Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres

INDICADOR PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE PARADEROS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE AUTOBUSES URBANOS. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE SANTIAGO DE QUERÉTARO.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres

Presenta:
Ing. Minerva Téllez Calderón

Dirigido por:
Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca

SINODALES

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca Presidente	Firma
M. en C. Fernando Mendoza Sánchez Secretario	Firma
M.I. Domingo Gerardo Valencia Vallejo Vocal	Firma
Dr. Eduardo Betanzo Quezada Suplente	Firma
M. I. Rubén Ramírez Jiménez Suplente	Firma

Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
DICIEMBRE 2014
México

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

Los paraderos como parte del mobiliario urbano son fundamentales para las transformaciones y cambios dentro del entorno vial, sin embargo, tradicionalmente no se les presta su debida importancia a pesar de que ayudan a que los usuarios asciendan o desciendan de los autobuses de manera ordenada y segura, así como proteger a los usuarios del clima, haciendo más confortable la espera del autobús. Por lo expuesto, surge el interés para poder evaluar la calidad de los paraderos de transporte público mediante un indicador que califique la calidad que éstos ofrecen a los usuarios, detectar las deficiencias en el servicio, así como su ubicación. Para cumplir el objetivo, es necesario considerarlo como un sistema integral y así, identificar los parámetros más representativos que intervienen en su diseño. Para el desarrollo del indicador se empleó el Proceso de Jerarquía Analítica desarrollado por Saaty (1982) el cual es un método de toma de decisiones para priorizar alternativas, comparándose cada uno de los elementos involucrados en el diseño de paraderos de transporte público. Ya con el indicador, se evalúa un paradero de transporte público, identificando las carencias existentes y con ello, las sugerencias para su mejora.

(**Palabras clave**: Paradero, Proceso de Jerarquía Analítica, indicador.)

SUMMARY

The bus stops which form part of street facilities must be taken into account when planning changes in the urban transportation infrastructure; nevertheless, they are not given due consideration despite their importance in allowing passengers to get on and off buses in a safe and orderly manner and also providing passengers with protection from inclement weather, thus making their wait for the bus more comfortable. From this arises the interest in evaluating the quality of bus stops using an indicator to determine the quality of service they offer users by identifying gaps in service and problems with their present locations. To meet this objective, it is necessary to consider public transport stops as an integrated system in order to identify the most representative parameters involved in its design. For the development of the indicator the Analytic Hierarchy Process, developed by Saaty (1982) was used because it provides a method of decision making which prioritizes alternatives by comparing each of the elements involved in the design of public transportation stops. With this indicator, public transportation stops are assessed, identifying existing gaps and suggesting ways of improving them.

(**Key words**: bus stops, Analytic Hierarchy Process, indicator).

A mis padres Lourdes y Macario,

alumnos del posgrado de la

Universidad Autónoma de Querétaro

AGRADECIMIENTOS

En la preparación del presente trabajo, agradezco las opiniones de mi director de tesis, el Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca así como su apoyo y su constante motivación para concluir mi formación académica, además de haber revisado la investigación y dar sus comentarios para mejorarlo, también la participación de mis profesores de la Maestría que tuve la oportunidad de conocerlos como es el caso del M. en C. Fernando Mendoza Sánchez, el M. I. Rubén Ramírez Jiménez, el M.I. Domingo Gerardo Valencia Vallejo y el Dr. Eduardo Betanzo Quezada quienes aceptaron formar parte del grupo de Sinodales.

A todas las personas que he conocido en Querétaro tanto amigos de la escuela que no olvidare como fue el caso del Ing. Gustavo Bucio Paredes y al Ing. Atanasio Pérez Navarrete como a las personas externas a la Universidad. A mi jefe de trabajo el Ing. Fernando Isunza Mohedano por darme la oportunidad de continuar preparándome, a mi gran amigo que formo parte de éste logro el Ing. Joel Alfaro Cano y por último y no menos importante sino todo lo contrario a mis padres Lourdes Calderón Prieto y Macario Téllez Pérez quienes me han formado y enseñado a luchar para lograr mis metas.

A todos ellos les doy las GRACIAS por participar en la culminación de una etapa más de mi vida.

ÍNDICE CONTENIDO

RESUMEN I
SUMMARY II
DEDICATORIAS III
AGRADECIMIENTOS IV
ÍNDICE CONTENIDO V
ÍNDICE DE FIGURAS VII
ÍNDICE DE TABLAS VIII

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Antecedentes 2
1.2 Justificación 5
1.3 Hipótesis y Objetivos 7

2. MARCO TEÓRICO 8
2.1 Paraderos 8
2.2 Ubicación de paradas 11
2.3 Distancia entre paradas 20
2.4 Diseño de las paradas 28
2.5 Paradas fuera de la vía pública 30
2.6 Indicadores 32
2.6.1 Metodología para la elaboración de indicadores 32
2.7 Modelos de toma de decisiones 33
2.7.1 Método Delphi 33
2.7.2 Método Fruzzy Delphi 35
2.7.3 Método Fruzzy Delphi AHP 38
2.7.4 Método media geométrica 38
2.7.5 Método del Proceso de Jerarquía Analítica 43

3. METODOLOGÍA 46
3.1 Asignación de puntuación 57
3.2 Certificación 67

4. APLICACIÓN 70

5. RESULTADOS 76

6. CONCLUSIONES 80

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura **Página**

2.1	Diseños arquitectónicos de paraderos.	10
2.2	Factores para la ubicación de paradas.	14
2.3	Ubicación de paradas.	15
2.4	Distancia entre paradas y costos.	21
2.5	Dimensionamiento de un paradero longitudinal.	29
2.6	Dimensionamiento de una parada de autobuses en forma de sierra.	30
2.7	Concepto Delphi.	34
2.8	Alcance del medio generalizado.	36
2.9	Concepto de Fruzzy Delphi.	38
2.10	Concepto α-cuts.	41
2.11	Proceso de Jerarquía Analítica.	45
3.1	Metodología para la asignación de pesos para los indicadores.	46
3.2	Estructuración jerárquica del tiempo.	49
3.3	Estructuración jerárquica de ubicación.	49
3.4	Estructuración jerárquica del diseño.	50
3.5	Estructuración jerárquica de la geometría de la vialidad.	51
3.6	Estructuración jerárquica de las bahías.	51
3.7	Estructuración jerárquica de la explotación de la parada.	52
3.8	Comparaciones de importancia relativa con respecto a tiempo.	52
3.9	Comparaciones de importancia relativa con respecto a ubicación.	53
3.10	Comparaciones de importancia relativa con respecto a diseño.	53
3.11	Comparaciones de importancia relativa con respecto a la geometría de la vialidad.	53
3.12	Comparaciones de importancia relativa con respecto a condiciones de la vialidad.	54
3.13	Comparaciones de importancia relativa con respecto a bahías.	54
3.14	Comparaciones de importancia relativa con respecto a explotación de la parada.	54
3.15	Evaluación de objetivos.	55
3.16	Resultados de pesos de los objetivos y sub-objetivos.	56
3.17	Resultados de los pesos de los objetivos.	56
4.1	Ubicación de la zona de estudio.	70
4.2	Parabús Zaragoza - Tecnológico.	70
5.1	Ascenso y descenso de pasajeros.	77
5.2	Espacios mínimos de circulación recomendados según el tipo de peatón en andadores.	78
6.1	Paradas antes y después de la bahía.	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla **Página**

2.1 Ventajas y desventajas de una parada a 400-500 m contra una de 150 m. 13
2.2 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada antes de la intersección. 17
2.3 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada después de la intersección. 18
2.4 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada a media cuadra. 19
2.5 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada alternada con semáforos. 19
2.6 Obtención de distancia ideal, reducción de costo y paradas no obligatorias. 26
2.7 Longitud de parada. 28

3.1 Indicadores para paraderos por jerarquía. 47
3.2 Escala de medida. 48
3.3 Indicadores con los pesos obtenidos de Expert Choice. 57
3.4 Puntuación para tiempos de ascenso-descenso de pasajeros. 59
3.5 Dimensiones para un cobertizo. 62
3.6 Condiciones para la evaluación de bahías. 64
3.7 Dimensiones y características del autobús empleado en la ZMQ. 65
3.8 Dimensionamiento de un paradero. 66
3.9 Combinación de indicadores para puntuación de certificación. 67
3.10 Rangos de puntuación para certificación. 68
3.11 Certificación del paradero. 68

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de contar con indicadores que puedan evaluar los paraderos del municipio de Santiago de Querétaro, es poder contribuir a mejorar el sistema de transporte ya que ha provocado que no se revise el funcionamiento de los paraderos por lo que en algunos casos este no es suficiente ya que provoca acumulaciones de pasajeros fuera de la estructura como es el caso de la Av. Ignacio Zaragoza donde se registra el mayor número de ascenso y descenso de pasajeros de acuerdo con los resultados obtenidos por CONCYTEQ (2003:9), ocasionado que el sistema de transporte no utilice la bahía y en ocasiones ocupe hasta dos carriles, lo cual afecta la circulación vial y riesgo a los peatones ya que se bajan de la banqueta para ascender a la unidad. Es por ello que urge la necesidad de contar con indicadores para identificar los puntos que no cumple el paradero y corregirlos ya que estos varían de acuerdo a las necesidades de cada localidad.

Por otra parte, CONCYTEQ (2001:26); menciona que la escasez y falta de continuidad de la infraestructura vial primaria, aunada a las restricciones impuestas en años recientes para que las unidades del servicio público de pasajeros dejasen de circular en el Centro Histórico de la ciudad, ha traído como consecuencia la concentración de rutas de transporte en ciertas arterias principales del perímetro, provocando, entre otros efectos negativos, el abatimiento del nivel de servicio del tránsito en general, la competencia innecesaria entre distintas rutas de transporte, la sobresaturación de paradas y bahías para ascenso y descenso de pasaje, y el bloqueo frecuente de los carriles de circulación adyacentes a las paradas. Esta situación de aglomeración excesiva de los servicios urbanos de transporte trae consigo situaciones de desconcierto e inseguridad de los usuarios ante la presencia de una cantidad excesiva de líneas, unidades y destinos diversos.

1.1 Antecedentes

El Municipio de Santiago de Querétaro en los últimos años ha venido sufriendo transformaciones y cambios significativos en la estructura vial, originadas por el aumento de la población; el crecimiento industrial, centros comerciales, entre otros.

Dentro de esta estructura vial se encuentra el mobiliario urbano donde el paradero es uno de los más notorios debido a su importancia, un ejemplo claro es la ubicación de paradas fijas en zonas de media y alta demanda donde se puede reducir el tiempo de viaje del autobús, así como mejorar la fluidez del tránsito en general, sin embargo, para el pasajero que sube o baja, representa un tiempo adicional empleado al caminar SEDESOL(S/A:8).

Westphal (2002) presentó un trabajo realizando un análisis comparativo entre las formas de uso, apropiación y utilidad de las paradas de autobús de transporte público en Barcelona y Santiago de Chile para validar la hipótesis de que los comportamientos sociales son diferentes a un mismo objeto en contextos distintos.

La ciudad de Santiago de Chile está dividida en 34 municipios y cada una tiene un proyecto propio y diferente de mobiliario urbano y por ende, de paradas de autobús. En términos de soluciones, éstas se pueden clasificar en tres grupos: el primero lo constituyen las comunas de mayores ingresos; la mayoría de sus diseños han sido hechos por empresas extranjeras, las cuales han implementado modelos existentes de su cartera de productos.

Un segundo grupo, representado quizá por las comunas más audaces, se ha limitado a replicar o copiar diseños existentes aparentemente exitosos en Chile y en otros países, dando resultados discutibles, como sucede en el municipio de

Providencia, donde la innovación de introducir andenes altos y acceso para sillas de rueda en los paraderos ha significado una dificultad mayor para los usuarios en lugar de una mayor comodidad.

Por último, el tercer grupo está constituido por las comunas de menor ingreso, donde resulta destacable el esfuerzo por destinar recursos escasos a necesidades de menor prioridad frente a necesidades tales como salud, educación y vivienda.

En Barcelona se destaca la entrega de información en las paradas. En el refugio se encuentra un plano de la red de metro y de autobuses con que cuenta la ciudad, diferenciados por número, color, paradas que realiza y dirección del recorrido, días que funciona el servicio y frecuencias. Además, está claramente identificado el número de las líneas de buses que se detienen en ese punto. Las líneas cuentan con números de identificación, el cual posee un tamaño visible a la distancia, colocado en los cuatro lados del vehículo y con iluminación propia.

En Santiago, la información que se entrega en los paraderos es casual, y en la mayoría no existe. La información es críptica, nunca agrega un plano de la ciudad, ni la red de transporte ni el sentido del bus que se detiene en la parada en cuestión, ni los próximos puntos de parada. Esto ha provocado que incluso en aquellos lugares donde la información sea de mejor calidad, los usuarios tiendan a no servirse de ella.

El paradero de Santiago es un lugar de espera del autobús, que otorga protección a las personas y en las zonas centrales se usa bastante. Sin embargo, cuando la capacidad y el tamaño de la parada es superada en relación al número de buses que se detienen, no está asegurada la facilidad de abordaje a los autobuses, pues esto suele detenerse lejos del paradero. La gente entonces, deberá abandonar el paradero para acceder al vehículo.

Es evidente que aunque el objeto tenga un diseño adecuado en cuanto a protección, no funciona debido a que los usuarios corren riesgo de la calle. No basta pues con copiar diseños sino también se debe innovar en tamaños y capacidades para atender flujos reales de autobuses.

En Barcelona, un paradero no alberga generalmente más de cinco líneas y normalmente sólo tres. Las paradas entre una ruta y otra están normalmente diferidas, y el hecho que sea un derecho del usuario la detención del autobús, crea la necesaria cultura cívica sobre el respeto y uso de los paraderos.

Es por ello la importancia de realizar un análisis en el municipio de Santiago de Querétaro debido a que se presentan problemas similares puesto que las paradas no están cumpliendo con el diseño ya que no son suficientes para albergar las unidades de transporte público que se requieren y las paradas tampoco están cumpliendo con las necesidades de los usuarios ya que en algunos puntos existe paradas muy continuas ocasionando la reducción de la velocidad y a su vez provocando que los viajes se prolonguen más.

1.2 Justificación

Tomando en consideración el crecimiento urbano y la necesidad de trasladarse para realizar sus actividades, es necesario contar con un adecuado mobiliario urbano como es el caso de los paraderos para proporcionar comodidad a los usuarios ante las inclemencias del clima, protección de los vehículos y seguridad al abordar el autobús, con el fin de atraer mayor número de usuarios.

Cal y Mayor (2007:328) dice que uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros de tránsito y transporte, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales de manera eficiente tal que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas.

SEDESOL (S/A:55) menciona que el vehículo colectivo de transporte público urbano, como su nombre lo indica, transporta varios pasajeros que generalmente no tienen todos el mismo origen, ni el mismo destino a lo largo del derrotero de la ruta, por lo que el vehículo necesita, para efectuar su función básica, el ascenso o descenso de pasajeros.

La concentración excesiva de líneas de transporte en ciertas arterias principales del área central de la ciudad, ha provocado una degradación del nivel de servicio del tránsito, debido a la competencia innecesaria entre distintas rutas de transporte, la sobresaturación de paradas y bahías para ascenso y descenso de pasaje, así como el bloqueo frecuente de los carriles de circulación adyacentes a las paradas.

Es por ello que en la administración de transporte, se debe realizar hacer las siguientes preguntas:

a) ¿Hay que reglamentar las paradas, o dejar que cada pasajero suba o baje donde quiere?
b) Si las paradas son necesarias, ¿a qué distancia promedio ubicarlas?
c) ¿Específicamente, en qué sitio poner cada parada?
d) ¿Deben todos los vehículos y rutas utilizar las mismas paradas o debemos tener paradas selectivas?
e) En caso de paradas selectivas ¿en cuántos grupos dividir la rutas y que rutas ubicar a cada grupo?
f) ¿Qué equipos debemos poner en cada parada?

Oswald (2008:23) expone que la congestión del tráfico puede considerarse como un efecto del transporte, que aumenta el tiempo de viaje, dando como resultado una pérdida de productividad.

Por estas consideraciones, se considera importante revisar que los paraderos existentes estén funcionando correctamente lo cual se necesitar tener un indicador que permita evaluar cada uno de los paraderos para poder detectar los problemas que se estén generando y mejorar así el sistema de transporte.

1.3 Hipótesis y Objetivos

Objetivo

La identificación de las condiciones físicas y operativas de los paraderos de transporte público urbano (autobuses), con el fin de proponer soluciones que mejoren su operación.

Objetivos particulares: Evaluar la ubicación para ascenso y descenso de los pasajeros.

Verificar si las paradas utilizadas cotidianamente por los usuarios del transporte satisfacen sus necesidades y si cuentan con las condiciones apropiadas para proteger a los usuarios del medio ambiente y del sistema vial.

Identificar si las paradas de alta demanda (paradas con mayor acumulación de pasajeros a bordo) son las suficientes para alojar el transporte sin afectar el tránsito vehicular.

Desarrollar una metodología documentada para la evaluación de paraderos.

Hipótesis

La caracterización física de los paraderos de transporte público genera parámetros que posibilitan la evaluación de su explotación.

Hipótesis particulares: Es posible valorar las condiciones de ascenso y descenso de pasajeros en los paraderos para prevenir interferencias en tráfico mixto.

Si las condiciones de las paradas son adecuadas, aumenta la demanda de los usuarios.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Paraderos

Los paraderos del sistema de transporte público del municipio de Santiago de Querétaro son de gran importancia y en la mayoría de los casos no son diseñados, Bonsiepe (1985:21) dice que “un desarrollo sin atributos precisos, sin imaginación política, es decir, sin claridad acerca de la matriz de los valores de uso y sin la debida reflexión de las necesidades que deben satisfacer los utensilios, muy probablemente no aportaría un bienestar a la población local”.

Es precisamente lo que está ocurriendo, debido a que los paraderos son localizados en lugares que obstruyen la circulación peatonal y que no cuentan con el espacio suficiente como es el caso de la Av. Constituyentes, donde se observa que se encuentra a casi un metro sobre el nivel de banqueta, lo que significa que sólo se repitió el mismo patrón sin ver las necesidades o las condiciones que presenta el lugar, ocasionando obstrucción de la vialidad e inutilidad de éste y esto se debe a la falta de parámetros que puedan evaluar el cumplimiento u objetivo que tienen, el cual es brindar servicio, comodidad y seguridad sin afectar a otros usuarios.

El contar con un lugar adecuado para abordar el autobús nos ayuda a que las personas adopten conductas ordenadas que contribuyen a la reducción de accidentes y a la afectación de los carriles adyacentes, además debe contar con la capacidad suficiente para alojar a las unidades de transporte y a los usuarios para evitar que aborden lejos de la parada.

La accesibilidad es otro elemento que debe considerarse ya que se define como la distancia que existe entre la parada más próxima a la población y la misma (Diseño TP paraderos SEVILLA), lo que significa que los

desplazamientos a pie hasta la parada más próxima no debe superar los cinco minutos (ámbito de influencia medio de 300 metros).

Es importante el definir ¿Qué es una parada? Debido a que en muchas ocasiones las personas definen las paradas como el lugar en donde indican a las unidades de transporte a detenerse para subir o bajar en cualquier punto ya que por costumbre o comodidad quedaron establecidas.

