



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura
del transporte

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UM-012-13

ANÁLISIS COMPARATIVO DE NORMATIVA DE PESOS CENTROAMERICANA CONTRA LA DE COSTA RICA

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de Gestión Municipal



San José, Costa Rica
Setiembre, 2013



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

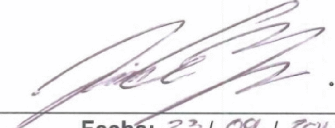
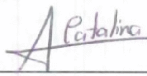


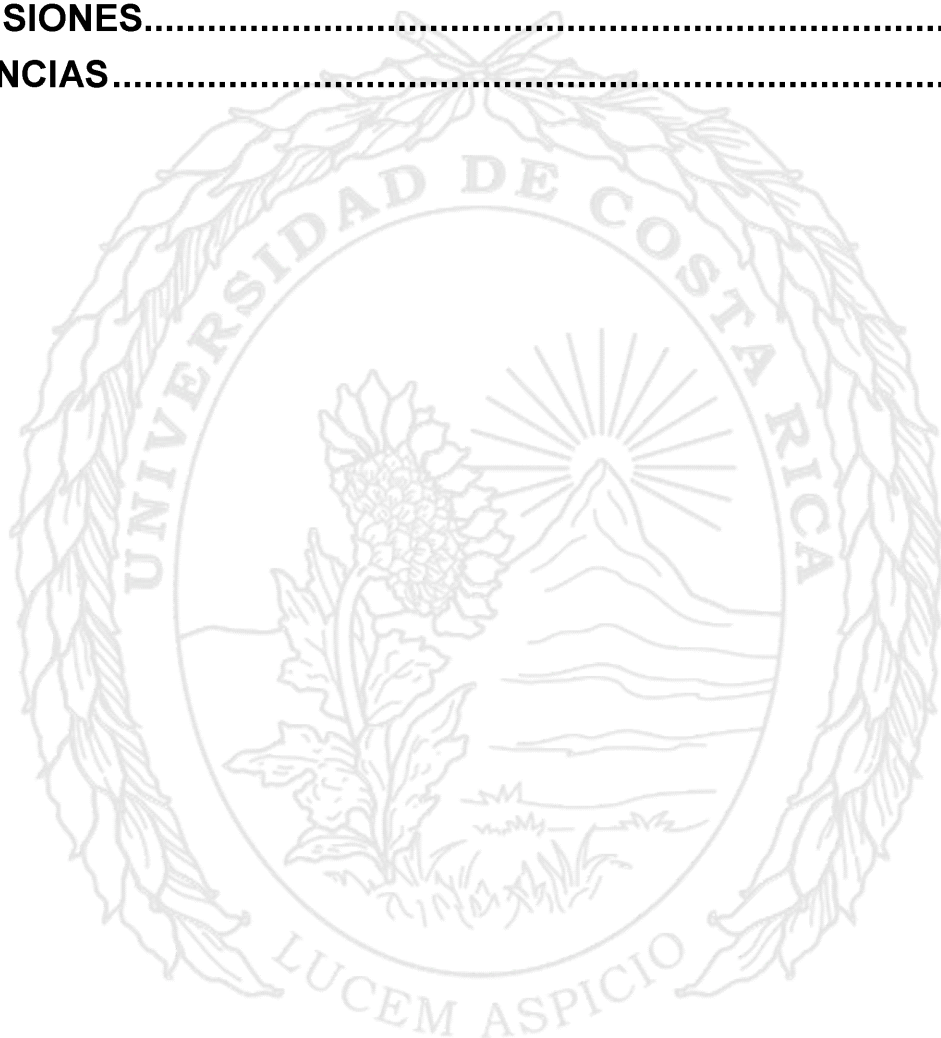
1. Informe LM-PI-UM-012-13		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: ANÁLISIS COMPARATIVO DE NORMATIVA DE PESOS CENTROAMERICANA CONTRA LA DE COSTA RICA		4. Fecha del Informe Setiembre, 2013
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>En respuesta a la solicitud presentada en el oficio DPS-2013-529 por parte de las instituciones del MOPT y CONAVI, para la realización de una revisión técnica de los pesos máximos admitidos para la circulación de vehículos por la red vial de Costa Rica, y para la evaluación del impacto de éstos en relación con los PMA del Acuerdo Centroamericano sobre circulación por carretera (SIECA, 2000) y la propuesta de armonización 2013, se desarrolla el análisis comparativo que se presenta en este informe.</i> <i>Los resultados presentados se basan en supuestos característicos de la red vial nacional, y en el documento Determinación de la carga de diseño para pavimentos flexibles en Costa Rica (Allen & Badilla, 2011) del cual según diferentes estaciones de pesaje en todo el territorio nacional, las clases de vehículos C2, C3, T3-S2 y T3-S3 representan entre un 97.2 y 99.7% de todos los vehículos de carga.</i> <i>Finalmente, se concluye que los pesos máximos admitidos en la Región Centroamericana tienen un menor impacto sobre el pavimento que los máximos admitidos en Costa Rica, pues el promedio de las seis estaciones de pesaje analizadas es de 20% mayor daño al pavimento con la reglamentación actual de Costa Rica. Se recomienda revisar en la normativa actual los valores máximos permitidos para el eje dirección simple, el eje tandem y el eje tridem.</i>		
10. Palabras clave Pesos máximos admisibles, ejes equivalentes, factor camión	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 15
13. Preparado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 23 / 09 / 2013	Srta. Ana Catalina Vargas Sobrado Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 23 / 09 / 2013	
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: / /		15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: / /

