

Estudio del cumplimiento de la norma INEN 2205 en los asientos de buses de transporte público urbano

(Study of the compliance of the INEN 2205 standard in the seats of urban public transport bus

Vinicio Reyes¹, Carlos Rosales¹, Alex Guzmán¹, Sebastián Báez¹

Resumen:

Una participación importante en la oferta de transporte público urbano de Quito está en manos de la empresa privada. Dada la elevada demanda, tienden a descatarse indicadores de seguridad y calidad del servicio. Este hecho es la motivación fundamental del presente artículo, mediante el cual se verificó el cumplimiento de la norma INEN 2205 para asientos de pasajeros y conductores en una compañía de transporte urbano específica. Se extrajo una muestra de veintitrés unidades y cada punto muestral representa un modelo de carrocería. En concreto, se realizaron mediciones de asientos utilizando: flexómetro, nivel de burbuja e inclinómetro. Además, se llevaron a cabo inspecciones visuales y experimentos simples de fricción mecánica para evaluar las características cualitativas. Finalmente, se efectuó un conteo simple de verificación en la muestra y se construyeron intervalos de confianza y pruebas de hipótesis para el estadístico proporción. Las inferencias poblacionales mostraron que el 41% y 55% de asientos de pasajeros y conductores, respectivamente, cumplieron con la normativa; mientras que el análisis multivariante permitió identificar grupos muestrales y correlaciones entre ellos. Se concluyó que existe inobservancia de la normativa en cuanto al estado de los asientos y parámetros angulares.

Palabras clave: carrocería; asientos; parámetros dimensionales; transporte público; buses

Abstract:

An important participation in the urban public transport offer of Quito is in the hands of the private company. Given the high demand, it will show the safety indicators and the quality of the service. This fact is the fundamental motivation of this article, which verified the compliance with the INEN 2205 standard for passenger and driver seats in a specific urban transport company. A sample of the units is shown and each point shows a body model. In particular, measurements were made of seats using: flexometer, bubble level and inclinometer. In addition, visual inspections and simple experiments of mechanical friction were carried out to evaluate the qualitative characteristics. Finally, a simple verification count was performed on the sample and confidence intervals and hypothesis tests were constructed for the statistical ratio. Population inferences showed that 41% and 55% of seats for passengers and drivers, respectively, did comply with the regulations; while the multivariate analysis allowed to identify sample groups and correlations between them. It was concluded that it exists in the observation of the regulations regarding the state of the seats and angular parameters.

Keywords: bodywork; seating; dimensional parameters; public transport; buses.

¹ Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito – Ecuador ({claudio.reyes, carlos.rosales, alex.guzman, bvws95468} @ute.edu.ec)

1. Introducción

En la actualidad, las ciudades en desarrollo son estructuras complejas con altos grados de organización social, cultural y económica que cuentan con la interacción de personas, grupos y sus actividades. Al mismo tiempo, estas han experimentado un rápido crecimiento demográfico y con ello un aumento en el parque automotor, razones por las cuales la congestión vehicular se ha incrementado considerablemente (Institute for Transportation and Development Policy, GTZ, 2006). La movilidad es un factor crítico dentro de la ciudad de Quito, constituyendo un elemento esencial del sistema de transporte urbano, puesto que promueve las interrelaciones, accesibilidad y desenvolvimiento en las actividades ciudadanas cotidianas (Demoraes, 2005). Este tipo de servicio de transporte constituye un negocio cuya demanda es muy alta, provocando que varias operadoras pasen por altas precauciones de seguridad y calidad de servicio.

En el país existen varios medios de transporte tanto para personas, animales, materia prima, etc., los buses llevan a varios destinos a los pasajeros que utilizan su servicio; un resultado negativo es cuando sufren accidentes de tránsito mientras viajan en estas unidades de transporte público. Un motivo importante es debido a que la carrocería y los accesorios no cumplen las normas INEN relacionadas con la homologación de parámetros de fabricación y de seguridad a nivel nacional. Es importante cumplir con los requisitos de las normas, ya que se debe en primer lugar preservar la integridad de las personas. Al aplicar las normas o sistemas normalizados es necesario que se incorporen los criterios técnicos de normalización como la base para la homologación de vehículos de transporte tanto de pasajeros como de carga (Sanzi & Asta, 2012). En algunos estudios se tienen parámetros para el diseño del espacio interno de vehículos de transporte escolar (Bernal et al 2014) y entre uno de los resultados más relevantes que se obtuvieron fue que las principales características materiales tenidas en cuenta tanto para las sillas como para los sistemas de retención fueron, la textura como atributo para evitar el deslizamiento del pasajero durante los cambios de velocidad del vehículo, la resistencia al fuego y la resistencia al desgaste; de la misma manera, se tuvo en cuenta el principio de compartimentalización (National Highway Traffic Safety Administration School, NHTSA, 2002), cuyo principal objetivo se centra en el diseño de las sillas, de manera que si existiese un choque, amortigüen los impactos de los niños contra las mismas.

En el Ecuador se han aprobado normas y reglamentos para la homologación de los buses tipo de servicio de transporte. El Reglamento Técnico Ecuatoriano 038:2010 para bus urbano, establece los requisitos que deben cumplir los buses y minibuses urbanos de transporte de pasajeros con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y la propiedad, como también prevenir prácticas engañosas de fabricación o modificación original de vehículos para el transporte urbano (RTE INEN 038, 2010).

El presente trabajo permitió verificar si los buses de una compañía de transporte urbano que opera en la ciudad de Quito, cumplen con la norma INEN 2205 (Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos) respecto a los parámetros dimensionales de asientos para conductor y pasajeros.

