



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898476*

RFC: ATI120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>

**Año: V    Número: 3    Artículo no.: 57    Período: 1ro de mayo al 31 de agosto del 2018.**

**TÍTULO:** Diseño, validación y análisis de la confiabilidad de un instrumento de inspección visual del desgaste en neumáticos. Estudio de caso.

**AUTORES:**

1. Máster. Alex Giovanni Tenicota García.
2. Máster. Stalin Eduardo Nuela Sevilla.
3. Máster. Cristian David Redrobán Dillón.
4. Máster. Ángel Daniel Larrea Moreano.
5. Máster. Edison Fernando Calderón Freire.
6. Máster. Cesar Daniel Arregui Toro.

**RESUMEN:** La carencia de instrumentos y de requerimientos técnicos en procesos de recolecta y vertido de desechos sólidos es una aguda problemática social. En este contexto, la revisión sistemática de los camiones recolectores, constituye un factor esencial. Se exponen resultados del diseño, validación y análisis de la confiabilidad de un instrumento de inspección del desgaste en neumáticos de camiones recolectores de desechos. Para evaluar la validez de contenido se aplicó el método Delphy y se valoró la concordancia entre expertos mediante el coeficiente de Kendall. Se realizó el análisis factorial por componentes principales a fin de evaluar la validez de constructo.

**PALABRAS CLAVES:** diseño de instrumentos, validación de instrumentos, fiabilidad de instrumentos, inspección visual del desgaste, neumáticos de camiones, recolección de residuos sólidos.

**TITLE:** Design, validation and analysis of the reliability of a visual inspection tool for assessing tire wear. Case study.

**AUTHORS:**

1. Máster. Alex Giovanni Tenicota García.
2. Máster. Stalin Eduardo Nuela Sevilla.
3. Máster. Cristian David Redrobán Dillón.
4. Máster. Ángel Daniel Larrea Moreano.
5. Máster. Edison Fernando Calderón Freire.
6. Máster. Cesar Daniel Arregui Toro.

**ABSTRACT:** The lack of instruments and technical requirements in the processes of collection and dumping of solid waste is a serious social problem. In this context, the systematic assessment of collection trucks is an essential factor. The results of the design, validation and analysis of the reliability of a tire wear inspection instrument for waste collection trucks are presented. To evaluate content validity, the Delphy method was applied and the agreement between experts was assessed using the Kendall coefficient. The factorial analysis by main components was carried out in order to evaluate the construct validity.

**KEY WORDS:** instrument design, instrument validation, instrument reliability, visual inspection of tire wear, truck tires, solid waste collection.

## **INTRODUCCIÓN.**

Los países de la región latinoamericana, durante años, han sido aquejados por problemas derivados de las prácticas inadecuadas de manejo y disposición de residuos sólidos. La principal dificultad, en este sentido, ha estado asociada a la carencia de instrumentos y de requerimientos técnicos mínimos en los procesos de recolecta y vertido en sitios de disposición final para evitar impactos ambientales y sociales; lo anterior, al punto de llegar a convertirse en una constante, y por ende, en una prioridad; esta situación coloca en el eje de estos procesos a los camiones de recolección de desechos sólidos -vehículos diseñados y construidos para el traslado de mencionados desechos- (Murray, 2017), que en América Latina forman parte esencial de los recursos físicos de que disponen las municipalidades que tienen como competencia varias actividades de recolección, reciclaje, y tratamiento por medio de programas oficiales establecidos a nivel estatal (provincial) o nacional (Accurio, Rossin, Teixeira & Zepeda, 1998; Kalman & Reagan, 2008); por lo tanto, es esencial garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los camiones a lo largo de su vida útil.

Varios estudios (Tchobanoglous, Theissen & Eliassen, 1982; Portais, 1999; Córdova, Landazuri y Viejó, 2013) identifican a los camiones articulados de recolección lateral, frontal y posterior, como parte esencial de la flota vehicular de varios municipios representativos en Latinoamérica, a lo cual no escapan las municipalidades ecuatorianas. De hecho, en el año 2016, según cifras del Ministerio del Ambiente (2016), se recogió un promedio de más de 4,3 millones de toneladas de desechos.

Es de resaltar, que para el correcto funcionamiento de estas unidades es preciso tomar en consideración sus altos costos de operación y de mantenimiento. Según algunos investigadores (Chicote, 2013; S. L. Euformación Consultores, 2017; López, 2017), todos los componentes y elementos mecánicos del camión articulado de recolección de desechos son contenidos por el chasis cabina y las cajas compactadoras, y se suspenden por neumáticos de gran importancia por

ser elementos que entran en contacto directo con la calzada y frecuentan el contacto directo y desgaste incontrolable.

Se considera conveniente destacar, que los elementos mecánicos del vehículo pueden ser analizados en el funcionamiento o cuando se desarrolle el mantenimiento básico, que de acuerdo a varios estudios en áreas similares (Castillo y Serrano, 2015; Gavidia, 2016), puede convertirse en la alternativa ideal para la homologación integral del proceso, mejoramiento del plan de mantenimiento vehicular, y ejecución de acciones de mejora para buscar eficacia y eficiencia en las rutas de recolección de desecho.

Amén de la utilidad social de la función que desempeñan esos vehículos, poco se ha avanzado, desde la óptica científico-técnica, en cuanto al diseño de instrumentos que puedan ser empleados durante las revisiones o inspecciones sistemáticas a los vehículos. De ahí la pertinencia de esta investigación.

La literatura especializada sostiene la hipótesis de que los neumáticos forman una parte esencial de los sistemas de seguridad activa de los vehículos, y el estado de estos influye decisivamente sobre el comportamiento del automóvil (González, Carretero, Gómez de León e Hijes y Alarcón, 2009). Su revisión sistemática e inspección visual de su grado de desgaste y de las condiciones que lo generan es, entonces, un factor esencial para garantizar que el neumático pueda cumplir correctamente sus funciones, y por ende, la necesaria seguridad vial.

A pesar de la existencia de documentación técnica de neumáticos de tipo III y IV, según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2006), no se ha encontrado un método de mantenimiento establecido para medir y controlar el desgaste inevitable de neumáticos en condiciones de operación en tiempo real, a pesar de que en todas las municipalidades ecuatorianas se conocen las rutas de recolección y los tipos de calzada. Se precisan casos puntuales de calzadas pertenecientes a regiones centrales del país mejor tratadas y mantenidas con menos efectos por lluvias y mayor vida útil, que las calzadas y caminos vecinales propios de sectores costeros y amazónicos.

