



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**METODOLOGÍA PARA MEDIR LA EVASIÓN EN
LOS SISTEMAS DE RUTAS ALIMENTADOR,
AUXILIAR Y CONVENCIONAL.**

CASO DE ESTUDIO: LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

TESIS

Que para obtener el grado de
**MAESTRO EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL
EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Presenta:

ING. JOSÉ FRANCISCO MACÍAS RAMÍREZ

Director de tesis:

M.I. Juan José Benítez Suarez

Puebla, Pue.

Mayo 2017



BUAP

Oficio SIEP No. 3335/2015

ING. JOSÉ FRANCISCO MACÍAS RAMÍREZ

Maestría en Ingeniería, opción terminal
Tránsito y Transporte, León, Guanajuato
Presente.

El suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aceptación de tema de tesis intitulada **“METODOLOGÍA PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS (ALIMENTADOR, AUXILIAR Y CONVENCIONAL) EN LA CIUDAD DE LEÓN, GUANAJUATO”**, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte. Asignándose como Director de tesis al M.I. Juan José Benítez Suárez.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“Pensar bien, para vivir mejor”
Puebla, Pue., a 14 de octubre de 2015

M.I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO
Director de la Facultad de Ingeniería

C.c.p. M.I. Juan José Benítez Suárez. Director de tesis.
C.c.p. Archivo.

GJS/JCI/dsm.

Ed

M. I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA.
P R E S E N T E

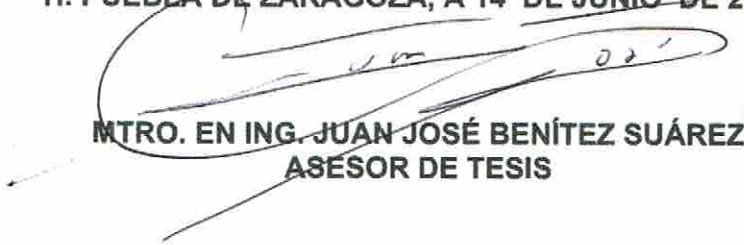
POSTULANTE: ING. JOSÉ
FRANCISCO MACÍAS RAMÍREZ

EL QUE SUSCRIBE **M. I. JUAN JOSÉ BENÍTEZ SUÁREZ**, ASESOR DEL TEMA DE TESIS DENOMINADO **"METODOLOGIA PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS ALIMENTADOR, AUXILIAR Y CONVENCIONAL.**

CASO DE ESTUDIO: "LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO", PRESENTADO POR EL **ING. JOSÉ FRANCISCO MACIAS RAMÍREZ**, POSTULANTE DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA Y EN ATENCIÓN AL OFICIO No. **SIEP No. 3335/2015 DE FECHA 14 DE OCTUBRE DE 2015**, ME PERMITO INFORMAR A USTED QUE DESPUÉS DE HABER REVISADO LA TESIS CORRESPONDIENTE Y DE VERIFICAR QUE SE HAN ATENDIDO LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE CARÁCTER TÉCNICO Y DE EDICIÓN, NO EXISTE INCONVENIENTE ALGUNO EN AUTORIZAR LA IMPRESIÓN DE LA MISMA, LO QUE HAGO DE SU CONOCIMIENTO PARA LOS EFECTOS LEGALES A QUE HAYA LUGAR.

SIN OTRO PARTICULAR, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

ATENTAMENTE
H. PUEBLA DE ZARAGOZA, A 14 DE JUNIO DE 2017


MTRO. EN ING. JUAN JOSÉ BENÍTEZ SUÁREZ
ASESOR DE TESIS

C.c.p. **Dr. Alejandro Bautista Hernández**, Secretario de investigación y estudios de posgrados, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.
M. I. José Luis Stefanoni Minutti, Coordinador de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.



BUAP

Dedicatoria

La disciplina, el compromiso y el trabajo tarde que temprano fecundaran los éxitos, de esta manera es de suma importancia el plasmar en esta página los elogios y el reconocimiento a aquellos seres humanos que de forma directa e indirectamente contribuyeron para que un servidor concluya este proyecto de tesis.

A manera de antecedente conforme se logró el cumplimiento de cada objetivo en cada faceta de vivencia de estudio durante la maestría, enaltezco a los seres involucrados, al Dr. Gabriel Jiménez y M.I. Jorge A. Caraza representantes de la BUAP, pioneros en esta ciudad de León, Guanajuato, trajeron dicha maestría, al Lic. Juan Arturo Ojeda representante del Consorcio Optrá y Flecha Amarilla que avalaron y facultaron la implementación de la misma.

A los catedráticos que compartieron sus conocimientos y experiencias de vida laboral para facilitar el aprendizaje, entre ellos: Dr. Oscar Sánchez, M.I. Sergio Ponce, M.I. José Luis Stefanoni, M.I. Agustín Corro y al M.I. Juan José Benítez, quien además por fortuna me comparte su asesoría en este proyecto, por lo que resalto su tiempo y esfuerzo para con un servidor.

A los seres y con quien obtuve la fortuna de compartir el aula de clase, a mis padres, hermanos e hijos por establecer esa fusión de energía durante el desarrollo de esta.

A mi pareja y mujer por facilitar su tiempo, su conocimiento y su pasión por empujar a concluir con dichas actividades, a ella por ser gentil, Sandra Leticia.

Por siempre a cada uno de ellos GRACIAS.



BUAP

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	4
Alcance	4
HIPÓTESIS	4
METODOLOGÍA	5
CAPITULO I	6
1. LA EVASIÓN	6
1.1. Conceptos de la evasión	9
1.1.1. Pasajeros que no pagan y no se registran	10
1.1.2. Pasajeros que pagan menos y no se registran	11
1.1.3. Pasajeros que pagan completo y no se registran	13
1.1.4. Pasajeros que pagan completo: se registran pero no se reportan.....	14
1.1.5. Que debe hacerse para evitar y/o reducir estos actos, con qué alternativas se cuentan?.....	15
CAPÍTULO II	16
2. PLANEACIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO DE LOS DATOS Y ENTREGA DEL PRODUCTO (PASO 1: METODOLOGIA ACTUAL PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS A-X-R)	16
2.1. Planificación del aforo	17
2.1.1. Dimensión del costo para el levantamiento de datos.	17
2.1.2. Elaboración del calendario de aforos.	19
2.1.3. Detalles para implantación del aforo	20
2.1.4. Levantamiento de datos	20
2.1.5. Captura de datos	21
2.1.6. Entrega de resultados	21
CAPÍTULO III	23



BUAP

3. PROCESO PARA DETERMINAR Y CALCULAR EL PORCENTAJE DE EVASIÓN = PASAJEROS TOLERADOS (PASO 2: METODOLOGIA ACTUAL PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS A-X-R)	23
3.1. Servicios aforados.....	23
3.1. Movilidad (Pasajeros).....	24
3.2. Ponderación para determinar los Pasajeros Meta	25
CAPÍTULO IV	28
4. DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO (CON OTRAS VARIABLES).....	28
4.1. Definir a la población de interés o población objetivo.....	29
4.2. Seleccionar un procedimiento de muestreo	29
4.2.1. El muestreo aleatorio simple.	30
4.2.2. El muestreo estratificado.....	31
4.2.3. El muestreo por conglomerados o por racimos.....	32
4.2.4. El muestreo mixto.....	33
4.2.5. La técnica de muestreo seleccionada.	33
4.3. Determinación de la muestra	35
4.3.1. Fórmulas utilizadas.....	38
4.3.2. Información a utilizar en el análisis de los supuestos.....	40
4.4. Diseño de la forma de obtener la información.....	66
4.5. Selección de las unidades muestrales.....	70
4.6. Selección y capacitación del personal y aplicación del formato	70
4.7. Revisión, captura y procesamiento de los datos.....	72
4.8. Uso de los datos para realizar inferencias	72
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
GLOSARIO	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS	81



BUAP

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de prestación del servicio de transporte de pasajeros, en la modalidad urbano, día a día en las ciudades y/o municipios. Se presenta el fenómeno llamado “evasión”, donde coloquialmente se le conoce a la diferencia que se presenta entre el total de venta del día que reporta un operador por un servicio prestado, contra el total de la venta calculado por el sistema de conteo en un autobús.

De acuerdo a la naturaleza del servicio, dependiendo de la ciudad, la forma de mitigar este fenómeno, va desde usar la tecnología, hasta una comisión en venta asignada por los inversionistas de los autobuses a los operadores.

Analizaremos el caso de la ciudad de León, en el estado de Guanajuato; plasmando la metodología actual para medir el grado de evasión que se tiene en las 132 rutas en sus diferentes sistemas, además de los parámetros que se utilizan para mitigar el rebasar dicho indicador.

El objetivo de este proyecto de tesis, es desarrollar una metodología que evite sesgos considerables, y puedan mejorarse las variables e indicadores de productividad, para reducir los costos de la operación, al obtener de manera confiable la medición de la evasión.

a lo largo del trabajo, se abundara sobre la problemática y propuesta metodológica, haciendo énfasis para demostración de las hipótesis, en el capítulo cuatro, donde se dará un ejemplo con los resultados de una empresa a través de la combinación de métodos estadísticos como son: muestreo aleatorio simple, muestreo estratificado, muestreo por conglomerado o racimos, y muestreo mixto.



BUAP

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un modelo de centralización del recaudo por pago electrónico, remuneración por kilómetro recorrido y redistribución de ingresos, se requiere implementar medidas para reducir la diferencia entre el total de pasajeros reportado y el total de pasajeros real de cada una de las rutas y empresas concesionarias del sistema de transporte, dicha diferencia impacta en el ingreso o recaudo del sistema. Esta diferencia se denomina evasión. Una medida común para minimizar la evasión es penalizar a los concesionarios que rebasan un margen del mismo a través de un cobro o multa. Este ingreso se suma a otros asociados a la evaluación del nivel de servicio que se redistribuye entre los concesionarios con los mejores índices de desempeño. De esta manera el incentivo para el concesionario es reducir al mínimo la evasión.

En la medición de la evasión, el total de pasajeros transportado se reporta por el concesionario diariamente por ruta y con esta información la autoridad determina el total de pasajeros promedio diario (MPD). La medición del total de pasajeros real se realiza a través de un aforo efectuado en un día determinado en cada una de las rutas que conforma el sistema (Md). De esta manera la autoridad calcula la evasión de la siguiente forma; $e = Md - k \text{ MPD}$. Donde k es el margen de error aceptable (asociado a la calidad de la tecnología) por la autoridad. Si "e" ≤ 0 entonces la evasión es nula y la empresa es candidata a participar en la redistribución del ingreso excedente; por incumplimiento de calidad del servicio. Si "e" > 0 entonces aplica una multa del monto $1.5 \cdot TP \cdot (Md - \text{MPD})$. Donde TP tarifa media ponderada del sistema. En este mecanismo de medición se identifica que la medición de la movilidad real requiere vincularla a técnicas de muestreo a fin de garantizar su correcta medición y de esta manera contar con un mecanismo de reducción de la evasión más efectivo.



BUAP

JUSTIFICACIÓN

La metodología empleada por la autoridad local para medir la evasión, se sustenta en datos obtenidos de un día de muestreo de cada una de las rutas.

Esta labor se realiza con base a un calendario programado por un período promedio de 45 a 55 días hábiles referenciado a un semestre, de esta manera permita aforar el total de las rutas de las empresas en la ciudad, así como programar los recursos necesarios a utilizar (personal y materiales).

La información compilada carece de un componente de representatividad estadística considerando que el total de pasajeros diarios es variable por diversas razones. Por otro lado, conviene conocer la calidad del muestreo y el grado de error o intervalo de confianza que se asocia a la información colectada y que permite identificar los sesgos en los datos del aforo realizado, esto indica un nivel de confianza no satisfactorio desde el punto de vista de la técnica aplicada.

Conociendo que el modelo en la redistribución de ingreso contempla aplicar la sanción a los concesionarios en el total de pasajeros reportados, y el alto costo que involucra realizar los aforos de muestreo es de suma importancia el aplicar una técnica de muestreo que otorgue mayor grado de eficacia en la medición de la evasión.

Por otra parte, es conveniente definir que la estrategia de muestreo ya tiene efectos de reincidencia de las empresas, por lo que no existiría la necesidad de realizar el aforo total en similitud al período anterior enfocando los aforos hacia las empresas con reiteración. Las técnicas de muestreo aplicadas en aquellas rutas con mayor grado de evasión, y sectorizando los períodos más críticos, se puede introducir categorías y elementos de muestreo para mitigar la evasión y un costo menor al establecido en los aforos.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Desarrollar una metodología de evaluación de la evasión en un sistema de transporte público urbano, que integre categorías, criterios y elementos de muestreo, como una alternativa para aminorar los sesgos estadísticos, garantizando una mayor eficacia en la reducción de este problema.



BUAP

Objetivos Específicos.

1. Estudiar y aprender las técnicas de muestreo propuestas a aplicar.
2. Plantear un análisis del problema de la evasión.
3. Proponer una metodología actual para evaluar el nivel de evasión y sus elementos muestrales.
4. Analizar la información de los datos obtenidos, considerando como muestra datos del primer semestre del año 2016 de una empresa.
5. Seleccionar categorías y tipo de muestreo a aplicar.
6. Determinar el diseño muestral para la nueva metodología.
7. Elaborar una metodología que incluye criterios de muestreo.
8. Análisis de resultados.

Alcance.

Considerando que existen varias alternativas en cuanto a las técnicas de conteo de pasajeros, en la actualidad para medir el grado de evasión en el conteo y clasificación de pasajeros por el tipo de pago que se emplea en los autobuses prestadores del servicio urbano en los sistemas alimentador, auxiliar y convencional, esto en la ciudad de León, Guanajuato, además de conocer que existen técnicas de conteo sofisticadas con tecnología, tales como cámaras de video-grabación en tiempo real y alertadoras de anomalías durante la prestación del servicio. En este proyecto de tesis se desarrollara una nueva metodología y con similitud a la actual utilizada, esto por el costo de inversión que se requiere para el levantamiento de datos.

En esta nueva metodología de conteo manual con personal abordo se integraran categorías, criterios y elementos de muestreo, lo anterior con el objetivo de obtener un nivel de confianza mayor y minimizar el grado de error.

HIPÓTESIS

La metodología para medir la evasión en los sistemas urbanos de transporte presenta sesgos cuando se emplea una validación sistemática con una muestra homogénea de rutas. Una manera de minimizar estos sesgos es introduciendo categorías, criterios y elementos de muestreo.



BUAP

METODOLOGÍA

La metodología que se aplicará en la presente tesis consta de dos métodos:

Método Inductivo: La inducción se refiere al movimiento del pensamiento que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general.

Método Descriptivo: Este método se fundamenta en analizar y presentar los datos, los costos actuales presentes en el levantamiento de los datos de estudio. Recoge y tabula los datos obtenidos tanto en las empresas (datos históricos) como en campo para analizarlo e interpretarlos de manera imparcial.



BUAP

CAPITULO I

1. LA EVASIÓN

Con el objetivo de identificar y entender a que refiere la evasión, esto en el transporte de pasajeros, colocamos como ejemplo lo que acontece en otros países y las estrategias que utilizan para combatirla, tal es el caso la ciudad de Melbourne en Australia con sus ejemplos que aporta a otras naciones, y las aplican en la ciudad de Santiago en Chile. [0].

Mientras Transantiago llega a niveles de evasión récord, Melbourne celebra su registro mínimo:

Mientras en Santiago un cuarto de los pasajeros del transporte público no paga su pasaje, en la ciudad Australiana, que también enfrentaba el problema de la evasión, encontraron la forma de reducirlo a niveles récord. ¿Hay algo que podamos aprender de su experiencia?

Hay records y records. Unos, para sentirse orgullosos, como tener el telescopio más poderoso del mundo, el VLT del cerro Paranal, y otros para esconder la cabeza, como el que en diciembre los usuarios del Transantiago hayan evadido el pagar su pasaje por sobre cualquier otro mes desde que entró en vigencia el sistema de transporte hace siete años. En el último mes del 2014, un 27,2% de los pasajeros no pagó su pasaje, mientras que el promedio anual se situó en 24,2%, también el año de mayor evasión. En otras palabras, una de cada cuatro personas no paga, lo que significa una pérdida de más de la mitad del subsidio que el Estado entrega al Transantiago anual, o el equivalente a la compra de un bus diario.

Esto, mientras en Australia se vive la otra cara de la moneda, y las autoridades sacan cuentas alegres por sus bajos índices de pasajes impagos, que se encuentran en sus mínimos históricos.

¿Qué están haciendo en Melbourne, que nosotros no?

En Melbourne no tienen tarjeta Bip!, pero tienen su myki, que cumple la misma función y se carga de la misma manera. Se puede usar para buses, que funcionan con distintos operadores, tranvías y el homólogo de nuestro metro. Los valores cambian según si se usa en día de semana o fin de semana y dependiendo en cuál de las dos zonas se mueve (zona céntrica tiene un valor y zona de suburbios, otro). Desde el 2005 llevan un registro del número de evasores, donde han aparecido



BUAP

porcentajes por sobre el 20% y desde entonces no habían logrado un porcentaje tan bajo en cuanto a pasajes no pagos: 5,9%.

Los australianos, como nosotros, perdían millones de dólares al año por culpa de quienes se rehusaban a pagar por su traslado de un lugar a otro, por lo que las autoridades elaboraron un plan para poner atajo a la situación.

Para combatir esto, primero, elevaron el número de oficiales fiscalizadores. Les pusieron chalecos de seguridad (dándoles un aspecto semi-policial) e hicieron que sus operaciones fueran altamente visibles en lugares conocidos por lo conflictivos, espantando a evasores y dando seguridad a los usuarios. Los detractores de la medida, en todo caso, señalan que estos agentes tienden a verse más intimidantes, haciendo sentir incómodos a algunos pasajeros.

Además, cuentan con un dispositivo electrónico que les permite dejar registrado en pocos segundos al infractor, en vez de perder tiempo en papeleo. Ellos, trabajan en conjunto con el Comando de Transporte de la Policía, por lo que hay dos focos de atención al que tienen que poner ojo los evasores. En tres años, aumentaron en 46% las multas repartidas, siendo cerca de 400.000 las que se cobran mensualmente.

Dentro de las otras medidas, para disminuir la evasión, en los buses hay torniquetes que no se abren si la persona no tiene cargada su tarjeta, se comprueba si pagaron en las salidas (de metros y buses interurbanos) y también circulan oficiales con lectores que escanean las tarjetas a bordo de la "micro".

Un factor relevante es que la multa se le entrega al infractor inmediatamente y si la pagan en terreno, es de 75 AUD, si no lo hacen en el momento, el monto es de 212 AUD (siempre se tiene posibilidad de apelar). El hecho de pagar en el lugar y momento mismo de la infracción tiene un efecto mucho más potente, tanto para el infractor, como para quienes presencian el hecho, pues se hace inmediatamente patente el perjuicio y la sanción que esta actitud conlleva.

Con todas estas medidas, la evasión en el metro cayó a 4,1%, en los tranvías a 6% y en los buses a 8,7%. Las nuevas medidas del Transantiago para mitigar la evasión, si bien en los recorridos de Alsacia y Express (troncales 100, 400 y zona D), se ha reducido desde junio de 2013 un 10% la



BUAP

evasión, en gran medida por el Plan de Tolerancia 0 que está aplicando hace un tiempo la empresa ALTO, el cual se centra en fiscalización inteligente, campañas de comunicación para que la gente tome conciencia de la problemática y seguimiento legal de las multas cursadas para asegurar el pago efectivo por parte de los infractores multados, las cifras récord de no pago encendieron una alerta y ya hay nuevas medidas anunciadas para enfrentar la situación.

En materia de fiscalización se definieron nuevos ejes dónde actuar, considerando las cifras de mayor evasión y alta concurrencia de pasajeros: Departamental en San Miguel, Dorsal en Recoleta y Providencia. Además habrá puntos de fiscalización que se van a ir rotando acorde al desplazamiento de los usuarios durante las jornadas. Con el equipo fiscalizador que habrá en terreno, el cual aumentaría cerca de un 25%, se podrán fiscalizar 200 mil usuarios diarios.

Se masificarán las zonas pagas e implementarán 40 nuevos validadores móviles, haciendo que en más paraderos se deba pagar previo al ingreso a la micro, permitiendo su carga y descarga rápida por todas sus puertas. También habrá 130 nuevos puntos de recarga de aquí al mes de agosto.

Se buscará seguir ampliando la red de Puntos de Carga Bip!. La idea es que a los supermercados Unimarc, donde ya se puede cargar la Bip!, se sumen otras cadenas. También se extenderá el horario del viaje de emergencia, para que quienes no tienen carga suficiente, reciban un "préstamo". Este beneficio actualmente está operativo entre las 21:00 a las 11:00 horas de lunes a viernes, mientras que los domingos y festivos entre las 14:00 y las 11:00 horas.

