

# INFLUENCIA DEL TRÁNSITO Y LA INFRAESTRUCTURA EN EL CONFORT DE LOS USUARIOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS

Imaz, Fernando Javier<sup>1</sup>, Hurani, Raúl Andrés<sup>2</sup> y Jaurena, Juan Francisco<sup>3</sup>

<sup>1,2 y 3</sup> Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad (CETRAM)

Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional

Lavaisse 610, Santa Fe (3000), Argentina. [cetram@frsf.utn.edu.ar](mailto:cetram@frsf.utn.edu.ar)

Tel: 342 – 4602390 (int. 2310)

## ÁREA TEMÁTICA: MOVILIDAD URBANA

### RESUMEN

El transporte público de pasajeros se ve afectado por agentes externos que afectan la calidad de la prestación. Entre los más importantes se pueden considerar los siguientes: el tránsito, las condiciones mecánicas del vehículo, la conducción y la infraestructura de base por donde transita.

El usuario se ve afectado por estas perturbaciones manifestando su percepción en forma subjetiva. Sin embargo, a través de la definición de indicadores se puede determinar cuando el usuario pierde esa sensación de confort que pretende en cada viaje.

El protocolo diseñado se basa en la medición de las aceleraciones sufridas por un usuario durante su viaje, las que se pueden asociar a las irregularidades en el pavimento, a los efectos negativos del tránsito (aceleraciones, frenados y cambios de carril del vehículo) y a otras circunstancias mecánicas relacionadas al coche.

El procedimiento consistió en elegir un recorrido de una línea de colectivos de la ciudad de Santa Fe, y proporcionar a un número representativo de pasajeros de pulsadores para que manifiesten sus situaciones de disconfort. Por otra parte, se midieron las aceleraciones que sufren éstos mediante el uso de acelerómetros y giróscopos fijados a distintos puntos de la carrocería del autobús, y asociados a un GPS determinando con exactitud dichos lugares conflictivos. Luego, se relaciona toda la información (objetiva y subjetiva) determinando cuales son las condiciones de operación que afectan en mayor medida a la comodidad de los usuarios del sistema.

A partir de la identificación de situaciones de incomodidad muy elevadas se procedió al relevamiento de las zonas con mayor conflictividad, destacándose los “lomos de burro” y los baches de considerable magnitud. En relación a la congestión del tránsito, si bien se observó que afecta el humor del pasajero, no se vio tan reflejada en dicha sensación de incomodidad.

**Palabras claves:** indicadores de calidad, confort, transporte público, aceleraciones.

**Área Temática:** Mecatrónica y automatización - Instrumentación, actuadores, sensores y transductores.

## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación y desarrollo denominado “Estudio del índice de confort del servicio del transporte público de pasajeros a través de la medición de aceleraciones” homologado por Evaluadores Externos de la UTN dentro del Programa de Incentivos Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (código REI3451), el mismo, tiene como objetivo general “relacionar las aceleraciones (laterales y verticales) medidas en el sistema de transporte público de pasajeros con el confort percibido por los usuarios del sistema”.

En el mundo existen algunos antecedentes donde se desarrollan metodologías para ese fin [1], y que fundamentalmente se basan en el tratamiento de las aceleraciones medidas. En ellos se manifiesta que a igualdad de aceleraciones, la respuesta del cuerpo humano varía de acuerdo a las condiciones de operación, por ejemplo si un usuario se encuentra sentado en un colectivo: al producirse una aceleración por arranque, el cuerpo de la persona se mantiene firme, sujetado por el respaldar del asiento por la fuerza inferida por inercia; pero en el momento en el que el vehículo frena, por el mismo efecto, la persona es movilizada involuntariamente hacia delante al carecer de un soporte en esta dirección. Este ejemplo permite evidenciar que a igualdad de aceleraciones en distintos sentidos, el cuerpo humano presenta reacciones muy diferentes, por lo que se considera preciso incorporar estos aspectos al tratado de los datos.

En este trabajo, en particular, se pretende relacionar los valores de las aceleraciones con la influencia del estado de deterioro o singularidad en la infraestructura, cuando las mismas alcanzan valores que logran generar malestar o incomodidad por parte de los usuarios del servicio de Transporte Público de Pasajeros por Colectivos.

De esta forma, relacionando las valoraciones de confort de los usuarios, las aceleraciones registradas y el estado de la infraestructura (valorada mediante una evaluación de estado superficial basado en el “Manual de Identificación y Tratamientos de Fallas en Pavimentos Urbanos” [3]), se logró catalogar las mismas desde un punto de vista de los niveles de disconfort que provocan a los usuarios que viajan en buses urbanos.