Con base en lo hasta aquí descrito, consideramos necesario el abordaje de esta problemática, sobre todo, debido a que el monitoreo de condiciones de parámetros de funcionamiento de los neumáticos de camiones de recolección en una ruta determinada, es un camino provechoso en el estudio de las discontinuidades que propicia una manera efectiva de reencauchar o reemplazar los neumáticos de manera oportuna. En particular, las inspecciones visuales son de uso primario para detectar desgastes o imperfecciones superficiales en neumáticos, los cuales evidencian deterioro de componentes y elementos mecánicos que constituyen el chasis –cabina o cajas compactadoras (Accurio et al., 1998; Romero y Ibarra, 2016).

Como se conoce, las discontinuidades o imperfecciones en mención pueden provocar daños y fallas cuando existen pérdidas de funciones (Morcillo, 2011). Las principales imperfecciones evidenciadas en neumáticos son desgastes irregulares, desgastes centrales, desgastes en los flancos, desgastes exfoliados, daños circunferenciales, cables metálicos expuestos, concentraciones, estrías, mordeduras, arrancamientos, cortes, golpes, grietas de carcasa, rozaduras, y quemaduras, las cuales han sido registradas con la ayuda de instrumentos documentales que resumen características de neumáticos en condiciones normales de funcionamiento (González et al., 2009).

Los aportes de varios autores (Tomás, Bañón y Ferreiro, 2004; Gallardo, Capellá y Lamich, 2014; Águeda et al., 2017) indican, que las imperfecciones de neumáticos encontradas en bandas de rodamiento, flancos o costados, y en el talón o ceja, son causadas por montajes defectuosos, variación de las condiciones de carga, ineficiente o insuficiente combinación de duales, aplicación incorrecta de los neumáticos, tamaño de aro incorrecto, geometría de la dirección, condiciones de la calzada y operación del vehículo; sin embargo, no se ha identificado una metodología de estudio de defectos en neumáticos basado en parámetros de funcionamiento bajo condiciones establecidas y cargas controladas, de modo que se presente de forma acertada un proceso efectivo de rencauche, cambio de repuestos o cuidado de componentes o elementos mecánicos que

conforman el chasis cabina, especialmente la suspensión y dirección de los vehículos de recolección de desechos sólidos.

No se encontraron trabajos publicados que den cuenta de las diversas iniciativas afines emprendidas en las municipalidades del contexto ecuatoriano, la mayoría de las cuales carecen de procesos de recolección de desechos sólidos monitoreados o controlados con garantía de generar resultados de operación y mantenimiento en su flota vehicular; de aquí se deriva la naturaleza novedosa de la actual investigación.

El presente trabajo se enmarca en estrategias y experiencias valiosas que actualmente constituyen iniciativas con impacto en las políticas públicas, la toma de decisiones y el desarrollo del sector académico y de prestación de servicios. Su principal objetivo radica en exponer los resultados del diseño, la validación y el análisis de la confiabilidad de un instrumento de inspección visual del desgaste en neumáticos de camiones recolectores de desechos sólidos, que considera criterios estandarizados y experimentados propios de los municipios nacionales.

El instrumento diseñado permite detectar dificultades, de cara a la propuesta de acciones de mejora en cuanto al mantenimiento de componentes mecánicos, recambios de neumáticos oportunos y rencauches eficientes.

Desde el punto de vista práctico, el aporte de esta investigación reside en que promueve el control del desgaste, mediante el monitoreo de las condiciones de funcionamiento con la utilización de un instrumento documental, además, facilitará la toma de decisiones orientadas al recambio o rencauche de neumáticos, mejorando la disponibilidad operativa de los vehículos en las rutas trazadas y la optimización de los planes de mantenimiento.

## **DESARROLLO.**

La investigación realizada, de carácter aplicado, transversal y no experimental, transcurrió en tres etapas fundamentalmente: la primera etapa de diseño del instrumento, una segunda etapa de

evaluación de su confiabilidad y validez de contenido, y por último, una tercera etapa que tuvo a su cargo el análisis de la validez de constructo. Cada una de estas etapas se describe seguidamente.

### **Etapa I. Diseño del instrumento de inspección visual, formulación preliminar y registro de medidas.**

Posterior a la revisión conceptual de las diferentes posturas y de los constructos inspección visual de neumáticos y medición de parámetros de funcionamiento de camiones articulados de recolección de desechos sólidos, se realizó la conformación de las categorías de abordaje en: 4 dimensiones (Datos generales, Datos de equipos, Inspección de neumáticos, Verificación y registro de parámetros y Resultados de la inspección), así mismo se revisaron más de 30 subdimensiones, y se efectuó la formulación de los 45 ítems iniciales, los cuales fueron sometidos a revisiones a profundidad, en términos de revisión de su formulación, presentación y redacción.

La formulación del instrumento documental de inspección visual de los camiones articulados de recolección de desechos sólidos, estuvo delineada respecto a tres fuentes de información: la ruta, el camión de recolección, y los neumáticos. Mediante la revisión bibliográfica y el análisis, se definieron y resumieron las características que definen las condiciones normales e ideales de trabajo. En el caso de la ruta de recolección, fue seleccionada la rugosidad del suelo como propiedad de mayor incidencia al desgaste, por sobre la dureza, resistencia o viscosidad de la calzada, de los casos más frecuentes de rutas de recolección establecidas en la región central del país tales como el adoquín de hormigón, asfalto y concreto (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013a, 2013b, 2014, 2015).