Algunas de estas medidas ya se están llevando a cabo, pero el objetivo es aumentar su implementación y así, hacer más rápidas las fiscalizaciones, incentivar la no evasión y también contar con más tiempo para revisar que cada uno haya cumplido con el pago de su pasaje. La meta para este año es que, si bien el 2014 se fiscalizaron un millón y medio de pasajeros, aumentar esa cifra en un 26%.

Todas estas medidas, en todo caso, ya se han escuchado anteriormente, por lo que el factor clave será, como siempre, que efectivamente se lleven a cabo y de manera realmente masiva. Y por supuesto, que el servicio mejore, pues la deficiente calidad de éste sigue siendo la excusa preferida para no pagar.



BUAP

Que está haciendo el sistema Optibus en la ciudad de León, Guanajuato en México para mitigar la evasión:

Todos sabemos que ocurre una gran evasión en el transporte público de pasajeros, por varios factores, y cada uno de ellos por situaciones bien definidas, para México esto se presenta a nivel municipal, estatal y nacional. Conociendo que en las empresas prestadoras del servicio del Transporte Público Urbano a nivel nacional, se utilizan diferentes técnicas para revisar y/o medir los ingresos obtenidos por la venta en la prestación del servicio a los usuarios.

Las principales técnicas utilizadas son: aforos físicos a bordo de los autobuses contabilizando los pasajeros por el tipo de pago; implementación de sistemas de barras de conteo de pasajeros en los autobuses y pago al operador por comisión de venta al día.

Los principales sistemas de transporte en el país por su operación consolidada son: el Optibus en León, Guanajuato, el Metrobus de la ciudad de México, Macrobus de Guadalajara, Tuzobus en la ciudad de Pachuca y el Ruta en la ciudad de Puebla. De estos sistemas, se tiene constancia que el único que hace un esfuerzo importante por minimizar el grado de evasión por medio de un modelo de remuneración es el "Sistema Optibus", donde basado en su histórico de datos, se tiene hasta un 12% promedio mensual de evasión hasta el año 2003 (año 6 de su entrada en operación), y al año 2015 el promedio mensual de evasión es del 6%. Lo anterior se logra por su metodología en la insistencia de mitigar el nivel de evasión que predomina en la prestación del servicio público de pasajeros, En estos últimos años el caso más frecuente, es que el operador para evadir y reportar el número real de usuarios transportados, sabotea los equipos de conteo con instrumentos llamados "títeres", "víboras", "franelas" y "periódicos".

1.1. Conceptos de la evasión.

Para revisar este tema se toma como ejemplo el Historial de la situación del estudio **Evasión de Transporte Público realizado en León**, que nos muestra los tipos de evasión y como ocurre, diagnosticando nuestra realidad a nivel Nacional, los conceptos por lo que se determinan la evasión del transporte público en León (y en otras ciudades y países) son:

- Pasajeros que no pagan y no se registran: La presente modalidad se da cuando el usuario accede al servicio sin pagar por el mismo, ni registrar su acceso.



BUAP

- Pasajeros que pagan menos y no se registran: Contempla el acceso no registrado de pasajeros con el pago parcial de la tarifa.
- Pasajeros que pagan completo y no se registran: Se da por el pago completo de la tarifa y el no registro de acceso al vehículo.
- Pasajeros que pagan completo: Se registran pero no se reportan.

Definamos cada uno de estos:

1.1.1. Pasajeros que no pagan y no se registran

El fenómeno por el cual muchos usuarios abordan los vehículos, no pagan y no registran, obedece a varios factores que son comunes a nivel de todas las empresas de transporte urbano, esto básicamente se refleja como un comportamiento cultural, además esta soportado en el comportamiento de los conductores y los pasajeros.

Una de las razones por las cuales se presenta la anomalía en un alto porcentaje, está relacionado con el entorno cultural de los pasajeros, por tanto, es usual observarlos el abordar los autobuses por las puertas traseras cuando existen masas de usuarios en horarios de mayor movimiento, además de brincar las barreras en los paraderos para acceder al mismo sin pago alguno. Se podría denominar entonces a esta modalidad “Evasión por Acervo Cultural”.

Se presentan en algunos lugares, en especial los sectores ubicados cerca de las terminales principales, que se encuentran la gran mayoría de talleres y por tanto también muchos empleados de estos se desplazan en los vehículos con el consabido sistema de viajar gratis por tratarse de tener un vínculo indirecto que los une a la prestación del servicio, para el efecto, la denominaremos “Evasión por Actividad”.

En los sectores donde las empresas prestan su servicio, se han manejado buenas relaciones con las comunidades y por tanto hay personas de muy bajos recursos económicos que necesitan hacer recorridos cortos y les solicitan a los conductores que los lleven, pues el recorrido es cercano; por lo tanto, existe un número importante de viajes de cercanía que en la actualidad no se evidencian por efecto de esta circunstancia, y de donde podemos concluir que es esta una modalidad de “Evasión Comunitaria”.

Es común ver como los niños que estudian en las escuelas de los sectores de influencia de las diferentes rutas, se aglomeran a la salida para pedirle a los conductores que los lleven, a lo que



BUAP

muchos acceden dadas las condiciones económicas de estos, este fenómeno se había venido atenuando en función de la cobertura generada por la gratuidad de la educación; pero se espera que en pocos días se reactive en vista del desmonte que planea la administración municipal, para el caso la denominaremos “Evasión Estudiantil”.

En los diferentes recorridos que efectúan nuestros conductores es común ver como proliferan los prestamistas (gota a gota) y personas que les venden mercancías a crédito a los conductores, se constituyen en un importante grupo de pasajeros que viajan a cero costo a expensas de la industria de transporte local y en ejercicio de sus funciones, la que denominaremos “Evasión por Intereses”.

Las damas de compañía o acompañantes son una de las razones que más tienen que ver con este problema ya que personas (llamados coloquialmente “gajos”) se la pasan de vehículo en vehículo; así mismo, una gran cantidad de jovencitas se ubican en diferentes lugares a esperar que los conductores las inviten a dar una vuelta, este tema, no solo se refleja en pérdida por la NO-RECEPCIÓN de los dineros, es factor de distracción y generador de siniestralidad, como además, contribuye a desfigurar los estándares de servicio generando barreras de comunicación entre el Conductor y el Pasajero al igual que distorsionando la imagen de la sana prestación del servicio, la que denominaremos, “Evasión por Acompañante”.

Otra de las razones tiene que ver con los corredores de origen y destino de las rutas ya que hay sectores populares con problemáticas de delincuencia y drogadicción donde el conductor por temor a sufrir represalias permite que estos personajes viajen gratis, esto es; “Evasión por Intimidación”, tema que cada vez toma más fuerza, pues para los prestadores del servicio, puede considerarse como normal cuando no debiera serlo, recibir reportes de atracos diarios en los cuales no solo se ve comprometido el producto de la actividad, sino además la integridad física de los Conductores y la que se denominará “Evasión por Intimidación”.

Otro de los grandes problemas está relacionado con la pasividad de los conductores para permitir el ingreso de vendedores ambulantes donde la gran mayoría de veces pagan con un dulce o un objeto de los que venden y cuando los conductores se niegan a llevarlos son víctimas de insultos y algunas veces como ha sucedido de agresiones y atracos, y por obvias razones, la llamaremos “Evasión por Comercio”.

1.1.2. Pasajeros que pagan menos y no se registran



BUAP

Al igual que el anterior, esta problemática tiene también varios factores que es importante analizar como:

El conductor puede ser cómplice al permitir que esta problemática tenga más fuerza por parte de los usuarios, pues al transportarlos por una cantidad menor a la establecida como tarifa del pasaje representa economías para ellos, este hecho genera una “complicidad” pasajero y conductor que desfigura la realidad del servicio y contribuye a aumentar los niveles de evasión. Además de lo anterior, el conductor como soporte del NO registro de este hecho y del dinero que genera, envía a estos pasajeros a abordar la puerta trasera, quedándose en últimas el conductor con este dinero.

Los sectores donde se generan los orígenes y destinos de las diferentes rutas, así mismo como los recorridos tienen mucho que ver en esto, ya que siendo las familias numerosas y teniendo que dividir los pasajes para varios días y varias personas dadas las condiciones económicas, recurren a la fragmentación colectiva de la tarifa con el beneplácito de los Conductores, pues en últimas, este hecho se convierte en un importante generador de ingresos para éstos.

Los sitios cercanos a los despachos donde por lo general el usuario está en contacto muy seguido con los conductores, y donde se genera hasta una familiaridad que permite se presente permanentemente este hecho.

Los mismos sitios marginados han generado temor de los conductores para negarse a llevar usuarios por menos del pasaje y donde muchas veces son los mismos delincuentes quienes le solicitan al conductor llevar familiares de estos o amigos por menos del pasaje.

La población estudiantil ha llegado a formar un caudal muy importante de usuarios que utilizan esta modalidad ya que los pasajes se los gastan en los colegios y adoptaron la costumbre de viajar de esta manera.

Los fines de semana este fenómeno se vuelve constante ya que las empresas tienen menos control y en nuestras empresas se movilizan muchos usuarios los fines de semana a sitios de recreación y esparcimiento llevando consigo niños y a veces familias numerosas que buscan economizar dinero y aprovechan que al conductor le beneficia llevarlos por menos del pasaje.

Si bien estos dos tipos de evasión (los que no pagan y los que pagan menos), pueden llegar a desfigurar la realidad en función de lo particular de sus ocurrencias; y que además en gran medida reflejan una realidad socioeconómica de cualquier ciudad, es claro que nuestros conductores



BUAP

tienen una marcada responsabilidad e intencionalidad en la ocurrencia de los mismos, ya que ellos generan con su comportamiento su ocurrencia intencionada, en muchos casos se da como muestra de poder social al generar favores, ganar amistades y mantener buenas relaciones con sus compañeros, en sus relaciones sentimentales maritales y extramaritales el vehículo se constituye en argumento de galanteo, turismo y en algunos caso hasta en herramienta de uso intimo para sostener relaciones sexuales; por último, en una marcada proporción para aumentar sus ingresos de manera desleal frente al concesionario del vehículo y la empresa misma.

1.1.3. Pasajeros que pagan completo y no se registran

Esta modalidad de evasión se ha convertido en uno de los grandes problemas, como las demás anteriormente registradas no han permitido que se tengan datos reales de movimiento de pasajeros, haciendo que muchas veces una ruta sea considerada “social o mala” (con muy baja movilización de pasajeros), principalmente en los destinos más lejanos donde la presencia operativa de las empresas se hace más difícil y las condiciones culturales de sus habitantes usuarios del servicio permite que se genere un silencio cómplice ya sea por temor, por conveniencia, o porque se les hace indiferente la manera en que les permitan la subida al vehículo.

Algunos corredores por donde se desplazan parte de las rutas, cubren plazas de mercado o centros comerciales, lo que facilita como argumentación lógica de la existencia del bulto o el costal, el hecho de permitir el abordaje del pasajero por la puerta trasera, esto, no solo del usuario que va cargado, sino también de quienes lo acompañan.

En sectores marginados, es común y de manera premeditada, ver como un número importante de conductores permanece con la puerta trasera abierta, cerrando además la puerta delantera induciendo a generar la cultura de manera obligada, así el usuario termina de manera involuntaria pero generada abordando el vehículo por la puerta trasera.

El fenómeno de los acompañantes o ayudantes al interior de los vehículos, es uno de los factores primordiales de soporte para que el conductor consolide sus artimañas, pues es el ayudante el que incita a los usuarios para aborden el vehículo por la puerta trasera, consolidando así esta modalidad de evasión ya no en solitario, sino acompañado de un facilitador al interior del vehículo.



BUAP

Otra de las razones tiene que ver con la cultura del dinero que manejan los conductores, ya que es común ver en los recorridos del servicio urbano la proliferación de prestamistas y vendedores de mercancías para pago diario, donde algunos de ellos pagan mucho más dinero del que ganan teniendo por esta causa que buscar los sitios de menos vigilancia para subir por la puerta trasera a los usuarios con el ánimo de compensar su desequilibrio financiero, pues el manejo de efectivo genera una “falsa sensación de riqueza” que los motiva a contraer deudas en mayor proporción a sus capacidades de endeudamiento convirtiéndose este hecho en uno de los grandes motivadores del robo continuado tipificado en las diferentes modalidades de evasión que en el presente documento se analizan. Al respecto, igualmente se hace preocupante el incremento en consumo de narcóticos, generando endeudamiento para su adquisición, tema que se ha venido detectando con aumento marcado en las últimas épocas.

1.1.4. Pasajeros que pagan completo: se registran pero no se reportan

Esta es una de las modalidades más finas de evasión, a través de ella, los Conductores en función de los niveles de confianza entregados de parte de las empresas concesionarias, inician con sabotajes y/o alteraciones en los sistemas de conteo de pasajeros, continuado a través del cual van acumulando un número importante de pasajeros NO REPORTADO, como lo logran?, se logra soportados en los bajos niveles de control en los trayectos de la ruta, donde los conductores aprovechan las masas de los pasajeros al abordar el autobús y de esta manera jugar con el margen de error que se tiene por naturaleza en las tecnologías de conteo, así, se llega a acumular al menos un 2% de pasajeros a su favor que dejan de ser reportados.

Como observaron de acuerdo al estudio la evasión tiene muchos nombres, y una gran consecuencia “Menos Productividad de nuestros vehículos”, y se hace necesario tener mecanismos de control que permita recuperar esa evasión, en el mismo estudio se hace una reflexión al respecto.

“En función de la dinámica e interés de evolución para las empresas concesionarias del transporte público de pasajeros, se constituyen en labores de primordial importancia tanto el seguimiento y control de la operación, como la generación de nuevos proyectos o ideas de desarrollo. Frente al tema el fenómeno de evasión conocido como “la omisión de pago por los pasajeros transportados, en responsabilidad del conductor”, en sus diferentes modos, es un problema que no solo afecta la



BUAP

productividad del gremio, sino también que alcanza connotaciones culturales y de calidad y seguridad del servicio”.

El estudio también llega a sus conclusiones;

1.1.5. Que debe hacerse para evitar y/o reducir estos actos, con qué alternativas se cuentan?

Entender la verdadera dimensión de esta problemática; pues los niveles de evasión representados en dinero arrojan escandalosas cifras que motivan de manera seria a los permisionarios, a tomar decisiones que de tajo y con un real impacto trasciendan a eliminar tan compleja realidad, pues como se pudo observar en lo anterior, el problema trasciende de lo económico, a lo social y pasa por lo cultural; de ahí, que las aplicaciones que se hagan al respecto deben dar un vuelco total que no permita como se ha venido dando en el tiempo, que se terminen implementando correctivos que se queden cortos.

Es claro entonces que solo a través de un sistema de recaudo efectivo con unos sistemas de conteo y monitoreo adecuados se podrán corregir en gran medida las causas estructurales de este fenómeno.

Adicionalmente a lo anterior, se deben empezar a tratar estos temas con una mayor profundidad ahondando con soporte educacional buscando una real transformación de actitud, sobre todo, se debe hacer énfasis en las consecuencias que se pueden presentar para los infractores dentro de las estructuras empresariales y generando amplia conciencia a través de las capacitaciones dictadas por las empresas, el gobierno y los órganos municipales y estatales en especial en los cursos llevados a cabo para las plantillas de operadores en las empresas prestadoras del servicio.



BUAP

CAPÍTULO II

2. PLANEACIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO DE LOS DATOS Y ENTREGA DEL PRODUCTO (PASO 1: METODOLOGIA ACTUAL PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS A-X-R)

El capítulo describe la metodología que se utiliza en la ciudad de León, Guanajuato para el desarrollo del levantamiento de datos en las rutas que integran el sistema de transporte urbano. Para llevar a cabo dicho aforo, se tiene el consenso entre los presidentes que representan las 16 empresas del transporte urbano de la ciudad, con la autoridad municipal a través de la Dirección General de Movilidad como testigo de dicho acuerdo.

Las empresas con el objetivo de realizar el aforo y en vísperas de minimizar el grado de evasión, buscan el invertir solo lo necesario para la recaudación de los datos, por lo que se contrata una plantilla de personal para el levantamiento de los datos, buscando una medición constante (una muestra por semestre), equidad entre las empresas, y transparencia en la obtención de los datos.

En el levantamiento de datos, se cuantifican los pasajeros por el tipo de pago:

- Pago en efectivo (penalizado en \$9.00 pesos)
- Pago con tarjeta general (al pasajero de su saldo en la tarjeta se le descuenta \$7.30 al momento del pago)
- Pago con tarjeta preferencial, al pasajero se le descuenta \$3.70 de la tarjeta al momento del pago, y
- Pago de gratuidad, al pasajero se le descuenta \$0.00 de la tarjeta al momento del pago.

Además se recaudan otros datos que se utilizan para complemento de la información recabada:

- Datos del autobús y su servicio
- Pasajeros que no abordan el autobús, estos pasajeros no abordan el autobús por diferentes causas, (autobús lleno, operador no lo levanta, etc.), y
- Total de pasajeros por transbordo en las Terminales de Transferencia, estos pasajeros abordan el autobuses dentro de las Terminales de Transferencia, (también lo pueden hacer en los pasaderos sobre la ruta troncal).



BUAP

La cuantificación de los pasajeros se realiza en las diferentes rutas que integran el sistema, mismas que se cubren por las empresas prestadoras del servicio.

Tabla 1.1: Rutas por empresa

Empresa	Emp-1	Emp-2	Emp-3	Emp-4	Emp-5	Emp-6	Emp-7	Emp-8	Emp-9	Emp-10	Emp-11	Emp-12	Emp-13	Emp-14	Emp-15	Emp-16	Total
Rutas	6	9	21	7	24	2	2	5	9	11	17	8	7	1	1	2	132

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior contiene la cantidad de rutas que atiende cada una de las empresas, donde el servicio está clasificado en:

- Sistema de rutas Alimentador; este sistema atiende a los pasajeros de las colonias de la periferia hacia las terminales de transferencia.
- Sistema de rutas Auxiliar; este sistema atiende a los pasajeros de las colonias aledañas a los corredores de las rutas troncales, y
- Sistema de rutas Convencional y/o Remanente; este sistema atiende a los pasajeros de las rutas que no están integradas en el sistema.

Principales pasos para el levantamiento de los datos:

2.1. Planificación del aforo

En este apartado se explica la planificación previa al levantamiento de datos en campo de las rutas alimentadoras, auxiliares y remanentes de la ciudad de León, Guanajuato.

Con la aprobación del comité de auditorías, representada por el Director de Transporte, dos presidentes (uno por grupo de transportistas), de las empresas dos técnicos en transporte y un técnico por parte de la empresa recaudadora Pagobus. Se continúa con:

2.1.1. Dimensión del costo para el levantamiento de datos.

Con el objetivo de realizar el levantamiento de datos, determinado por una sola muestra para 132 rutas (69 rutas alimentadoras, 23 rutas auxiliares y 40 rutas convencionales), y obtener el resultado



BUAP

final en un plazo no mayor a 55 días hábiles (en un semestre), se contempla una plantilla de personal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.2: Cotización para el personal de los aforos

<i>Personal</i>	<i>Total</i>	<i>Días/Aforos</i>	<i>Costo/Día</i>	<i>Costo</i>
<i>Aforadores</i>	32	48	\$ 400.0	\$ 614,400.0
<i>Supervisores de Campo</i>	3	48	\$ 550.0	\$ 79,200.0
<i>Capturistas</i>	3	55	\$ 300.0	\$ 49,500.0
<i>Análisis, Resultados, Captura</i>	1	55	\$ 400.0	\$ 22,000.0
<i>Costo total del personal</i>				\$ 765,100.0

Fuente: Elaboración propia

Notas:

Los materiales y herramientas son proporcionados por la empresa Pagobus, y por lo tanto no se ejecuta un costo directo.

La empresa de Pagobus está representada por un consejo de administración, a su vez lo integran tres presidentes de los transportistas, siendo estos:

- Un presidente del consejo
- Un secretario del consejo
- Un vocal del consejo

Estos representantes avalan el presupuesto por semana (durante el desarrollo del aforo), la razón del por qué? Se emplea una plantilla de 32 aforadores y plazo de 55 días de aforo (como máximo) tiene el sustento en los días hábiles de acuerdo al calendario de los aforos, y que además se puede garantizar un mayor control con el personal, se complica el mantener a tanto personal por los horarios extendidos, este número permite descansar al personal cada 4 días, y sobre todo logra el objetivo en aforar las rutas de acuerdo al calendario, esto se realiza dos veces en el año.

Teniendo como principio de que los aforos se realizan dos veces por año, clasificado en el primer y segundo semestre de este, con base al calendario escolar de la Secretaría de Educación Pública



BUAP

(SEP), aunado a esto en el primer semestre en la ciudad de León, Guanajuato se festeja la feria de León, que tradicionalmente se festeja las últimas 2.5 semanas del mes de enero y la primera semana del mes de febrero, estas fechas no se consideran para el muestreo de levantamiento de datos, por lo que cada semestre tiene al menos 70 días disponibles hábiles sin afectación alguna por cualquier festividad acostumbrada en la educación del Municipio (Estado y país).

