

Desarrollo de la aplicación web “¡Súbelos al techo!” para mejorar el servicio de autobuses urbanos en la ciudad de Mérida, Yucatán

Oswaldo Ceballos Zavala, José Gustavo Canul Poot, y César Augusto Ricárdez Santos, *Universidad Autónoma de Yucatán*

Abstract— This article presents the different stages and activities during the user-centered designing process for the development of the web application “¡Súbelos al techo!”, it includes a brief description of them.

Resumen— Este artículo presenta las distintas etapas y actividades del diseño centrado en el usuario para el desarrollo de la aplicación web “¡Súbelos al techo!”, así como una breve descripción de cada una de estas.

Palabras Clave— Camiones, Transporte, Software Geográfico, Teoría de Grafos, Diseño centrado en el usuario.

I. INTRODUCCIÓN

Miles de personas utilizan el transporte público para movilizarse en la ciudad de Mérida, Yucatán todos los días. La creciente demanda de los autobuses urbanos como principal medio de transporte y las deficiencias que dicho servicio presenta hacen necesaria la incorporación de herramientas tecnológicas para mejorar la satisfacción de los usuarios y reducir el tiempo necesario para viajar de un punto de la ciudad a otro.

El desarrollo de una aplicación web que sirva de apoyo para la resolución de este problema tiene como fundamento hacer entendible para todos el servicio de autobuses urbanos. Además debe ser una herramienta fácil de utilizar y ser accesible a todo el público.

La aplicación “¡Súbelos al techo!” es una propuesta para satisfacer las necesidades mencionadas de acuerdo a lo siguiente:

Objetivo

El objetivo es crear un sistema que sirva de apoyo y referencia para los ciudadanos que usan el transporte público de la ciudad como para los que no lo usan tan frecuentemente, de forma que puedan planificar de una manera más eficiente su tiempo para trasladarse y usar el servicio. Este sistema se implementará vía web, para que sea fácilmente accesible desde cualquier punto. Además será el primero en su ramo en ofrecer los servicios y beneficios mencionados, por lo que la ciudad se colocará como puntero en el sureste al poseer uno de estos sistemas de información para los ciudadanos.

Justificación

- a. **Conveniencia (Necesidad):** Los autobuses de la ciudad de Mérida, Yucatán representan el principal medio de transporte para muchas personas. Sin embargo los retrasos y falta de sincronización constituyen un problema que afecta a gran parte de la población. La gran cantidad de rutas de autobuses que circulan en la ciudad puede causar confusión entre los usuarios de dicho servicio o visitantes foráneos. Además para poder transportarse entre puntos alejados de la ciudad es común tener que abordar más de un autobús. Esta situación se traduce en largas esperas y pérdida de tiempo si no se conocen las rutas adecuadas.

- b. **Relevancia Social:** La relevancia social del desarrollo del proyecto radica en el gran número de usuarios que se ven afectados por el uso de los autobuses. El 70% de la población (en la ciudad de Mérida) utiliza el autobús como medio de transporte todos los días. Como actualmente no existen aplicaciones similares en la península de Yucatán, el desarrollo de una herramienta que de soporte a este servicio contribuye al aumento del nivel de fiabilidad y satisfacción.
- c. **Valor teórico:** El proyecto **Desarrollo de la aplicación web “¡Súbelos al techo!” para mejorar el servicio de autobuses urbanos en la ciudad de Mérida, Yucatán** está sustentado en la problemática social del transporte público para la cual se ha realizado una investigación previa. De esta manera parte de la documentación está constituida por referencias a trabajos similares y artículos relacionados por lo cual representa además una recopilación de fuentes que pudiera ser útil al momento de abordar una investigación del mismo tipo en otra parte del mundo. Además es posible contrastar la problemática presentada en el trabajo con la situación en otro lugar en específico.
- d. **Utilidad metodológica:** Al seguir un método (tanto para el proceso de investigación como para la obtención de requisitos) se asegura obtener resultados completos y detallados. De igual manera permite reproducir nuevamente la investigación para la validación de resultados o llevarla a cabo en un entorno geográfico distinto ahorrando tiempo y esfuerzo.
- e. **Utilidad tecnológica:** El producto final (la aplicación web) puede servir de motivación a otros productos para problemáticas parecidas en otras ubicaciones aunque por sí mismo no represente un logro novedoso en materia tecnológica. Esto es relevante ya que la solución del problema que promete está limitada a la ciudad de Mérida. De manera similar, aplicaciones afines para los trenes subterráneos de Londres y el transporte público en ciudades como New York o la ciudad de México motivaron el presente trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

Los siguientes documentos sirvieron como motivación y sustento teórico para el desarrollo de las primeras etapas del proyecto.