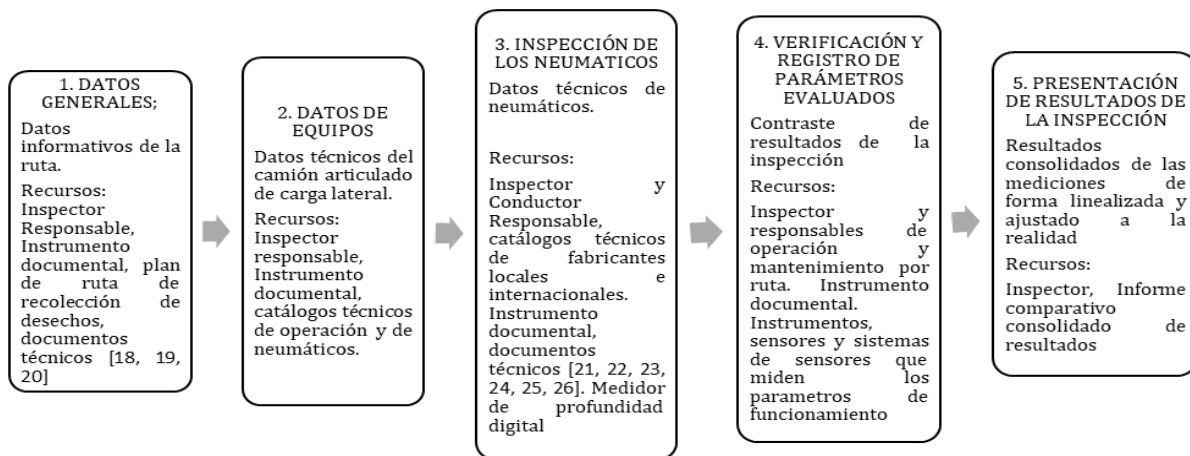
Las características técnicas de camiones de recolección seleccionadas fueron: tipo de transmisión, peso, tipo de articulación, medida de aros, capacidad de trabajo, entre otros, mediante el análisis de catálogos de operación y mantenimiento de más de 3 fabricantes distribuidos con frecuencia en la región. Las características resumidas de los neumáticos fueron: tipos de material, adherencia, dimensiones, tipo de labrado, tipos de imperfecciones determinantes del recambio o rencauche, y

resistencia al desgaste, para ello se analizó la documentación técnica de terminologías, tipos, proceso de rencauche, requisitos y ensayos en neumáticos, atendiendo a las regulaciones, requisitos y normativas ecuatorianas (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013a, 2013b, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2017c).

Se inspeccionó un total de 25 camiones, en un período de 3 meses, cada procedimiento de inspección tuvo una duración promedio de 20 minutos y se recabaron evidencias de inspección, tales como catálogos, manuales técnicos, fotografías y hojas de ruta de recolección, en varios formatos.

En la figura 1, se representa el proceso de aplicación del instrumento diseñado y a continuación se describen en mayor detalle cada uno de los pasos concebidos.

**Figura 1. Proceso de inspección visual de neumáticos bajo la medición de parámetros de funcionamiento de camiones articulados de recolección de desechos sólidos.**



*Paso 1.* La recolección de datos generales con la finalidad de reunir la información de la extensión de la ruta, sus contenedores, los responsables de operación, y el mantenimiento de cada camión.

*Paso 2.* La recolección de los datos técnicos del equipo con la finalidad de reunir la información que contempla las características técnicas del camión tales como modelo del camión, año de fabricación, capacidad, kilometraje recorrido por la ruta, entre otros.



*Paso 3.* La inspección de los neumáticos en donde se registran datos técnicos descriptivos de la marca y modelo, el tipo de labrado, material, y características del desgaste; a esto se suma las condiciones de los parámetros de funcionamiento tales como presión de inicio y final del neumático, temperatura y humedad ambiente, nivel de rugosidad de calzada, y carga promedio de recolección, velocidad y aceleración promedio del vehículo en funcionamiento, de forma tal que son medidos con dispositivos digitales instalados en cada camión a estudiar, de manera, que las medidas son registradas en una base de datos compacta.

Participaron 6 inspectores y se estableció que estos, previamente entrenados y familiarizados con una guía de inspección, debían levantar información en campo; en primer lugar, informando al operario previamente del procedimiento y de los resultados generados; en segundo lugar, recopilando datos técnicos del camión, datos del operador, características de la calzada, distancia de la ruta, posición y número de contenedores con datos técnicos de los neumáticos, y por último, rotulando el vehículo con el certificado de inspeccionado.

Una de las mayores dificultades encontradas durante el levantamiento de la información fueron las propias experiencias previas de los inspectores y la falta de sistematicidad durante el proceso de entrenamiento, por ello, se decidió realizar modificaciones al instrumento, con el propósito de que resultara más fácil de emplear para cada inspector con respecto a la hoja de registro.

En cuanto al proceso de registro de medidas, se formuló la lógica del monitoreo del nivel de desgaste con la mención del inspector responsable del proceso, el cual midió de forma periódica y empírica, mediante instrumento documental que reúne la información de las condiciones incidentes al desgaste, o con dispositivos digitales que de manera directa evidencian el grado de desgaste en función del espesor de los canales de cada neumático.

Como ya se ha planteado, en este paso fue importante el levantamiento de datos en tiempo real, mediante la utilización de instrumentos de medida como el caso de la temperatura mediante pirómetro de tecnología infrarroja, o sistemas de sensores instalados en lugares estratégicos del vehículo, como el caso del sensor capacitivo con variador, termistor no lineal, y un

microprocesador para el procesamiento en el caso de la medición de la temperatura y humedad relativa.

Los Horómetros de 24V y 220V AC - DC son instalados en la zona del aro interno de uno de los ejes con tracción, al igual que el acelerómetro de sistemas micro-electromecánicos (MEMS). La rugosidad de la calzada fue determinada mediante el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional en base a las metodologías expuestas en otras investigaciones (Instituto Nacional de Vías, 2007; Badilla, 2009; González, 2017), de acuerdo con las cuales se requiere del equipo Perfilómetro Inercial Láser con software apropiado, como el Profilograph for Windows 1.2. Finalmente, el medidor de profundidades de neumáticos tipo digital fue propuesto para la verificación del desgaste según la referencia de la profundidad del reborde.

*Paso 4.* En el marco del proceso de inspección, se socializan los resultados preliminares a los responsables de cada camión por ruta, y de forma periódica, al responsable de la gestión de las rutas, de modo que se comparan los criterios y se normalizan las medidas por cada camión inspeccionado, para que la información levantada en campo fuera clasificada y registrada en una base de datos, caracterizada por la facilidad de operatividad de los datos por camión, tipo de neumáticos, ruta, y operador responsable.

*Paso 5.* Se presentan los resultados y se evidencia la conformación de informes técnicos periódicos, que tienen la finalidad de informar el nivel del desgaste que han sufrido los neumáticos durante el recorrido, considerando el tramo hasta llegar al taller en el cual se detectan defectos e imperfecciones que son registradas y valoradas de acuerdo a criterios establecidos.

La característica principal del instrumento diseñado fue la facilidad para agrupar la información por cada ruta y camión. El instrumento de inspección estuvo estructurado en más de 35 preguntas abiertas y cerradas, además se complementó con espacios para detallar una observación evidenciada de las condiciones medidas de los parámetros para cada elemento a ensayar.

**Etapa II. Análisis de la confiabilidad y validación de contenido del instrumento propuesto.**

Con vistas a conocer la validez de contenido, se aplicó el método de Delphy, inicialmente para obtener las convergencias, discrepancias y consensos sobre la viabilidad del instrumento documental y el procedimiento de inspección propuesto, y sea considerado como relevante su implementación en municipalidades ecuatorianas.