Por lo anterior y para garantizar el cumplimiento de los aforos en tiempo y forma se:

1. Se contemplan 55 días para levantamiento de datos, captura, proceso y análisis de los mismos para su entrega.
2. Se contemplan 32 aforadores considerando el período pico mayor en un día hábil, donde las rutas urbanas ocupan como un mínimo de 5 hasta un máximo de 36 autobuses, de las 132 rutas solo dos rutas ocupan el máximo (36), por lo que el día que este programado el aforo en dichas rutas se contratan la diferencia de aforadores a la plantilla programada.
3. La captura inicia dos días posteriores al inicio de los aforos, esto derivado del reclutamiento de los formatos, la revisión de los mismos y la entrega para su captura. Por lo que se contempla una semana posterior al término de los aforos para la conclusión de la captura, el proceso de datos, su análisis y entrega de resultados.
4. El pago de \$400.00 a los aforadores y \$500.00 a los supervisores, es para el atractivo de ellos y con esto mantener la plantilla de personal, ya que las jornadas laborables son de 5:20 hasta 23:00 horas.

2.1.2. Elaboración del calendario de aforos.

Basado en la equidad y los resultados del aforo, la naturaleza de los días en que se realizará el levantamiento de datos, es decir, para los días del primer y/o segundo semestre del año por aforar, se toma como primer principio aquellas rutas de las empresas que hayan obtenido un porcentaje de evasión mayor al tolerado, además de la reincidencia de las mismas durante el período.

Como segundo principio se aplica la rotación del orden en que se ejecutaron los aforos al semestre anterior. (Los primeros serán los últimos y viceversa), y como tercer principio el calendario se elabora contemplado solo aquellos días que integren un comportamiento normal, es decir, de lunes a viernes y se excluyen los días feriados, sábados y domingos.

Dicho calendario se envía para su aprobación a Dirección de Transporte.



BUAP

2.1.3. Detalles para implantación del aforo

Con la aprobación de aforos, se recluta al personal necesario, se realiza una capacitación a todo el personal sobre el levantamiento de los datos, la logística del levantamiento, la generación de base de datos, el análisis de los datos y entrega de los mismos.

Los supervisores asignan el personal, para iniciar con la primera corrida del sistema a las 5:00 horas, definen día y lugar para la realización del aforo de acuerdo a la cuenca de la ciudad basado en el calendario.

2.1.4. Levantamiento de datos

El aforador dentro del autobús procede al levantamiento de los datos, donde tiene que cuantificar y clasificar a todo el usuario que aborde el autobús, esto es desde el origen, durante el recorrido y por sentido, hasta el destino final de la ruta.

Tabla 1.3: Ejemplo del formato para el levantamiento de los aforos

<i>FORMATO DE AFORO EN EL SERVICIO URBANO DE LEÓN</i>									
<i>CLASIFICACIÓN POR TIPO DE USUARIO</i>									
FECHA: DIA _____ MES _____ AÑO _____				NOMBRE DEL AFORADOR _____				Folio:	
RUTA: _____									
Criterio de llenado: Registrar cada uno de los ascensos en el autobús, y anotar si el pago fue realizado en efectivo o con tarjeta. Anotar totales por cada vuelta									
Autobús	Horario (tiempo de recorrido)	Pago con		Tercera Edad	Niños sin cobro	Pasajeros que no abordan por			NOMBRE DEL TRAMO (1)
		Tarjeta	Efectivo			Autobús Lleno	Negligencia de operador	Parada NO Oficial	Trasbordos (2)
Número _____	Inicio _____								
Despacho No. _____	_____ : _____								1
Punto de inicio _____	termino _____								
Base () Retorno () _____	_____ : _____								2
	Total								

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra los datos que debe registrar el personal de aforo para el levantamiento de los datos.

Para minimizar sesgos en los datos a registrar, la persona denominada aforador se coloca en el asiento inmediato detrás del conductor, donde visualmente le permite identificar con mayor facilidad el tipo de pago que ejercen los usuarios a lo largo del trayecto en la ruta, esto se



BUAP

contempla para que un aforador aborde el autobús al iniciar la prestación del servicio a lo largo del día, así sucesivamente hasta concluir los servicios realizados en las rutas estudiadas.

2.1.5. Captura de datos

El supervisor de campo recauda y avala los formatos con los datos registrados del aforo del día, posterior entrega al responsable de captura, este los asigna a los capturistas para el vaciado de los mismos en la base de datos.

Los datos son transcritos por el personal asignado a la captura, de la misma forma los datos son avalados por el responsable, analiza y procesa datos para los resultados.

2.1.6. Entrega de resultados

En esta fase los resultados son avalados previamente por el titular de los aforos, mismos que serán entregados posteriormente al titular de la comisión de auditorías (Director de Transporte).

Los entregables son por empresa y ruta que se aforo:

1. Total de servicios realizados en aforo
2. Porcentaje que representa lo realizado con el programado
3. Movilidad en pasajeros;
 - a. Total de usuarios que realizo el pago con tarjeta
 - b. Total de usuarios que realizo el pago en efectivo
 - c. Total de usuarios que realizo de la 3ª. Edad (no realiza pago)
 - d. Total de usuarios de la ruta
 - e. Total de usuarios niños sin cobro
 - f. Total de transbordos.
4. Movilidad que no abordo el autobús
 - a. Total de usuarios que no abordaron por autobús lleno
 - b. Total de usuarios que no abordaron por negligencia del conductor



BUAP

- c. Total de usuarios que no abordaron por estar en parada no oficial
- 5. Expedientes del escaneado de los formatos.

Para ejemplificar el resultado por entregar, las tablas con el producto obtenido de las rutas aforadas, siendo el caso de la empresa 12, por lo que denominaremos de la empresa 1 a la empresa 16, lo anterior con el objetivo de no señalar y/o evidenciar aquello que pueda afectar el prestigio de las empresas. Se puede observar a detalle en el siguiente capítulo III en las tablas mostradas en los puntos 3.1 y 3.2.



BUAP

CAPÍTULO III

3. PROCESO PARA DETERMINAR Y CALCULAR EL PORCENTAJE DE EVASIÓN = PASAJEROS TOLERADOS (PASO 2: METODOLOGIA ACTUAL PARA MEDIR LA EVASIÓN EN LOS SISTEMAS DE RUTAS A-X-R)

El capítulo describir la segunda parte de la metodología que es utilizada en la ciudad de León. Para obtener y poder determinar el porcentaje de evasión, ya se mencionó la evasión es considerada como la diferencia que se presenta entre el total de pasajeros que reporta la empresa y el total de pasajeros que se fija como meta. En la medición de la evasión, el total de pasajeros transportado se reporta por el concesionario diariamente por ruta y con esta información la autoridad determina el total de pasajeros promedio diario (MPD). La medición del total de pasajeros real se realiza a través de un aforo efectuado en un día determinado en cada una de las rutas que conforma el sistema (Md). De esta manera la autoridad calcula la evasión de la siguiente forma; $e = Md - k$ MPD. Donde k es el margen de error aceptable (asociado a la calidad de la tecnología) por la autoridad.

Es decir, se compara el total de los pasajeros que se trasladan en un día de operación (pasajeros meta) contra el total de pasajeros que reporta la empresa en el sistema de transporte urbano. Es importante mencionar que en capítulos anteriores se plasma el cómo y cuáles son los datos que se recaudaron por los aforos. Partiendo de esto se requiere conocer los pasos siguientes para dicho cálculo.

Para visualizar de forma clara este capítulo, iniciaremos con el ejemplo de la empresa 10, donde la empresa opera 7 (siete) rutas al 100%, más una ruta compartida. A partir de los datos que se le entregan como producto de los aforos a la autoridad normativa (Dirección de Movilidad de León).

3.1. Servicios aforados

Se entiende que los servicios aforados son todos aquellos que se realizaron en el día de operación en una ruta (no obstante de los servicios que la empresa tiene programados).



BUAP

Tabla 3.1: Servicios aforados (parte 1)

EMPRESA	FECHA DE AFORO	DÍA	RUTA	SENTIDO	SERVICIOS			
					PROGRAMADO	REAL	DIF.	Eficiencia
EMPESA 12	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_2	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	187.5	187.5	0	100.00%
	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_3	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	157.5	156.5	-1	99.37%
	JUEVES	24-sep-15	12_1	DELTA-VALLE DE SAN JOSE	77.5	77.5	0	100.00%
	JUEVES	24-sep-15	12_7	SANTA RITA-SAN PABLO	90	88.5	-1.5	98.33%
	JUEVES	24-sep-15	12_8	DELTA-P. JUAREZ	55.5	55.5	0	100.00%
	VIERNES	25-sep-15	12_4	STA. ROSA PLAN DE AYALA-CENTRO	48	47	-1	97.92%
	VIERNES	25-sep-15	12_5	SAN ISIDRO-CENTRO	20	20	0	100.00%
	VIERNES	25-sep-15	12_6	LA ESMERALDA-CASA BLANCA	94.5	94	-0.5	99.47%
Totales					730.5	726.5	-4	99.45%

Fuente: Elaboración propia

Haciendo referencia a la tabla mostrada, el segundo semestre del año 2015 se realizó el aforo a la empresa señalada, donde se tiene que los días miércoles 23 de septiembre al día viernes 25 de septiembre del año 2015 corresponden para dicho aforo.

Como primer paso al proceso para determinar el grado de evasión, se tiene que la empresa registro 730.5 servicios programados en sus ocho (8) rutas, de acuerdo al aforo se tiene un total de 726.5 servicios realizados, esto indica que su eficiencia en cumplimiento de los servicios es de 99.45%. Por lo cual el 0.55% que equivale a cuatro de los servicios restantes que no se aforaron, se ponderaran más adelante, cuando se totalicen los pasajeros transportados.

Por anterior se establece que la eficiencia es igual al total de servicios realizados entre el total de los servicio programados.

3.1. Movilidad (Pasajeros)

Para los totales de pasajeros por ruta, esto es, de acuerdo a la clasificación de los pasajeros cuantificados en la ruta de dicho aforo, su clasificación es la siguiente:

- Pasajeros con pago (usuarios que pagan con dinero y con tarjeta)
 - Pasajeros pago con tarjeta (se incluye el pago general y preferencial)
 - Pasajeros pago con efectivo



BUAP

- Pasajeros sin pago (usuarios que no pagan por derecho de 65 años de edad)
 - Pasajeros de la tercera edad
- Pasajeros niños sin cobro (niños de meses hasta menos de 1.05 metros de estatura)
- Transbordos (pasajeros que ingresan al autobús en Terminales de Transferencia)

Es importante mencionar que el *Total de Pasajeros es igual a Pasajeros con pago por tarjeta, más Pasajeros con pago en efectivo, más Pasajeros de Tercera edad*. Por lo anterior es el dato a considerar para estimar la meta de pasajeros para la empresa en un día hábil.

Tabla 3.2: Movilidad en pasajeros por tipo (parte 2)

Empresa	Fecha de Aforo	Día	Ruta	MOVILIDAD (PASAJEROS TIPO)						
				Pago con tarjeta	Pago en efectivo	Tercera edad	Total con Pago	Total Pasajeros	Niños sin cobro	Transbordos
EMPESA 12	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_2	4,606	3,629	212	8,235	8,447	168	6,114
	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_3	3,854	3,074	187	6,928	7,115	88	5,104
	JUEVES	24-sep-15	12_1	1,604	1,260	125	2,864	2,989	86	2,527
	JUEVES	24-sep-15	12_7	4,023	4,148	391	8,171	8,562	164	2,339
	JUEVES	24-sep-15	12_8	1,855	1,530	80	3,385	3,465	19	2,420
	VIERNES	25-sep-15	12_4	646	1,016	60	1,662	1,722	22	21
	VIERNES	25-sep-15	12_5	417	880	24	1,297	1,321	58	0
	VIERNES	25-sep-15	12_6	3,533	4,498	444	8,031	8,475	221	3,448
Totales				20,538	20,035	1,523	40,573	42,096	826	21,973

Fuente: Elaboración propia

Como segundo paso, para determinar la meta a reportar en total de pasajeros por parte de la empresa. Se tiene que la movilidad total de pasajeros que se considera para el cálculo a estimar en dicha evasión, es el total de pasajeros con pago (pasajeros con pago en tarjeta más pasajeros con pago en efectivo), más el total de pasajeros sin pago (total de pasajeros de la tercera edad), más el total de pasajeros estimado de los servicios que no se realizaron.

3.2. Ponderación para determinar los Pasajeros Meta

Por lo anterior en el punto 3.2, y considerando que faltan los pasajeros de 4 (cuatro) servicios que no se realizaron (ver tabla 4), siendo estos en: ruta A-66 igual a 1 servicio, ruta X-15 igual a 1.5 servicios, ruta R-77 igual a 1 servicio, y ruta X-09 igual a 0.5 servicios. Es importante mencionar que existen diferentes causas del por qué no se contabilizaron los usuarios, usualmente es porque



BUAP

el autobús presenta fallas mecánicas antes y/o durante la prestación del servicio, y el operador no se presenta a trabajar.

Con referencia a la tabla No. 6 abajo mostrada, se tiene para la empresa 10, un total de 42,096 en pasajeros de movilidad paga, con la ponderación de los cuatro (4) servicios que no se realizaron se calculan 272 pasajeros, por lo que el total de su movilidad ponderada es de 42,356 pasajeros.

Tabla 3.3: Movilidad agregada por servicios incumplidos

EMPRESA	FECHA DE AFORO	DÍA	RUTA	SENTIDO	SERVICIOS				MOVILIDAD TOTAL	Diferencia Usuarios agregada	Ponderacion Movilidad
					PROGRAMADO	REAL	DIF.	Eficiencia			
EMPRESA 12	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_2	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	187.5	187.5	0	100.00%	8,447	0.0	8,447
	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_3	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	157.5	156.5	-1	99.37%	7,115	45.5	7,160
	JUEVES	24-sep-15	12_1	DELTA-VALLE DE SAN JOSE	77.5	77.5	0	100.00%	2,989	0.0	2,989
	JUEVES	24-sep-15	12_7	SANTA RITA-SAN PABLO	90	88.5	-1.5	98.33%	8,562	145.1	8,707
	JUEVES	24-sep-15	12_8	DELTA-P. JUAREZ	55.5	55.5	0	100.00%	3,465	0.0	3,465
	VIERNES	25-sep-15	12_4	STA. ROSA PLAN DE AYALA-CENTRO	48	47	-1	97.92%	1,722	36.6	1,759
	VIERNES	25-sep-15	12_5	SAN ISIDRO-CENTRO	20	20	0	100.00%	1,321	0.0	1,321
	VIERNES	25-sep-15	12_6	LA ESMERALDA-CASA BLANCA	94.5	94	-0.5	99.47%	8,475	45.1	8,520
Totales					730.5	726.5	-4	99.45%	42,096	272	42,356

Fuente: Elaboración propia

Como tercer paso, para determinar la meta a reportar en total de pasajeros por parte de la empresa. Se tienen que agregar los pasajeros en la movilidad total, es decir, por cada ruta se calculan los pasajeros que no se contabilizaron en los aforos, para esto se emplea la muy conocida “regla de tres”, donde se tiene que un 100% es multiplicado por el total de pasajeros contabilizados en la ruta, y dividido entre el porcentaje de eficiencia obtenido en el cumplimiento de los servicios. De esta forma se obtiene el nuevo total de pasajeros por ruta y empresa.

Tabla 3.4: Movilidad tolerada (pasajeros meta)

EMPRESA	FECHA DE AFORO	DÍA	RUTA	SENTIDO	SERVICIOS				MOVILIDAD TOTAL	Diferencia Usuarios agregada	Ponderacion Movilidad	Meta x Cumplir Final	
					PROGRAMADO	REAL	DIF.	Eficiencia				Tolerancia	Movilidad Tolerada
EMPRESA 12	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_2	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	187.5	187.5	0	100.00%	8,447	0.0	8,447	3.62%	8,141
	MIÉRCOLES	23-sep-15	12_3	HACIENDA DE SAN JOSE-DELTA	157.5	156.5	-1	99.37%	7,115	45.5	7,160	3.62%	6,901
	JUEVES	24-sep-15	12_1	DELTA-VALLE DE SAN JOSE	77.5	77.5	0	100.00%	2,989	0.0	2,989	3.62%	2,881
	JUEVES	24-sep-15	12_7	SANTA RITA-SAN PABLO	90	88.5	-1.5	98.33%	8,562	145.1	8,707	3.62%	8,392
	JUEVES	24-sep-15	12_8	DELTA-P. JUAREZ	55.5	55.5	0	100.00%	3,465	0.0	3,465	3.62%	3,340
	VIERNES	25-sep-15	12_4	STA. ROSA PLAN DE AYALA-CENTRO	48	47	-1	97.92%	1,722	36.6	1,759	3.00%	1,706
	VIERNES	25-sep-15	12_5	SAN ISIDRO-CENTRO	20	20	0	100.00%	1,321	0.0	1,321	3.00%	1,281
	VIERNES	25-sep-15	12_6	LA ESMERALDA-CASA BLANCA	94.5	94	-0.5	99.47%	8,475	45.1	8,520	3.62%	8,212
Totales					730.5	726.5	-4	99.45%	42,096	272	42,356		40,854

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Como cuarto paso, para determinar la meta a reportar en total de pasajeros por parte de la empresa. Se emplean los porcentajes de tolerancia que se tienen definidos de acuerdo al tipo del sistema de ruta, es decir que las rutas con nomenclatura "A" y "X" tienen el 3.62%, las rutas con nomenclatura "R" tienen el 3.0%.

Con referencia a lo anterior, el motivo del por qué los porcentajes de tolerancia están definidos de esa forma, es que los autobuses que prestan el servicio en las rutas del sistema alimentador (rutas "A") y las rutas del sistema auxiliar (rutas "X"), tienen una puerta izquierda, misma que utilizan en terminales de transferencia y/o en paraderos del sistema, además de que esta puerta no cuenta con equipos de conteo y control de pasajeros, por lo tanto los autobuses de las rutas del sistema remante no cuentan con puerta izquierda.

Dichos motivos están considerados para mitigar que la empresa y operadores reporten en menor cantidad los pasajeros transportados.

Como quinto paso, para determinar la meta a reportar en total de pasajeros por parte de la empresa. Se le resta el valor del porcentaje (%) de tolerancia (en número de pasajeros) al total de pasajeros con la ponderación por ruta, de esta manera se obtiene el nuevo "total de pasajeros meta" siendo esta por 40,854.



BUAP

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO (CON OTRAS VARIABLES)

En este se describe un plan de muestreo, partiendo de lo que actualmente se está realizando en la metodología de aforos en la ciudad de León, analizaremos todas aquellas variables que sean pertinentes, con esto se busca una mejora en cualquiera de los rubros del proceso estadístico.

Lo ideal es obtener la información para todos y cada uno de los elementos de la población a estudiar, es decir, trabajar con censos en lugar de muestreos, sin embargo; Pero hay tres razones para que sea mejor realizar un muestreo:

- El costo, ya que el censo sería muy caro.
- El tiempo disponible, cuando en muchos casos la información se necesita de forma urgente.
- La precisión que presumiblemente se obtiene con un censo, no compensaría la pérdida en dinero y tiempo, cuando está, razonablemente puede obtenerse a una mediana y/o buena precisión, es decir con un adecuado método de muestreo.

Es de suma importancia el estar convencido de que un muestreo es una herramienta valiosa y que se puede llevar a cabo para obtener la información que sea necesaria, y se requiere realizar un plan de muestreo.

El plan de muestreo, ayuda a planificar y diseñar lo que se va a estudiar, primeramente habrá que preguntarse ¿Qué voy a muestrear?, y ¿Cuál será la cantidad de muestra representativa?, ya que este plan de muestreo nos permite identificar con claridad que se realizará.

Los pasos [16] que integran un plan de muestreo son los que a continuación se describen:

1. Definir a la población de interés o población objetivo,
2. Seleccionar un procedimiento de muestreo,
3. Determinación del tamaño de la muestra,
4. Diseño de la forma de obtener la información,
5. Seleccionar las unidades muestrales,
6. Selección y capacitación del personal y aplicación del formato,



BUAP

7. Revisión, captura y procesamiento de los datos, y
8. Uso de la muestra para hacer inferencias.

Con referencia a los pasos mencionados en el desarrollo de la presente investigación, a continuación se explican.

4.1. Definir a la población de interés o población objetivo

Para definir la población objetivo, se debe tener claridad absoluta sobre el objetivo general del estudio, ya que éste será el guía para todos los pasos posteriores. La población es el conjunto de elementos del cual se obtiene la muestra [17].

