

**IAG61-07-2013**  
**DESARROLLO DE MODELOS DE SERVICIABILIDAD PARA VÍAS**  
**COLOMBIANAS**  
**MODELO MANUTENÇÃO ACOMPANHAR O DESENVOLVIMENTO**  
**COLOMBIANO**

Delia María Curiel Castellar  
Universidad del Norte  
Barranquilla, Colombia  
[cdelia@uninorte.edu.co](mailto:cdelia@uninorte.edu.co)

Luis Guillermo Fuentes Pumarejo  
Universidad del Norte  
Barranquilla, Colombia  
[lfuentes@uninorte.edu.co](mailto:lfuentes@uninorte.edu.co)

Oscar Javier Reyes Ortiz  
Universidad Militar Nueva Granada  
Bogotá, Colombia  
[oscar.reyes@unimilitar.edu.co](mailto:oscar.reyes@unimilitar.edu.co)

Allex E. Alvarez  
Universidad del Magdalena  
Santa Marta, Colombia  
[allexalvarez@yahoo.com](mailto:allexalvarez@yahoo.com)

## **Resumen**

La serviciabilidad de una vía representa la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario. Hoy día se cuenta con modelos matemáticos que permiten evaluar el índice de serviciabilidad a través de la correlación de parámetros físicos cuantificables asociados con el estado de una vía con la percepción de comodidad y confort que experimentan los usuarios de la misma al transitarla. El Instituto Nacional de Vías – INVÍAS- utiliza un modelo conocido como el Criterio Técnico, el cual corresponde a una calificación obtenida como resultado de la ponderación de diecisiete parámetros relacionados con daños presentes en la vía.

El modelo descrito anteriormente se basa en estudios que fueron realizados en entornos que no son necesariamente representativos de la percepción que el usuario común en el país puede tener sobre la comodidad al transitar sobre una carretera, razón por la cual el presente proyecto está orientado a desarrollar un nuevo modelo de serviciabilidad definido por las principales características superficiales de una vía que pueden tener un impacto sobre la transitabilidad y comodidad de los usuarios.

Se desarrolló un modelo de Regresión Lineal Múltiple que correlaciona datos obtenidos de la evaluación de diferentes características físicas de una vía con la caracterización subjetiva

que refleja el estado de transitabilidad y/o confort de la misma dada por los usuarios. Se definieron los parámetros baches, fisuras y ahuellamiento como los de mayor relevancia en la calificación del estado de las vías Colombianas, logrando así un modelo simplificado que permite describir acertada y confiablemente el estado de la Red Vial Nacional, de una manera más rápida y económica, convirtiéndose en una herramienta clave para que las entidades gubernamentales puedan tomar decisiones acertadas de inversión e implementación de proyectos de infraestructura vial que aporten al desarrollo socioeconómico del país.

## **Resumo**

A capacidade utilidade de uma via representa a percepção da qualidade da superfície da rodagem que o usuário experimenta. Hoje em dia contamos com modelos matemáticos que permitem avaliar o índice de capacidade de utilidade, através da correlação de parâmetros físicos mensuráveis associados com o status de uma via com a percepção de comodidade e conforto experimentados pelos usuários da mesma, ao transitá-la. O Instituto Nacional de Estradas INVÍAS-usa um modelo conhecido como o Critério Técnico, o que corresponde a uma qualificação obtida como resultado da ponderação dos dezessete parâmetros relacionados com danos apresentados na via.

O modelo descrito anteriormente é baseado em estudos que foram realizados em ambientes que não são necessariamente representativos da percepção que o usuário comum no país pode ter o conforto ao transitar sobre uma estrada, razão pela qual o presente projeto está orientado a desenvolver um novo modelo de capacidade de utilidade definido pelas principais características superficiais de uma via que podem ter um impacto sobre a transitabilidade e comodidade dos usuários.

