cuente con soporte de HTML5.
- En el mapa se añadieron indicaciones por medio de íconos, señalando al usuario de manera visual la ubicación de las paradas. En el caso de que el recorrido debiera realizarse caminando, se le señala al usuario el recorrido a realizar (ver figura 40).

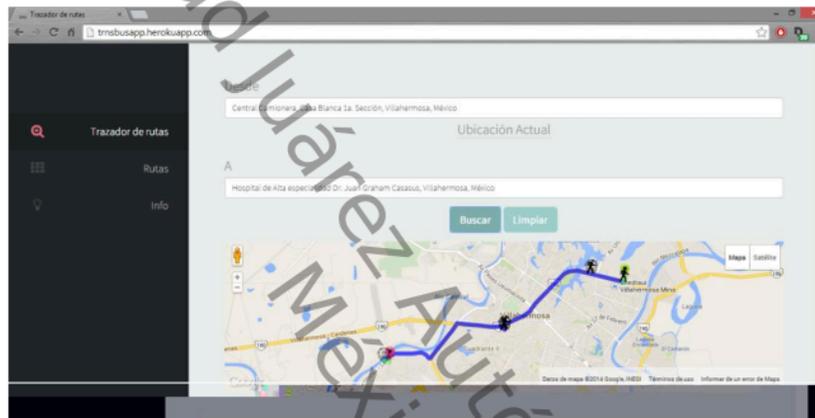


Figura 40. Ejemplo de recorrido después de las mejoras

- En las indicaciones presentadas al usuario de manera textual, se añadió el ícono que indica el medio en que se realizará el recorrido en el trayecto, es decir, caminando o por medio del Transbus, como se observa en la figura 41.



Figura 41. Ejemplo de indicaciones después de las mejoras

- Se añadieron, además, las indicaciones para llegar a la parada en la cual iniciar el recorrido, así como las indicaciones para llegar de la última parada al destino exacto señalado por el usuario. Ambos recorridos son obtenidos utilizando el servicio ofrecido por *Google Maps* llamado *Direction Service*, mostrando la manera detallada de realizar caminando el recorrido. En la figura 42 se puede observar un ejemplo.

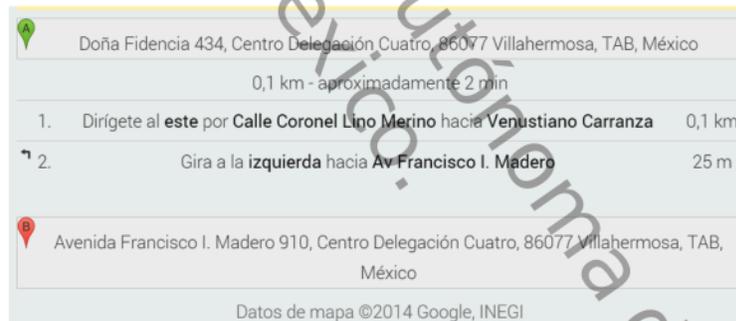


Figura 42. Ejemplo de indicaciones de *Direction Service*

Prueba de usabilidad después de las mejoras

Después de corregir los problemas encontrados durante la primera prueba de usabilidad, se procedió a realizar una nueva prueba para evaluar si las mejoras aplicadas eran del agrado de los

usuarios. En la figura número 43 se muestra la pantalla de inicio del sitio después de los cambios realizados.

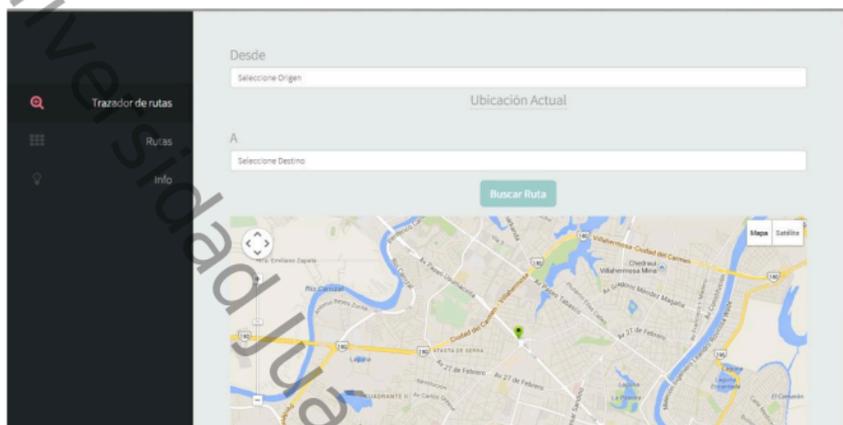


Figura 43. Pantalla de inicio después de mejoras

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos durante la aplicación de la segunda prueba de usabilidad.