La población de interés. Se considera como la cantidad de la demanda que paga (usuarios y/o pasajeros) en los días hábiles de las rutas fijas de transporte público de los sistemas convencional, e integrado (rutas alimentadoras y auxiliares) de las empresas concesionarias de la ciudad de León, Guanajuato.

Unidad de muestreo. Son los elementos disponibles para su selección en alguna etapa de muestreo. Para este documento, se considera al autobús que presta servicio por cada corrida o despacho de una ruta.

Alcance. Rutas fijas de transporte público de los sistemas convencional, e integrado (rutas alimentadoras y auxiliares) de las empresas concesionarias de la ciudad de León, Guanajuato, en días hábiles.

Tiempo. Hasta que se muestren todas las rutas en estudio que son 92.

Marco muestral. Se define como la lista de todas las unidades de muestreo disponibles para su selección en una etapa del proceso de muestreo. Se consideran los autobuses que prestan su servicio por cada despacho o corridas de una semana (días hábiles) en una ruta.

4.2. Seleccionar un procedimiento de muestreo



BUAP

Existe dos tipos de muestreo el probabilístico y el no probabilístico, los cuales se definen como:

Muestreo Probabilístico. “Cuando cada elemento de la población tiene una posibilidad conocida de ser seleccionado para la muestra. Se hace mediante reglas de decisión matemáticas que no permiten discreción al investigador o al entrevistador de campo. El muestreo probabilístico de iguales posibilidades es solo un caso muy especial del muestreo probabilístico llamado muestreo aleatorio simple. Este muestreo permite calcular el grado probable hasta el cual el valor de la muestra puede diferir del valor de la población de interés (error muestra)” [17].

Muestreo no probabilístico. “La selección de un elemento de la población que va a formar parte de la muestra se basa hasta cierto punto en el criterio del investigador o entrevistador de campo. Aquí no se puede calcular el error muestral pues no hay una posibilidad conocida de que se seleccione cualquier elemento particular de la población” [17].

Las técnicas más comunes dentro del muestreo probabilístico son:

- El muestreo aleatorio simple
- El muestreo estratificado
- El muestro por conglomerados o racimos
- El muestreo mixto

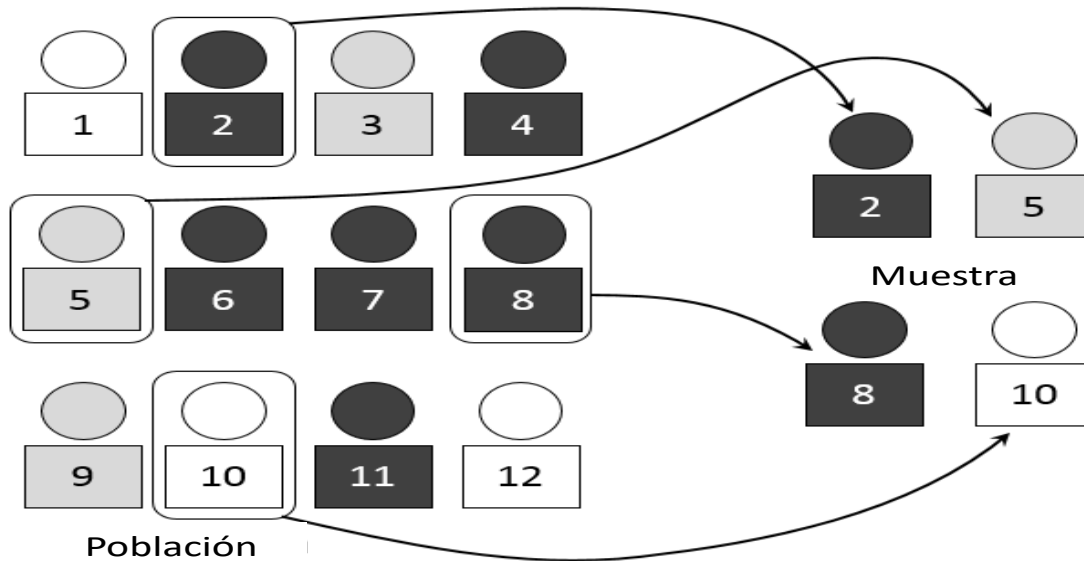
4.2.1. El muestreo aleatorio simple.

“Se define como la técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo y que, por lo tanto, están descritos en el marco muestral, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra. Sería algo así como hacer un sorteo justo entre los individuos del universo: asignamos a cada persona un boleto con un número correlativo, introducimos los números en una urna y empezamos a extraer al azar boletos. Todos los individuos que tengan un número extraído de la urna formarían la muestra”. [19]. Lo anterior podemos observarlo en la figura siguiente:



BUAP

Figura 4.1: Ejemplo de muestreo aleatorio simple



Fuente: Recuperado [19]

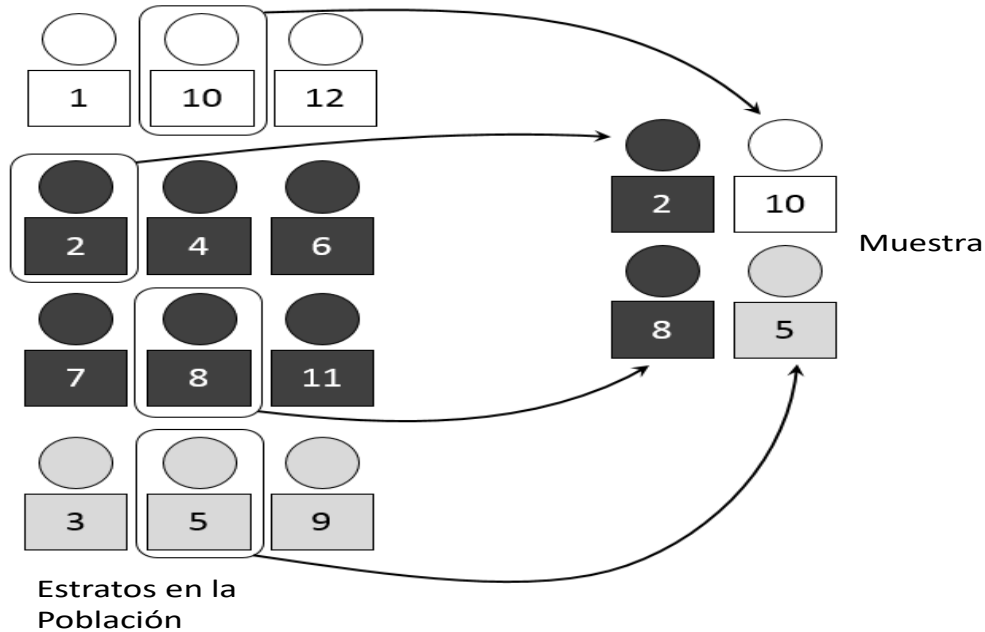
4.2.2. El muestreo estratificado.

“Consiste en dividir toda la población objeto de estudio en diferentes subgrupos o estratos disjuntos, de manera que un individuo sólo puede pertenecer a un estrato. Una vez definidos los estratos, para crear la muestra se seleccionan individuos empleando una técnica de muestreo cualquiera a cada uno de los estratos por separado. Si por ejemplo empleamos muestreo aleatorio simple en cada estrato, hablaremos de muestreo aleatorio estratificado. Del mismo modo, podríamos usar otras técnicas de muestreo en cada estrato (muestreo sistemático, aleatorio con reposición, etc.). Los estratos suelen ser grupos homogéneos de individuos, que a su vez son heterogéneos entre diferentes grupos.” [20]. Lo anterior podemos observarlo en la figura siguiente:

Figura 4.2: Ejemplo de muestreo estratificado simple



BUAP



Fuente: Recuperado [20]

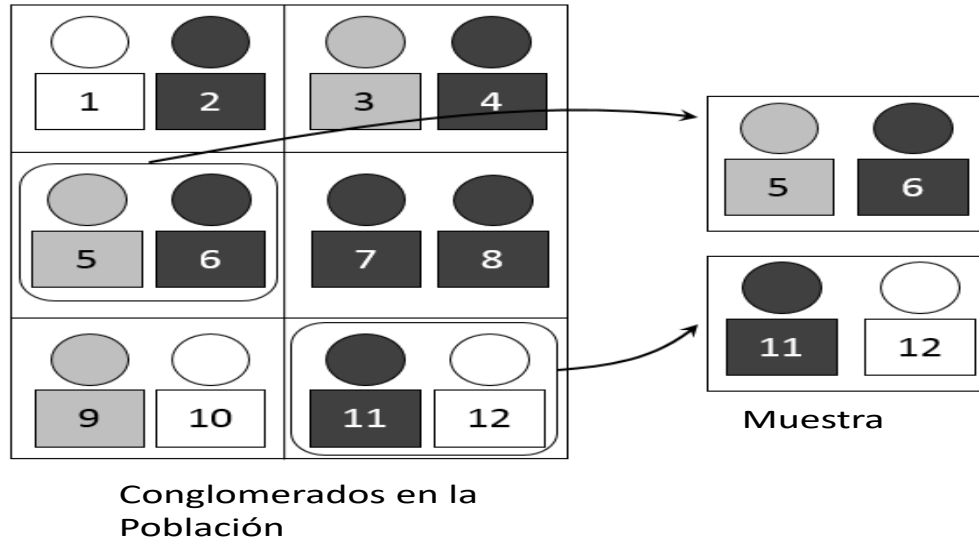
4.2.3. El muestreo por conglomerados o por racimos.

“Es una técnica que aprovecha la existencia de grupos o conglomerados en la población que representan correctamente el total de la población en relación a la característica que queremos medir. Dicho de otro modo, estos grupos contienen toda la variabilidad de la población. Si esto sucede, podemos seleccionar únicamente algunos de estos conglomerados para realizar el estudio. Podemos ver esta técnica desde otro punto de vista. Mientras que en todas las técnicas vistas hasta ahora las unidades de muestreo coinciden con las unidades a estudiar (individuos), en el muestreo por conglomerados las unidades de muestreo son grupos de unidades de estudio, algo que puede resultar muy beneficioso en relación al costo del propio muestreo. A cambio, es habitual obtener una menor precisión al usar esta técnica, causada por falta de heterogeneidad dentro de los conglomerados [21]. Lo anterior se puede observar en la figura siguiente:

Figura 4.3: Ejemplo de muestreo por conglomerados



BUAP



Fuente: Recuperado [21]

4.2.4. El muestreo mixto.

Cuando la población es compleja, cualquiera de los métodos descritos puede ser difícil de aplicar, en estos casos se aplica un muestreo mixto que combina dos o más de los anteriores sobre distintas unidades de la encuesta [23].

4.2.5. La técnica de muestreo seleccionada.

Por la particularidad de obtener la información de las variables de estudio, fue necesario aplicar el muestreo mixto de la siguiente manera:

- Muestreo estratificado. Considerando una ruta como un estrato.
- Muestreo simple aleatorio o estratificado. Para determinar el tamaño de la muestra.
- Muestreo simple aleatorio. Para determinar el día a obtener la muestra.

Una de las técnicas seleccionadas es la del muestreo estratificado, esta se considera debido a que la población es para el caso que nos ocupa y son las rutas del transporte público del sistema convencional y del Sistema Integrado de Transporte (alimentadoras y auxiliares), que sus nombres están asociados a un tipo de servicio, y que por sus características operativas nos forman un



BUAP

estrato, sin embargo, al pertenecer a varias empresas y al prestar sus servicios en diferentes partes del sistema de transporte y la ciudad, es mejor que se divida en subgrupos, que para ellos se considera cada ruta, las cuales tienen características homogéneas. Uno de los expertos mexicanos en la materia [1], recomienda estratificar la muestra por ruta ya que esto permite asegurar su representación a este nivel. “Esta estratificación se hace formando grupos de vehículos con características comunes, lo que resulta en una mayor precisión de la muestra y una representatividad de todas las rutas”. “Las variables de estratificación que se consideran son”:

- Ruta. Al seleccionar muestras de vehículos de transporte público por ruta, se asegura que se obtendrá información representativa de cada ruta. Esto permite desarrollar un análisis de rutas individuales.
- • Sentido (origen-destino). Se puede entender que en el comportamiento de una ruta, al dirigirse hacia la zona centro de la ciudad por la mañana, presentará un mayor volumen de usuarios que en aquellas rutas con dirección del viaje a la periferia en el mismo periodo. Por ello, es recomendable esta estratificación.
- Hora del día. Los volúmenes de usuarios abordando vehículos de transporte público varían a lo largo del día, por lo que es importante obtener una muestra a lo largo de todo el día, recomendándose cubrir los periodos pico y valle tanto matutinos como vespertinos.

En este sentido cada ruta de transporte forma un estrato, la cual tiene autobuses ya definidos y fijos, los cuales circulan en la misma dirección o derrotero (vialidades), en similares condiciones de tránsito y que transportan a una misma demanda cautiva. Y se empleará el muestreo aleatorio simple en cada estrato o ruta de transporte, para obtener el tamaño de la muestra, ya que se requiere conocer la demanda paga de todas y cada una de las rutas, y no se pretende observar relaciones entre dos o más rutas. Sin embargo también se hará el uso de la fórmula de muestreo por estratos en cada ruta, utilizando la fórmula recomendada por el ingeniero Molinero [1], para comparar resultados.

Considerando que la ruta es el elemento individual de un sistema de transporte público de ruta fija, y que esto legalmente se da a través de la concesión de cada una.

Para fines comparativos se puede considerar los servicios ofertados totales de lunes a viernes en cada ruta como la población en estudio, siendo un subestrato cada día de la semana (lunes, martes, miércoles, jueves o viernes), determinar el tamaño de la muestra con la fórmula de



BUAP

muestreo aleatorio simple o por estratos y seleccionar el día de la semana a obtener la muestra por números aleatorios, si la muestra de servicios equivale a un día completo.

Se describe la razón del por qué no se utilizara en este análisis el método por conglomerados:

Mientras que en todas las técnicas vistas hasta ahora en las unidades de muestreo coinciden con las unidades a estudiar (individuos), en el muestreo por conglomerados las unidades de muestreo son grupos de unidades de estudio, algo que puede resultar muy beneficioso en relación al costo del propio muestreo. A cambio, es habitual obtener una menor precisión al usar esta técnica, causada por falta de heterogeneidad dentro de los conglomerados.

Además en el muestreo aleatorio estratificado, **se realiza el muestreo en todos los estratos** de la población, mientras que en el muestreo por conglomerados el investigador sólo **selecciona aleatoriamente un número de conglomerados** de la colección de conglomerados de toda la población.

Por lo que cada ruta se consideró un estrato y para el ejercicio de evaluar la evasión se considera muestrear todas las rutas.

4.3. Determinación de la muestra

La forma de determinación y el tamaño de la muestra se encuentran en función de aspectos como objetivo del estudio, características del universo en cuanto a tamaño y homogeneidad de la población, facilidad para la obtención de los datos, costo y tiempo necesarios para el levantamiento de información y grado de confiabilidad del método adoptado.

- El muestreo se define como el proceso de seleccionar un conjunto de individuos de una población con el fin de estudiarlos, y con ello caracterizar al total de la población [12].
- El universo se considera como el total de individuos que deseo estudiar.
- La población es el conjunto de individuos del universo que selecciono para estudiarlos, a través de una encuesta o aforo.

“El muestreo es útil gracias a que podemos acompañarlo de un proceso inverso, que llamamos generalización. Es decir, para conocer un universo lo que hacemos es extraer una muestra del mismo, medir un dato u opinión y proyectar en el universo el resultado observado en la muestra (expandir). Esta proyección o extrapolación recibe el nombre de generalización de



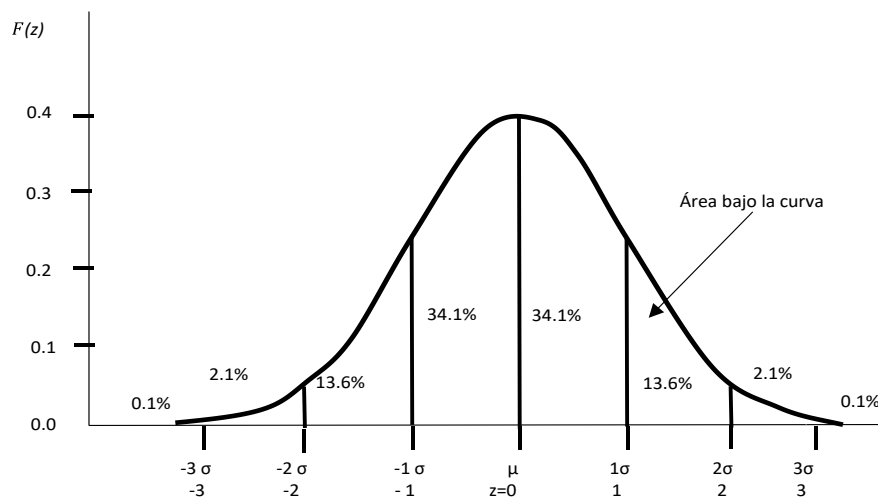
BUAP

resultados” “Afortunadamente, el error que se comenta al generalizar resultados puede acotarse gracias a la estadística. Para ello usamos dos parámetros: el margen de error, que es la máxima diferencia que esperamos que haya entre el dato observado en mi muestra y el dato real en el universo, y el nivel de confianza, que es el nivel de certeza que tengo de que realmente el dato real esté dentro del margen de error” [12].

“La forma en que disminuye la probabilidad a medida que me alejo de la media corresponde a una distribución gaussiana. Podemos fijar un intervalo alrededor del valor más probable, de manera que englobemos el 95% de la probabilidad (nivel de confianza). La distancia a la que me tengo que alejar del valor más probable para englobar este 95% determina el margen de error” [13].

En la figura siguiente se muestra la desviación estándar, expresada con la letra griega σ . La desviación es lo lejos o cerca que esta el dato con respecto a la media μ . La silueta forma la distribución de campana (Gauss) o normal. El área bajo la curva va de 0 a 1 o de 5% a 100%. Es simétrica y el área representa el porcentaje de todos los valores de una población normalmente distribuida que se encuentra dentro de la desviación estándar de la media. Una desviación estándar σ representa en ambas partes (izquierda y derecha) el 68.2%, mientras que dos σ , representan 95.4%, tres σ representan 99.6%. El eje x es la media y las desviaciones estándar, representada en una tabla de distribución normal [14], (ver anexo 4, tabla 4.1) por el valor de z y el eje y por la función de F(z), que forma la campana de Gauss y el valor máximo es de 0.4.

Figura 4.4: Distribución normal estándar



Fuente: Elaboración propia



BUAP

El eje x de la imagen anterior, también se le denomina z, siendo este el valor que se busca en las tablas de distribución normal [14], (ver anexo 4, tabla 4.1) para obtener de ellas el valor del área bajo la curva o nivel de confianza, siendo este valor calculado por la siguiente ecuación:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

En donde:

z = Es la desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado

x = Número de corridas o despachos

μ = Valor de la media

σ = Desviación estándar

Las tablas se hicieron para poder ser aplicadas en cualquier ejercicio, como se muestra en la tabla siguiente. Una desviación estándar da como resultado el valor de 1, mientras que dos da el valor de 2 y tres da 3, utilizando cualquier ejemplo. Para el valor de 1 en la tabla de distribución normal [14], (ver anexo 4, tabla 4.1) da como resultado la mitad del área y sumándolas las dos, como son simétricas, dan como resultado el valor de 0.682 o 68.2%, para 2 desviaciones 0.954 o 95.4% y para 3 desviaciones 0.996 o 99.6%.

Tabla 4.1: Cálculo del valor z

Media μ	2,946	
Desviación estándar σ	98	Valor de z [15] $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$
$x = \mu + 1 \sigma$	$= 2,946 + 98 = 3,044$	$= (3,044 - 2,946)/98 = 1$
$x = \mu + 2 \sigma$	$= 2,946 + 98 + 98 = 3,142$	$= (3,142 - 2,946)/98 = 2$
$x = \mu + 3 \sigma$	$= 2,946 + 98 + 98 + 98 = 3,239$	$= (3,239 - 2,946)/98 = 3$
$x = \mu - 1 \sigma$	$= 2,946 - 98 = 2,848$	$= (2,848 - 2,946)/98 = -1$
$x = \mu - 2 \sigma$	$= 2,946 - 98 - 98 = 2,750$	$= (2,750 - 2,946)/98 = -2$
$x = \mu - 3 \sigma$	$= 2,946 - 98 - 98 - 98 = 2,652$	$= (2,652 - 2,946)/98 = -3$

Fuente: Elaboración propia



BUAP

El margen de error es el intervalo en el cuál espero encontrar el dato que quiero medir de mi universo. El dato puede ser en general de dos tipos: una media o una proporción [13]. Para este caso se quiere medir la demanda paga de usuarios que utilizan una ruta en una semana de días hábiles. Por ejemplo, si la media de demanda paga de una semana de una ruta es de 2,945 pasajeros y el margen de error es de 5%. Eso significaría que espero que la media este entre 2,798 (-5%) y 3,092 (+5%), lo que da un intervalo de (147 pasajeros).