2. Metodología

Para realizar la verificación del cumplimiento de la norma INEN 2205:2010 vigente y la enmienda 1 del año 2015 de la Norma INEN 2205 para asientos de conductor y pasajeros en los buses de transporte urbano en la ciudad de Quito, en primer lugar se desarrolló una investigación bibliográfica de las normas pertinentes y en este contexto, se analizaron los requerimientos estipulados en la normativa para las diferentes partes de los asientos con sus respectivas dimensiones, ajuste y disposición que deben tener dentro de cada unidad operadora; se investigó la cantidad de buses y cooperativas de transporte urbano que operan dentro del Distrito Metropolitano de Quito para de esta manera seleccionar una cooperativa de transporte urbano. La cooperativa seleccionada dispone de 123 unidades,

cuyos modelos corresponden a los años comprendidos entre 2004 y 2015, y luego se analizó el número de empresas carroceras, 23 en total. Por tal motivo se determinó que el tamaño de la muestra para el desarrollo del estudio es de 23 unidades. Una vez que los elementos de la muestra fueron identificados, se llevaron a cabo las visitas de monitoreo a todas las unidades de la muestra. La verificación se centró en la medición de los parámetros que se presentan en el asiento para conductor y pasajeros; comparando con los requerimientos estipulados en la normativa. Los equipos necesarios para la verificación fueron: flexómetro calibrado por el INEN cuya incertidumbre se estimó de acuerdo con el documento “Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement” de la ISO, nivel de burbuja e inclinómetro calibrados con los estándares de la Norma DIN 18723, los cuales fueron utilizados sobre los asientos de pasajeros y posteriormente en el asiento del conductor como se indica en la *Figura 1*. En ambos casos se aplicó el mismo procedimiento como se muestra a continuación: se comprobó los valores de las medidas de los parámetros lineales mediante la utilización de flexómetro y nivel; después se ejecutaron las mediciones de los parámetros angulares a través del inclinómetro y nivel. Finalmente, se procedió a examinar el estado de los asientos mediante diversas inspecciones visuales y experimentos simples de fricción mecánica. El procedimiento descrito, se llevó a cabo en cuatro asientos de pasajeros y en el del conductor en cada uno de los buses en estudio.



Figura 1. Mediciones den asientos con un flexómetro y un nivel de burbuja

Una vez obtenidos los resultados de los parámetros dimensionales de todas las unidades, se desarrolló el análisis por conteo y posteriormente se dio el tratamiento estadístico a los datos. La primera técnica estadística empleada fue la determinación de intervalos de confianza, la segunda técnica estadística desarrollada fue la prueba de hipótesis y finalmente se utilizó el análisis de componentes principales (ACP).

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados de medición parámetros

El estudio consistió en la verificación del cumplimiento de la normativa vigente referente a asientos de pasajeros y de conductor que se aplica para vehículos diseñados y equipados para transporte público urbano, los cuales se clasifican en: bus urbano con una capacidad total; igual o mayor a 60 pasajeros y minibus urbano con una capacidad menor a 60 pasajeros. Se identificaron las marcas y carrocerías que cumplen con la normativa; además de identificar los parámetros que los fabricantes dan mayor importancia al diseño de los asientos de pasajeros. En lo que respecta a asientos de conductor; se verificó qué carrocerías son las que aprueban la verificación y que parámetros dimensionales cumplen en mayor proporción.

3.1.2. Resultados de parámetros de asientos de pasajeros en la muestra

Las mediciones de los parámetros dimensionales en asientos de pasajeros se realizaron en 4 asientos de la misma unidad operadora, permitiendo así promediar los resultados y registrar únicamente una medición por parámetro en cada carrocería. En la *Tabla 1* se muestran como ejemplo los resultados cuantitativos y cualitativos de 2 parámetros.

Tabla 1. Resultados de parámetros cuantitativos y cualitativos - asientos de pasajeros

Datos generales		Parámetros cuantitativos		Parámetros cualitativos	
Carrocerías	Marca	Ancho mínimo (mm)	Asientos continuos (mm)	Ancho mínimo (mm)	Asientos continuos (mm)
1	A	426.50	456.25	SI	SI
2	A	418.00	444.08	SI	NO
3	B	404.67	413.67	SI	NO
4	C	428.67	452.33	SI	SI
5	B	404.67	472.67	SI	SI
6	D	418.00	452.17	SI	SI
7	E	403.33	457.17	SI	SI
8	E	403.33	448.33	SI	NO
9	A	418.00	455.67	SI	SI
10	A	418.00	452.00	SI	SI
11	F	430.67	441.17	SI	NO
12	A	418.00	444.75	SI	NO
13	F	430.67	441.17	SI	NO
14	A	418.00	480.75	SI	SI
15	F	430.67	443.50	SI	NO
16	F	430.67	443.50	SI	NO
17	F	430.67	443.50	SI	NO
18	B	404.67	472.67	SI	SI
19	B	404.67	426.29	SI	NO
20	F	430.67	451.17	SI	SI
21	A	418.00	465.50	SI	SI
22	A	418.00	428.13	SI	NO
23	B	404.67	425.42	SI	NO

Para el caso de la carrocería 1 con marca de asientos de pasajeros A, el parámetro “ancho mínimo” es de 426.50 mm. Este parámetro cumple con la normativa; entonces, se etiquetó dicho parámetro con la palabra “sí”. En contraste, el parámetro “espacio entre espaldar y asidero de sujeción” de la misma marca el valor de 88.75 mm, este parámetro se verifica con la normativa, y no cumple por lo que fue etiquetado con la palabra “no”. Se aplicó el mismo procedimiento con los demás parámetros cuantitativos. Realizado el análisis por conteo se puede inferir que las carrocerías 7 y 8, con marca de asiento E cumplen 13 de 16 y 12 de 16 parámetros respectivamente y son así las carrocerías y marca de asientos de pasajeros que cumplen la normativa con más parámetros en la muestra. Además, el conteo indicó que las carrocerías 18 y 19 con marca de asientos de pasajeros B, incumplen varios parámetros, únicamente cumplen 5 de 16 parámetros en ambas carrocerías. Además, es plausible analizar los resultados de conteo por parámetro (en dirección vertical). En este contexto, parámetros como: “ancho mínimo”, “duro”, “protuberancias” y “lavable” acatan la norma en todas las unidades operadoras; sin embargo, se observa que solamente en uno de todos los casos, el parámetro: “ángulo entre espaldar y base” respeta la normativa y solo 2 de los 23 modelos verifican la norma en el caso de los parámetros, “altura total” y “espacio entre espaldar y asidero de sujeción”. De todo lo analizado, se determina que los fabricantes de asientos enfocan su interés en determinadas dimensiones, mientras que en otras definitivamente no.