Se realizó una consulta a expertos y conocedores del tema, enviándose la consulta, vía correo electrónico, a un universo de 67 profesionales técnicos, involucrados en procesos mecánicos de operación y mantenimiento vehicular. Esta primera ronda indagó sobre el nivel de conocimientos en cuanto a las rutas de recolección de desechos, operación y mantenimiento de los camiones articulados.

Se empleó el método Delphy, de modo que de la población inicial de expertos se procedió a determinar el coeficiente de experticia  $k$ . Sobre este coeficiente, se categorizó a los expertos de mayor experiencia y formación, pertinentes o conocedores del proceso de recolección de desechos sólidos en municipalidades, quienes finalmente quedaron considerados como los expertos que validarían la versión final del instrumento propuesto, pasando a una segunda ronda de preguntas.

Teniendo en cuenta los criterios de conocimiento y argumentación ( $K_c$ ,  $K_a$ ) derivados del conocimiento demostrado, competencias técnicas, experiencia, título de tercer nivel, cargo que desempeña, y actividades laborales sean en áreas de transportación, recolección de desechos sólidos y docentes, se seleccionó finalmente una muestra significativa de 34 expertos, seleccionados con margen de error del 10% y 90% de nivel de confianza.

Para la segunda ronda de preguntas, fueron considerados 15 profesionales de ingeniería mecánica, inmersos en el campo de la movilidad y estudio del estado técnico de equipos, 13 técnicos vinculados al mantenimiento de camiones, 5 técnicos de empresas de reencauche y procesos de fabricación de neumáticos, y 2 docentes con experiencia en el estudio de la ingeniería de los materiales y su resistencia, provenientes de las principales ciudades del país.

Los expertos seleccionados fueron parte de la ejecución de dos rondas de preguntas de forma general y específica; de la primera ronda, se obtuvieron datos que definieron parámetros. En la segunda ronda, se incorporaron dos parámetros con el total de las valoraciones y se respondieron preguntas referentes a la selección y la calificación del nivel de incidencia de los parámetros de funcionamiento en el desgaste de los neumáticos.

Con el propósito de respaldar la confiabilidad del instrumento, se calculó el Alpha de Cronbach, y además, se realizó el análisis de la concordancia entre expertos a través del Coeficiente de concordancia W de Kendall al tratarse de datos ordinales. Este coeficiente se utiliza cuando se quiere conocer el grado de asociación entre k conjuntos de rangos (Siegel & Castellan, 1995), el cual es particularmente útil cuando se les solicita a los expertos que procedan a asignar rangos a los ítems, por ejemplo, de 1 a 4. El mínimo valor asumido por el coeficiente es 0 y el máximo 1. Este coeficiente está basado en el grado de varianza de la suma de los rangos obtenidos de los diferentes expertos. El mínimo valor asumido por el coeficiente es 0 y el máximo 1. Si el coeficiente es 1 indica acuerdo perfecto entre los evaluadores, si es 0 indica que el acuerdo no es mayor que el esperado por el azar, y si el valor del coeficiente es negativo, el nivel de acuerdo es inferior al esperado por el azar (Sim & Wright, 2005; Escobar y Cuervo, 2008). Se empleó un  $\alpha=0,05$ .

### **Etapa III. Validación de constructo del instrumento propuesto.**

Por último, se realizó el análisis factorial por componentes principales con el objetivo de evaluar la validez del constructo que permitió evaluar el grado en que este instrumento mide el constructo para el que fue diseñado.

Para analizar la existencia de correlación entre las variables del instrumento, se realizó la prueba de esfericidad de Bartlett, que indicó que existió correlación entre las variables, con lo que el análisis factorial realizado a todo el cuestionario tuvo sentido. Se consideró adecuado cuando

alcanzó un  $\alpha < 0,05$ . La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) indicó el grado de intercorrelación de las variables; se consideró factible cuando alcanzó cifra mayor de 0,7.

A continuación, se presentan los principales resultados.

### Resultados del análisis de la confiabilidad y validación de contenido del instrumento propuesto (Criterios de expertos).

Se ha obtenido un coeficiente Alpha estandarizado de 0,88 para la totalidad del instrumento, lo cual refleja una confiabilidad aceptable del mismo. La simetría de los ítems es adecuada, tal y como lo muestran los valores de la varianza, por lo que se puede afirmar que un sesgo debido a la falta de independencia de los datos no se sustenta empíricamente.

**Tabla 1. Resultados del análisis de la confiabilidad del instrumento diseñado.**

Ítems	Nivel de incidencia al desgaste						Varianza individual/ varianza total	Varianza individual/ varianza total	Alpha individual
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Ninguna incidencia	Encuestados			
Rugosidad del suelo	25	9	0	0	0	34	0,188539773	0,811460227	0,836050
Temperatura y humedad	16	15	2	1	0	34	0,135185261	0,864814739	0,891021
Presión del neumático	18	15	1	0	0	34	0,149052378	0,850947622	0,876734
Velocidad y aceleración	16	8	6	1	0	34	0,124663684	0,875336316	0,901862
Carga de recolección	15	14	4	1	0	34	0,126761389	0,873238611	0,899700
Tipo de material del neumático	19	15	0	0	0	34	0,155977811	0,844022189	0,869599
Método de fabricación del neumático	14	15	4	2	0	34	0,119819705	0,880180295	0,906852
Suma de varianzas									
CRITERIOS						Coeficiente de confiabilidad (ausencia)		0 a 0,59	
						Coeficiente de confiabilidad (aceptable)		0,59 a 0,99	
						Coeficiente de confiabilidad (ideal)		1	
Coeficiente de confiabilidad de CRONBACH						0,88			

De los 34 expertos (tabla 2), el 100% obtuvo puntuaciones del coeficiente de competencia entre Medio y Alto; así se destaca que el mayor porcentaje fue para los expertos que puntuaron con un

nivel Alto de este coeficiente (82,3%, con 28 expertos) en tanto solo un 17,5% (6 expertos) obtuvo un nivel Medio. Con estos resultados, se decidió emplearlos a todos en el estudio como expertos.