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	4
ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESOS MÁXIMOS ADMITIDOS	5
CONCLUSIONES.....	14
REFERENCIAS.....	15



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPARACIÓN DE CESAL ENTRE COSTA RICA Y LA REGIÓN CENTROAMERICANA.....	13
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PESOS MÁXIMOS ADMISIBLES.....	6
TABLA 2. FACTORES CAMIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO C2.....	7
TABLA 3. FACTORES CAMIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO C3.....	7
TABLA 4. FACTORES CAMIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO T3-S2.....	8
TABLA 5. FACTORES CAMIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO T3-S3.....	8
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO EN LAS ESTACIONES DE PESAJE.....	9
TABLA 7. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN SAN JOSÉ-LIMÓN.....	10
TABLA 8. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN LIMÓN-SAN JOSÉ.....	10
TABLA 9. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN CAÑAS-SAN JOSÉ.....	11
TABLA 10. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN SAN JOSÉ-CARTAGO.....	11
TABLA 11. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN CARTAGO-SAN JOSÉ.....	12
TABLA 12. EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO EN LA ESTACIÓN CANOAS-SAN JOSÉ.....	12
TABLA 13. RESUMEN DE RESULTADOS.....	13

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESOS MÁXIMOS ADMITIDOS

Un adecuado control de las cargas que debe soportar el pavimento es esencial para disminuir su acelerado deterioro, pues mayores niveles de carga conducen a una mayor probabilidad de daño en carreteras y puentes, con la consecuente disminución de la capacidad de carga estructural y por ende reducción de la vida útil (Hernández y Fabela, 2004).

Desde el año 1958, se firmó un Acuerdo Centroamericano de Circulación por Carreteras que consideraba parámetros de pesos máximos admisibles (PMA) y dimensiones de vehículos de carga (unitarios y articulados); en el año 2000, se actualizaron estos datos y Costa Rica decidió establecer sus propios pesos para mayores combinaciones de vehículos (las dimensiones sí coincidían con el Acuerdo) mediante el Decreto 31363-MOPT.

Es por esto, que actualmente existen diferencias entre las regulaciones de pesos máximos admitidos en Costa Rica para la circulación de vehículos de carga por carreteras y puentes nacionales, respecto a los límites del Acuerdo Centroamericano sobre circulación por carretera (SIECA, 2000).

Sin embargo, el pasado mes de agosto se inició un proceso de actualización de este Acuerdo, y con miras a la firma por parte del Consejo de Ministros de Transportes Centroamericanos (COMITRAN), surge un interés por parte de las Autoridades del MOPT para que se realice un nuevo ejercicio de revisión y proceso de aprobación del mismo, adaptado a la realidad nacional.

Por lo tanto, en respuesta a la solicitud presentada mediante el oficio DPS-2013-529 por parte de las instituciones del MOPT y CONAVI, a continuación, se realiza una evaluación técnica de los pesos máximos admitidos en Costa Rica para la circulación de vehículos de carga por carreteras y puentes nacionales, establecidos en el Decreto 31363-MOPT, así como la evaluación del impacto de éstos respecto a los límites PMA del Acuerdo Centroamericano del 2000 y propuesta de armonización 2013.