En tanto que las características estructurales, tanto de la silla como de los sistemas de retención, están relacionadas con la resistencia estructural y la absorción de energía por deformación de la estructura en el momento de un impacto (Organización de las Naciones Unidas, ONU, 1999), (Society of Automotive Engineers, 1994).

3.1.3. Resultados de parámetros asientos de conductor en la muestra

Se realizaron las mediciones correspondientes a los parámetros establecidos en la norma, a excepción de aquellos que no constan dentro de los modelos que se clasifican dentro de la misma, dado que esos modelos no guardaban ninguna similitud con los estándares. Se encontró que los asientos de conductores, sin importar la marca o carrocería, no presentaban parámetros como: “Ángulo inclinación hacia atrás”, ya que la altura del respaldo no generaba un ángulo con relación al apoyacabeza. “Inclinación espaldar”, puesto que sus estructuras son fijas, es decir, no contaban con el mecanismo o bien se encontraba descompuesto. Finalmente, se verificó que no disponen del mecanismo de regulación para, “Recorrido vertical” y el “Recorrido horizontal”. Esto último evidentemente no permitió levantar esas mediciones y compararlas con la norma.

De los resultados obtenidos se concluye que la carrocería 8 cumple con la mayoría de los parámetros establecidos en la norma (9 de 11). Asimismo, la carrocería 13 solamente verifica (1 de 11) parámetros. En lo que respecta a los resultados obtenidos por parámetro, se comprobó que: “Ancho mínimo” y “Cinturón de tres puntos de apoyo” son parámetros que satisfacen la norma en una proporción de 78,3% (18 de 23) y una proporción de 100% (23 de 23), respectivamente, y por el contrario “Recorrido de ajuste vertical” con 0% y “Ángulo inclinación hacia atrás” con 9%, son los parámetros más irrespetados en la verificación de la normativa.

Dado que los resultados obtenidos por conteo dentro de la muestra no indican que la Compañía cumpla o incumpla parámetros medidos, se procedió a realizar el siguiente tratamiento estadístico correspondiente a los datos para de esta manera inferir correctamente dichos resultados y conclusiones sobre la población que en este caso es la Compañía.

3.2. Tratamiento estadístico de los datos

3.2.1. Intervalos de confianza

Con la finalidad de ejecutar un tratamiento de los datos recolectados, tal como se indicó en el apartado de la metodología, se comienza dicho tratamiento con el cálculo de intervalos de confianza. En este estudio, se toma en cuenta como rasgo de interés particular en la muestra, el parámetro de la población denominado proporción. En particular, el interés se centra en la proporción de unidades de la muestra que cumplen con la norma INEN 2205.

Se calculó la proporción muestral de cada una de las mediciones sumando el número de carrocerías que sí cumplen con cada uno de los parámetros dimensionales y dividiendo para el total del tamaño de la muestra. Para crear el intervalo de confianza para dicha proporción se verificó que las condiciones binomiales hayan quedado satisfechas; es decir, los datos de la muestra de buses es el resultado de conteos: se contó cuántos buses sí cumplen con la norma y cuántos no (dos posibles resultados), con respecto a cada parámetro dimensional medido. Además, se trabajó con la premisa que la probabilidad de tener un resultado “exitoso” (bien sea que sí o que no se cumple con la norma), permanece constante a través de todo el proceso de medición y que dichas mediciones son independientes entre sí.

Con la ecuación 1 se determinan los intervalos de confianza de la proporción de una población en cada parámetro. El valor de z igual a 1.96 se toma con el nivel de confianza del 95% (Douglas Lind, 2012).

$$p \pm z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad [1]$$

Ahora bien, se tomó en cuenta la propuesta que un determinado parámetro dimensional no cumple con la norma si es inferior al 25% o la cuarta parte de los elementos en la población. Por el contrario, se acepta que otro parámetro cumple con la norma si al menos el 75% o las tres cuartas partes de la población cumplen con dicha norma. Una vez realizado el cálculo de los intervalos de confianza en cada uno de ellos, se infiere que los parámetros: “Ancho mínimo espaldar”, “Pasillo” (asientos de pasajeros), “Ancho mínimo”, “Profundidad”, “Altura mínima espaldar”, “Altura del asiento desde piso” y “Estado” (asiento de conductor); con sus respectivas proporciones poblacionales, efectivamente si se encuentran dentro del intervalos de confianza (Sí cumplen). Además, parámetros como: “Altura desde piso a base”, “Ángulo inclinación de base”, “Distancia entre asientos” (asientos de pasajeros), “Ángulo inclinación base de asientos”, “Inclinación espaldar”, “Recorrido horizontal” (asientos de conductor), con sus respectivas proporciones también se encuentran dentro del intervalo de confianza (No cumplen).