## **METODOLOGÍA**

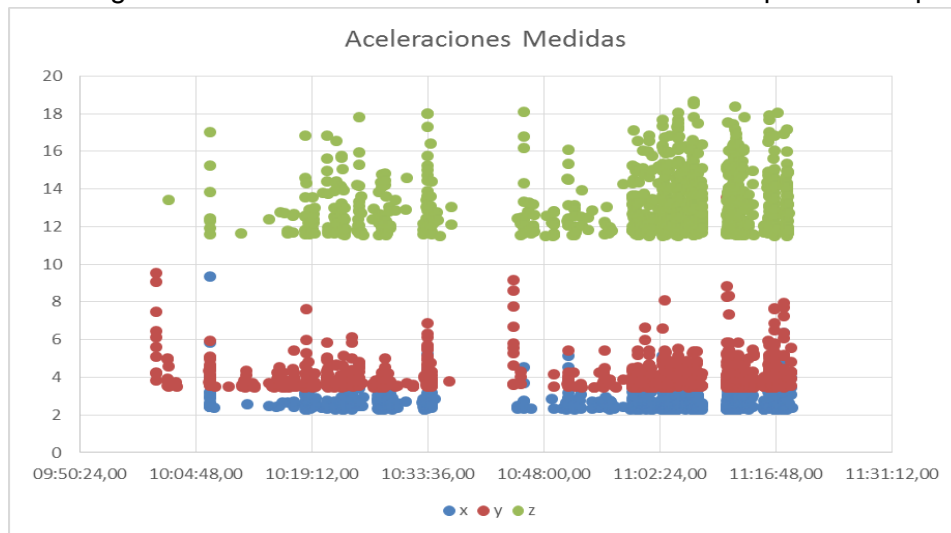
El proyecto plantea la evaluación del disconfort de los usuarios, mediante un método empírico llevado a cabo en un colectivo urbano en su recorrido normal. Se eligió un tramo de la línea 16 de Santa Fe, teniendo en cuenta la presencia de tramos céntricos, rectos, sinuosos, circulación por avenidas, etc. La Figura 1 muestra el recorrido analizado sobre un mapa de la ciudad de Santa Fe. Por medio de un GPS se obtuvieron registros de velocidad y posición instantánea.



**Figura 1.** Recorrido estudiado Línea 16

Además se llevó a cabo la medición de las aceleraciones usando para ello una aplicación de un teléfono celular [2], instalado solidariamente en la estructura del colectivo, de forma de obtener las componentes de aceleración correspondientes a la dirección del movimiento, a la dirección normal al suelo y a la dirección perpendicular a las dos anteriores. Además, como se dijo anteriormente, se determinó la velocidad instantánea, relacionando todos los puntos por medio de un GPS.

Procesados los datos obtenidos se realizó un filtro para dejar solamente los 1000 registros mayores (en valor absoluto) de aceleración (sobre un total de más de 400.000), los que se pueden ver en la Figura 2. En ordenadas se observa la evolución temporal del experimento.

