

**UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

**Profesor Patrocinante:**  
**Profesores Comisión:**

**Dr. Sergio Vargas Tejada**  
**Franco Benedetti Leonelli**  
**Dr. Eric Forcael Durán**

**IMPACTO DE LAS SOBRECARGAS DE**  
**CAMIONES EN EL DISEÑO Y DETERIORO DE**  
**PAVIMENTOS RÍGIDOS.**

**PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS**  
**PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**LUIS EDUARDO RIVERA AEDO**  
**CONCEPCIÓN, JULIO DEL 2013**

## **IMPACTO DE LAS SOBRECARGAS DE CAMIONES EN EL DISEÑO Y DETERIORO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.**

Autor: Luis Eduardo Rivera Aedo.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: luisriveraaedo@gmail.com

Profesor Patrocinante: Dr. Sergio Vargas Tejeda

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: svargas@ubiobio.cl

### **RESUMEN**

El diseño de pavimentos en Chile se realiza considerando distintos tipos de vehículos, y configuraciones de eje, cuyas cargas máximas están establecidas por la ley. Sin embargo, es sabido que una parte importante de los camiones circula con un cierto grado de sobrecarga. Por lo anterior, este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto estructural en pavimentos rígidos, producido por los distintos niveles de carga de tránsito. Para ello se establecieron 3 niveles de tránsito y 6 configuraciones de carga, diseñando así, 18 estructuras de pavimento, mediante la metodología AASHTO propuesta por el Manual de Carretera Volumen 3 (MCV3). En cada uno de ellos se evaluó y comparó el impacto en los deterioros, producido por los diferentes niveles de carga del tránsito, mediante el software Pavement Evaluator, considerando el efecto sobre el IRI, el escalonamiento y el agrietamiento de losas. Como resultado de este estudio se concluyó que el camión de más de dos ejes, es el que genera un mayor impacto en los pavimentos para los distintos escenarios de sobrecarga. También se concluyó que el deterioro más sensible a las solicitaciones del tránsito es el agrietamiento, superando el umbral en un 11,58% para el nivel de tránsito bajo.

**Palabras Claves:** Configuraciones de carga, estructuras de pavimento, deterioros de pavimentos.

**5326[PalabrasTexto]+17[Fig./Tablas]\*250+1[Fig./Tablas]\*500=9827[PalabrasTotales]**

## ABSTRACT

The design of pavements in Chile is realized considering different types of vehicles, and configurations of axis, which maximum charges are established by the law. Nevertheless, it is known that an important part of the trucks circulates with a certain degree of overcharge. For the previous thing, this study has as aim evaluate the structural impact in rigid pavements, produced by the different levels of load of traffic. For it there were established 3 levels of traffic and 6 configurations of load, designing this way, 18 structures of pavement, by means of the methodology AASHTO proposed by the Manual of Highway Volume 3 (MCV3). In each of them Pavement Evaluator was evaluated and compared the impact in the deteriorations, produced by the different levels of load of the traffic, by means of the software, considering the effect on the IRI, the escalonamiento and the cracking slab. Since result of this study concluded that the truck of more than two axes, it is the one that generates a major impact in the pavements for the different scenes of overcharge. Also one concluded that the deterioration most sensitive to the solicitations of the traffic is the cracking, overcoming the threshold in 11,58 % for the level of low traffic.

**Keywords:** Configurations of load, structures of pavement, deteriorations of pavements.

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION.....	8
1.1. Objetivos.....	8
1.1.1. Objetivo general. ....	8
1.1.2. Objetivos específicos.....	8
1.2. Metodología de trabajo.....	9
1.3. Alcances del estudio.....	10
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	11
2.1. Configuraciones de Carga .....	11
2.2. Marco Legal Respecto al Transporte de Carga Pesada .....	11
2.3 Experiencia Internacional respecto al Nivel de Sobrecarga .....	12
2.4. Diseño de Pavimentos Rígidos .....	12
2.4.1 Propiedades de los Materiales .....	13
2.4.2. Condiciones Medioambientales.....	13
2.4.3. Solicitaciones de Tránsito.....	13
2.5. Deterioros de Pavimento .....	14
2.5.1. Agrietamiento .....	15
2.5.2. Escalonamiento.....	15
2.5.3. Índice de Rugosidad Internacional .....	15
3. ESCENARIOS DE ANÁLISIS .....	16
3.1 Solicitaciones de Tránsito.....	16
3.1.1. Niveles de Carga.....	17
3.1.2. Combinaciones de carga más frecuentes en la Región del Bío-Bío. ....	18
3.2 Ejes Equivalentes en Condición de Sobrecarga .....	19
3.3. Estructuración del Pavimento.....	19

	5
4. IMPACTO DE LAS SOBRECARGAS SOBRE EL PAVIMENTO.....	20
4.1. Impacto en el Diseño.....	20
4.1.1 Valores de Diseño.....	20
4.1.2. Análisis de Resultados de Diseño.....	20
4.2. Impacto en el Deterioro .....	22
4.2.1 Definición de Umbrales.....	23
4.2.2 Análisis de Deterioros .....	24
a) Resultados del IRI .....	24
b) Resultados del Escalonamiento.....	25
c) Resultados del Agrietamiento .....	26
5.4.4 Análisis Respecto a diseños con carga normal.....	27
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	28
6.1. Conclusiones.....	28
6.2. Recomendaciones .....	29
7. BIBLIOGRAFÍA .....	30
ANEXOS .....	33
ANEXO A: POYECCION DE FLUJOS.....	34
ANEXO B: CAPACIDAD VIAL .....	50
ANEXO C: CARACTERIZACION DE CARGAS .....	53
ANEXO D: FACTOR CAMION .....	55
ANEXO E: CALCULO DE EE.....	76
ANEXO F: PARAMETROS DE DISEÑO .....	82
ANEXO G: PAVEMENT EVALUATOR.....	83
ANEXO H: ANALISIS DE IRI .....	87
ANEXO I: ANALISIS DE ESCALONAMIENTO .....	97
ANEXO J: ANALISIS DE AGRIETAMIENTO.....	107

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Peso Máximo más Tolerancia por Eje.	12
<b>Tabla 2</b> Valores de los Ejes Equivalentes de Diseño para cada Nivel de Tránsito.	15
<b>Tabla 3</b> Porcentaje de Sobrecarga por Tipo de Vehículos	16
<b>Tabla 4</b> Resumen de la Estratigrafía de Pesos	17
<b>Tabla 5</b> Valores de EEa para las Distintos Escenarios y su Diferencia Porcentual	19
<b>Tabla 6</b> Variables de Entrada para el Diseño.	20
<b>Tabla 7</b> Matriz de Valores de Diseño	21
<b>Tabla 8</b> Variación del Espesor en los distintos Niveles de Tránsito con Carga Norma	23
<b>Tabla 9</b> Matriz de Proyectos Analizados.	24
<b>Tabla 10</b> Valores Umbrales	24
<b>Tabla 11</b> Variación de EE y Deterioros.	28

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Metodología de Trabajo	9
<b>Figura 2</b> Tipos de Ejes	11
<b>Figura 3</b> Estructura Común de Pavimentos Rígidos	12
<b>Figura 4</b> Tendencia del Factor Camión	22
<b>Figura 5</b> Tendencia del Espesor respecto al Nivel de Tránsito	22
<b>Figura 6</b> IRI v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo	25
<b>Figura 7</b> Escalonamiento v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo	26
<b>Figura 8</b> Agrietamiento v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo	27

## 1. INTRODUCCION

El diseño de pavimentos en Chile, se realiza considerando distintos tipos de vehículos, y configuraciones de eje, cuyas cargas máximas están establecidas por la ley. Sin embargo, el control de dichas cargas se realiza en pocos puntos del país y es sabido que una parte importante de los camiones circula con un cierto grado de sobrecarga, lo que genera una reducción de la vida útil de los pavimentos al estar sometidos a niveles de carga que no son considerados en el diseño. El efecto de las sobrecargas tanto en el diseño como en los deterioros de pavimentos, no ha sido estudiado formalmente de modo de aplicar medidas que permitan atenuar dichos impactos.

El motivo de esta investigación es evaluar el impacto de considerar las sobrecargas, tanto en el diseño como en los deterioros del pavimentos. En particular, en este trabajo se evaluarán los pavimentos rígidos.

### 1.1. Objetivos.

#### 1.1.1. *Objetivo general.*

- Evaluar el impacto de considerar las sobrecargas de camiones en el diseño y en el comportamiento de los deterioros de pavimentos rígidos.

#### 1.1.2. *Objetivos específicos.*

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- Sintetizar los antecedentes relacionados con el efecto de las cargas de camiones en el diseño y deterioro de pavimentos rígidos.
- Caracterizar la sobrecarga típica de los camiones que circulan actualmente en la Región del Bío-Bío.
- Diseñar distintas configuraciones de pavimentos, para distintos niveles de tránsito y sobrecarga.
- Evaluar el impacto de la consideración de sobrecargas en el diseño estructural de pavimentos.
- Analizar el comportamiento de los indicadores de deterioro para las distintas sobrecargas y configuraciones de pavimentos diseñadas.



## 1.2. Metodología de trabajo.

La metodología a utilizar en el estudio consistió en cinco etapas, las cuales cumplieron con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos. La Figura 1 representa esquemáticamente la metodología utilizada. En ella no están consideradas las tareas de redacción de informe final, avances y defensas de tesis.

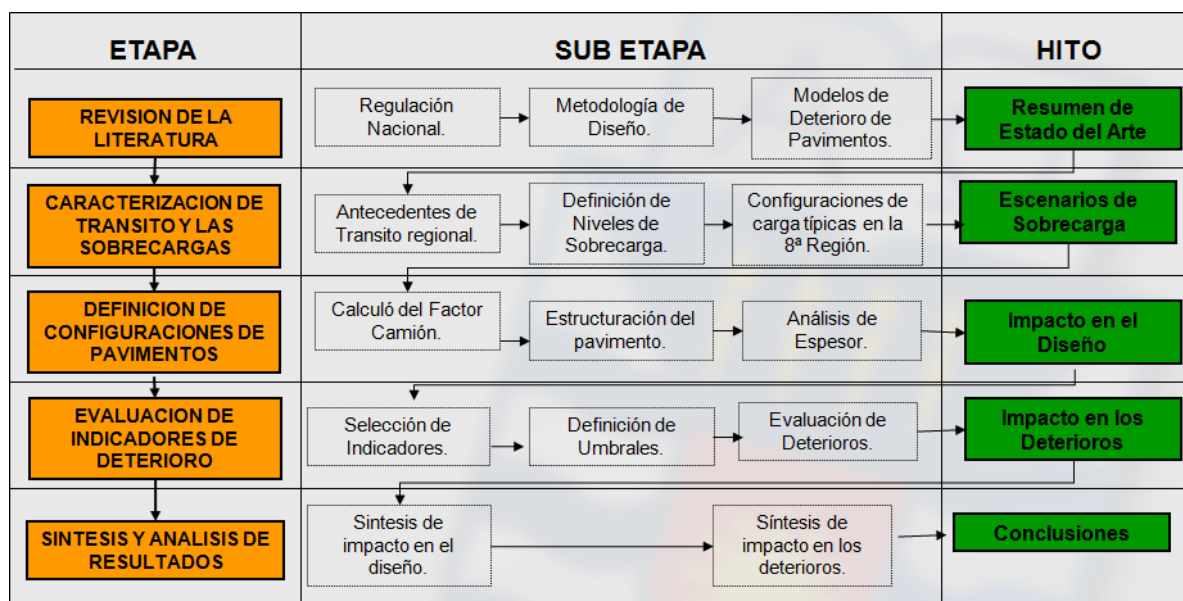


Figura 2 Metodología de trabajo

Como se aprecia en la Figura 1, la etapa 1 consistió en la revisión de los antecedentes existentes, con el fin de reconocer aquellos antecedentes teóricos y técnicos que conducirían el desarrollo posterior del estudio. Los antecedentes más relevantes fueron las regulaciones nacionales, los métodos de diseño y los indicadores de deterioro.

En la segunda etapa, se definió un set de escenarios de análisis, los cuales abarcaron las variables de diseño y las solicitudes del tránsito. En ésta se caracterizaron las configuraciones típicas de carga pesada a nivel regional, y se definieron los porcentajes de vehículos que circula con sobrecarga y el nivel de ésta.

La tercera etapa, define la estructuración del pavimento rígido, para las distintas combinaciones de tránsito y de carga. Se determinó el comportamiento del espesor de la losa en base a los ejes equivalentes y la configuración de carga que produjo el mayor deterioro.

La cuarta etapa, define la metodología y los resultados, de la simulación de los deterioros para los distintos escenarios. Además, se realizó un análisis comparativo de los escenarios y se escogió al que poseía la mayor sensibilidad en los deterioros.

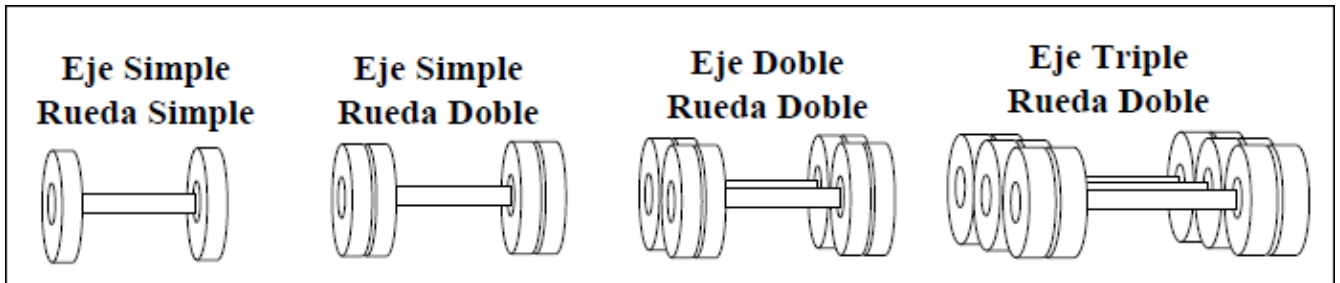
### **1.3. Alcances del estudio.**

Se realizó una caracterización de pavimentos rígidos sólo del tipo Jointed Plane Concrete Pavement JPCP (Pavimento de hormigón simple articulado) sin barras de transferencia de carga. Para los datos de condición climática, se consideraron los pertenecientes a la Región del Bío-Bío. La simulación de los deterioros en el tiempo, se realizó con el software Pavement Evaluator.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Configuraciones de Carga

Todo vehículo que transporta carga la trasmite hacia el pavimento por medio de la configuración de sus ejes. Los tipos de ejes más usuales de los vehículos pesados, camiones y buses, son los presentados en la Figura 2 (De Solminihac 1998).



**Figura 2** Tipos de Ejes

La configuración de carga de un vehículo pesado quedara definida por la cantidad de ejes y el tipo de configuración de ejes que presente.

### 2.2. Marco Legal Respecto al Transporte de Carga Pesada

Actualmente en Chile, las restricciones de peso bruto total y por eje de cualquier tipo de vehículo que circula en los caminos públicos nacionales, están estipulados en el Decreto Supremo n° 158/1980 del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y actualizado por el decreto n° 1910/2002. Además el MOP en su resolución 519 del año 1996 establece las tolerancias que se permiten para cada tipo de eje.

En la Tabla 1 resume el peso máximo por eje con su respectiva tolerancia permitida.

**Tabla 1.** Peso Máximo más Tolerancia por Eje.

Tipo de eje	Tipo Rodado	Limite(Ton)	Tolerancia(kg)
Simple	Simple	7	350
Simple	Doble	11	600
Doble	Simple	14	700
Doble	Doble + Simple	16	750
Doble	Doble	18	900
Triple	Simple	19	950
Triple	2 Dobles + 1 Simple	23	1100
Triple	Doble	25	1200
Peso Bruto total del vehículo		45	1400

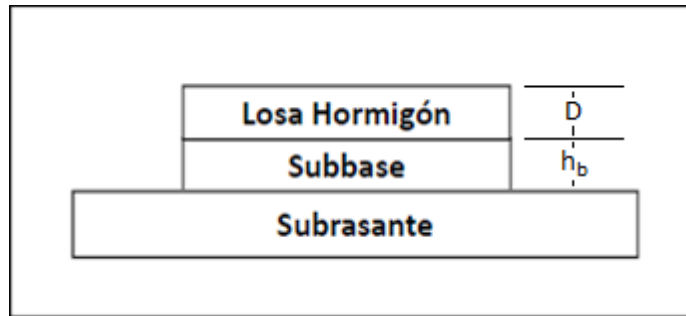
Fuente: MOP(1980)

### 2.3 Experiencia Internacional respecto al Nivel de Sobrecarga

En este ítem se resume la experiencia internacional en países como China y Estados Unidos, por ejemplo en China el 50% a 70% de los vehículos circula con un grado de sobrecarga, a diferencia de Estados Unidos que se observan valores de 0,5% a 2% de vehículos con sobrecarga, la diferencia radica en políticas de supervisión, educación y una buena legislación (Huang, Y. H. 2008).

### 2.4. Diseño de Pavimentos Rígidos

Los pavimentos rígidos consisten en una losa de hormigón de espesor  $D$  que puede o no tener una capa sub-base de espesor  $h_b$  entre la losa y la subrasante. Estos pavimentos transmiten directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, debido a que el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que los ejes de los vehículos ejercen sobre el pavimento (Garber, N y Hoel, L 2005). La Figura 3 muestra una estructuración común de pavimentos rígidos.



**Figura 3** Estructura Común de Pavimentos Rígidos

Para poder caracterizar el pavimento es necesario determinar y describir ciertas variables que influyen en su comportamiento a lo largo de su vida de diseño. Entre ellas se debe considerar las propiedades de los materiales, condiciones medioambientales y las solicitaciones de tránsito.

#### 2.4.1 Propiedades de los Materiales

Las propiedades de los materiales están clasificadas según el tipo de cada capa que forma el sistema estructural del pavimento. Dichas capas se desglosan en losa de hormigón y capas no ligadas (base/sub base/sub rasante). Las principales variables son Modulo de Reacción de la Subrasante ( $k$ ), Modulo elástico del Hormigón ( $E_c$ ), Modulo elástico de la sub-base ( $E_b$ ), Resistencia a la flexotracción 28 días ( $R_m$ ).

#### 2.4.2. Condiciones Medioambientales.

El diseño requiere de antecedentes relacionados con el clima de la zona donde se emplazará el proyecto, ya que el clima tiene significativos efectos sobre las propiedades de los materiales de los pavimentos rígidos (Garnica, P 2004). Las principales variables a considerar son la precipitación media anual, Temperatura media anual y velocidad media anual del viento.

#### 2.4.3. Solicitaciones de Tránsito.

Las solicitaciones de tránsito son unas de las variables claves requeridas para el análisis y diseño estructural del pavimento. El método AASTHO expresa este ítem como Ejes Equivalentes Acumulados (EEa), cuyo valor es la suma de los distintos vehículos de carga, expresadas en Ejes Equivalentes (EE) que transitarán por la vía en su vida de diseño. Los EE no tienen el mismo valor para las distintas configuraciones de carga por eje. Por lo tanto, la manera en que se considera el aporte de EE de cierta composición de tránsito, por ejemplo camiones de 2 ejes, es a

través de un valor promedio por vehículo denominado Factor Camión(FC), que representa en promedio, la suma de todos los EE aportados por cada eje de un vehículo tipo.

#### a) Factor Camión

El FC se define como la suma de los Factores de Ejes Equivalentes (FEE) asociados a cada uno de los ejes o conjunto de ejes que conforman el vehículo de carga. Para la obtención de FEE por eje, se utilizó el método empírico AASHTO, que define el cálculo de un eje cualquiera como:

$$\log \frac{1}{FEE} = 4.62 * \log(18 + 1) - 4.62 * \log(L_x + L_2) + 3.28 * \log L_2 + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$G_t = \log \frac{4.5 - P_f}{3} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$B_x = 0.4 + \frac{3.63 * (L_x + L_2)^{5.2}}{(D + 1)^{4.46} * L_2^{3.52}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

*FEE*: Factor de eje equivalente, para una configuración de eje dada.

*L<sub>x</sub>*: Peso del eje X.

*L<sub>2</sub>*: Código del tipo de eje(1,2 y 3 respectivamente) en kips.

*P<sub>f</sub>*: Índice de servicialidad final.

*D*: Espesor de la losa de hormigón.

*B<sub>18</sub>*: Valor B<sub>18</sub> para el eje estándar de 18 kips.

## 2.5. Deterioros de Pavimento

En términos generales, el deterioro del pavimento es una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodado que hace que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores.

Los deterioros característicos de pavimentos rígidos, son los Agrietamientos, el escalonamiento y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), los cuales se describen a continuación.

### *2.5.1. Agrietamiento*

Son manifestaciones muy frecuentes de fallas causadas por la contracción del concreto, expansión de las losas de pavimento, defectos de suelo de fundación, acción de cargas de tráfico, falta de juntas de expansión, contracción o de construcción. Los tipos de grietas son: Grietas transversales, diagonales, longitudinales, de esquina, inducidas y en bloque (Altamirano, L 2007)

### *2.5.2. Escalonamiento*

El escalonamiento se refiere al desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta. Son varios los factores que afectan al desarrollo del escalonamiento, como la erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta, deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losa, asentamiento diferencial de la subrasante y un drenaje insuficiente. Se mide en mm (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica 2002).

### *2.5.3. Índice de Rugosidad Internacional*

El IRI es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, la cual representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico ( $IRI=0$ ) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida. Se calcula en función del modelo del cuarto carro, y en base a una medida del perfil longitudinal del camino. Se mide en m/km y representa el movimiento vertical que sufre el conductor a medida que circula por el camino (Pradena 2006).

### 3. ESCENARIOS DE ANÁLISIS

En este capítulo se caracterizó la matriz de escenarios de análisis. Para esto se proyectó el flujo vehicular a 20 años, en donde se seleccionaron tres niveles de tránsito Máximo, Medio y Mínimo. Para cada uno de estos niveles de tránsito, se verificó la capacidad máxima y se le asociaron seis niveles de carga, Normal, Legal, Legal mas Tolerancia, y 3 niveles de Sobrecarga. Estos niveles de carga se aplicaron sólo al porcentaje de vehículos que excede la carga máxima permitida. El resto de los vehículos se considera que transita con una carga normal. Paralelo a esto, se definen las configuraciones de carga más utilizadas en la Región del Bío-Bío, obteniendo así, la matriz de diseño, que describe los 18 escenarios distintos.