Preguntas	Totalmente desacuerdo				Totalmente de acuerdo	Totales
	1	2	3	4	5	
1	0%	0%	7%	7%	87%	100%
2	53%	33%	13%	0%	0%	100%
3	0%	7%	33%	7%	53%	100%
4	0%	0%	7%	7%	87%	100%
5	27%	60%	7%	7%	0%	100%
6	0%	0%	7%	40%	53%	100%
7	0%	0%	20%	27%	53%	100%
8	53%	20%	7%	7%	13%	100%
9	0%	7%	7%	20%	67%	100%
10	80%	13%	7%	0%	0%	100%

Tabla 7. Resumen de resultados de la 2da prueba de usabilidad

Preguntas	Totalmente desacuerdo				Totalmente de acuerdo	Totales
	1	2	3	4	5	
11	0%	7%	13%	13%	67%	100%
12	47%	40%	13%	0%	0%	100%
13	0%	7%	13%	20%	60%	100%
14	33%	60%	0%	7%	0%	100%
15	0%	0%	0%	13%	87%	100%
16	73%	20%	0%	0%	7%	100%
17	60%	13%	13%	7%	7%	100%
18	80%	13%	0%	7%	0%	100%
19	0%	0%	7%	7%	87%	100%
20	0%	0%	0%	0%	100%	100%

Tabla 8. Resumen de resultados de la 2da prueba de usabilidad (continuación)

Al ser cuestionados los usuarios sobre si podían encontrar rápidamente lo que quieran en el sitio (pregunta 3), el 53% indicó sentirse completamente de acuerdo, concluyendo entonces que los cambios aplicados facilitaron el acceso a los usuarios a la opción principal del sitio.

En la pregunta 5, donde se pregunta al usuario si eran necesarias explicaciones introductorias, 27% de mostró completamente en desacuerdo y 60% en desacuerdo, por lo que se puede deducir que los cambios aplicados no afectaron la usabilidad del sitio.

En la pregunta 8, donde se pregunta al usuario sobre la percepción de lentitud en el sitio, 73% mostró un grado de desacuerdo, por lo que se infiere entonces que la eliminación de las imágenes mejoró los tiempos de carga del sitio.

La opción de geolocalización resulto útil para los usuarios ya que permite ingresar su punto de inicio del recorrido de forma automática, siempre y cuando el usuario lo necesite, y les permite encontrar la parada más cercana (si no conocían la zona en la que se encontraban). De igual manera indicaron agrado acerca de las indicaciones generadas por el servicio de *Google Maps Direction Service* que les permitía llegar a la parada más cercana.

Gracias a las pruebas de usabilidad aplicadas, se identificaron problemas que pasaron desapercibidos durante la elaboración del sitio, de esta manera se obtuvieron propuestas y comentarios para mejorar por parte del usuario. La totalidad de los resultados de la prueba de usabilidad se muestran en el anexo 2.

4.2.2. Entrega final

La metodología ASD contempla una fase de entrega final del proyecto, donde se hace entrega la documentación generada durante la elaboración del proyecto y el producto generado.

La entrega del sitio debería hacerse a la empresa administradora del Transbus y ellos deberían de ser los encargados de administrarlo. Sin embargo, al tratarse de un proyecto académico, la entrega se hará a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

5. Conclusiones y trabajos futuros

5.1 Conclusiones

La solución planteada en este trabajo describe la manera en que se puede aplicar el método de mapas probabilísticos en conjunto con el algoritmo de Dijkstra, para resolver el problema de desplazamiento dentro de la ciudad de Villahermosa utilizando las rutas que ofrece el Transbus.

Dentro de los beneficios que se aportan a los usuarios se puede mencionar la facilidad de uso del sitio, la manera agradable en que se presentan las indicaciones para realizar traslados haciendo uso de las rutas del Transbus, la forma adecuada en que se adaptan las interfaces a diferentes dispositivos y que el sitio se encuentra accesible de manera libre a través de Internet.

En las pruebas realizadas, los resultados mostraron que 67% de los usuarios encuestados mostraron interés en el sitio así como las opciones que se ofrecían en éste; de la misma manera, 87% indicó que no eran necesarias instrucciones adicionales para hacer uso del sitio, ya que era fácil de utilizar y navegar dentro de él, lo que permite concluir que los usuarios se sintieron satisfechos por los resultados que les eran mostrados. Los usuarios también mostraron interés por la solución, ya que al día de hoy no existe una herramienta similar que muestre indicaciones de traslado haciendo uso del sistema de transporte público.