**Tabla 2. Resultados del cálculo del coeficiente de competencia (k) de los expertos.**

<b>Expertos</b>	<b>kc</b>	<b>ka</b>	<b>k</b>
1	0,8	0,7	0,75
2	0,8	0,9	0,85
3	0,8	0,8	0,80
4	0,9	0,9	0,90
5	0,9	0,8	0,85
6	0,9	0,8	0,85
7	0,9	0,8	0,85
8	0,8	0,8	0,80
9	0,7	0,9	0,80
10	0,8	0,8	0,80
11	0,6	0,8	0,70
12	0,8	0,8	0,80
13	0,8	0,9	0,85
14	0,8	0,9	0,85
15	0,7	0,8	0,75
16	0,9	0,7	0,80
17	0,9	0,8	0,85
18	0,8	0,8	0,80
19	0,9	0,8	0,85
20	0,8	0,9	0,85
21	0,6	0,9	0,75
22	0,7	0,9	0,80
23	0,7	0,9	0,80
24	0,8	0,8	0,80
25	0,8	0,9	0,85
26	0,7	0,9	0,80
27	0,9	0,9	0,90
28	0,9	0,7	0,80
29	0,9	0,8	0,85
30	0,9	0,7	0,80
31	0,8	0,9	0,85
32	0,8	0,8	0,80
33	0,8	0,7	0,75
34	0,9	0,7	0,80

**Nota: kc: coeficiente de conocimiento, ka: coeficiente de argumentación.**

En la tabla 3 y el gráfico 1 pueden observarse las frecuencias relativas de cada experto para cada categoría de las diferentes etapas de la tecnología, representando esos valores la proporción de

expertos que consideraron cada paso en una categoría determinada; es así, que para la categoría de Muy adecuado, 7 etapas de la tecnología (de las 8 analizadas) alcanzaron valores superiores a 0,50; solo la etapa Método de fabricación del neumático alcanzó un valor por debajo de 0,50.

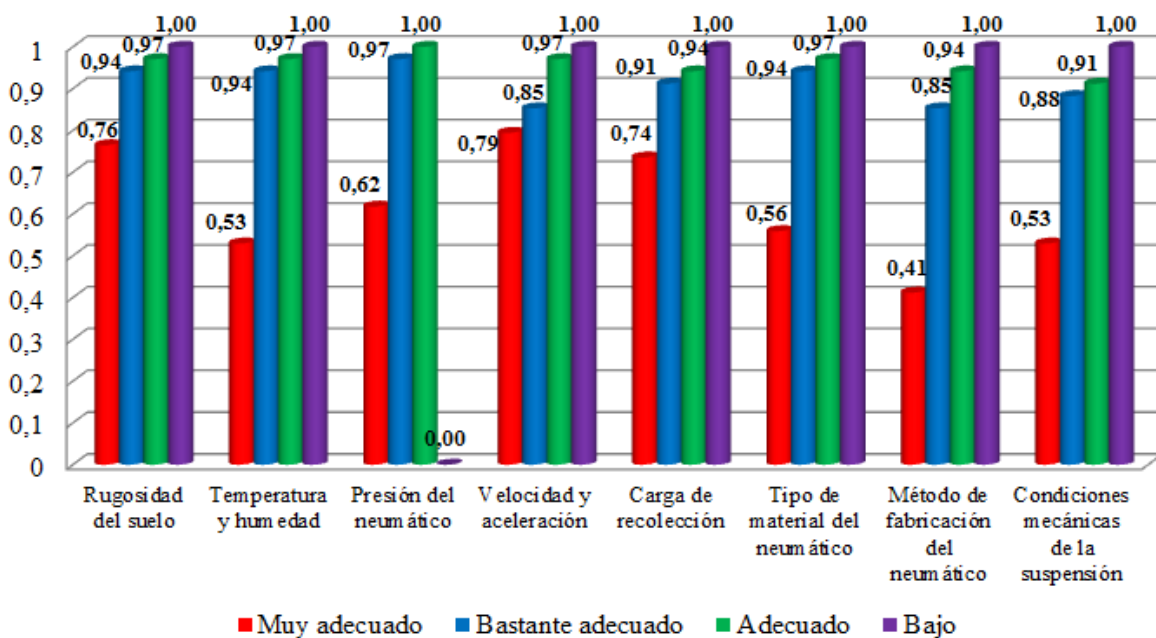
Para la categoría de Bastante adecuado, las frecuencias se mantuvieron por encima de 0,85 en todas las etapas y el mayor valor correspondió a la etapa Presión del neumático. En la categoría de Adecuado, todas las etapas se mantuvieron entre las frecuencias de 0,94 y 1,00 y para la de Bajo alcanzaron la frecuencia de 1,00. Lo anterior significa, que una alta proporción de expertos puntuaron en las categorías de Muy adecuado y Bastante adecuado.

**Tabla 3. Resultados de la aplicación del instrumento en la segunda ronda a los expertos.**

Etapas de la tecnología para la gestión.	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Bajo
Rugosidad del suelo	0,7647	0,9412	0,9706	1,000
Temperatura y humedad	0,5294	0,9412	0,9706	1,000
Presión del neumático	0,6177	0,9706	1,000	0
Velocidad y aceleración	0,7941	0,8529	0,9706	1,000
Carga de recolección	0,7352	0,9118	0,9412	1,000
Tipo de material del neumático	0,5588	0,9412	0,9706	1,000
Método de fabricación del neumático	0,4118	0,8529	0,9412	1,000
Condiciones mecánicas de la suspensión	0,5294	0,8823	0,9118	1,000

Nota: C: categorías.

**Gráfico 1. Resultados de la aplicación del instrumento en la segunda ronda de expertos.**



La tabla 4 muestra, finalmente, las categorías de las diferentes etapas analizado los puntos de corte para las mismas. De las ocho etapas hubo cuatro (50%) que puntuaron como Muy adecuado y fueron las siguientes la Rugosidad del suelo, la Presión del neumático, la Velocidad y aceleración y la Carga de recolección. El otro 50% (las otras cuatro etapas) puntuaron como Bastante adecuado, y estas fueron Temperatura y humedad, Tipo de material del neumático, Método de fabricación del neumático y Condiciones mecánicas de la suspensión.

Al haber puntuado en las categorías de Muy adecuado y Bastante adecuado puede plantearse que se concluyó la elaboración teórica del instrumento. Esto significa el grado de adecuación de dicho instrumento; es decir, el instrumento es adecuado para aplicarse.