Molinero y Sánchez (2003:111) define a las paradas y estaciones como componentes importantes de un sistema de transporte público puesto que ejerce una influencia considerable en la operación ya que:

- Limita la capacidad de línea y por ende el número de unidades de transporte que pueden operar.
- Su ubicación y espaciamiento debe ser adecuado para atraer al usuario.
- Ejercen una influencia en el consumo de combustible el cual variará según un mayor o menor número de paradas.

Otro aspecto a considerar es el tiempo que requiere cada pasajero para llegar a la parada, cuando se detiene la unidad de transporte, abre y cierra las puertas, el ascenso y descenso de pasajeros que varía dependiendo del equipaje, la forma de pago del transporte y el tipo de pasajero, cierre de puertas y acelere de la unidad para continuar su destino, lo cual se ve reflejado en el tiempo que permanece detenida la unidad y que afecta a la circulación del flujo vehicular contiguo.

Una parada puede contar con la infraestructura más sencilla de un sistema de transporte ya que puede estar ubicada sobre la misma acera hasta el más sofisticado diseño importado de otro país el cual va depender de las

condiciones que se adapten a cada zona y de las necesidades de los usuarios. En la Figura 2.1 se muestran algunos diseños arquitectónicos de paraderos.

Curitiba, Brasil

Fuente: *20 minutos (2008).*

Sao Paulo, Brasil

Fuente: *8 Ochoa Design Studio (2013).*

Santiago de Chile

Sheffield, Inglaterra

Fuente: *Espacios en línea (2009).*

Japón

Atenas, Georgia

Fuente: *Diario nocturno (2010).*

Figura 2.1 Diseños arquitectónicos de paraderos.

Molinero y Sánchez (2003:114) menciona que para definir las características de una parada en la vía pública se debe considerar tres aspectos principales:

- Ubicación de la parada
- Distancia entre paradas
- Diseño de la parada

2.2 Ubicación de paradas

La ubicación de las paradas comúnmente está en el lugar donde los usuarios lo indican y esto se debe a la falta de un estudio preliminar que permita identificar las zonas con mayor concentración de pasajeros.

El Centro Queretano de Recursos Naturales realizo el Proyecto de Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro (2003:4), con el objetivo de mejorar la capacidad, confiabilidad y seguridad del sistema de transporte público, así como reducir los tiempos de viaje de los usuarios y minimizar los impactos en el medio ambiente provocados por la emisión de contaminantes, para su análisis realizó un estudio de campo lo cual permitió conocer las condiciones físicas, operativas y económicas. La investigación se llevó a cabo en 105 de las 120 rutas existentes.

Los estudios realizados fueron los siguientes:

1. Verificación de recorridos y condiciones del pavimento.
2. Verificación de paradas e infraestructura.
3. Frecuencia de paso y carga en estaciones maestras.
4. Ascenso y descenso de pasajeros.
5. Frecuencia de paso y carga de rutas.
6. Costos fijos y variables de operación.
7. Rentabilidad del servicio.

Los puntos de interés para éste caso son: **verificación de paradas e infraestructura, ascenso y descenso de pasajeros** ya que estos datos constituyen una referencia para la revisión de paradas así como las dimensiones que requiere el paradero para alojar tanto a las unidades de transporte como a los usuarios.

En la **verificación de paradas e infraestructura**, el identificar lo puntos utilizados cotidianamente por los usuarios para abordar y descender de las unidades de transporte, permite evaluar si las paradas que existen está cumpliendo su función de acuerdo con las necesidades de los usuarios y si no es así, encontrar los puntos en donde sí se requiere la parada.

En cuanto al **ascenso y descenso de pasajeros**, permite detectar la sección de máxima demanda y conocer las mayores acumulaciones de pasajeros y determinar las causas por las cuales es mayor.

Uno de los puntos diagnosticados en el estudio fue que en algunos tramos la velocidad está por debajo de los 10 km/h y una de las causas puede ser por las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros así como el flujo vehicular en las horas pico y la combinación de semáforos y otros dispositivos. Por lo que proponen identificar los tramos afectados y las causas, para poder corregir estas deficiencias y adoptar medidas que contribuyan al mejoramiento del sistema de transporte. Si una de las causas de las demoras es el tiempo que tarda la unidad de transporte para realizar las maniobras de ascenso y descenso de pasajero, se podrían instalar sistemas de prepago con pases, abonos de magnéticas temporales, instalación de cajas colectoras y la adecuación de espacios para el descenso de los pasajeros para interferir lo menos posible la circulación del flujo vehicular.

Como se puede observar, es muy importante conocer la zona de estudio a fondo para poder dar la mejor solución de acuerdo a las necesidades que presenta cada localidad.

El Ayuntamiento de Madrid (2000) menciona que en la localización de las paradas, se debe tomar en cuenta la distribución de la demanda potencial (es decir, donde se genera la mayor demanda (concentraciones de empleo, comercio, residencia) y, en concreto en los puntos que proporcionen mayor cobertura en un radio de acción de unos 300 – 400 metros.

Molinero y Sánchez (2003:112) ponen un ejemplo de la comparativa entre la colocación de una parada a 400–500 m contra paradas ubicadas a 150m donde se tienen las siguientes ventajas y desventajas, para cada uno de los grupos afectados el cual se muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de una parada a 400-500 m contra una de 150 m.

	Ventajas	Desventajas
Usuario	Mayor velocidad de viaje.	Mayor distancia por caminar desde y hacia la parada.
	Ahorros de tiempo.	
	Mayor comodidad (menor número de aceleraciones y desceleraciones).	
Prestatario	Menor número de vehículos para una operación dada.	
	Menor consumo de energía.	
	Menor desgaste del vehículo.	
	Menor infraestructura (cobertizos, señales).	
	Mejora potencial de las demás paradas.	
Comunidad	Menor espacio ocupado por las paradas.	
	Facilidad de hacer respetar las señales restrictivas.	
	Menor interferencia con el tránsito.	
	Menor contaminación y ruido.	

Fuente: *Elaboración propia a partir de Molinero y Sánchez (2003:112).*

Como podemos observar la influencia que tiene la ubicación de la parada es importante debido a que se puede obtener ventajas para cada uno de los involucrados.

Generalmente, a medida que se utilicen vehículos de mayor tamaño, las paradas serán más necesarias.

Otros factores importantes que Molinero y Sánchez (2003:114-116) menciona que se deben considerar son los que se muestran en la Figura 2.2, así como la descripción de cada uno de los puntos.

Figura 2.2 Factores para la ubicación de paradas.

Fuente: *Elaboración propia a partir de Molinero y Sánchez (2003:116).*

Acceso de pasajeros. En la ubicación de las paradas se debe buscar la protección de los usuarios de los movimientos vehiculares, contar con el espacio suficiente para evitar interferencias entre los peatones y en las zonas donde se realicen transbordos ya que la distancia para caminar debe ser la mínima.

En la Figura 2.3 se muestra un ejemplo de la mala ubicación de parada en una intersección que presenta un fuerte movimiento de transbordos entre dos rutas (1 y 2). Como podemos observar el ubicar las paradas en cada intersección no es la correcta debido a que el usuario tiene que cruzar la intersección lo que provoca molestias a los usuarios. Pero si en la ruta 1 la parada se ubica antes de la intersección y en la ruta 2 su parada se ubica después de la intersección, se facilitan los movimientos de transbordo de los usuarios y a la vez se mejorar la seguridad de los mismos.

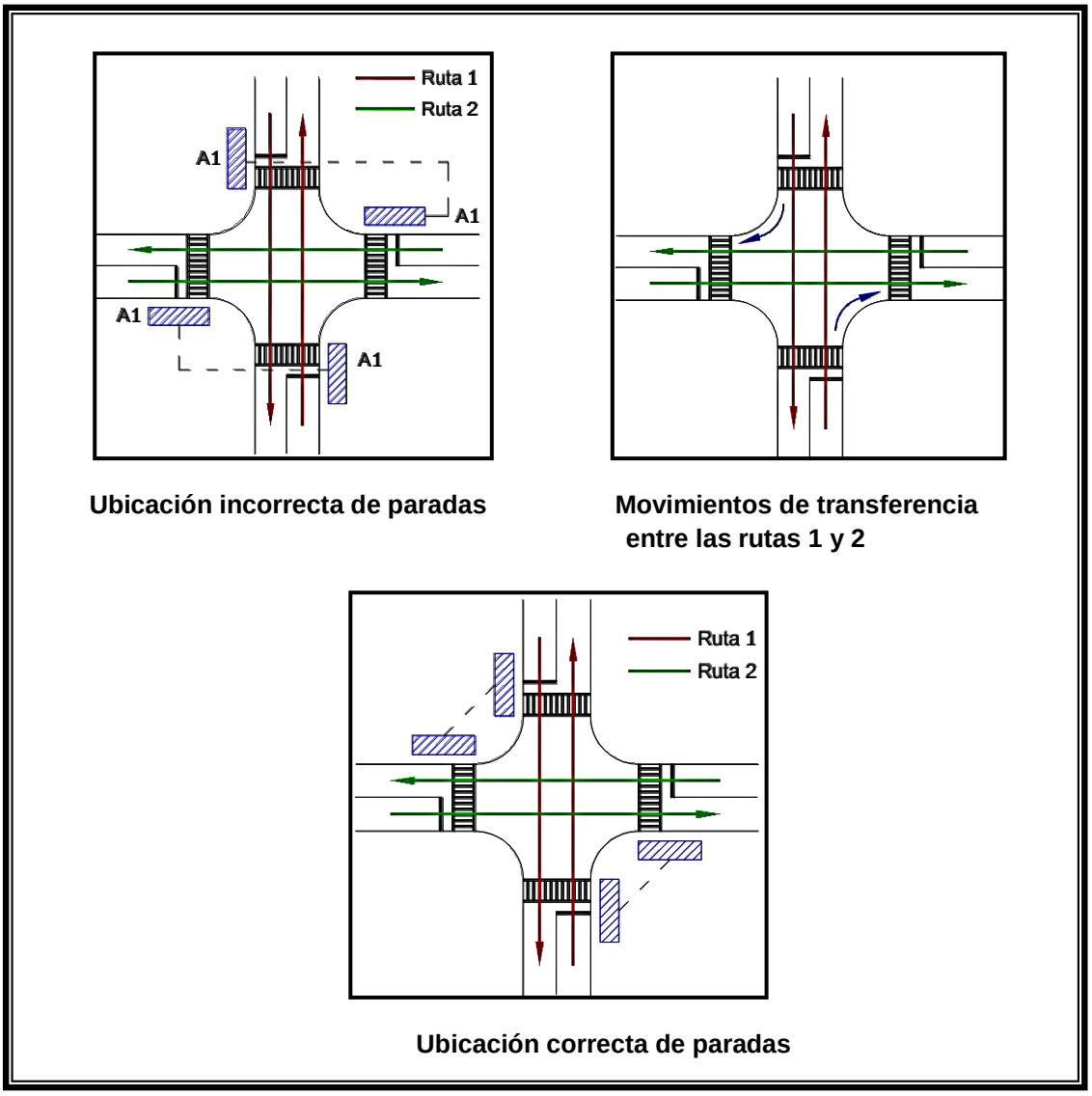


Figura 2.3 Ubicación de paradas.

Fuente: *Vukan R. Vuchic. (1978).*

Condiciones de tránsito. Se debe localizar las paradas de tal forma que minimice las interferencias con el tránsito vehicular y los movimientos peatonales. Por lo que es recomendable estudiar las interferencias que se presentan con los movimientos direccionales de otros vehículos, la facilidad del autobús de converger con el tránsito y la visibilidad que se tiene en puntos de cruce peatonal.

Geometría del movimiento del autobús. En este punto depende de las maniobras que realice el autobús por lo que se definen tres tipos principales de ubicación de paradas:

1.- En el lado cercano (LC), es decir, antes del cruce de la intersección. Cuando se cuenta con espacio suficiente, puede ubicarse la parada en una isleta que permita el ascenso y descenso de pasajeros, en el lado cercano a la intersección.

2.- En el lado lejano (LL), es decir, después del cruce de la intersección. Para los casos donde el autobús debe girar a la derecha normalmente presenta dificultad desde el carril adyacente a la acera puesto que el radio de giro es mayor que el radio de la acera. En este caso es deseable una parada en el lado lejano (LL), o cuando se realice una vuelta a la izquierda y se presente más de un carril en la misma dirección, la vuelta se realiza por el carril izquierdo, de tal forma que la parada (LL) es preferible.

En las tablas 2.2 al 2.5 se presentan las condicionantes que se deben considerar para una adecuada ubicación de parada así como las ventajas y desventajas que se pudieran ocasionar.

Tabla 2.2 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada antes de la intersección.

UBICACIÓN	CONDICIONANTES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ANTES DE LA INTERSECCIÓN	Con fuertes flujos de autobuses, tránsito y estacionamiento no crítico.	Menos interferencia con vueltas a la derecha que se incorporan.	Los movimientos a la derecha causan conflictos.
	Operen en carriles centrales.	Si el tráfico es más intenso a la salida del cruce que a la entrada, se producen menos interferencias. Normalmente, para una misma anchura, la capacidad es menor antes del cruce que después del cruce.	Se obstruyen las señales y semáforos.
	Intersecciones frecuentes con semáforos.	Si la calle que cruza es de sentido único de derecha a izquierda, se producen menos interferencias.	Peligro al peatón al cruzar por delante.
	El vehículo de vuelta a la derecha.	En general los viajeros se bajan más cerca del cruce.	Obstrucción de la visibilidad a vehículos sobre la transversal.
		Menos interferencias con el tráfico que entra en la calle desde los laterales.	Con afluencias fuertes y espacio reservado insuficiente, se obstruye un carril de circulación.

Fuente: *Elaboración propia a partir de recomendaciones de Valdes (1988:840), Molinero y Sánchez (2003:116).*

Tabla 2.3 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada después de la intersección.

UBICACIÓN	CONDICIONANTES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DESPUÉS DE LA INTERSECCIÓN	Existen problemas de visibilidad o capacidad en la vialidad.	Reducción de conflictos con los movimientos a la derecha y con el transporte público.	Durante la hora de máxima demanda puede haber obstrucción en la calle transversal.
	El transporte público hace uso constante de carriles laterales.	Capacidad adicional en la intersección.	Obstrucción de la visibilidad en el movimiento a la derecha de la calle transversal.
	Se presentan movimientos considerables a la derecha.	Sin problemas de visibilidad.	
	Existen fuertes flujos de transporte público que dan vuelta a la izquierda.	Cruce peatones por la parte posterior.	
		Espacio de maniobras menor para entrar y abandonar carril.	
		Los giros a la derecha se dificultan menos.	
		Si el tráfico es más intenso a la llegada del cruce que a la salida se producen menos interferencias.	
		Si la calle que cruza es de sentido único de izquierda a derecha se producen menos interferencias.	
		Los autobuses que giran a la izquierda, si parten de una parada una vez pasando el cruce, pueden iniciar el giro desde el carril adecuado.	Los autobuses que giran a la izquierda, si parten de una parada antes del cruce, para girar a la izquierda tiene que cruzarse con el tráfico de otros carriles en puntos poco adecuados.
		Los autobuses parados no obstruyen la visibilidad a los coches que entran en la calle o la cruzan.	
		En intersecciones con semáforos, los autobuses pueden encontrar espacio adecuado para incorporarse a la circulación sin interferencias, excepto cuando haya movimientos de giro importantes.	Si hay vehículos estacionados en la parada, los autobuses pueden provocar colas de tráfico que taponen el cruce.
		Los autobuses no tapan las señales.	Se pueden producir colas taponando el cruce si la parada está en un carril que sirve normalmente para circular.
			Si la parada es muy corta, el exceso de autobuses puede taponar la calle que cruza.

Fuente: *Elaboración propia a partir de recomendaciones de Valdes (1988:840), Molinero y Sánchez (2003:116).*

Tabla 2.4 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada ubicada a media cuadra.

UBICACIÓN	CONDICIONANTES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
A MEDIA CUADRA	Existe un centro importante de atracción de viajes y por ende el número de personas que asciende y/o desciende es considerable.	Los autobuses causan interferencias mínimas a la visibilidad de los coches y peatones.	Provoca que la gente cruce a media cuadra.
	Las condiciones geométricas y del tránsito en las intersecciones presentan dificultades para la ubicación de parada.	En general las colas de viajero causan menos problemas.	A los viajeros que proceden de las calles laterales se les obliga a mayores recorridos a pie.
	Cuándo algún autobús necesita dar vuelta a la izquierda.	Obligan a suprimir un número importante de lugares de estacionamiento.	

Fuente: *Elaboración propia a partir de recomendaciones de Valdes (1988:840), Molinero y Sánchez (2003:116).*

Tabla 2.5 Condicionantes, ventajas y desventajas de una parada alternada con semáforos.

UBICACIÓN	CONDICIONANTES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PARADAS ALTERNADAS CON SEMÁFOROS	Cuando una parada en el lado cercano (LC) es seguida por dos o mas intersecciones coordinadas progresivamente, entonces la siguiente parada debe ubicarse en el lado lejano.	Permitirá una reducción en los tiempos de recorrido de hasta un 25%.	
	Para cualquier longitud de fase de semáforos y demoras en la parada, la alternancia de paradas LC y LL resultan por lo menos iguales y generalmente menores que las tendencias a contar con una sola ubicación.		

Fuente: *Elaboración propia a partir de recomendaciones de Valdes (1988:840), Molinero y Sánchez (2003:116).*

2.3 Distancia entre paradas

El no contar con paradas definidas puede generar los siguientes problemas:

a) Al estar ubicada la parada en lugares donde existe gran flujo vehicular provoca inseguridad tanto para la unidad de transporte como para el peatón ocasionando retardos en el tiempo de viaje.

b) Si las paradas son muy frecuentes, se pierde tiempo adicional en cada una de ellas y se aumenta el costo de operación.

c) Las paradas indefinidas no cuentan con las instalaciones adecuadas para que el usuario haga su espera más confortable.

El definir la distancia que debe tener cada parada es importante debido a que si es muy lejana, se corta el número de éstas y se reduce el costo de operación pero aumenta las distancia que el usuario tiene que caminar hasta la parada por lo que aumenta su tiempo de viaje.

SEDESOL (S\AÑO:57) propone una gráfica para obtener la distancia óptima entre paradas (xot) en función de la densidad de ascenso y descenso la cual se muestra en la Figura 2.4.