Existe otra manera, la cual es la considerada como la precisión expresada como fracción de la media. Por ejemplo, se considera el 5%, o la fracción de 0.05 de la media, entonces sería el mismo valor del ejemplo anterior, (147 pasajeros) y darían los mismos resultados.

Las ventajas e inconvenientes de usar el muestreo frente a estudiar todo el universo, se describen a continuación [12].

Ventajas:

- Al estudiar menos individuos, se requieren de menos recursos (tiempo, dinero y personal)
- La manipulación de, es mucho más simple. si con una muestra de 1,000 individuos tengo suficiente, para que quiero analizar una base de datos de miles de individuos.

Inconvenientes:

- Se puede introducir un error (controlado) en el resultado, debido a la misma naturaleza del muestreo y a la necesidad de generar resultados.
- Se corre el riesgo de introducir sesgos debido a una mala selección de la muestra.

4.3.1. Fórmulas utilizadas

Como se mencionó anteriormente, se hará uso de las fórmulas de muestreo, las cuales serán expuestas en el siguiente orden:

Muestreo aleatorio simple

- Fórmula utilizada en muestreo para estudios de transporte público de Molinero



BUAP

- Fórmula de muestreo para estudios de transporte público de Lawrence
- Fórmula para estimar la media de una población

Muestreo Estratificado

- Fórmula utilizada en muestreo para estudios de transporte público de Molinero

Los estudios de ascenso – descenso permiten obtener información de los usuarios que abordan por tipo de tarifa. Si bien es cierto, que este estudio sirve principalmente para obtener información para el análisis y programación del servicio, también sirve para la cuantificación a detalle de la demanda para fines de auditar.

Se considera utilizar la siguiente fórmula, considerando que cada ruta de transporte tiene características operacionales muy particulares, que depende de las vialidades, de donde circula, del tipo de vehículo, características de cobro, y que esta considera como unidad de muestreo la corrida, despacho o servicio. La cual se define como la salida de un autobús en cierto horario, desde el origen de la ruta, recorriendo su derrotero y llegando al fin de la misma (retorno), prestando servicio, siendo esto en un sentido de circulación (base-retorno).

“En diversos estudios se ha constatado que la corrida, es la única unidad de muestreo viable en el medio mexicano, puesto que la mayor parte de los despachadores reasignan su parque vehicular entre las diferentes rutas que controlan conforme a criterios particulares y no predecibles, lo que obliga al aforador a cambiar frecuentemente de unidad” [1].

Para determinar el tamaño de la muestra o el número de corridas (despachos) a muestrear por cada ruta se determina mediante la siguiente ecuación [1]:

$$n = \frac{NxC^2}{C^2 + [N(\frac{d}{z})^2]}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Número de corridas o despachos

C = Coeficiente de variación



BUAP

d = Precisión deseada como una fracción de la media

z = Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada

Para la aplicación de la fórmula se debe tomar en cuenta la siguiente información [1]:

- Cada ruta debe ser muestreada por lo menos un día
- Coeficiente de variación igual a 0.35 (valor recomendado para nuestro medio)
- Precisión d deseada expresada como fracción de la media ($d = 0.15$)
- Nivel de confianza del 95%
- Muestreo aleatorio simple sobre el número total de corridas

De los supuestos anteriores, los dos primeros no se pueden aceptar tan fácilmente. “Para validar el primer supuesto, se requiere revisar la información disponible acerca de los reportes diarios de la operación sobre la ruta o red en estudio, con el objeto de cuantificar adecuadamente las características del transporte urbano de pasajeros”. “Con base en esta información, se analiza el número de corridas y el número de pasajeros diarios para las rutas que existe información y se realizan pruebas de igualdad de medias y análisis de varianza con el objeto de detectar posibles diferencias en las distribuciones de las variables aleatorias que miden el número de recorrido y el número de pasajeros diarios por ruta”. “Del análisis de los datos presentado por ruta se debe probar la hipótesis que las medias de las distribuciones para los diferentes días hábiles son iguales, contra la hipótesis alterna que alguna media es distinta”. “En diversos estudios se ha observado que de acuerdo a esta información que con un nivel de confianza del 95% la hipótesis de igualdad de medias es correcta”. “De acuerdo con las condiciones en que operan los sistemas de transporte en México, el muestrear una ruta y única y exclusivamente durante un día de la semana, nos permite asegurar con un 95% de confianza, que cualquiera que fuera el día de la semana muestreado, el resultado será representativo de la operación de la ruta” [1].

En cuanto al segundo supuesto, se sugiere utilizar un coeficiente de variación del 0.35. Se considera como aceptable para nuestro medio diseñar un tamaño de muestra suponiendo un coeficiente de variación de menor o igual al 0.35 [1].

4.3.2. Información a utilizar en el análisis de los supuestos.



BUAP

Se cuenta con información de la ruta 12_1 de la empresa 12 se recolectó información de demanda paga de dos semanas consecutivas (lunes a viernes) con sistema de conteo que tienen los autobuses, como son barras contadoras, durante las fecha del 4 al 8 y del 11 al 15 de julio del 2016. Y de la misma manera se analizará información correspondiente a demanda por autobús en horario pico de la misma ruta. El ejercicio se realizará para conocer que tanto la información general de un día y la de servicio a servicio, cumple con los supuestos de normalidad, análisis de varianza, medias y de coeficiente de variación.

Tabla 4.2: Información de demanda de la ruta 12_1 de la empresa 12 por día.

Días	Semana 1	Semana 2
Lunes	3,039	2,830
Martes	3,082	2,848
Miércoles	2,844	2,841
Jueves	2,849	2,933
Viernes	2,914	2,890

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3: Información de demanda de la ruta 12_1 de la empresa 12 por servicio, sentido base – retorno en hora pico.

Dato	Semana 1	Semana 2
1	50	26
2	15	69
3	39	57
4	63	51
5	47	36
6	42	65
7	45	33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4: Información de demanda de la ruta 12_1 de la empresa 12 por servicio, sentido retorno - base en hora valle.

Dato	Semana 1	Semana 2
1	4	7
2	3	6
3	6	4



BUAP

4	4	5
5	8	6
6	9	6
7	3	4
8	3	9
9	3	2

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1. Primer supuesto.

4.3.2.1.1. Prueba de normalidad.

Se recomienda comprobar antes de realizar cualquier análisis estadístico si la variable aleatoria estudiada sigue una distribución normal. Entre los numerosos métodos que se usan para probar la normalidad de un conjunto de datos, se destaca la prueba de Shapiro-Wilk por ser potente y además sencilla de aplicar. Una de las condiciones para la aplicación de esta fórmula es que el tamaño de la muestra o datos a analizar sean iguales o menores a 50 [7], por lo cual se considera adecuada para aplicarse en este estudio.

Prueba de Shapiro-Wilk

a. Hipótesis.

Ho: (hipótesis nula): La variable aleatoria no tiene una distribución normal.

La zona de aceptación para *Ho* está formada por todos los valores del estadístico de prueba *Wc* menores al valor esperado o tabulado $w_{(1-\alpha;n)}$.

$$ZA = \{ W/W_{calculado} \leq w_{(1-\alpha;n)} \}$$

HI: (hipótesis alternativa): La variable aleatoria tiene una distribución normal

b. Fórmulas para calcular el estadístico de prueba

$$Wc = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}$$

$$b = \sum_{i=1}^k ai[x_{(n-i+1)} - xi]$$

En donde:



BUAP

\bar{x} = Media

x = Datos

i = Valor inicial

n = Valor final

N = Número total de datos

b = Resultado de un producto entre variables

Wc = Valor estadístico de prueba

a_i = Valor de un coeficiente, tabulado para cada tamaño de muestra y la posición i de cada observación.

Lo anterior se calcula, como se muestra en la tabla siguiente, siendo el procedimiento como a continuación se describe:

- Columna 1: Se enumeran los valores de la variable estudiada ($i= 1, 2, 3, \dots, n$)
- Columna 2: Se ordenan los valores de la variable en forma ascendente x_i y se calcula el valor de la media.
- Columna 3: Se ordenan los valores de la variable en forma descendente $[x_{(n-i+1)}]$.
- Columna 4: Se obtiene la diferencia $x_{(n-i+1)} - x_i$, (columna 3 – columna 2).
- Columna 5: Se obtienen los valores de a_i (desde $i= 1$, hasta $i = 5$), (anexo 1, tabla 1.1).
- Columna 6: Se calcula el producto de $a_i[x_{(n-i+1)} - x_i]$, (columna 5 x columna 4).
- Columna 7: Se calcula el término $(x_i - \bar{x})^2$.

Tabla 4.5: Cálculo del estadístico de prueba para los datos de la semana 1, por día.

1	2	3	4	5	6	7
i	x_i	$x_{(n-i+1)}$	$x_{(n-i+1)} - x_i$	a_i	$a_i[x_{(n-i+1)} - x_i]$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,844	3,082	238.00	0.6646	158	10,323
2	2,849	3,039	190.00	0.2413	46	9,332
3	2,914	2,914	0.00	0	0	999
4	3,039	2,849	-190.00	0	0	8,724
5	3,082	2,844	-238.00	0	0	18,605
$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$	14,728/5= 2,945.60					
$\sum_{i=1}^n a_i[x_{(n-i+1)} - x_i]$					204	
$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$						47,981
$b^2 = \sum_{i=1}^k a_i[x_{(n-i+1)} - x_i]$					(204) ² = 41,616	
$Wc = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$					41,616/47,981= 0.867	



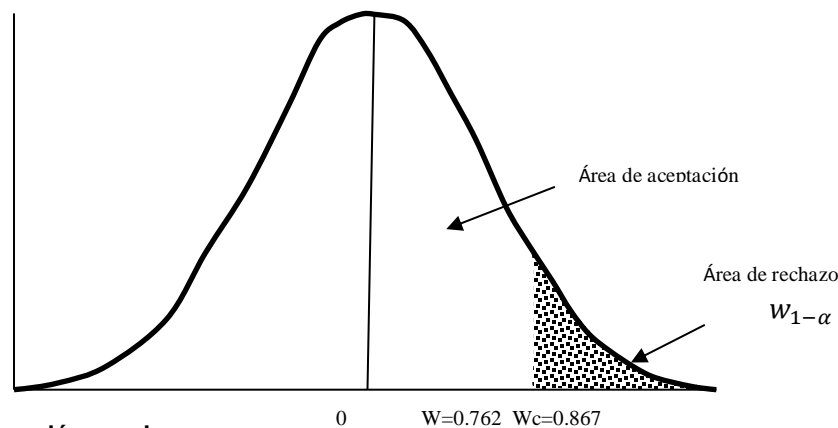
BUAP

Fuente: Elaboración propia

c. Zona de aceptación para H_0 : (hipótesis nula).

Del anexo 1, de la tabla 1.1, se busca el valor de $w_{(0.05,5)}$, con nivel de significancia (α) de 0.05., para $n = 5$, de la cual se obtiene el valor de 0.762.

Figura 4.5: Prueba de hipótesis de una cola para Shapiro-Wilk



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior podemos decir si $W_c \leq W$ se acepta H_0 . Entonces, $W_c=0.867$ y $W=0.762$, $0.867 \leq 0.762$, no se cumple. Se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Entonces se puede concluir que los datos analizados de la semana 1, se distribuyen normalmente.

Utilizando la misma metodología para la información de la semana 2 por día se tienen los siguientes resultados. Del anexo 1, de la tabla 1.1, se busca el valor de $w_{(0.05,5)}$, con nivel de significancia (α) de 0.05., para $n = 5$, de la cual se obtiene el valor de 0.762.

Si $W_c \leq W$ se rechaza H_0 . Entonces $W_c = 0.885$ y $W=0.762$, $0.885 \leq 0.762$, no se cumple. Se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Entonces se puede concluir que los datos analizados de la semana 2, se distribuyen normalmente.

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido base – retorno de la semana 1, en hora pico Si $W_c \leq W$ se rechaza H_0 , entonces $0.87 \leq 0.80$, y en lo que respecta a la semana 2, $0.94 \leq 0.80$. Entonces se puede concluir que los datos analizados de las semanas 1 y 2, se distribuyen normalmente.



BUAP

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido retorno - base de la semana 1, en hora valle Si $W_c \leq W$ se rechaza H_0 , entonces $0.85 \leq 0.83$, y en lo que respecta a la semana 2, $0.84 \leq 0.83$. Entonces se puede concluir que los datos analizados de las semanas 1 y 2, se distribuyen normalmente.

4.3.2.1.2. Prueba de hipótesis para diferencia de medias o igualdad de medias.

Se considera utilizar la prueba de hipótesis de medias, usando la distribución t de Student para datos relacionados, muestras dependientes [11], se considera este método, por lo siguiente:

- Muestra dependiente. Se consideran así porque tienen algo en común, se tomaron de la misma ruta y en ella viajan de manera cotidiana regularmente las mismas personas.
- La muestra de datos es menor a 30 (<30) datos.
- La población sigue una distribución normal.
- No se conoce la desviación estándar de la población, sólo de la muestra

La hipótesis nula se establece sobre el valor que toma la diferencia de medias. Si la diferencia de medias se establece en cero, significa que estamos asumiendo que las medias en las dos muestras (muestra 1 y muestra 2) serán iguales.

a. Hipótesis.

H_0 : (hipótesis nula): $u_1 = u_2$

H_1 : (hipótesis alternativa): $u_1 \neq u_2$

b. Fórmulas para calcular el estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{d}_i}{\frac{\sigma_d}{\sqrt{N}}}$$

$$\sigma_d = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d}_i)^2}{N - 1}}$$

$$\bar{d}_i = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N}$$

$$d_i = u_{1i} - u_{2i}$$



BUAP

En donde:

\bar{d}_i = Media de la diferencia entre los datos entre la muestra 1 y 2

d_i = Diferencia entre los datos de la muestra 1 y 2

i = Valor inicial

n = Valor final

N = Número total de datos

σ_d = Desviación estándar

u_{1i} = Datos de la muestra 1

u_{2i} = Datos de la muestra 2

t = Valor estadístico resultante del procedimiento

Lo anterior se calcula, como se muestra en la tabla siguiente, siendo el procedimiento como a continuación se describe:

- Columna 1: Se enumeran los valores de la variable estudiada ($i= 1, 2, 3, \dots, n$), siendo 1 lunes y 5 viernes
- Columna 2: Se registran los valores de la semana 1 o muestra 1, u_{1i}
- Columna 3: Se registran los valores de la semana 2 o muestra 2, u_{2i}
- Columna 4: Se obtiene la diferencia, $d_i = u_{1i} - u_{2i}$, (columna 3 – columna 2)
- Columna 5: Se obtiene la diferencia, $d_i - \bar{d}_i$, (columna 4 - \bar{d}_i)
- Columna 6: Se calcula el cuadrado de $(d_i - \bar{d}_i)^2$, (columna 5)²

Se calcula σ_d y t :

Tabla 4.6: Cálculo del estadístico t

1	2	3	4	5	6
i	u_{1i} (semana 1)	u_{2i} (semana 2)	$d_i = u_{1i} - u_{2i}$	$d_i - \bar{d}_i$	$(d_i - \bar{d}_i)^2$
1	3,039	2,830	209	131.80	17,371
2	3,082	2,848	234	156.80	24,586
3	2,844	2,841	3	-74.20	5,506
4	2,849	2,933	-84	-161.20	25,985
5	2,914	2,890	24	-53.20	2,830
$\sum_{i=1}^n d_i$			386		



BUAP

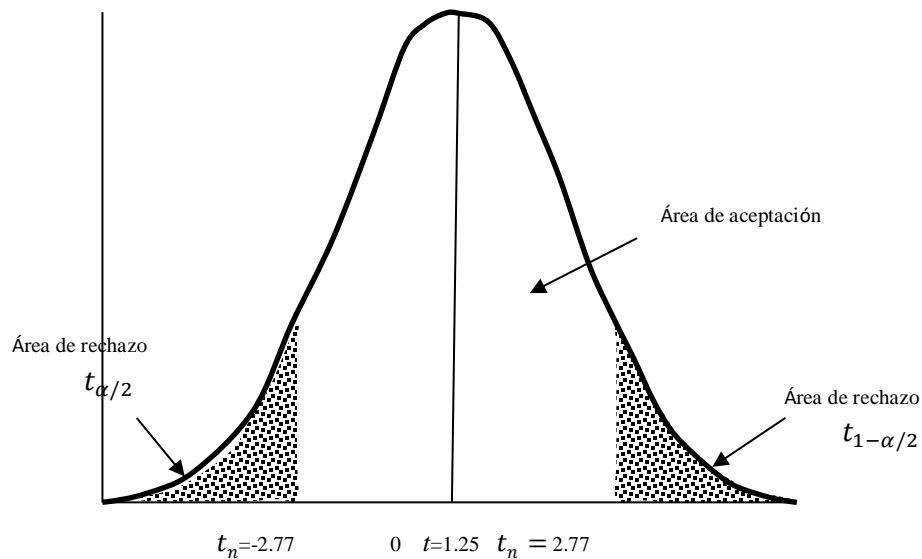
$\bar{d}i = \sum_{i=1}^n \frac{di}{N}$			=386/5 =77.20		
$\sum_{i=1}^n (di - \bar{d}i)^2$					76,279
$\sigma d = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(di - \bar{d}i)^2}{N - 1}}$					$\sqrt{(76,279 / (5-1))}$ =138
$t = \frac{\bar{d}i}{\frac{\sigma d}{\sqrt{N}}}$					$77.20 / (138 / \sqrt{5}) = 1.25$

Fuente: Elaboración propia

c. Zona de aceptación para H_0 : (hipótesis nula).

Del anexo 2, de la tabla 2.1, se busca el valor de $t_{(0.025,4)}$, con nivel de significancia (α) de 0.05., para $n = 4$, de la cual se obtiene el valor de 2.77.

Figura 2.6: Prueba de hipótesis de dos colas para t de Student



Fuente: Elaboración propia

De la figura 4.6, podemos comentar que para este tipo de hipótesis donde $\mu_1 = \mu_2$, se considera un análisis de dos colas, donde α se considera en dos partes, una a la derecha y otra a la izquierda, por lo cual para este ejemplo es de $0.05/2 = 0.025$ el nivel de significancia. En este tipo



BUAP

de casos se considera rechazar H_0 : si $t < t_{\alpha/2}$ (En números negativos el valor mayor es el más cercano a cero) o si $t > t_{1-\alpha/2}$.

Para la información de días de la semana 1 y 2. Se obtuvo que t tiene un valor de 1.25 y t_n un valor de 2.77, por lo que se considera la cola de la derecha, entonces $t < t_{1-\alpha/2}$. Para rechazar H_0 , tiene que ser mayor y como es menor, entonces se acepta "Ho". Entonces se puede concluir que no hay diferencia entre las medias de los datos analizados de la semana 1 y 2.

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido base – retorno de las semanas 1 y 2, en hora pico, se obtuvo que t tiene un valor de -0.49 y t_n un valor de 2.44, entonces $t < t_{1-\alpha/2}$. Entonces se puede concluir que no hay diferencia entre las medias de los datos analizados de la semana 1 y 2.

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido retorno - base de las semanas 1 y 2, en hora valle, se obtuvo que t tiene un valor de -0.67 y t_n un valor de 2.30, entonces $t < t_{1-\alpha/2}$. Entonces se puede concluir que no hay diferencia entre las medias de los datos analizados de la semana 1 y 2.

4.3.2.1.3. Prueba de hipótesis para igualdad de varianzas.

Se considera utilizar la prueba de Bartlett para tener la seguridad de la homogeneidad de varianzas, se busca con este método encontrar que la varianza de la muestra 1, es igual a la varianza de la muestra 2, o que estas muestras tienen una varianza homogénea [9].

Se consideró la aplicación de éste método, debido a Bajo el supuesto de normalidad, la prueba con más potencia es la de Bartlett, entre las pruebas tradicionales [8].

La hipótesis nula se establece:

a. Hipótesis.