[1] Es un estudio enfocado en la evolución y problemática del transporte urbano en la ciudad de Mérida, desde los primeros transportes hasta los retos que se presentan en la ciudad hacia 1986, habla también de la dinámica de las rutas, y concluye con comentarios sobre las posibles mejoras al sistema de transporte urbano, que fueron implementadas posteriormente a la publicación, así como también presenta proyecciones sobre el uso y crecimiento del transporte público para el año 2000.

[2] Desarrollada en el marco del proyecto impulsado por el CONACYT para el análisis de mejoramiento del transporte urbano en la ciudad de Mérida, se analiza el problema natural de la ciudad por ser un patrimonio histórico a nivel del primer cuadro de la misma, y se evalúan las deficiencias del transporte en consecuencia de esa situación de la ciudad. Además se hace una exhaustiva revisión de los inventarios de derroteros, paraderos y de la dinámica de las terminales

de camiones, incluso se añaden observaciones de los daños causados al suelo y al centro histórico en general. Como anexos, posee mapas informativos sobre la ubicación de las empresas pequeñas y medianas, y cálculos de la cantidad de demanda del servicio. Así mismo, se expone desde la Planeación del transporte, hasta la Demanda y el equilibrio con la Oferta del Transporte Urbano en Mérida.

[3] Durante el Foro Internacional de Transporte, se presentó este trabajo en donde se analizan los usos y costumbres de los usuarios del transporte urbano en general, en nuestro país y en especial en la ciudad de México, de cara a un crecimiento poblacional constante y, que además se vuelca en usar vehículos de una antigüedad mayor a 10 años que son traídos desde Estados Unidos, lo que causa un problema de contaminación grave en una de las urbes más densas del mundo. Al final se analizan las estrategias actuales y como mejorarlas, así como los puntos clave en la mejora del transporte urbano y por supuesto la reducción de gases contaminantes y de efecto invernadero.

[4] Se realiza un estudio comparando los incentivos al transporte público en Cd. De México, Londres y Madrid y se concluye que tanto en Madrid como en Londres existen políticas públicas definidas y delimitadas que son aplicadas al transporte público que en el caso de México no existen, además se descubre que los sistemas de transporte públicos nunca compiten con los privados en cuanto a confiabilidad, confort, tiempo, calidad entre otros, también se concluye que no existe una agencia especializada para organizar al transporte público en la Cd. De México y que la gestión de los sistemas de transporte público, dependen de una correcta aplicación de incentivos en este sentido y desincentivos en el del transporte privado.

[5] Es un compendio de tablas, cuestionarios y material de apoyo para la educación de datos del transporte público y privado tanto en la ciudad como en cualquier autopista, camino o carretera, además se ofrecen estudios de técnicas de los datos recabados.

[6] Una guía completa de la ingeniería del transporte en carreteras y caminos, ofrece una visión global, y concisa de cada uno de sus temas, interesan particularmente en la investigación el capítulo 7 (Travel time, Speed, and Delay Studies), y el capítulo 25 (Traffic Simulation : Principles and Tools). Como guía de apoyo en la recolección de datos sobre el transporte y ciertas aplicaciones que estas técnicas podrían tener en la información que ofrece nuestro sistema a los usuarios.

[7] Ofrece una completa guía de referencia y apoyo para poder estudiar a fondo y de manera objetiva los Sistemas de Transporte Público, sus características sociales, culturales, tecnológicas y económicas, con el agregado de que el estudio se lleva a cabo en nuestro país. Además dedica un capítulo completo al estudio del sistema de transporte público urbano, así como otro enfocado a la información que se debería ofrecer o que se ofrece a los usuarios.