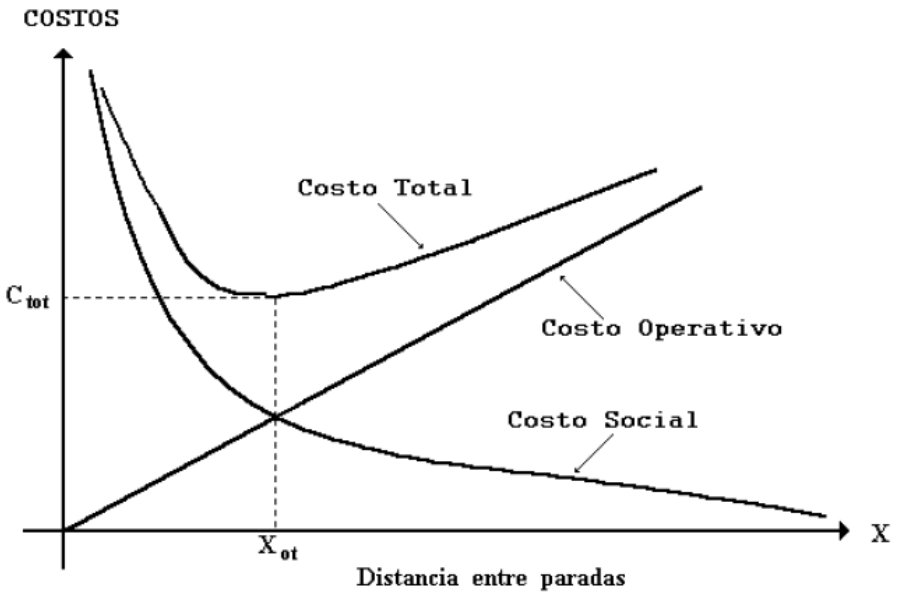


Figura 2.4 Distancia entre paradas y costos.

Fuente: *SEDESOL (S\AÑO:57).*

Como podemos observar existe una distancia óptima (*xot*) para la cual se obtiene un costo total mínimo (Ctmin). Esta distancia nos indica el rango de distancias aceptables: normalmente distancias de -25% hasta +30% del óptimo el cual no afecta significativamente el costo total.

En casos de densidad de ascenso y descenso elevada, la recta de costos peatonales es más inclinada, resultando una distancia óptima menor.

BASE MATEMÁTICA:

- **Costo de Caminar:**

El pasajero normalmente, escoge la parada más próxima, por lo que su recorrido máximo caminando paralelo al derrotero es la mitad de la distancia entre paradas. Como el mínimo es cero, si suponemos una demanda uniforme a lo largo de un tramo, concluimos que la distancia media es de 1/4 de la distancia entre paradas.

Dividiendo la distancia media por la velocidad media caminando, se calcula el tiempo promedio por pasajero que, multiplicado por el número de pasajeros y por los costos – hora social de caminar, tiene como resultado el costo de caminar:

x= distancia entre paradas, km

vp= velocidad de caminar, km/h

dp= densidad de subida + bajada de pasajeros en un tramo (supuesta uniforme) por unidad de tiempo, pas/(km-h)

Cp= costo social de caminar, $/(pas-h)

L= longitud del tramo

$Cp(x)$= costo total de caminar paralelo a la ruta, para los pasajeros que suben y bajan en el tramo L, $/h

$$Cp(x) = L * \frac{x * dp * cp}{4vp}$$

- **Costos de operación y sociales de los pasajeros en los colectivos**

El costo es función del tiempo perdido en cada parada, multiplicado por el número de paradas en el tramo y por la suma de pasajeros y autobuses ponderados por su respectivo costo social y operativo.

El número de paradas en el tramo es dado por:

$$np = L/x$$

Asimismo, se supone que los colectivos solo paran si hay pasajeros.

La fricción de paradas donde hay pasajeros es estimada por:

$$rp = pm/(1 + pm)$$

donde:

pm es el número promedio de pasajeros subiendo y bajando en cada parada, o sea, si pm es próximo a cero, la fracción de paradas es casi igual (poco debajo de *pm*), pero si *pm* es grande, *fp* se aproxima a 1, o sea, casi siempre el autobús se detiene.

Para calcular pm, verificamos cuantos pasajeros por hora suben y bajan en promedio en cada parada y dividimos por el número de colectivos que pasan en una hora.

A cada parada se agrupan para subir o bajar (*s*+*b*) pasajeros correspondientes a la distancia promedio x entre paradas ($x/2$ en cada dirección).

$$pas = \left(\frac{x}{2} + \frac{x}{2}\right) * dp = x * dp = pasajeros\ (s + b)\ por\ punto\ por\ hora$$

$$pm = pas/f \qquad \text{ó} \qquad pm = x * dp/f$$

Donde *f*=frecuencia de colectivos que parar por cada hora.

Debemos excluir del cálculo de f, los colectivos que por reglamentación no usan la parada siendo:

n = ocupación o número promedio de personas por colectivo en el tramo.

co = costo de operación por hora adicional perdida de colectivo.

cv = costo social de la hora de viaje en colectivo, por pasajero.

De esta forma puede calcularse:

$$Ctu = co + n * cv$$

$$= costo\ total\ (social\ más\ de\ operación) de\ una\ hora\ perdida\ por\ el\ colectivo.$$

Para calcular el costo de las paradas debemos considerar además "tp", el tiempo adicional perdido por el colectivo en la parada; tp no incluye el tiempo de subida y bajada de los pasajeros, porque los pasajeros tendrían que subir o bajar en algún punto y ese es un tiempo esencial en la función del transporte. Consideran como tiempos adicionales el frenar, abrir las puertas, esperar que se inicie la operación de ascenso y/o descenso, cerrar las puertas y partir, hasta alcanzar nuevamente la velocidad normal.

El costo de todas las paradas de todos los colectivos en el tramo es igual al producto de:

np = número de paradas.

rp = fracción de paradas.

tp = tiempo adicional perdido en cada parada, no incluyendo el tiempo de subidas y bajadas.

f = frecuencia de colectivos

Ctu = costo total de una hora de colectivo

$Cc(x) = np * rp * tp * f * Ctu$ o sustituyendo por las fórmulas anteriores:

$$Cc(x) = L * \frac{(co + n * cv) * tp * f}{x + f/dp}$$

Además de estos costos, tenemos que considerar los costos de implementación, operación y mantenimiento de los paraderos y los beneficios posibles para los usuarios de esperar en una parada, relativos a la protección contra sol, lluvia, o comodidad de poder esperar sentado.

- **Costo de parada**

$$Cpa(x) = L * cpa/x$$

Donde L/x es el número de paradas en el tramo y Cpa es el costo de cada parada

- Beneficio de la parada:

Si admitimos que esperar en la pada es más cómodo que en la calle, se reduce el costo social de la espera; siendo:

te = tiempo promedio de espera por pasajero

dps = demanda de pasajeros que bajan por kilómetro en el tramo considerando a lo largo de todo el día, dps es aproximadamente igual a la mitad de dp.

ce = costo de espera normal (sin paradero)

kr = reducción en fracción, del costo de espera.

El beneficio por hora en el tramo se representa por:

$$Bp = L * dps * ce * te * kr$$

El costo total de las paradas se representa por la suma de las cuatro partes:

$$Ctp(x) = Cp(x) + Cc(x) + Cpa(x) - Bp$$

El mínimo de la función $Ctp(x)$ nos da el valor óptimo de la distancia entre paradas, pero este mínimo debe todavía ser comparado con el costo de no poner paradas, o sea, paradas libres, que es expresado por:

$Ctp0 = Cc(0);$ las demás partes son nulas.

Las fórmulas anteriores permiten obtener para cada tramo la distancia ideal entre paradas, el punto donde el costo total es mínimo y decidir si las paradas son necesarias.

A continuación se muestra los procedimientos simplificados, cuando no se conocen todos los costos:

Definiendo:

$x1 = f/dp$ = distancia promedio entre pasajeros que suben y bajan por vehículo, igual a la distancia entre paradas, cuando estas son libres y el colectivo se detiene cuando sea necesario para que los pasajeros suban y bajen:

$x2 = 4 * vp * tp(co + n\ cv)/ce$ y $y = x1/x2$,

podemos obtener el valor de x óptimo por:

$x * ot = kot * x2$, donde kot es una constante función de "y" conforme a la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Obtención de distancia ideal, reducción de costo y paradas no obligatorias.

y	kot	Pasajeros por parada	Reducción de costos (%)	
0.01	0.093	9.3	80	
0.02	0.126	6.3	73	
0.03	0.149	5.0	67	
0.04	0.167	4.2	63	
0.05	0.182	3.6	59	
0.06	0.195	3.2	56	
0.07	0.206	2.9	52	
0.08	0.215	2.7	49	
0.09	0.224	2.5	47	
0.10	0.232	2.3	45	
0.12	0.245	2.0	40	
0.15	0.261	1.7	35	
0.20	0.279	1.4	27	
0.25	0.295	1.2	20	
0.30	0.300	1.0	15	
0.35	0.306	0.9	10	Parada no obligatoria
0.40	0.310	0.8	6	Parada no obligatoria
0.45	0.313	0.7	3	Parada no obligatoria
>0.45		Paradas no obligatorias		

Fuente: *SEDESOL (S\AÑO:61).*

Asimismo se indica, si aplicada la distancia calculada, cuantos pasajeros en promedio (suben+bajan) en cada parada, por vehículo que pasa. En la última columna se indica la reducción obtenida en el costo total de caminar (pasajeros a pie) y caminar (pasajeros y colectivos), en relación a las paradas libres. Como se ve, para valores iguales superiores a 0.35, se gana menos del 10% y ya no es obligatoria la parada.

A falta de estudios, encuestas o datos específicos, adoptar:

		Microbús	Autobús	
cp = 2.5	cv = 1.6	co = 12.2,	18.3	Pesos, abril de 93

vp = 4 km/h tp = 12 segundos = 0.00333 h

Ejemplo:

dp = 20 pas/km f = 4 n = 40, transporte en autobús

$x1$ = 5/20 = 0.2 $x2$ = (4 * 4 * 0.00333(18.3 + 40 * 1.6)/2.5 =1.76

y = 0.2/1.76 = 0.114 y de la tabla obtenemos kot = 0.241 y

xot = 1.76 * 0.241 = 424 metros

Si el transporte es en micro, con el doble de frecuencia y la mitad de pasajeros en unidad, obtenemos:

f=8 n=20 $x1$=8/20=0.4 $x2$=0.4*4*0.00333*(12.2+20*1.6)/2.5= 0.943

y = 0.4/0.943 = 0.42 kot = 0.311

xot = 0.943 * 0.311 = 293 metros, pero la parada en este caso no es obligatoria.

2.4 Diseño de las paradas

Una parada debe estar diseñada de tal manera que sea capaz de alojar la unidades simultáneamente en la hora de máxima demanda, así como el espacio para maniobrar la entrada y salida de la parada.

En la tabla 2.7 se presenta las diferentes longitudes para cada ubicación de parada.

Tabla 2.7 Longitud de parada.

UBICACIÓN DE PARADA	LONGITUD	OBSERVACIONES
Después de la intersección	30m y un mínimo de 25m	Medidos desde la parte posterior del autobús estacionado hasta el inicio del primer cajón de estacionamiento. Esta dimensión deberá incrementarse después de una vuelta a la derecha.
Antes de la intersección	Entre 28 y 32 m	Medidos desde la parte frontal del autobús hasta el frente del último vehículo estacionado.
A la mitad de la cuadra	Entre los 40 y 50 m	Medidos desde la parte frontal del último vehículo estacionado hasta la parte posterior del próximo.

Fuente: *Elaboración propia a partir de recomendaciones de Molinero y Sánchez (2004:125).*

Las guarniciones deberán contar con radios mínimos de 8–10 m, para evitar que las unidades de transporte invadan otros carriles o se suban a la banqueta cuando den vuelta a la derecha.

Las paradas múltiples a lo largo de la acera, pueden ser de tres tipos en función de las llegadas y salidas de las unidades de transporte público:

1. Sin permitir el adelantamiento de unidades.
2. Permitiendo salidas independiente pero no las llegadas independiente.
3. Permitiendo llegadas y salidas independientes.

Las paradas en forma de sierra se ajusta mejor a la geometría de llegada y salida de un vehículo con lo que se logran maniobras más rápidas, fáciles y seguras. Asimismo, requieren de una menor distancia por parada, aun cuando requieran de obras y espacio suficiente en el área de la acera.

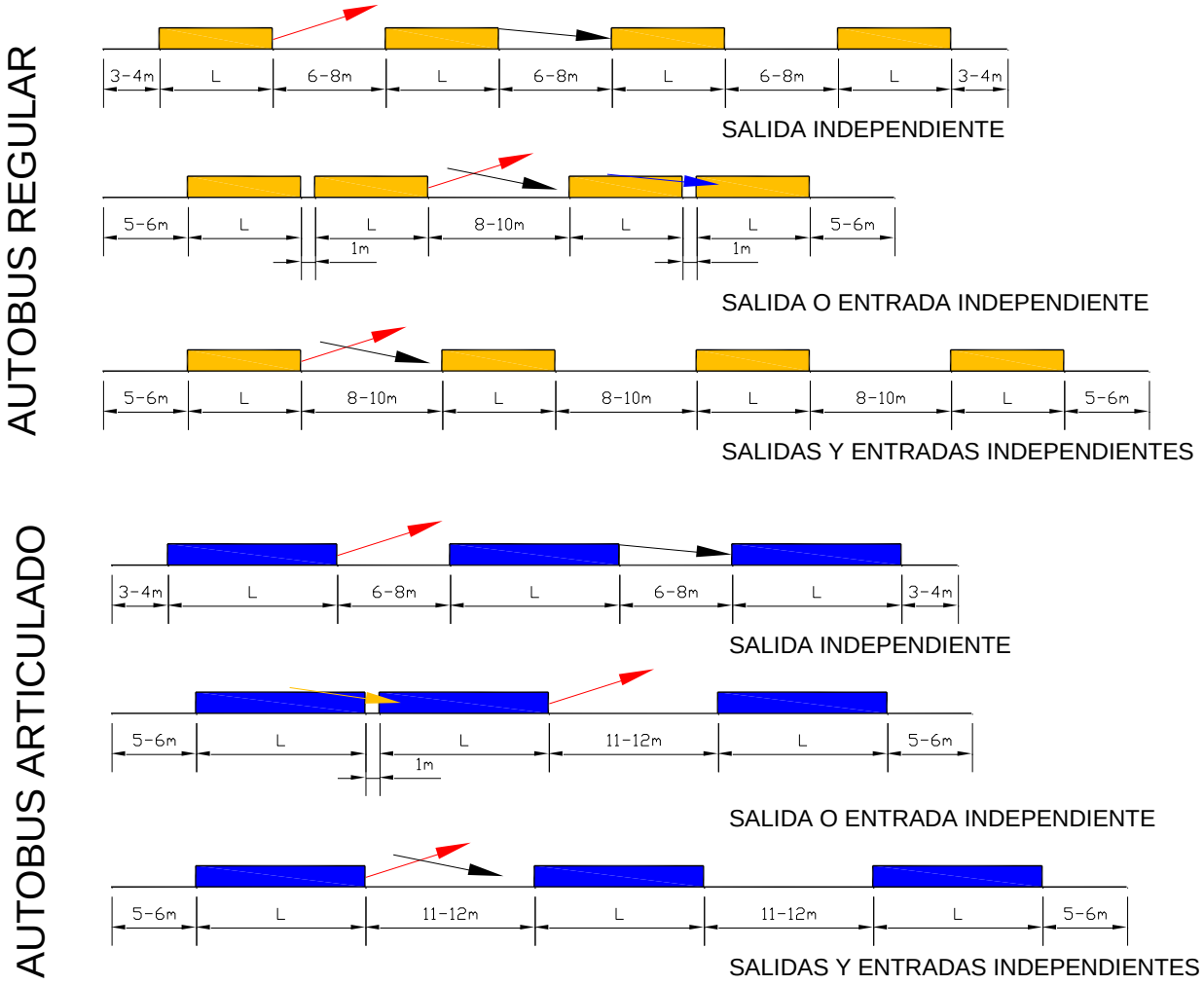


Figura 2.5 Dimensionamiento de un paradero longitudinal.

Fuente: *VÖV/VDA. Bus – Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb. Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1979.*

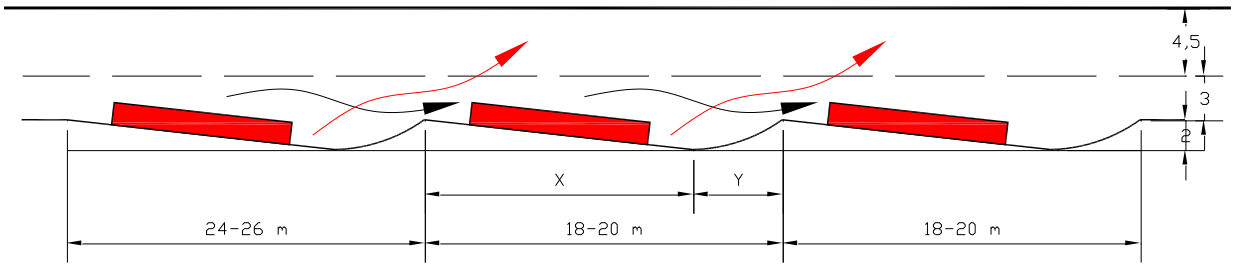


Figura 2.6 Dimensionamiento de una parada de autobuses en forma de sierra.

Fuente: *Vukan R. Vuchic. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc., 1981.*

2.5 Paradas fuera de la vía pública

Bahías

La gran utilidad que tienen las bahías es que no requieren de una inversión costosa, lo único que se necesita es contar con accesos adecuados y considerando la velocidad de aproximación a la que arriba el vehículo y en cuanto a la salida el radio de giro que requiere la unidad de trasporte.

Algunas de las ventajas que se pueden tener son las siguientes:

- Pueden complementarse con el manejo de áreas de estacionamiento.
- Facilita el cruce del peatón y lo protege mientras espera cruzar la calle.
- Facilita los movimientos direccionales y su inversión no es costosa.
- Facilita el ascenso y descenso de los usuarios sin afectar el tránsito vehicular contiguo.

Molinero y Sánchez (2004:130) menciona las siguientes recomendaciones que se deben considerar para el diseño de bahías:

- El ancho mínimo de las bahías debe ser de 3 m.

- El estacionamiento adyacente a esta bahía debe ser prohibido.

- La salida y entrada de la unidad debe ser realizada con facilidad.

- Las bahías a mitad de cuadra incluye requerimientos de curvas de transición compuestas. El espacio requerido para una posición se ubica entre los 45 y 60 m motivo por el cual es recomendable en aquellas cuadras que presentan longitudes entre 120 y 180 m.

- Las bahías ubicadas en el lado cercano requieren para una posición de un mínimo de 15 m más 18 a 24 m de espacios de transición. El radio de las curvas se recomienda de 30 m con una tangente corta.

- Las bahías en el lado lejano deben ofrecer una longitud de 15 m para el posicionamiento del autobús más 12 a 18 m de distancia de transición. Se recomienda el uso de un radio de 7.5 a 15 m en la salida de la bahía, seguida de una tangente corta y un radio de 15 a 30 m a la entrada de la vialidad principal.

- Es recomendable que el área ocupada por una bahía cuente con un pavimento cuyo color y / o textura contraste con el de la vialidad. Así también, en la señalización horizontal deberá incluirse una línea blanca separadora continua de 15 a 20 cm de ancho. La señalización vertical mínima deberá incluir la prohibición de estacionamientos dentro de la bahía así como la ubicación del punto de parada.

2.6 Indicadores

Algunas definiciones de indicadores

Los indicadores se definen como un índice o un medio ideado para reducir una gran cantidad de datos hasta su forma más simple. (Ott, 1978). Los indicadores proporcionan orientación para medir entre sus muchas complejidades (Bossel,1999).

Los indicadores deben ser un subconjunto simple, justificado y precisa de las observaciones que informan las decisiones y acciones directas (Brugmann, 1997).