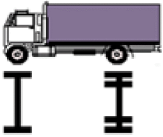
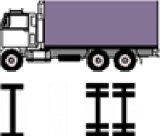
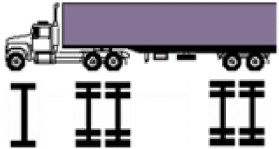
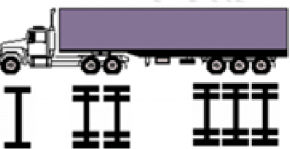
Lo anterior, ya que se requiere un criterio técnico para determinar si los PMA del Decreto 31363 en comparación con lo propuesto en el Acuerdo Centroamericano, comprometen o no la integridad, desempeño y vida útil de las estructuras de pavimento de nuestras

carreteras en las principales vías de tránsito nacional e internacional, como son las rutas: 1, 2, 4, 10, 18, 21, 23, 27, 32, 34, 35, 36 y 141.

Esta evaluación se basa en la metodología AASHTO 93, y en su análisis incluye únicamente las siguientes clases de vehículos pesados: C2, C3, T3-S2 y T3-S3; pues de acuerdo con el documento Determinación de la carga de diseño para pavimentos flexibles en Costa Rica (Allen & Badilla, 2011), éstos son los vehículos de carga representativos para el diseño de pavimentos en nuestro país, ya que únicamente estas clasificaciones representan entre un 97.2 y 99.7% de todos los vehículos de carga.

En la Tabla 1, se muestra los pesos máximos admitidos para cada tipo de eje por clase de vehículo que se analiza a lo largo del documento, tanto a nivel regional como nacional.

Tabla 1. Pesos máximos admisibles.

TIPO	ESQUEMA	DISPOSITIVO	PESOS REGIONALES (ton)	PESOS COSTA RICA (ton)
C2		Eje Direccional Eje Sencillo Dual Total	5 10 15	6 10 16
C3		Eje Direccional Eje Tándem Total	5 16.5 21.5	6 16.5 22.5
T3-S2		Eje Direccional Eje Tándem Eje Tándem Total	5 16 16 37	6 16.5 16.5 39
T3-S3		Eje Direccional Eje Tándem Eje Trídem Total	5 16 20 41	6 16.5 23 45.5

Fuente: LanammeUCR, basado en tablas de pesos de Costa Rica, Decreto No. 31363 y del Acuerdo Centroamericano sobre circulación por carreteras, SIECA, 2000.

Inicialmente, asumiendo que **todos los ejes se encuentran a capacidad máxima de la reglamentación**, se procede a determinar los factores de equivalencia de carga (Load Equivalency Factors, LEF) establecidos en la metodología AASHTO 93 para cada tipo de eje. Para determinar estos factores se seleccionó un número estructural (SN) de 5, y un nivel de serviciabilidad final (p_t) de 2.5. En las Tablas 2, 3, 4 y 5 se presenta los factores camión calculados para cada tipo de vehículo.

Tabla 2. Factores camión para un vehículo tipo C2.

C2							
Carga (ton)	Carga (kips)	Configuración		LEF		ESAL	
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Simple (1 llanta)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	
Regional							
5	11,0231	1	0	0,139667	0,279334	0	
10	22,0462	0	1	2,199646	0	2,199646	
					Σ	0,279334	2,199646
					FC	2,479	
CR							
6	13,2277	1	0	0,293971	0,587942	0	
10	22,0462	0	1	2,199646	0	2,199646	
					Σ	0,587942	2,199646
					FC	2,788	

Tabla 3. Factores camión para un vehículo tipo C3.

C3							
Carga (ton)	Carga (kips)	Configuración		LEF		ESAL	
		Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem
Regional							
5	11,0231	1	0	0,139667	0	0,279334	0
16,5	36,3763	0	1	0	1,440204	0	1,440204
					Σ	0,279334	1,440204
					FC	1,720	
CR							
6	13,2277	1	0	0,293971	0	0,587942	0
16,5	36,3763	0	1	0	1,440204	0	1,440204
					Σ	0,587942	1,440204
					FC	2,028	

Tabla 4. Factores camión para un vehículo tipo T3-S2.