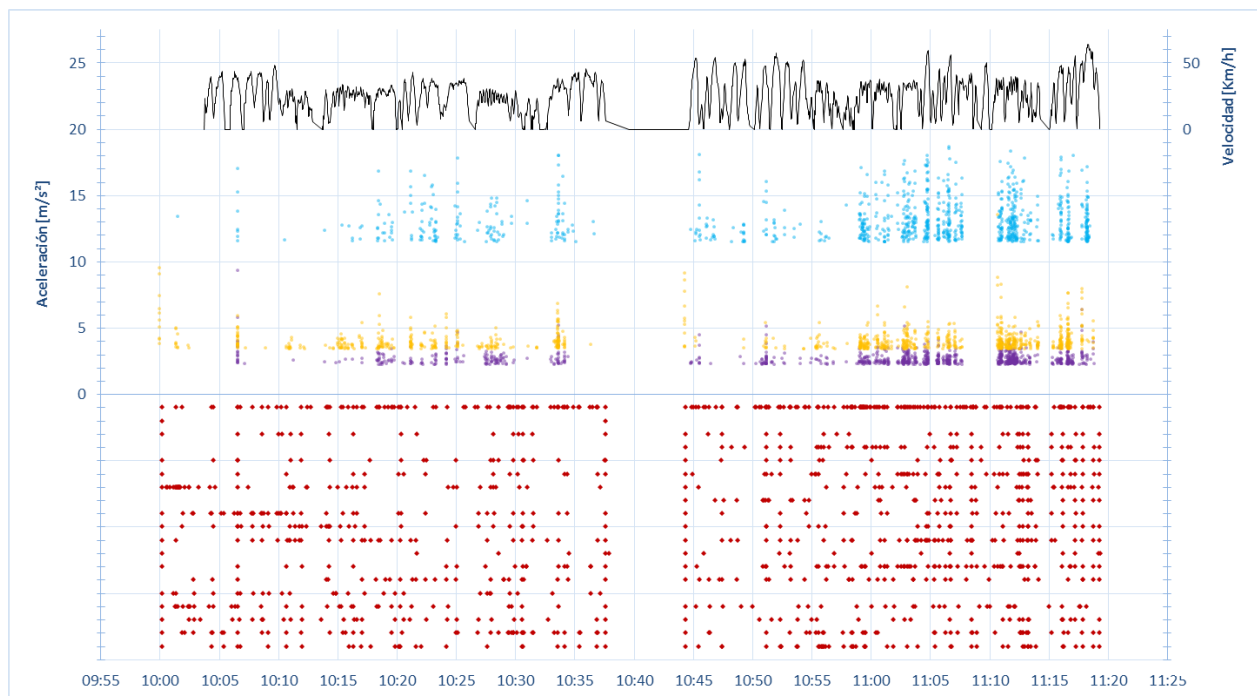


**Figura 2.** Registro de las 1000 aceleraciones más importantes.

Para determinar la percepción de disconfort, se utilizaron aplicaciones de celulares capaces de almacenar marcas de tiempo cuando los usuarios del servicio presionaban un botón del celular, “cada vez que se sintieran incómodas”.

La cantidad de pulsadores utilizados en el colectivo surgió de un análisis de los pasajeros transportados, de forma tal que la muestra analizada sea representativa, tanto en cantidad, sexo, como en distribución etaria. De este modo, se eligió colocar 20 pulsadores distribuidos en todo el vehículo, incluyendo viajeros sentados y parados.

Mediante la vinculación en el tiempo de los datos de aceleraciones, GPS, pulsaciones y filmación, se determinaron puntos en el espacio donde se identificó discomfort percibido por los usuarios. Como se dijo anteriormente se registraron más de 400.000 valores de aceleraciones y más de 1200 pulsaciones de discomfort, como se aprecia en la Figura 3.



**Figura 3.** Resumen de la información procesada.

En la figura se puede identificar en la parte superior la velocidad instantánea del vehículo, luego las distintas aceleraciones (expuestas en la Figura 2) y debajo las pulsaciones accionadas durante el recorrido por cada usuario.

Una vez determinados los puntos de mayor discomfort se comenzaron a analizar las condiciones de la calzada para ver si existía una relación directa entre estado de la vía y calidad de la prestación del servicio.

Con la finalidad de poder correlacionar la infraestructura con las pulsaciones de discomfort y las aceleraciones, se procedió a filmar integralmente el recorrido realizado mediante una cámara fijada delante del ómnibus. La misma fue enfocada de forma tal de obtener el registro fílmico de la infraestructura de paso de la unidad.

Al momento del procesamiento se procedió a realizar la búsqueda de los sectores con mayores pulsaciones por discomfort para ser evaluado según la metodología elegida de evaluación de pavimentos [3].

## RELACIÓN: INFRAESTRUCTURA DISCONFORT DEL USUARIO

Del análisis particular de algunos casos singulares se identificaron 5 situaciones típicas clasificadas según la bibliografía consultada: 1) hundimiento, 2) descascaramiento, 3) fisuramiento por reflexión de juntas con bache, 4) irregularidad de la vía por obra en construcción y 5) despostillamiento. Cada caso, se estudió en forma particular, tal como se desarrolla a continuación:

**Caso 1: Hundimiento.** Localización temporal del evento: 10:06:43. Porcentaje de pasajeros que manifestaron disconfort: 83,3%.



**CALZADA:** Asfalto

**TIPO DE FALLA:** Hundimiento. [3]

**DESCRIPCION:** "Depresión de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo" [3]

**NIVEL DE SEVERIDAD:** Alta, profundidad máxima de 50 mm. La circulación es regular a deficiente y la superficie moderadamente rugosa e irregular. [3]

**NIVEL DE DISCONFORT ASOCIADO:** Muy alto en entorno temporal concentrado.

**NIVEL DE ACELERACIONES ASOCIADAS:** Altos niveles, concentradas en un breve lapso temporal menor a 1 segundo

**Caso 2: Descascaramiento.** Localización temporal del evento: 10:55:03. Porcentaje de pasajeros que manifestaron disconfort: 58,8%.