H_0 : (hipótesis nula): $\sigma_1 = \sigma_2$

H_1 : (hipótesis alternativa): $\sigma_1 \neq \sigma_2$

b. Fórmulas para calcular el estadístico de prueba



BUAP

$$x_i = u_{1i} + u_{2i}$$

$$Sci = xi^2 - (xi)^2$$

$$S^2p = \sum_{i=1}^n Sci / (nt)$$

$$T = \frac{(N-t) \ln(S^2p) - f}{1 + \left(\frac{1}{3(t-1)}\right) \left(g - \frac{1}{N-t}\right)}$$

En donde:

Sci = Suma de cuadrados

S^2p = Suma de los cuadrados y valores para el cálculo

xi = Sumatoria de datos por fila

S^2i = Varianza

f = Sumatoria de valores para el cálculo

g = Sumatoria de valores para el cálculo

i = Valor inicial

n = Valor final

N = Número total de datos

t = Elementos de la muestra

u_{1i} = Datos de la muestra 1

u_{2i} = Datos de la muestra 2

T = Valor estadístico resultante

Lo anterior se calcula, como se muestra en la tabla siguiente, siendo el procedimiento como a continuación se describe:

- Columna 1: Se enumeran los valores de la variable estudiada ($i= 1, 2, 3, \dots, n$), siendo 1 lunes y 5 viernes



BUAP

- Columna 2: Se registran los valores de la semana 1 o muestra 1, u_{1i}
- Columna 3: Se registran los valores de la semana 2 o muestra 2, u_{2i}
- Columna 4: Se obtiene la suma por fila de la muestra 1 y 2, (suma la columna 2 y 3)
- Columna 5: Se obtiene los cuadrados de cada muestra y se suman
- Columna 6, 7, 8, 9 y 10: Se realizan cálculos

Se calcula T:

Tabla 4.7: Cálculo de Bartlett para la homogeneidad de varianzas

1	2	3	4	5
i	u_{1i} (semana 1)	u_{2i} (semana 2)	$x_i = u_{1i} + u_{2i}$	$x_i^2 = u_{1i}^2 + u_{2i}^2$
1	3,039	2,830	5,869	17,244,421
2	3,082	2,848	5,930	17,609,828
3	2,844	2,841	5,685	16,159,617
4	2,849	2,933	5,782	16,719,290
5	2,914	2,890	5,804	16,843,496

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8: Cálculo de Bartlett para la homogeneidad de varianzas

1	6	7	8	9	10
i	$SCi = xi^2 - (xi)^2/r$	$S^2i = SCi/(r-1)$	$\ln(S^2i)$	$(r - 1)\ln(S^2i)$	$1/(r - 1)$
1	21,841	21,841	10.0	10.0	1
2	27,378	27,378	10.2	10.2	1
3	4.5	5	1.5	1.5	1
4	3,528	3,528	8.2	8.2	1
5	288	288	5.7	5.7	1
$\sum_{i=1}^n SCi$	53,039				
$S^2p = \sum_{i=1}^n SCi / (nt)$	53,039/ (10-5)= 10,607.80				
$f = \sum_{i=1}^n (r - 1)\ln(S^2i)$				35.50	
$g = \sum_{i=1}^n 1/(r - 1)$					5



BUAP

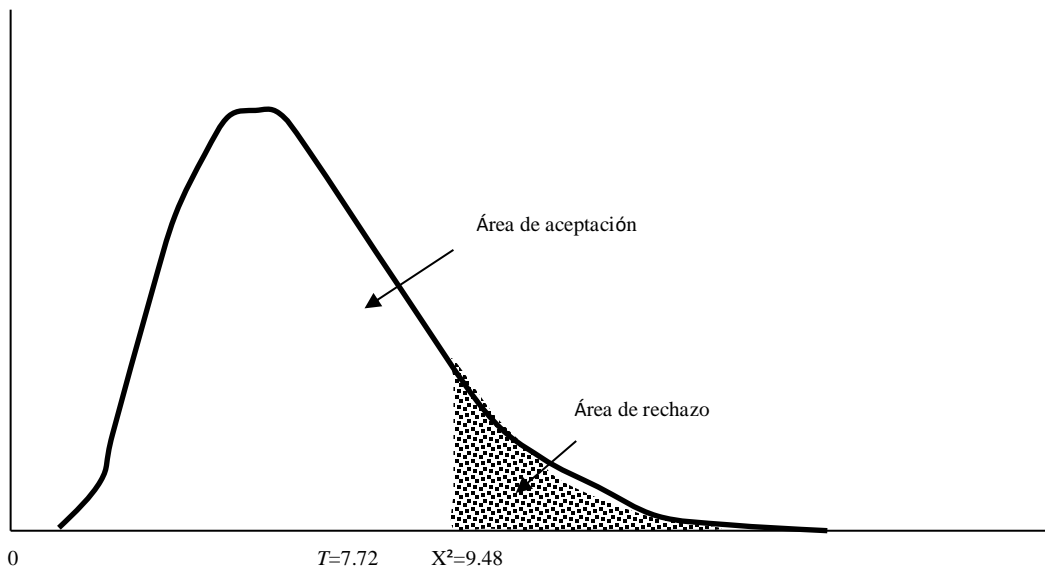
$T = \frac{(N-t)\ln(S^2p) - f}{1 + \left(\frac{1}{3(t-1)}\right)\left(g - \frac{1}{N-t}\right)}$	$T = \frac{(12 - 5)\ln(10,607.80) - 35.50}{1 + \left(\frac{1}{3(5-1)}\right)\left(5 - \frac{1}{12-5}\right)} = 7.72$
--	--

Fuente: Elaboración propia

c. Zona de aceptación para H_0 : (hipótesis nula).

Del anexo 3, de la tabla 3.1, se busca el valor de $X^2_{(5-1,0.05)}$, con nivel de significancia (α) de 0.05., para $t = 4$, de la cual se obtiene el valor de 9.48 (ver figura 4.7). En este tipo de casos se considera aceptar H_0 : si $T < X^2$. Del cálculo anterior se obtiene que $T=7.72$, y $X^2 = 9.48$, entonces $7.72 < 9.48$, por lo que se acepta H_0 y las varianzas son homogéneas para las semanas 1 y 2 de los valores por día.

Figura 4.7: Prueba de hipótesis chi cuadrado



Fuente: Elaboración propia

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido base – retorno de las semanas 1 y 2, en hora pico, del cálculo se obtiene que $T=3.28$, y $X^2 = 12.59$, entonces $3.28 < 12.59$, por lo que se acepta H_0 y las varianzas son homogéneas para las semanas 1 y 2.



BUAP

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido retorno - base de las semanas 1 y 2, en hora valle, del cálculo se obtiene que $T=4.39$, y $X^2 =15.50$, entonces $4.39 < 15.50$, por lo que se acepta H_0 y las varianzas son homogéneas para las semanas 1 y 2.

4.3.2.2. Segundo supuesto.

4.3.2.2.1. Coeficiente de variación.

Para la obtención del coeficiente de variación se requiere de la estimación de:

- Media
- Desviación estándar

4.3.2.2.2. La media.

Es un promedio estándar de varios datos, y a la cual también se le llama promedio. La aplicación de la siguiente fórmula permite estimar la media [3]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

En donde:

\bar{x} = Media

x = Datos

i = Valor inicial

n = Valor final

N = Número total de datos

Ejemplo: se tiene la ruta 12_1 y esta tiene los siguientes valores de demanda de usuarios por día de la semana. El cálculo de la media de dichos valores se muestra en la siguiente tabla.



BUAP

Tabla 4.9: Estimación de la media

Días y fórmulas	Semana 1
Lunes = x1	3,039
Martes = x2	3,082
Miércoles = x3	2,844
Jueves = x4	2,849
Viernes = x5	2,914
$\sum_{i=1}^n xi$	3,039+3,082+2,844+2,849+2,914 =14,728
$N=$	5
$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{N}$	14,728/5=2,946

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.3. La desviación estándar.

Permite conocer la distribución de los datos con respecto a la media. Es una medida de dispersión y variación de los datos, permite estimar que tan dispersos están los datos respecto a la media. La aplicación de la siguiente fórmula permite estimar la desviación estándar [4]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{N}}$$

En donde:

σ = Desviación estándar

\bar{x} = Media

x = Datos

i = Valor inicial

n = Valor final

N = Número total de datos



BUAP

Ejemplo: Con los datos del ejemplo anterior se calcula la desviación estándar, lo cual se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 4.10: Estimación de la desviación estándar

Fórmulas	$(xi - \bar{x})^2$
$(x1 - \bar{x})^2$	$(3,039 - 2,946)^2 = 8,649$
$(x2 - \bar{x})^2$	$(3,082 - 2,946)^2 = 18,496$
$(x3 - \bar{x})^2$	$(2,844 - 2,946)^2 = 10,404$
$(x4 - \bar{x})^2$	$(2,849 - 2,946)^2 = 9,409$
$(x5 - \bar{x})^2$	$(2,914 - 2,946)^2 = 1,024$
$\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2$	47,982
$N =$	5
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{N}}$	$\sigma = \sqrt{\frac{47,982}{5}}$
$\sigma =$	98

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.4. Coeficiente de variación.

Es una medida de dispersión o variación de datos, indica que tan dispersos se encuentran los datos, con respecto a la media.

El coeficiente de variación se calcula utilizando la siguiente ecuación [5]:

$$C = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

En donde:

σ = Desviación estándar

\bar{x} = Media

C = Coeficiente de variación

Ejemplo: Con los datos del ejemplo anterior se calcula el coeficiente de variación, lo cual se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 4.11: Estimación del coeficiente de variación



BUAP

Fórmulas	$(xi - \bar{x})^2$
$\sigma =$	98
$\bar{x} =$	2,946
$C = \frac{\sigma}{\bar{x}}$	98/2946
$C =$	0.03

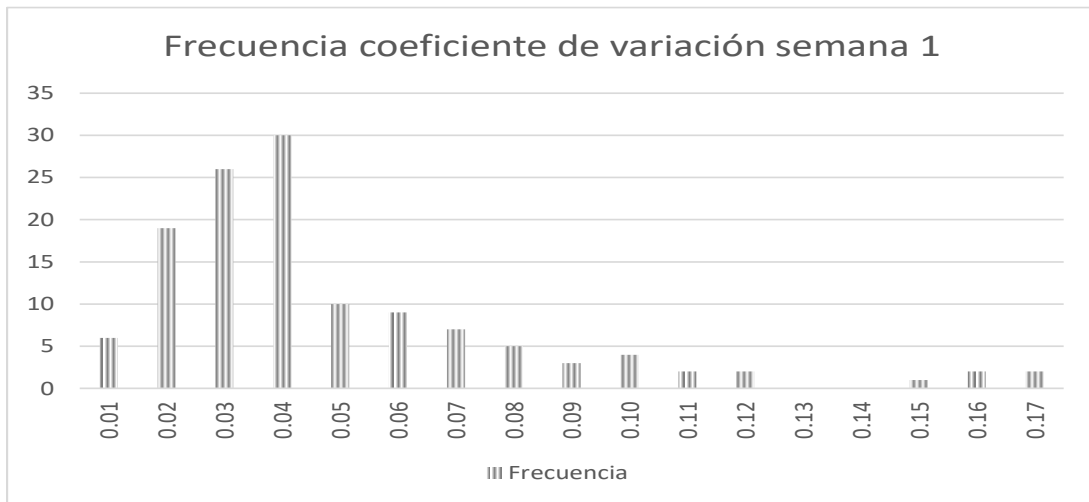
Fuente: Elaboración propia

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido base – retorno de las semanas 1 y 2, en hora pico, del cálculo se obtiene que el coeficiente de variación para la semana 1 es de 0.31 y para la semana 2 de 0.49.

En lo correspondiente a los valores de servicio sentido retorno - base de las semanas 1 y 2, en hora valle, del cálculo se obtiene que el coeficiente de variación para la semana 1 es de 0.32 y para la semana 2 de 0.35.

Si se analiza la información de todas las rutas 130 para la información correspondiente a la semana 1 y semana 2, dela demanda por cada día de la semana (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes) encontrando la siguiente información en frecuencia de los coeficientes de variación de un total de 260 valores. Los coeficientes se muestran en las gráficas siguientes.

Gráfico 4.1: Frecuencia de coeficientes de variación de la semana 1.

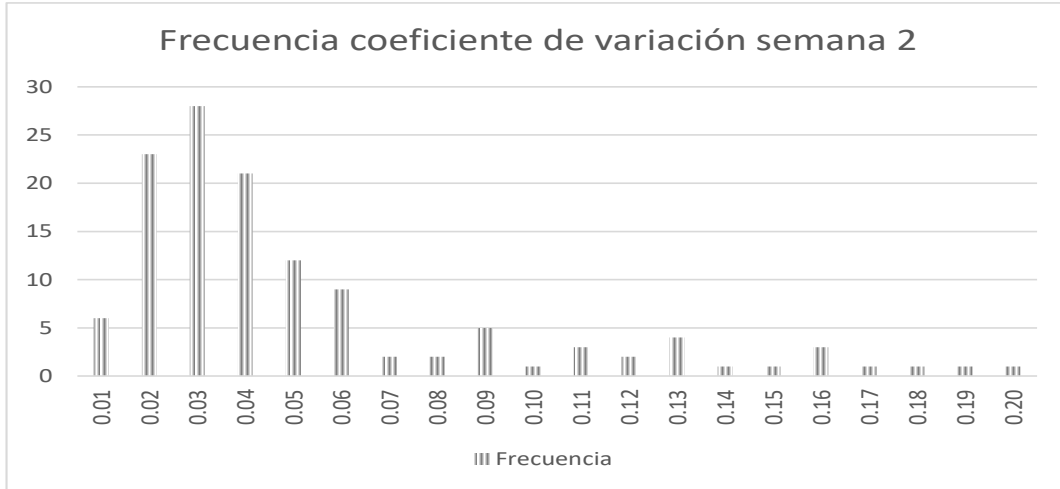


Fuente: Elaboración propia



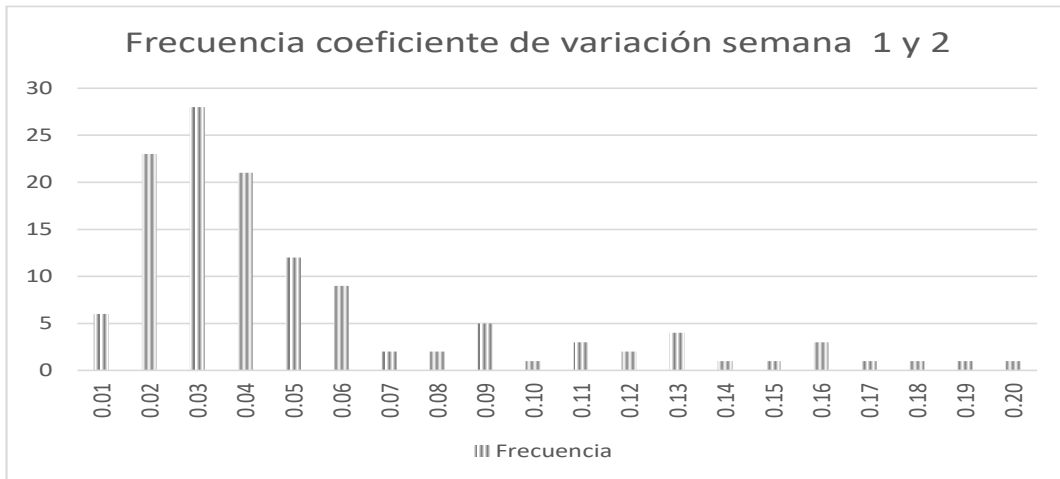
BUAP

Gráfico 4.2: Frecuencia de coeficientes de variación de la semana 2.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3: Frecuencia de coeficientes de variación de la semana 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia

De las gráficas anteriores, podemos comentar que la media del coeficiente de variación se encuentra en el valor de 0.05, lo cual indica que los datos son muy cercanos con respecto a la media. Asimismo que la frecuencia tiene una forma normal con asimétrica positiva o hacia la derecha.



BUAP

Tabla 4.12: Coeficientes de variación para las variables en estudio

Variable	Mínimo	Máximo	Promedio
Pasajeros pagan y abordan por día ruta	0.10	0.11	0.05
Pasajeros pagan y abordan de retorno - base por servicio o despacho	0.36	0.42	0.39
Pasajeros pagan y abordan de base - retorno por servicio o despacho	0.26	0.29	0.28
Pasajeros pagan y abordan de ambos sentidos por servicio o despacho	0.26	0.40	0.33

Fuente: Elaboración propia

De la información analizada para las gráficas anteriores, así como de 599 datos de servicios o despachos en ambos sentidos, de las rutas 5_2, 7_1 y 12_1, se calculó la tabla anterior, la cual nos permite de manera resumida conocer los valores mínimo, máximos y promedio. Esto permite considerar como aceptable que para nuestro medio se diseñe el tamaño de muestra suponiendo un coeficiente de variación menor al 0.35 para los despachos o servicios y de 0.05 para los valores por día.

4.3.2.2.5. Formula de muestreo para estudios de transporte público de Lawrence.

Se revisaron de las referencias bibliográficas de la fuente [1], y se investigo acerca de la fórmula recomendada por el autor, encontrando la fórmula original [2]. Ambas fórmula de muestreo, están adaptadas a transporte público de pasajeros de ruta fija, a nivel de corrida o despacho para cuantificar ascensos y descenso. La fórmula de muestreo de Molinero, en cuanto a los valores por default o recomendados están adaptados al entorno nacional mexicano, y la de Lawrence al medio de Estados Unidos de Norte América, sin embargo de considerar los valores de las variables recomendados por Molinero en la de Lawrence, da como resultado, el mismo valor de muestra, lo cual se puede observar en la tabla siguiente.

Para determinar el tamaño de la muestra o el número de corridas (despachos) a muestrear por cada ruta se determina mediante la siguiente ecuación de Lawrence [2]:

$$n = \frac{NZ^2C^2}{NE^2 + Z^2C^2}$$

En donde:

n = El número de viajes o corridas a tomar muestras o tamaño de la muestra



BUAP

N = Número de corridas o despachos programados

Z = Factor de confianza

E = Tolerancia (porcentaje expresado en decimales)

V = Coeficiente de variación

Tabla 4.12: Comparación de resultados entre fórmula de muestreo de Molinero y Lawrence considerando despachos o servicios o corridas

Fórmula de Molinero	Descripción	Fórmula de Lawrence	Descripción
$n = 150.90$	Tamaño de la muestra	$n = 150.90$	El número de viajes o corridas a tomar muestras o tamaño de la muestra
$N = 760$	Número de corridas o despachos	$N = 760$	Número de corridas o despachos programados
$z = 1.96$	Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada	$Z = 1.96$	Factor de confianza
$d = 0.05$	Precisión deseada como una fracción de la media	$E = 0.05$	Tolerancia (porcentaje expresado en decimales)
$C = 0.35$	Coeficiente de variación	$V = 0.35$	Coeficiente de variación
$n = \frac{NxC^2}{C^2 + [N(\frac{d}{z})^2]}$		$n = \frac{NZ^2C^2}{NE^2 + Z^2C^2}$	

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo observar en la tabla anterior, las fórmulas de muestreo, usan las mismas variables, por lo que para ejemplificar se utilizará la fórmula de Lawrence. En las siguientes figuras se muestran ejemplos de la aplicación de la fórmula mencionada dejando fijos la mayor parte de las variables y una sola cambiando sus valores, con el objetivo de poder identificar su comportamiento.

Si se adaptará la fórmula anterior, se podrá calcular la muestra por día de la semana como se muestra en la tabla siguiente. Como se puede observar dependiendo si se calcula la muestra por servicio, se requiere del coeficiente de variación a ese detalle, y si se requiere calcular por día, se requiere de calcular el coeficiente de variación también a ese nivel de detalle.

Tabla 4.13: Comparación de resultados entre fórmula de muestreo de Molinero y Lawrence considerando información por día



BUAP

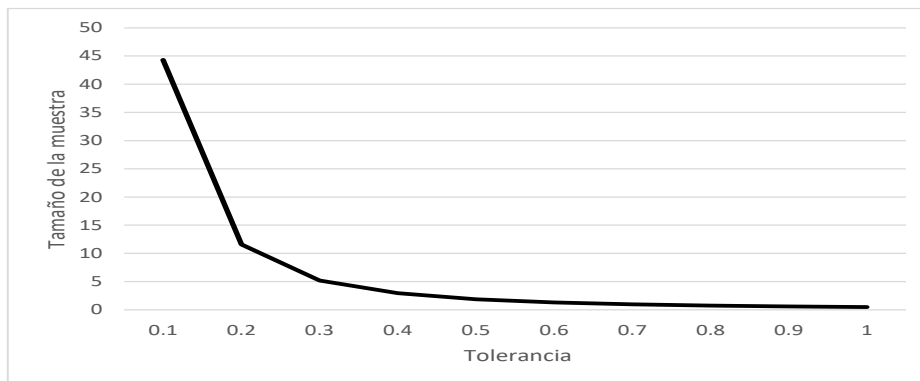
Fórmula de Molinero	Descripción	Fórmula de Lawrence	Descripción
$n = 1$	Tamaño de la muestra	$n = 1$	El número de días a tomar muestras o tamaño de la muestra
$N = 5$	Número de días	$N = 5$	Número de días
$z = 1.96$	Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada	$Z = 1.96$	Factor de confianza
$d = 0.05$	Precisión deseada como una fracción de la media	$E = 0.05$	Tolerancia (porcentaje expresado en decimales)
$C = 0.028$	Coficiente de variación	$V = 0.028$	Coficiente de variación
$n = \frac{NxC^2}{C^2 + [N(\frac{d}{z})^2]}$		$n = \frac{NZ^2C^2}{NE^2 + Z^2C^2}$	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla a nivel de despacho o servicio se puede estimar que el tamaño de la muestra representa los servicios correspondientes a un día ya que 760 despachos de la semana entre 5 días, corresponde a 152 servicios, muestra que es igual al calcularse por días de la semana, ya que se considera el mismo valor del nivel de confianza y error esperado, cambiando solo el valor del coeficiente de variación acorde a la agrupación de la información.