T3-S2							
Carga (ton)	Carga (kips)	Configuración		LEF		ESAL	
		Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem
Regional							
5	11,0231	1	0	0,139667	0	0,279334	0
16	35,2740	0	1	0	1,274724	0	1,274724
16	35,2740	0	1	0	1,274724	0	1,274724
Σ						0,279334	2,549449
FC						2,829	
CR							
6	13,2277	1	0	0,293971	0	0,587942	0
16,5	36,3763	0	1	0	1,440204	0	1,440204
16,5	36,3763	0	1	0	1,440204	0	1,440204
Σ						0,587942	2,880408
FC						3,468	

Tabla 5. Factores camión para un vehículo tipo T3-S3.

T3-S3										
Carga (ton)	Carga (kips)	Configuración			LEF			ESAL		
		Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem	Eje Simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
Regional										
5	11,023	1	0	0	0,13966	0	0	0,27933	0	0
16	35,274	0	1	0	0	1,27472	0	0	1,27472	0
20	44,092	0	0	1	0	0	0,729703	0	0	0,729
Σ								0,27933	1,27472	0,729
FC								2.284		
CR										
6	13,227	1	0	0	0,29397	0	0	0,58794	0	0
16,5	36,376	0	1	0	0	1,44024	0	0	1,440204	0
23	50,706	0	0	1	0	0	1,294164	0	0	1,2941
Σ								0,58794	1,440204	1,2941
FC								3,322		

De las Tablas 2, 3, 4, y 5 puede observarse que para las cuatro clasificaciones de vehículos, el factor camión es mayor en Costa Rica que para los pesos de la región centroamericana; sin embargo, para comparar su verdadero efecto es necesario calcular los ejes equivalentes de diseño (CESAL).

Para realizar esta comparación directa mediante el CESAL, es necesario suponer algunos datos como el tránsito promedio diario, en este caso se tiene un TPD de 100 vehículos tanto para nuestro país como para la región centroamericana, y son asignados de acuerdo con la distribución porcentual mostrada en la Tabla 6, la cual es obtenida de la encuesta de carga realizada en seis estaciones a lo amplio del territorio nacional (Allen & Badilla, 2011).

Tabla 6. Distribución porcentual por tipo de vehículo en las estaciones de pesaje.

Tipo de Vehículo	Parámetro	Estación San José – Limón	Estación Limón – San José	Estación Cañas – San José	Estación San José – Cartago	Estación Cartago – San José	Estación Paso Canoas – San José
C2	Promedio	13,68	13,31	26,28	65,74	60,57	40,92
	Desv. Std	1,19	1,41	2,94	3,09	2,48	3,55
C3	Promedio	2,59	2,89	7,16	8,78	9,73	6,58
	Desv. Std	0,46	1,17	1,44	1,57	0,91	1,14
T3-S2	Promedio	70,76	75,20	59,99	20,30	22,78	45,95
	Desv. Std	3,92	2,17	4,07	2,14	2,74	3,27
T3-S3	Promedio	10,21	8,30	6,04	4,05	4,45	6,09
	Desv. Std	3,13	1,91	0,50	0,29	0,55	1,65
Total		97,2	99,7	99,5	98,9	97,5	99,5

Otros parámetros que suponen para la determinar los ejes equivalentes de diseño son:

- Número total de carriles: 2
- Factor de distribución por carril (Lane Distribution Factor, LDF): 1
- Porcentaje de vehículos por dirección (Directional Split, DS): 50%

En las Tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se muestra el ESAL diario para cada clase de vehículo de acuerdo con los el TPDA y factores camión calculados anteriormente. Así como también, se presenta el porcentaje en el cual el CESAL calculado con los pesos máximos admisibles en Costa Rica supera aquellos calculados con los valores máximos del Acuerdo Centroamericano.

Tabla 7. Ejes equivalentes de diseño en la estación San José-Limón.

San José-Limón						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	13,68	13,68	2,788	38,134	2,479	33,912
C3	2,59	2,59	2,028	5,253	1,720	4,454
T3-S2	70,76	70,76	3,468	245,420	2,829	200,165
T3-S3	10,21	10,21	3,322	33,921	2,283	23,308
			Σ	323	Σ	262

CESAL	COSTA RICA	REGIONAL	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	58 898	47 786	11 112	23,25%

Tabla 8. Ejes equivalentes de diseño en la estación Limón-San José.