#### 3.1 Solicitaciones de Tránsito

Para definir los niveles de tráfico característicos de la realidad regional, se utilizaron los rangos de valores determinados por Valdebenito (2011), quien obtuvo valores de Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) y de tasas de crecimiento por tipo de vehículo de la Región del Bío-Bío, caracterizando los flujos vehiculares de la red vial básica en base a la información de tránsito existente y dispuesta por la Dirección de Vialidad en su Plan de Censos Bianuales. Se proyectaron estos valores por tipo de vehículo desde el año 2010 hasta el 2030 y se calculó los ejes equivalentes de diseño, considerando los FC propuestos por el MCV3.

En el anexo A se presenta en mayor detalle el estudio de tránsito realizado.

En la Tabla 2 se pueden apreciar los valores de ejes equivalentes de diseño seleccionados para cada nivel de tránsito. Estos EE se basan en la propuesta del MCV3 pero que en adelante se mencionaran como condición normal de carga.

**Tabla 2** Valores de los Ejes Equivalentes de Diseño para cada Nivel de Tránsito.

Nivel de Tránsito	C2E(EE)	C+2E(EE)	CSR(EE)	BUSES(EE)	EE 20 años
<b>ALTO</b>	3.597.460	10.574.312	69.380.405	5.288.870	88.841.048
<b>MEDIO</b>	1.979.134	8.638.006	27.937.401	3.453.480	42.008.022
<b>BAJO</b>	3.405.194	3.853.819	3.668.010	3.852.399	14.779.423

Fuente: Elaboración Propia 2012

La verificación de capacidad máxima por vía se analizó para los 20 años de servicio de todas las estaciones seleccionadas de la Dirección de Vialidad. Se consideraron los valores de referencia máximos absolutos que se citan a continuación (MOP 2012):



- Camino Bidireccional de dos pistas: **2.800 (Veq./ hora)** (total ambas pistas)
- Camino Unidireccional con al menos dos pistas para tránsito en el mismo sentido: **2.200 (Veq./ hora)** ( por pista)

Del análisis de capacidad se concluyó que ninguna estación analizada alcanza la capacidad máxima de referencia propuesta por el MOP (2012), en un periodo de 20 años.

En el Anexo B se presentan con mayor detalle los resultados obtenidos.

### 3.1.1. Niveles de Carga

Los niveles de carga que se utilizaron en el estudio son 6; carga normal, carga máxima legal llamada en adelante carga legal, carga legal mas tolerancia y 3 niveles de sobrecarga.

#### a) Niveles de Sobrecarga

En este apartado se caracterizó el porcentaje de vehículos pesados que transitan con sobrecarga y el nivel de ésta. Para ello se analizaron 3 plazas de pesaje distintas ubicadas en la Región del Bío-Bío, de Chaimávida, Los Ángeles y de Agua Amarilla mostradas en la Tabla 3.

**Tabla 3** Porcentaje de Vehículos con Sobrecarga, por Tipo de Vehículo

	<b>Estación Los Ángeles</b>			
	C2E	BUSES	C+2E	CSR
<b>% SOBRECARGA</b>	0,64%	19,27%	5,55%	13,17%
	<b>Estación Chaimávida</b>			
	C2E	BUSES	C+2E	CSR
<b>% SOBRECARGA</b>	0,64%	13,51%	8,10%	7,11%
	<b>Estación Agua Amarilla</b>			
	C2E	BUSES	C+2E	CSR
<b>% SOBRECARGA</b>	7,92%	20%	10,77%	10,16%

Fuente: Autopista del Itata - MOP

Se seleccionó la plaza de pesaje Agua Amarilla (Ruta del Itata) para realizar este estudio ya que posee el mayor porcentaje de vehículos con sobrecarga, siendo la opción más desfavorable para el pavimento. La Tabla 4 muestra un resumen de la estratigrafía de pesos de la plaza Agua Amarilla, la cual indica el n° de vehículos que circula con distintos niveles de sobrecarga.

**Tabla 4** Resumen de la Estratigrafía de Pesos

		EJES SIMPLE			EJES TANDEM	EJES TRIDEM
		BUSES	C2E	C+2E	C+2E	CSR
VEHICULOS TOTAL		270	328	1805	1030	187
VEHICULOS CON SOBRECARGA	10%	19	9	71	111	19
	20%	13	6	58		
	30%	12	6	34		
	40%	7	2	18		
	50%	3	3	5		
% DE VEHICULOS CON SOBRECARGA		20	7,92	10,30	10,77	10,16

Fuente: Autopista del Itata

De la estratigrafía se desprende que los porcentajes de sobrecargas más frecuentes son del 10%, 20% y 30%, los que representan más del 80% de los vehículos con sobrecarga. Para la selección de los niveles de sobrecarga se consideró solo los ejes simples, ya que estos tienen los mayores niveles de sobrecarga y los que generan mayor daño al pavimento.

### 3.1.2. Combinaciones de carga más frecuentes en la Región del Bío-Bío.

Un estudio realizado por Merino (2010) determinó que las configuraciones más utilizadas en la Región del Bio-Bio, corresponden a las clases vehiculares 1, 8, 10 y 73 considerando la clasificación de la Encuesta Origen/Destino (EOD) de la Dirección de Vialidad, en donde las clases 10 y 8 están habilitadas para transportar el tonelaje máximo permitido legal de 45 Ton. Este dato, junto al nivel de carga, se utilizó para realizar una caracterización de la carga, detallado en el anexo C.

### 3.2 Ejes Equivalentes en Condición de Sobrecarga

Para determinar los Ejes Equivalentes en condición de sobrecarga, se considero el cálculo del Factor Camión (FC) según el método empírico AASHTO, para las configuraciones más representativas de la Región del Bio-Bio, aplicando los distintos niveles de sobrecarga solo al porcentaje de vehículos que transitan con ella, especificados en el subcapítulo 3.1.2. El resto de los vehículos se consideró que transita con carga normal.

Como el método, tiene dentro de sus variables el espesor de losa, se calculó el FC mediante un proceso iterativo, entre el espesor de losa y el FC calculado. En el anexo D se presenta en mayor detalle el cálculo del FC.

Definido el FC de cada tipo de vehículo y nivel de carga, se calcularon los EE en condición de sobrecarga que se muestran junto a los EE en condición de carga normal en la Tabla 5, señalando también la diferencia porcentual respecto a la carga normal.

En el anexo E se detalla de mejor forma la obtención de los EE en condición de sobrecarga.

**Tabla 5** Valores de EEa para las Distintos Escenarios y su Diferencia Porcentual

	Ejes Equivalentes			Diferencia Porcentual		
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
<b>Normal</b>	88.841.048	42.008.022	14.779.423	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Carga legal</b>	93.488.905	44.730.947	16.689.369	5,2%	6,4%	12,9%
<b>Carga legal mas tolerancia</b>	97.113.143	46.624.328	17.670.239	9,3%	10,9%	19,5%
<b>Sobrecarga 10%</b>	100.830.317	48.548.493	18.653.576	13,5%	15,5%	26,2%
<b>Sobrecarga 20%</b>	110.874.436	53.775.155	21.346.222	24,8%	28,0%	44,4%
<b>Sobrecarga 30%</b>	124.287.116	60.756.514	24.945.472	39,9%	44,6%	68,7%

Fuente: Elaboración Propia 2012

### 3.3. Estructuración del Pavimento

Para diseñar la estructuración del pavimento se utilizó el programa computacional PAVIVIAL, utilizando la opción de pavimentos rígidos, para casos sin barras de traspaso de carga (JPCP).

En el Anexo F se resume cada valor asociado a las variables y parámetros de entrada en el diseño.

## 4. IMPACTO DE LAS SOBRECARGAS SOBRE EL PAVIMENTO

### 4.1. Impacto en el Diseño

En este subcapítulo se evaluó el impacto de considerar las sobrecargas de los vehículos en el diseño de pavimentos rígidos, se presentan los valores de diseño, se analiza la tendencia del espesor y se define el tipo de vehículo que genera el mayor daño al pavimento.

#### 4.1.1 Valores de Diseño

Los resultados de diseño se muestran en la tabla 7. En ella se indican los espesores de losa, asumiendo un espesor fijo de base de 150mm.

**Tabla 7** Matriz de Valores de Diseño

	Espesor		
	ALTO	MEDIO	BAJO
<b>Normal</b>	327	279	223
<b>Carga Legal</b>	330	283	228
<b>Carga Legal mas Tolerancia</b>	332	285	231
<b>Sobrecarga 10%</b>	334	287	234
<b>Sobrecarga 20%</b>	340	293	241
<b>Sobrecarga 30%</b>	346	300	250

Fuente: Elaboración Propia 2012

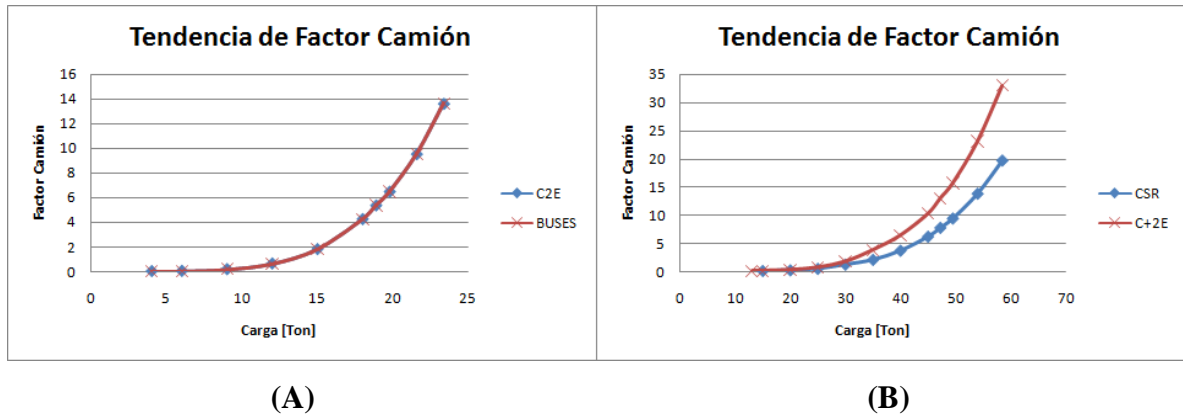
#### 4.1.2. Análisis de Resultados de Diseño

En este apartado se presenta el análisis del impacto generado en el diseño por las distintas configuraciones de carga, Camión semirremolque (CSR), Camión de 2 Ejes (C2E), Camión más de 2 ejes (C+2E) y Buses, en el pavimento y la tendencia del espesor respecto a los Ejes Equivalentes

##### a) Análisis de Factor Camión

Para evaluar cual de los vehículos pesados, es el que genera un mayor impacto sobre el diseño, se compara el FC de cada uno de ellos. La Figura 4 presenta la tendencia de los resultados obtenidos del FC, para un nivel de tránsito medio. Se consideró separar las configuraciones C2E y BUSES,

debido a que éstos tienen un nivel de carga menor que las otras clasificaciones vehiculares, ya que su configuración de ejes no permite tener la carga legal de 45 toneladas.

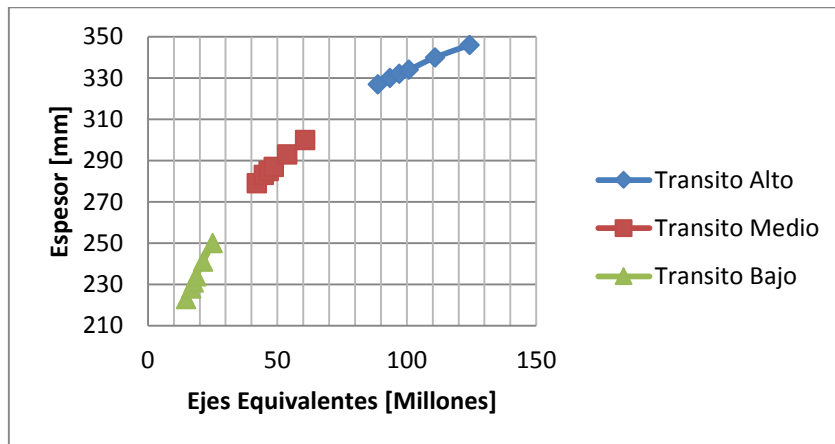


**Figura 4** Tendencia del Factor Camión

En la Figura 4(A) las configuraciones C2E y BUSES, tienen el mismo comportamiento, debido a que su configuración de ejes coincide, según las clasificaciones definidas como más frecuentes en la Región del Bio-Bio. En la Figura 4(B) se aprecia que la configuración de carga, que tiene el mayor FC, es el C+2EE esto se debe a que dada su configuración de ejes, tiene una menor superficie de apoyo en comparación a los CSR, por ende es la configuración de carga que genera el mayor daño al Pavimento. En todos los casos, el FC crece de manera no lineal respecto a los aumentos de carga

b) Análisis del Espesor

En el Figura 5 se presenta los espesores de losa obtenidos, para todos los niveles de tránsito.



**Figura 5** Tendencia del Espesor respecto al Nivel de Tránsito

La Figura 5 refleja una tendencia logarítmica, del espesor de losa con respecto a los Ejes Equivalentes obtenidos para los distintos niveles de tránsito. La Tabla 8, muestra específicamente los porcentajes de aumento del espesor, respecto a los generados por un tránsito con carga normal, para los tres niveles de tránsito.

**Tabla 8** Variación del Espesor en los distintos Niveles de Tránsito respecto al de Carga Normal

<b>Nivel de Carga y Tránsito</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Carga Legal	0,92%	1,43%	2,24%
Carga Legal mas Tolerancia	1,53%	2,15%	3,59%
Sobrecarga del 10%	2,14%	2,87%	4,93%
Sobrecarga del 20%	3,98%	5,02%	8,07%
Sobrecarga del 30%	5,81%	7,53%	12,11%

Fuente: Elaboración propia 2012

Cabe mencionar que los niveles de carga que muestra la Tabla 8 solo fueron aplicables al porcentaje antes señalado de vehículos que circulan con sobrecarga en el ítem 3.1.2. Los resultados indican que el mayor impacto de las sobrecargas en el diseño se produce para niveles de tránsito bajo, lo que demuestra que a medida que aumenta el espesor de losa disminuye los efectos de la sobrecarga en el diseño.

#### **4.2. Impacto en el Deterioro**

Este apartado trata sobre la evaluación de las distintas condiciones de carga sobre el deterioro del pavimento. Se utilizó el software Pavement Evaluator para simular los deterioros en el tiempo, en función de las solicitaciones de clima y tránsito.

La aplicación computacional se divide en tres etapas: Administrador de Proyecto, Flotas Vehiculares y Estándares; en las cuales se ingresan los datos de diseño, las características de materiales, de suelo, de geometría, de tránsito y de clima. Una vez completado el ingreso de las variables, se realiza la evaluación del deterioro del pavimento durante su vida de diseño.

En este trabajo se analizaron 18 espesores, por los cuales transitaban 6 niveles de carga, señalados en los capítulos anteriores. En total se analizaron 108 casos, proyectados según la matriz que se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9** Matriz de proyectos analizados

Diseño de Pavimento		Nivel de carga del Transito					
Nivel de transito	Nivel de carga	Normal	Legal	Legal mas tolerancia	Sobrecarga del 10%	Sobrecarga del 20%	Sobrecarga del 30%
ALTO	Normal(NA)	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>	e <sub>6</sub>
	Legal(LA)	e <sub>7</sub>	e <sub>8</sub>	e <sub>9</sub>	e <sub>10</sub>	e <sub>11</sub>	e <sub>12</sub>
	Legal mas tolerancia(LTA)	e <sub>13</sub>	e <sub>14</sub>	e <sub>15</sub>	e <sub>16</sub>	e <sub>17</sub>	e <sub>18</sub>
	Sobrecarga del 10%(S10A)	e <sub>19</sub>	e <sub>20</sub>	e <sub>21</sub>	e <sub>22</sub>	e <sub>23</sub>	e <sub>24</sub>
	Sobrecarga del 20%( S20A)	e <sub>25</sub>	e <sub>26</sub>	e <sub>27</sub>	e <sub>28</sub>	e <sub>29</sub>	e <sub>30</sub>
	Sobrecarga del 30%( S30A)	e <sub>31</sub>	e <sub>32</sub>	e <sub>33</sub>	e <sub>34</sub>	e <sub>35</sub>	e <sub>36</sub>
MEDIO	Normal(NM)	e <sub>37</sub>	e <sub>38</sub>	e <sub>39</sub>	e <sub>40</sub>	e <sub>41</sub>	e <sub>42</sub>
	Legal(LM)	e <sub>43</sub>	e <sub>44</sub>	e <sub>45</sub>	e <sub>46</sub>	e <sub>47</sub>	e <sub>48</sub>
	Legal mas tolerancia(LTM)	e <sub>49</sub>	e <sub>50</sub>	e <sub>51</sub>	e <sub>52</sub>	e <sub>53</sub>	e <sub>54</sub>
	Sobrecarga del 10%(S10M)	e <sub>55</sub>	e <sub>56</sub>	e <sub>57</sub>	e <sub>58</sub>	e <sub>59</sub>	e <sub>60</sub>
	Sobrecarga del 20%( S20M)	e <sub>61</sub>	e <sub>62</sub>	e <sub>63</sub>	e <sub>64</sub>	e <sub>65</sub>	e <sub>66</sub>
	Sobrecarga del 30%( S30M)	e <sub>67</sub>	e <sub>68</sub>	e <sub>69</sub>	e <sub>70</sub>	e <sub>71</sub>	e <sub>72</sub>
BAJO	Normal(NB)	e <sub>73</sub>	e <sub>74</sub>	e <sub>75</sub>	e <sub>76</sub>	e <sub>77</sub>	e <sub>78</sub>
	Legal(LB)	e <sub>79</sub>	e <sub>80</sub>	e <sub>81</sub>	e <sub>82</sub>	e <sub>83</sub>	e <sub>84</sub>
	Legal mas tolerancia(LTB)	e <sub>85</sub>	e <sub>86</sub>	e <sub>87</sub>	e <sub>88</sub>	e <sub>89</sub>	e <sub>90</sub>
	Sobrecarga del 10%(S10B)	e <sub>91</sub>	e <sub>92</sub>	e <sub>93</sub>	e <sub>94</sub>	e <sub>95</sub>	e <sub>96</sub>
	Sobrecarga del 20%( S20B)	e <sub>97</sub>	e <sub>98</sub>	e <sub>99</sub>	e <sub>100</sub>	e <sub>101</sub>	e <sub>102</sub>
	Sobrecarga del 30%( S30B)	e <sub>103</sub>	e <sub>104</sub>	e <sub>105</sub>	e <sub>106</sub>	e <sub>107</sub>	e <sub>108</sub>

Fuente: Elaboración propia 2012

e<sub>i</sub>: Casos de evaluación.

En Anexo G se describe el ingreso de datos a Pavement Evaluator, los supuestos utilizados, y algunos pantallazos del software.

**4.2.1 Definición de Umbrales**

Los umbrales fueron establecidos para los deterioros característicos de pavimentos rígidos y son propuestos por el MCV3. La Tabla 10 muestra los deterioros y su umbral respectivo.

**Tabla 10** Valores Umbrales

Deterioro	Valor Umbral	Unidad
IRI	5.4	m/km
Escalonamiento	5	mm
Agrietamiento	15	%

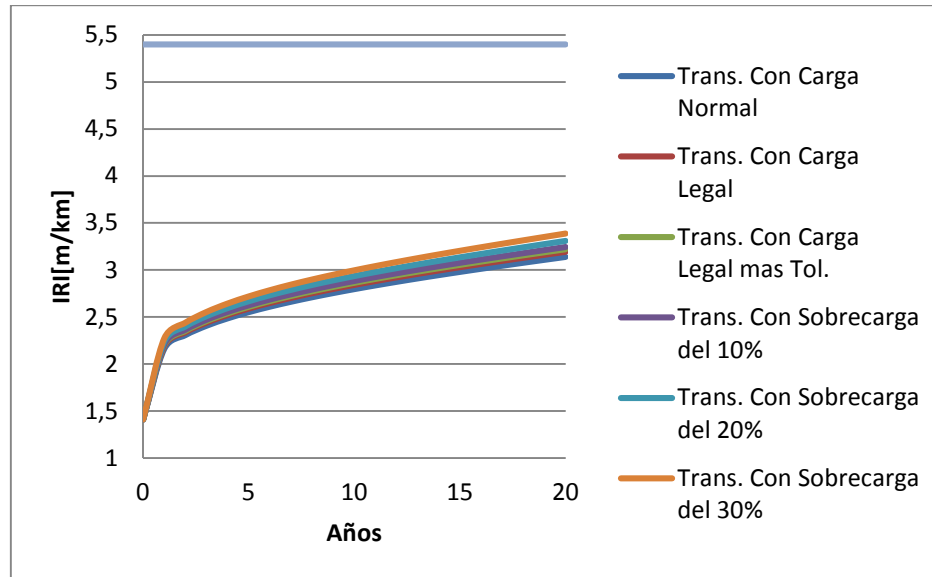
Fuente: Elaboración propia 2013

#### 4.2.2 Análisis de Deterioros

En este subcapítulo se detallan los resultados más significativos del estudio.

##### a) Resultados del IRI

La Figura 6 presenta los resultados de IRI en el tiempo, para los distintos niveles de carga, en el menor espesor diseñado. Se muestra este caso a modo de ejemplo por constituir el caso más desfavorable.



**Figura 6** IRI v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo

Se aprecia que para ningún nivel de carga se supera el umbral del  $IRI_{final}$  de 5,4 m/km.