[8] Ofrece una metodología enfocada en análisis prácticos de rutas ya establecidas y con programas definidos, podría servir como caso de estudio y a manera de caso de control al realizar nuestro estudio sobre ciertas variables del transporte público en Mérida, para asegurar la validez de nuestros datos.

[9] Estudio llevado a cabo por miembros del Instituto Mexicano del Transporte donde se pretende llegar a un nuevo enfoque en el análisis de la capacidad de los autobuses, para poder aplicarlo al ámbito nacional, ya que como señalan los investigadores, las soluciones al transporte de personas que se han aplicado en México, son reproducciones de las soluciones implementadas en otros países que no necesariamente tienen las mismas condiciones que nosotros. Es por ello que en el estudio se aísla una de las variables y se intentan arrojar datos basados en el mercado nacional y no en análisis de países ajenos a la problemática de México.

[10] Pretende ser un curso completo acerca de los sistemas de control aplicados al transporte que existían hasta 1979. Se presentan también análisis, y datos acerca del control óptimo de tránsito, e interesa particularmente un capítulo dedicado a la Teoría de Redes aplicada a el sistema de transporte, donde se llegan a mencionar modelos matemáticos y probabilísticos aplicados al transporte así como sistemas de simulación.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

A lo largo del proyecto, se consideró prudente hacer una separación total entre los requisitos de la aplicación y el diseño de la misma. Este enfoque permite obtener un producto realmente centrado en el usuario y aunque el equipo de desarrollo puede intervenir durante la verificación y validación de los requerimientos, estos no deben forzarse en ningún momento.

Problemática y Definición del Proyecto

Como primer paso, se seleccionó la problemática del transporte público en la ciudad de Mérida de entre tres problemas sociales candidatos. La elección se realizó de acuerdo al alcance e impacto social. Posteriormente fue redactada una guía de definición para establecer los lineamientos generales del proyecto, realizar la justificación, objetivos y beneficios del mismo y establecer un calendario tentativo de actividades futuras para conducir y controlar tanto el avance como logro de metas de manera disciplinada.

En esta etapa también se revisó bibliografía y trabajos relacionados para fundamentar el trabajo teórico.

Ingeniería de Requisitos

Es en esta etapa donde realmente da inicio el diseño centrado en el usuario. El éxito de un proyecto software de complejidad mediana a grande está dado en gran parte por el esfuerzo y tiempo dedicado a la ingeniería de requisitos y es imprescindible para la obtención de un diseño que realmente refleje las necesidades de los usuarios. En nuestro caso particular se destinó un periodo considerable para la identificación de stakeholders y obtención de requisitos a través de distintas técnicas de educación.

Elicitación de Requisitos de Usuario: Se identificaron los siguientes stakeholders para la aplicación “¿Súbelos al techo!” según la frecuencia de uso del autobús urbano, rango de edad, ocupación y relación con el sistema final:

1. *Trabajador.* Es un usuario primario, de entre 25 y 35 años aproximadamente. De sexo indistinto y empleado principalmente en la industria manufacturera o dedicada a ofrecer servicios. Respecto a su interacción con la tecnología, en general podemos distinguir dos grupos: las personas menores a 35 años, ven en la tecnología una oportunidad y no le temen, se sienten relativamente cómodos, y adquieren habilidades con relativa facilidad. Las personas mayores de 35 años tienden a ser un poco más reacios, con pocas e incluso nulas habilidades con sistemas computacionales, en ocasiones llegan a temerle a las computadoras. Su nivel de escolaridad es muy variado.
2. *Supervisores.* Son usuarios secundarios. Se encargan de recolectar datos y verificar la correcta operación de las rutas a su cargo. En general han terminado la secundaria y un grupo un tanto más reducido ha concluido la educación media superior. En general se sienten cómodos con la tecnología, pero también pueden sentirse amenazados por ella, en especial si impacta directamente con su manera de actuar, o con su forma de ver el mundo. No poseen grandes habilidades, pero se desempeñan con ella suficientemente bien.
3. *Usuario frecuente.* Es un usuario primario de los autobuses. Dentro de un rango de edad entre 10 y 80 años y sexo indistinto. Se dedica al hogar, trabaja por su cuenta, está desempleado, jubilado o no está en edad de trabajar, es un grupo muy heterogéneo tanto en ocupación como en escolaridad, ingresos e interacción con la tecnología. A saber, no es normal que se lleven bien con la tecnología, si pertenecen al subgrupo de la tercera edad simplemente no le ven importancia y la desestiman, y si pertenecen a el otro grupo de gente adulta argumentan que sus intereses son otros, y aunque reconocen su importancia dicen no tener tiempo para entenderla o hablan de lo difícil que les parece, sólo el grupo más joven que ha crecido a la par de las herramientas tecnológicas actuales se adapta muy bien a

esta. Viven en las colonias de interés social localizadas dentro de la ciudad.