Limón-San José						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	13,31	13,31	2,788	37,103	2,479	32,995
C3	2,89	2,89	2,028	5,861	1,720	4,969
T3-S2	75,2	75,2	3,468	260,820	2,829	212,724
T3-S3	8,3	8,3	3,322	27,575	2,283	18,948
			Σ	331	Σ	270

CESAL	COSTA RICA	REGIONAL	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	60 473	49 209	11 264	22,89%

Tabla 9. Ejes equivalentes de diseño en la estación Cañas-San José.

Cañas-San José						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	26,28	26,28	2,788	73,258	2,479	65,148
C3	7,16	7,16	2,028	14,522	1,720	12,312
T3-S2	59,99	59,99	3,468	208,066	2,829	169,699
T3-S3	6,04	6,04	3,322	20,067	2,283	13,789
			Σ	316	Σ	261

CESAL	COSTA RICA	REGIONAL	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	57 654	47 624	10 031	21,06%

Tabla 10. Ejes equivalentes de diseño en la estación San José-Cartago.

San José-Cartago						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	65,74	65,74	2,788	183,256	2,479	162,968
C3	8,78	8,78	2,028	17,807	1,720	15,098
T3-S2	20,3	20,3	3,468	70,408	2,829	57,424
T3-S3	4,05	4,05	3,322	13,455	2,283	9,246
			Σ	285	Σ	245

CESAL	COSTA RICA	REGIONAL	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	51 999	44 664	7 335	16,42%

Tabla 11. Ejes equivalentes de diseño en la estación Cartago-San José.

Cartago-San José						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	60,57	60,57	2,788	168,844	2,479	150,152
C3	9.73	9.73	2,028	19,734	1,720	16,731
T3-S2	22.78	22.78	3,468	79,009	2,829	64,440
T3-S3	4.45	4.45	3,322	14,784	2,283	10,159
			Σ	282	Σ	241

CESAL	COSTA RICA	REGION	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	51 533	44 070	7 462	16,93%

Tabla 12. Ejes equivalentes de diseño en la estación Canoas-San José.

Paso Canoas-San José						
Vehículo	Porcentaje de TPDA	TPDA	FC (CR)	ESAL/día (CR)	FC (REGIONAL)	ESAL/día (REGIONAL)
C2	40,92	40,92	2,788	114,068	2,479	101,440
C3	6,58	6,58	2,028	13,345	1,720	11,315
T3-S2	45,95	45,95	3,468	159,371	2,829	129,983
T3-S3	6,09	6,09	3,322	20,233	2,283	13,903
			Σ	307	Σ	257

CESAL	COSTA RICA	REGION	DIFERENCIA	% QUE ES MAYOR CR A LA REGION CENTROAMERICANA
	56 031	46 837	9 194	19,63%

En la Tabla 13, se resumen los ejes equivalentes para cada estación de pesaje usando los pesos admitidos en Costa Rica y en la Región Centroamericana, en la Figura 1 se muestran gráficamente.

Tabla 13. Resumen de resultados.

Estación	Costa Rica	Región CA	% Mayor CR/REG
San José-Limón	58 898	47 786	23,25%
Limón-San José	60 473	49 210	22,89%
Cañas-San José	57 654	47 624	21,06%
San José-Cartago	51 999	44 665	16,42%
Cartago-San José	51 533	44 071	16,93%
Paso Canoas-San José	56 031	46 838	19,63%
Promedio	56 098	46 699	20,03%
Desv. Est	3 662	1 970	2,91%