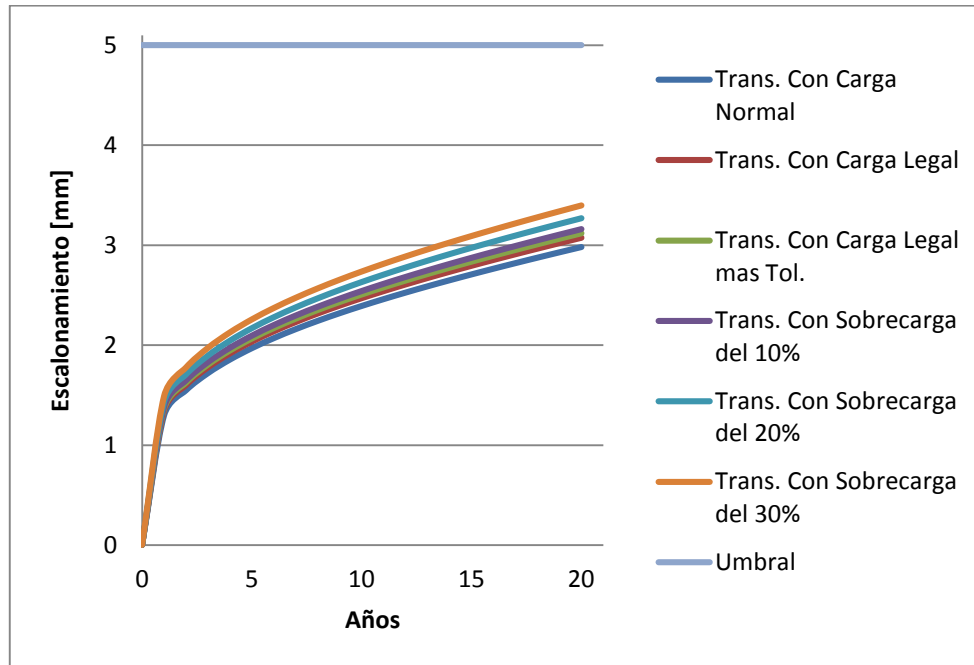
El resto de los casos se puede ver en el anexo H, donde también se muestra una tabla con los porcentajes del IRI para cada uno de los escenarios definidos, con respecto al umbral del  $IRI_{final}$ .

Donde el IRI, calculado para todos los casos, en niveles de tránsito y niveles carga, no superan el umbral de 5.4 m/km. Los niveles de carga normal presentan la menor variación, donde para el diseño con tránsito bajo por ejemplo se observan magnitudes del 42% al 37% bajo el umbral, y en los diseños con tránsito alto magnitudes del 32% al 28% bajo el umbral. De esto se desprende que el escenario de diseño en que se genera mayor deterioro es el del tránsito alto, por lo que un mayor espesor producto del diseño, no compensa una reducción del deterioro para los distintos escenarios de carga.



b) Resultados del Escalonamiento

La Figura 7 presenta los resultados del Escalonamiento en el tiempo, para los distintos niveles de carga en el menor espesor diseñado. Se muestra este caso a modo de ejemplo por constituir el caso más desfavorable.



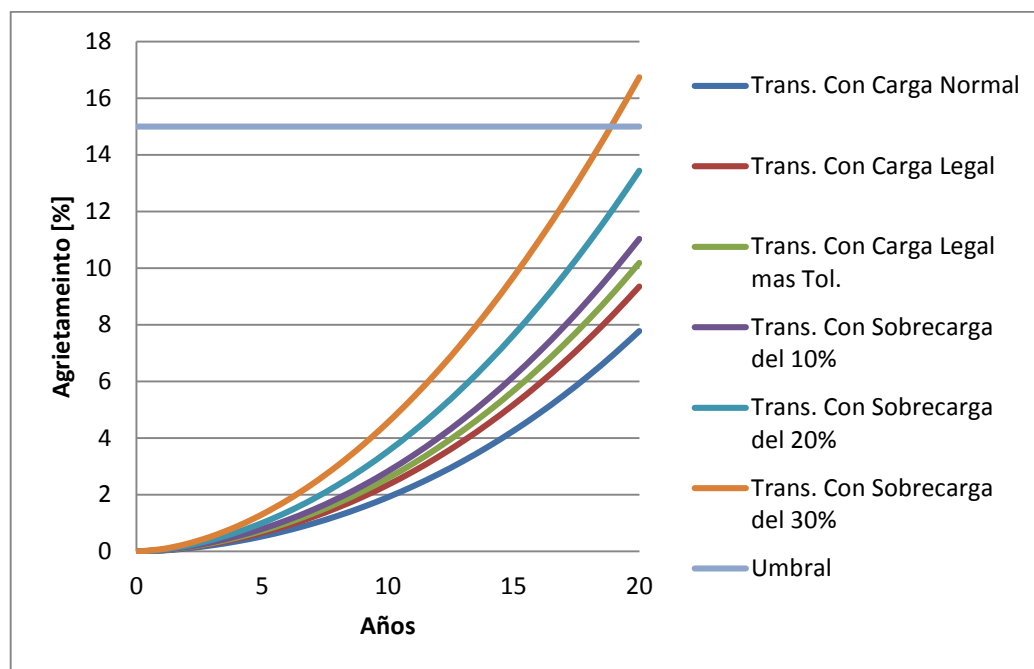
**Figura 7** Escalonamiento v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo

Se aprecia que para ningún nivel de carga se supera el umbral del escalonamiento de 5 mm.

El resto de los casos se puede ver en el anexo I, donde también se muestra una tabla con los porcentajes del Escalonamiento para cada uno de los escenarios definidos, respecto al valor del escalonamiento umbral. Donde el Escalonamiento calculado para todos los casos, en niveles de tránsito y niveles de carga, no superan el umbral de 5 mm. Los niveles de carga normal presentan la menor variación, donde para el diseño con tránsito bajo por ejemplo se observan magnitudes del 40% al 32% bajo el umbral, y en los diseños con tránsito alto magnitudes del 22% al 13% bajo el umbral. De esto se desprende que el escenario de diseño en que se genera mayor deterioro es el del tránsito alto, por lo que un mayor espesor producto del diseño, no compensa una reducción del deterioro para distintos escenarios de carga.

c) Resultados del Agrietamiento

La Figura 8 se presenta los resultados del Agrietamiento en el tiempo, para los distintos niveles de carga, en el menor espesor diseñado. Se muestra este caso a modo de ejemplo por constituir el caso más desfavorable.



**Figura 8** Agrietamiento v/s Tiempo, Diseño con Tránsito Bajo

Se aprecia que el único nivel de carga que supera el umbral del agrietamiento de un 15% es el tránsito con sobrecarga del 30%. El resto de los casos se pueden ver en el anexo J, donde también se muestra una tabla con los porcentajes de Agrietamiento para cada uno de los escenarios definidos con respecto al valor del Agrietamiento umbral de 15%. Donde el agrietamiento calculado para los diseños con tránsito alto, genera muy bajos valores, debido al alto espesor de losa calculado, es por esto que el porcentaje de variación es el mismo para todos los casos correspondiente al 99,99% bajo el umbral. Para el escenario con tránsito bajo, el agrietamiento aumenta, debido al bajo espesor de losa calculado, superando el umbral en el caso del tránsito con sobrecarga del 30%, obteniendo una variación del 11,58% sobre el umbral.

5.4.4 Análisis Respecto a diseños con carga normal

La Tabla 11 muestra la variación porcentual de los EE y de los deterioros analizados para los distintos niveles de carga, respecto del diseño bajo un escenario de carga normal. Lo anterior con el objetivo de visualizar que pasaría con los deterioros, cuando sobre un pavimento diseñado según recomendación del MCV3 circulan distintos niveles de sobrecarga.

**Tabla 11** Variación de EE y Deterioros

		<b>Carga Legal</b>	<b>Legal mas Tolerancia</b>	<b>Sobrecarga del 10%</b>	<b>Sobrecarga del 20%</b>	<b>Sobrecarga del 30%</b>
<b>Alto</b>	<b>Ejes Equivalentes</b>	5,2%	9,3%	13,5%	24,8%	39,9%
	<b>IRI</b>	1,5%	2,3%	3,1%	5,1%	7,6%
	<b>Escalonamiento</b>	2,4%	3,7%	5,0%	8,3%	12,4%
	<b>Agrietamiento</b>	16,9%	27,5%	38,5%	70,2%	116,7%
<b>Medio</b>	<b>Ejes Equivalentes</b>	6,5%	11,0%	15,6%	28,0%	44,6%
	<b>IRI</b>	0,9%	1,6%	2,2%	3,8%	5,7%
	<b>Escalonamiento</b>	1,6%	2,6%	3,7%	6,4%	9,7%
	<b>Agrietamiento</b>	11,0%	18,9%	27,1%	50,7%	84,5%
<b>Bajo</b>	<b>Ejes Equivalentes</b>	12,9%	19,6%	26,2%	44,4%	68,8%
	<b>IRI</b>	1,7%	2,6%	3,4%	5,4%	7,9%
	<b>Escalonamiento</b>	3,1%	4,6%	6,0%	9,6%	14,0%
	<b>Agrietamiento</b>	20,3%	31,0%	42,0%	72,8%	115,3%

Fuente: Elaboración propia 2012

Se observa que el deterioro que posee una mayor sensibilidad, independiente del nivel de tránsito, es el del agrietamiento, cuyos resultados tienden a duplicar el deterioro generado en una condición de carga normal al analizarse con una sobrecarga del 30%. En caso del IRI y del escalonamiento la sensibilidad del deterioro respecto de los escenarios de carga, no superan el 15%.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

En este trabajo se ha evaluado el efecto de las sobrecargas de las distintas configuraciones de carga en el diseño y deterioro de los pavimentos rígidos.

Para la primera parte de este trabajo, se caracterizaron las sobrecargas y niveles de tránsito de la región del Biobío y se utilizó el método empírico AASHTO, para el diseño del pavimento. En función de esto, las conclusiones son las siguientes:

- La caracterización de las sobrecargas se realizó utilizando datos de las plazas de pesaje de Concepción, Los Ángeles y Agua Amarilla, dando como resultado que la configuración de carga que tiene el mayor porcentaje de vehículos con sobrecarga son los Buses, observándose niveles de un 10% a un 20% de esta tipo de vehículo circulando con sobrecarga.
- Al calcular el FC para los distintos niveles de sobrecarga se encontró que la configuración de carga que produce mayor deterioro, independiente del tipo y estructuración de pavimento, es el camión remolque (C+2E). Esto se debe a que dada su configuración de ejes, posee una menor superficie de apoyo que el resto de los vehículos.
- Respecto a la sensibilidad del método de diseño AASTHO, al comparar los diseños con carga normal respecto a los obtenidos con sobrecargas del 30% se observa, para niveles de tránsito bajo, variaciones del espesor de un 12,11% y en el tránsito alto de un 5,81%.
- Considerando que la sobrecarga sólo se aplica a un porcentaje de vehículos que no supera el 11%, se puede concluir que el diseño posee una alta sensibilidad a los niveles de sobrecarga.

En la segunda parte, se analizó el comportamiento del pavimento, con respecto a los deterioros IRI, Escalonamiento y Agrietamiento durante su vida de diseño. Para esto se empleó el software Pavement Evaluator, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Se puede decir, sobre la base de los niveles de sobrecarga analizados, que el único deterioro que supera el umbral durante la vida de diseño es el agrietamiento en el nivel de tránsito bajo. Lo anterior demuestra que el agrietamiento condiciona la funcionalidad y resistencia del pavimento, debido a que es, el primer deterioro en superar su umbral.
- En el caso del escalonamiento e IRI, sus magnitudes no superaron los valores umbrales bajo ningún escenario.

Para el análisis respecto a diseños con carga normal, se observa que:

- El deterioro que posee la menor sensibilidad, independiente del nivel de tránsito, es el IRI, cuyos resultados no variaron más de un 8%, por lo que se podría inferir que este deterioro no es significativo para la naturaleza de las solicitaciones de tránsito y sobrecargas analizados.
- En el caso del Agrietamiento, es el deterioro que posee la mayor sensibilidad, independiente del nivel de tránsito, observándose resultados de un 84% hasta un 116% de aumento, definiéndolo como el deterioro que condiciona a los pavimentos rígidos.
- Para el Escalonamiento se observan variaciones que no superan el 14%, independiente del nivel de tránsito.

En resumen, se puede concluir que los pavimentos rígidos, poseen un buen comportamiento frente a los niveles de sobrecargas del tránsito, ya que de todos los escenarios analizados, sólo en uno de ellos se supera el umbral del agrietamiento el cual correspondió al escenario más desfavorable, ya que es el menor espesor diseñado.

## **6.2. Recomendaciones**

Como recomendaciones se propone:

- Repetir este trabajo para pavimentos asfálticos.
- Incluir en el análisis los costos operacionales de los usuarios ante distintos escenarios de deterioro.
- Utilizar otros métodos de diseño, ya que el método AASHTO, sólo utiliza un índice de deterioro, el nivel de servicialidad, el cual no necesariamente refleja el comportamiento real del pavimento, ni garantiza que se cumplan los umbrales individualmente, como lo es en el caso particular del agrietamiento.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO (1993). "Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials". Washington, D.C. EE.UU.
2. Aburto, H (2012). "Evaluación del impacto estructural del transporte de alto tonelaje en pavimentos rígidos" Memoria de Título Ingeniero Civil. Universidad del Bio-Bio. Concepción
3. Altamirano, L (2007). "Catalogo de Deterioro de pavimentos rígidos".
4. Calo, D (2010). "Diseño de pavimentos Rígidos". Jornada de actualización técnica, diseño y construcción de pavimentos de hormigón. Instituto del cemento portland argentino, Abril.
5. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (2002). "Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos". Colección de Documentos, Volumen No. 12. Chile.
6. Coronado, J (2002). "Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos", Guatemala.
7. Covarrubias, JP (1988). "Comportamiento de pavimentos de hormigón en Chile". Revista de Ingeniería de Construcción, N°4, (64-76).
8. Croney, D y Croney, P(1998). "Design and Performance of Road Pavements". 3° Edition.
9. Diaz, R (2012). "Camiones de alto tonelaje y su impacto en ciclo de vida de pavimentos asfálticos". Revista de la Construcción, Vol. 11 N°1, (101-118).
10. De Solminihac, H. (1998) "Gestión de infraestructura Vial". Primera Edición.
11. Garber, N y Hoel, L (2005). "Ingeniería de tránsito y carreteras", 3ª edición.

12. Garnica, P (2004). “Conceptos mecanicistas en pavimentos” Publicación técnica N° 258. Instituto Mexicano del Transporte.
13. Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
14. Huang, Y. H. (2008). “Truck Overloading Study in Developing Countries and Strategies to minimize its Impact” Master of Engineering.
15. Londoño, C (2008). “Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto: para vías con bajos, medios y altos volúmenes de transito”. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Colombia
16. Merino, J (2011). “Metodología de elaboración de datos de transito y clima para el diseño de pavimentos flexibles usando ME-PDG en Chile.” Memoria de Título Ingeniero Civil. Universidad de Concepción. Concepción.
17. Miranda, R (2010). “Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos”. Memoria de Título Ingeniero Civil. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
18. Montejo, A (2002). “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras” Segunda Edición. Colombia.
19. MOP (2010). Manual de Carreteras Volumen N° 3: Instrucciones y Criterios de Diseño. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas. Chile.
20. MOP (1980). “Peso máximo de vehículos que pueden circular por caminos públicos”. Decreto Supremo 158/10980. Ministerio de obras publicas. Chile.
21. MOP (1996). “Tolerancias de peso para vehículos de carga y pasajeros”. Resolución 519/1996. Ministerio de Obras Públicas. Chile.

22. MOP (2011). “Departamento de Estadísticas y Censos de Tránsito. Dirección de vialidad”. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile (<http://servicios.vialidad.cl/censo/index.htm> ).
23. Pavement Evaluator , Guía del Usuario, Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (1995), pp. 12-117.
24. Pradena, M (2006). “Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados”. Revista de la Construcción. Vol5 N°2, (16-22).
25. Prunell, S (2011). “Estudio de Patologías en Pavimentos de Hormigón”. Tesis de Becario de Investigación. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
26. Ruiz, C. (2011). “Análisis de los Factores que producen el Deterioro de los Pavimentos Rígidos” Memoria de Título Ingeniero Civil. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.
27. Valdebenito, C (2011).”Caracterización de flujo vehicular de la red vial básica de la Región del Bio Bio” Memoria de Título Ingeniero Civil. Universidad del Bio-Bio. Concepción.
28. Vidal, A (2011).”Análisis y aplicación del método ME-PDG para el diseño de pavimentos rígidos en la Región del Bio-Bio” Memoria de Título Ingeniero Civil. Universidad del Bio-Bio. Concepción.



**ANEXOS**

**ANEXO A: POYECCION DE FLUJOS**

En este anexo se pueden apreciar los detalles de cálculo en la obtención de los ejes equivalentes de diseño de cada estación.

**Tabla A1** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 160, estación 122-69

Ruta	160			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	122-69		C2E	0,017	7
TMDA	7994	veh/dia	C+2E	0,061	2,5
Pistas	2		CSR	0,053	9,9
			BUSES	0,011	23,4

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	578,77	224,98	877,52	1911,98	3593,23633
2011	588,61	238,70	924,03	1933,01	
2012	598,61	253,26	973,00	1954,27	
2013	608,79	268,71	1024,57	1975,77	
2014	619,14	285,10	1078,87	1997,50	
2015	629,66	302,49	1136,05	2019,47	
2016	640,37	320,94	1196,26	2041,69	
2017	651,25	340,52	1259,66	2064,15	
2018	662,33	361,29	1326,43	2086,85	
2019	673,59	383,33	1396,73	2109,81	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	685,04	406,71	1470,75	2133,01	4696
2021	696,68	431,52	1548,70	2156,48	
2022	708,53	457,85	1630,78	2180,20	
2023	720,57	485,77	1717,22	2204,18	
2024	732,82	515,41	1808,23	2228,43	
2025	745,28	546,85	1904,06	2252,94	
2026	757,95	580,20	2004,98	2277,72	
2027	770,83	615,60	2111,24	2302,78	
2028	783,94	653,15	2223,14	2328,11	
2029	797,26	692,99	2340,97	2353,72	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	810,82	735,26	2465,04	2379,61	6391
tj	4982252,7	3053359,4	10932915,6	15516898,8	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	5729590,614	15114129,2	54117932,4	36309543,3	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	
EE DISEÑO	2864795,307	7557064,58	27058966,2	18154771,6	<b>TOTAL EE 55.635.598</b>

**Tabla A2** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 160, estación 67-97

Ruta	160			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	67-97		C2E	0,017	10,4
TMDA	5421	veh/dia	C+2E	0,061	7,3
Pistas	2		CSR	0,053	24
			BUSES	0,011	9,6

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	583,12	445,48	1442,60	531,93	3003,133522
2011	593,03	472,66	1519,06	537,78	
2012	603,11	501,49	1599,57	543,69	
2013	613,36	532,08	1684,35	549,68	
2014	623,79	564,54	1773,62	555,72	
2015	634,39	598,98	1867,62	561,83	
2016	645,18	635,51	1966,61	568,02	
2017	656,15	674,28	2070,84	574,26	
2018	667,30	715,41	2180,59	580,58	
2019	678,65	759,05	2296,16	586,97	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	690,18	805,35	2417,86	593,42	4507
2021	701,92	854,48	2546,01	599,95	
2022	713,85	906,60	2680,94	606,55	
2023	725,98	961,91	2823,03	613,22	
2024	738,33	1020,58	2972,66	619,97	
2025	750,88	1082,84	3130,21	626,79	
2026	763,64	1148,89	3296,11	633,68	
2027	776,62	1218,97	3470,80	640,65	
2028	789,83	1293,33	3654,75	647,70	
2029	803,25	1372,23	3848,46	654,82	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	816,91	1455,93	4052,42	662,03	6987
tj	5019683,3	6046110,0	17973278,7	4316935,6	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	5772635,75	29928244,6	88967729,3	10101629,3	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	2886317,88	14964122,3	44483864,7	5050814,63	<b>67.385.119</b>

**Tabla A3** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 160, estación 124-lebu

Ruta	160			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	124-Lebu		C2E	0,017	10,3
TMDA	2046	veh/dia	C+2E	0,061	3,7
Pistas	2		CSR	0,053	8,1
			BUSES	0,011	17,7

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	217,96	85,22	183,76	370,15	857,0947499
2011	221,67	90,42	193,50	374,22	
2012	225,44	95,93	203,75	378,34	
2013	229,27	101,79	214,55	382,50	
2014	233,17	107,99	225,92	386,71	
2015	237,13	114,58	237,90	390,96	
2016	241,16	121,57	250,51	395,26	
2017	245,26	128,99	263,78	399,61	
2018	249,43	136,86	277,76	404,01	
2019	253,67	145,20	292,48	408,45	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	257,98	154,06	307,99	412,95	1133
2021	262,37	163,46	324,31	417,49	
2022	266,83	173,43	341,50	422,08	
2023	271,37	184,01	359,60	426,72	
2024	275,98	195,23	378,66	431,42	
2025	280,67	207,14	398,72	436,16	
2026	285,44	219,78	419,86	440,96	
2027	290,30	233,18	442,11	445,81	
2028	295,23	247,41	465,54	450,71	
2029	300,25	262,50	490,21	455,67	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	305,35	278,51	516,20	460,69	1561
tj	1876317,9	1156594,5	2289429,7	3004026,9	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	2157765,59	5725142,89	11332676,9	7029423,04	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1078882,79	2862571,44	5666338,43	3514711,52	<b>13.122.504</b>

**Tabla A4** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 148, estación conce-49

Ruta	148			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	Conce-49		C2E	0,017	9,8
TMDA	7628	veh/dia	C+2E	0,061	3,9
Pistas	4		CSR	0,053	28,3
			BUSES	0,011	7,6

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	773,176536	334,89	2393,61	592,55	4094,234291
2011	786,320537	355,32	2520,47	599,07	
2012	799,687986	377,00	2654,06	605,66	
2013	813,282682	399,99	2794,72	612,32	
2014	827,108488	424,39	2942,84	619,06	
2015	841,169332	450,28	3098,82	625,87	
2016	855,469211	477,75	3263,05	632,75	
2017	870,012187	506,89	3435,99	639,71	
2018	884,802395	537,81	3618,10	646,75	
2019	899,844035	570,62	3809,86	653,86	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	915,141384	605,42	4011,78	661,06	6193
2021	930,698787	642,36	4224,41	668,33	
2022	946,520667	681,54	4448,30	675,68	
2023	962,611518	723,11	4684,06	683,11	
2024	978,975914	767,22	4932,32	690,63	
2025	995,618504	814,02	5193,73	698,22	
2026	1012,54402	863,68	5469,00	705,90	
2027	1029,75727	916,36	5758,86	713,67	
2028	1047,26314	972,26	6064,07	721,52	
2029	1065,06661	1031,57	6385,47	729,46	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	1083,17275	1094,49	6723,90	737,48	9639
tj	6655801,0	4545158,9	29821794,9	4808938,3	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	7654171,14	22498536,5	147617885	11252915,6	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	0,94	0,94	0,94	0,94	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	3597460,44	10574312,1	69380405,8	5288870,334	<b>88.841.049</b>

**Tabla A5** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 148, estación 44-45

Ruta	148			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	44-45		C2E	0,017	14,5
TMDA	2991	veh/dia	C+2E	0,061	2,9
Pistas	2		CSR	0,053	4,9
			BUSES	0,011	7,5