4. *Estudiante.* Es un usuario primario del servicio de autobuses urbanos. Dentro de un rango de edad entre 12 y 25 años y sexo indistinto. Por lo regular no trabajan. Dependiendo del nivel que estén cursando, en general hablamos de estudiantes dentro del sistema educativo nacional, aunque podemos generalizar a estudiantes dentro de otros sistemas educativos (cursos de inglés, de computación, etc.). Viven en las colonias de interés social localizadas dentro de la ciudad. Si no están empleados, no tienen ingresos propios y dependen del salario de sus padres o tutores. Crecieron en la era tecnológica, están muy bien adaptados a las redes sociales, a las plataformas web y en general a cualquier nueva tecnología que surja, no se sienten intimidados por ella y por el contrario intentan ponerla a prueba y “dominarla”. En general la flexibilidad para aprender a manejar nuevas plataformas es muy alta. La mayoría de ellos pertenecen a familias nucleares con dos padres, y por lo general un hermano o dos.
5. *Usuario irregular.* Es un usuario terciario, utiliza con muy poca frecuencia el transporte público. La edad en este caso es muy variable dentro de un amplio rango. El sexo es indistinto. Normalmente tiene un trabajo estable, como administrativo o como jefe y amplia experiencia en la labor que desempeña. Tienen una escolaridad de licenciatura y en menor ocurrencia posgrado. Viven generalmente en colonias con buen nivel socioeconómico, o de clase media. Este grupo de stakeholders incluye visitantes foráneos de la ciudad y que utilizan el transporte público. Sus ingresos monetarios suelen ser altos. Debido al puesto laboral que ejercen han desarrollado habilidades para el manejo de computadores, y las tecnologías asociadas a ella. Además algunos han desarrollado un gusto por la tecnología, y no la ven como una simple herramienta de trabajo, sino como parte de sus vidas. Por otro lado existen personas que han logrado costearse sus propios medios de transporte y no necesariamente ven a la tecnología como algo más que una simple obligación que deben usar y/o aprender. En nuestro contexto se ven limitados por su ignorancia de la operación del sistema o su negativa por aprender. Si son adultos, generalmente son casados con uno o dos hijos, si son jóvenes, generalmente solteros, hijos únicos o de matrimonios con tres hijos máximo.
6. *Dueños de las líneas de autobuses urbanos.* Son usuarios secundarios del transporte público. Son adultos mayores de 35 años. Jefes en su lugar de trabajo, con experiencia en su profesión y educación profesional o tecnológica. Viven generalmente en colonias con buen nivel socioeconómico, o de clase media. Cuentan con ingresos monetarios elevados. Utilizan las computadoras y sus tecnologías asociadas generalmente por trabajo y no como algo más, consideran todo lo demás como una pérdida de tiempo, aunque un gran número de ellos disfruta utilizar Internet como un medio de entretenimiento.

Para la obtención de requisitos, se realizó un análisis de deseos y necesidades, aplicación de encuestas y entrevistas. Se detallaron los perfiles para los stakeholders mencionados, se construyeron personas en base a estos y se definieron algunos escenarios ficticios para la futura realización de pruebas.

Especificación de Requisitos: De acuerdo al estándar IEEE 830, fue realizada la especificación de requisitos software para detallar las funcionalidades de la aplicación y poder validarlas con los futuros usuarios. El Documento de Especificación de Requisitos, obtenido como producto de salida del proceso de IR constituye una línea base para dar comienzo con el diseño software y de la interfaz gráfica de usuario.