3.2.2. Pruebas de hipótesis

Dado que las mediciones tomadas, en conjunto, no pueden acreditar que un bus en particular acredita la norma respectiva salvo en el caso excepcional en el que todas las mediciones verifiquen la norma o todas las mediciones verifiquen que no cumplen la norma; entonces la única vía que resta es verificar la norma medición por medición. En este contexto se utilizó la Prueba de Hipótesis de una sola cola para el parámetro poblacional: proporción que sí cumplen, con la finalidad de complementar el análisis estadístico anterior. La idea central en este nuevo procedimiento es rescatar información relevante que proviene de la muestra (23 vehículos) que puede inferirse y proyectarse sobre la población. La prueba de hipótesis se inicia estableciendo la hipótesis nula, luego la correspondiente alternativa y finalmente se decide sobre la aceptación o rechazo de la primera.

La Hipótesis Nula es: la proporción de unidades vehiculares que sí cumplen con la norma es mayor o igual que 0.75; es decir:

$$p_0 \geq 0.75$$

Hipótesis alternativa: la proporción de unidades vehiculares que sí cumplen con la norma no es mayor o igual que 0.75; es decir:

$$p_0 < 0.75$$

Para esta investigación se utilizó el nivel de significación en 0.05. Se calcula el estadístico de prueba mediante la ecuación 2.

$$Z_o = \frac{P - \pi}{\sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}}} \quad [2]$$

Una vez encontrado el valor de Z_o calculado se procede a comparar con Z referencial (1.96) para posteriormente decidir sobre la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. De esta manera, si el valor encontrado es menor que el referencial, se afirma que se acepta hipótesis nula y, por el contrario, si el valor de Z_o es mayor que Z referencial se rechaza hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. De acuerdo con la *Figura 2*, se verificó que el 59% de los parámetros analizados en la muestra aceptan la hipótesis alternativa e incumplen la norma, y el 41% acepta la hipótesis nula, dicho de otra manera, cumplen la normativa. Los porcentajes calculados sobre la base de la prueba de hipótesis para las muestras permiten inferir que 59% de la población no cumplen con la norma; mientras que el restante 41% de la población sí cumplen con la normativa.

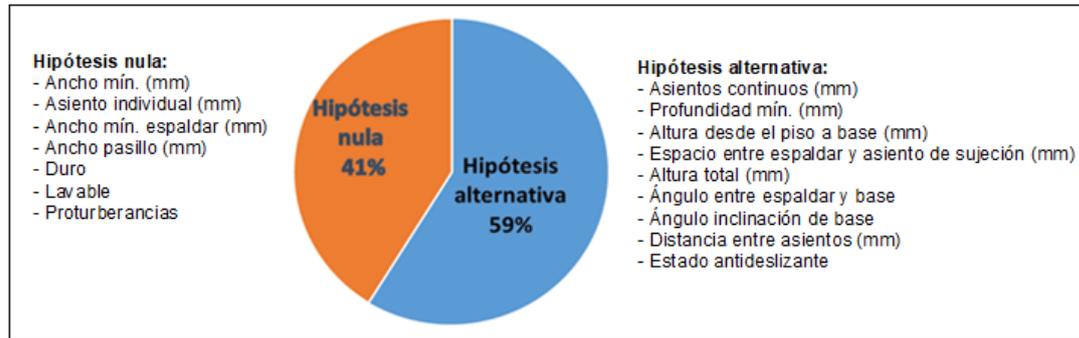


Figura 2. Resultados de la prueba de hipótesis asiento de pasajeros

De acuerdo con la *Figura 3* de los resultados obtenidos en asientos de conductor, el 45% de los parámetros examinados en la muestra acepta la hipótesis alternativa; es decir incumplen la norma y por el contrario el 55% acepta la hipótesis nula, dicho de otra manera, cumplen con la reglamentación. Los porcentajes calculados sobre la muestra permiten estimar que el 45% de la población no cumple la norma, mientras que el 55% de la población sí cumple con la normativa.

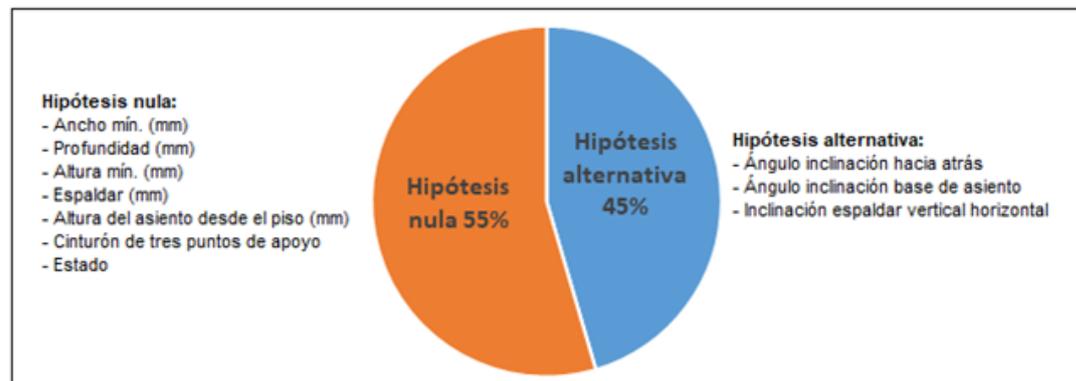


Figura 3. Resultado de prueba de hipótesis asiento de conductor

3.2.3. Análisis de componente principales

3.2.3.1. Asientos de pasajeros

Puesto que el problema central en este trabajo es multidimensional (27 parámetros medidos en veintitrés carrocerías); entonces se optó en primer lugar por reducir el número de variables intrínsecas del problema hasta un espacio de configuración en el cual el número de dimensiones sea menor que el original; luego surgió la necesidad de identificar posibles grupos subyacentes en la muestra. Con el fin de dar solución a estos inconvenientes, se procedió a ejecutar un Análisis de Componentes Principales (ACP) que es una técnica multivariante y permitió resolver dichos problemas simultáneamente. El tratamiento empieza con el ingreso de los datos cuantitativos de cada parámetro por carrocería. A partir de los resultados ingresados se procedió a realizar la matriz de correlaciones a partir de la cual se calcularon los valores y vectores para asientos de pasajeros. Los resultados se muestran en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Valores y vectores propios – asientos de pasajeros