Foi desenvolvido um modelo de Regressão Linear Múltipla que correlaciona os dados obtidos da avaliação de diferentes características físicas de uma via com caracterização subjetiva que reflete o estado de transitabilidade e / ou conforto da mesma dada pelos usuários. Os parâmetros foram definidos buracos, rachaduras e imperfeições como o mais importante na avaliação das condições de estradas colombianas, permitindo, assim, um modelo simplificado que permite descrever com precisão e confiabilidade, o estado da Rede Rodoviária Nacional, de uma forma mais rápida e econômica, tornando-se uma ferramenta fundamental para as entidades governamentais possam tomar decisões precisas de investimento e implementação de projetos de infraestruturas rodoviárias que contribuam para o desenvolvimento socioeconômico do país.

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo socioeconómico de una región se encuentra directamente relacionado con la infraestructura vial. Las vías hacen posible acceder a los mercados de productos y el traslado de todo tipo de mercancías, materias primas y productos elaborados; además facilitan el acceso de las personas a todos aquellos servicios que conllevan a una mejor calidad de vida y por ende a un alto desarrollo social. Por todo lo anterior, se hace indispensable para una región contar con una infraestructura vial de alta calidad y en condiciones adecuadas para brindar un servicio de manera eficiente y segura. Esto se

garantiza con la evaluación y supervisión por parte del estado de la integridad funcional y estructural de la condición de sus pavimentos y con la programación adecuada de estrategias y programas de mantenimiento y rehabilitación (FUENTES, CURIEL, & VELOSA, 2012). Para evaluar la condición global o estado de una estructura de pavimento, la comunidad ingenieril utiliza el concepto de serviciabilidad (Muir, 1971). La serviciabilidad de una vía representa la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimentan los usuarios que sirve. Esta es determinada a través de modelos de regresión lineal multivariada, en la cual se correlacionan diferentes características físicas del pavimento, que pueden ser evaluadas objetivamente (Garcia-Diaz & Riggins, 1984), con el promedio de percepciones de usuarios sobre las diferentes vías sujetas a evaluación obtenidas a través de encuestas (Moore, Clark, & Plumb, 1987).

## **MARCO TEÓRICO**

### **Evaluación del Estado de la Red Vial a Cargo del INVÍAS**

Colombia no ha sido ajena al desarrollo e implementación de modelos para la evaluación y calificación de su red vial, que permitan valorar la condición en la que se encuentra y definir las medidas para mejorar su funcionamiento y operación. El INVÍAS, entidad encargada en el país de la gestión vial, con el fin de evaluar en detalle el estado de las carreteras bajo su supervisión, ha desarrollado dos criterios como indicadores de estado: El Criterio Visual y el Criterio Técnico. El INVÍAS para llevar a cabo la evaluación ha sectorizado la red vial de acuerdo a las regiones por los cuales los diferentes tramos atraviesan. Dichas regiones corresponden a departamentos del territorio nacional y se les conoce como Direcciones Territoriales. Para el mantenimiento y sostenimiento de cada Territorial, se reconocen varias zonas de trabajo denominados Grupos, cada uno bajo la responsabilidad de un Administrador Vial, los cuales constituyen profesionales contratados por el INVÍAS con el propósito de apoyar el mantenimiento rutinario de las carreteras nacionales y adelantar las gestiones de planeación, inspección de puentes y recopilación de información para sus bases de datos. Actualmente Colombia cuenta con 72 Administradores Viales que velan por el sostenimiento y mantenimiento de aproximadamente 11357 km de vías nacionales.

#### **Criterio Visual**

El Criterio Visual corresponde a la caracterización subjetiva de una vía dada por un Administrador Vial y refleja el estado de transitabilidad y/o confort de la misma. El INVÍAS ha definido esta evaluación en tres estados: Bueno, Regular o Malo y depende del criterio personal del ingeniero a cargo. Esta valoración se realiza trimestralmente para cada una de las Territoriales.

#### **Criterio Técnico**

El Criterio Técnico corresponde a la ponderación de dieciséis parámetros relacionados con el estado superficial de una vía, drenajes, zonas laterales y señalización de la misma. Esta valoración se realiza semestralmente para cada una de las Territoriales. Los porcentajes o pesos establecidos para los parámetros que se tienen en cuenta en cada uno de los ítems

descritos anteriormente, se muestran a continuación en la Tabla 1; la sumatoria total de todos ellos debe ser igual al 100%. La calificación final del estado de la vía en estudio se asigna de acuerdo a la Tabla 2.