Diseño de la interfaz gráfica

Conociendo las necesidades específicas de los usuarios y las funcionalidades solicitadas fue posible desarrollar una interfaz gráfica adecuada para conciliar los distintos puntos de vista de los stakeholders. Para esta etapa, una de las más importantes del proceso

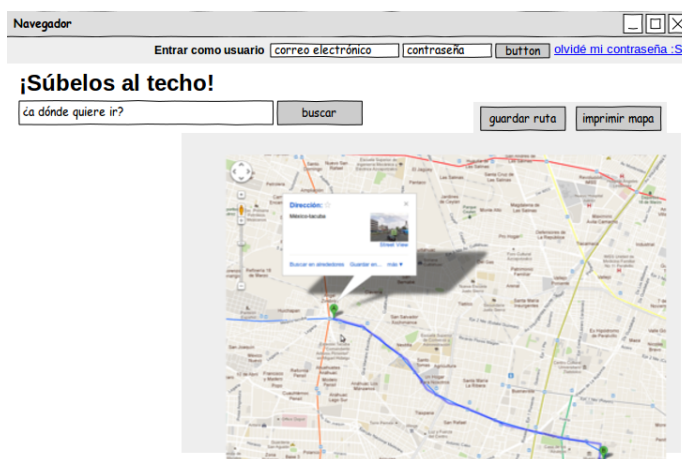


Fig. 1. Prototipo estático, Pantalla principal

de diseño centrado en el usuario, no se contó con mucho tiempo aunque se cubrieron los puntos más importantes como lo son: el color, disposición de los elementos, número máximo de elementos agrupados, parentesco con aplicaciones populares entre otros factores.

Desarrollo del Prototipo de la Aplicación

Se desarrolló un prototipo digital estático (ver Fig. 1) para bosquejar las pantallas de la aplicación y un prototipo físico sencillo a partir de materiales reciclados que muestra el flujo de pantallas para la mayoría de las funcionalidades. Ambos prototipos desechables.

De manera paralela, se comenzó con el diseño y la construcción del software mediante tecnologías web de libre distribución (ver Fig. 2).

Los prototipos desechables sirvieron como entrada a la etapa de pruebas de usabilidad ya que el prototipo software evolutivo no se encontraba en condiciones de madurez suficientes para tales propósitos.

Pruebas de Usabilidad

Como última actividad dentro del diseño centrado en el usuario se realizaron las pruebas de usabilidad para la verificación y validación del prototipo y los requisitos software. Las pruebas estuvieron dirigidas por escenarios creados durante el proceso de Ingeniería de Requisitos.

Para las pruebas se utilizó una plantilla que incluía información sobre los perfiles de los participantes, los objetivos y metas de la actividad. Se agregó también un plan de tareas con tiempos para la sesión así como las herramientas e instrumentos de evaluación.

Adicionalmente se empleó la técnica Keystroke-Level Model abreviada KLM. Esta consiste en realizar un listado de las acciones paso a paso que el usuario deberá realizar con la aplicación para completar un determinado escenario incluyendo el tiempo de interacción con el hardware, tiempo para meditar sobre la siguiente acción y latencia del sistema de cómputo. A cada acción se le asigna un operador KLM y se obtiene un tiempo estimado para el escenario a través de algunas operaciones aritméticas.

Para las pruebas KLM se utilizó la herramienta software CogTool, de libre distribución, que permite hacer una simulación automatizada sobre un escenario gráfico. Por motivos de tiempo, se hizo la prueba únicamente con un escenario del proyecto.

IV. RESULTADOS

Los resultados de las pruebas de usabilidad así como la retroalimentación obtenida al final muestra que la interfaz responde adecuadamente a las necesidades de nuestros usuarios. Por lo cual es posible continuar con la construcción del software definitivo en un

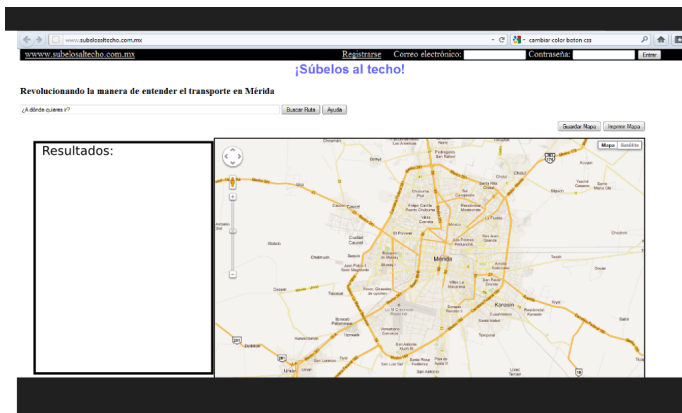


Fig. 2. Página principal, www.subelosaltecho.com.mx

futuro. Sería bueno considerar realizar más pruebas para obtener resultados más robustos y confiables.