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	448,57	97,64	162,51	229,29	938,0031132
2011	456,19	103,60	171,12	231,81	
2012	463,95	109,92	180,19	234,36	
2013	471,83	116,62	189,74	236,94	
2014	479,86	123,74	199,79	239,54	
2015	488,01	131,29	210,38	242,18	
2016	496,31	139,30	221,53	244,84	
2017	504,75	147,79	233,27	247,54	
2018	513,33	156,81	245,64	250,26	
2019	522,05	166,37	258,66	253,01	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	530,93	176,52	272,37	255,79	1236
2021	539,95	187,29	286,80	258,61	
2022	549,13	198,71	302,00	261,45	
2023	558,47	210,84	318,01	264,33	
2024	567,96	223,70	334,86	267,24	
2025	577,62	237,34	352,61	270,18	
2026	587,44	251,82	371,30	273,15	
2027	597,42	267,18	390,98	276,15	
2028	607,58	283,48	411,70	279,19	
2029	617,91	300,77	433,52	282,26	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	628,41	319,12	456,50	285,37	1689
tj	3861428,4	1325220,6	2024646,2	1860812,5	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	4440642,63	6559842,13	10021998,9	4354301,14	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	2220321,31	3279921,07	5010999,45	2177150,57	<b>12.688.392</b>

**Tabla A6** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 148, estación 45-5 Sur

Ruta	148			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	45-5Sur		C2E	0,017	12,4
TMDA	5364	veh/dia	C+2E	0,061	1,9
Pistas	2		CSR	0,053	2
			BUSES	0,011	7,4

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	687,94	114,73	118,95	405,72	1327,341481
2011	699,64	121,73	125,26	410,18	
2012	711,53	129,15	131,90	414,69	
2013	723,63	137,03	138,89	419,25	
2014	735,93	145,39	146,25	423,86	
2015	748,44	154,26	154,00	428,53	
2016	761,16	163,67	162,16	433,24	
2017	774,10	173,65	170,76	438,01	
2018	787,26	184,25	179,81	442,82	
2019	800,65	195,48	189,33	447,70	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	814,26	207,41	199,37	452,62	1674
2021	828,10	220,06	209,94	457,60	
2022	842,18	233,48	221,06	462,63	
2023	856,49	247,73	232,78	467,72	
2024	871,06	262,84	245,12	472,87	
2025	885,86	278,87	258,11	478,07	
2026	900,92	295,88	271,79	483,33	
2027	916,24	313,93	286,19	488,64	
2028	931,81	333,08	301,36	494,02	
2029	947,66	353,40	317,33	499,45	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	963,77	374,96	334,15	504,95	2178
tj	5922076,6	1557098,7	1482024,6	3292648,8	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	6810388,117	7707638,67	7336021,95	7704798,3	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	3405194,059	3853819,34	3668010,98	3852399,15	<b>14.779.424</b>

**Tabla A7** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 156, estación 128-75

Ruta	156			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	128-75		C2E	0,017	7,3
TMDA	1736	veh/dia	C+2E	0,061	2,7
Pistas	2		CSR	0,053	6,7
			BUSES	0,011	7,3

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	131,07	52,76	128,97	129,53	442,3373136
2011	133,30	55,98	135,80	130,96	
2012	135,57	59,40	143,00	132,40	
2013	137,87	63,02	150,58	133,85	
2014	140,22	66,87	158,56	135,33	
2015	142,60	70,94	166,96	136,81	
2016	145,02	75,27	175,81	138,32	
2017	147,49	79,86	185,13	139,84	
2018	150,00	84,74	194,94	141,38	
2019	152,55	89,90	205,28	142,93	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	155,14	95,39	216,15	144,51	611
2021	157,78	101,21	227,61	146,10	
2022	160,46	107,38	239,67	147,70	
2023	163,19	113,93	252,38	149,33	
2024	165,96	120,88	265,75	150,97	
2025	168,78	128,26	279,84	152,63	
2026	171,65	136,08	294,67	154,31	
2027	174,57	144,38	310,29	156,01	
2028	177,54	153,19	326,73	157,72	
2029	180,56	162,53	344,05	159,46	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	183,63	172,45	362,28	161,21	880
tj	1128330,0	716122,4	1606797,6	1051229,4	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	1297579,54	3544805,92	7953648,26	2459876,854	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	648789,77	1772402,96	3976824,13	1229938,427	<b>7.627.955</b>



**Tabla A8** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 156, estación 75-Coihue

Ruta	156			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	75- Coihue		C2E	0,017	6,3
TMDA	1165	veh/dia	C+2E	0,061	4,1
Pistas	2		CSR	0,053	9,5
			BUSES	0,011	3,4

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	75,91	53,77	122,72	40,49	292,8853536
2011	77,20	57,05	129,22	40,93	
2012	78,51	60,53	136,07	41,38	
2013	79,85	64,22	143,28	41,84	
2014	81,21	68,14	150,88	42,30	
2015	82,59	72,30	158,87	42,76	
2016	83,99	76,71	167,29	43,23	
2017	85,42	81,39	176,16	43,71	
2018	86,87	86,35	185,50	44,19	
2019	88,35	91,62	195,33	44,68	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	89,85	97,21	205,68	45,17	438
2021	91,38	103,14	216,58	45,66	
2022	92,93	109,43	228,06	46,17	
2023	94,51	116,10	240,15	46,67	
2024	96,12	123,18	252,87	47,19	
2025	97,75	130,70	266,28	47,71	
2026	99,41	138,67	280,39	48,23	
2027	101,10	147,13	295,25	48,76	
2028	102,82	156,11	310,90	49,30	
2029	104,57	165,63	327,37	49,84	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	106,35	175,73	344,73	50,39	677
tj	653476,6	729765,9	1528925,0	328571,4	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	751498,0934	3612341,15	7568178,88	768857,097	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	375749,0467	1806170,58	3784089,44	384428,548	<b>6.350.438</b>

**Tabla A9** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 126, estación 34-24

Ruta	126			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	34-24		C2E	0,017	11,2
TMDA	1903	veh/dia	C+2E	0,061	2,7
Pistas	2		CSR	0,053	20,4
			BUSES	0,011	8

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	220,44	57,84	430,45	155,61	864,3455516
2011	224,19	57,84	453,27	157,32	
2012	228,00	57,84	477,29	159,05	
2013	231,88	57,84	502,59	160,80	
2014	235,82	57,84	529,22	162,57	
2015	239,83	57,84	557,27	164,36	
2016	243,91	57,84	586,81	166,16	
2017	248,05	57,84	617,91	167,99	
2018	252,27	57,84	650,66	169,84	
2019	256,56	57,84	685,14	171,71	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	260,92	57,84	721,46	173,60	1214
2021	265,36	57,84	759,69	175,51	
2022	269,87	57,84	799,96	177,44	
2023	274,45	57,84	842,35	179,39	
2024	279,12	57,84	887,00	181,36	
2025	283,87	57,84	934,01	183,36	
2026	288,69	57,84	983,51	185,37	
2027	293,60	57,84	1035,64	187,41	
2028	298,59	57,84	1090,53	189,47	
2029	303,67	57,84	1148,32	191,56	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	308,83	57,84	1209,19	193,67	1770
tj	1897668,6	785012,1	5362973,0	1262855,6	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	2182318,927	3885809,71	26546716,6	2955082,16	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1091159,463	1942904,86	13273358,3	1477541,08	<b>17.784.964</b>

**Tabla A10** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 126, estación 24-13

Ruta	126			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	24-13		C2E	0,017	11
TMDA	2508	veh/dia	C+2E	0,061	3,3
Pistas	2		CSR	0,053	17,7
			BUSES	0,011	7,4

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	285,34	93,17	492,22	189,70	1060,424359
2011	290,19	98,85	518,31	191,78	
2012	295,12	104,88	545,78	193,89	
2013	300,14	111,28	574,70	196,03	
2014	305,24	118,07	605,16	198,18	
2015	310,43	125,27	637,23	200,36	
2016	315,71	132,91	671,01	202,57	
2017	321,08	141,02	706,57	204,80	
2018	326,54	149,62	744,02	207,05	
2019	332,09	158,75	783,45	209,33	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	337,73	168,43	824,98	211,63	1543
2021	343,47	178,71	868,70	213,96	
2022	349,31	189,61	914,74	216,31	
2023	355,25	201,17	963,22	218,69	
2024	361,29	213,45	1014,27	221,09	
2025	367,43	226,47	1068,03	223,53	
2026	373,68	240,28	1124,63	225,99	
2027	380,03	254,94	1184,24	228,47	
2028	386,49	270,49	1247,01	230,98	
2029	393,06	286,99	1313,10	233,53	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	399,74	304,49	1382,69	236,09	2323
tj	2456313,4	1264489,6	6132498,6	1539515,9	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	2824760,46	6259223,35	30355868	3602467,21	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1412380,23	3129611,67	15177934	1801233,61	<b>21.521.160</b>

**Tabla A11** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 150, estación Conce-Tome

Ruta	150			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	Conce-Tome		C2E	0,017	8,9
TMDA	5874	veh/dia	C+2E	0,061	2,5
Pistas	4		CSR	0,053	3,6
			BUSES	0,011	14,2

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	540,71	165,31	234,47	852,56	1793,056427
2011	549,90	175,40	246,90	861,94	
2012	559,25	186,10	259,99	871,42	
2013	568,76	197,45	273,77	881,00	
2014	578,43	209,49	288,27	890,70	
2015	588,26	222,27	303,55	900,49	
2016	598,26	235,83	319,64	910,40	
2017	608,43	250,21	336,58	920,41	
2018	618,78	265,48	354,42	930,54	
2019	629,30	281,67	373,21	940,77	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	639,99	298,85	392,99	951,12	2283
2021	650,87	317,08	413,81	961,58	
2022	661,94	336,43	435,75	972,16	
2023	673,19	356,95	458,84	982,86	
2024	684,64	378,72	483,16	993,67	
2025	696,27	401,82	508,77	1004,60	
2026	708,11	426,33	535,73	1015,65	
2027	720,15	452,34	564,13	1026,82	
2028	732,39	479,93	594,02	1038,11	
2029	744,84	509,21	625,51	1049,53	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	757,50	540,27	658,66	1061,08	3018
tj	4654655,2	2243611,9	2921279,4	6919061,9	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	5352853,49	11105878,8	14460333,2	16190604,78	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	0,94	0,94	0,94	0,94	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	2515841,14	5219763,01	6796356,61	7609584,247	<b>22.141.545</b>

**Tabla A12** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 180, estación LA-86

Ruta	180			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	LA - 86		C2E	0,017	8,4
TMDA	9130	veh/dia	C+2E	0,061	3,9
Pistas	2		CSR	0,053	15
			BUSES	0,011	11

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	793,22	400,84	1518,51	1026,52	3739,082442
2011	806,70	425,29	1599,00	1037,81	
2012	820,42	451,23	1683,74	1049,22	
2013	834,36	478,75	1772,98	1060,77	
2014	848,55	507,96	1866,95	1072,43	
2015	862,97	538,94	1965,90	1084,23	
2016	877,64	571,82	2070,09	1096,16	
2017	892,56	606,70	2179,80	1108,21	
2018	907,74	643,71	2295,33	1120,40	
2019	923,17	682,97	2416,99	1132,73	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	938,86	724,64	2545,09	1145,19	5354
2021	954,82	768,84	2679,98	1157,79	
2022	971,05	815,74	2822,01	1170,52	
2023	987,56	865,50	2971,58	1183,40	
2024	1004,35	918,29	3129,08	1196,42	
2025	1021,42	974,31	3294,92	1209,58	
2026	1038,79	1033,74	3469,55	1222,88	
2027	1056,45	1096,80	3653,43	1236,33	
2028	1074,41	1163,71	3847,06	1249,93	
2029	1092,67	1234,69	4050,96	1263,68	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	1111,25	1310,01	4265,66	1277,58	7964
tj	6828316,3	5440128,6	18919022,6	8330832,3	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	7852563,77	26928636,3	93649161,7	19494147,5	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	3926281,88	13464318,2	46824580,8	9747073,749	<b>73.962.255</b>

**Tabla A13** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 180, estación 102-Renaico

Ruta	180			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	102-renaioco		C2E	0,017	8,8
TMDA	4393	veh/dia	C+2E	0,061	5,2
Pistas	2		CSR	0,053	18,6
			BUSES	0,011	8,1

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	399,84	257,16	906,01	363,70	1927
2011	406,64	272,84	954,02	367,71	
2012	413,55	289,49	1004,59	371,75	
2013	420,58	307,14	1057,83	375,84	
2014	427,73	325,88	1113,90	379,97	
2015	435,00	345,76	1172,93	384,15	
2016	442,40	366,85	1235,10	388,38	
2017	449,92	389,23	1300,56	392,65	
2018	457,57	412,97	1369,49	396,97	
2019	465,34	438,16	1442,07	401,34	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	473,26	464,89	1518,50	405,75	2862
2021	481,30	493,25	1598,98	410,21	
2022	489,48	523,34	1683,73	414,73	
2023	497,80	555,26	1772,96	419,29	
2024	506,27	589,13	1866,93	423,90	
2025	514,87	625,07	1965,88	428,56	
2026	523,63	663,20	2070,07	433,28	
2027	532,53	703,65	2179,78	438,04	
2028	541,58	746,57	2295,31	442,86	
2029	550,79	792,11	2416,96	447,73	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	560,15	840,43	2545,06	452,66	4398
tj	3441972,9	3490103,6	11287839,0	2951692,8	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	3958268,805	17276013,1	55874803	6906961,05	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	1	1	1	1	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1979134,402	8638006,53	27937401,5	3453480,53	<b>42.008.023</b>

**Tabla A14** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta 152, estación ITATA

Ruta	152			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	ITATA		C2E	0,017	5,9
TMDA	5424	veh/dia	C+2E	0,061	6,3
Pistas	4		CSR	0,053	11,5
			BUSES	0,011	10,5

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	330,99	384,67	691,63	582,12	1989,410457
2011	336,62	408,14	728,29	588,52	
2012	342,34	433,03	766,89	595,00	
2013	348,16	459,45	807,53	601,54	
2014	354,08	487,48	850,33	608,16	
2015	360,10	517,21	895,40	614,85	
2016	366,22	548,76	942,85	621,61	
2017	372,44	582,24	992,83	628,45	
2018	378,77	617,75	1045,45	635,36	
2019	385,21	655,43	1100,85	642,35	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	391,76	695,42	1159,20	649,42	2896
2021	398,42	737,84	1220,64	656,56	
2022	405,20	782,84	1285,33	663,78	
2023	412,08	830,60	1353,45	671,08	
2024	419,09	881,26	1425,19	678,47	
2025	426,21	935,02	1500,72	685,93	
2026	433,46	992,06	1580,26	693,47	
2027	440,83	1052,57	1664,01	701,10	
2028	448,32	1116,78	1752,21	708,81	
2029	455,94	1184,90	1845,07	716,61	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	463,70	1257,18	1942,86	724,49	4388
tj	2849280,9	5220763,4	8616962,0	4724261,3	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	3276672,99	25842778,6	42653962,1	11054771,37	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	0,94	0,94	0,94	0,94	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1540036,3	12146105,9	20047362,2	5195742,542	<b>38.929.247</b>

**Tabla A15** Valores TMDA y Ejes Equivalentes Ruta Q-50, estación 49-Cabrero

Ruta	Q-50			Tasa Crec.	Composición %
Estacion	49 - Cabrero		C2E	0,017	7,5
TMDA	5534	veh/dia	C+2E	0,061	3,8
Pistas	4		CSR	0,053	40
			BUSES	0,011	6,4

	TMDA C2E	TMDA C+2E	TMDA CSR	TMDA BUSES	Total TMDA 2010
2010	429,28	236,73	2454,46	362,01	3482,4821
2011	436,58	251,17	2584,55	365,99	
2012	444,00	266,49	2721,53	370,02	
2013	451,55	282,75	2865,77	374,09	
2014	459,23	300,00	3017,65	378,20	
2015	467,03	318,30	3177,59	382,36	
2016	474,97	337,71	3346,00	386,57	
2017	483,05	358,31	3523,34	390,82	
2018	491,26	380,17	3710,08	395,12	
2019	499,61	403,36	3906,71	399,47	<b>Total TMDA 2010</b>
2020	508,10	427,96	4113,77	403,86	5454
2021	516,74	454,07	4331,80	408,30	
2022	525,53	481,77	4561,38	412,80	
2023	534,46	511,16	4803,13	417,34	
2024	543,55	542,34	5057,70	421,93	
2025	552,79	575,42	5325,76	426,57	
2026	562,18	610,52	5608,02	431,26	
2027	571,74	647,76	5905,25	436,00	
2028	581,46	687,27	6218,23	440,80	
2029	591,34	729,20	6547,79	445,65	<b>Total TMDA 2030</b>
2030	601,40	773,68	6894,83	450,55	8720
tj	3695421,5	3212895,0	30579882,0	2937947,7	
FEE	1,15	4,95	4,95	2,34	
EE TOTALES	4249734,773	15903830,1	151370416	6874797,56	
FP	0,5	0,5	0,5	0,5	
FD	0,94	0,94	0,94	0,94	<b>TOTAL EE</b>
EE DISEÑO	1997375,343	7474800,16	71144095,4	3231154,85	<b>83.847.426</b>



Las estaciones corresponden a las mediciones del plan de censos bianuales de la Dirección de Vialidad. En la última columna se ordenaron los ejes equivalentes obtenidos a 20 años de mayor a menor y de esta forma se seleccionaron los niveles: Bajo, Medio y Alto.

**Tabla A16** Rangos de valores para solicitudes de tránsito.

Ruta	ESTACIONES	TMDA 2010 (VEH/DIA)	TMDA 2030 (VEH/DIA)	EE 20 AÑOS	EE 20 AÑOS DECRECIE.	
160	122-69	3593,23633	6391	55.635.598	88841048,67	<b>ALTO</b>
	67-97	3003,13352	6987	67.385.119	83847425,75	
	124-lebu	857,09475	1561	13.122.504	73962254,65	
148	conce-49	4094,23429	9639	88.841.049	67385119,47	<b>MEDIO</b>
	44-45	938,003113	1689	12.688.392	55635597,76	
	45-5 Sur	1327,34148	2178	14.779.424	42008022,97	
156	128- 75	442,337314	880	7.627.955	38929246,98	<b>MEDIO</b>
	75-Coihue	292,885354	677	6.350.438	22141545,01	
126	34-24	864,345552	1770	17.784.964	21521159,53	<b>MEDIO</b>
	24-13	1060,42436	2323	21.521.160	17784963,69	
150	Conce- Tome	1793,05643	3018	22.141.545	14779423,52	<b>BAJO</b>
180	L.A.-86	3739,08244	7964	73.962.255	13122504,19	
	102-Renaico	1927	4398	42.008.023	12688392,4	
152	ITATA	1989,41046	4388	38.929.247	7627955,287	
Q-50	49- Cabrero	3482,4821	8720	83.847.426	6350437,611	

Fuente: Elaboración Propia 2012

**ANEXO B: CAPACIDAD VIAL**

En este anexo se pueden apreciar los detalles del cálculo de capacidad vial en las 3 estaciones.