La solución es aplicable a otros medios de transporte, y aunque la introducción de rutas no se realice de manera automática sino de manera manual, los resultados mostrados al usuario se realizan de forma adecuada.

Es importante mencionar que resultados obtenidos durante la elaboración del sitio han sido presentados en diversos eventos de investigación, tales como el 3er Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria y 4to Encuentro de Investigación Científica, Semana de Difusión y Divulgación Científica 2013, el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals

Chiapas 2014 y el 11° Congreso Nacional y 8° Internacional de Informática y Sistemas. Asimismo, se señala que actualmente ha sido aceptado para ser presentado en el XXVII Congreso Nacional y XIII Congreso Internacional de Informática y Computación y se encuentra sometido a revisión un artículo en el 13th *Mexican International Conference on Artificial Intelligence* (MICA I 2014) del que se espera veredicto.

5.2 Trabajos futuros

Se propone para trabajos futuros:

- Desarrollar una aplicación nativa que permita hacer uso de la solución sin la necesidad de estar conectado a Internet.
- Hacer pruebas con diferentes algoritmos y el *roadmap* elaborado para mejorar el rendimiento de la solución.
- Incluir otros medios de transporte público como el sistema de combis, el servicio de Transmetropolitano e incluso transportes a los municipios colindantes con la ciudad de Villahermosa.
- Dar a conocer la solución para que sea usado por gran cantidad usuarios.
- Hacer rentable la aplicación a través de venta de publicidad.

Bibliografía

Canclini, N., Castellanos, A., Mantecol, A. (1996). La ciudad de los viajeros: travesías e imaginarios urbanos, México, 1940-2000. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.

Consulta Mitofsky (2013). La generación milenio... Cuando el destino nos alcance. Recuperado Septiembre 17, 2013, de <http://consulta.mx/Web/index.php/estudios-e-investigaciones/mexico-opina/94-la-generacion-milenio-cuando-el-destino-nos-alcance>

Consulta Mitofsky (2013). México: usuarios de telefonía celular. Recuperado Septiembre 17, 2013, de <http://consulta.mx/Web/index.php/estudios-e-investigaciones/mexico-opina/167-mexico-usuarios-de-telefonía-celular>

De la Cruz, A (2012). Movilización Transbus a 122 millones de usuarios en 4 años. *De Facto*. Recuperado el Marzo 13, 2013, de http://www.defacto.com.mx/v2/sureste_notas.php?id=7186

Dijkstra, E., Scholten, C., (1980) Termination Detection for Diffusing Computations Information Processing Letters. Recuperado el día 15 de mayo de 2013, de <https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/ewd06xx/EWD687a.PDF>

Estevan, A. (1994). Contra transporte, cercana. *Archipelago*. Recuperado el 11 de Marzo 2013, de http://www.grijalvo.com/Antonio_Estevan/Contra_transporte_cercania.htm

Gómez, F., Ollero, A., Cuesta, F. (2003). Planifican de trayectorias en robots móviles basada en técnicas de control de sistemas no holonomos. *XXIV Jornadas de Automática, 1*. Recuperado el 13 de Marzo 2013, de <http://www.ceautomatica.uji.es/old/actividades/jornadas/XXIV/documentos/ro/174.pdf>

Gruttner, e., Tudela, A., Díaz, H. (2002). Recorridos Óptimos de líneas de transporte público usando algoritmos genéticos. *En Jornadas Chilenas de Computación, 2002, 1*. Recuperado el 14 de Marzo 2013, de <http://www.inf.udec.cl/~revista/ediciones/edicion9/egruttner.pdf>

Highsmith, J. (2000). Adaptive software development: a collaborative approach to managing complex systems. New York: Dorset House Pub.

Hipp, R. (2013). About SQLite. *SQLite*. Recuperado el 12 de Marzo 2013, de www.sqlite.org/about.html

Illich, I. (2012). Energía y equidad. *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Recuperado el 10 de Marzo 2013, de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/aiill.html>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (2012). Estadísticas sobre disponibilidad y uso de tecnología de información y comunicaciones en los Hogares, 2011. México, INEGI. Recuperado Septiembre 19, 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales/endutih/ENDUTIH2011.pdf

Jurgenson, J. L. (2003). Como hacer investigación cualitativa: fundamentos y metodología. México: Paidós.