**Tabla 1. Porcentajes o pesos establecidos para las calificaciones de los parámetros evaluados en el Criterio Técnico**

1. PARÁMETRO		2. FACTOR DE PONDERACIÓN		3. ÁREA DAÑADA (%)	4. CALIFICACIÓN PARCIAL
CALZADA	BACHES	20.00%		0	5.00
				0.1 - 5.0	3.80
				5.1 - 10.0	3.00
				10.1 - 15.0	2.50
				mayor a 15.0	1.00
	FISURAS	12.00%		0	5.00
				0.1 - 5.0	3.80
				5.1 - 10.0	3.00
				10.1 - 15.0	2.50
				mayor a 15.0	1.00
	DEFORMACIONES	16.00%		0	5.00
				0.1 - 5.0	3.80
				5.1 - 10.0	3.00
				10.1 - 20.0	2.50
				mayor a 20.0	1.00
DESPRENDIMIENTOS	8.00%		0	5.00	
			0.1 - 5.0	3.80	
			5.1 - 10.0	3.00	
			10.1 - 20.0	1.50	
			mayor a 20.0	0.00	
AHUELLAMIENTO	8.00%		Ahuellamiento promedio (mm)		
			0	5.00	
			0.1 - 5.0	4.50	
			5.1 - 20.0	3.50	
			20.1 - 40.0	2.00	
			mayor a 40.0	0.00	
OTROS DAÑOS (Cabezas duras, pulimento, exudación, afloramiento)	8.00%		0	5.00	
			0.1 - 5.0	3.75	
			5.1 - 10.0	3.50	
			10.1 - 25.0	2.50	
			mayor a 25.0	0.00	
BERMAS	DAÑOS TOTALES	8.00%		0	5.00
				0.1 - 5.0	3.80
				5.1 - 10.0	1.30
				10.1 - 15.0	0.60
				mayor a 15.0	0.00
DRENAJES	CUNETAS	Funcionalidad	2.25%	NOTA: Si no existen bermas o no estan pavimentadas, la calificación será la mínima (0)	
		Suficiencia	1.50%		
	ALCANTARILLAS	Funcionalidad	2.63%		
		Suficiencia	1.13%		
LATERALES	TALUDES INESTABLES	5.00%			
	SEÑALIZACIÓN	VERTICAL	Estado		
Suficiencia			1.50%		
HORIZONTAL		Estado	2.25%		

		<b>Suficiencia</b>	<b>2.25%</b>
--	--	--------------------	--------------

**Tabla 2. Calificación total de la Sección. Fuente: INVÍAS**

<b>CALIFICACIÓN CUANTITATIVA</b>	<b>CALIFICACIÓN CUALITATIVA</b>
<=2	Muy malo
Entre 2 y 3.5	Malo
Entre 3.5 y 4	Regular
Entre 4 y 4.5	Bueno
Entre 4.5 y 5	Muy bueno

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

Las correlaciones hoy en uso para evaluar el índice de serviciabilidad y los índices de las diferentes características de la capa de rodadura en Colombia están basadas en estudios que fueron realizados en entornos que no son necesariamente representativos de la percepción que el usuario común en el país puede tener sobre la comodidad al transitar sobre una vía.

El Criterio Técnico involucra en su evaluación dieciséis parámetros o características de la vía relacionados con el estado superficial de la vía, drenajes, zonas laterales y señalización. Varios de estos parámetros, como taludes inestables, señalización y drenaje no son significativos en la determinación del estado de un pavimento y lo que implican sus mediciones es una mayor inversión de tiempo, dinero y personal. Por esta razón y teniendo en cuenta que los distintos factores de ponderación para cada uno de los parámetros que se evalúan no tienen una fundamentación matemática coherente, se busca reajustar el modelo que actualmente implementa el INVÍAS a un modelo que contribuya de manera más eficiente a la determinación del estado de la red vial a su cargo y a tomar decisiones acertadas a la hora de llevar a cabo importantes proyectos en materia de transporte e infraestructura a través del diseño, la construcción y la conservación de vías.