Realizando un análisis con la fórmula, se puede mencionar que en la figura siguiente, que a menor tolerancia mayor tamaño de la muestra. Si se tiene una tolerancia del 100%, entonces no se necesita muestra. Si se tomara como precisión deseada como fracción de la media se podría explicar que entre más precisión se quiera más muestra se requiere y a menor precisión menor muestra se requiere.

Grafico 4.4: Comportamiento de la variable tolerancia en la fórmula de muestreo para una ruta.



Nota: Los Supuestos que se consideraron fueron: N=760, Z=1.96, E=0.1 a 1, V=0.35,

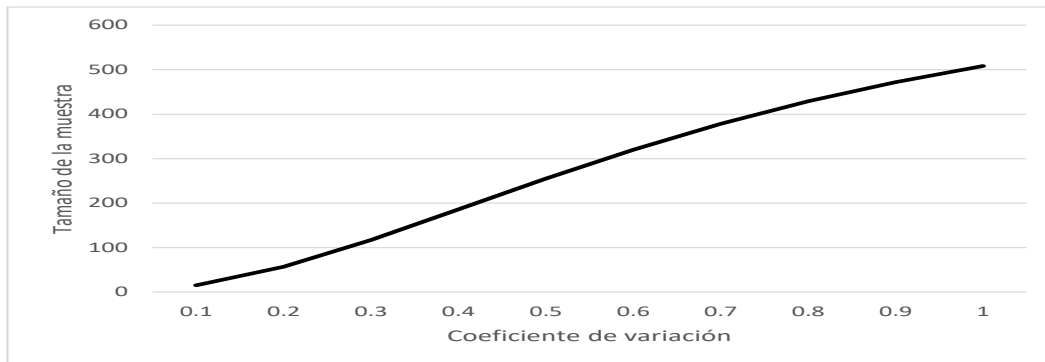


BUAP

Fuente: Elaboración propia

En la figura siguiente, se puede observar que entre más se tenga variación de los datos con respecto a la media. Mayor será la cantidad de elementos a muestrear.

Grafico 4.5: Comportamiento de la variable coeficiente de variación en la fórmula de muestreo para una ruta.



Nota: Los Supuestos que se consideraron fueron: $N=760$, $Z=1.96$, $E=0.05$, $V=0.10$ a 1.00 ,

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se muestran los valores de Z, relacionados a los niveles de confianza, los cuales son necesarios para la utilización de las fórmulas de muestreo utilizadas en este trabajo.

En la siguiente tabla se muestran los valores Z para los diferentes tipos de niveles de confianza.

Tabla 4.14: Valores de Z para los niveles de confianza

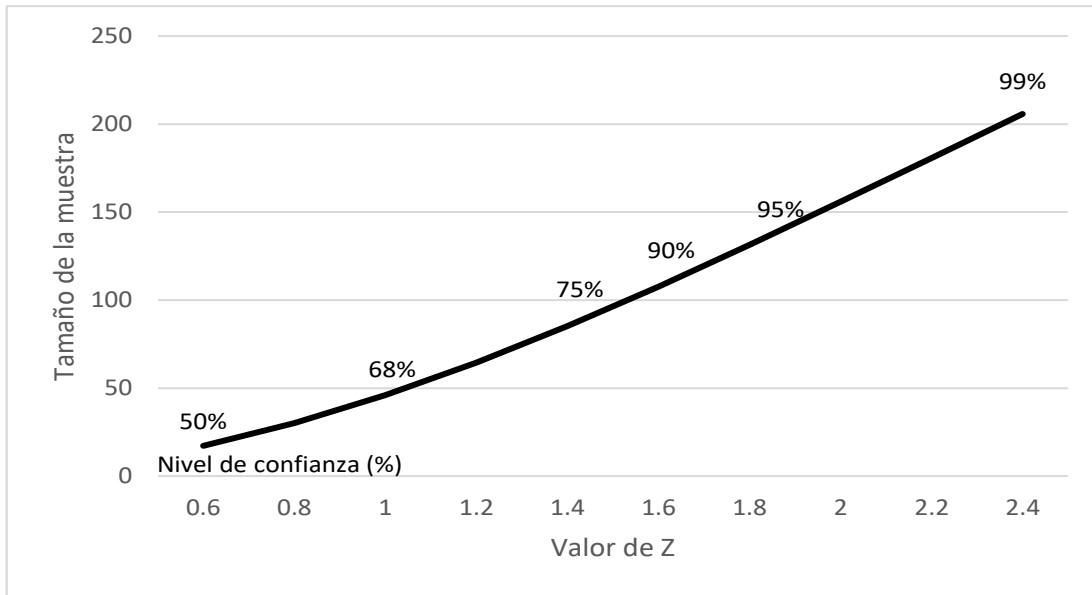
Nivel de confianza	Valor de Z
99%	2.576
95%	1.960
90%	1.645
75%	1,152
68%	1.000
50%	0.674

Fuente: Report 9. Modular Approach to On-Board Automatic Data Collection Systems, National Cooperative Transit Research & Development Program, Transportation Research Board National Research Council, Lawrence E. Deibel and Barbara Zumwalt, Washington, D. C. December 1984



BUAP

Grafico 4.6: Comportamiento de la variable valor de Z y nivel de confianza en la fórmula de muestreo para una ruta.



Nota: Los Supuestos que se consideraron fueron: N=760, Z=0.60 a 2.40, E=0.05, V=0.35,

Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, se puede mencionar que a mayor valor Z y nivel de confianza, mayor será el tamaño de la muestra.

Las variables de la fórmula muestran un comportamiento lógico de acuerdo al tipo de variables utilizadas, mayor nivel de confianza deseado o mayor dispersión de los datos de la media, mayor muestra. Mayor tolerancia menor tamaño de la muestra.

4.3.2.2.6. Calculo del nivel de confianza

Del mismo autor Lawrence [2], se aplica un procedimiento para determinar el nivel de confianza de los datos de una ruta. La siguiente ecuación nos permite conocer a través de sus variables el valor resultante del nivel de confianza Z.

Para determinar el valor de Z se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$N = vd$$



BUAP

$$n = vm$$

$$Z = \frac{E}{V} \sqrt{\frac{Nn}{N-n}}$$

En donde:

v = El número de viajes o corridas en un día

d = Número de días que se consideran para el periodo de estudio

N = Número de viajes totales durante el periodo de estudio

m = Número de días a muestrear

n = Tamaño de la muestra

E = Error tolerado

V = Coeficiente de variación

Z = Nivel de confianza

Las variables de nuestro mayor interés en este tipo de estudios son los días a muestrear, error tolerado, y coeficiente de variación, ya que son aspectos importantes en consideración del tamaño de la muestra, la cual tiene que ver directamente con los costos de obtención de la información, en los aspectos de los recursos materiales y de la cantidad de personal a utilizar en el levantamiento de la información.

Tabla 4.15: Tamaño de la muestra con diferentes valores en el Nivel de confianza

Variables					
	1	2	3	4	5
Nivel de confianza	75%	90%	95%	99%	100%
v	152	152	152	152	152
d	5	5	5	5	5
N	760	760	760	760	760
m	0.40	0.75	1.00	1.50	2.00
n	61	114	152	228	228
E	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
V	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Z	1.16	1.65	1.96	2.57	3.22

Fuente: Elaboración propia



BUAP

En la tabla anterior, se muestra algunos ejemplos de aplicar la fórmula del nivel de confianza considerando los servicios para la ruta 12_1 en un día hábil.

De dicha tabla en los ejemplos del 1 al 4 se puede observar que a diferentes niveles de confianza (Z) cambia la cantidad de días a muestrear de la variable (m), considerando un valor por default y fijo para E y V, de 0.05 y de 0.35 respectivamente.

Se puede concluir que aplicando la fórmula anterior se puede obtener qué días se necesitan para obtener cierto nivel de confianza. Lo recomendable de acuerdo al tipo de estudio que se realiza, es obtener la demanda de pasajeros de una ruta para identificar la evasión, es que se realicen por días completos, encontrando de la tabla anterior, que un día es suficiente para obtener un nivel de confianza aceptable del 95%.

4.3.2.2.7. Fórmula para estimar la media de una población

Una manera de obtener el tamaño de la muestra de una media de la población, es a través del uso de la siguiente fórmula, al definir del error, la desviación estándar, el nivel de confianza como se muestra a continuación [22]:

$$n = \frac{Nz^2\sigma^2}{(N - 1)e^2 + z^2\sigma^2}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

z = Intervalo de confianza

e = Error de muestreo aceptable

σ = Desviación estándar

Tabla 4.16: Comparación de resultados entre fórmula de muestreo de Molinero, Lawrence y media de una población, considerando despachos o servicios o corridas



BUAP

Fórmula de Molinero	Descripción	Fórmula de Lawrence	Descripción	Fórmula de media	Descripción
$n = 150.90$	Tamaño de la muestra	$n = 150.90$	El número de viajes o corridas a tomar muestras o tamaño de la muestra	$n = 150.90$	Tamaño de la muestra
$N = 760$	Número de corridas o despachos	$N = 760$	Número de corridas o despachos programados	$N = 760$	Tamaño de la población
$z = 1.96$	Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada	$Z = 1.96$	Factor de confianza	$z = 1.96$	Intervalo de confianza
$d = 0.05$	Precisión deseada como una fracción de la media	$E = 0.05$	Tolerancia (porcentaje expresado en decimales)	$e = 2.30$	Error de muestreo aceptable
$C = 0.35$	Coefficiente de variación	$V = 0.35$	Coefficiente de variación	$\sigma = 16.09$	Desviación estándar
$n = \frac{NxC^2}{C^2 + [N(\frac{d}{2})^2]}$		$n = \frac{NZ^2C^2}{NE^2 + Z^2C^2}$		$n = \frac{Nz^2\sigma^2}{(N - 1)e^2 + z^2\sigma^2}$	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior y siguiente podemos comentar, que el uso de las tres fórmulas son aceptables para obtener el tamaño de la muestra, y que es la misma fórmula, pero en diferente presentación. Las dos primeras utilizan valores en precisión o tolerancia en porcentaje, para su facilidad, cuando no se tiene valores de desviación estándar o error de muestreo. La tercera fórmula, considera valores estadísticos históricos de estudios anteriores, de desviación estándar con respecto a la media, mientras que el error se considera como el valor que se pretende exista entre la media poblacional y la media muestral, que por ejemplo si la media es de 46 usuarios (pagos por autobús) por sentido, y el error es de 2.30 usuarios, que representa aproximadamente un 5% de error o 0.05 y si se calcula el coeficiente sería 16.09 usuarios entre 46 usuarios da como resultado 0.35 de coeficiente de variación. Y el mismo cálculo para la información por día, en donde la media es de 2,946 usuarios por día y si se calcula el 5% de error se tiene un valor de 147.3 usuarios y una desviación de 75 usuarios, se puede calcular el coeficiente de variación 0.025.

Tabla 4.17: Comparación de resultados entre fórmula de muestreo de Molinero, Lawrence y media de una población, considerando información por día



BUAP

Fórmula de Molinero	Descripción	Fórmula de Lawrence	Descripción	Fórmula de media	Descripción
$n = 1$	Tamaño de la muestra	$n = 1$	El número de días a tomar muestras o tamaño de la muestra	$n = 1$	Tamaño de la muestra
$N = 5$	Número de días	$N = 5$	Número de días	$N = 5$	Tamaño de la población
$z = 1.96$	Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada	$Z = 1.96$	Factor de confianza	$z = 1.96$	Intervalo de confianza
$d = 0.05$	Precisión deseada como una fracción de la media	$E = 0.05$	Tolerancia (porcentaje expresado en decimales)	$e = 147.3$	Error de muestreo aceptable
$C = 0.028$	Coefficiente de variación	$V = 0.028$	Coefficiente de variación	$\sigma = 75$	Desviación estándar
$n = \frac{Nx C^2}{C^2 + [N(\frac{d}{z})^2]}$		$n = \frac{NZ^2 C^2}{NE^2 + Z^2 C^2}$		$n = \frac{Nz^2 \sigma^2}{(N-1)e^2 + z^2 \sigma^2}$	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2.8. Formula de muestreo por estratos para estudios de transporte público de Molinero

Una manera de obtener el tamaño de la muestra de una media de la población para un estrato es a través del uso de la siguiente fórmula, [1]:

$$n = \frac{KC_w^2}{\left[\left(\frac{d^2}{z^2}\right)K + (KC_b^2)\right] + C_w^2 - KC_b^2}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra

K = Número de despachos o servicios programados en la temporada analizada

C = Coeficiente de variación

d = Precisión deseada como una fracción de la media

z = Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada

C_w = Coeficiente de variación horaria



BUAP

C_b = Coeficiente de variación entre diferentes días de la semana

z = Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada

“En el muestreo por estratos se consideran las variaciones que se pueden dar en los parámetros analizados, en este caso por las variaciones horarias así como las variaciones entre días de la semana. Si la variación de la oferta de servicio a lo largo de la semana es poca, entonces es recomendable utilizar el procedimiento de muestreo aleatorio simple” [1].

La fórmula que se muestra en la tabla siguiente, considera tanto los coeficientes de variación de la demanda de usuarios por día, como por despacho o servicio, y considerando el párrafo anteriormente descrito, se puede mencionar que la variación entre planes de operación es como máximo del 5% de un día al otro con relación a los servicios totales por día, para cualquier ruta.

Como se puede observar en la aplicación de las 4 fórmulas de muestreo, cualquiera de ellas podrá ser utilizada para determinar el tamaño de la muestra, ya que todas arrojan el mismo resultado al considerar valores similares en sus variables.

Tabla 4.18: Ejemplo de la aplicación de la fórmula de muestreo por estratos de Molinero, considerando despachos o servicios o corridas

Fórmula de Molinero	Descripción
$n = 150.90$	Tamaño de la muestra
$K = 760$	Número de despachos o servicios programados en la temporada analizada
$z = 1.96$	Estadístico Normal para el nivel de confianza deseada
$d = 0.05$	Precisión deseada como una fracción de la media
$C_w = 0.05$	Coeficiente de variación horaria
$C_b = 0.35$	Coeficiente de variación entre diferentes días de la semana
$n = \frac{KC_w^2}{\left[\left(\frac{d^2}{z^2}\right)K + (KC_b^2)\right] + C_w^2 - KC_b^2}$	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Diseño de la forma de obtener la información.

En este punto se requiere establecer [23]:



BUAP

- La forma idónea de recolectar datos de acuerdo al contexto de investigación.
- Seleccionar la técnica de investigación

En el transporte público existen un gran número de técnicas de investigación que van desde métodos manuales hasta métodos donde se hace uso de aparatos electrónicos sofisticados [1]. La tabla siguiente muestra nueve técnicas que utilizan la mayoría de las empresas de transporte público y la información que puede ser recopilada de cada una de ellas.

Tabla 4.19: Técnicas utilizadas para realizar estudios de transporte público

Información requerida	Ascenso y descenso de pasajeros	Demanda puntual	Velocidad y demora	Conteo de abordajes	Lectura caja colectora de tarifas	Validador de tarjeta, Barras contadoras y posicionamiento por GPS/GPRS	Conteo de ingresos	Conteo de transbordos	Encuestas (a)
Volumen de diseño o carga máxima	√	√				√			
Tiempo de llegada de la unidad	√	√	√	√ (b)	√ (b)	√			
Viajes-persona	√	√ (c)		√	√ (d)	√			√ (e)
Ingreso	√ (f)			√ (f)	√ (g)	√	√		√
Viajes por tipo de tarifa	√ (f)			√ (f)	√ (d)	√			√
Ascenso y descenso por parada	√					√			√
Índice de transbordo						√		√ (h)	√
Características, patrones de viajes y actitudes del usuario									√
Pasajero-kilómetro	√					√			√
Tiempo de recorrido	√		√			√			√
Velocidades	√		√						√
Causas y tiempo de demora			√			√			√
Distancia promedio de recorrido	√			√	√ (d)	√			√ (e)

a. La calidad de la información recopilada por una encuesta depende de la muestra utilizada.
b. En caso de tomar lectura del tiempo.
c. Para el caso de rutas express y alimentadoras.
d. En caso de contar con una caja recolectora múltiple.
e. En caso de numerar consecutivamente las encuestas y distribuirlas a todos los usuarios de la muestra.



BUAP

- f. En caso de efectuar el conteo de los pasajeros que abordan por tipo de tarifa requiere la expedición de boletos y un número reducido de ascensos.
- g. Se puede obtener por ruta. Puede ser sustituido por las lecturas de la caja, sacrificando la información relativa a la hora del día.
- h. En caso de distribuir boletos de transbordo, se recogen en la ruta terminal y son identificables a nivel ruta.

Fuente: [1] y propia

Es importante mencionar que existen técnicas de conteo sofisticadas en el conteo de abordaje y desabordaje de pasajeros en los autobuses, tales como video-cámaras que graban video y proyectan imágenes, algunas otras que alertan las anomalías que se presentan, sin embargo a pesar de que estas tecnologías tienen un grado alto en la precisión para los conteos en tiempo real, el costo de inversión por autobús para la implementación, operación y mantenimiento es alto.

Por lo tanto la idiosincrasia de los prestadores del servicio no permite visualizar los costos y beneficios de los atributos de la tecnología, y optan por mantenerse con tecnologías que solo obtengan lo básico para sus controles.

Para este ejercicio la técnica adecuada en lo que se busca medir, es la de conteo de abordajes, ya que se requiere estimar la cantidad total de personas que abordan el autobús. Para ello, una de las técnicas es de manera manual, con personal abordo y utilizando un formato en donde se registra el tipo de usuarios que aborda al autobús.

- Se cuenta con un procedimiento para elaborar el formato para la aplicación de la técnica seleccionada. Antes de comentar este procedimiento, es necesario aclarar que en una investigación hay dos opciones respecto al formato:
- Elegir un formato ya elaborado o disponible, el cual se adapta a los requerimientos del estudio.
- Elaborar el formato.

El procedimiento que se puede utilizar para la elaboración del formato es el siguiente:

- Listar las variables que se pretenden medir u observar.
- Revisar de las variables su definición conceptual y comprender su significado.
- Revisar cómo han sido definidas las variables operacionalmente, esto es revisar de estudios como se han medido cada variable.
- Elegir los formatos que se hayan desarrollado y adaptarlos al contexto de la investigación.
- Desarrollar un nuevo formato de contar con uno.




BUAP

Las variables que se requiere medir son:

1. Pasajeros pagan en efectivo. Personas que abordan el autobús y pagan su tarifa en efectivo, para que se le preste el servicio.
2. Pasajeros con pago de tarifa preferencial. Personas que abordan al autobús y pagan su tarifa para que se le preste el servicio, con un descuento por encontrarse en algunas de las siguientes condiciones:
 - Los estudiantes inscritos en planteles educativos de la Secretaría de Educación Pública, de la Secretaría de Educación del Estado, Universidades Públicas, o en instituciones educativas con reconocimiento o incorporación oficial;
 - Los menores de 12 años y mayores de 6 años.
 - Las personas con capacidades diferentes
3. Pasajeros de tercera edad. Personas que suben al autobús para que se les preste el servicio, como son adultos en plenitud o de la tercera edad de sesenta años o más, los cuales están exentos de pagar tarifa.
4. Pasajeros niños menores de 6 años. Personas que suben al autobús para que se les preste el servicio, los cuales están exentos de pagar tarifa.

Con el objetivo de complementar este punto y no ser reiterativos, tomaremos los pasos mencionados en el capítulo II, el llenado de datos y el formato con los conceptos similares que están plasmados en el punto 2.1.4 del mismo capítulo, esto en base a que los datos por recopilar son los mismos de acuerdo a las variables y/o tomas muestrales.

Tabla 4.20: Ejemplo del formato para el levantamiento de los aforos.