Kavraki, L., Latombe, P., Svestka, s. (2006). Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces. *Department of Information and Computing Sciences, 1*. Recuperado el 14 de Marzo 2013, de <http://computerscience.nl/docs/vakken/mpp/papers/3.pdf>

Kawamura, T., Sugahara, K. (2007). Path Planning System for Bus Network. *PSJ*, 48, 780-790. Recuperado el 15 de Marzo 2013, de <http://sciencelinks.jp/j-east/article/200705/000020070507A0160930.php>

Kawamura, T., Kanatani, M., Sugaharas, K., Ito, M. (2011). Take me to the bus stop: ar based

- assistance system for public transit user. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 1. Recuperado el 14 de Marzo 2013, de <http://www.waset.org/journals/waset/v59/v59-344.pdf>
- Kawamura, T., Kusugami, G., Sugahara, K. (2005). Path Planning System for Bus Network Including Walking Transfer. *IPSJ*, 46. Recuperado el 23 de Marzo 2013, de <http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=IPSJJ004600050010.xml>
- Krishna, R., Dhingra, S., & Muradidhar, S. (2000). Public transport routing and scheduling using genetic Algorithms. *8th International Conference on Computer Aided Scheduling of Public Transport, Berlin, Alemania*, 1. Recuperado el 13 de Marzo 2013, de <http://www.iitk.ac.in/directions/directsept04/partha~neww.pdf>
- Labrada, E., Salgado, C. (2013) Diseño Web adaptativo o responsivo, *Revista Digital Universitaria*, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 6 de octubre de la dirección electrónica: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num1/art07/art07.pdf>
- Lamíquiz F., Portos, M., Pozueta, J. (2005). La Ciudad Paseable. Madrid. *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)*. *Cedex*. Recuperado el 23 de Marzo 2013, de www.cedex.es/idipeit/jornada_2009/docs/11_PT-2006-036-09ICPP_1700.pdf
- Lefebvre, H. (1969). La Revolución Urbana. Madrid. *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Recuperado el 10 de Marzo 2013, de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n29/aiill.html>
- Liu, C. L. (2011). Best-Path Planning for Public Transportation Systems. *CitiseerX*, 1. Recuperado el 12 de Marzo 2013, de <http://citiseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.11.8455&rep=rep1&type=pdf>
- Nielsen, J. (1993). Usability engineering. Boston: Academic Press.

- Núñez, A (2013). Plan estatal de desarrollo. *Gobierno del Estado de Tabasco*. Recuperado Marzo 22, 2014, de http://www.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/tabasco.gob.mx/files/pled-2013-2018_Web.pdf
- Ollero, A., Baturone, A. (2001). Robótica: manipuladores y robots móviles. Barcelona: Marcombo.
- Peña, E. (2013) Plan Nacional de Desarrollo. *Diario Oficial de la Federación*. México: Secretaría de Gobernación.
- Pozueta, J. (2005). Situación y perspectivas de la movilidad en las ciudades. Visión general y el caso de Madrid. *Revistas Digitales Politécnicas*. Recuperado el 10 de Marzo 2013, de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/260/255>
- Sampieri, R., Collado, C., Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (4. ed.). México: McGraw-Hill.
- Schildt, H., Ruckauer, C. (2002). C++: guía de autoenseñanza. Madrid: Osborne/McGrw-Hill.
- W3C. (2012). HTML . World Wide Web Consortium (W3C). Recuperado el 10 de Marzo 2013, de <http://www.w3.org/TR/html51/introduction.html>

Glosario

AJAX Asynchronous JavaScript And XML

ARVIT Unión de Autos Rápidos de Villahermosa, Tabasco.

ASD Adaptative Software Development

CSS Cascading Style Sheets

DOM Document Object Model

GNU GNU's Not Unix

GPS Global Position System

HTML HyperText Markup Language

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

KML Keyhole Markup Language

MIT Masachusset

MP3 MPEG-1 Audio Layer III

PDA Personal Digital Assistant

PDF Portable Document Format

PDN Plan Nacional de Desarroll.

PED Plan Estatal de Desarrollo

PHP Hypertext Preprocessor

POO Programación Orientada a Objetos

PRM Mapas probabilísticos

SCT Secretaria de Comunicaciones y Transportes

SETRATAB Servicio de Transporte de Tabasco.

UTPCAM Unión de Concesionarios de Transporte Colectivo Urbano y Suburbano de Combis del Centro

UTUC Unión de Transportistas Unidos de Centro.