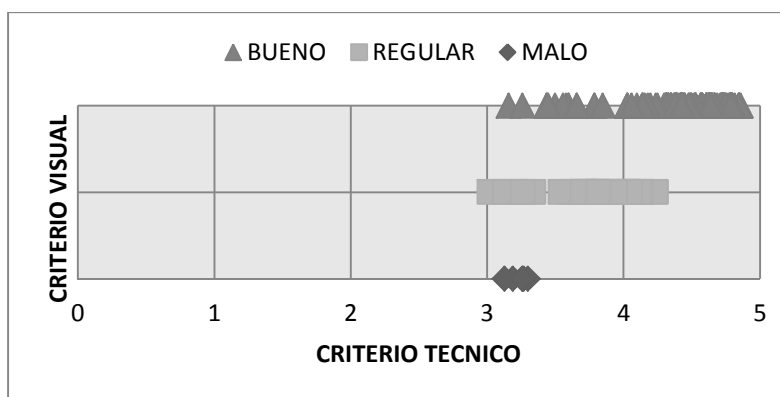
El presente artículo pretende evaluar los dos criterios utilizados actualmente como indicadores de estado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), a partir de una comparación de los resultados obtenidos para un criterio y otro en el año 2008 en la territorial Cesar. Básicamente se busca conocer si el Criterio Visual y el Criterio Técnico se encuentran correlacionados, para luego por medio de la aplicación de Regresión Lineal Múltiple desarrollar un nuevo modelo matemático que permita predecir la capacidad de servicio o serviciabilidad de los pavimentos a través de parámetros físicos considerados en el cálculo del Criterio Técnico que resulten estadísticamente significativos.

## **METODOLOGÍA**

### **Correlación del Criterio Visual y del Criterio Técnico**

Al obtener la calificación del estado de una vía a partir del Criterio Técnico, esta será un número comprendido entre cero y cinco; por el contrario si es obtenida a partir del Criterio Visual, será alguna de las tres categorías: Bueno, Regular o Malo. Como ya se mencionó, una misma carretera bajo supervisión del INVÍAS es evaluada por ambos criterios y por tanto es de esperar que al confrontar las calificaciones obtenidas con un criterio y otro, los resultados guarden coherencia. Se realizó una dispersión de las calificaciones obtenidas por

ambos criterios para cada uno de los tramos de la territorial para evaluar su comportamiento, puesto que se conoce que un diagrama de dispersión ofrece una idea bastante aproximada sobre el tipo de relación existente entre dos variables; la territorial escogida fue Cesar, uno de los 32 departamentos de Colombia situado en la zona noreste del país. Según la gráfica de dispersión obtenida, los pavimentos que fueron calificados como buenos según el Criterio Visual tuvieron una calificación comprendida entre 3.1 y 4.9 cuando fueron evaluados bajo el Criterio Técnico, rango que resulta muy disperso y que representa una alta variabilidad en los criterios utilizados en la evaluación visual. Por otro lado, pavimentos calificados como “regular”, al darles la calificación técnica presentan valores comprendidos entre 3 y 4.3, es decir dentro de los mismos valores dados a la categoría “bueno”. Las calificaciones técnicas de vías categorizadas como malas, se encuentran entre los valores 3.1 y 3.3, valores mucho menores que los tomados para las categorías “bueno” y “regular” (Ver Figura 1). Lo anterior puede sugerir que las dos metodologías no están alineadas, o que los parámetros utilizados en el Criterio Técnico no necesariamente le apuntan a evaluar la transitabilidad de la superficie, lo cual nos ayuda a sustentar la generación de un nuevo modelo para a evaluación del estado de las vías de la territorial Cesar.



**Figura 1. Criterio Visual Vs Criterio Técnico para las vías de la Territorial Cesar**

## **Análisis Estadístico**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la correlación de los criterios implementados por el INVIAS, y tratando de determinar si la variable “Criterio Visual” (variable categórica) y la variable “Criterio Técnico” (variable continua o respuesta) son independientes o no, o si existe relación entre ellas, se desarrolló un análisis de varianza también conocida como Prueba ANOVA. .