**CALZADA:** Hormigón

**TIPO DE FALLA:** Descascaramiento. [3]

**DESCRIPCION:** "Rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad de 6 a 13 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto..." [3]

**NIVEL DE SEVERIDAD:** Alta, la losa presenta descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la misma. Pavimento en condiciones muy deficientes, agrietamientos severos y extensos. Losas severamente rotas e irregulares. Circulación extremadamente incomoda [3]

**NIVEL DE DISCONFORT ASOCIADO:** Alto, en un entorno temporal no concentrado.

**NIVEL DE ACELERACIONES ASOCIADAS:** Moderadas, se mantienen en un lapso temporal mayor a 3 segundos

**Caso 3: Fisuramiento por reflexión de juntas con bache.** Localización temporal del evento: 11:16:05. Porcentaje de pasajeros que manifestaron discomfort: 88,2%



**CALZADA:** Mixto

**TIPO DE FALLA:** Fisuramiento por reflexión de juntas con bache. [3]

**DESCRIPCIÓN:** “Falla de pavimentos mixtos: superficies asfáltica sobre pavimento rígido con juntas. Son grietas transversales y longitudinales producidas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie de asfalto...” [3]

**NIVEL DE SEVERIDAD:** Alta, cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un agrietamiento de la superficie moderado o severo y eventuales baches. Pavimento en condiciones deficientes con agrietamientos y dislocaciones severas y extensas. Losas severamente rotas e irregulares [3]

**NIVEL DE DISCONFORT ASOCIADO:** Muy alto, en un entorno temporal concentrado.

**NIVEL DE ACCELERACIONES ASOCIADAS:** Niveles elevados, concentrados en un breve lapso temporal.

**Caso 4: Irregularidad de la vía por obra en construcción.** Localización temporal del evento: 11:05:19. Porcentaje de pasajeros que manifestaron disconfort: 64,7%.



**CALZADA:** Hormigón

**TIPO DE FALLA:** Irregularidad de la vía por obra en construcción. [3]

**DESCRIPCIÓN:** "Descomposición o desintegración y remoción de la losa de concreto, formando una cavidad de bordes netos..." [3]

**NIVEL DE SEVERIDAD:** Alta, losa severamente rota, superficie muy rugosa y abrupta. [3]

**NIVEL DE DISCONFORT ASOCIADO:** Moderado, en entorno temporal acotado. Se debe tener en cuenta que se perciben componentes de aceleración axiales y laterales debido a la maniobra forzada de esquivar.

**NIVEL DE ACELERACIONES ASOCIADAS:** Niveles Moderados, concentradas en un lapso acotado con componentes de las aceleraciones en los tres sentidos.



**Caso 5: Despostillamiento.** Localización temporal del evento: 11:12:45. Porcentaje de pasajeros que manifestaron discomfort: 88,23%.



**CALZADA:** Hormigón

**TIPO DE FALLA:** Despostillamiento. [3]

**DESCRIPCIÓN:** " fracturamiento o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0,60 m de una junta o esquina..." [3]

**NIVEL DE SEVERIDAD:** Alta, Pavimento en condiciones deficientes con agrietamientos y dislocaciones severas y extensas. Losas severamente rotas e irregulares [3]

**NIVEL DE DISCONFORT ASOCIADO:** Muy alto, en un entorno temporal concentrado

**NIVEL DE ACELERACIONES ASOCIADAS:** Niveles altos, concentradas en un breve lapso temporal menor a 1 segundo.

## CONCLUSIONES

El ensayo permitió comprobar la relación directa entre la sensación de incomodidad que percibe el usuario y el estado de la vía.

Además, esto fue corroborado a través de los valores obtenidos del acelerómetro.

Por otra parte, se verificó que los porcentajes de percepción negativa expresados por los viajeros se relaciona con las definiciones presentes en la bibliografía de referencia.

Se constata que los eventos puntuales son valorados en forma más negativa por los usuarios que los dispersos espacialmente o en el tiempo. Por otra parte, se observa que los primeros, en general muestran valores absolutos de aceleración muy superiores a los segundos.

Por todo lo analizado se puede concluir que el estado de la vía tiene una gran influencia en la percepción de confort que tiene el usuario sobre el servicio de transporte público, por lo cual se requiere un adecuado mantenimiento de la infraestructura, lo cual redundará en una mejora en la calidad del servicio.

## **REFERENCIAS**

[1] Castellanos, J. C., Fruett, F. (2014). "Embedded system to evaluate the passenger comfort in public transportation based on dynamical vehicle behavior with user's feedback".

[2] Thommen Karimpanal George, Harit Maganlal Gadhia, Ruben S/O Sukumar (2013) "Sensing discomfort of standing passengers in public rail transportation systems using a smart phone"

[3] Booz, Allen & Hamilton, Barriga Dall'Orto – Wilbur Smith (1999) "Manual de Identificación y Tratamientos de Fallas en Pavimentos Urbanos"