**Tabla B1** Capacidad Vial, Ruta 160, estación 122-69

Ruta	160		Tasa Crec.	Composición %		TMDA											
Estacion	122-69		0,017	7		578,77											
TMDA	7994	veh/dia	C+2E	0,061	2,5	224,98											
Pistas	2		CSR	0,053	9,9	877,52											
			BUSES	0,011	23,4	1911,98											
			livianos	0,032	57,2	4869,89											
C2E			C+2E			ART. SEMI. RE			Buses			Livianos			SUMA VEQ.		
	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)		
2010	289,38	34,73	69,45	112,49	13,50	33,75	438,76	52,65	131,63	955,99	114,72	229,44	2434,95	292,19	292,19	2010	756,46
2011	294,30	35,32	70,63	119,35	14,32	35,80	462,01	55,44	138,60	966,50	115,98	231,96	2512,87	301,54	301,54	2011	778,55
2012	299,31	35,92	71,83	126,63	15,20	37,99	486,50	58,38	145,95	977,14	117,26	234,51	2593,28	311,19	311,19	2012	801,48
2013	304,39	36,53	73,05	134,35	16,12	40,31	512,28	61,47	153,69	987,88	118,55	237,09	2676,26	321,15	321,15	2013	825,29
2014	309,57	37,15	74,30	142,55	17,11	42,76	539,44	64,73	161,83	998,75	119,85	239,70	2761,90	331,43	331,43	2014	850,02
2015	314,83	37,78	75,56	151,25	18,15	45,37	568,03	68,16	170,41	1009,74	121,17	242,34	2850,28	342,03	342,03	2015	875,71
2016	320,18	38,42	76,84	160,47	19,26	48,14	598,13	71,78	179,44	1020,84	122,50	245,00	2941,49	352,98	352,98	2016	902,41
2017	325,63	39,08	78,15	170,26	20,43	51,08	629,83	75,58	188,95	1032,07	123,85	247,70	3035,62	364,27	364,27	2017	930,15
2018	331,16	39,74	79,48	180,65	21,68	54,19	663,21	79,59	198,96	1043,43	125,21	250,42	3132,76	375,93	375,93	2018	958,99
2019	336,79	40,42	80,83	191,67	23,00	57,50	698,36	83,80	209,51	1054,90	126,59	253,18	3233,01	387,96	387,96	2019	988,98
2020	342,52	41,10	82,20	203,36	24,40	61,01	735,38	88,25	220,61	1066,51	127,98	255,96	3336,46	400,38	400,38	2020	1020,16
2021	348,34	41,80	83,60	215,76	25,89	64,73	774,35	92,92	232,31	1078,24	129,39	258,78	3443,23	413,19	413,19	2021	1052,60
2022	354,26	42,51	85,02	228,92	27,47	68,68	815,39	97,85	244,62	1090,10	130,81	261,62	3553,42	426,41	426,41	2022	1086,35
2023	360,29	43,23	86,47	242,89	29,15	72,87	858,61	103,03	257,58	1102,09	132,25	264,50	3667,12	440,05	440,05	2023	1121,47
2024	366,41	43,97	87,94	257,70	30,92	77,31	904,11	108,49	271,23	1114,21	133,71	267,41	3784,47	454,14	454,14	2024	1158,03
2025	372,64	44,72	89,43	273,42	32,81	82,03	952,03	114,24	285,61	1126,47	135,18	270,35	3905,58	468,67	468,67	2025	1196,09
2026	378,97	45,48	90,95	290,10	34,81	87,03	1002,49	120,30	300,75	1138,86	136,66	273,33	4030,55	483,67	483,67	2026	1235,72
2027	385,42	46,25	92,50	307,80	36,94	92,34	1055,62	126,67	316,69	1151,39	138,17	276,33	4159,53	499,14	499,14	2027	1277,00
2028	391,97	47,04	94,07	326,57	39,19	97,97	1111,57	133,39	333,47	1164,05	139,69	279,37	4292,64	515,12	515,12	2028	1320,01
2029	398,63	47,84	95,67	346,50	41,58	103,95	1170,48	140,46	351,14	1176,86	141,22	282,45	4430,00	531,60	531,60	2029	1364,81
2030	405,41	48,65	97,30	367,63	44,12	110,29	1232,52	147,90	369,76	1189,80	142,78	285,55	4571,76	548,61	548,61	2030	1411,51

**Tabla B2** Capacidad Vial, Ruta 148, estación 45- 5 Sur

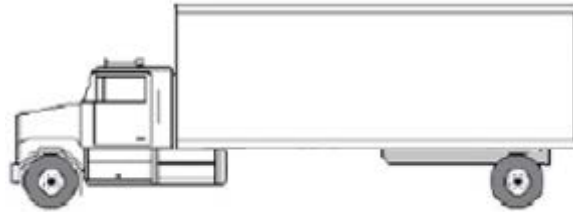
Ruta	148		Tasa Crec.	Composición %		TMDA											
Estacion	45-5Sur		0,017	12,4		687,94											
TMDA	5364	veh/dia	C+2E	0,061	1,9	114,73											
Pistas	2		CSR	0,053	2	118,95											
			BUSES	0,011	7,4	405,72											
			livianos	0,032	76,3	4358,86											
	C2E			C+2E			ART. SEMI. RE			Buses			Livianos			SUMA VEQ.	
	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)		
2010	343,97	41,28	82,55	57,36	6,88	17,21	59,48	7,14	17,84	202,86	24,34	48,69	2179,43	261,53	261,53	2010	427,82
2011	349,82	41,98	83,96	60,86	7,30	18,26	62,63	7,52	18,79	205,09	24,61	49,22	2249,17	269,90	269,90	2011	440,13
2012	355,77	42,69	85,38	64,58	7,75	19,37	65,95	7,91	19,78	207,35	24,88	49,76	2321,14	278,54	278,54	2012	452,84
2013	361,81	43,42	86,84	68,52	8,22	20,55	69,44	8,33	20,83	209,63	25,16	50,31	2395,42	287,45	287,45	2013	465,98
2014	367,96	44,16	88,31	72,70	8,72	21,81	73,12	8,77	21,94	211,93	25,43	50,86	2472,07	296,65	296,65	2014	479,57
2015	374,22	44,91	89,81	77,13	9,26	23,14	77,00	9,24	23,10	214,26	25,71	51,42	2551,18	306,14	306,14	2015	493,62
2016	380,58	45,67	91,34	81,83	9,82	24,55	81,08	9,73	24,32	216,62	25,99	51,99	2632,82	315,94	315,94	2016	508,14
2017	387,05	46,45	92,89	86,83	10,42	26,05	85,38	10,25	25,61	219,00	26,28	52,56	2717,07	326,05	326,05	2017	523,16
2018	393,63	47,24	94,47	92,12	11,05	27,64	89,90	10,79	26,97	221,41	26,57	53,14	2804,01	336,48	336,48	2018	538,70
2019	400,32	48,04	96,08	97,74	11,73	29,32	94,67	11,36	28,40	223,85	26,86	53,72	2893,74	347,25	347,25	2019	554,77
2020	407,13	48,86	97,71	103,70	12,44	31,11	99,68	11,96	29,91	226,31	27,16	54,31	2986,34	358,36	358,36	2020	571,40
2021	414,05	49,69	99,37	110,03	13,20	33,01	104,97	12,60	31,49	228,80	27,46	54,91	3081,91	369,83	369,83	2021	588,61
2022	421,09	50,53	101,06	116,74	14,01	35,02	110,53	13,26	33,16	231,32	27,76	55,52	3180,53	381,66	381,66	2022	606,42
2023	428,25	51,39	102,78	123,86	14,86	37,16	116,39	13,97	34,92	233,86	28,06	56,13	3282,30	393,88	393,88	2023	624,86
2024	435,53	52,26	104,53	131,42	15,77	39,43	122,56	14,71	36,77	236,43	28,37	56,74	3387,34	406,48	406,48	2024	643,94
2025	442,93	53,15	106,30	139,44	16,73	41,83	129,05	15,49	38,72	239,03	28,68	57,37	3495,73	419,49	419,49	2025	663,71
2026	450,46	54,06	108,11	147,94	17,75	44,38	135,89	16,31	40,77	241,66	29,00	58,00	3607,60	432,91	432,91	2026	684,17
2027	458,12	54,97	109,95	156,97	18,84	47,09	143,10	17,17	42,93	244,32	29,32	58,64	3723,04	446,76	446,76	2027	705,37
2028	465,91	55,91	111,82	166,54	19,98	49,96	150,68	18,08	45,20	247,01	29,64	59,28	3842,18	461,06	461,06	2028	727,33
2029	473,83	56,86	113,72	176,70	21,20	53,01	158,67	19,04	47,60	249,73	29,97	59,93	3965,13	475,82	475,82	2029	750,08
2030	481,88	57,83	115,65	187,48	22,50	56,24	167,08	20,05	50,12	252,47	30,30	60,59	4092,01	491,04	491,04	2030	773,65

**Tabla B3** Capacidad Vial, Ruta 150, estación Conce-Tome

Ruta	150			Tasa Crec.	Composición %	TMDA													
Estacion	Conce- Tome		C2E	0,017	8,9	540,71													
TMDA	5874	veh/dia	C+2E	0,061	2,5	165,31													
Pistas	4		CSR	0,053	3,6	234,47													
			BUSES	0,011	14,2	852,56													
			livianos	0,032	70,8	4429,21													
C2E			C+2E			ART. SEMI. RE			Buses			Livianos			SUMA VEQ.				
TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)	TMDA (Veh/d)	VHD (v/h/p)	Veq (veh/h)					
2010	270,36	30,50	60,99	82,66	9,32	23,31	117,24	13,22	33,06	426,28	48,08	96,17	2214,61	249,81	249,81	2010	463,34		
2011	274,95	31,01	62,03	87,70	9,89	24,73	123,45	13,93	34,81	430,97	48,61	97,23	2285,47	257,80	257,80	2011	476,60		
2012	279,63	31,54	63,08	93,05	10,50	26,24	129,99	14,66	36,66	435,71	49,15	98,30	2358,61	266,05	266,05	2012	490,33		
2013	284,38	32,08	64,16	98,72	11,14	27,84	136,88	15,44	38,60	440,50	49,69	99,38	2434,08	274,56	274,56	2013	504,54		
2014	289,21	32,62	65,25	104,75	11,82	29,54	144,14	16,26	40,65	445,35	50,24	100,47	2511,98	283,35	283,35	2014	519,25		
2015	294,13	33,18	66,36	111,14	12,54	31,34	151,78	17,12	42,80	450,25	50,79	101,58	2592,36	292,42	292,42	2015	534,49		
2016	299,13	33,74	67,48	117,91	13,30	33,25	159,82	18,03	45,07	455,20	51,35	102,69	2675,31	301,78	301,78	2016	550,27		
2017	304,22	34,32	68,63	125,11	14,11	35,28	168,29	18,98	47,46	460,21	51,91	103,82	2760,92	311,43	311,43	2017	566,62		
2018	309,39	34,90	69,80	132,74	14,97	37,43	177,21	19,99	49,97	465,27	52,48	104,96	2849,27	321,40	321,40	2018	583,57		
2019	314,65	35,49	70,98	140,84	15,89	39,72	186,60	21,05	52,62	470,39	53,06	106,12	2940,45	331,68	331,68	2019	601,12		
2020	320,00	36,10	72,19	149,43	16,86	42,14	196,49	22,16	55,41	475,56	53,64	107,29	3034,54	342,30	342,30	2020	619,32		
2021	325,44	36,71	73,42	158,54	17,88	44,71	206,91	23,34	58,35	480,79	54,23	108,47	3131,65	353,25	353,25	2021	638,19		
2022	330,97	37,33	74,67	168,21	18,97	47,44	217,87	24,58	61,44	486,08	54,83	109,66	3231,86	364,55	364,55	2022	657,76		
2023	336,60	37,97	75,94	178,47	20,13	50,33	229,42	25,88	64,70	491,43	55,43	110,87	3335,28	376,22	376,22	2023	678,05		
2024	342,32	38,61	77,23	189,36	21,36	53,40	241,58	27,25	68,13	496,83	56,04	112,09	3442,01	388,26	388,26	2024	699,10		
2025	348,14	39,27	78,54	200,91	22,66	56,66	254,38	28,69	71,74	502,30	56,66	113,32	3552,16	400,68	400,68	2025	720,93		
2026	354,06	39,94	79,87	213,17	24,05	60,11	267,87	30,22	75,54	507,82	57,28	114,57	3665,83	413,51	413,51	2026	743,60		
2027	360,07	40,62	81,23	226,17	25,51	63,78	282,06	31,82	79,54	513,41	57,91	115,83	3783,13	426,74	426,74	2027	767,12		
2028	366,20	41,31	82,61	239,97	27,07	67,67	297,01	33,50	83,76	519,06	58,55	117,10	3904,19	440,39	440,39	2028	791,53		
2029	372,42	42,01	84,02	254,61	28,72	71,80	312,75	35,28	88,20	524,77	59,19	118,39	4029,13	454,49	454,49	2029	816,89		
2030	378,75	42,72	85,45	270,14	30,47	76,18	329,33	37,15	92,87	530,54	59,84	119,69	4158,06	469,03	469,03	2030	843,21		

**ANEXO C: CARACTERIZACION DE CARGAS**

Las figuras C1, C2, C3 y C4 muestran las configuraciones más utilizadas en la Región del Bío-Bío y las Tablas C1, C2, C3 y C4 los resultados de la caracterización de cargas utilizadas en el estudio.



**Figura C1** Configuración Camión de 2 ejes

**Tabla C1** Caracterización de cargas de la configuración Camión de 2 ejes

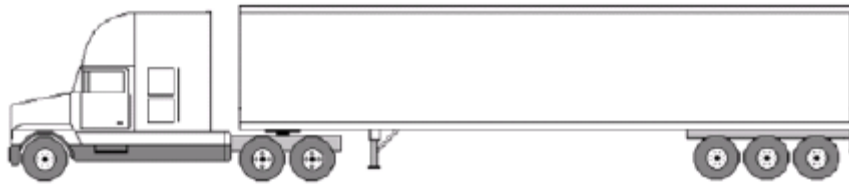
Peso por eje	Tipos de ejes		Peso total
	ESRS	ESRD	
Carga Legal	7	11	18
Carga Legal mas Tol.	7,35	11,6	18,95
Sobrecarga 10%	7,7	12,1	19,8
Sobrecarga 20%	8,4	13,2	21,6
Sobrecarga 30%	9,1	14,3	23,4



**Figura C2** Camión más de 2 ejes

**Tabla C2** Caracterización de carga de la configuración Camión más de 2 ejes

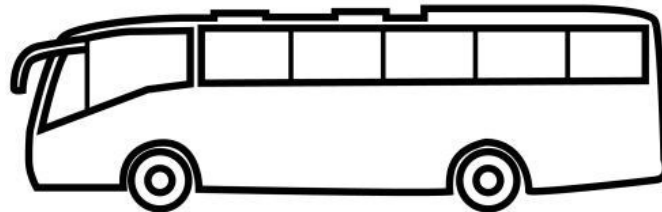
Peso por eje (Ton)	Tipos de ejes				Peso total
	ESRS	EDRD	ESRD	ESRD	
Carga Legal	7	16	11	11	45
Carga Legal mas Tol.	7,35	16,9	11,6	11,6	47,45
Sobrecarga 10%	7,7	17,6	12,1	12,1	49,5
Sobrecarga 20%	8,4	19,2	13,2	13,2	54
Sobrecarga 30%	9,1	20,8	14,3	14,3	58,5



**Figura C3** Camión semirremolque.

**Tabla C3** Caracterización de carga de la configuración camión semirremolque.

Peso por eje (Ton)	Tipos de ejes			Peso total
	ESRS	EDRD	ETRD	
Carga Legal	7	18	20	45
Carga Legal mas Tol.	7,35	18,9	21,2	47,45
Sobrecarga 10%	7,7	19,8	22	49,5
Sobrecarga 20%	8,4	21,6	24	54
Sobrecarga 30%	9,1	23,4	26	58,5



**Figura C4** Buses.

**Figura C4** Caracterización de la configuración Buses.

Peso por eje / Tipo de eje	Numero de ejes		Peso total
	ESRS	ESRD	
Carga Legal	7	11	18
Carga Legal mas Tol.	7,35	11,6	18,95
Sobrecarga 10%	7,7	12,1	19,8
Sobrecarga 20%	8,4	13,2	21,6
Sobrecarga 30%	9,1	14,3	23,4

**ANEXO D: FACTOR CAMION**

En este anexo se pueden apreciar con mayor detalle el procedimiento con los cuales se obtuvieron los FEE y FC por medio del método empírico que propone la AASHTO, para cada tipo de vehículo y nivel de carga.

**Tabla D1(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal y transito alto

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	33	cm	12,969	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7	15,4411765	18	39,7058824	20	44,1176471	45
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	60,010		657,861		297,948		
B18	126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,290		0,590		0,257		
FEE	0,513		3,887		1,807		6,207

**Tabla D1(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal y transito alto

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	33	cm	12,969	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	7	15,4411765	16	35,2941176	11	24,2647059	11	24,2647059	45
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	60,010		367,998		557,000		557,000		
B18	126,870		126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,290		0,365		0,571		0,571		
FEE	0,513		2,319		3,726		3,726		10,286

**Tabla D1(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal y transito alto

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7	15,4411765	11	24,2647059	18
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	60,010		557,000		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,290		0,571		
FEE	0,513		3,726		4,240

**Tabla D1(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal y transito alto

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7	15,4411765	11	24,2647059	18
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	60,010		557,000		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,290		0,571		
FEE	0,513		3,726		4,240

**Tabla D2(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal y transito medio

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	28	cm	11,004	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7	15,4411765	18	39,7058824	20	44,1176471	45
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	117,610		1.293,146		585,460		
B18	249,075		249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,290		0,590		0,257		
FEE	0,513		3,889		1,808		6,210

**Tabla D2(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal y transito medio

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	28	cm	11,004	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	7	15,4411765	16	35,2941176	11	24,2647059	11	24,2647059	45
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	117,610		723,198		1.094,827		1.094,827		
B18	249,075		249,075		249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,290		0,366		0,572		0,572		
FEE	0,513		2,320		3,728		3,728		10,290



**Tabla D2(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal y transito medio

FC para Bus 2 ejes				
indice servicialidad final		2		
espesor	28	cm	11,004	in
	simple		simple	
Lx (kips)	7	15,4411765	11	24,2647059
L2	1		1	
Gt	-	0,079	-	0,079
Bx	117,610		1.094,827	
B18	249,075		249,075	
log(1/FEE)	0,290		0,572	
FEE	0,513		3,728	
				4,241

**Tabla D2(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal y transito medio

FC para Camion 2 ejes				
indice servicialidad final		2		
espesor	28	cm	11,004	in
	simple		simple	
	ton	kips	ton	kips
Lx	7	15,4411765	11	24,2647059
L2	1		1	
Gt	-	0,079	-	0,079
Bx	117,610		1.094,827	
B18	249,075		249,075	
log(1/FEE)	0,290		0,572	
FEE	0,513		3,728	
				4,241

**Tabla D3(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal y transito bajo

FC para CAT tracto semi remolque						
indice servicialidad final		2				
espesor	23	cm	9,039	in		
	simple		tandem		tridem	
	ton	kips	ton	kips	ton	kips
Lx	7	15,4411765	18	39,7058824	20	44,1176471
L2	1		2		3	
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079
Bx	260,547		2.869,645		1.298,939	
B18	552,332		552,332		552,332	
log(1/FEE)	0,290		0,590		0,257	
FEE	0,513		3,890		1,808	
						6,211

**Tabla D3(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal y transito bajo

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	23	cm	9,039	in			
	simple		tandem		simple	simple	total
Lx (kips)	7	15,4411765	16	35,2941176	11	24,2647059	45
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx		260,547		1.604,647		2.429,477	
B18		552,332		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,290	-	0,366	-	0,572	
FEE		0,513		2,321		3,730	10,293

**Tabla D3(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal y transito bajo

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7	15,4411765	11	24,2647059	18
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		260,547		2.429,477	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,290	-	0,572	
FEE		0,513		3,730	4,242

**Tabla D3(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal y transito bajo

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7	15,4411765	11	24,2647059	18
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		260,547		2.429,477	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,290	-	0,572	
FEE		0,513		3,730	4,242

**Tabla D4(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito alto

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	33	cm	12,969	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	18,9	41,6911765	21,2	46,7647059	47,45
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	76,075		837,719		395,761		
B18	126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,198		0,683		0,367		
FEE	0,634		4,818		2,326		7,778

**Tabla D4(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito alto

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	33	cm	12,969	in			
	simple		tandem		simple		total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	16,9	37,2794118	11,6	25,5882353	47,45
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	76,075		481,795		726,263		
B18	126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,198		0,469		0,674		
FEE	0,634		2,947		4,717		13,016

**Tabla D4(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito alto

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	76,075		726,263		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,198		0,674		
FEE	0,634		4,717		5,352

**Tabla D4(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito alto

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	76,075		726,263		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,198		0,674		
FEE	0,634		4,717		5,352

**Tabla D5(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito medio

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	28	cm	11,004	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	18,9	41,6911765	21,2	46,7647059	47,45
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	149,198		1.646,797		777,787		
B18	249,075		249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,198		0,683		0,367		
FEE	0,634		4,821		2,327		7,782

**Tabla D5(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito medio

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	28	cm	11,004	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	16,9	37,2794118	11,6	25,5882353	11,6	25,5882353	47,45
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	149,198		946,953		1.427,644		1.427,644		
B18	249,075		249,075		249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,198		0,470		0,674		0,674		
FEE	0,634		2,948		4,720		4,720		13,023

**Tabla D5(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito medio

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	28	cm	11,004	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	149,198		1.427,644		
B18	249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,198		0,674		
FEE	0,634		4,720		5,354

**Tabla D5(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito medio

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	28	cm	11,004	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	149,198		1.427,644		
B18	249,075		249,075		
log(1/FEE)	0,198		0,674		
FEE	0,634		4,720		5,354

**Tabla D6(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito bajo

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	23	cm	9,039	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	18,9	41,6911765	21,2	46,7647059	47,45
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	330,657		3.654,573		1.725,808		
B18	552,332		552,332		552,332		
log(1/FEE)	0,198		0,683		0,367		
FEE	0,634		4,823		2,327		7,784

**Tabla D6(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito bajo

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	23	cm	9,039	in			
	simple		tandem		simple	simple	total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	16,9	37,2794118	11,6	25,5882353	47,45
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-
Bx		330,657		2.101,271		3.168,163	
B18		552,332		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,198	-	0,470	-	0,674	-
FEE		0,634		2,949		4,722	13,027

**Tabla D6(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito bajo

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		330,657		3.168,163	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,198	-	0,674	
FEE		0,634		4,722	5,356

**Tabla D6(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de carga legal mas tolerancia y transito bajo

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,35	16,2132353	11,6	25,5882353	18,95
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		330,657		3.168,163	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,198	-	0,674	
FEE		0,634		4,722	5,356

**Tabla D7(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito alto

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	33	cm	12,969	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	19,8	43,6764706	22	48,5294118	49,5
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	95,469		1.055,382		474,303		
B18	126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,110		0,772		0,436		
FEE	0,776		5,916		2,732		9,424

**Tabla D7(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito alto

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	33	cm	12,969	in			
	simple		tandem		simple		total
Lx (kips)	7,7	16,9852941	17,6	38,8235294	12,1	26,6911765	49,5
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	95,469		588,673		897,095		
B18	126,870		126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,110		0,547		0,755		
FEE	0,776		3,521		5,692		15,681

**Tabla D7(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito alto

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	95,469		897,095		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,110		0,755		
FEE	0,776		5,692		6,468

**Tabla D7(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito alto

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	33	cm	12,969	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	95,469		897,095		
B18	126,870		126,870		
log(1/FEE)	0,110		0,755		
FEE	0,776		5,692		6,468

**Tabla D8(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito medio

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	29	cm	11,397	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	19,8	43,6764706	22	48,5294118	49,5
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	162,315		1.797,161		807,514		
B18	215,794		215,794		215,794		
log(1/FEE)	0,110		0,772		0,437		
FEE	0,776		5,919		2,733		9,428

**Tabla D8(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito medio

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	29	cm	11,397	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
	7,7	16,9852941	17,6	38,8235294	12,1	26,6911765	12,1	26,6911765	49,5
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	162,315		1.002,299		1.527,579		1.527,579		
B18	215,794		215,794		215,794		215,794		
log(1/FEE)	0,110		0,547		0,755		0,755		
FEE	0,776		3,523		5,695		5,695		15,688



**Tabla D8(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito medio

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	29	cm	11,397	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	162,315		1.527,579		
B18	215,794		215,794		
log(1/FEE)	0,110		-	0,755	
FEE	0,776		5,695		6,471

**Tabla D8(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito medio

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	29	cm	11,397	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	162,315		1.527,579		
B18	215,794		215,794		
log(1/FEE)	0,110		-	0,755	
FEE	0,776		5,695		6,471

**Tabla D9(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito bajo

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final	2						
espesor	23	cm	9,039	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	19,8	43,6764706	22	48,5294118	49,5
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	415,295		4.604,480		2.068,575		
B18	552,332		552,332		552,332		
log(1/FEE)	0,110		-	0,772	-	0,437	
FEE	0,776		5,922		2,734		9,432

**Tabla D9(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito bajo

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final	2						
espesor	23	cm	9,039	in			
	simple		tandem		simple	simple	total
Lx (kips)	7,7	16,9852941	17,6	38,8235294	12,1	26,6911765	49,5
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx		415,295		2.567,699		3.913,694	
B18		552,332		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,110	-	0,547	-	0,756	
FEE		0,776		3,524		5,697	15,695