Valores propios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Valor propio	3.68	2.48	1.97	0.90	0.56	0.25	0.09	0.06	0.01	0.00
Variabilidad (%)	36.77	24.82	19.75	8.99	5.59	2.55	0.92	0.56	0.07	0.00
% acumulado	36.77	61.59	81.33	90.32	95.91	98.46	99.37	99.93	100.00	100.00

Las nuevas variables generadas por el ACP, que van desde F1 hasta F10, son los vectores propios calculados con el *software* Microsoft Excel. Para reducir el número de dimensiones se identificó el porcentaje acumulado que recogiera la mayor información posible; para el presente caso dicho porcentaje corresponde a la variable F3 (81.33%). Esto quiere decir que las tres primeras variables de la ACP (F1, F2, F3) recogen el 81.33% de la información original. A pesar que con este resultado se sacrifica el 18.67% restante de la información original; sin embargo, se consiguió reducir el problema a tres nuevas variables independientes o componentes principales. La subsecuente información creada por el ACP incluye los resultados correspondientes a los valores máximos y mínimos medidos para cada parámetro dimensional. Además, la técnica generó las nuevas coordenadas de los parámetros dimensionales medidos originalmente y que se encuentran proyectados en el círculo de correlaciones que se muestra en la *Figura 4*.

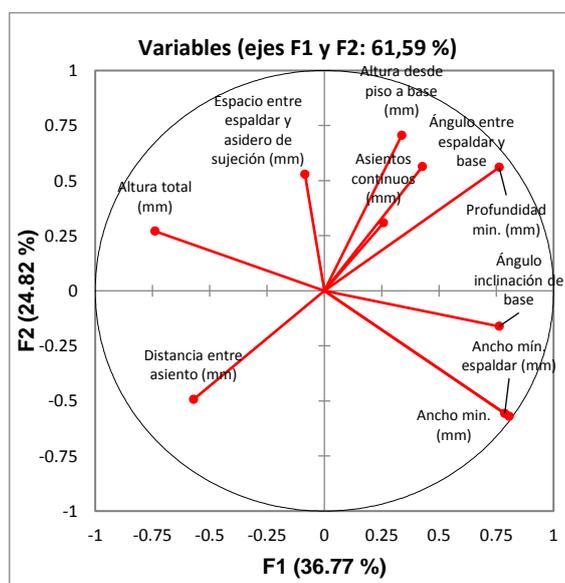


Figura 4. Círculo de correlaciones – asientos de pasajeros

En el círculo de correlaciones se tienen varios casos válidos posibles. Si dos variables cualesquiera se encuentran lejos del origen y están cerca entre ellas entonces están directamente correlacionadas, si son ortogonales, entonces no están correlacionadas y si se encuentran en lados opuestos con respecto al centro, entonces están inversamente correlacionadas. Ejemplos de estos casos: “Ancho mínimo” y “Profundidad”. Estos parámetros se encuentran lejos del origen y además son ortogonales entre sí, por lo tanto, no están correlacionados; esto significa que el aumento o disminución de la profundidad no afecta en ningún caso el ancho mínimo. Igual interpretación se da a las variables: “Altura total” y “Distancia entre asientos”. En contraste, “Ángulo entre espaldar y base” y “Altura desde piso a base”, son magnitudes que están directamente correlacionadas. Esto quiere decir que cuando la una aumenta de valor, la otra también lo hace. Finalmente, la “Distancia entre asientos” y la “Altura de piso a base” son magnitudes que están inversamente correlacionadas. Esto quiere decir que cuando la una magnitud aumenta la otra decrece y viceversa. Posteriormente, a través del ACP se construyó el mapa bivariado que se muestra en la *Figura 5*.

El mapa bivariado muestra tres grupos, en el cual las variables están mutuamente correlacionadas: en el primer cuadrante se identifican seis carrocerías (Obs.). En este caso se observa que las carrocerías dentro de este grupo comparten parámetros cuyas medidas son parecidas. Esto es, las carrocerías 9, 12 y 14 todas con marca de asientos de pasajeros A, poseen medidas de algunos parámetros que son muy parecidos entre sí. A propósito de las carrocerías que no se encuentran dentro de ningún grupo, sus parámetros son similares a los del grupo en su cuadrante respectivo, pero cumplen o incumplen ciertos parámetros.

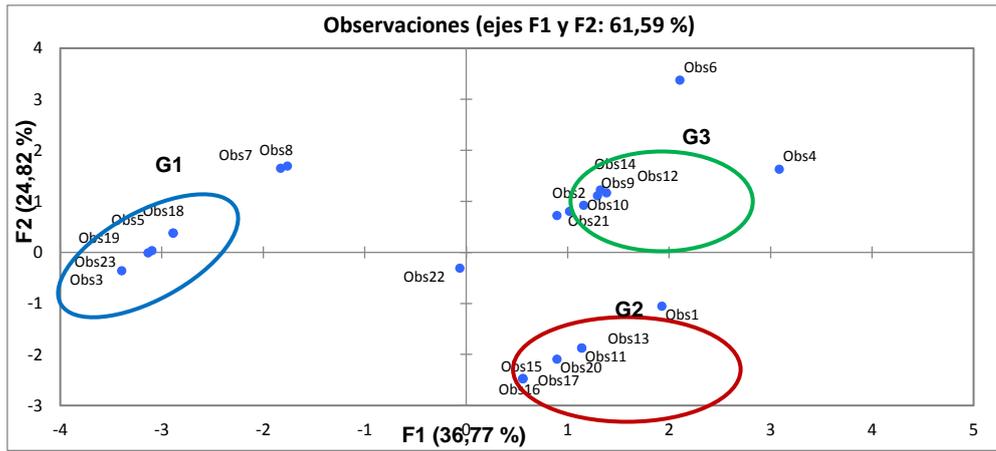


Figura 5. Mapa bivariado – asientos de pasajeros

3.2.3.2. Asientos del conductor

De igual manera se realizó el Análisis de Componentes Principales en asientos del conductor, para lo cual, se ingresaron únicamente los resultados cuantitativos de cada una de las carrocerías. El programa mencionado realizó la matriz de correlaciones y posteriormente la determinación de los valores y vectores propios los cuales se muestran en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Valores y vectores propios – asiento del conductor