Al aplicar ANOVA se puede conocer el modo en que el valor medio de la Variable Criterio Técnico es afectada por los diferentes niveles de clasificaciones de lo variable Criterio Visual; para ello se contrasta la hipótesis de si diferentes muestras de valores de la variable Criterio Técnico (variable dependiente), asociadas a cada uno de los niveles de la variable Criterio Visual (variable independiente), presentan una media poblacional constante (hipótesis nula) o si por el contrario presentan medias diferentes (hipótesis alternativa) para cada uno de los niveles.

El factor o variable categórica, en este caso tiene tres valores posibles o niveles (bueno, regular y malo), entonces la hipótesis que se contrasta es:

$$H_0: \mu_{\text{bueno}} = \mu_{\text{regular}} = \mu_{\text{malo}} \quad (1)$$

$$H_1: \text{alguna } \mu_i \text{ es diferente} \quad (2)$$

Donde  $\mu_i$  representa la media correspondiente a cada nivel del factor (bueno, regular y malo).

Para llevar a cabo esta prueba de hipótesis de igualdad de medias se obtuvo un estadístico F que refleja el grado de similitud existente entre las medias que se están comparando. Asociado a cada valor del estadístico F, se encuentra un P-valor que representa la probabilidad de rechazar o no la hipótesis nula. Para un nivel de confianza del 95%, el P-valor debe ser menor a 0,05 para tener fundamentos estadísticos para rechazarla.

**Tabla 3. Tabla ANOVA para la territorial Cesar**

	GL	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F	P-Valor
<b>VISUAL</b>	2	20.73	10.365	101.4	<2e-16
<b>Residuos</b>	257	26.26	0.102		

Se demostró por medio de la prueba de varianzas ANOVA, que para la territorial Cesar existe una clara relación entre el Criterio Técnico y el Criterio Visual, ya que el P-valor obtenido es muy inferior al nivel de significancia estipulado del 5%. La Tabla 3 presenta los resultados del ANOVA para la territorial Cesar.

Los resultados obtenidos de este análisis soportan y argumentan el desarrollo de modelos predictivos de la variable Criterio Técnico a partir de la variable Criterio Visual.

## **Desarrollo de Modelos de Serviciabilidad**

Tomando como base los resultados presentados en la sección anterior, que demuestran estadísticamente que existe relación directa entre los dos criterios de evaluación del INVÍAS, se procedió a estimar un modelo lineal para la territorial Cesar que explicara el comportamiento del Criterio Visual (variable dependiente) en función de los diferentes parámetros que evalúa el Criterio Técnico (variables independientes). Para ello se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple, el cual permitió determinar los coeficientes de la ecuación lineal o influencia que tiene cada uno de los parámetros en la percepción de la transitabilidad y confort que ofrecen las vías de esa territorial. Para poder introducir la variable Criterio Visual en los modelos, se le dio un tratamiento de variable categórica, asignándole el valor de uno (1) a malo, dos (2) a regular y tres (3) a bueno.

## **Resultados y Análisis**

Inicialmente se realizó un modelo incluyendo como variables predictoras los dieciséis parámetros a los que el Criterio Técnico hace referencia. A continuación se puede observar el output arrojado por el software Minitab.

**Tabla 4. Resultados modelo todas las variables.**

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P-value
BACHES	0.2643	0.02732	9.67	0.000
FISURAS	-0.02713	0.03069	-0.88	0.378
DEFORMACIONES	0.23359	0.0566	4.13	0.000
DESPRENDIMIENTOS	-0.02506	0.02409	-1.04	0.299
AHUELLAMIENTO	0.31258	0.0958	3.26	0.001
OTROS DAÑOS	-0.10964	0.07445	-1.47	0.142
BERMAS	0.01171	0.01058	1.11	0.269
FUNCIONALIDAD CUNETAS	0.02476	0.02533	0.98	0.329
SUFICIENCIA CUNETAS	-0.03092	0.02201	-1.41	0.161
FUNCIONALIDAD ALCANTARILLADO	0.07592	0.02537	2.99	0.003
SUFICIENCIA ALCANTARILLADO	-0.0529	0.02163	-2.45	0.015
TALUDES	-0.11661	0.04274	-2.73	0.007
ESTADO SEÑALIZACION VERTICAL	0.07439	0.02473	3.01	0.003
SUFICIENCIA SEÑALIZACION VERTICAL	-0.08044	0.02559	-3.14	0.002
ESTADO SEÑALIZACION HORIZONTAL	-0.01425	0.05742	-0.25	0.804
SUFICIENCIA SEÑALIZACION HORIZONTAL	0.06919	0.05336	1.30	0.196

De acuerdo al análisis estadístico definido en la Tabla 4, se puede notar que las variables baches, deformaciones, ahuellamiento, funcionalidad alcantarillado, suficiencia alcantarillado, taludes, estado señalización vertical, suficiencia señalización vertical y suficiencia señalización horizontal, son las variables significativas del modelo ya que sus P-values son inferiores a 0,05.