**Tabla D9(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito bajo

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		415,295		3.913,694	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,110	-	0,756	
FEE		0,776		5,697	6,473

**Tabla D9(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 10% y transito bajo

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	23	cm	9,039	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	7,7	16,9852941	12,1	26,6911765	19,8
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		415,295		3.913,694	
B18		552,332		552,332	
log(1/FEE)		0,110	-	0,756	
FEE		0,776		5,697	6,473

**Tabla D10(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito alto

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	34	cm	13,362	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	21,6	47,6470588	24	52,9411765	54
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	129,317		1.438,367		642,297		
B18	112,150		112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,939	-	0,601	
FEE	1,135		8,693		3,992		13,819

**Tabla D10(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito alto

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	34	cm	13,362	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	19,2	42,3529412	13,2	29,1176471	13,2	29,1176471	54
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	129,317		800,417		1.226,702		1.226,702		
B18	112,150		112,150		112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,713	-	0,924	-	0,924	
FEE	1,135		5,164		8,388		8,388		23,075

**Tabla D10(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito alto

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	34	cm	13,362	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	129,317		1.226,702		
B18	112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE	1,135		8,388		9,523

**Tabla D10(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito alto

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	34	cm	13,362	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	129,317		1.226,702		
B18	112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE	1,135		8,388		9,523

**Tabla D11(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito medio

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	30	cm	11,79	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	21,6	47,6470588	24	52,9411765	54
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	216,596		2.411,886		1.076,869		
B18	187,806		187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,939	-	0,601	
FEE	1,135		8,698		3,994		13,827

**Tabla D11(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito medio

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	30	cm	11,79	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	19,2	42,3529412	13,2	29,1176471	13,2	29,1176471	54
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	216,596		1.342,037		2.056,922		2.056,922		
B18	187,806		187,806		187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,713	-	0,924	-	0,924	
FEE	1,135		5,167		8,393		8,393		23,088

**Tabla D11(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito medio

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	30	cm	11,79	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		216,596		2.056,922	
B18		187,806		187,806	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE		1,135		8,393	9,528

**Tabla D11(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito medio

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	30	cm	11,79	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		216,596		2.056,922	
B18		187,806		187,806	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE		1,135		8,393	9,528

**Tabla D12(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito bajo

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final	2						
espesor	24	cm	9,432	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	21,6	47,6470588	24	52,9411765	54
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx		536,901		5.984,626		2.671,713	
B18		465,457		465,457		465,457	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,940	-	0,602	
FEE		1,135		8,703		3,996	13,834

**Tabla D12(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito bajo

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	24	cm	9,432	in			
	simple		tandem		simple	simple	total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	19,2	42,3529412	13,2	29,1176471	54
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx		536,901		3.329,741		5.103,765	
B18		465,457		465,457		465,457	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,713	-	0,924	
FEE		1,135		5,169		8,398	23,100

**Tabla D12(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito bajo

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	24	cm	9,432	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		536,901		5.103,765	
B18		465,457		465,457	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE		1,135		8,398	9,533

**Tabla D12(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 20% y transito bajo

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	24	cm	9,432	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	8,4	18,5294118	13,2	29,1176471	21,6
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		536,901		5.103,765	
B18		465,457		465,457	
log(1/FEE)	-	0,055	-	0,924	
FEE		1,135		8,398	9,533

**Tabla D13(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito alto

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	34	cm	13,362	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	23,4	51,6176471	26	57,3529412	58,5
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	191,897		2.145,773		952,962		
B18	112,150		112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,094	-	0,753	
FEE	1,613		12,403		5,668		19,683

**Tabla D13(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito alto

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	34	cm	13,362	in			
	simple		tandem		simple		total
Lx (kips)	9,1	20,0735294	20,8	45,8823529	14,3	31,5441176	58,5
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	191,897		1.191,683		1.835,185		
B18	112,150		112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,208	-	0,867	-	1,079	
FEE	1,613		7,354		11,998		32,964

**Tabla D13(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito alto

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	34	cm	13,362	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	23,4
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	191,897		1.835,185		
B18	112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,079	
FEE	1,613		11,998		13,611

**Tabla D13(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito alto

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	34	cm	13,362	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	23,4
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	191,897		1.835,185		
B18	112,150		112,150		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,079	
FEE	1,613		11,998		13,611

**Tabla D14(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito medio

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	30	cm	11,79	in			
	simple		tandem		tridem		total
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	23,4	51,6176471	26	57,3529412	58,5
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	321,543		3.598,214		1.597,857		
B18	187,806		187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,094	-	0,754	
FEE	1,613		12,410		5,671		19,694

**Tabla D14(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito medio

FC para CAT camion remolque									
indice servicialidad final		2							
espesor	30	cm	11,79	in					
	simple		tandem		simple		simple		total
Lx (kips)	9,1	20,0735294	20,8	45,8823529	14,3	31,5441176	14,3	31,5441176	58,5
L2	1		2		1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	321,543		1.998,195		3.077,354		3.077,354		
B18	187,806		187,806		187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,208	-	0,867	-	1,079	-	1,079	
FEE	1,613		7,359		12,006		12,006		32,983



**Tabla D14(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito medio

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	30	cm	11,79	in	
	simple		simple		
Lx (kips)	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	total
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	321,543		3.077,354		
B18	187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,079	
FEE	1,613		12,006		13,619

**Tabla D14(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito medio

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final	2				
espesor	30	cm	11,79	in	
	simple		simple		
	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	TOTAL
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx	321,543		3.077,354		
B18	187,806		187,806		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,079	
FEE	1,613		12,006		13,619

**Tabla D15(A)** Factor Camión, de CSR, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito bajo

FC para CAT tracto semi remolque							
indice servicialidad final	2						
espesor	25	cm	9,825	in			
	simple		tandem		tridem		
	ton	kips	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	23,4	51,6176471	26	57,3529412	total
L2	1		2		3		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	
Bx	676,159		7.571,045		3.361,824		
B18	394,746		394,746		394,746		
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,094	-	0,754	
FEE	1,613		12,416		5,673		19,703

**Tabla D15(B)** Factor Camión, de C+2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito bajo

FC para CAT camion remolque							
indice servicialidad final		2					
espesor	25	cm	9,825	in			
	simple		tandem		simple	simple	total
Lx (kips)	9,1	20,0735294	20,8	45,8823529	14,3	31,5441176	58,5
L2	1		2		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	-	0,079	-
Bx		676,159		4.204,230		6.475,033	
B18		394,746		394,746		394,746	
log(1/FEE)	-	0,208	-	0,867	-	1,080	-
FEE		1,613		7,362		12,011	32,998

**Tabla D15(C)** Factor Camión, de BUSES, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito bajo

FC para Bus 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	25	cm	9,825	in	
	simple		simple		total
Lx (kips)	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	23,4
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		676,159		6.475,033	
B18		394,746		394,746	
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,080	
FEE		1,613		12,011	13,625

**Tabla D15(D)** Factor Camión, de C2E, para un nivel de sobrecarga del 30% y transito bajo

FC para Camion 2 ejes					
indice servicialidad final		2			
espesor	25	cm	9,825	in	
	simple		simple		TOTAL
	ton	kips	ton	kips	
Lx	9,1	20,0735294	14,3	31,5441176	23,4
L2	1		1		
Gt	-	0,079	-	0,079	
Bx		676,159		6.475,033	
B18		394,746		394,746	
log(1/FEE)	-	0,208	-	1,080	
FEE		1,613		12,011	13,625

La Tabla D16 muestra un resumen con los factores camión (FC) obtenidos para cada configuración y espesor de losa mediante el método AASHTO.

**Tabla D16** Factor camión obtenidos mediante método AASHTO.

	Nivel de Transito	Carga Normal	Carga Legal	Carga Legal mas tolerancia	Sobrecarga 10%	Sobrecarga 20%	Sobrecarga 30%
Camión 2 Ejes	Alto	1,15	4,24	5,352	6,468	9,523	13,611
	Medio	1,15	4,241	5,354	6,471	9,528	13,619
	Bajo	1,15	4,242	5,356	6,473	9,533	13,625
Camión mas 2 Ejes	Alto	4,95	10,286	13,016	15,681	23,075	32,964
	Medio	4,95	10,29	13,023	15,688	23,088	32,983
	Bajo	4,95	10,293	13,027	15,695	23,1	32,998
Camión Semiremolque	Alto	4,95	6,207	7,778	9,424	13,819	19,683
	Medio	4,95	6,210	7,782	9,428	13,827	19,694
	Bajo	4,95	6,211	7,784	9,432	13,834	19,703
Buses	Alto	2,34	4,24	5,352	6,468	9,523	13,611
	Medio	2,34	4,241	5,354	6,471	9,528	13,619
	Bajo	2,34	4,242	5,356	6,473	9,533	13,625

Fuente: Elaboración propia 2012

**ANEXO E: CALCULO DE EE**

En este anexo se pueden apreciar con mayor detalle el procedimiento con los cual se obtuvieron los Ejes Equivalente, por medio del método empírico que propone la AASHTO.

**Tabla E1(A) Ejes Equivalente, para una Carga Normal y tránsito Alto**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	1,15	4,95	4,95	4,95	4,95	2,34	2,34
EE totales	7041837,45	612333,6911	20023697,5	2474839,012	132856096	14761788,46	9002332,48	2250583,121
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	287796,8348	9411137,81	1163174,336	62442365,2	6938040,576	4231096,27	1057774,067
EE Diseño	3597460,435		10574312,14		69380405,76		5288870,334	
TOTAL EE	88841048,67							

**Tabla E1(B) Ejes Equivalente, para una Carga Normal y tránsito Medio**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	1,15	4,95	4,95	4,95	4,95	2,34	2,34
EE totales	3641607,3	316661,5044	15375651,6	1900361,437	50287322,7	5587480,301	5525568,84	1381392,211
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	158330,7522	7687825,81	950180,7185	25143661,4	2793740,151	2762784,42	690696,1054
EE Diseño	1979134,402		8638006,532		27937401,51		3453480,527	
TOTAL EE	42008022,97							

**Tabla E1(C) Ejes Equivalente, para una Carga Normal y tránsito Bajo**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	1,15	4,95	4,95	4,95	4,95	2,34	2,34
EE totales	6265557,07	544831,0494	6859798,42	847840,2538	6602419,76	733602,1955	6163838,64	1540959,66
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	272415,5247	3429899,21	423920,1269	3301209,88	366801,0977	3081919,32	770479,8299
EE Diseño	3405194,059		3853819,335		3668010,977		3852399,149	
TOTAL EE	14779423,52							

**Tabla E2(A) Ejes Equivalente, para una Carga Legal y tránsito Alto**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	4,240	4,95	10,286	4,95	6,207	2,34	4,240
EE totales	7041837,45	2257558,711	20023697,5	5142423,619	132856096	18510800,23	9002332,48	4077818,939
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	1061052,594	9411137,81	2416939,101	62442365,2	8700076,108	4231096,27	1916574,901
EE Diseño	4370716,195		11828076,91		71142441,29		6147671,169	
TOTAL EE	93488905,56							

**Tabla E2(B) Ejes Equivalente, para una Carga Legal y tránsito Medio**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	4,241459868	4,95	10,29024316	4,95	6,209679518	2,34	4,241
EE totales	3641607,3	1167919,185	15375651,6	3950541,672	50287322,7	7009386,259	5525568,84	2503897,275
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	583959,5924	7687825,81	1975270,836	25143661,4	3504693,13	2762784,42	1251948,638
EE Diseño	2404763,243		9663096,649		28648354,49		4014733,059	
TOTAL EE	44730947,44							

**Tabla E2(C) Ejes Equivalente, para una Carga Legal y tránsito Bajo**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	4,242387363	4,95	10,29293951	4,95	6,211128773	2,34	4,242387363
EE totales	6265557,07	2009899,442	6859798,42	1762983,524	6602419,76	920504,5868	6163838,64	2793738,371
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	1004949,721	3429899,21	881491,762	3301209,88	460252,2934	3081919,32	1396869,185
EE Diseño	4137728,255		4311390,97		3761462,173		4478788,505	
TOTAL EE	16689369,9							

**Tabla E3(A) Ejes Equivalente, para una Carga Legal mas tolerancia y tránsito Alto**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	5,352	4,95	13,016	4,95	7,778	2,34	5,352
EE totales	7041837,45	2849596,336	20023697,5	6507607,587	132856096	23195327,99	9002332,48	5147214,047
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	1339310,278	9411137,81	3058575,566	62442365,2	10901804,16	4231096,27	2419190,602
EE Diseño	4648973,878		12469713,37		73344169,34		6650286,869	
TOTAL EE	97113143,46							

**Tabla E3(B) Ejes Equivalente, para una Carga Legal mas tolerancia y tránsito Medio**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	5,354163073	4,95	13,02278479	4,95	7,781677382	2,34	5,354163073
EE totales	3641607,3	1474310,725	15375651,6	4999595,56	50287322,7	8783832,138	5525568,84	3160768,874
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	737155,3623	7687825,81	2499797,78	25143661,4	4391916,069	2762784,42	1580384,437
EE Diseño	2557959,013		10187623,59		29535577,42		4343168,859	
TOTAL EE	46624328,89							

**Tabla E3(C) Ejes Equivalente, para una Carga Legal mas tolerancia y tránsito Bajo**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	5,355558895	4,95	13,02662002	4,95	7,783787261	2,34	5,355558895
EE totales	6265557,07	2537282,411	6859798,42	2231210,672	6602419,76	1153576,449	6163838,64	3526794,963
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	1268641,205	3429899,21	1115605,336	3301209,88	576788,2246	3081919,32	1763397,481
EE Diseño	4401419,739		4545504,544		3877998,104		4845316,801	
TOTAL EE	17670239,19							

**Tabla E4(A) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 10% y tránsito Alto**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	6,468	4,95	15,681	4,95	9,424	2,34	6,468
EE totales	7041837,45	3444012,974	20023697,5	7839984,87	132856096	28103723,59	9002332,48	6220906,355
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	1618686,098	9411137,81	3684792,889	62442365,2	13208750,09	4231096,27	2923825,987
EE Diseño	4928349,698		13095930,7		75651115,27		7154922,254	
TOTAL EE	100830317,9							

**Tabla E4(B) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 10% y tránsito Medio**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	6,470809304	4,95	15,68826208	4,95	9,428003382	2,34	6,470809304
EE totales	3641607,3	1781788,008	15375651,6	6022902,682	50287322,7	10642178,42	5525568,84	3819968,193
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	890894,0039	7687825,81	3011451,341	25143661,4	5321089,21	2762784,42	1909984,096
EE Diseño	2711697,654		10699277,15		30464750,57		4672768,518	
TOTAL EE	48548493,89							

**Tabla E4(C) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 10% y tránsito Bajo**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	6,473195483	4,95	15,69458913	4,95	9,431584266	2,34	6,473195483
EE totales	6265557,07	3066780,772	6859798,42	2688182,713	6602419,76	1397784,025	6163838,64	4262791,927
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	1533390,386	3429899,21	1344091,357	3301209,88	698892,0126	3081919,32	2131395,963
EE Diseño	4666168,92		4773990,565		4000101,892		5213315,283	
TOTAL EE	18653576,66							

**Tabla E5(A)** Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 20% y tránsito Alto

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	9,523	4,95	23,075	4,95	13,819	2,34	9,523
EE totales	7041837,45	5070848,701	20023697,5	11536854,82	132856096	41211935,77	9002332,48	9159452,983
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	2383298,89	9411137,81	5422321,766	62442365,2	19369609,81	4231096,27	4304942,902
EE Diseño	5692962,49		14833459,57		81811974,99		8536039,169	
TOTAL EE	110874436,2							

**Tabla E5(B)** Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 20% y tránsito Medio

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	9,528453202	4,95	23,08820029	4,95	13,82690712	2,34	9,528453202
EE totales	3641607,3	2623734,196	15375651,6	8863823,328	50287322,7	15607590,14	5525568,84	5625013,263
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	1311867,098	7687825,81	4431911,664	25143661,4	7803795,069	2762784,42	2812506,631
EE Diseño	3132670,748		12119737,48		32947456,42		5575291,053	
TOTAL EE	53775155,7							

**Tabla E5(C)** Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 20% y tránsito Bajo

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	9,532958023	4,95	23,09969616	4,95	13,83354967	2,34	9,532958023
EE totales	6265557,07	4516392,629	6859798,42	3956535,809	6602419,76	2050166,144	6163838,64	6277736,646
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	2258196,314	3429899,21	1978267,904	3301209,88	1025083,072	3081919,32	3138868,323
EE Diseño	5390974,848		5408167,113		4326292,951		6220787,643	
TOTAL EE	21346222,56							



**Tabla E6(A) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 30% y tránsito Alto**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	6655800,99	6655800,99	4545158,88	4545158,884	29821794,9	29821794,87	4808938,29	4808938,292
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	6123336,91	532464,0792	4045191,41	499967,4772	26839615,4	2982179,487	3847150,63	961787,6585
FEE	1,15	13,611	4,95	32,964	4,95	19,683	2,34	13,611
EE totales	7041837,45	7247305,418	20023697,5	16480733,75	132856096	58697892,39	9002332,48	13090777,73
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
EE Diseño	3309663,6	3406233,546	9411137,81	7745944,86	62442365,2	27588009,42	4231096,27	6152665,531
EE Diseño	6715897,147		17157082,67		90030374,6		10383761,8	
TOTAL EE	124287116,2							

**Tabla E6(B) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 30% y tránsito Medio**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	3441972,87	3441972,874	3490103,65	3490103,649	11287839	11287838,99	2951692,76	2951692,758
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	3166615,04	275357,8299	3106192,25	383911,4014	10159055,1	1128783,899	2361354,21	590338,5517
FEE	1,15	13,61869852	4,95	32,98317109	4,95	19,69429671	2,34	13,61869852
EE totales	3641607,3	3750015,271	15375651,6	12662615,44	50287322,7	22230605,04	5525568,84	8039642,762
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	1820803,65	1875007,636	7687825,81	6331307,718	25143661,4	11115302,52	2762784,42	4019821,381
EE Diseño	3695811,286		14019133,53		36258963,87		6782605,803	
TOTAL EE	60756514,49							

**Tabla E6(C) Ejes Equivalente, para una Sobrecarga del 30% y tránsito Bajo**

	C2E		C+2E		CSR		BUSES	
	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA	%NORMAL	%SOBRECARGA
TJ	5922076,62	5922076,623	1557098,72	1557098,721	1482024,64	1482024,637	3292648,85	3292648,846
%	92	8	89	11	90	10	80	20
	5448310,49	473766,1299	1385817,86	171280,8593	1333822,17	148202,4637	2634119,08	658529,7691
FEE	1,15	13,62477794	4,95	32,99838222	4,95	19,70317256	2,34	13,62477794
EE totales	6265557,07	6454958,314	6859798,42	5651991,264	6602419,76	2920058,716	6163838,64	8972321,87
Fp	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1
EE Diseño	3132778,53	3227479,157	3429899,21	2825995,632	3301209,88	1460029,358	3081919,32	4486160,935
EE Diseño	6360257,691		6255894,841		4761239,238		7568080,255	
TOTAL EE	24945472,02							

**ANEXO F: PARAMETROS DE DISEÑO**

En este anexo se resume cada valor asociado a las variables y parámetros de entrada en el diseño de pavimentos, señalados en la Tabla F1.

**Tabla F1** Variables de Entrada para el Diseño.

<b>Variables de Entrada al software PAVIVAL</b>	<b>Valores Asociados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Fuente</b>
Índice de servicialidad inicial	4,5		MOP
Índice de servicialidad Final	2		MOP
Resistencia a la flexotraccion 28 dias	5	MPa	CCHC
Modulo elástico del hormigón Ec	29000	MPa	MOP
Razón de Poisson del Hormigon	0,15		MOP
Modulo elástico de la sub-base Eb	206,85	Mpa	MOP
Espesor de diseño de la sub-base	150	mm	MOP
Factor de fricción sub-base/losa	1,4		MOP
Nivel de confianza R	f(EE)		MOP
Desviación estándar total So	f(EE)		MOP
Velocidad media anual del viento	9,1	Nudos	MOP
Temperatura media anual	12,4	°C	MOP
Precipitaciones media anual	1087,2	mm	MOP
Modulo de reacción de la sub-rasante K	55.05	MPa/m	MOP
Número de días con pp>5mm	78	Días	MOP
Tipo de Berma	Granular o Asfáltica		MOP
Largo de Losa	4,5	m	MOP
Ancho de Losa	3,5	m	MOP

Fuente: Elaboración Propia 2012

## ANEXO G: PAVEMENT EVALUATOR

### G.1. Administrador de proyectos

El Administrador de proyectos es el encargado de guardar en forma organizada los datos que definen las características de cada proyecto que será sujeto a evaluación. En esta etapa se ingresaran las variables de clima, geometría y características del pavimento.

#### G.1.1 Datos de Clima

Los parámetros climáticos solicitados por el software, se puede apreciar en la Figura G.1

Temperature difference	Frequency
-8.000000	0.086209
-6.000000	0.072691
-4.000000	0.052129
-2.000000	0.039496
0.000000	0.033466
2.000000	0.030790
4.000000	0.031347
6.000000	0.021113
8.000000	0.024858
10.000000	0.032160
12.000000	0.025427
14.000000	0.038571

**Figura G.1** Parámetros Climáticos en Pavement Evaluator

Los datos climáticos fueron extraídos de la estación Carriel Sur, de la ciudad de Concepción, los cuales refleja un clima húmedo sin congelamiento. Los datos principales se muestran en la Tabla G.1.

**Tabla G.1** Datos Climáticos Principales

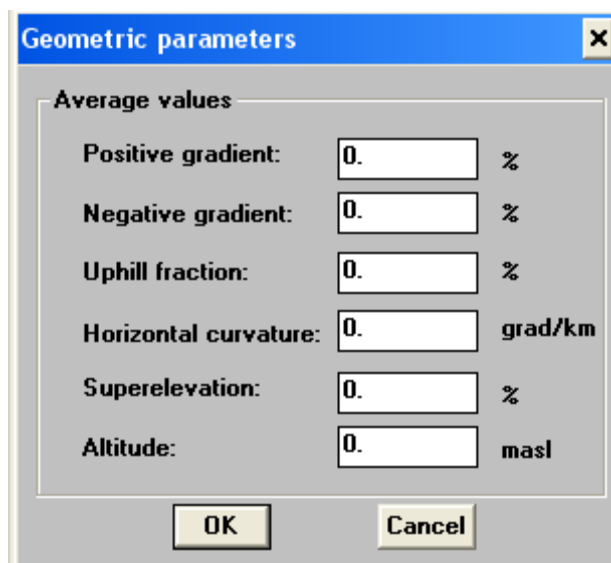
Precipitación media anual	1087 mm
Temperatura media anual	12,4 °C

Fuente: MCV3 (2012)

Los datos secundarios, al igual que la distribución de diferencias de temperatura en la losa, son estimados automáticamente por el software, de acuerdo a los datos principales.