2.6.1 Metodología para la elaboración de indicadores

La selección adecuada de indicadores efectivos es fundamental para el éxito de un sistema de evaluación, por lo que se debe comprender todo el sistema integral de un paradero e identificar los indicadores representativos.

Para poder determinar los indicadores que evaluaran la eficiencia de paraderos del sistema de transporte público de autobuses urbanos en el municipio de Santiago de Querétaro, se requiere hacer una recopilación de información sobre las condiciones físicas del área de estudio. Se determinan los factores que intervienen en el diseño de paraderos con el fin de hacer comparativas. La metodología utilizada es la siguiente:

Definir el objetivo que tiene un paradero.

1. Establecer las condiciones que intervienen en el diseño y las necesidades que deben de cubrir para satisfacer las necesidades a los usuarios.

2. Evaluar los indicadores con respecto a las características deseables de los paraderos.

Una vez que se haya determinado los indicadores, el sistema de calificación está listo para la ejecución y aplicación.

2.7 Modelos de toma de decisiones

Al evaluar un proyecto, el enfoque de múltiples criterios se utiliza a menudo. Sin embargo, debido a la falta de información o limitaciones, suele ser vaga y difusa. Además, en un proceso de tomar decisiones en grupo, cada experto suele tener sus propias opiniones o diferentes rangos de punto estimados para cada criterio. Así, para encontrar una función consenso del grupo para rangos de opinión común es un tema importante para conocer el método que se utilizara.

2.7.1 Método Delphi

Es una decisión grupal que utiliza el procedimiento iterativo para obtener el valor de convergencia de las opiniones de expertos, el método Delphi puede ayudarnos a obtener de los expertos consenso de los problemas para predecir futuras actividades.

En la Figura 2.7, el área de (a,b) representa un rango aceptable. Si las opiniones de los expertos no están dentro de este intervalo (a,b), a continuación se les pide a los expertos revisar sus opiniones lo cual se hará una y otra vez hasta que todas estén dentro del rango del área de (a,b) que resulta de las opiniones.

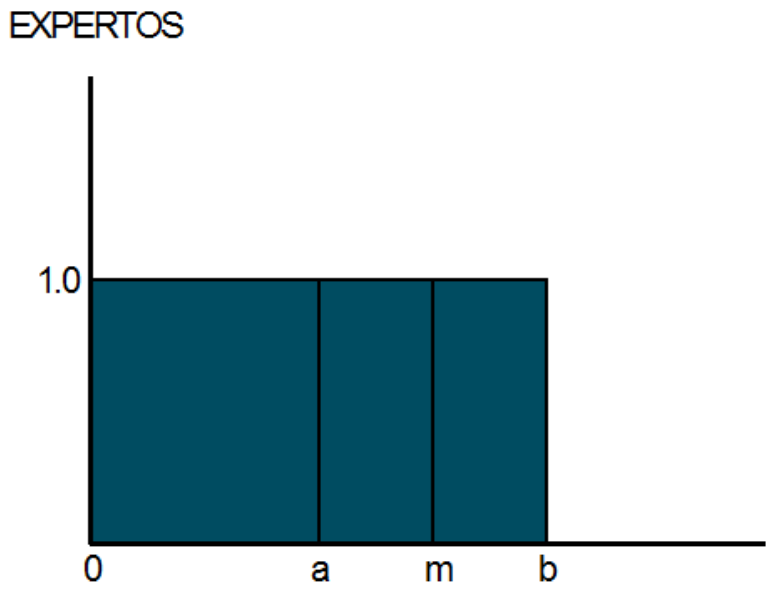


Figura 2.7 Concepto Delphi.

Fuente: *Tsuen–Ho Hsu (1999:234).*

Sin embargo este método tiene algunas desventajas la cuales son las siguientes:

1. El proceso de iteración requiere de tiempo.
2. Es un método de alto costo.
3. Es un concepto de dos valores de la lógica, la que se encuentra en el rango del área de (a,b) la cual es fácilmente ignorado, que las opiniones más alejadas de ese rango.
4. Los cuestionarios de retorno con frecuencia están en porcentajes bajos.
5. Las opiniones de los expertos son fácilmente distorsionadas en el proceso de la iteración de convergencia.

2.7.2 Método Fruzzy Delphi

La integración de las opiniones de los expertos es un concepto de agregación y su función exacta y fácil de obtener. Así que el tradicional método Delphi tiene que utilizar un procedimiento iterativo para obtener el consenso de los expertos. Para optimizar el modelo, se utilizan funciones de agregación de operación y la teoría de conjuntos para desarrollar el nuevo método Fuzzy Delphi.

Formalmente, cualquier operación de agregación de n fruzzy conjuntos (n $\geq$ 2) se define por la función

$$h : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$$

Cuando se aplica a los conjuntos fuzzy A_1, A_2,.....,A_n se define x, función de h produciendo un agregado fuzzy conjunto A mediante una operación en los grados de pertenencia a estos grupos para cada x ϵ X. Así

$$A(x)=h(A_1(x),A_2(x),...,A_n(x))$$

Para cada x ϵ X. Las funciones h que satisfacen (1) se suelen llamar un promedio de las operaciones. (Klir y Yuan, 1995).

$$min\ (a1,a2,...,an) \leq h\ (a1,a2,...,an) \leq max\ (a1,a2,...,an) \qquad (1)$$

para cada $ai \in [0,1]$

Las operaciones promedio que cubre el intervalo entre el mínimo y el máximo se compone de medios generalizados

$$h_\alpha\ (a_1,a_2,...,a_n) = ((a_1^\alpha + a_2^\alpha + ...+a_n^\alpha)/n)^{1/\alpha} \qquad (2)$$

Cuando α ϵ R ($\alpha \neq 0$) y ai $\neq$ 0 para toda i ϵ Nn cuando α > 0; α es un parámetro por el cual se distinguen los diferentes medios.

- Cuando $\alpha \rightarrow 0$

$$h_{\alpha}(a_1,a_2,\ldots,a_n) = (a_1 * a_2 * \ldots * a_n)^{1/n} \qquad (3)$$

que es la media geométrica;

- Cuando $\alpha \rightarrow -\infty$

$$h_{\alpha}(a_1,a_2,\ldots,a_n) = \min(a_1,a_2,\ldots,a_n) \qquad (4)$$

que es el límite inferior

- Cuando $\alpha \rightarrow \infty$

$$h_{\alpha}(a_1,a_2,\ldots,a_n) = \max(a_1,a_2,\ldots,a_n) \qquad (5)$$

que es el límite superior

- Cuando $\alpha = 1$

$$h_1(a_1,a_2,\ldots,a_n) = (a_1 + a_2 + \ldots + a_n)/n \qquad (6)$$

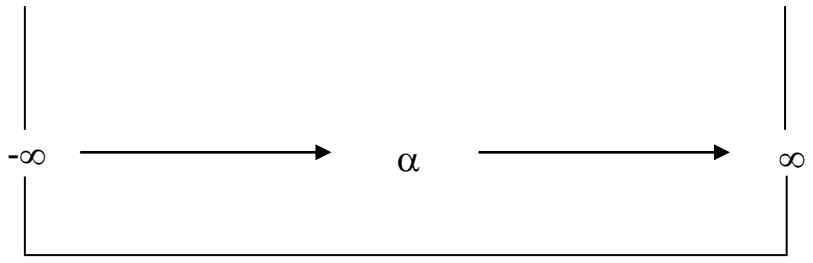
que es la media aritmética

- Cuando $\alpha = -1$

$$h_{-1}(a_1,a_2,\ldots,a_n) = n\,(1/a_1 + 1/a_2 + \ldots + 1/a_n) \qquad (7)$$

que es la media armónica

De la Figura 2.8, sabemos que el límite inferior de las operaciones de agregación es la operación de minutos, el límite superior es el funcionamiento máximo, y las demás acciones se encuentran entre el límite inferior y el límite superior. En este trabajo, un valor de pertenencia diferente se les dará a cada operación para construir un número triangular y por lo tanto para desarrollar el concepto fuzzy Delphi. Este concepto se muestra en la Figura 2.9.



min **Figura 2.8** Alcance del medio genera máx

Fuente: *Klir y Yuan,(1995:235).*

L en éste caso se utiliza para denotar el valor mínimo del consenso de los expertos y U para indicar el valor máximo del consenso de los expertos en contra. L y U son por lo tanto los valores extremos ($\alpha \rightarrow -\infty$ y $\alpha \rightarrow \infty$). Los valores de miembro de la U y L son 0, ya que rara vez son adoptadas. En la Figura 2.8, sabemos $\alpha \in (-\infty,\infty)$ y $\alpha \rightarrow 0$ denota el valor medio del conjunto universal y su función promedio es la media geométrica. Además, en el mundo real la media geométrica se utiliza generalmente para referirse a un consenso de los expertos en tomar decisiones en grupo (Saaty, 1980). M se define como la media geométrica y su valor de pertenencia es 1. De L a M y de la M a U denotar cualquier operación de agregación (o cualquier tipo de consenso de expertos), los valores los dan diferentes miembros, que se muestra en la Figura 2.9.

Veamos el número de fuzzy $A = (L, M, U)_{L-R}$. Puede mejorar la debilidad del tradicional método Delphi, en el que elimina la información externa por el procedimiento iterativo.

$$
\begin{aligned}
&A = (L, M, U)_{L-R} \\
&L = \min (a_1, a_2, \ldots, a_n) \\
&M = (a_1 * a_2 * \ldots * a_n)^{1/n} \qquad (8) \\
&U = \max (a_1, a_2, \ldots, a_n)
\end{aligned}
$$

Donde ai es opinión i expertos, $i = 1,2,\ldots,n,\ ai > 0.$

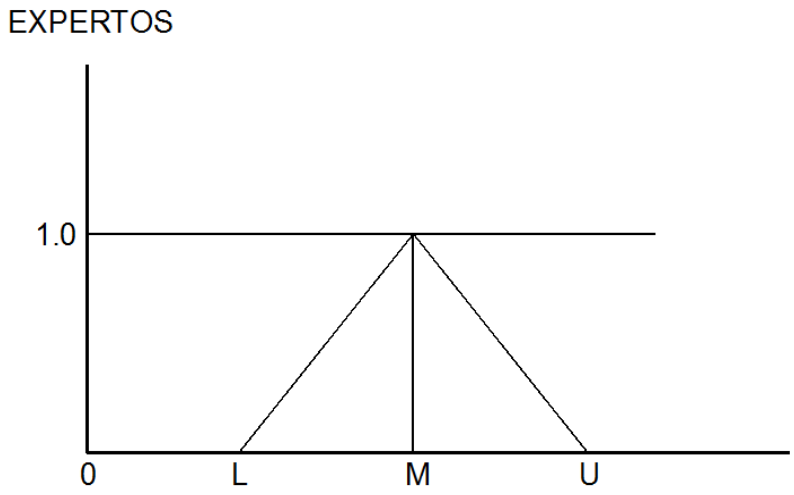


Figura 2.9 Concepto de Fruzzy Delphi.

Fuente: *Tsuen–Ho Hsu (1999:236).*

2.7.3 Método Fruzzy Delphi AHP

En este modelo, el método de la media geométrica se utilizará para calcular ponderaciones fuzzy y las puntuaciones de rendimiento. Este método se utiliza porque es fácil para el caso fuzzy y garantiza una solución única a la matriz de comparación recíproca. Usamos el método anterior de Delphi para construir un número triangular y para representar la relación expresada por la toma de decisiones.

2.7.4 Método media geométrica

Este método evalúa el peso lo cual hace que se elija por simplicidad y facilidad en aplicación al caso fuzzy.

Teniendo la matriz positiva de comparación como

$$A = \begin{pmatrix} a11 & a12 & \dots & a1n \\ a21 & a22 & \dots & a2n \\ an1 & an2 & \dots & ann \end{pmatrix}$$

La media geométrica de cada fila se calcula como:

$$Zi = [ai1 * ai2 * ... * aij]^{1/n}, \qquad j=1,2,,...n. \qquad (9)$$

El peso Wi es calculado como:

$$Wi = Zi/(Zi+...+Zn), \qquad Vi \qquad (10)$$

Para facilitar el cálculo del peso fuzzy, las puntuaciones de rendimientos y utilidades, las operaciones aritméticas son presentadas por (Dubois y Prade, 1980: Kaufmann y Gupta, 1985).

Veamos $a_1 = (L_1, M_1, U_1)$ y $a_2 = (L_2, M_2, U_2)$ son dos números triangulares fuzzy.

1) Suma

$$Q = a_1 \quad a_2 = (L_1 + L_2, M_1 + M_2, U_1 + U_2), \qquad (11)$$

Q Sigue siendo un número triangular fuzzy.

2) Multiplicación

$$Q = a \otimes \quad a_2 = (L_1 * L_2, M_1 * M_2, U_1 * U_2), \qquad (12)$$

Q Sigue siendo un número triangular fuzzy.

3) División

$$Q = a_1 \div a_2 = (L_1 / L_2, M_1 / M_2, U_1 / U_2), \qquad (13)$$

Algoritmo

El algoritmo se aplica en la toma de decisiones en grupo. Esto ayuda a minimizar cualquier imprecisión en las opiniones tomadas (pesos fuzzy y puntuaciones de rendimiento fuzzy). Y usando α-corta simula todas las decisiones marcadas (o expertos) tipo consenso.

Paso 1.- La construcción de la matriz de comparación

Al consultar la toma de decisiones y utilizando el método fuzzy Delphi, se obtiene una comparación de la matriz A cuyos elementos, a_{ij}, cada i,j, son números triangulares fuzzy.

$$a_{ij} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij}), \qquad (14)$$

$L_{ij} \leq M_{ij} \leq U_{ij}$, y $L_{ij}, M_{ij}, U_{ij} \in [1/9, 1] \cup [1,9]$,

$L_{ij} = Min\ (a_{ijk}), \quad k = 1,2,3,...,n,$ donde k es la decisión marcada,

$M_{ij} = (a_{ij1} * a_{ij2} * ... * a_{ijn})^{1/n}, \quad U_{ij} = Max\ (a_{ijk}), k = 1,2,3,...,n)$

Paso 2.- Cálculo del peso

La media geométrica de cada fila se determina como:

$$Z_i = [a_{i1} \otimes a_{i2} \otimes ... \otimes a_{in}]^{1/n}, \qquad Vi \qquad (15)$$

El peso fuzzy W_i se da como:

$$W_i = Zi \div (Z_1 \oplus Z_2 \oplus . \oplus Z_n), \qquad i = 1,2,...,n \qquad (16)$$

Paso 3.- Calculo de utilidades

Los pesos fuzzy W_i fuzzy puntajes de desempeño r_{ij} se agregan como un problema fuzzy MADM. Las utilidades fuzzy U_i, para toda i, son obtenidas sobre la base de

$$U_i = W_1 \otimes r_{1i} \oplus W_2 \otimes r_{2i} \oplus ... \oplus W_n \otimes r_{ni}, \qquad Vi \quad (17)$$

Paso 4.- Rango de orden de U_i

El uso generalizado de medios para desarrollar el método fuzzy Delphi para integrar múltiples opiniones de tomadores de decisiones, también solo α-cuts puede denotar una determinada operación de agregación; después de eso, podemos conocer las alternativas de orden de clasificación en la agregación de diferentes opiniones. Se puede simular el comportamiento de los tomadores de decisiones y el medio ambiente diferentes en el mundo real. El concepto de una α-cuts que se muestra en la Figura 2.10.

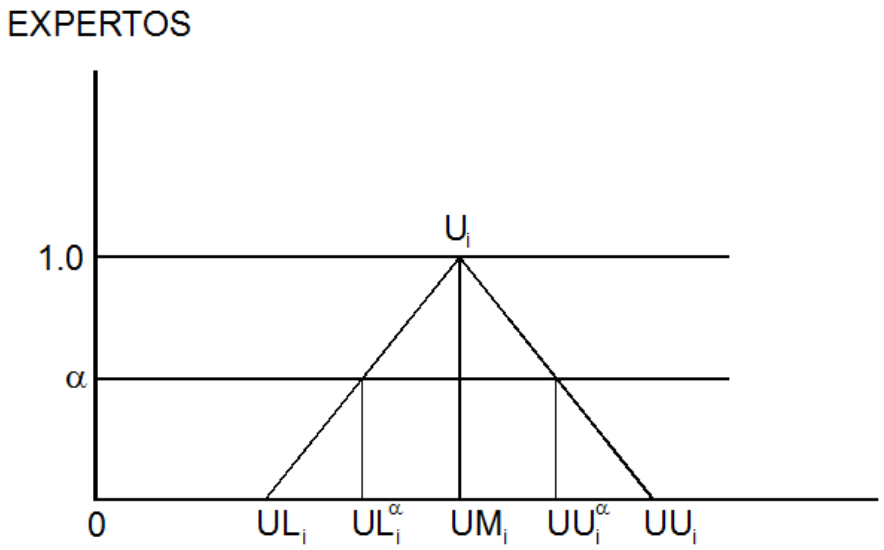


Figura 2.10 Concepto α-cuts.

Fuente: *Tsuen–Ho Hsu (1999:239).*

La utilidad fuzzy $U_i = (UL_i, UM_i, UU_i)$. Entonces

$$U_i^{\alpha} = \lambda\, UL_i^{\alpha} + (1 - \lambda)\, UU_i^{\alpha} \qquad 0 \le \alpha \le 1,\ 0 \le \lambda \le 1,$$

$$UL_i^{\alpha} = (UM_i - UL_i)\, \alpha + UL_i, \qquad UU_i^{\alpha} = -\,(UU_i - UM_i)\, \alpha + UU_i \qquad (18)$$

Cuando α representa α-cuts y, λ el índice de pesimismo de quien toma las decisiones.

Si λ = 1, pesimismo absoluto, entonces $U_i^{\alpha} = UL_i^{\alpha}$ (estos medios de toma de decisión usan el mínimo criterio para elegir la alternativa).

Si λ = 0, optimismo absoluto, entonces $U_i^{\alpha} = UU_i^{\alpha}$ (estos medios de toma de decisión usan el máximo criterio para elegir la alternativa). El criterio de clasificación es tal que cuanto mayor sea el valor U_i^{α}, mejor será la alternativa.

Si los responsables tienen diferentes puntos de vista para λ, podemos demostrar que:

1) De acuerdo con la ecuación (18), entra diferente el valor λ. Si el resultado de la clasificación revela la misma prioridad, que sólo refleja los puntos de vista de la toma de decisiones diferentes no tiene sentido realizar cualquier compromiso de solución. Cada toma de decisiones será conseguir el respeto en el proceso de decisión. Si el resultado de la clasificación revela una prioridad diferente, podemos calcular la frecuencia relativa de cada prioridad, y luego implementar la alternativa.

2) Calcular la media de todos los valores λ para denotar punto de vista de los censos de toma de decisiones.

Paso 5.- El análisis de sensibilidad

Por debajo de λ, el valor de α se da 0, 0.1, 0.2, ... , 1.0, de tal manera que podemos realizar un análisis de sensibilidad, ayudando a entender cómo las diferencias de consenso (las operaciones de agregación) clasifican la influencia de alternativa.