Teniendo en cuenta que en el modelo anterior muchas de las variables no son significativas, que algunas tienen signos inconsistentes (negativo), y que una buena propiedad de un modelo de regresión lineal es que permita explicar el comportamiento de la variable de respuesta lo mejor posible, haciendo uso del menor número de variables predictoras posibles (principio de parsimonia), se procedió a realizar modelos solo con aquellos parámetros o variables que hacen referencia a daños superficiales de una vía y que se podría decir que influyen directamente en su transitabilidad; estas fueron: baches, fisuras, deformaciones, desprendimientos y ahuellamiento. En el paso uno de la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos; se puede apreciar que varias de las variables a pesar de corresponder a daños que influyen directamente en el estado del pavimento no son significativas para predecir la transitabilidad de la vía y que por lo tanto no son buenas predictoras de la variable Criterio Visual. Como ya se dijo, lo que se quiere es tener el menor número de variables dependientes y para lograr este objetivo, se procedió a usar un método “Stepwise” conocido como eliminación hacia atrás o “Backward Elimination”. Este método busca eliminar en cada paso aquella variable cuyo “P-value” sea el mayor de todos hasta conseguir que solo queden aquellas que sean significativas. El primer paso es el que se realizó anteriormente, y como se puede ver en la **Error! Reference source not found.** la variable desprendimiento es aquella que tiene el mayor valor de “P-value”, y por lo tanto se elimina para los pasos posteriores los cuales se presentan en la Tabla 5.

Se continuaron realizando los pasos hasta llegar al cuarto y último en donde se consiguió que solo quedaran las variables baches y deformaciones. Estas dos últimas son



significativas o tienen un “P-value” menor a 0.05, y por lo tanto definirán el modelo de serviciabilidad más apropiado para la territorial Cesar; dicho modelo entonces estará dado por la siguiente ecuación de regresión:

**Tabla 5. Pasos de la eliminación hacia atrás**

Variable	Paso 1		Paso 2		Paso 3		Paso 4	
	Coefic.	P-Value	Coefic.	P-Value	Coefic.	P-Value	Coefic.	P-Value
BACHES	0.2623	0	0.2639	0	0.2659	0	0.2697	0
FISURAS	0.0132	0.6908	0.0122	0.7089	-	-	-	-
DEFORMACIONES	0.2892	0	0.2903	0	0.3007	0	0.3283	0
DESPRENDIMIENTOS	0.0046	0.8576	-	-	-	-	-	-
AHUELLAMIENTO	0.0282	0.5657	0.0311	0.5015	0.0306	0.5078	-	-
Error Estándar	0.2926		0.2921		0.2916		0.2913	
P-value	0		0		0		0	

$$\text{Criterio Visual} = 0.2697\text{Baches} + 0.3283\text{Deformaciones} \quad (3)$$

En este modelo baches tiene un coeficiente menor que el de deformaciones, pudiéndose afirmar que esta última tiene una afección mayor a la calificación final ponderada de la vía que este siendo evaluada con el mismo. Si se analiza el error estándar de cada uno de los modelos, se puede observar que el modelo del paso cuatro (4) es aquel que tiene la menor desviación estándar, por lo tanto es el estimador más eficiente del Criterio Visual, reconfirmándose la elección realizada teniendo en cuenta los “P-values”.

Debido a que se está modelando una variable categórica, como es el caso del Criterio Visual, por medio de regresión lineal, no basta únicamente con el valor que se obtiene de la ecuación del modelo, sino que también se requiere enmarcar este valor dentro de rangos de cada una de las categorías (Malo, Regular, Bueno). Para definir dichos rangos se estableció como umbral el valor del percentil 60 de los valores del Criterio Técnico asociados a cada categoría; para el caso de la territorial Cesar quedaron definidos como se indica en la Tabla 6.