#### G.1.2. Datos de geometría

Por simplicidad se asignara a todos los parámetros geométricos el valor de 0(ver Figura G.2) simulando una recta, ya que estos parámetros no son relevantes para este estudio.



**Figura G2** Parámetros Geométricos

*G.1.3. Datos de Pavimento*

Los datos de pavimento necesarios para la evaluación del deterioro se especifican en la Tabla G.2

**Tabla G.2** Datos de pavimentos

Ancho de la losa	3,5 m
Largo de la losa	4,5 m
Modulo de elasticidad del hormigón	30200 Mpa
Resistencia a la flexo tracción 28 días	5 Mpa
Tipo de base	Granular
Espesor de la base	150 mm
IRI Inicial	1,41 m/km

Fuente: Elaboración propia 2012

Para obtener el IRI inicial del pavimento, se utilizó El Manual de Carreteras Volumen 7 (MOP 2000) que recomienda adoptar la ecuación 1 para pavimentos de hormigón:

$$PSI = 7,10 - 2,19 * IRI^{0,5} \tag{Ec(1)}$$

Como se definió el valor de servicialidad inicial de 4.5 según el MCV3, se obtuvo un valor para el IRI de 1.41 m/km.

El parámetro más importante en este ítem, fue el espesor de losa, por lo cual se repitió este mismo análisis para todos los espesores diseñados en el Capítulo 4 y mostrados en la Tabla 8.

## G.2. Administrador de Estándares

Este administrador de estándares es el encargado de recolectar y guardar en forma organizada, mediante el uso de catálogos, la información de cuáles serán los posibles estándares de mantención o rehabilitación definidos para ser evaluados en el largo plazo en un proyecto sujeto a análisis.

Para este análisis solo se consideró una mantención rutinaria, la cual asegura un comportamiento normal de la estructura de pavimento, en las obras de drenaje y bermas. Esto facilita también la comparación entre distintos escenarios, dado que todos cuentan con las mismas actividades de mantenimiento.

## G.3 Administrador de Flotas Vehiculares

El administrador de flotas vehiculares almacena un catalogo de diferentes vehículos caracterizados por sus respectivos parámetros físicos. Los parámetros que se utilizaron, fueron obtenidos del estudio de validación y complementación de costos operacionales en caminos de Chile, estudio COPER, Vol I y I, Universidad de Chile.(Pavement Evaluator 1995)

Para cada caso de evaluación se consideraron 2 vehículos de cada tipo, con el fin de diferenciar, a los vehículos que circulan con carga normal y con sobrecarga, de esta manera se le ingresa el TMDA, y el FC correspondiente a cada uno de ellos.

## G.4 Evaluador de proyectos

Posteriormente, se definen las evaluaciones a realizar por parte del software. Para este trabajo se selecciono los reportes de deterioros calibrados para Chile, como muestra la Figura G.3.

**Figura G.3** Reportes Requeridos

También se señaló el año de inicio y fin de evaluación, 2010 y 2030 respectivamente. Cabe señalar que el año de construcción coincide con el primer año de evaluación por lo que, el tránsito acumulado para el primer año de evaluación es 0.

Como se aprecia en la Figura G.4, se debe ingresar el tránsito, año a año, y el FC, por cada tipo de vehículo, para pavimentos de hormigón. Estos se encuentran descritos en los anexos A y D, respectivamente.

The screenshot shows a software interface with the following components:

- Evaluation cases** and **Reports** tabs at the top.
- Evaluation** sub-tab with **Normal traffic**, **Maintenance strategies**, and **Generated traffic** options.
- Link:** TRAMO 1 (dropdown)
- Vehicle:** C2E (dropdown)
- Traffic (one-way)** section:
  - Functional**: Initial AADT: 0, Growth rate: 0%
  - Input**:
 

Year	AADT
2010	399,84
2011	406,64
2012	413,55
- Equivalency factors** section:
  - Concrete: 1.15
  - Asphalt: 0
- Distribution** table:
 

Lane	%
Pista de Analisis	100
- Toll** section: Price: 0 \$/veh

**Figura G.4** Datos del Transito

Una vez ingresadas las variables del pavimento y de transito, se realizó la simulación de deterioro para un periodo de 20 años, obteniendo para cada año los deterioros específicos del pavimento: agrietamiento de las losas, escalonamiento, saltado de juntas e IRI.

**ANEXO H: ANALISIS DE IRI**

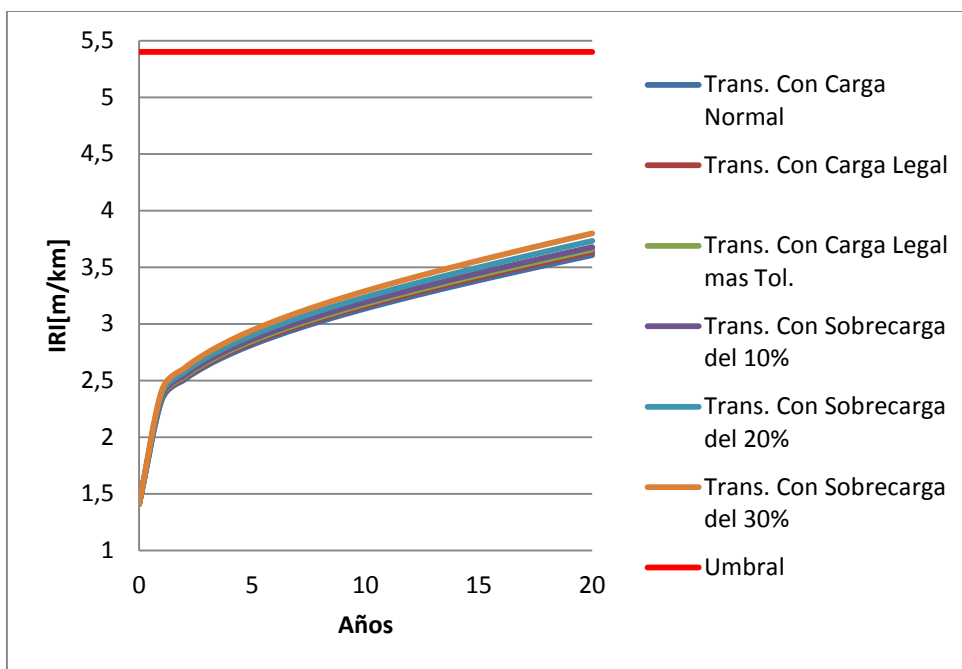
La Tabla H.1 muestra los porcentajes del IRI para cada uno de los escenarios definidos, con respecto al umbral del IRI<sub>final</sub>.

**Tabla H.1.** Análisis Comparativo del IRI con respecto al Umbral

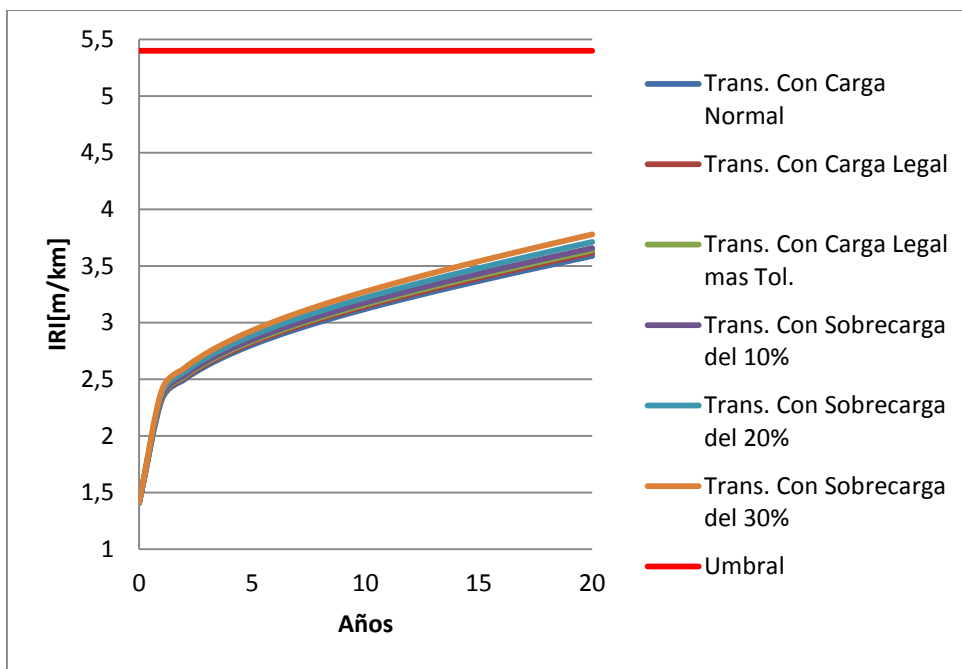
Diseño de Pavimento		Nivel de carga del Tránsito					
Nivel de tránsito	Nivel de carga	Normal	Legal	Legal mas tolerancia	Sobrecarga del 10%	Sobrecarga del 20%	Sobrecarga del 30%
ALTO	Normal	-32,2%	-31,2%	-30,7%	-30,1%	-28,8%	-27,1%
	Legal	-32,9%	-31,9%	-31,3%	-30,8%	-29,5%	-27,8%
	Legal mas tolerancia	-33,3%	-32,3%	-31,7%	-31,2%	-29,9%	-28,2%
	Sobrecarga del 10%	-33,7%	-32,7%	-32,2%	-31,6%	-30,3%	-28,7%
	Sobrecarga del 20%	-34,6%	-33,6%	-33,1%	-32,6%	-31,3%	-29,7%
	Sobrecarga del 30%	-35,7%	-34,7%	-34,2%	-33,7%	-32,5%	-30,9%
MEDIO	Normal	-36,2%	-35,6%	-35,2%	-34,8%	-33,8%	-32,5%
	Legal	-36,5%	-35,9%	-35,5%	-35,1%	-34,1%	-32,9%
	Legal mas tolerancia	-36,6%	-36,0%	-35,7%	-35,3%	-34,3%	-33,0%
	Sobrecarga del 10%	-36,8%	-36,2%	-35,8%	-35,4%	-34,4%	-33,2%
	Sobrecarga del 20%	-37,3%	-36,7%	-36,3%	-35,9%	-34,9%	-33,7%
	Sobrecarga del 30%	-37,8%	-37,3%	-36,9%	-36,5%	-35,5%	-34,4%
BAJO	Normal	-41,9%	-40,9%	-40,4%	-39,9%	-38,7%	-37,2%
	Legal	-42,1%	-41,1%	-40,6%	-40,2%	-39,0%	-37,6%
	Legal mas tolerancia	-42,3%	-41,3%	-40,8%	-40,4%	-39,2%	-37,8%
	Sobrecarga del 10%	-42,4%	-41,4%	-41,0%	-40,5%	-39,4%	-38,0%
	Sobrecarga del 20%	-42,8%	-41,8%	-41,3%	-40,9%	-39,8%	-38,4%
	Sobrecarga del 30%	-43,2%	-42,3%	-41,8%	-41,4%	-40,3%	-38,9%

Fuente: Elaboración propia 2012

A continuación se presentan los resultados de IRI en el tiempo, para los distintos niveles de carga, diferentes escenarios diseñados.

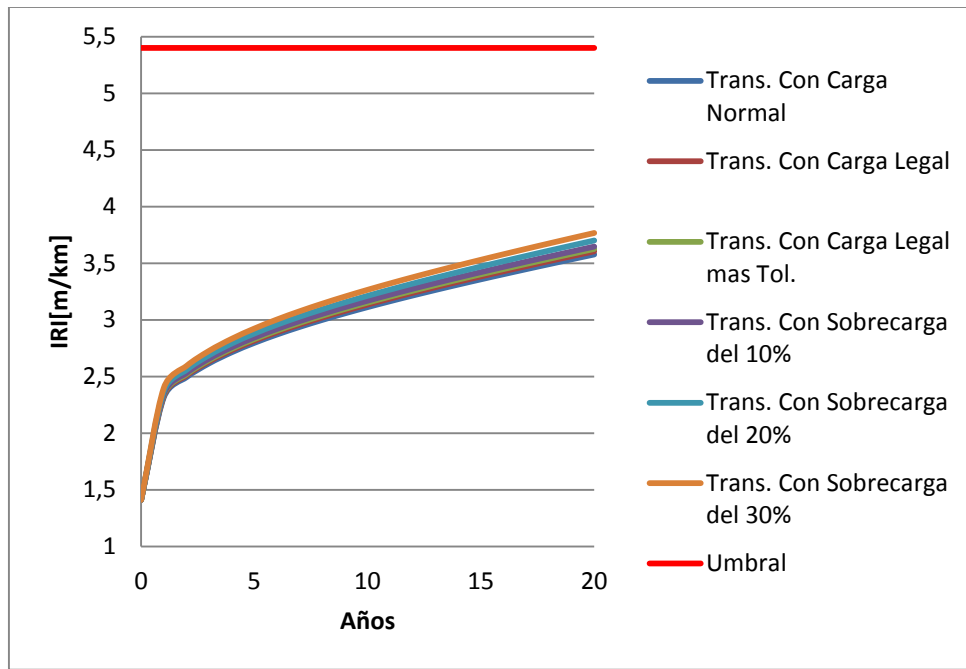


**Figura H1 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Normal**

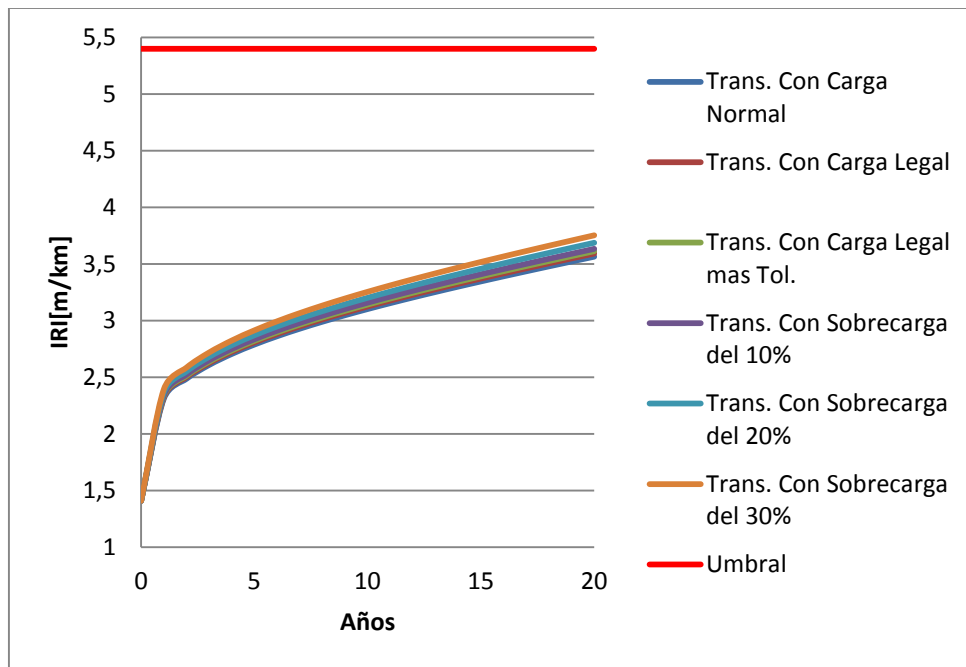


**Figura H2 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal**

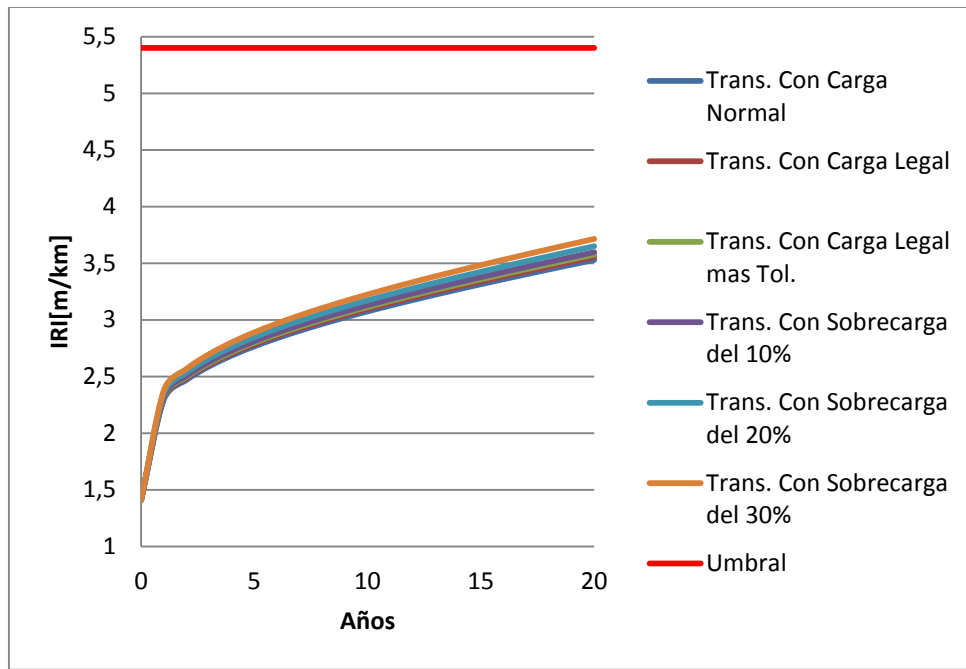




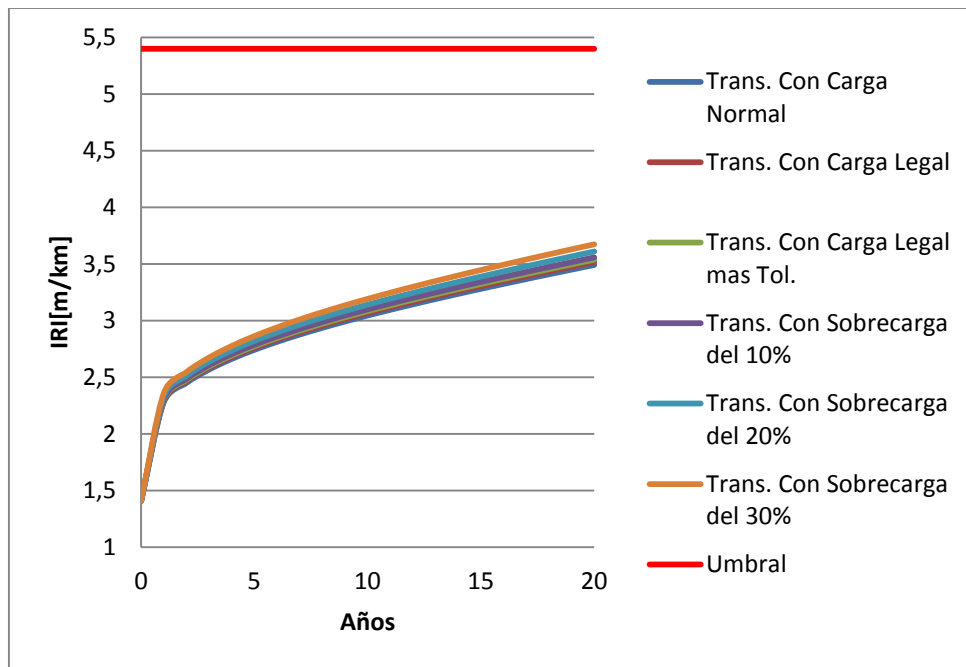
**Figura H3 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal mas Tolerancia**



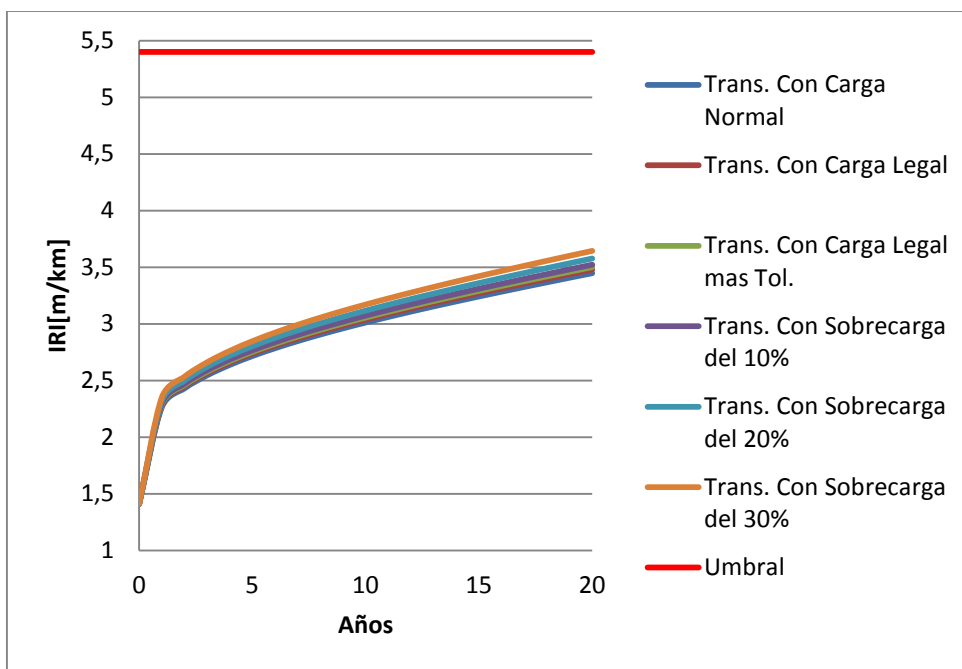
**Figura H4 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 10%**