Como podemos observar los modelos de decisión, como proceso de análisis jerárquico es una herramienta que se pueden utilizar para dar prioridad a los componentes de decisiones complejas. La aplicación de un modelo de toma de decisiones es un paso necesario en el desarrollo de sistemas de valuación. El modelo seleccionado se puede utilizar para priorizar y asignar los créditos de puntos basados en la importancia del crédito para el desarrollo sostenible.

2.7.5 Método del Proceso de Jerarquía Analítica

El Proceso de Jerarquía Analítica fue desarrollado por Saaty (1982), es un método de toma de decisiones para priorizar alternativas. El enfoque se basa en estructurar problema en forma de jerarquía, es decir; por conjuntos de niveles. Por ejemplo, una jerarquía tendrá por lo menos tres niveles: el objetivo, criterios y las alternativas.

La ventaja principal del AHP es el uso de comparaciones por pares para obtener una escala, ésta escala es un medio que nos permite medir factores tangibles como intangibles.

Otra ventaja importante del AHP es que permite la inconsistencia en el juicio. Sin embargo, AHP también mide el grado de éstas inconsistencias y establece un nivel de tolerancia aceptable para el grado de incompatibilidad de 0.10.

Los pasos para el AHP son los siguientes:

1. **Diseño de jerarquía (Descomposición):** El problema se representa por jerarquías, en la que se compone cada nivel en elementos específicos. El objetivo general es representado gráficamente en la

parte superior de la jerarquía, los criterios, subcriterios y alternativas que representan los niveles descendientes sucesivos.

2. **Procedimiento de asignación de prioridades:** Este procedimiento es para determinar la importancia de los elementos de cada nivel. El AHP se utiliza para hacer mediciones a través de comparaciones por pares de criterios y de alternativas o por rating (calificación) de las alternativas con respecto a los criterios. Los niveles de calificación, tales como “excelente”, “muy buena”, “media”, “insuficiente” y “muy pobres” se especifican para cada criterio, con el fin de establecer las prioridades (pesos) para cada nivel.

3. **Cálculo de los resultados:** Una vez asignado las calificaciones a cada nivel se dividen por el peso de la calificación máxima de este criterio para determinar el peso a escala. Dentro de cada criterio, cada alternativa se le asigna un nivel de calificación y su correspondiente escala de peso. El peso final de una alternativa es la suma de todos los criterios.

4. **Análisis de sensibilidad:** Se trata de un proceso de pruebas “what-if” para determinar la estabilidad de los resultados a los cambios en la importancia de los criterios.

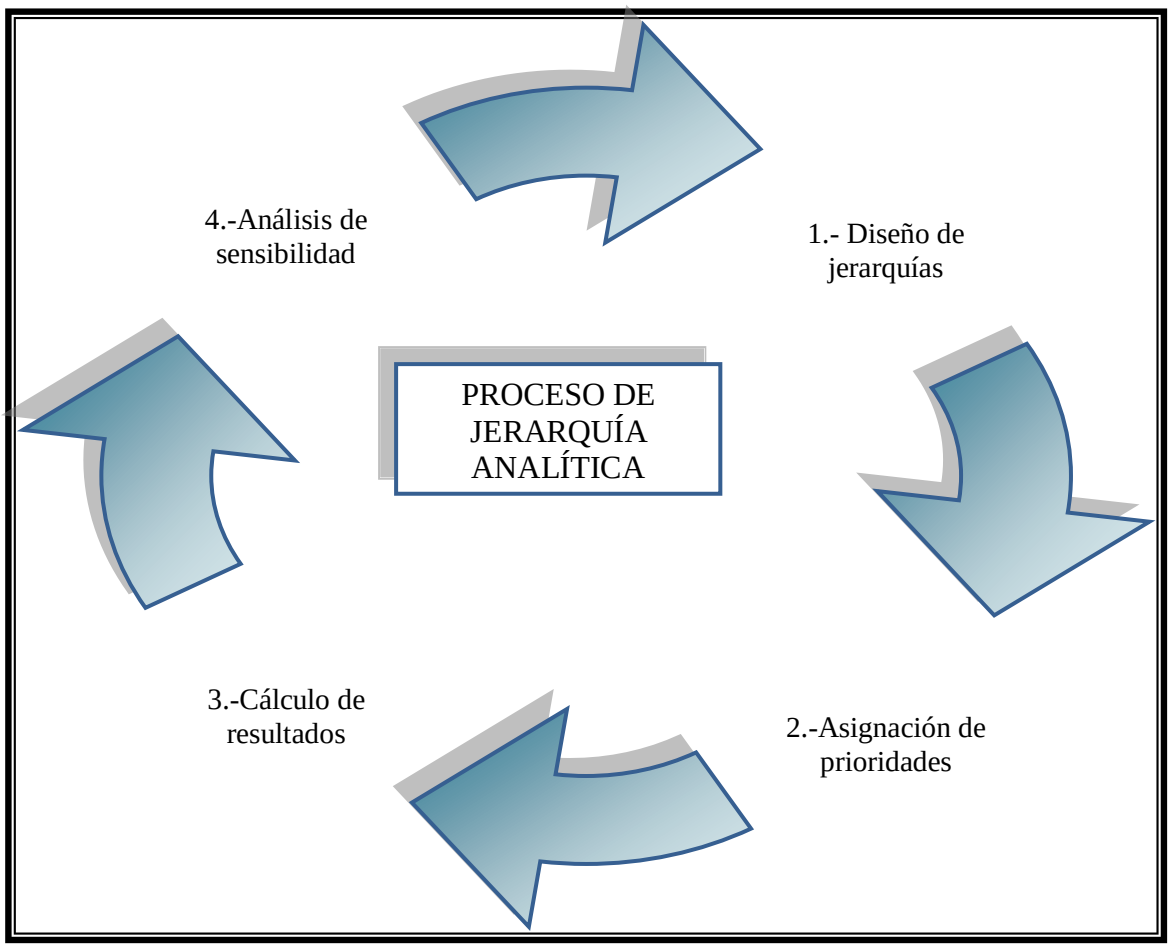


Figura 2.11 Proceso de Jerarquía Analítica.

Fuente: *Elaboración propia.*

3. METODOLOGÍA

Para la asignación de pesos que tendrá cada indicador se usara el software EXPERT CHOICE el cual se llevara a cabo mediante la siguiente metodología:

Figura 3.1 Metodología para la asignación de pesos para los indicadores.

Fuente: *Elaboración propia.*

1.- Definición de los elementos que intervienen en el diseño de un paradero. Una parada involucra desde el tiempo que tarda la unidad de transporte para el ascenso y descenso de los pasajeros y continuar su camino, su ubicación, del diseño de la infraestructura del paradero como son; el acceso a la unida, la distancia de la unidad a la acera, la altura de la acera a la unidad debido a que esto influye en el tiempo así como la geometría de la vialidad, las condiciones y si se cuenta con el diseño que se requiere en la zona.

2.- Establecimiento de la estructuración de la jerarquía. En base a los elementos que intervienen en el diseño de un paradero, se estableció la siguiente estructuración jerárquica.

Tabla 3.1 Indicadores para paraderos por jerarquía.

TIEMPO	Tiempo de ascenso- descenso de pasajeros
	Tiempo requerido para efectuar la parada
	Tiempo requerido para efectuar la salida
	Visibilidad del conductor
UBICACIÓN	Antes de la intersección
	Después de la intersección
	A media cuadra
	Paradas con coordinación de semáforos
DISEÑO	Acceso a la unidad
	Distancia de la unidad a la acera
	Altura de la acera a la unidad
	Cobertizo
GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD	Carril exclusivo
	Carril compartido (1 carril)
	Carril compartido (2 carriles)
	Carril compartido (3 o más carriles)
CONDICIONES DE LA VIALIDAD	Flujo de vehículos
	Estado del pavimento
BAHÍAS	Bahía invertida
	Bahía
	Sin bahía
EXPLOTACIÓN DE LA PARADA	Longitud adecuada para el número de unidades
	Llegadas y salidas independientes en cada unidad

Fuente: *Elaboración propia.*

Cada categoría representa un aspecto diferente en el diseño de un paradero, así como los factores viales que intervienen en el.

Los indicadores nos sirve para orientación o dirección, para medir la sostenibilidad entre muchas complejidades (Bossel, 1999).

3.- Asignación de pesos. En base al proceso de jerarquía analítica en el sector transporte AHP, se efectuarán comparaciones entre los elementos involucrados para obtener sus escalas de prioridades.

Tabla 3.2 Escala de medida.

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA	DEFINICIÓN
1	Igualdad de importancia
3	Importancia moderada de uno sobre otro
5	Importancia fuertes o esenciales
7	Importancia muy fuerte o demostrada
9	Extrema importancia
2, 4, 6, 8	Valores intermedios, recíprocos para la comparación inversa

Fuente: *Rafikul Islam y Thomas L. Saaty (2010:81).*

De acuerdo a los indicadores definidos en la tabla 3.1, se inicia la evaluación de las comparaciones entre los objetivos y sub-objetivos tal como se muestra de la Figura 3.2 a la 3.7.

1. TIEMPO:

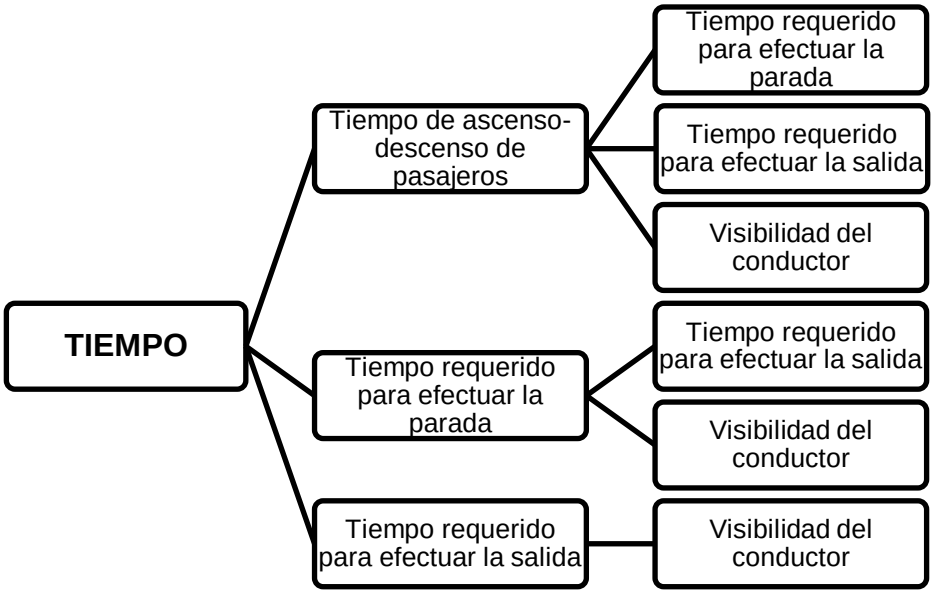


Figura 3.2 Estructuración jerárquica del tiempo.

Fuente: *Elaboración propia.*

2. UBICACIÓN:

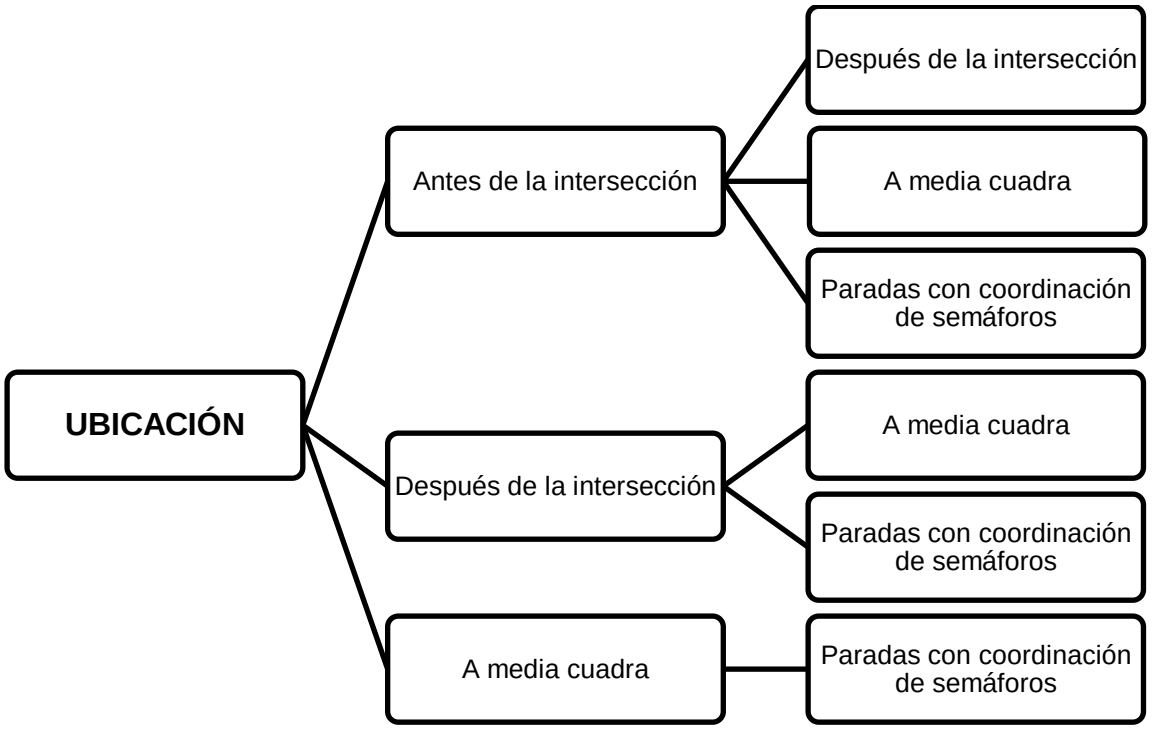


Figura 3.3 Estructuración jerárquica de ubicación.

Fuente: *Elaboración propia.*

3. DISEÑO:

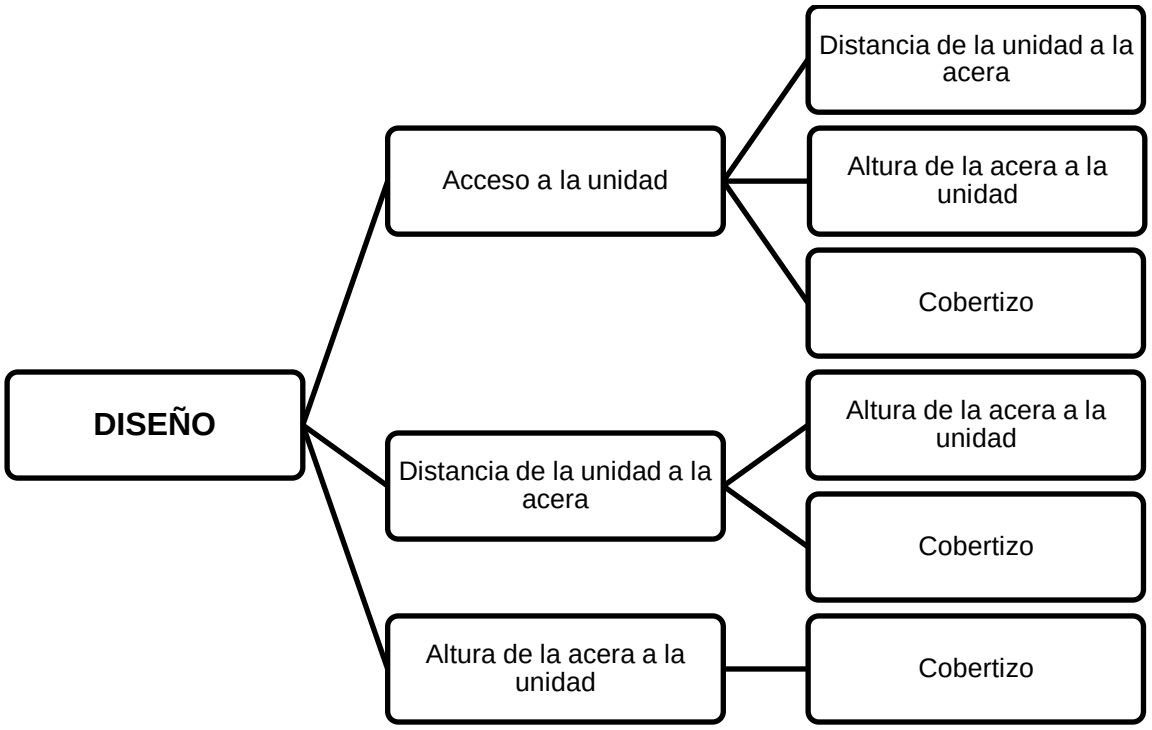


Figura 3.4 Estructuración jerárquica del diseño.

Fuente: *Elaboración propia.*

4. GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD:

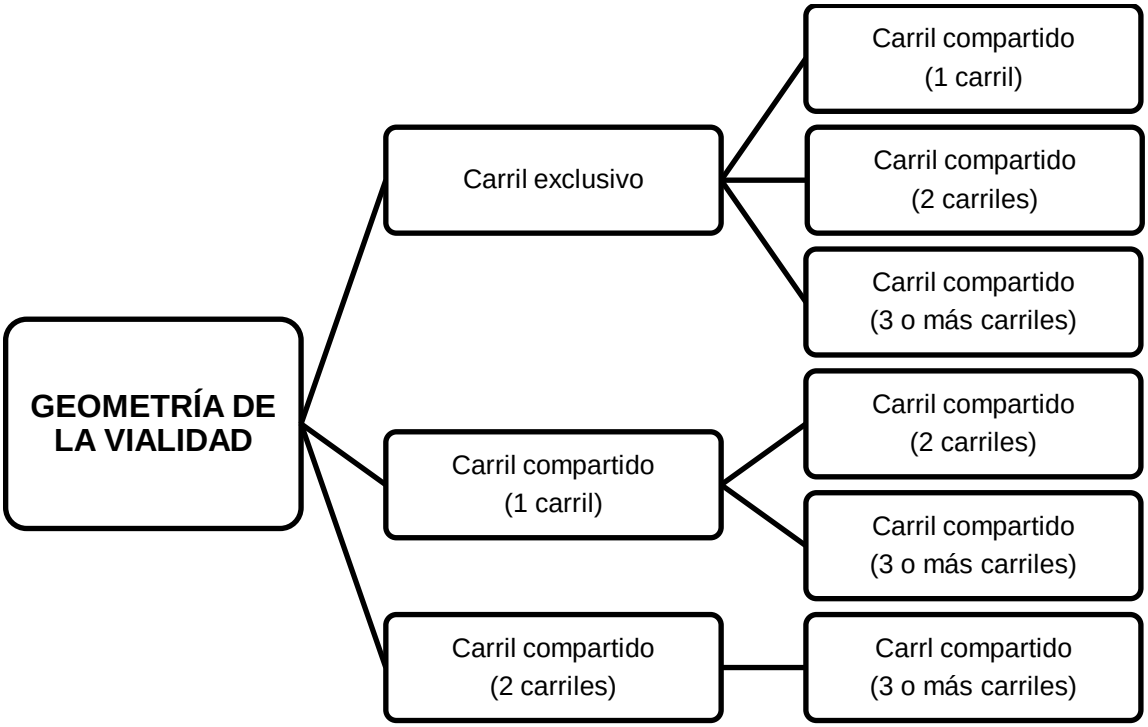


Figura 3.5 Estructuración jerárquica de la geometría de la vialidad.