**Tabla 6. Rangos de las categorías del Criterio Visual para la territorial Cesar en el modelo de dos variables**

CATEGORÍA	RANGO
Malo	<1.911
Regular	1.911-2.596
Bueno	>2.596

## CONCLUSIONES

De la presente investigación, se puede concluir que a pesar de haber gran variabilidad entre los resultados obtenidos por los criterios de evaluación del INVIAS al momento de realizar la dispersión de los datos, existe una clara correlación entre los resultados obtenidos del Criterio Técnico y el Criterio Visual en el año 2008 en la territorial Cesar, y que por tanto es posible desarrollar modelos predictivos de la variable Criterio Visual transformada en variable categórica a partir de la variable Criterio Técnico. Al aplicar regresión lineal múltiple y realizar un análisis estadístico, se llegó a que las variables que mejor predicen la transitabilidad de una vía son aquellas relacionadas con los daños de la superficie de un

pavimento; luego con ayuda del método “Stepwise” conocido como eliminación hacia atrás o “Backward Elimination” se definió a baches y deformaciones como los parámetros relacionados con daños de la superficie que juntos mejor describen el estado de las vías de la Territorial Cesar. La variable deformaciones es la que más incidencia tienen en la calificación final obtenida ya que su coeficiente de la ecuación de regresión es mayor.

La variabilidad que se presenta entre los dos criterios de evaluación estudiados en esta investigación se atribuye en gran medida a que el Criterio Visual está basado en la transitabilidad y el Criterio Técnico incluye parámetros que no necesariamente le apuntan al estado funcional de las vías, de aquí la importancia del nuevo modelo desarrollado el cual predice la transitabilidad de las vías basándose en la condición de baches y deformaciones de la superficie en estudio. Con este nuevo modelo lineal de serviciabilidad definido por las variables baches y deformaciones, será posible tener una predicción más exacta del estado de las carreteras de la territorial Cesar, al mismo tiempo que se ahorra tiempo y dinero ya que las mediciones realizadas en campo serán referidas solo a dos tipos de daños y no a dieciséis como se hacía anteriormente. A su vez el Instituto Nacional de Vías tendrá bases confiables para tomar decisiones a la hora de llevar a cabo proyectos en materia de construcción, mantenimiento, rehabilitación y la conservación de vías, teniendo como prioridad que las deformaciones y los baches son los daños superficiales que mayor y mejor intervención deberán tener.

Finalmente se puede decir que el hecho de que para una misma categoría del Criterio Visual se pueda observar un rango amplio de valores para el Criterio Técnico, hace notar la necesidad de unificar el criterio de evaluación de los Administradores Viales por medio de capacitaciones que les den una visión más objetiva y uniforme al momento de evaluar el estado de las vías del país.

## REFERENCIAS

- De Solminihaç T., H., Salsilli, R., Köhler, E., & Bengoa, E. (2003). ANALYSIS OF PAVEMENT SERVICEABILITY FOR THE AASHTO DESIGN METHOD: THE CHILEAN CASE. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 18.
- FUENTES, L. G., CURIEL, D., & VELOSA, C. (Mayo de 2012). La Administración Vial y su evolución e implementación en Colombia. Barranquilla.
- Garcia-Diaz, A., & Riggins, M. (1984). Serviceability and Distress Methodology for Predicting Pavement Performance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(997), 56-61.
- Holsen, M., & Hudson, W. R. (1976). Variability of Initial Serviceability as a Pavement Design Parameter. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(572), 51-70.
- Huang, Y. (2003). *Pavement Analysis and Design*. New Jersey: Prentice Hall.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. (2002). Guía metodológica de rehabilitación.
- Moore, R. K., Clark, G. N., & Plumb, G. N. (1987). Present Serviceability-Roughness Correlations Using Rating Panel Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1117), 152-158.

- Muir, D. C. (1971). Evaluation of Pavement Serviceability on Utah Highways. *Highway Research Board Special Report*(116), 131-133.