El servicio de los autobuses urbanos en general resulta malo para una gran cantidad de personas encuestadas y les agrada la idea de poder contar con una herramienta similar a lo que promete “¡Súbelos al techo!”.

El proyecto se encuentra aun en una etapa temprana del ciclo de vida de la aplicación, hay muchas funcionalidades pendientes de implementar en el software real y hay que considerar aun cuestiones de arquitectura, hosting, difusión y cambios inesperados en los requisitos del producto. Tales cambios pueden propiciar una modificación drástica en la definición del proyecto y es necesario considerar un proceso disciplinado para la gestión de requisitos incluyendo control de cambios, control de versiones, seguimiento del estado y trazabilidad.

V. CONCLUSIONES

Si bien “¡Súbelos al techo!” no es una propuesta novedosa desde el punto de vista tecnológico, metodológico o teórico, pues existen soluciones operativas a gran escala en grandes ciudades del mundo con un alcance mucho más amplio, es su relevancia social a nivel local (sureste de México) la que nos motivó en un principio a iniciar este proyecto, puesto que, nosotros como estudiantes, dependemos de la eficiencia de los camiones urbanos y en más de una ocasión nos hemos visto en apuros debido a alguna deficiencia en el servicio.

Los prototipos desechables resultaron útiles para las primeras pruebas pero nos sería grato continuar el desarrollo y someter el producto final a escenarios más realistas y con retroalimentación por parte de un número mayor de usuarios y con todos los perfiles que consideramos en una primera ocasión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisiéramos agradecer a los profesores de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán por exigir lo mejor de nosotros y brindarnos su constante apoyo. Aprovechamos la ocasión para agradecer a nuestros amigos, familiares y seres queridos por su motivación y compañía durante las largas horas que el estudio de una carrera profesional demanda.

REFERENCES

- [1] Zi Cámara, Jesús Alfredo. 1986. Breve Estudio del Transporte Urbano en Mérida (Monografía), Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, México.
- [2] Chi Cob, Marisela de la Flor. 2005. Estudio de Transporte Urbano en el Primer Cuadro de la Ciudad de Mérida (Tesis). Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, México.
- [3] Islas Rivera Víctor, Hernández G. Salvador, Osorno Arroyo José A., Lelis Zaragoza Martha, Ignacio Ruvalcaba J., 2011. Implementing Sustainable Urban Travel Policies in Mexico, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.

- [4] Rivas Tovar Luis Arturo, Espejel Chávez José Antonio, Maldonado Hernández Berenice, Chávez Adela, Tapia Carmona Salvador, Vicente Cienfuegos Edgar, Molina García Donovan. 2007. INCENTIVOS Y DESINCENTIVOS EN LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LONDRES, MADRID Y CIUDAD DE MÉXICO, INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, julio-diciembre, año/vol. 17, número 30, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- [5] R. Currin, Thomas, Introduction to Traffic Engineering, a Manual for Data Collection and Analysis, Southern Polytechnic State University, ISBN 0534378678, Canadá 2001.
- [6] Roess, Roger P. Traffic Engineering, Segunda Edición, ISBN 0134613368, Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos 1998.
- [7] Molinero Molinero Ángel R., Arellano Sánchez Ignacio, Transporte Público, Planeación, Diseño, Operación y Administración, 1996 México D.F. ISBN 9709108816.
- [8] Metodologías para la Evaluación de Rutas del Transporte Público, Publicación Técnica No.6, Instituto Mexicano del Transporte y Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, 1992.
- [9] Capacidad del Transporte Público en Autobuses Interurbanos y Suburbanos. Publicación Técnica No15. Instituto Mexicano del Transporte y Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, 1992.
- [10] Control de Tránsito Urbano, Márquez Martín, Primera Edición, México 1979, ISBN 9681800850