**Tabla 4. Resultado final de las etapas según categorías (grado de adecuación).**

<b>Etapas de la tecnología para la gestión.</b>	<b>Categorías.</b>
Rugosidad del suelo	Muy adecuado
Temperatura y humedad	Bastante adecuado
Presión del neumático	Muy adecuado
Velocidad y aceleración	Muy adecuado
Carga de recolección	Muy adecuado
Tipo de material del neumático	Bastante adecuado
Método de fabricación del neumático	Bastante adecuado
Condiciones mecánicas de la suspensión	Bastante adecuado

Una vez terminada la construcción del instrumento se realizó el análisis de concordancia a través del Coeficiente de Concordancia de Kendall y sus resultados se muestran en la tabla 5. El objetivo del criterio de expertos, en este paso, fue el de evaluar si los ítems del instrumento medían el mismo constructo; para ello se tuvo en cuenta cuatro principios básicos para la construcción de un instrumento: Suficiencia, Claridad, Coherencia y Relevancia. Otorgaron puntuaciones que fueron del uno (bajo nivel) al cuatro (alto nivel).

Puede apreciarse claramente en la tabla 5 y el gráfico 2, que para todas las categorías, el coeficiente de concordancia estuvo aproximadamente por encima de 0,700 y todas fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ). En cuanto a la categoría de Suficiencia, se obtuvo globalmente un coeficiente de 0,936. Para la categoría de Claridad, el coeficiente osciló entre 0,853 y 0,967, mientras que, en relación con la categoría de Coherencia, estuvo entre 0,765 y



0,926. Respecto a Relevancia, estuvo entre 0,748 y 0,921. Esto significa que hubo concordancia entre los expertos en cuanto a lo que se medía en el instrumento. En general, el instrumento tuvo un alto índice de concordancia.

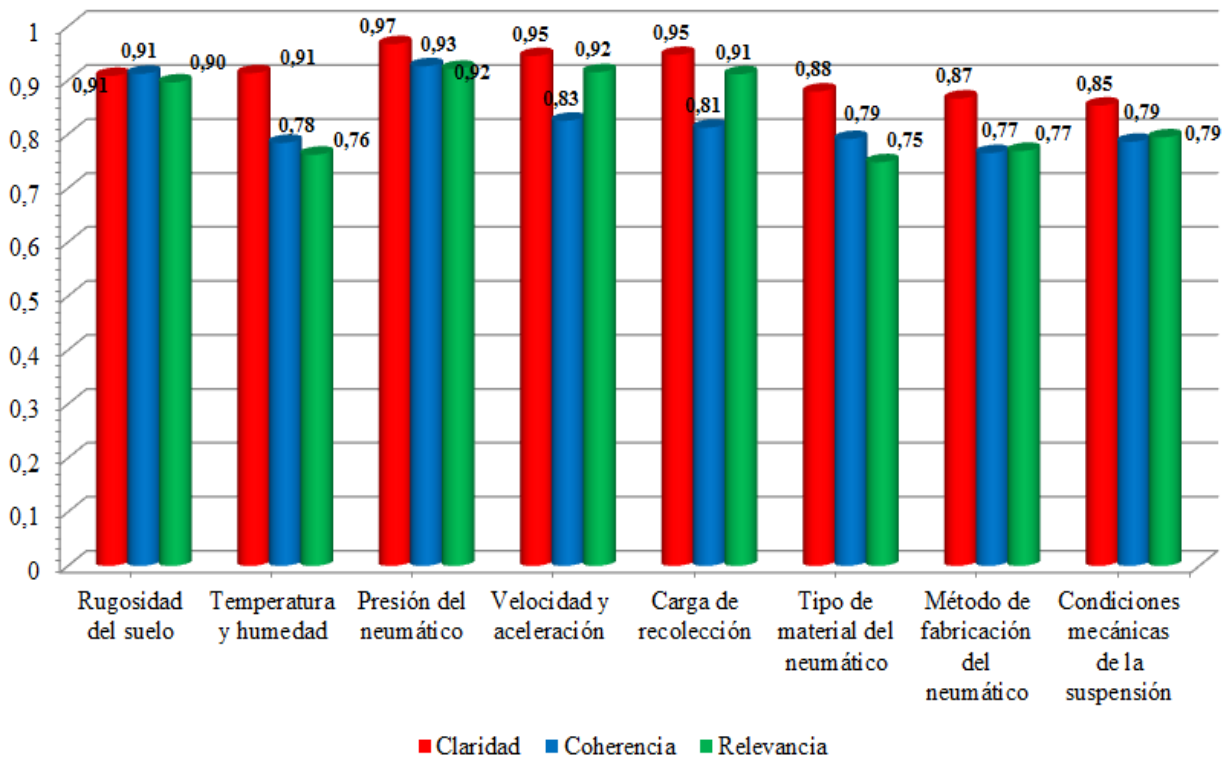
Con estos resultados podemos decir, que con un nivel de significación del 5% existe evidencia de la concordancia entre los expertos en cuanto a la Suficiencia, la Claridad, la Coherencia y la Relevancia de la propuesta; esto quiere decir, que el instrumento es válido.

**Tabla 5. Resultados del análisis de la concordancia entre expertos.**

<b>Etapas de la tecnología para la gestión.</b>	<b>Suficiencia.</b>	<b>Claridad.</b>	<b>Coherencia.</b>	<b>Relevancia.</b>
Rugosidad del suelo.	0,936	0,908	0,912	0,896
Temperatura y humedad.		0,913	0,784	0,762
Presión del neumático.		0,967	0,926	0,921
Velocidad y aceleración.		0,945	0,825	0,915
Carga de recolección.		0,947	0,812	0,911
Tipo de material del neumático.		0,879	0,791	0,748
Método de fabricación del neumático.		0,866	0,765	0,769
Condiciones mecánicas de la suspensión.		0,853	0,786	0,794

**Nota: Se empleó el Coeficiente de concordancia de Kendall.**

**Gráfico 2. Resultados del análisis de la concordancia entre expertos.**



### Resultados de la validación de constructo del instrumento propuesto (Análisis factorial por componentes principales).

Se aplicó esta técnica multivariada para evaluar la validez de constructo. La prueba de Bartlett fue estadísticamente significativa ( $p=0,000$ ), mientras que la medida de adecuación muestral de KMO fue de 0,835. Esto significa que las variables del instrumento están correlacionadas, por tanto, se procedió a aplicar la técnica de análisis de componentes principales.

Como se muestra en la tabla 6, se extrajeron tres componentes principales (factores) que explicaron el 81,8% de la varianza total. Se realizó la rotación Varimax que muestra los coeficientes mejor representados y facilitar la interpretación de los resultados; esto quiere decir, que se redujeron los ítems y pudieron agruparse en los tres factores explicados por este método.

Se extrajeron tres factores (componentes principales), los cuales explican aproximadamente el 81% de la varianza total.