Fuente: *Elaboración propia.*

5. BAHÍAS:

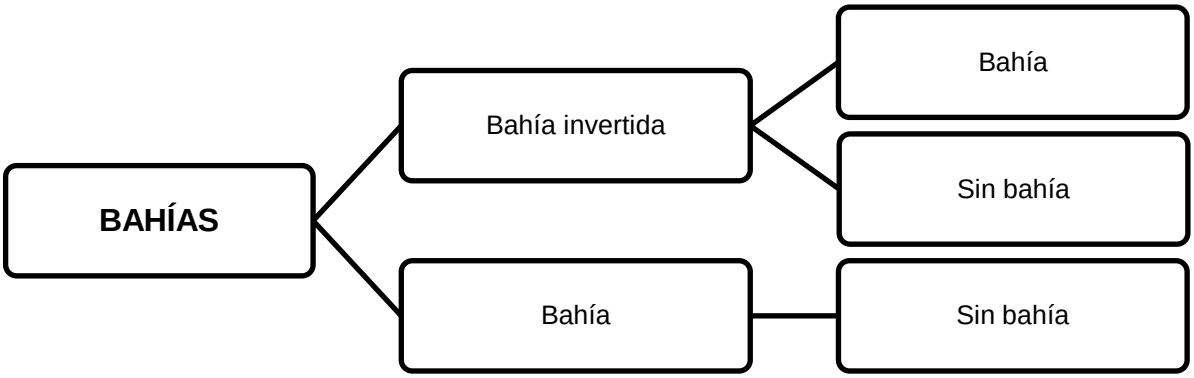


Figura 3.6 Estructuración jerárquica de las bahías.

Fuente: *Elaboración propia.*

6. EXPLOTACIÓN DE LA PARADA:

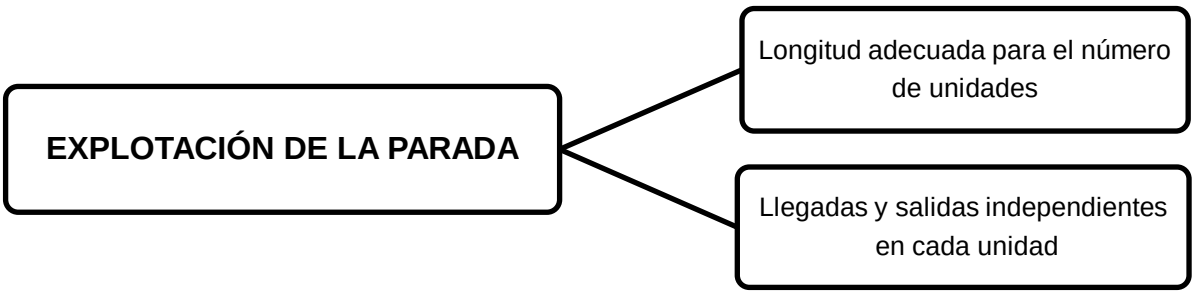


Figura 3.7 Estructuración jerárquica de la explotación de la parada.

Fuente: *Elaboración propia.*

El criterio para la asignación de la escala de medición se obtiene al hacer la pregunta siguiente: ¿Cuánto es más importante el indicador tiempo de ascenso-descenso de pasajeros con respecto al tiempo requerido para efectuar la parada? Si la respuesta es igual de importante, se introduce un “1” en la primera fila o dependiendo de la escala de medida que le corresponde de acuerdo a la tabla 3.2 y éste proceso se repetirá para cada uno de los indicadores tal como se muestra de la Figura 3.8 a la 3.14.

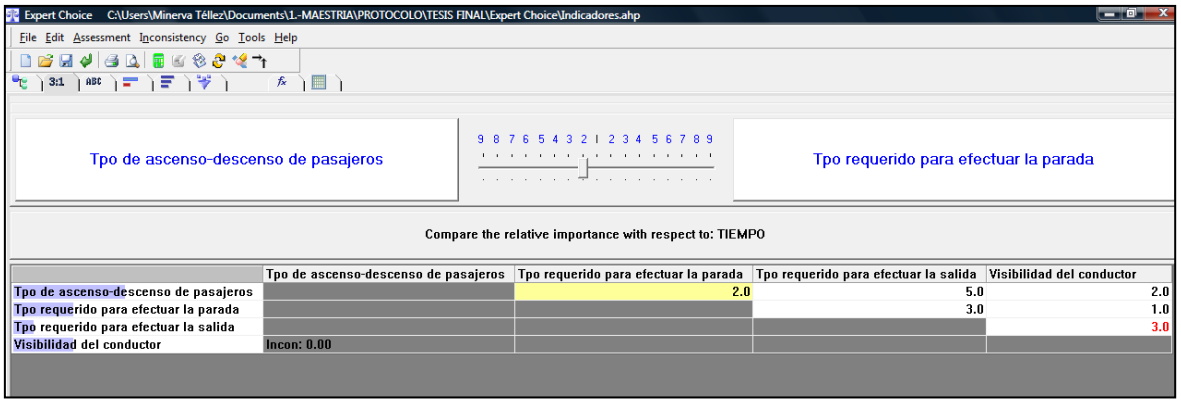


Figura 3.8 Comparaciones de importancia relativa con respecto a tiempo.

Fuente: *Elaboración propia.*

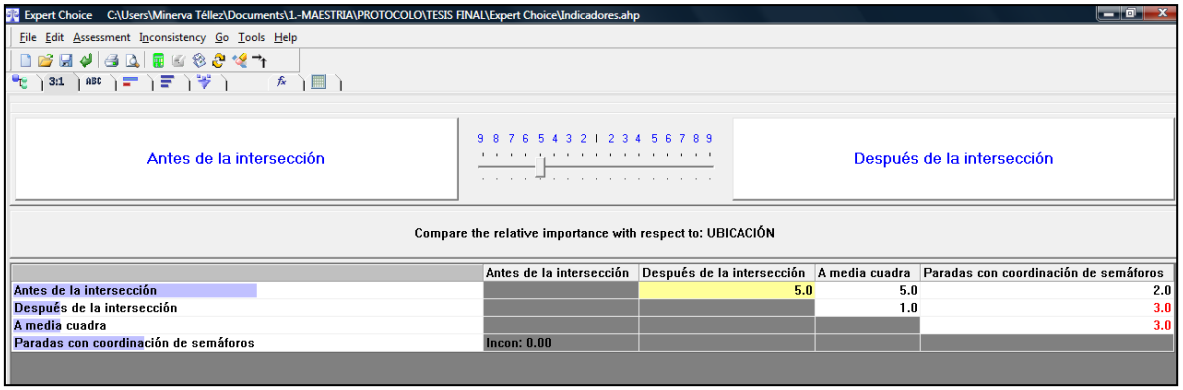


Figura 3.9 Comparaciones de importancia relativa con respecto a ubicación.

Fuente: *Elaboración propia.*

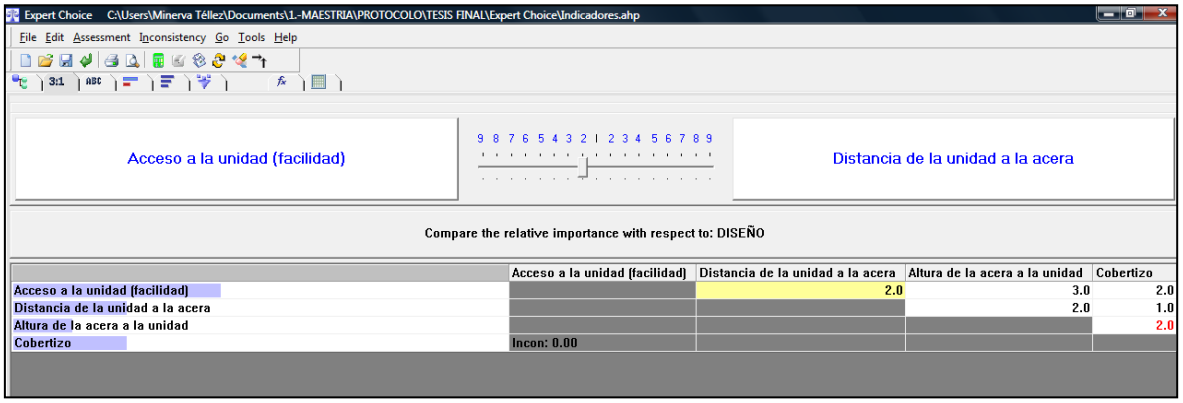


Figura 3.10 Comparaciones de importancia relativa con respecto a diseño.

Fuente: *Elaboración propia.*

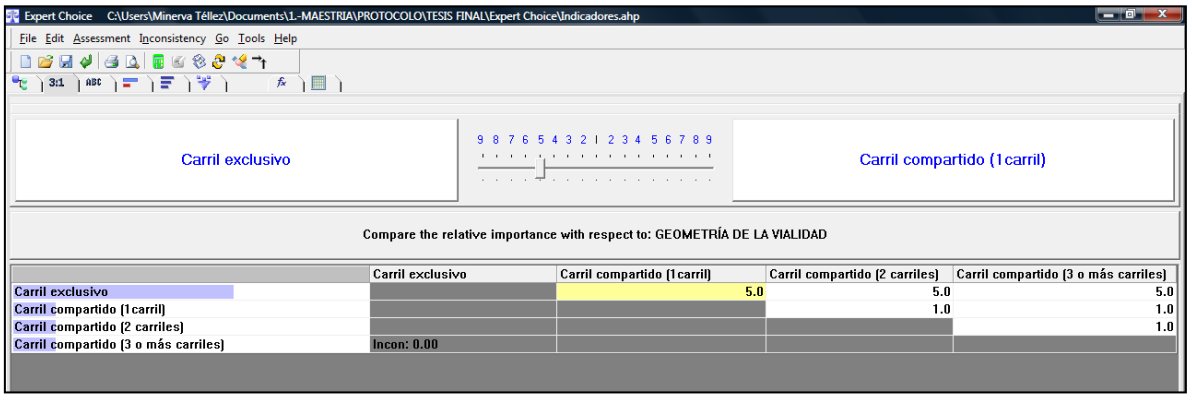


Figura 3.11 Comparaciones de importancia relativa con respecto a la geometría de la vialidad.

Fuente: *Elaboración propia.*

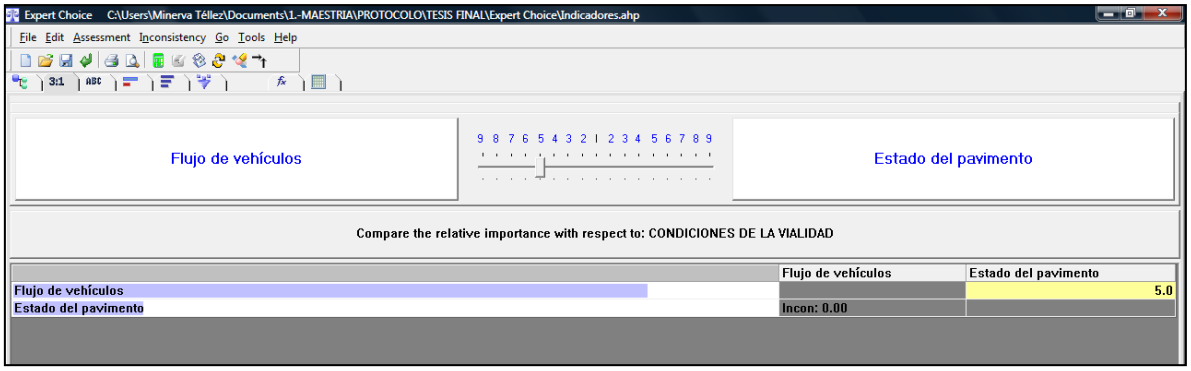


Figura 3.12 Comparaciones de importancia relativa con respecto a condiciones de la vialidad.

Fuente: *Elaboración propia.*

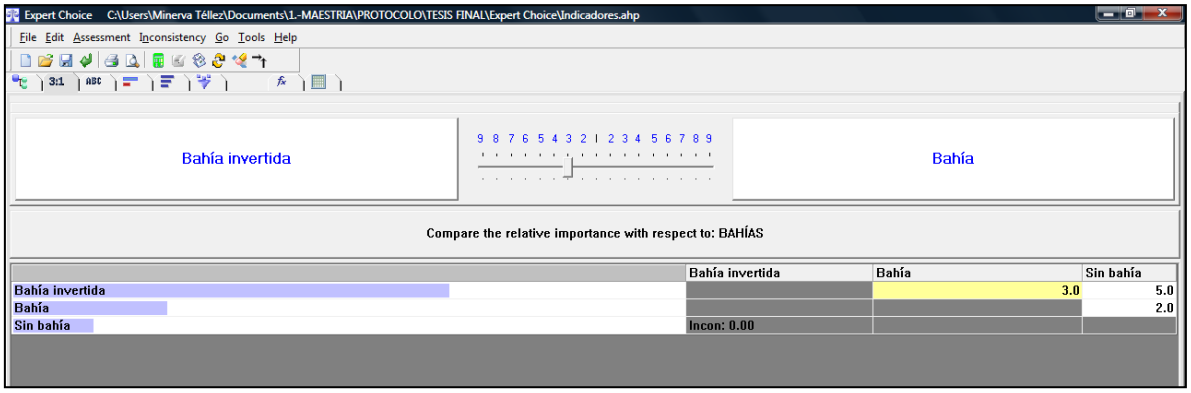


Figura 3.13 Comparaciones de importancia relativa con respecto a bahías.

Fuente: *Elaboración propia.*

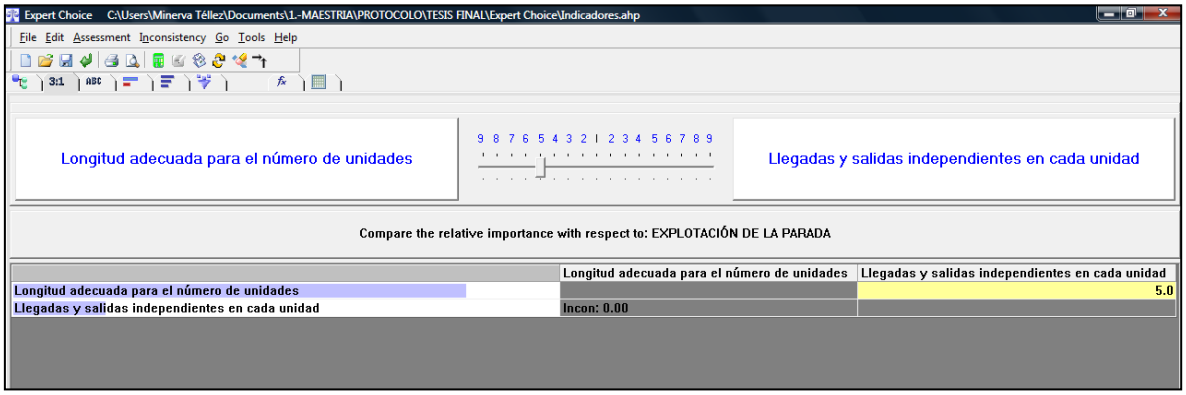
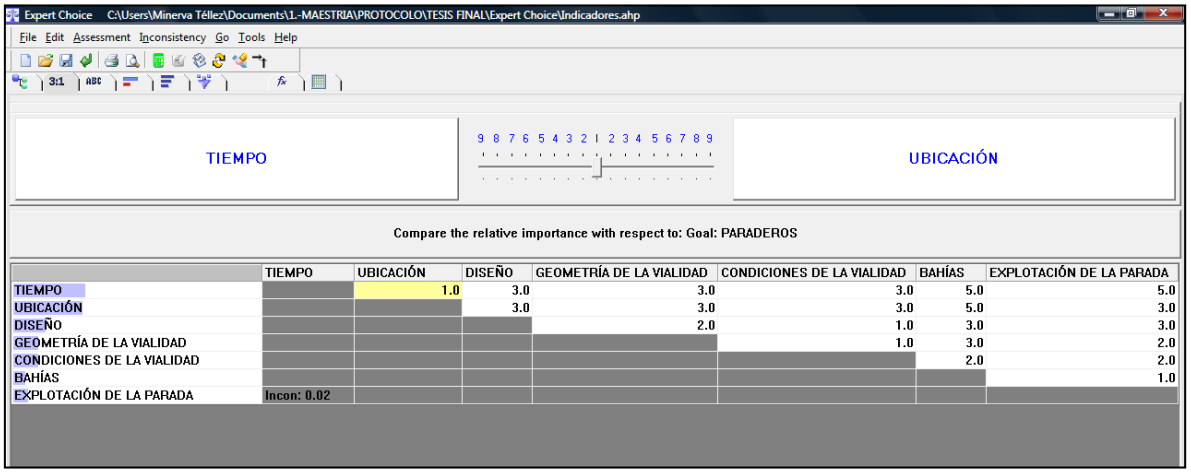


Figura 3.14 Comparaciones de importancia relativa con respecto a explotación de la parada.

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez definidas las preferencias por pares de sub-objetivos, el programa Expert Choice nos indica en la parte inferior la inconsistencia que existe entre los valores asignados, por lo que se tienen que cuidad que no sea mayor de 0.10, si el valor es 0, significa que la matriz de comparación por pares es perfectamente consistente.

Este mismo procedimiento se hace para evaluar los objetivos los cuales se muestran en la Figura 3.15.



	TIEMPO	UBICACIÓN	DISEÑO	GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD	CONDICIONES DE LA VIALIDAD	BAHÍAS	EXPLOTACIÓN DE LA PARADA
TIEMPO		1.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0
UBICACIÓN			3.0	3.0	3.0	5.0	3.0
DISEÑO				2.0	1.0	3.0	3.0
GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD					1.0	3.0	2.0
CONDICIONES DE LA VIALIDAD						2.0	2.0
BAHÍAS							1.0
EXPLOTACIÓN DE LA PARADA	Incon: 0.02						

Figura 3.15 Evaluación de objetivos.

Fuente: *Elaboración propia.*

En este caso la inconsistencia es de 0.02 por lo que es aceptable.

4.- Resultados. Una vez finalizadas todas las comparaciones entre los objetivos y sub-objetivos, se realizan los cálculos de prioridades (o importancia relativa) obteniendo los siguientes resultados.