FORMATO DE AFORO EN EL SERVICIO URBANO DE LEÓN									
CLASIFICACIÓN POR TIPO DE USUARIO									
FECHA: DIA _____ MES _____ AÑO _____				NOMBRE DEL AFORADOR _____				Folio:	
RUTA: _____									
Criterio de llenado: Registrar cada uno de los ascensos en el autobús, y anotar si el pago fue realizado en efectivo o con tarjeta. Anotar totales por cada vuelta									
Autobús	Horario (tiempo de recorrido)	Pago con		Tercera Edad	Niños sin cobro	Pasajeros que no abordan por			NOMBRE DEL TRAMO (1)
		Tarjeta	Efectiva			Autobús Lleno	Nealigencia de operador	Parada NO Oficial	Trasbordos (2)
Número _____	Inicio _____								
Despacho No. _____	_____ : _____								1
Punto de inicio _____	termino _____								
Base () Retorno () _____	_____ : _____								2



BUAP

Fuente: [1] y propia

4.5. Selección de las unidades muestrales.

Método de aplicación o selección de la muestra. Para ello es importante describir lo siguiente:

- Ruta. Se requiere tener información representativa de cada una.
- Sentido de circulación o dirección. El comportamiento de la ruta del origen (base) al retorno es diferente al de retorno al origen (base), por lo que se requiere considerar la muestra en ambos.
- Horarios. La demanda o pasajeros cambia de acuerdo al horario del día, por lo que es importante tener información de días completos.

Si se utiliza la fórmula de estratos para determinar el tamaño de la muestra, el método estipula que se seleccione aleatoriamente los elementos dentro de cada estrato. Sin embargo, la población es correspondiente a 5 días hábiles o de lunes a viernes con una cierta cantidad de servicios totales, considerando que la muestra sea muy cercana a los servicios de un día, tendría que tomar aleatoriamente servicios de cada uno de los días de la semana, no con ello completando un día, lo cual para el estudio no es conveniente por la naturaleza de servicio de transporte público y lo que se busca con el objetivo. Por ello, se propone considerarlo como unidad muestral un día. Y de manera aleatoria establecer el día a muestrear mediante trabajar con una tabla de dígitos al azar o una serie de números aleatorios generados en una planilla de cálculo y seleccionar a los que coinciden con el número al azar y el orden de la lista, siendo 1 lunes, 2 martes, 3 miércoles, 4 jueves y 5 viernes.

Considerando que existen solo dos empresas que ocuparían los cinco días hábiles de una semana, esto por el número de rutas que operan en la prestación del servicio, se toma como dato un factor de estacionalidad (factor de estacionalidad por día hábil) para todas las rutas y empresas por aforar, esto según el día que se realice el levantamiento de los datos, de esta manera se contempla la uniformidad y equidad al momento de establecer las metas a cubrir en pasajeros transportados.

4.6. Selección y capacitación del personal y aplicación del formato

Con el objetivo del levantamiento de datos basado en la toma muestral, es de suma importancia la selección del personal (aforadores) y la capacitación para el llenado del formato, de esta forma



BUAP

mitigamos los márgenes de error que pudiesen presentarse en el levantamiento de la información en la ruta por los aforadores.

El esquema general de trabajo seguido para este objetivo será:

- Selección y capacitación del personal. Para la selección se buscara personal con las siguientes características: estudios mínimos de nivel medio superior, de 20 a 45 años, disponibilidad de tiempo, interpretación de datos y observador; Para la capacitación se elaborará un manual en donde mencione paso a paso el llenado del formato para el levantamiento de datos y en ella se realizarán dos etapas, una teórica y otra práctica. La primera consiste en la presentación de los conceptos básicos del estudio y el conocimiento del manual, mientras que la práctica servirá para detectar errores, aclarar dudas, y visualizar algunas situaciones importantes que pudieran presentarse con personal de la empresa o el operador o el usuario.
- Asignación del grupo de trabajo a una ruta. A partir del número de rutas consideradas, del número de autobuses a aforar, se determinó el número de personas necesario para levantar la información en el tiempo previsto.
- Elaboración de un plan de trabajo. Con base en la ubicación de las bases de ruta de las empresas y de la cantidad de rutas que se pueden aforar, se elaborará un plan de trabajo el cual deberá contener: días de aplicación, rutas de trabajo, horarios de salida de los equipos, tiempo de ejecución, tiempos de relevos y comidas, lugares de encuentro, entre otros aspectos.
- Integración del material de trabajo. A partir del número de aforos o formatos por aplicar, se deberá integrar el material necesario que deberá comprender: impresos, identificaciones, hoja de presentación u oficio, herramientas de apoyo (tabla, lápices, borradores, etc.).
- Prueba piloto. Como entrenamiento se deberá realizar una prueba piloto en donde se observe la facilidad para la recopilación de la información con el formato, en cuanto a: Diseño, tamaño de letra, espacios de llenado, practicidad en el uso del material de apoyo, datos observados contra datos registrados.
- Supervisión e integración de la información de campo. El coordinador de cada equipo con su planeación estipulada, asegura el inicio del aforo en tiempo y forma, monitorea servicio por servicio al aforador en el llenado de los datos en el origen de la ruta, al final del turno, recolectará todos los formatos llenados durante el aforo, después deberá entregar al titular de captura y análisis de los datos para su revisión y proceso.



BUAP

4.7. Revisión, captura y procesamiento de los datos.

Una vez que se entreguen los formatos de aforos levantados, el equipo de revisión se encargará de verificar que los formatos estén completos y cuenten con la información requerida, posterior se pasan para su captura y procesamiento de los datos, se obtienen los resultados de la ruta y se entregan para su análisis.

Revisión de los datos

Es importante mencionar que los datos se levantan en campo, donde los formatos son llenados directamente por el aforador durante el viaje que presta el servicio, como primer filtro el aforador en cuestión deberá verificar que la información se descargó en su totalidad sobre el formato al final del día de aforo. Dicho formato es validado y firmado por el aforador para su entrega al supervisor en turno, este recopila todos los formatos realizados en el día y la ruta asignada, para esto y como segundo filtro deberá validar cada formato con la totalidad de los datos allí plasmados.

Con lo anterior se adjuntan los paquetes y reportes de la información obtenida por el aforo y así entregar al departamento de captura.

Captura y procesamiento de los datos

El responsable de captura recibe los formatos avalados por el supervisor, este asigna las cargas de trabajo al personal capturista para el vaciado de los mismos en la base de datos. Los datos son transcritos de cada formato a la base de datos de captura, el capturista tiene por objetivo el vaciado de los datos de la carga asignada, una vez concluida la captura es enviada y entregada al responsable de captura, este avala los datos que estén completamente vaciados en la base.

Con los datos avalados sobre la base correspondiente, se procede a realizar el procesamiento de los mismos, esto con el objetivo de obtener los escenarios pertinentes de los resultados, tales como tablas de datos, gráficos por categoría y/o ruta, y los cálculos de pasajeros por su clasificación.

4.8. Uso de los datos para realizar inferencias



BUAP

Con el objetivo de resaltar en este punto el esquema que se realizó con los datos del conteo en el histórico de pasajeros para las rutas, conocer los comportamientos de las muestras tomadas, haremos algunas inferencias:

- Los coeficientes de variación que resultan de los valores analizados de los servicios tiene un valor promedio cercano al 0.35, valor aceptable para nuestro medio de acuerdo a la bibliografía consultada en la materia, lo cual nos indica que se cumple la afirmación de que en estudios realizados en nuestro país tienen valores similares. En lo que respecta a nuestro estudio, la variación se puede deber que a pesar de que se programan los servicios y se tiene una supervisión de los mismos, la aleatoriedad con la que llegan los usuarios a las paradas y las condiciones operativas de la vialidad (tráfico, señales de tránsito, etc.), hacen que los autobuses no lleven estrictamente la misma cantidad de usuarios abordo.
- Los coeficientes de variación que resultan de los valores analizados por día de la semana, con un valor promedio de 0.05, puede ser que su valor es tan pequeño porque en las rutas de transporte público de León, Guanajuato, se tiene por parte de la empresa un alto compromiso de cumplimiento de los servicios por día, el cual cuando máximo varía hasta un 5%, de un día a otro.



BUAP

CONCLUSIONES

Una vez concluida la presente tesis y basado en los resultados obtenidos en los diferentes escenarios, se obtiene la comprobación de la hipótesis planteada, siendo esta “La metodología para medir la evasión en los sistemas urbanos de transporte presenta sesgos, esto porque se emplea una validación sistemática con una muestra homogénea de rutas”. *Por lo que una manera de aminorar estos sesgos es introduciendo categorías, criterios y elementos de muestreo.*

Con los datos se concluye que:

- Primero. En la actualidad, por el alto costo del levantamiento de datos, los sesgos están pre-determinados por tomar solo dos muestras al año, donde estas se dividen en una muestra por semestre, es decir, que de los 365 días del año se obtienen datos de dos días únicamente.
- Segundo. Por lo anterior, los sesgos predeterminados yacen en las variaciones de los usuarios transportados, por empresa, por ruta, por cuenca, por día de la semana y hasta por el mes.
- Tercero. La información utilizada de demanda de pasajeros, cumplió con los supuestos de normalidad, análisis de varianza, medias y de coeficiente de variación, lo que hizo que se pudiera aplicar de manera confiable la fórmula de muestreo.
- Cuarto. Se encontraron 4 tipos de fórmulas que tienen variación en la forma de ordenar sus variables, al utilizarlas da como resultado los mismos valores, lo que hace concluir que es la misma de origen, con diferente presentación, Con la aplicación de una de las fórmulas de muestreo se determinó que un día a muestrear es suficiente para obtener un nivel de confianza aceptable del 95%.
- Quinto. Los coeficientes de variación que resultan de los valores analizados de los servicios tiene un valor promedio cercano al 0.35, valor aceptable para nuestro medio de acuerdo a la bibliografía consultada en la materia, lo cual nos indica que se cumple la afirmación de que en estudios realizados en nuestro país tienen valores similares. En lo que respecta a nuestro estudio, la variación se puede deber que a pesar de que se programan los servicios y se tiene una supervisión de los mismos, la aleatoriedad con la que llegan los usuarios a las paradas y las condiciones operativas de la vialidad (tráfico, señales de tránsito, etc.), hacen que los autobuses no lleven estrictamente la misma cantidad de usuarios abordo.



BUAP

- Sexto. Los coeficientes de variación que resultan de los valores analizados por día de la semana, con un valor promedio de 0.05, se puede observar que debido a su valor tan pequeño en las rutas del transporte público de León, se tienen por parte de la empresa un alto compromiso de cumplimiento de los servicios por día el cual puede ser hasta un máximo en su variación de un 5%, de un día a otro.



BUAP

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se presentan, constituye el resultado de los distintos trabajos desarrollados en campo y con la información obtenida.

- Para reducir los costos por el levantamiento de datos, utilizar las variables estadísticas muestrales basado al historial de los datos.
- Realizar la muestra completa de los aforos (levantamiento de los datos), solo a aquellas empresas que en su historial presente al menos tres meses continuos con el porcentaje fuera de la tolerancia (4.5%).
- Como política de coadyuvar, obtener los porcentajes en las tolerancias para las rutas de las empresas que se aforen, basado en el día y el mes en que se levanten los datos.
- Estratificar las rutas a muestrear, basado al sistema y/o naturaleza del recorrido de las rutas, incluyendo la cuenca de cobertura de las mismas.
- Usar los factores de demanda, es decir, los "Factores de Estacionalidad" en lugar del factor de expansión, ya que estos factores consideran la variación de la demanda de los días a evaluar, para el mes y para el semestre, esto permite el que se considere más información estadística para la estimación de la demanda.
- Evitar el conteo y clasificación del pasajero por el tipo de pago, realizado por una persona abordo del autobús, porque tiene grandes sesgos, ya que requiere total atención y concentración de la persona.
- Aceptar a la tecnología como recurso en los esquemas de conteo y clasificación de los usuarios para futuras mediciones del parámetro de evasión.
- Involucrarse en la cultura de los conductores, orientada a los valores de que el ingreso por la venta del pasaje, pertenece al empresario transportista y no al conductor trabajador.



BUAP

GLOSARIO

Evasión: Se considera a los actos que realiza un operador y/o conductor de un autobús para no reportar el total de la venta por pasajeros transportados en la prestación del servicio.

Grado de evasión: Se considera al número en porcentaje que se presenta entre la diferencia del total de usuarios que reporta la empresa y el total tolerado.

Sabotear con títere: Se le considera al objeto (hilo color natural y plantillas de papel) que utiliza el operador para bloquear la señal del sensor de las barras de conteo.

Sabotear con franela: Se le considera al objeto (corte de tela) que utiliza el operador para bloquear la señal del sensor de las barras de conteo.

Sabotear con víbora: Se le considera al objeto (instalación de cables, sensores y tarjetas inteligentes) que utiliza el operador para bloquear la señal del sensor de las barras de conteo.

Sabotear con periódico: Se le considera al objeto (papel periódico) que utiliza el operador para bloquear la señal del sensor de las barras de conteo.

Ruta compartida: Se le considera a la ruta que presta el servicio por dos o más empresas.

Sistema de rutas troncales: es el sistema que atiende a los pasajeros en los principales corredores de la ciudad, con origen y/o destino en las terminales de transferencia.

Sistema de rutas convencionales: es el sistema que atiende a los pasajeros de las rutas que no están integradas en el sistema.

Sistema de rutas alimentadoras: es el sistema que atiende a los pasajeros de las colonias de la periferia hacia las terminales de transferencia.

Sistema de rutas auxiliares: es el sistema que atiende a los pasajeros de las colonias aledañas a los corredores de las rutas troncales.



BUAP

BIBLIOGRAFÍA

CAY Y MAYOR, R., 2007. *Ingeniería de tránsito y transporte. Fundamentos y aplicaciones*, México: Alfaomega.

MOLINERO, A., 2006. *Ingeniería De Transporte Público, planeación, diseño, infraestructura y administración*. México: UAEM.

WILEY, 2011. *Ingeniería de carreteras*. México: Limusa S.A.

[0]. Recuperado el 13 de mayo de 2017, de <http://www.eldefinido.cl/actualidad/pais/4974/Mientras-Transantiago-llega-a-niveles-de-evasion-record-Melbourne-celebra-su-registro-minimo>

[1]. MOLINERO MOLINERO ANGEL R., Transporte Público, Planeación, Diseño, Operación y Administración, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, 1996.

[2]. DEIBEL LAWRENCE E. AND ZUMWALT BARBAR, Report 9. Modular Approach to On-Board Automatic Data Collection Systems, National Cooperative Transit Research & Development Program, Transportation Research Board National Research Council, Washington, D. C. December 1984.

[3]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_10.html

[4]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_16.html

[5]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_17.html

[6]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/segninis/Docencia/ANEXO_A_Sahapiro-Wilks.pdf

[7]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de http://dm.udc.es/profesores/ricardo/Archivos/tablas_estadisticas.pdf

[8]. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de https://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29_1_57Correal.pdf (documento de métodos de comparación de varianzas)



BUAP

[9]. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/cursos/bart.pdf>

(Documento de ejemplo barlett)

[10]. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

[11]. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de http://www.ray-design.com.mx/psicoparaest/index.php?option=com_content&view=article&id=232:t-student-dr&catid=52:pruebaspara&Itemid=61

(medias)

[12]. Recuperado el 28 de septiembre de 2016 de <http://www.netquest.com/blog/es/muestreo-que-es-porque-funciona/>

(Muestreo)

[13]. Recuperado el 28 de septiembre de 2016 de <http://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito/>

[14]. Recuperado el 28 de septiembre de 2016 de <http://www.disfrutalasmaticas.com/datos/distribucion-normal-estandar.html>

[15]. Recuperado el 30 de septiembre de 2016 de https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/gallardo/Tablas-normal-chi-t-F.pdf

[16]. Recuperado el 4 de octubre de 2016 de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=35696>

[17]. Recuperado el 4 de octubre de 2016 de <https://desarrollopnunah.files.wordpress.com/2011/02/plan-de-muestreo.pdf>

[18]. Recuperado el 4 de octubre de 2016 de <http://webpersonal.uma.es/~morillas/muestreo.pdf>

[19]. Recuperado el 4 de octubre de 2016 de <http://www.netquest.com/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple/>

[20]. Recuperado el 4 de octubre de 2016 de <http://www.netquest.com/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-estratificado/>

[21]. Recuperado el 5 de octubre de 2016 de <http://www.netquest.com/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-conglomerados/>



BUAP

[22]. Recuperado el 11 de octubre de 2016 de <http://webpersonal.uma.es/~morillas/muestreo.pdf>

[23]. Recuperado el 15 de octubre de 2016 de [www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(Cómo%20diseñar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(Cómo%20diseñar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)



BUAP

ANEXOS

Anexo 1. Tablas estadísticas. Distribución del estadístico Shapiro-Wilk [7].

Tabla 1.1. Valores de coeficientes del estadístico de Shapiro-Wilk.

Coefficientes del estadístico de Shapiro-Wilk
Se tabulan los valores de las constantes $a_{j,n}$, $j = 1, 2, \dots, [n/2]$, $n = 2, 3, \dots$

j	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	0'7071	0'7071	0'6872	0'6646	0'6431	0'6233	0'6052	0'5888	0'5739
2	—	—	0'0000	0'1677	0'2413	0'2806	0'3031	0'3164	0'3244	0'3291
3	—	—	—	—	0'0000	0'0875	0'1401	0'1743	0'1976	0'2141
4	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0561	0'0947	0'1224
5	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0399

Fuente: Tablas estadísticas [7]

Tabla 1.2. Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk (w) para el contraste de normalidad.

Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk (w) para el contraste de normalidad.
Se tabulan los valores w_α tales que $P(w > w_\alpha) = \alpha$.

n	α								
	0'01	0'02	0'05	0'1	0'5	0'9	0'95	0'98	0'99
3	0'753	0'756	0'767	0'789	0'959	0'998	0'999	1'000	1'000
4	0'687	0'707	0'748	0'792	0'935	0'987	0'992	0'996	0'997
5	0'686	0'715	0'762	0'806	0'927	0'979	0'986	0'991	0'993
6	0'713	0'743	0'788	0'826	0'927	0'974	0'981	0'986	0'989
7	0'730	0'760	0'803	0'838	0'928	0'972	0'979	0'985	0'988
8	0'749	0'778	0'818	0'851	0'932	0'972	0'978	0'984	0'987
9	0'764	0'791	0'829	0'859	0'935	0'972	0'978	0'984	0'986
10	0'781	0'806	0'842	0'869	0'938	0'972	0'978	0'983	0'986



BUAP

Anexo 2. Tablas estadísticas. Distribución t de Student [7].

Tabla 2.1. Distribución t

Distribución t de Student con n grados de libertad.
Se tabula $t_{n,\alpha}$, tal que $P(X \geq t_{n,\alpha}) = \alpha$, con $X \in t_n$.

n	α					
	0'250	0'1	0'05	0'025	0'01	0'005
1	1'0000	3'0777	6'3137	12'706	31'821	63'656
2	0'8165	1'8856	2'9200	4'3027	6'9645	9'9250
3	0'7649	1'6377	2'3534	3'1824	4'5407	5'8408
4	0'7407	1'5332	2'1318	2'7765	3'7469	4'6041
5	0'7267	1'4759	2'0150	2'5706	3'3649	4'0321
6	0'7176	1'4398	1'9432	2'4469	3'1427	3'7074
7	0'7111	1'4149	1'8946	2'3646	2'9979	3'4995
8	0'7064	1'3968	1'8595	2'3060	2'8965	3'3554
9	0'7027	1'3830	1'8331	2'2622	2'8214	3'2498
10	0'6998	1'3722	1'8125	2'2281	2'7638	3'1693

Anexo 3. Tablas Estadísticas. Distribución Chi Cuadrado [10].

Tabla 3.1. Distribución Chi Cuadrado

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418



BUAP

Anexo 4. Tablas Estadísticas. Distribución Normal [14].

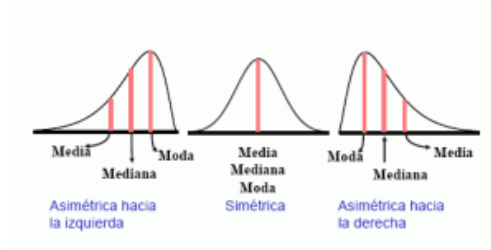
Tabla 4.1. Distribución Normal

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

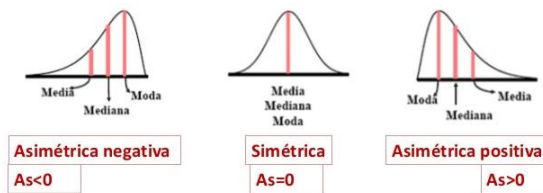


BUAP

Anexo 5. Formas de asimetría, (prueba “T”)




Forma
ASIMETRÍA



Fernando Martínez Abad
Susana Olmos Migueláñez

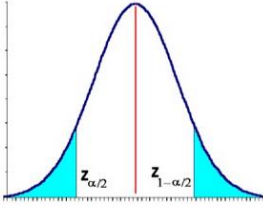
Prueba de Hipótesis


Recortar diapositiva

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Prueba de dos colas



Regla de Decisión

Rechazar H_0 si

Método	
Tradicional	Software
$z_c > z_{1-\alpha/2}$ o si: $z_c < z_{\alpha/2}$	Valor P < α

53