- Factor 1: Aspectos intrínsecos del neumático. Este factor se relaciona con las dos variables siguientes: Tipo de material del neumático y Método de fabricación del neumático.
- Factor 2: Aspectos extrínsecos del neumático. Este factor se relaciona con las dos variables siguientes: Rugosidad del suelo y Temperatura y humedad ambiental.
- Factor 3: Aspectos mecánicos de los camiones. Este factor se relaciona con las cuatro variables siguientes: Presión del neumático, Velocidad promedio y aceleración del vehículo, Carga de recolección, y Condiciones mecánicas de la suspensión.

**Tabla 6. Resultados del análisis factorial de componentes principales.**

Variables	KMO	Valor p	Factores**		
			1	2	3
Tipo de material del neumático	0,835	0,000*	0,858		
Método de fabricación del neumático			0,825		
Rugosidad del suelo				0,769	
Temperatura y humedad				0,753	
Presión del neumático					0,734
Velocidad y aceleración					0,721
Carga de recolección					0,694
Condiciones mecánicas de la suspensión					0,672

**Nota: \*:  $p < 0,05$ , \*\*: método de rotación Varimax.**

De manera general, los resultados de la validación y del análisis de la confiabilidad muestran que el instrumento permite obtener información objetiva, válida y fiable sobre el desgaste en neumáticos de camiones recolectores de desechos sólidos.

Tal y como se prescribe en otros estudios, que se han enfocado en procedimientos de inspección y de mantenimiento de vehículos (González et al., 2009; Gallardo, Capellá y Lamich, 2014; Castillo y Serrano, 2015), los resultados de la formulación preliminar del diseño del instrumento de inspección visual y del proceso de inspección fue originario del análisis y síntesis teórica del fenómeno de desgaste en neumáticos y todos los factores y parámetros de funcionamiento que intervienen a lo largo de la ruta de recolección dentro del contexto.

Respecto a los resultados encontrados durante la inspección, estos se correspondieron con las características seleccionadas; sin embargo, debe tenerse en cuenta, que si bien estas características podían ser comunes a varias rutas de recolección, entre ciudades podrían variar según el estado de las vías, la operación y el tipo de mantenimiento que se efectúe a las mismas. Nuestros hallazgos coinciden con los obtenidos en un estudio realizado por González et al. (2009), en el cual se analizaron los principales tipos de defectos que se pueden encontrar en los neumáticos, así como el estado de conservación de los mismos y su incidencia en la seguridad vial.

En una investigación realizada con el propósito de incrementar la vida útil de los neumáticos, se constató que el ciclo de vida promedio de cada neumático de camión retirado, debido al desgaste, fue de 3722 hrs (Blanco, 2016); el conocimiento de esto es importante para el cálculo del costo operativo de cada neumático por hora. Como recomendación, se sugiere no soslayar, en ninguna instancia, la necesidad de la demostración del cumplimiento del Reglamento Técnico conforme a lo establecido en las disposiciones legales vigentes (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006).

Una de las limitaciones del estudio realizado se concreta en que no se efectuó un análisis del nivel de acuerdo entre los observadores (Bakeman et al., 1997) o inspectores, por ello nuestros resultados deben ser cautelosamente revisados antes de intentar generalizarlos o extrapolarlos

fuera del contexto explorado. Otro aspecto que pudiera mejorarse es el limitado tamaño muestral para el análisis multivariado, por lo cual se recomienda realizar validaciones con diferentes muestras a futuro.

Finalmente, como futuras líneas de investigación, sería recomendable llevar a cabo estudios con mayor número de neumáticos y mayor diversidad de condiciones de operación, pero aglutinando varios inspectores para cada caso, ya que las variables observadas podrían ser afectadas de diferente modo de acuerdo al nivel de preparación y experiencia de cada inspector.

## **CONCLUSIONES.**

En síntesis, el instrumento de observación que se desarrolló permite obtener información objetiva, válida y fiable sobre el desgaste en neumáticos de camiones recolectores de desechos sólidos.

La forma en que se recopilaron los datos nos permitió estudiar las condiciones que generan el desgaste de los neumáticos en los camiones recolectores de desechos sólidos; de manera que el instrumento diseñado proporciona una gran cantidad de información que sustenta la toma de decisiones en base a las condiciones y los parámetros de funcionamiento.

Unido a ello, mediante el proceso de inspección visual, apoyado en el uso del instrumento documental diseñado, el resultado a mediano plazo es la identificación de prioridades de mantenimiento y de sectores críticos que afectan el desempeño de esta flota de vehículos de vital importancia para los procesos de recolecta y vertido en sitios de disposición final en las municipalidades, tributando a la creación de planes preventivos que ayuden a identificarlas.

A largo plazo, la meta que se consigue es la mitigación de la carencia de instrumentos técnicos que sustenten la calidad de estos procesos, contribuyendo tanto al perfeccionamiento del mantenimiento y de la seguridad vial como al cuidado medioambiental.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Accurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F. & Zepeda, F. (1998). Diagnóstico de La Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de La Salud, Serie Ambiental no 18. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de La Salud.
2. Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., Gómez Morales, T., Martín Navarro, J, Gonzalo Gracia, J. (2017). Elementos estructurales del vehículo. España, Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
3. Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Publicación N° 21, Infraestructura Vial. Costa Rica.
4. Bakeman, R., Quera, V., McArthur, D., y Robinson, B.F. (1997). Detecting sequential patterns and determining their reliability with fallible observers. *Psychological Methods*, 2 (4), 357-370.
5. Blanco Hinostroza, J. R. (2016). Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho - Chinalco Perú.[Tesis de grado] Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Mecánica. Huancayo, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3636>
6. Castillo Carrión, F. y Serrano Zambrano, E. (2015). Mantenimiento móvil de camiones - Movilmant. [Tesis de Maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Escuela de Postgrado en Administración de Empresas, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30237>
7. Chicote Santafosta, F. (2013). Diseño de un equipo de carga lateral de contenedores incorporado en camión de recogida. [Tesis de Grado]. Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2099.1/17263>