Valores propios	F1	F2	F3	F4	F5
Valor propio	1.89	1.25	1.01	0.49	0.37
Variabilidad (%)	37.72	24.93	20.10	9.86	7.39
% acumulado	37.72	62.65	82.75	92.61	100.00

En la *Tabla 3* se observan los vectores propios calculados desde F1 hasta F5. Identificando que la mayor variable que representa un mayor porcentaje de la información acumulada es F3 (82.75%). Esto quiere decir que las variables del ACP (F1, F2, F3) absorben un 82.75% de la información original y a la vez sacrifica el 17.25%. No obstante, se logró reducir el número de variables a tres componentes principales. De igual manera las nuevas coordenadas factoriales se encuentran proyectadas dentro del círculo de correlaciones como se muestra en la *Figura 6*. Se distinguen diferentes casos: “Altura del asiento desde piso” y “Altura mínima espaldar”, estos parámetros se encuentran lejos del origen y son ortogonales, por lo que no se encuentran correlacionados de ninguna manera. Otro caso, “Profundidad” y “Altura mínima espaldar” son magnitudes que se encuentran directamente correlacionadas. Por último, en el caso de “Ángulo inclinación base de asiento” y “Altura espaldar” se encuentran inversamente correlacionadas.

Finalmente, a través de esta técnica se construyó el mapa bivariado en el que se identificaron grupos entre las diferentes carrocerías que forman la muestra del presente trabajo. En la *Figura 7* se muestra el mencionado mapa en el que se proyectan las nuevas coordenadas factoriales de las diferentes carrocerías, en el espacio de configuración de los dos primeros componentes principales. En el mapa bivariado que se muestra en la *Figura 6*, se identifican tres grupos dentro de los cuales las variables están mutuamente correlacionadas, nótese por ejemplo en el primer cuadrante el grupo G1 en el cual se identifican cinco carrocerías puesto que comparten parámetros cuyas medidas son parecidas. Dichas carrocerías son: 7, 8, 10, 21 y 18.