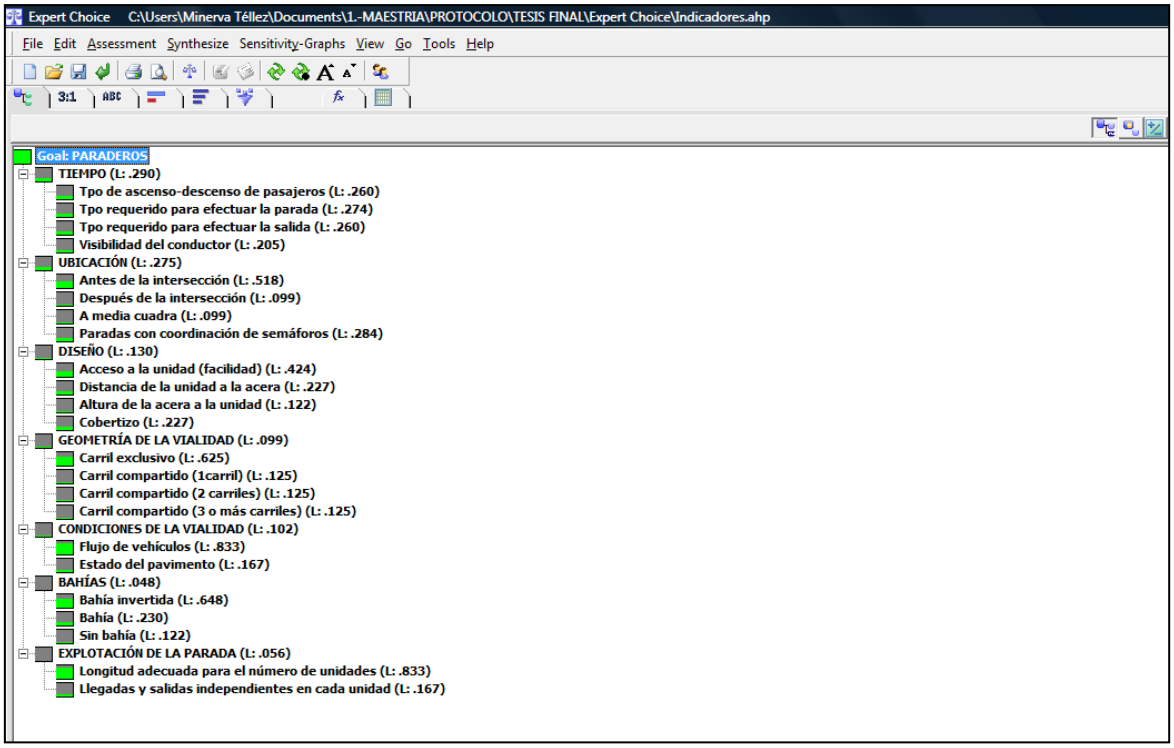


Figura 3.16 Resultados de pesos de los objetivos y sub-objetivos.

Fuente: *Elaboración propia.*

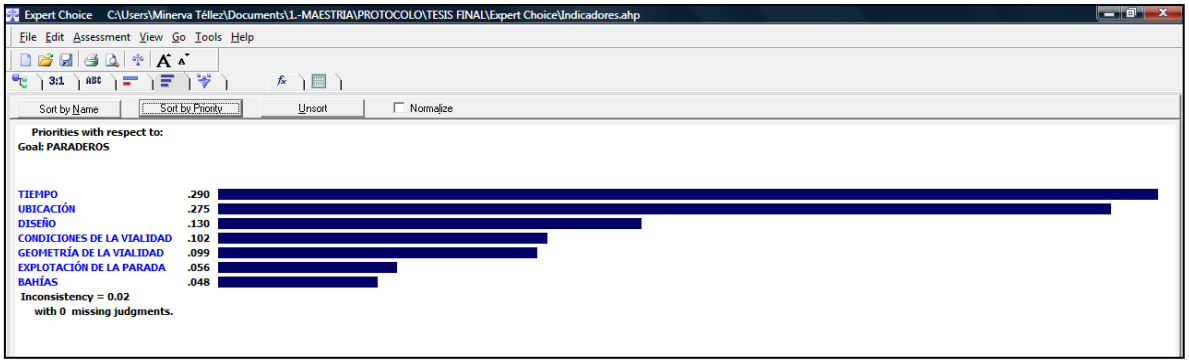


Figura 3.17 Resultados de los pesos de los objetivos.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como podemos observar aquí también se muestra el grado de inconsistencia total de los juicios hechos anteriormente lo cual se obtiene un valor de 0.02 por lo que es aceptable.

3.1 Asignación de puntuación

De acuerdo con los pesos obtenidos del software Expert Choice, se determinara el peso ajustado con el fin de normalizar los resultados a una escala cuyo valor máximo sea 1 para lograr una mayor precisión.

Tabla 3.3 Indicadores con los pesos obtenidos de Expert Choice.

INDICADOR		**PESO**	**PESO AJUSTADO**
TIEMPO (0.290)	Tiempo de ascenso- descenso de pasajeros	0.260	0.0754
	Tiempo requerido para efectuar la parada	0.274	0.07946
	Tiempo requerido para efectuar la salida	0.260	0.0754
	Visibilidad del conductor	0.205	0.05945
UBICACIÓN (0.275)	Antes de la intersección	0.518	0.14245
	Después de la intersección	0.099	0.027225
	A media cuadra	0.099	0.027225
	Paradas con coordinación de semáforos	0.284	0.0781
DISEÑO (0.130)	Acceso a la unidad	0.424	0.05512
	Distancia de la unidad a la acera	0.227	0.02951
	Altura de la acera a la unidad	0.122	0.01586

	Cobertizo	0.227	0.02951
GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD (0.099)	Carril exclusivo	0.625	0.061875
	Carril compartido (1 carril)	0.125	0.012375
	Carril compartido (2 carriles)	0.125	0.012375
	Carril compartido (3 o más carriles)	0.125	0.012375
CONDICIONES DE LA VIALIDAD (0.102)	Flujo de vehículos	0.833	0.084966
	Estado del pavimento	0.167	0.017034
BAHÍAS (0.048)	Bahía invertida	0.648	0.031104
	Bahía	0.230	0.01104
	Sin bahía	0.122	0.005856
EXPLOTACIÓN DE LA PARADA (0.056)	Longitud adecuada para el número de unidades	0.833	0.046648
	Llegadas y salidas independientes en cada unidad	0.167	0.009352

Fuente: *Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del software Expert Choice.*

Para la definición de los créditos, estará en función de las condiciones que tienen que cumplir cada objetivo para lograr una mayor eficiencia.

a) TIEMPO

1. Tiempo de ascenso-descenso de pasajeros.

Tabla 3.4 Puntuación para tiempos de ascenso-descenso de pasajeros.

CONDICIONES	TIEMPO (s/pas)	PUNTUACIÓN
Pago al abandonar, muy poco equipaje de mano y paquetes; pocos transbordos.	1.5 a 2.5	1
Pago con moneda fraccionaria, cantidad moderada de equipaje de mano o muchos transbordos.	3.0 a 4.0	0.5
Pago anticipado con tarifa zonal, equipaje considerable en las repisas (viaje foráneos).	4.0 a 6.0	0

Fuente: *Elaboración propia a partir de Molinero y Sánchez (2003:112)*

2. Tiempo requerido para efectuar la parada y la salida

Estará en función de la distancia a la que el vehículo se detiene cuando el usuario efectúa la parada. Tomando en consideración la velocidad promedio registrada en el Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro (2003:27) que es de 20.1 km/h y que el autobús recorre una distancia de 100 m para efectuar la parada y la salida, los parámetros quedan de la siguiente manera:

	TIEMPO	PUNTUACIÓN
a.	De 17.91 s hasta 18.0 s	1
b.	Menores de 17.91 s	0

3. Visibilidad del conductor

Prinz (1986:83) menciona que la visibilidad en los pasos de peatones es una condición indispensable para la seguridad. Por ello, el recorrido de los caminos y de las calles, las construcciones y la vegetación no deben obstaculizar

ni el campo visual del conductor ni el del peatón. Tomando esta consideración, se establece la siguiente puntuación.

	CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
a.	Salida directa, sin obstrucciones ni obstáculos (autobuses) y bajo flujo vehicular.	1
b.	Con obstrucciones de vegetación y autobuses, así como flujo vehicular constante.	0.5
c.	Con obstrucciones de construcción, vegetación, personas en movimiento y flujo vehicular constante.	0

b) UBICACIÓN

Molinero y Sánchez (2003:117 y 125) establecen las distancias que se deben cumplir de acuerdo con su ubicación.

1. Antes de la intersección

	DISTANCIA	PUNTUACIÓN
a.	32 m	1
b.	28 m	0.5
c.	Menos de 28 m	0

2. Después de la intersección

	DISTANCIA	PUNTUACIÓN
a.	40 a 50 m máximo	1
b.	30 a 25 m	0.5
c.	< 25 m	0

3. A media cuadra

	DISTANCIA	PUNTUACIÓN
a.	40 a 50 m	1
b.	>50 m	0

c) DISEÑO

1. Acceso a la unidad. Los desplazamientos a pie hasta la parada más próxima no debe superar los 5 minutos (300 m), (Puntuación de 1).

2. Distancia de la unidad a la acera.

	CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
a.	En la orilla de la guarnición hasta 0.20 m	1
b.	De 0.20 a 0.30 m	0.5
c.	Más de 0.30 m	0

3. Altura de la acera a la unidad

	CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
a.	De 0.20 m a 0.25 m, de los cuales la altura de la acera sea entre 0.20 m a 0.25 m y que del pavimento al escalón del autobús sea de 0.40 m a 0.45 m.	1
b.	Si es mayor de 0.25 m, considerando la altura de la acera menor de 0.20 m y del pavimento al escalón del autobús de 0.40 m a 0.45 m.	0

4. Cobertizo

Bazant (1998:367) establece las dimensiones de cobertizos de acuerdo a las características climatológicas del lugar las cuales son las siguientes:

Abiertas: Se recomienda para lugares tropicales o de calor excesivo, en donde se requiere aprovechar las corrientes de aire para refrescar el lugar, haciéndolo confortable para los usuarios.

Semiabiertas: Para zonas templadas, las casetas semiabiertas permiten una buena ventilación, protegen del asoleamiento, así como una buena visibilidad y el margen de confort es agradable para el usuario.

Cerradas: Para climas fríos, las casetas cerradas ayudan a evitar la circulación cruzada del aire así como la penetración de la lluvia.

Tabla 3.5 Dimensiones para un cobertizo.

TIPO	**DIMENSIONES**			**PUNTUACIÓN**
	Ancho	Altura	Largo	
Abierta	2.50 m	2.20 m	3.50 m	1
Semiabierta	2.50 m	2.30 m	4.00 m	1
Cerrada	2.50 m	2.50 m	4.00 m	1

Fuente: *Jan Bazant S. (1998:367)*

- Condiciones diferentes a la tabla anterior, su puntuación es 0.

d) GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD, (Puntuación 1).

Los carriles exclusivos sólo se justificaran si cuenta con las siguientes características:

1. Cuando se generen problemas de congestionamiento, o sea, cuando en las encuestas de tiempo de recorrido, se verifiquen diferencias de más de un minuto por kilómetro entre los tiempos en la hora de máxima demanda.

2. En caso de vueltas a la derecha, permitir que los vehículos que van a girar entren en el carril exclusivo.

3. En caso de que los semáforos sean los cuellos de botella, interrumpir el carril exclusivo antes de llegar al semáforo. La distancia deberá ser del orden de más o menos 2.5 metros por segundo de verde del semáforo.

4. En suelos de uso comercial intenso, no se implementara.

- Condiciones diferentes a las características anteriores, su puntuación es 0.

e) CONDICIONES DE LA VIALIDAD

1. Flujo de vehículos

	CONDICIÓN	**PUNTUACIÓN**
a.	Si el flujo vehicular en los carriles adyacentes no sufre ninguna afectación.	1
b.	Si el flujo vehicular en los carriles adyacentes sufre una reducción de velocidad pero la circulación no se detiene.	0.5
c.	Si el flujo vehicular en los carriles adyacentes sufre una reducción de velocidad y provoca congestionamiento.	0

2. Estado del pavimento

	CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
a.	Si la superficie de rodamiento se encuentra en condiciones óptimas (sin baches).	1
b.	Si la superficie de rodamiento cuenta con algunos baches y deformaciones.	0.5
c.	Si la superficie de rodamiento cuenta con deformaciones y tramos en reparación.	0

f) BAHÍAS

Tabla 3.6 Condiciones para la evaluación de bahías.

ASPECTOS POR CONSIDERAR	DIMENSIONES	PUNTUACIÓN
Ancho mínimo de la bahía	3 m.	1
Bahías a mitad de cuadra con requerimiento de curvas de transición compuestas (Para cuadras con longitudes entre 120 y 180 m).	Entre los 45 y 60 m.	1
Bahías antes de la intersección.	15 m para el posicionamiento del autobús más 18 a 24 m de espacio para transición.	1
Bahías después de la intersección.	15 m para el posicionamiento del autobús más 12 y 18 m de distancia de transición. Radio de 7.5 a 15 en la salida de la bahía, seguida de una tangente corta y un radio de 15 a 30 m a la entrada de la vialidad principal.	1

Fuente: *Elaboración propia a partir de las recomendaciones de Molinero y Sánchez (2003:130).*

- Condiciones diferentes a la tabla anterior, su puntuación es 0.

g) EXPLOTACIÓN DE LA PARADA

1. Longitud adecuada para el número de unidades.- Estará en función de las dimensiones del autobús y de las maniobras que requiere para realizar las llegadas y salidas de la unidad. Por lo que ésta condición dependerá de la dimensión del paradero existente.

	CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
a.	Si se estacionan entre 2 y 4 vehículos.	1
b.	Si se estacionan más 4 vehículos.	0

De acuerdo con Ramírez (2012:78) en el cuadro 3.7, se muestra las dimensiones y características de los autobuses para transporte público empleados en la zona metropolitana de Querétaro.

Tabla 3.7 Dimensiones y características del autobús empleado en la ZMQ.

Autobuses (B2)	Dimensiones				Potencia		Torque		Aceleración
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	ejes (m)	hp	rpm	lb-ft	rpm	0-100 km/h (s)
Intercontinental 3300 CE	9.824	2.402	3.2	5.994	210	2600	500	1400	
Intercontinental 4700 FE 4.8	10.007	2.402		5.994	185	2200	506	1600	
Intercontinental 4700 FE 7.2	10.007	2.402		5.994	195	2200	635	1800	
Intercontinental 4700 SCD 4.8	9.269	2.39		5.169	185	2200	506	1600	
Intercontinental 4700 SCD 7.2	9.269	2.39		5.169	195	2200	635	1800	
M B Allegro	10.65	2.5	3.33		260	2300	700	1200	
M B Boxer 40	8.46	2.46	3.195	4.4	190	2300	520	1400	
M B Boxer 50	9.37	2.452	3.195	5.25	190	2300	520	1200	
M B OH 1315-52 CA	9.98	2.43		5.25	148	2200	665	1600	v.m:103k/h
M B OH 1618	10.515	2.486		5.5	175	2200	500	1600	v.m:113k/h
M B XBC 1518 PA	10.475	2.486		5.25	175	2200	500	1600	
Midibús Eclipse	7.87	2.3	2.925	4.2	150	2200	425	1200	v.m.:107k/h
Mercedes Benz Torino	10.9	2.5	3.11		230	2300	665	1700	

Fuente*: Ramírez (2012).*

Llegadas y salidas independientes en cada unidad.

Tabla 3.8 Dimensionamiento de un paradero.

DIMENSIONAMIENTO DE UN PARADERO LONGITUDINAL		
	LONGITUD MEDIDA DESDE LA PARTE TRASERA DEL AUTOBUS HASTA LA PARTE FRONTAL DEL AUTOBÚS	PUNTUACIÓN
AUTOBÚS REGULAR		
Salida independiente	3 a 4m+L+6 a 8m+L+6 a 8m+L+3 a 4m	1
Salida o entrada independiente	5 a 6m+L+1m+L+8 a 10m+L+1m+L+5 a 6m	1
Salidas y entradas independientes	5 a 6 m+L+8 a 10 m+L+8 a 10 m+L+8 a 10 m+L+5 a 6 m	1
AUTOBÚS ARTICULADO		
Salida independiente	3 a 4m+L+6 a 8m+L+6 a 8m+L+3 a 4m	1
Salida o entrada independiente	5 a 6m+L+1m+L+11 a 12m+L+5 a 6m	1
Salidas y entradas independientes	5 a 6m+L+11 a 12m+L+11 a 12m+L+5 a 6m	1
DIMENSIONAMIENTO DE UN PARADERO EN FORMA DE SIERRA		
AUTOBÚS REGULAR		
Salida independiente	24 a 26m+18 a 20m*****+18 a 20m*****	1

***x : y = 3 : 1**

Fuente: *Molinero y Sánchez (2003:127)*

3.2 Certificación

Para obtener los rangos de puntuación para la certificación, se realizaron combinaciones entre cada uno de los indicadores, tomando en consideración desde su mayor puntuación hasta la menor, es decir; que el paradero está cumpliendo las condiciones óptimas y por otro lado el incumplimiento de éstas, tal como se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Combinación de indicadores para puntuación de certificación.

INDICADOR		PESO AJUSTADO	RANGO DE PUNTUACIÓN			COMBINACIONES		
			1	0.5	0	1	0.5	0
TIEMPO (0.290)	Tiempo de ascenso-descenso de pasajeros	0.0754	0.0754	0.0377	0	0.0754	0.0377	0
	Tiempo requerido para efectuar la parada	0.07946	0.07946	0.03973	0	0.07946	0.03973	0
	Tiempo requerido para efectuar la salida	0.0754	0.0754	0.0377	0	0.0754	0.0377	0
	Visibilidad del conductor	0.05945	0.05945	0.029725	0	0.05945	0.029725	0
UBICACIÓN (0.275)	Antes de la intersección	0.14245	0.14245	0.071225	0	0.14245	0.071225	0
	Despues de la intersección	0.027225	0.027225	0.0136125	0			
	A media cuadra	0.027225	0.027225		0			
	Paradas con coordinación de semaforo	0.0781	0.0781	0.03905	0			
DISEÑO (0.130)	Acceso a la unidad	0.05512	0.05512		0	0.05512		0
	Distancia de la unidad a la acera	0.02951	0.02951	0.014755	0	0.02951	0.014755	0
	Altura de la acera a la unidad	0.01586	0.01586	0.00793	0	0.01586	0.00793	0
	Cobertizo	0.02951	0.02951		0	0.02951		0
GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD (0.099)	Carril exclusivo	0.061875	0.061875		0	0.061875		0
	Carril compartido (1 carril)	0.012375	0.012375		0			
	Carril compartido (2 carriles)	0.012375	0.012375		0			
	Carril compartido (3 o mas carriles)	0.012375	0.012375		0			
CONDICIONES DE LA VIALIDAD (0.102)	Flujo vehicular	0.084966	0.084966	0.042483	0	0.084966	0.042483	0
	Estado del pavimento	0.017034	0.017034	0.008517	0	0.017034	0.008517	0
BAHÍAS (0.048)	Bahia invertida	0.031104	0.031104		0	0.031104		0
	Bahia	0.01104	0.01104		0			
	Sin bahia	0.005856	0.005856		0			
EXPLOTACION DE LA PARADA (0.056)	Longitud adecuada para el numero de unidades	0.046648	0.046648	0.023324	0	0.046648	0.023324	0
	Llegadas y salidas en cada unidad	0.009352	0.009352		0	0.009352		0
	TOTAL	0.99971	1.000	0.366	0.000	0.813	0.313	0.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede observar, los rangos que se están obteniendo son considerando todos los indicadores del **Tiempo,** los de **Diseño,** los correspondientes a las **Condiciones de la vialidad** y a la **Explotación de la parada**, en cuanto a la ubicación; sólo es el de la parada **Antes de la intersección**, en la Geometría de la vialidad el del **Carril exclusivo** y en cuanto a las Bahías sólo la **Bahía invertida.** Estos últimos tres indicadores no se están considerando todos sus sub-objetivos debido a que tienen características particulares que no se pueden obtener en una sola combinación por lo que se realiza este mismo procedimiento para cada uno de estos.

Una vez realizado todas las combinaciones, se presentan los rangos en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Rangos de puntuación para certificación.