8. Córdova Vera, S., Landazuri Zambrano, F. y Viejó Maestre, M. (2013). Modelo Integral para el Manejo de Desechos Sólidos en Municipios Pequeños. [Tesis de Maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Escuela de Postgrado en Administración de Empresas, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30492>
9. Escobar Pérez, J. y Cuervo Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos. Avances en Medición, 6, 27-36.
10. Gallardo, J. A., Capellá, G. J. y Lamich, M. (2014). Monitorización y supervisión de presión y temperatura en los neumáticos de un vehículo. XIX Jornades de Conferències d'Enginyeria Electrònica del Campus de Terrassa. Universidad de Catalunya. Escola d'Enginyeria de Terrassa. Recuperado de: <http://www.crit.upc.edu/JCEE2004/pdf/lamich04.pdf>
11. Gavidia García, J. L. (2016). Modelo de gestión para la homologación integral del transporte público de autobuses en el Ecuador. [Tesis de Maestría]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5041>
12. González Carpena, A., Carretero Aznar, J., Gómez de León e Hijes, F. C. y Alarcón García, M. (2009). Estudio sobre la importancia del mantenimiento en los neumáticos de los vehículos. España, Murcia: SA Inspecciones de Murcia.
13. González Muñoz, L. G. (2017). Determinación del índice de rugosidad internacional de la malla vial de Bogotá [Tesis de Grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5273/1/Gonz%C3%A1lezMu%C3%B1ozLinaGined2016.pdf>
14. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). Reglamento Técnico Ecuatoriano. RTE INEN 011:2006, Quito, Ecuador. Recuperado de: [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte\\_011.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_011.pdf)

15. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013a). Asfalto modificado con caucho reciclado. Requisitos e inspección. NTE INEN 2680, Quito, Ecuador.
16. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013b). Neumáticos. Neumáticos Tipo I y Tipo IV. Requisitos. NTE INEN 2100, Quito, Ecuador.
17. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). Reglamento técnico ecuatoriano. Cementos asfálticos. PRTE INEN 237, Quito, Ecuador.
18. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). Adoquines de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo. Norma técnica ecuatoriana. NTE INEN 3040, Quito, Ecuador.
19. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016a). Neumáticos reencauchados. Métodos de ensayo. NTE INEN 2616, Quito, Ecuador.
20. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016b). Neumáticos reencauchados. Definiciones y clasificación. NTE INEN 2581, Quito, Ecuador.
21. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017a). Neumáticos. Definición y clasificación. NTE INEN 2096, Quito, Ecuador.
22. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017b). Neumáticos. Neumáticos Tipo I y Tipo IV. Requisitos. “Enmienda”. NTE INEN 2100, Quito, Ecuador.
23. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017c). Neumáticos. Neumáticos Tipo II y Tipo III. Requisitos. NTE INEN 2099, Quito, Ecuador.
24. Instituto Nacional de Vías. (2007). Determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para Medir la Rugosidad de los Pavimentos. Norma I.N.V. E – 790 – 07, Bogotá, Colombia.
25. Kalman, B. & Reagan, M. C. (2008). Camiones robustos. USA, New York: Crabtree Publishing.
26. López Pérez, M.D. (2017). Manual de recogida y transporte de residuos urbanos o municipales. Certificados de profesionalidad. Gestión de residuos urbanos e industriales (SEAG0108). España, Madrid: Editorial CEP.

27. Ministerio del Ambiente. (2016). Programa Gestión Integral de Desechos Sólidos. Quito, Ecuador. Recuperado de:  
<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>
28. Morcillo, G. (2011). Inspección visual. Niveles II y III. España, Madrid: FC Editorial
29. Murray, J. (2017). Camiones de la Basura (Garbage Trucks). USA, Minnesota: ABDO Kids.
30. Portais, M. (1999). Regionalización y red urbana ecuatoriana (Reformas urbanas). Revista Ciudad Alternativa, 14, III, SE 1998-99, 45-50.
31. Romero Dessens, L. F. E. y Ibarra Salazar, J. R. (2016). Diseño e implementación de estrategias para controlar los neumáticos de los tractocamiones de carga. Universidad de Sonora. Departamento de Ingeniería Industrial, México, pp. 136-141.
32. S. L. Euformación Consultores. (2017). Recogida y Transporte de Residuos Urbanos o Municipales. SEAG0108. España, Antequera: IC Editorial.
33. Siegel, S. & Castellan, N. J. (1995). Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta. 4a. edición. México, Ciudad México: Editorial Trillas.
34. Sim, J. & Wright, C.C. (2005). The Kappa Statistic in Reliability Studies Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. Physical Therapy, 85, 257-268
35. Tchobanoglous, G., Theissen, H. & Eliassen, R. (1982). Desechos Sólidos: Principios de Ingeniería y Administración. PAHO. Recuperado de:  
<http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desecho2.Pdf>
36. Tomás Jover, R., Bañón Blázquez, L. y Ferreiro Prieto, J. I. (2004). La estabilidad del vehículo en las curvas: aspectos geométricos y su influencia en el coeficiente de seguridad. En: XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica: la proyección de la idea: actas del congreso: Zaragoza 2 y 4 de junio, Huesca 3 de junio de 2004. España, Zaragoza: INGEGRAF004.



**BIBLIOGRAFÍA.**

1. Armijo De Vega, C., Puma Chávez, A. & Ojeda Benítez, S. (2012). El conocimiento de los habitantes de una ciudad mexicana sobre el problema de la basura. Revista internacional de contaminación ambiental, 28(Supl.1), 29-37. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000500005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500005&lng=es&tlng=es)
2. Medina, M. (2017). Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. Frontera Norte, 11(21), 7-31.

**DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **Alex Giovanni Tenicota García.** Máster en Gestión del Mantenimiento Industrial. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Correo electrónico: [atenicota@gmail.com](mailto:atenicota@gmail.com)
2. **Stalin Eduardo Nuela Sevilla.** Máster en Gestión del Mantenimiento Industrial. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Correo electrónico: [nuelasevilla@yahoo.es](mailto:nuelasevilla@yahoo.es)
3. **Cristian David Redrobán Dillón.** Máster en Seguridad Industrial mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Correo electrónico: [cristianredroban@gmail.com](mailto:cristianredroban@gmail.com)
4. **Ángel Daniel Larrea Moreano.** Máster en Gestión del Mantenimiento Industrial. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Correo electrónico: [angd18@hotmail.com](mailto:angd18@hotmail.com)
5. **Edisson Fernando Calderón Freire.** Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador. Correo electrónico: [edisson.calderon@epoch.edu.ec](mailto:edisson.calderon@epoch.edu.ec)

6. **Cesar Daniel Arregui Toro.** Máster en Gestión del Mantenimiento Industrial. Profesor a tiempo completo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Chimborazo, Ecuador.

Correo electrónico: [daniel\\_arreguimec@hotmail.com](mailto:daniel_arreguimec@hotmail.com)

**RECIBIDO:** 28 de febrero del 2018.

**APROBADO:** 29 de febrero del 2018.