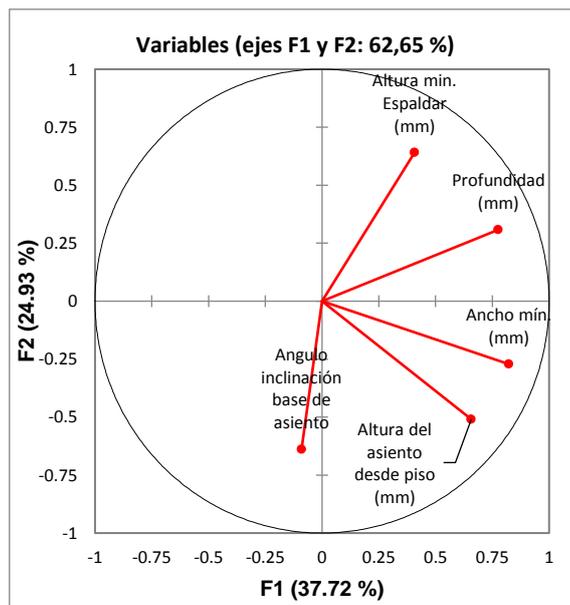


Figura 6. Círculo de correlaciones – asiento del conductor

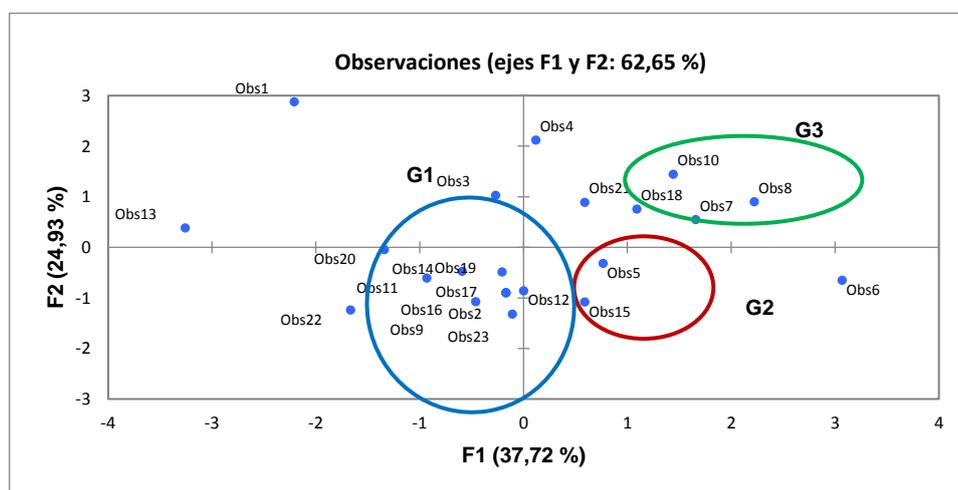


Figura 7. Mapa bivariado – asiento del conductor

3.2.4. Experimento de fricción mecánica en asientos de pasajeros

Dentro de la norma se especifica que los asientos de pasajeros deberán ser antideslizantes. Es por ello, que se procedió a verificar mediante un experimento simple de fricción mecánica el cumplimiento de la norma. El experimento consistió en colocar una masa (0.028 kg) sobre el punto más alto del asiento. De esta manera se verificó si el coeficiente de fricción estático cambia a coeficiente dinámico. Se pudo constatar a través de este experimento que las marcas de asientos; C (1 de 1), D (1 de 1), E (2 de 2), F (1 de 6), B (3 de 5), A (3 de 8) sí cumplen con dicho parámetro. Sin embargo, marcas como: A (5 de 8), F (5 de 6) y B (2 de 5) incumplen este parámetro. Posteriormente, se procedió a realizar el cálculo del coeficiente de rozamiento referencial mediante la segunda ley de Newton, aun cuando el ángulo máximo permisible en la norma de la base del asiento sea de 6° y la masa permanezca inmóvil. El coeficiente encontrado es 0.105 es decir, que en aquellos asientos que no se deslizó la masa. Por lo contrario, se considera deslizante cuando el coeficiente es menor 0.105. Sin embargo, el coeficiente de fricción dinámica en seco de materiales compuestos moldeados y materiales tejidos para asientos de vehículos está comprendido entre 0.25 y 0.45 respectivamente (en la clasificación E o F de la

Sociedad de Ingenieros Automotrices - SAE). El valor de coeficiente de fricción 0.105 calculado se clasifica con la letra D (mayor a 0.15 pero no mayor que 0.25) según la clasificación de coeficientes de fricción de la SAE.

3.3. Solución de propuesta gráfica y parámetros

De la muestra analizada, el porcentaje de incumplimiento de la norma es relativamente alto, por lo que se presenta una propuesta de las dimensiones de los asientos como se muestra en la *Figura 8*. La propuesta gráfica permitirá atenuar las consecuencias del incumplimiento de la norma, en este sentido se realizó una comparación entre los parámetros que se indican en la norma INEN 2205 y la propuesta de solución enmarcada en la norma mexicana NOM-119-SCFI-2000, industria automotriz-vehículos automotores-cinturones de seguridad - especificaciones de seguridad y métodos de prueba, establecido en el manual técnico de seguridad, accesibilidad, comodidad y fabricación de autobuses nuevos corto, mediano y largo, de piso alto, entrada baja y motor de aplicación delantera y trasera para prestar el servicio público de transporte de pasajeros emitido por la Secretaría de Movilidad del Distrito Federal de México.

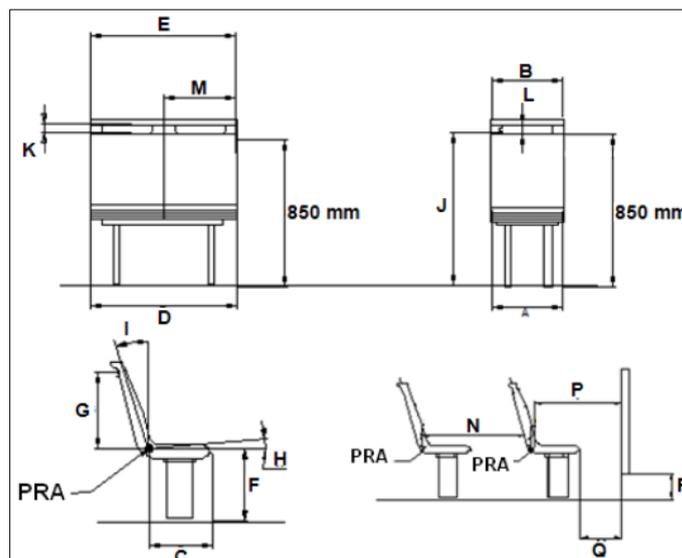


Figura 8. Propuesta gráfica asiento de pasajeros

En la *Tabla 4* se enumeran los parámetros dimensionales de la propuesta gráfica para el diseño y construcción de los asientos. Tales parámetros permitirán contrarrestar las consecuencias que se producen durante una colisión.

Los parámetros lineales propuestos son: “Ancho asiento individual”, “Ancho de respaldo individual” “Profundidad”, “Ancho respaldo asientos continuos” de modo que, el usuario tendrá una mayor superficie de contacto, además de brindar ergonomía y soportar mayores fuerzas transversales que se producen cuando el automotor se encuentra en marcha; “Altura total”, y “Distancia entre asientos”, ya que la estatura promedio de los ecuatorianos es de 1.60 m – 1.70 m, lo cual permite obtener una mayor visibilidad, *confort* y evitar reducir posibles lesiones en caso de una colisión. En parámetros angulares se propone modificar: “Ángulo de base de asiento” y “Ángulo del respaldo” de tal forma que evite el deslizamiento de pasajeros cuando el bus realice movimientos bruscos. Finalmente, en lo que respecta a otros parámetros dimensionales, se plantea cumplir parámetros como: “Altura respaldo”, “Altura desde piso al centro del asidero”, “Claro libre entre asidero y respaldo”, “Sección del asidero de asiento” y “Largo asidero de asiento” que no se mencionan en la norma INEN 2205 y son necesarios, puesto que permitirán dar importancia no solo al pasajero que va sentado, sino también a los pasajeros que se sujetan

del asidero cuando van parados. Además, se plantea incorporar sobre la superficie del respaldo y base, en todos los modelos de asientos sin excepción; una zona texturizada o aumentar la rugosidad, que permita aumentar el coeficiente de rozamiento y así evitar el desplazamiento de los pasajeros. Adicionalmente, reforzar tanto el respaldo como la base mediante una armadura metálica a base de perfiles tubulares de acero (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014).

Por último, los asientos deberán soportar diferentes fuerzas aplicadas cuando la unidad se encuentre en movimiento. En la *Figura 9* se indican las fuerzas aplicadas, el respaldo deberá soportar una fuerza horizontal en dirección de la marcha de la unidad de 5101 N, una fuerza horizontal contraria a la marcha del bus de 956 N y soportar una fuerza vertical en el centro del asiento de 1275 N (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014).