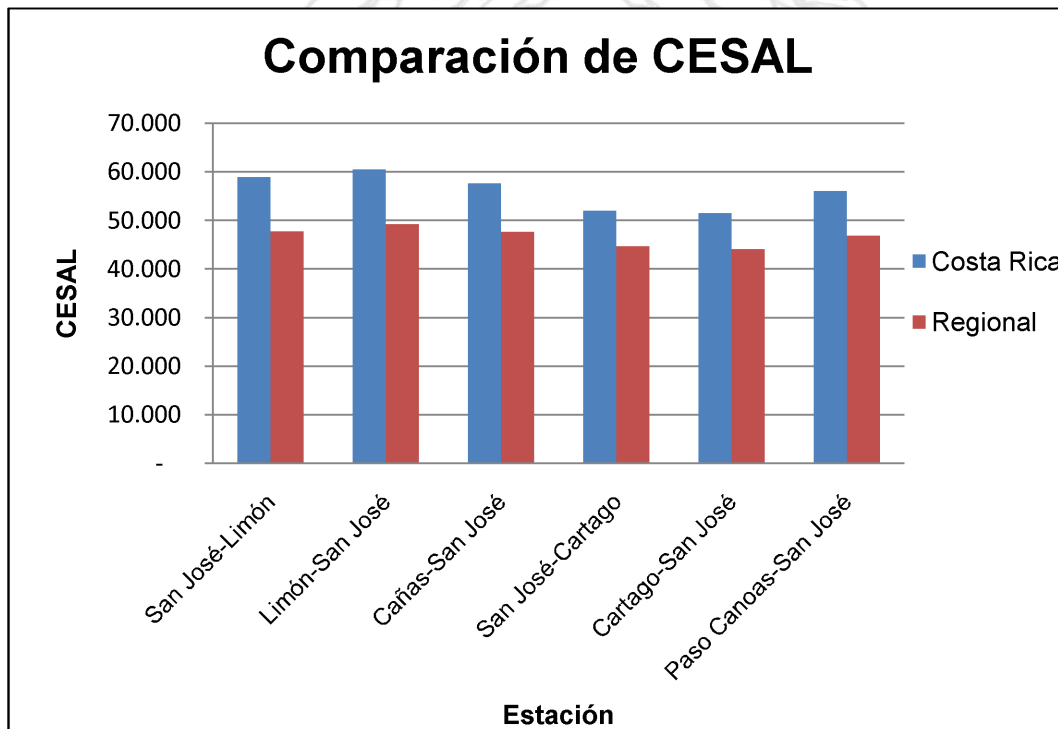


Figura 1. Comparación de CESAL entre Costa Rica y la Región Centroamericana.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del análisis comparativo presentado en este informe, se concluye que según los supuestos indicados, los pesos máximos admitidos, utilizados en la Región Centroamericana, tienen un menor impacto sobre el pavimento, que los máximos admitidos en Costa Rica. Se demuestra que el efecto promedio para las seis estaciones de pesaje analizadas es de **20% mayor daño al pavimento** con la reglamentación actual de nuestro país.

Adicionalmente, se determina necesario el desarrollo de las siguientes revisiones en relación con los datos actuales de los pesos máximos admitidos:

- Evaluar el valor de 23 toneladas de pesaje máximo admitido para el eje trasero doble del vehículo tipo T3-S3, para la normativa en Costa Rica, dado que se considera que este valor es elevado, y produce que estos vehículos impongan un alto daño al pavimento. El valor recomendado es de **20 toneladas**.
- Revisar tanto para los pesos máximos de Costa Rica, como para los de la región Centroamericana, si el pesaje máximo para el eje direccional de todos los tipos de vehículos (de 6 y 5 toneladas, respectivamente) es realmente respetado; y en caso de no cumplirse esta condición, determinar hasta en qué cantidad llega a ser superado. De este análisis se puede determinar la conveniencia o no de fijar el pesaje máximo en **5 toneladas**, para este eje.
- Analizar la utilidad y posibilidad de reducir el valor de 16,5 toneladas de los ejes tándem a un valor de **16 toneladas**. Tanto en los pesos de Costa Rica como de la Región Centroamericana. Se recomienda unificar un valor para todos los ejes tándem, y emplear el valor inferior pues produce menor daño al pavimento.

REFERENCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). *Guide for Design of Pavement Structures*, Apéndice D, Washington, D.C 1993.

ALLEN, J.; BADILLA, G.; ULLOA, A.; SIBAJA, D. *Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión en pavimentos de Costa Rica*. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial. LanammeUCR. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2007.

ALLEN, J.; BADILLA, G.; *Determinación de la carga de diseño para pavimentos flexibles en Costa Rica*. Congreso Ibero-Latinoamericano de Asfalto CILA XVI. Río de Janeiro, Brasil. 20-25 noviembre, 2011.

HERNÁNDEZ, J.; FABELA, M. *Diseño y construcción de un prototipo para determinar el peso de vehículos ligeros en movimiento*. Publicación Técnica No. 247. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México. 2004.