COMBINACIONES		
1	0.5	0
0.81	0.31	0.00
0.79	0.31	0.00
0.79	0.31	0.00
0.76	0.31	0.00
0.76	0.31	0.00
0.76	0.31	0.00
0.75	0.28	0.00
0.74	0.31	0.00
0.74	0.31	0.00
0.74	0.31	0.00
0.74	0.31	0.00
0.74	0.31	0.00
0.74	0.31	0.00
0.73	0.28	0.00
0.72	0.28	0.00
0.70	0.28	0.00
0.70	0.28	0.00
0.70	0.28	0.00
0.70	0.26	0.00
0.70	0.24	0.00
0.68	0.28	0.00
0.68	0.28	0.00
0.68	0.28	0.00
0.68	0.26	0.00

COMBINACIONES		
1	0.5	0
0.68	0.24	0.00
0.67	0.28	0.00
0.67	0.28	0.00
0.67	0.28	0.00
0.67	0.26	0.00
0.67	0.24	0.00
0.65	0.26	0.00
0.65	0.26	0.00
0.65	0.26	0.00
0.65	0.24	0.00
0.65	0.24	0.00
0.65	0.24	0.00
0.63	0.26	0.00
0.63	0.26	0.00
0.63	0.26	0.00
0.63	0.24	0.00
0.63	0.24	0.00
0.63	0.24	0.00
0.62	0.26	0.00
0.62	0.26	0.00
0.62	0.26	0.00
0.62	0.24	0.00
0.62	0.24	0.00
0.62	0.24	0.00

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo a la tabla anterior, para que un paradero sea certificado debe alcanzar la puntuación máxima, es decir; que las combinaciones estén en el valor de 1, por lo que se obtienen los siguientes rangos.

Tabla 3.11 Certificación del paradero.

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN
A	0.81 a 0.62
B	0.62 a 0.24
C	<0.24

Fuente: *Elaboración propia.*

Las calificaciones pueden ser **A**, **B** o **C** las cuales tienen las siguientes características.

- **A.** Significa que es un paradero certificado lo cual cumple con los requisitos tanto de diseño como de ubicación y además cubre las necesidades de los usuarios.

- **B.** En este caso presenta una o varias deficiencias que se deben atender a la brevedad para evitar que con el tiempo se agrave y ocasione mayores complicaciones por lo que se puede considerar aceptable y funcional pero en corto tiempo.

- **C.** En este caso se requiere de un nuevo diseño y revisar la concentración de usuarios ya que no satisface sus necesidades por lo que se debe dar prioridad a este paradero y atender a la brevedad.

4. APLICACIÓN

CASO DE ESTUDIO

El paradero a evaluar se localizado en la Av. Ignacio Zaragoza entre la Av. Tecnológico y la calle Ignacio Pérez. La elección que se considero fue debido a que se encuentra en un centro importante de atracción de viajes y por ende el número de personas que ascienden y / o descienden es considerable.

Figura 4.1 Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: *Google Earth (2008).*

Figura 4.2 Parabús Zaragoza - Tecnológico.

Fuente: *Elaboración propia.*

Lo siguiente consiste en definir los indicadores y proceder a realizar el levantamiento de campo, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

TIEMPO	
Tiempo de ascenso-descenso de pasajeros	1.6 s/p
Tiempo requerido para efectuar la parada	10 s
Tiempo requerido para efectuar la salida	12 s
Visibilidad del conductor	Con obstáculos y flujo vehicular alto

UBICACION	
Antes de la intersección	X
Después de la intersección	
A media cuadra	
Paradas con coordinación de semáforos	

DISEÑO	
Acceso a la unidad	Bueno
Distancia de la unidad a la acera	1.50 m
Altura de la acera a la unidad	Si utilizaran la acera, sería de 0.33 m considerando una guarnición de 0.10 m menos la distancia que existe entre el pavimento y el escalón del autobús que es de 0.43 m.
	Debido al reencarpetado, la guarnición varía de 0.10 m en la zona del paradero y de 0.23 m fuera de éste.

La distancia que existe entre el pavimento y el escalón del autobús es de 0.43 cm.	
Cobertizo	Insuficiente.

GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD	
Carril exclusivo	
Carril compartido (1 carril)	X
Carril compartido (2 carriles)	
Carril compartido (3 o más carriles)	

CONDICIONES DE LA VIALIDAD	
Flujo de vehículos	Genera obstrucción al carril contiguo.
Estado del pavimento	Condición aceptable.

BAHÍAS	
Bahía invertida	
Bahía	Un paradero cuenta con bahía pero no es utilizada y el otro no.
Sin bahía	

EXPLOTACIÓN DE LA PARADA	
Longitud adecuada para el número de unidades	La longitud de la bahía es insuficiente para la cantidad de unidades que se detienen.
Llegadas y salidas independientes en cada unidad	No

Con estos resultados se procedió a la asignación de puntos para cada indicador el cual depende de las características que actualmente opera y su peso correspondiente de acuerdo con su importancia.

TIEMPO		
1. Tiempo de ascenso-descenso de pasajeros	1 x 0.0754 =	0.07540
2. Tiempo requerido para efectuar la parada	0 x 0.07946 =	0.000000
3. Tiempo requerido para efectuar la salida	0 x 0.0754 =	0.000000
4. Visibilidad del conductor	0 x 0.05945 =	0.00000
UBICACION		
5. Antes de la intersección	1 x 0.14245 =	0.14245
DISEÑO		
6. Acceso a la unidad	1 x 0.05512=	0.05512
7. Distancia de la unidad a la acera	0 x 0.02951 =	0.000000
8. Altura de la acera a la unidad	0 x 0.01586 =	0.000000
9. Cobertizo	1 x 0.02951 =	0.02951
GEOMETRÍA DE LA VIALIDAD		
10. Carril compartido (1 carril)	1 x 0.012375 =	0.012375
CONDICIONES DE LA VIALIDAD		
11. Flujo de vehículos	0.5 x 0.084966 =	0.042483
12. Estado del pavimento	1 x 0.017034 =	0.017034
BAHÍAS		
13. Bahía	1 x 0.01104 =	0.01104
EXPLORACIÓN DE LA PARADA		
14. Longitud adecuada para el número de unidades	0 x 0.046648 =	0.00000
15. Llegadas y salidas independientes en cada unidad	0 x 0.009352 =	0.00000
	TOTAL DE PUNTOS =	**0.310012**

5. RESULTADOS

Los resultados de los índices que se presentaron tienen las siguientes observaciones:

1. El tiempo de ascenso-descenso de pasajeros está dentro de lo óptimo.

2. El tiempo requerido para efectuar la parada es menor de lo establecido en los parámetros lo que significa que los operadores de las unidades de transporte público manejan a una velocidad mayor y esto puede provocar accidentes a los peatones.

3. En cuanto al tiempo requerido para efectuar la salida, se puede considerar aceptable ya que el autobús se va a incorporar a un carril de aceleración y se requiere una mayor velocidad.

4. La visibilidad del conductor es mala ya que se presentan obstáculos, así como la existencia constante tanto vehicular como peatonal, por ser una zona comercial.

5. Su ubicación es aceptable así como el acceso a la unidad ya que cumple con las condiciones establecidas.

6. La distancia de la unidad a la cera es de aproximadamente 1.50 m o más, lo que provoca que los usuarios tengan que bajar de ésta para poder ascender y / o descender de la unidad de transporte por lo tanto no cumple con las necesidades tal como se muestra en la Figura 5.1.

Figura 5.1 Ascenso y descenso de pasajeros.
Fuente: *Elaboración propia.*

7. La altura de la acera a la unidad de trasporte público está ligada con la distancia de la unidad a la acera, esto quiere decir; que debido a lo que se comentó en el punto anterior, como los autobuses se detienen lejos de la acera, los usuarios tienen que subir un peralte mayor lo que provoca dificultad tanto a las personas mayores de edad como a los niños lo cual genera más tiempo para el ascenso y descenso de los pasajeros.

8. Los paraderos cuentan con cobertizo pero no es suficiente para la demanda de los usuarios, debido a que no se consideró el espacio mínimo de circulación por persona, tal como se muestran en la Figura 5.2.

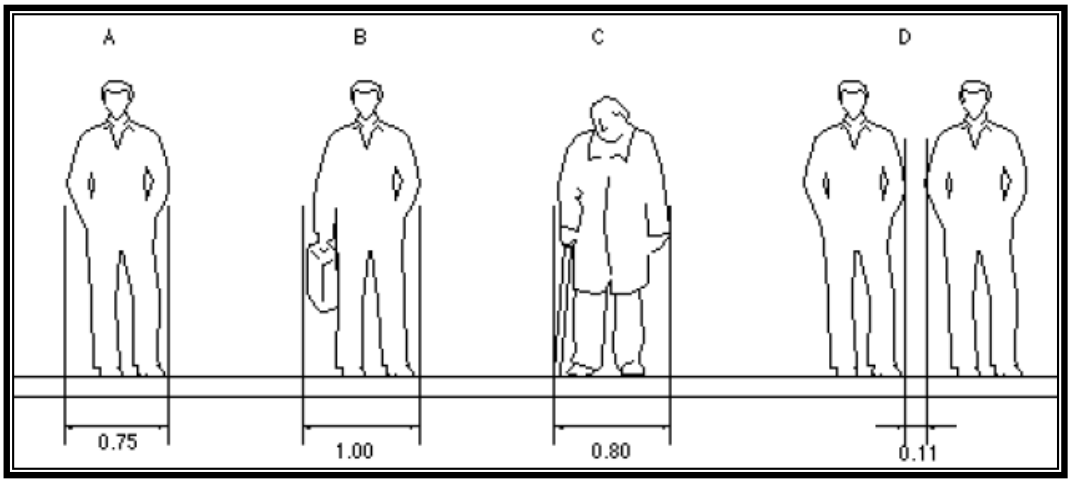


Figura 5.2 Espacios mínimos de circulación recomendados según el tipo de peatón en andadores.

Fuente: *Administración Pública del Distrito Federal (2001:354).*

A) Para circular sin equipaje: 0.75 m de ancho.
B) Para circular con equipaje: 1.00 m de ancho.
C) Para circular con bastón: 0.80 m de ancho.
D) Holgura mínima entre peatones: 0.11 m como mínimo.

Haciendo una revisión con estos espacios, se detectaron los siguientes problemas:

a) La Administración Pública del Distrito Federal (2001:354), menciona que para andadores, el ancho mínimo recomendado es de 2.00 m, por lo tanto se cuenta con un ancho de 2.75 m, menos el ancho de los asientos del paradero que es de 0.43 m, nos queda un espacio libre tanto en la parte frontal como trasera de 1.16 m para poder pasar. Considerando que las personas cuentan con equipaje, puesto que la mayoría sale de sus compras, ya no queda espacio para las personas que descienden de los autobuses.

b) Por otra parte, la capacidad que tiene el paradero es de 10 personas, 5 de éstas se encuentran sentadas y sólo 5 caben paradas, puesto el largo de la cubierta es de 5.00 m. Por lo tanto, no son suficientes los cobertizos existentes.

9. En cuanto a su geometría es un carril compartido el cual se podría mejorar en el ancho del carril para evitar afectar el carril contiguo.

10. El flujo vehicular en los carriles adyacentes sufren una reducción de velocidad.

11. El pavimento se puede considerar aceptable siempre y cuando en la superficie de rodamiento no existan baches.

12. La parada cuenta con bahía pero no es utilizada adecuadamente por los conductores del transporte.

13. La longitud para el número de unidades no es el adecuada puesto que el número de rutas es de 14 (12, 21, 31, 36, 38, 40, 48, 50, 54, 55, 58, 94, 123 y la L–7) y considerando que la bahía tiene una longitud de 37.20 m y el autobús necesita 10 m aproximadamente para estacionarse y maniobrar la salida, sólo podrían entrar máximo 4 autobuses por lo que ocasiona que hagan doble fila para el descenso y ascenso de pasajeros.

14. Las llegadas y salidas no son independientes lo que ocasiona conflictos a los carriles contiguos puesto que invaden su carril.

Por todas estas observaciones y de acuerdo a la puntuación obtenida en cada uno de índices, se obtuvo un total de 0.31 por lo que se encuentra la calificación B, esto quiere decir que se necesita atender a la brevedad para evitar mayores complicaciones con forme pasa el tiempo.

6. CONCLUSIONES

Como se pudo observar las hipótesis planteadas en éste proyecto se cumplen, debido a que se consideraron las características físicas del paradero para poder determinar los indicadores, los cuales ayudaron a identificar las deficiencias y los problemas que se presentan, ya que existe interferencia en los carriles contiguos debido al ascenso y descenso de pasajeros el cual corresponde al indicador del diseño, debido a que los choferes no utilizan correctamente el paradero, por lo que se debe buscar la manera de obligarlos a utilizar correctamente la bahía, encauzándolos desde antes de llegar a la parada, por medio de botones u otro elemento.

La ventaja de contar con paraderos adecuado a las necesidades de los usuarios aumenta la demanda, pero se debe tener cuidado de realizar un buen estudio, ya que el contar con paradas continuas puede provocar aumento en el tiempo de llegada a su destino. También es importante educar tanto a los choferes como a los usuarios para respetar estos lugares establecidos para no afectar a terceros, además se deberá revisar que el número de unidades no rebase la capacidad del paradero.

Es conveniente realizar una investigación de las Rutas y sus paradas ya que como es el caso de la Av. Ignacio Zaragoza, se detienen un número considerable de unidades o ver si existe la manera de hacer una mejor organización en la parada, ya que como se observa en la Figura 6.1 no es suficiente la bahía, ya que hacen paradas tanto antes como después de ésta y además no es suficiente para albergar todas las rutas, por lo que se debe establecer nuevos paraderos y revisar si es necesario que todas las rutas hagan la parada en este mismo punto o no, lo cual ayudaría a disminuir la acumulación de usuarios y esto permitiría que se abordara con mayor orden, ya que por no dejar pasar su transporte ponen en riesgo su vida puesto que de repente se bajan de la

acera para hacer la parada mientras que otro autobús inicia su marcha y en ocasiones el conductor no los ve.

Figura 6.1 Paradas antes y después de la bahía.

Fuente: *Elaboración propia.*

También se deberá ver la factibilidad de generar un carril exclusivo para evitar congestionamiento en los carriles contiguos.

Además es necesario contar con información para cada tipo de usuarios los cuales pueden ser de cuatro tipos, como los menciona Vázquez (2012:25): el usuario regular en su ruta cotidiana, el usuario regular en una ruta nueva, los usuarios potenciales y los turistas por lo que es importante su identificación para poder determinar las necesidades que se deben cubrir en la zona, esto es con la finalidad de proporcionar sólo lo que se requiere y no seguir copiando de otro paradero.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración Pública del Distrito Federal, ***Manual de dispositivos para el control de tránsito en áreas urbanas y suburbanas***, Gaceta Oficial del Distrito Federal No. 146, Tomo 1 diciembre 2001.

Angel R. Molinero Molinero y Luis Ignacio Sánchez Arellano, ***Planeación, diseño, operación y administración***, Editorial Quinta del Agua, 4ta. Edición, Agosto 2003.

Ayuntamiento de Madrid, ***Plataformas reservadas y acondicionamiento para el transporte público***, Diciembre 2000.

Bonsiepe, Gui, ***El diseño de la periferia****,* Editorial Gustavo Pili, Barcelona, 1985.

Cal y Mayor, ***Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones***, Editorial Alfaomega, 8a. Edición: México, enero 2007.

CONCYTEQ, ***Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro****,* Centro Queretano de Recursos Naturales Reporte Técnico 4, octubre 2001.

CONCYTEQ, ***Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro****,* Centro Queretano de Recursos Naturales Tomo 8, septiembre del 2003.

Diario Nocturno (2010), ***Paraderos en el mundo***, recuperado el 13 de octubre del 2010, con acceso en: http://www.diarionocturno.com/blog/2010/10/13/paraderos-del-mundo/.

Dieter Prinz, ***Planificación y configuración urbana***, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México, 3ª edición ampliada, 1986.

E.H. Forman, ***Relative vs. absolute worth, Math. Modelling 9***. 1987.

Espacios en linea, ***Paraderos de buses diferentes***, recuperado el 16 de junio del 2009, con acceso en:
http://espaciosenlinea.blogspot.mx/2009/06/paraderos-de-buses-diferentes.html.

F.Y. Partovi, J. Burton and A. Banerjee, ***Application of analytic hierarchy process in operations management***, Int. J. Oper. Prod. Manag. 10, 1990.

F.Y. Partovi and J. Burton, ***An analytical hierarchy approach to facility layout***, Comput. and Ind. Eng. 22, 1992.

Jan Bazant S, ***Manual de Diseño Urbano***, Editorial Trillas, 5ª. Edición: México, marzo 1998.

Michelle Renee Oswald, ***Rating the sustainability of transportation investments: corridors as a case study***, Tesis presentada a la Facultad de la Universidad de Delaware en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestría en Ingeniería Civil. Otoño 2008.

M.J. Liberatore, ***An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation***, IEEE Trans. Eng. Manag.EM34, 1987.

20 minutos (2008), ***Paradas de Autobús del Mundo***, recuperado el 30 de diciembre del 2008, con acceso en:
http://listas.20minutos.es/lista/paradas-de-autobus-del-mundo-71281/

8 Ochoa Design Studio, ***40 Anuncios inteligentes y creativos en los paraderos de bus***, recuperado en enero del 2013, con acceso en: http://8adesign.blogspot.mx/2013/01/40-anuncios-inteligentes-y-creativos-en.html

Pilar del Real Westphal, ***El Diseño del mobiliario urbano (Modelos universales, lecturas locales)***, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Diseño, Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile; 2002.

Rafikul Islaam y Thomas L. Saaty, ***El proceso de jerarquía analítica en el sector Transporte***, 1982.

Ramírez Torres Enrique, ***Comparación de la interacción vehicular inducida por el empleo de carriles preferenciales para el transporte público utilizando microsimulación de tráfico***, Tesis presentada a la Universidad Autónoma de Querétaro en cumplimiento de los requisitos para grado de Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres. Septiembre 2012.

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), ***Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Manual Normativo***, Manual de Operación del Transporte Público. Tomo V.

T.L. Saaty, ***How to make a decision: The analytic hierarchy process***, Euro. J. Oper. Res. 48, 1990.

T.L. Saaty, J.W. France and K.R. Valentine, ***Modeling the graduate business school admissions process***, Socio-Econ. Planning Sci. 25, 1991.

T.L. Saaty, ***The Analytic Hierarchy Process***, McGraw-Hill, 1980.

T.L. Saaty, ***Ratio scales derived from perturbations of consistent judgments***, Behaviormetrika 28,1990.

T.L. Saaty, ***The Analytic Hierarchy Process***, McGraw-Hill, 1980.

Tsuen–Ho Hsu, ***Public Transport System Project Evaluation Using the Analytic Hierarchy Process: A Fuzzy Delphi Approach***, Transportation Planning and Technol., Vol. 22, pp. 229–246, 1999 OPA (Overseas Publishers Association) N.V.

Vázquez Guerrero Martín, ***Diseño de Paraderos en Transporte Público***, Tesis presentada a la Universidad Autónoma de Querétaro en cumplimiento de los requisitos para título de Ingeniero Civil. Noviembre 2012.