VICOSERTRA Servicio de Transporte.

Anexos

Anexo 1

Pregunta

1. ¿Este sitio es de interés para mí?
2. ¿Es difícil moverse dentro del sitio?
3. ¿Puede encontrar rápidamente lo que quiere en el sitio?
4. ¿El sitio Web me parece bastante lógico?
5. ¿Este sitio necesita más explicaciones introductorias?
6. ¿Las páginas de este sitio Web son atractivas?
7. ¿Tengo el control cuando me muevo dentro del sitio?
8. ¿El sitio Web es demasiado lento?
9. ¿El sitio Web me ayuda a encontrar lo que busco?
10. ¿Situarme en el sitio Web es un auténtico problema?
11. ¿El sitio se visualiza de manera correcta?
12. ¿No me gusta utilizar este sitio Web?
13. ¿Es fácil contactar con la gente este sitio?
14. ¿Es difícil decir si este sitio tiene lo que quiero?
15. ¿Es fácil utilizar por primera vez este sitio?
16. ¿Este sitio Web tiene algunas características molestas?
17. ¿Es difícil tratar de recordar donde estoy en este sitio?
18. ¿Es una pérdida de tiempo usar este sitio Web?
19. ¿Sale lo que espero cuando sigo los vínculos en este sitio Web?
20. ¿En este sitio todo es fácil de entender?
21. ¿Desde qué medio visualiza el sitio?
22. ¿Tiene comentarios adicionales con respecto al sitio?

Anexo 2

Resultados obtenidos de la aplicación de la primera prueba de usabilidad aplicada a los usuarios.

Preguntas	Totalmente desacuerdo				Totalmente de acuerdo	Totales
	1	2	3	4	5	
1		2	3	1	9	15
2	7	2	5	1		15
3		1	5	4	5	15
4		1	2	1	11	15
5	7	6	2			15
6			1	5	9	15
7			5	3	7	15
8	7	2	3	1	2	15
9		2	1	2	10	15
10	7	1	6	1		15
11		1	1	2	11	15
12	2	10	3			15
13		1	2	2	10	15
14	4	1	9	1		15
15			3	3	9	15
16	11	1	3			15
17	7	6	2			15
18	6	7	1	1		15
19			2	1	12	15
20			1	6	8	15

Tabla 9. Resultados de la 1ra prueba de usabilidad

Resultados obtenidos de la aplicación de la segunda prueba de usabilidad aplicada a los usuarios

Preguntas	Totalmente desacuerdo				Totalmente de acuerdo	Totales
	1	2	3	4	5	
1			1	1	13	15
2	8	5	2			15
3		1	5	1	8	15
4			1	1	13	15
5	4	9	1	1		15
6			1	6	8	15
7			3	4	8	15
8	8	3	1	1	2	15
9		1	1	3	10	15
10	12	2	1			15
11		1	2	2	10	15
12	7	6	2			15
13		1	2	3	9	15
14	5	9		1		15
15				2	13	15
16	11	3			1	15
17	9	2	2	1	1	15
18	12	2		1		15
19			1	1	13	15
20					15	15

Tabla 10. Resultados de la 2ra prueba de usabilidad

PROPUESTA DE TRAZADOR DE RUTAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO. CASO: TRANSBUS

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet	819 words — 6%
2	habitat.aq.upm.es Internet	306 words — 2%
3	archivos.ujat.mx Internet	286 words — 2%
4	en.m.wikipedia.org Internet	226 words — 2%
5	repositorio.puce.edu.ec Internet	135 words — 1%
6	repository.udistrital.edu.co Internet	91 words — 1%
7	aprenderly.com Internet	85 words — 1%
8	repositorio.unap.edu.pe Internet	79 words — 1%
9	www.tesis.uchile.cl Internet	56 words — < 1%

10	hdl.handle.net Internet	51 words — < 1%
11	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet	48 words — < 1%
12	es.scribd.com Internet	48 words — < 1%
13	cienciaseducativas.blogspot.com Internet	43 words — < 1%
14	docplayer.es Internet	43 words — < 1%
15	revistalex.org Internet	35 words — < 1%
16	repositorio.uade.edu.ar Internet	33 words — < 1%
17	repositorio.utn.edu.ec Internet	32 words — < 1%
18	www.cepavi.col.gob.mx Internet	31 words — < 1%
19	informaticamaiti.wordpress.com Internet	30 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES

EXCLUDE MATCHES

OFF

< 30 WORDS