Tabla 4. Propuesta de parámetros dimensionales de asiento

Nomenclatura	Parámetros	Valor (mm)	Parámetros (mm) INEN 2205	Nomenclatura	Parámetros	Valor (mm)	Parámetros (mm) INEN 2205
A	Ancho asiento individual	440 mín.	400	I	Ángulo respaldo de asiento	95° a 110°	100 – 105
B	Ancho de respaldo individual	420 mín.	400	J	Altura desde piso al centro del asidero	850 mín.	-
C	Profundidad	380 – 450	380	K	Claro libre entre asidero y respaldo	40 mín.	-
D	Ancho asientos continuos	900 mín.	900	L	Sección del asidero de asiento	31.8 – 40	-
E	Ancho respaldo asientos continuos	840 mín.	800		Altura total	881.8 – 890	900
F	Altura de asiento desde piso.	INEN 2205 400 – 420	400 – 420	M	Largo asidera de asiento	200 mín.	-
G	Altura respaldo	450 mín.	-	N	Distancia entre asientos	700 mín.	680 mín.
H	Ángulo de base de asiento	4° a 7°	2° - 6°				

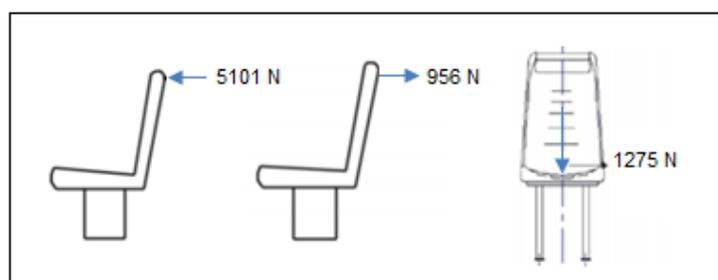


Figura 9. Propuesta gráfica – fuerzas aplicadas (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014)

Resaltar que la propuesta de los parámetros dimensionales de los asientos es un complemento de los manuales de lineamientos técnicos de fabricantes originales; mejorando la seguridad y comodidad de los pasajeros en relación con los parámetros actuales de la norma INEN 2205, con especificaciones mínimas requeridas para los alcances y requerimientos necesarios, por lo que los fabricantes deberán considerar todos aquellos aspectos técnicos adicionales y comerciales y normas nacionales e internacionales en cuanto a funcionamiento y seguridad para el servicio de transporte público de pasajeros, en lo relativo a vialidades, tránsito vehicular, baches, reductores de velocidad (topes), topografía, etc.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las normas y reglamentos que rigen sobre los buses de transporte público urbano en la ciudad de Quito son las siguientes: Norma INEN 2205 la cual define los requisitos de los buses urbanos, INEN 1323 que menciona requisitos para diseño, fabricación y montaje de carrocerías e INEN 034 que establece los elementos mínimos de seguridad.

A través de la prueba de hipótesis, el 59% y 45% de los parámetros en asientos de pasajeros y conductor, respectivamente; no cumplen con la norma. En este contexto, por ejemplo, el parámetro “Altura desde piso a base en asientos de pasajeros” no cumple con la norma de acuerdo con la hipótesis alternativa, así como tampoco con el intervalo de confianza construido alrededor de este.

Con el análisis de componentes principales; se identificaron tres grupos tanto para asientos de pasajeros como de conductor, cada uno de los cuales poseen características similares de acuerdo con determinados parámetros dimensionales, que se relacionan con los porcentajes calculados para las dos primeras componentes principales.

El cumplimiento de la norma INEN 2205; con respecto a distintos parámetros dimensionales es heterogéneo, puesto que el porcentaje de no cumplimiento es relativamente bajo en unos casos, mientras que en otros no. La propuesta gráfica se presentó con la finalidad de atenuar las consecuencias generadas por las inobservancias de la normativa.

Aplicar la propuesta para la actualización de la norma INEN 2205 y posteriormente en la fabricación de los asientos para buses de transporte urbano de la ciudad de Quito.

Realizar a base del método establecido en este estudio un análisis del cumplimiento de los parámetros dimensionales y de seguridad que indican las normas respecto a los asientos de buses de transporte público interparroquiales e interprovinciales.

Bibliografía

- Bernal, M., Daza, C., Rincón, O., Fajardo, J., & Barrero, L. H. (2014). *Parámetros para el diseño del espacio interno de vehículos de transporte*. Ponencia Conferencia comunidades seguras.
- Demoraes, F. (2005). *Movilidad, elementos esenciales y riesgos en el distrito metropolitano de Quito*. Quito: Colección Quito Metropolitano.
- Douglas Lind, S. W. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: Mc Graw Hill.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. (14 de octubre de 2014). *Manuales técnicos de seguridad, accesibilidad, comodidad y fabricación de autobuses nuevos corto, mediano y largo, de piso alto, entrada baja y motor de aplicación delantera y trasera para prestar el servicio público de transporte de pasajeros*. México.
- Institute for Transportation and Development Policy, GTZ. (2006). *Opciones de transporte público masivo*. Eschborn: Manfred Breithaupt, Stefan Optiz, Karl Fjellstrom, Jan Shwaab.
- National Highway Traffic Safety Administration School, NHTSA. (octubre de 2002). *Crashworthiness Research*. Obtenido de NHTSA: <http://www.nhtsa.dot.gov>
- Organización de la Naciones Unidas, ONU. (1999). *Prescripciones relativas a la homologación de los asientos de los vehículos de gran capacidad*. Ginebra: ONU.
- Sanzi, H., & Asta, E. (2012). Lineamientos generales para el diseño estructural de bastidores y trailers. *22 jornadas argentinas de ingeniería estructural*, 1-11.
- Society of Automotive Engineers. (1994). *Securing Child Restraint Systems in Motor Vehicles*. Warrendale: SAE J1819.