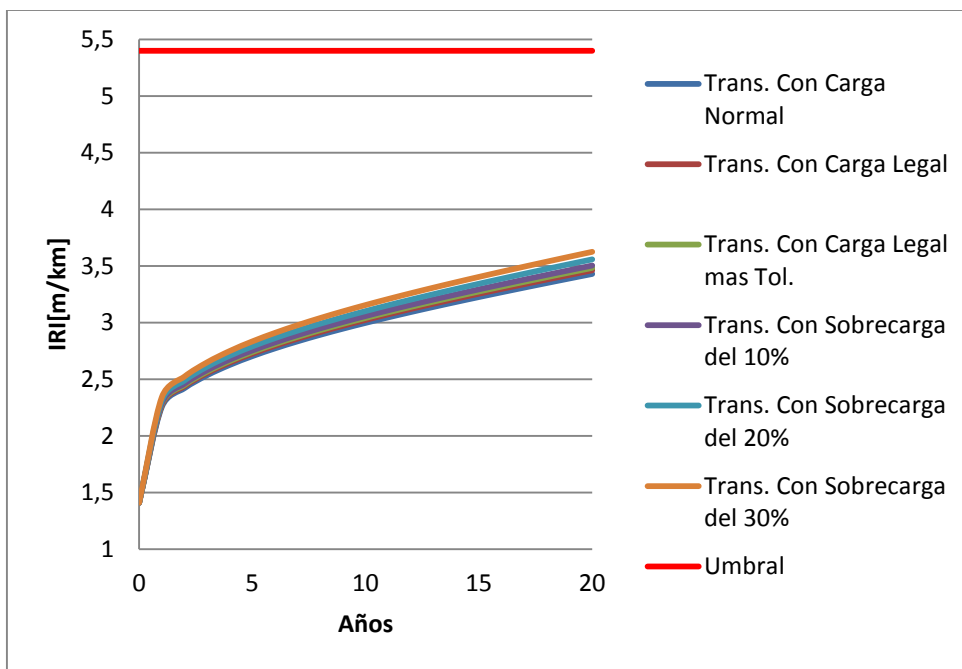
**Figura H5 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 20%**



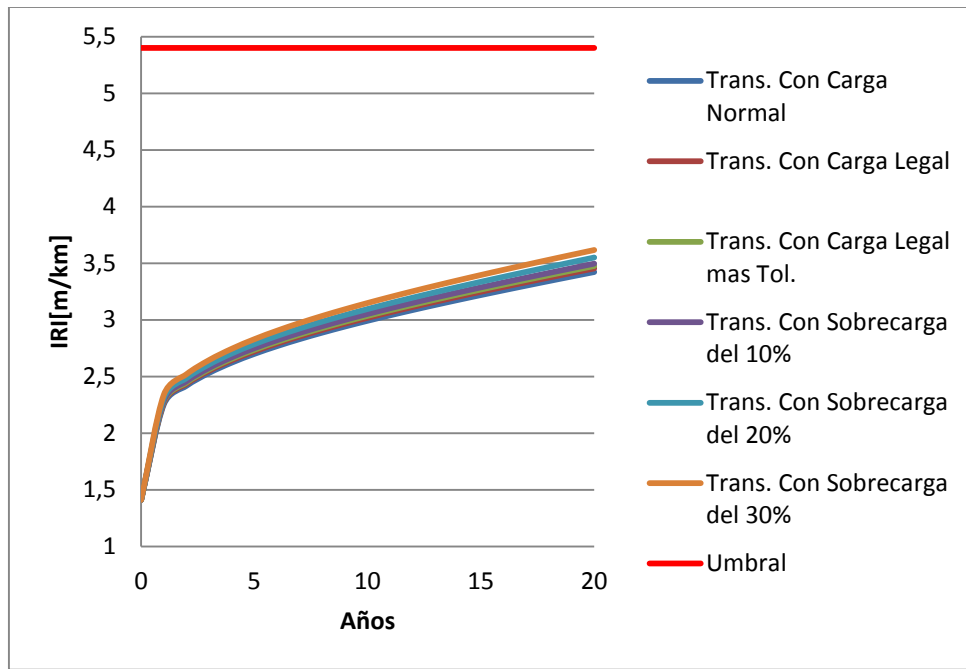
**Figura H6 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 30%**



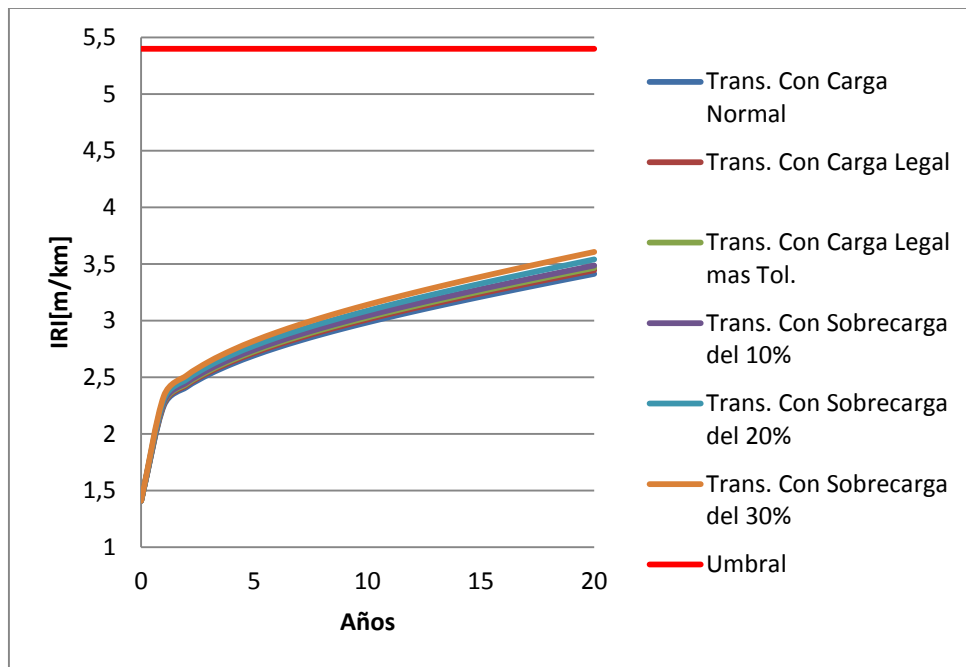
**Figura H7 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Normal**



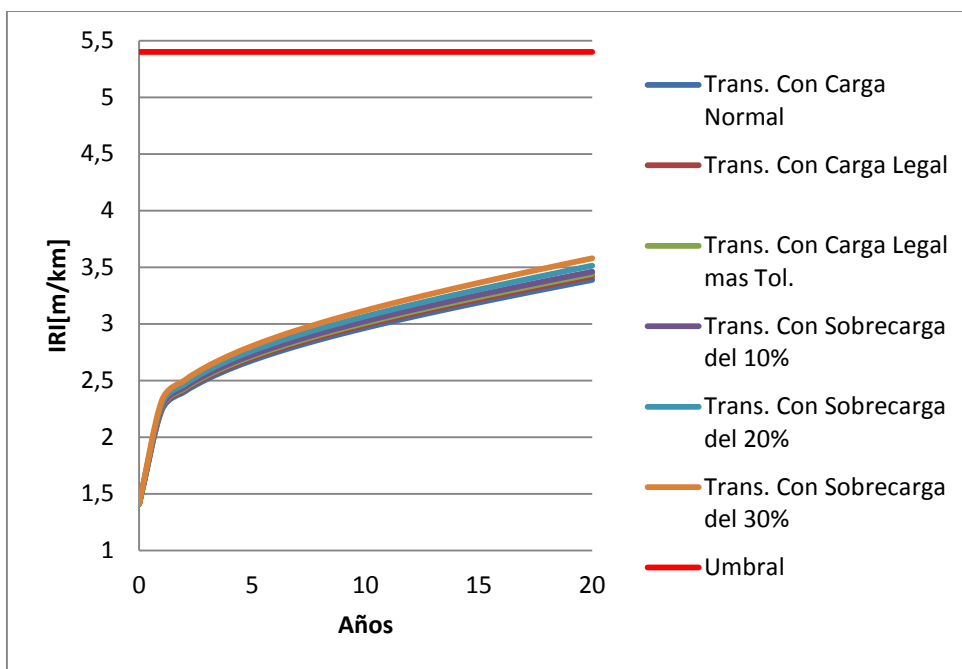
**Figura H8 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal**



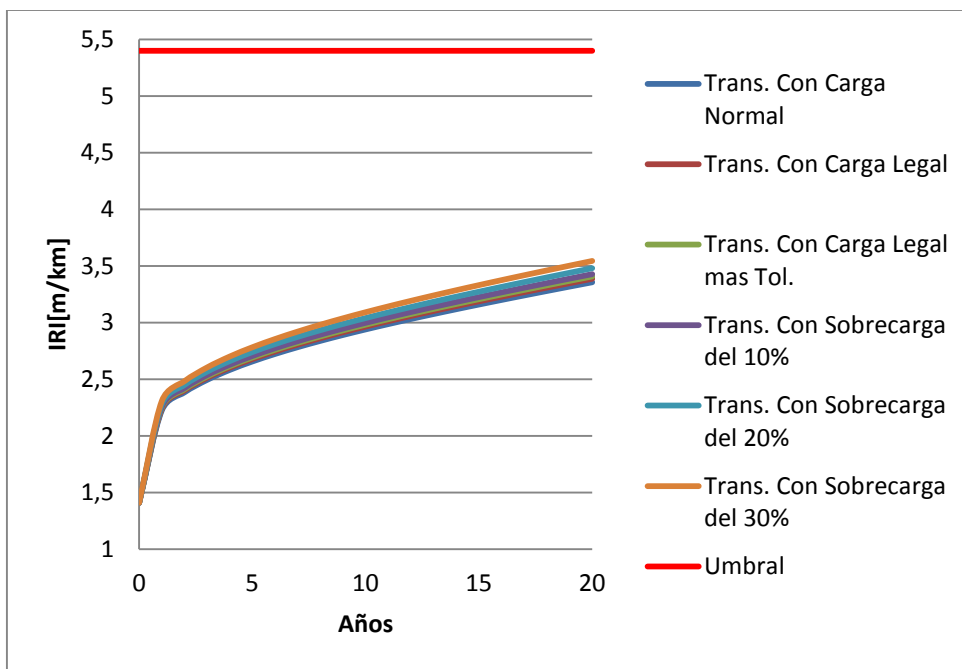
**Figura H9 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal mas Tolerancia**



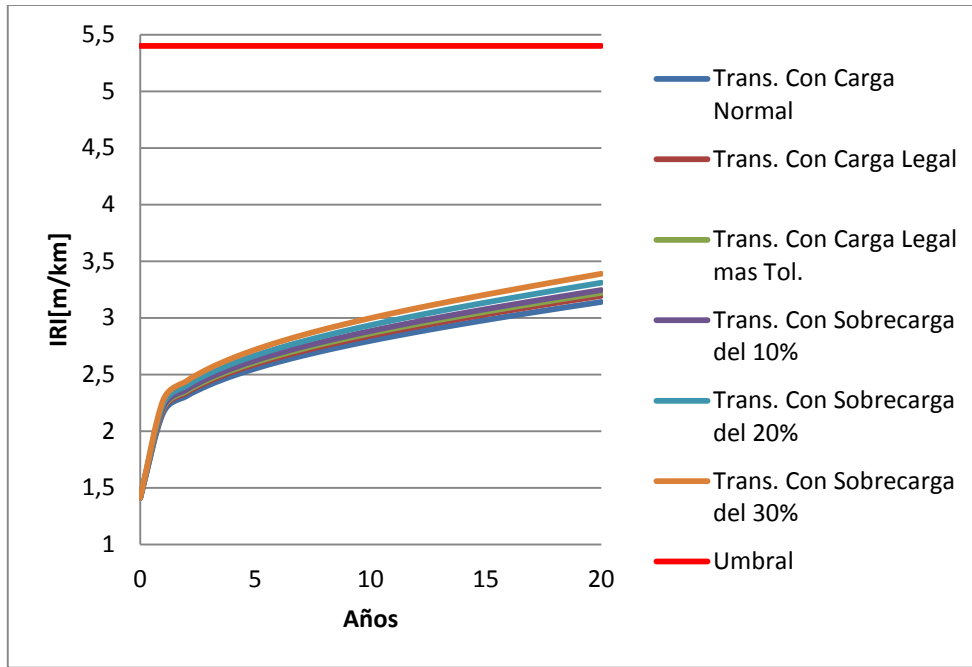
**Figura H10 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 10%**



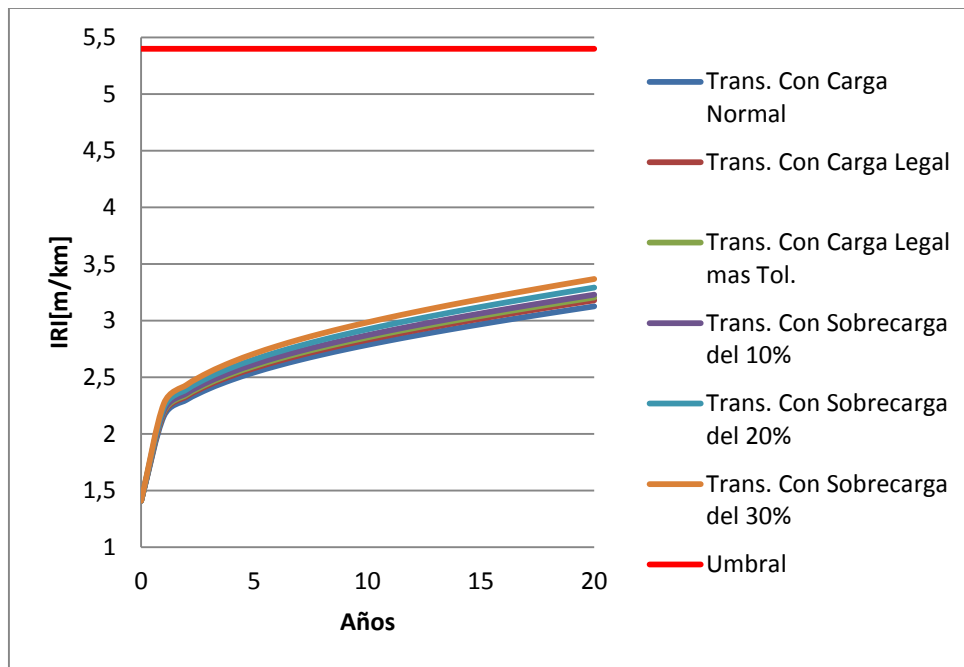
**Figura H11 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 20%**



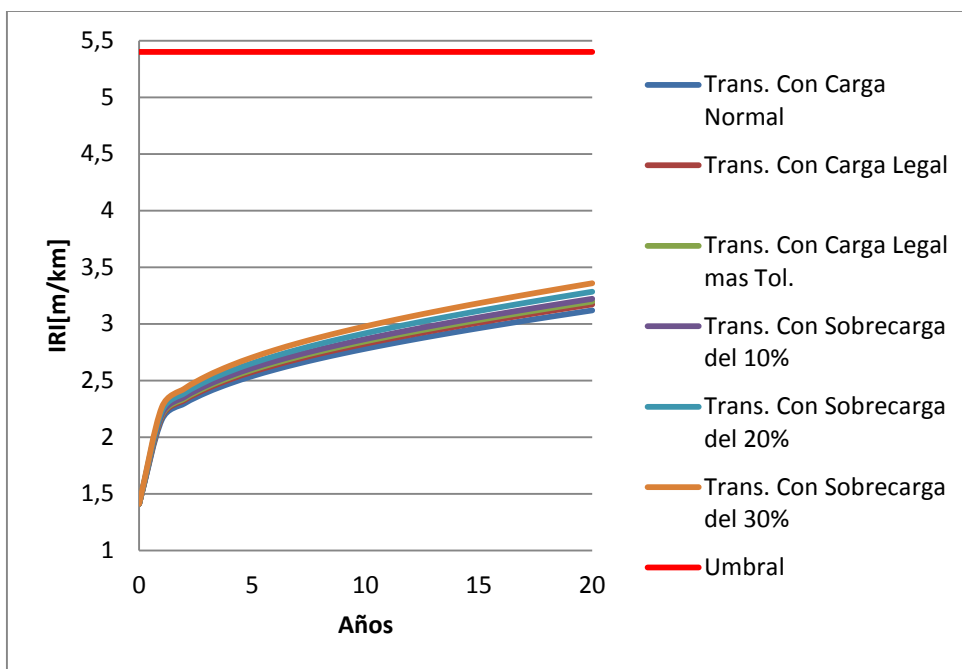
**Figura H12 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 30%**



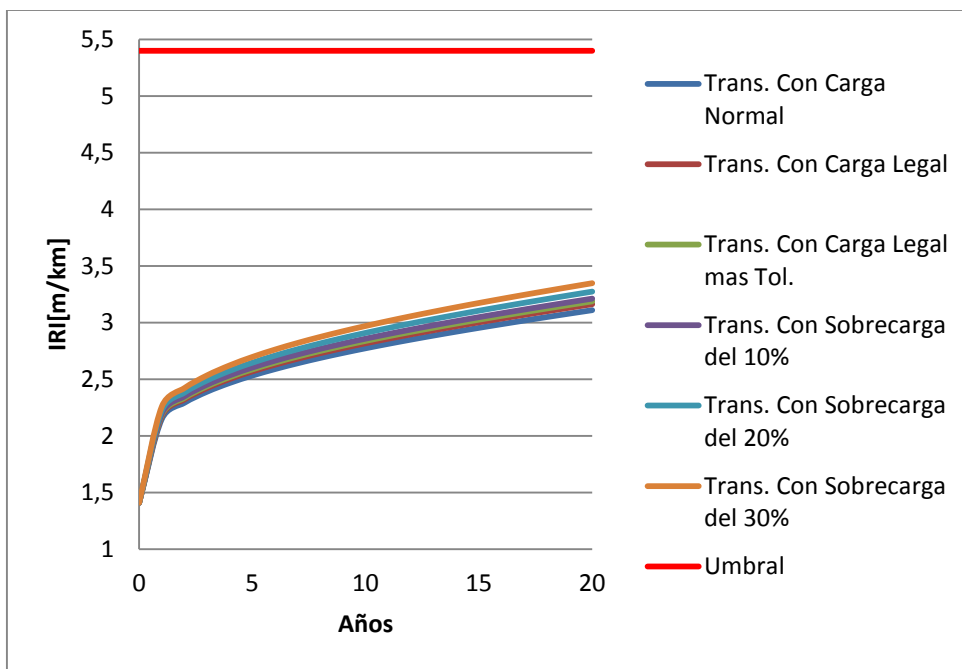
**Figura H13 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Normal**



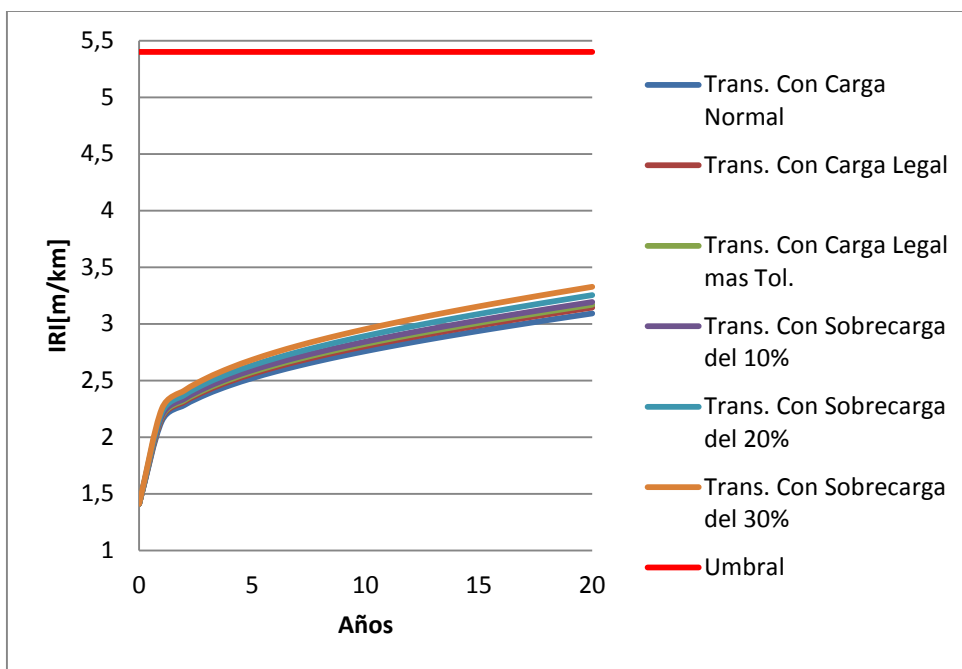
**Figura H14 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Legal**



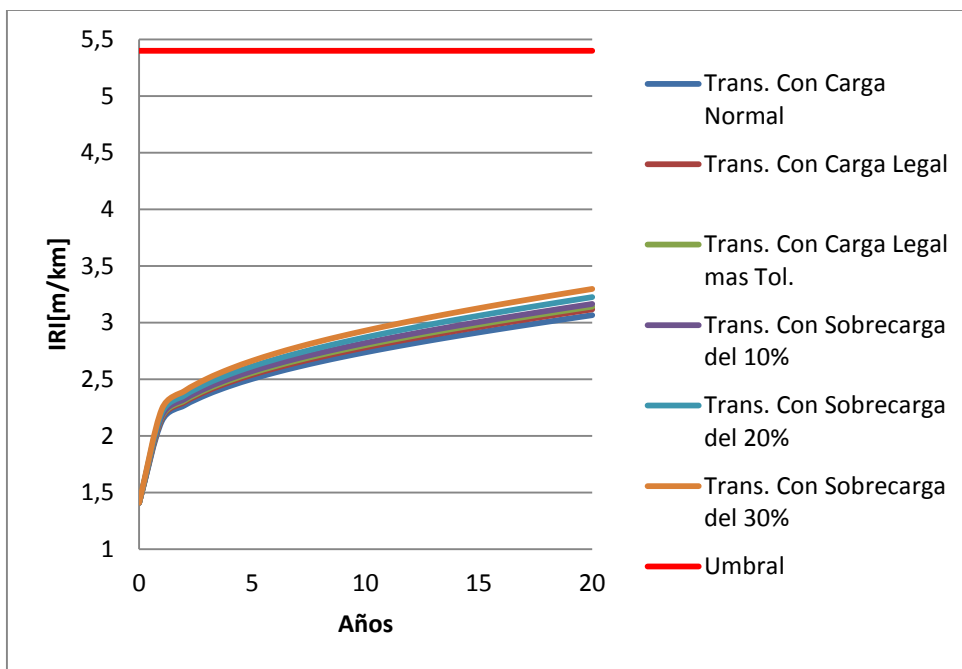
**Figura H15 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Legal mas Tolerancia**



**Figura H16 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 10%**



**Figura H17 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 20%**



**Figura H18 Resultado del IRI en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 30%**



**ANEXO I: ANALISIS DE ESCALONAMIENTO**

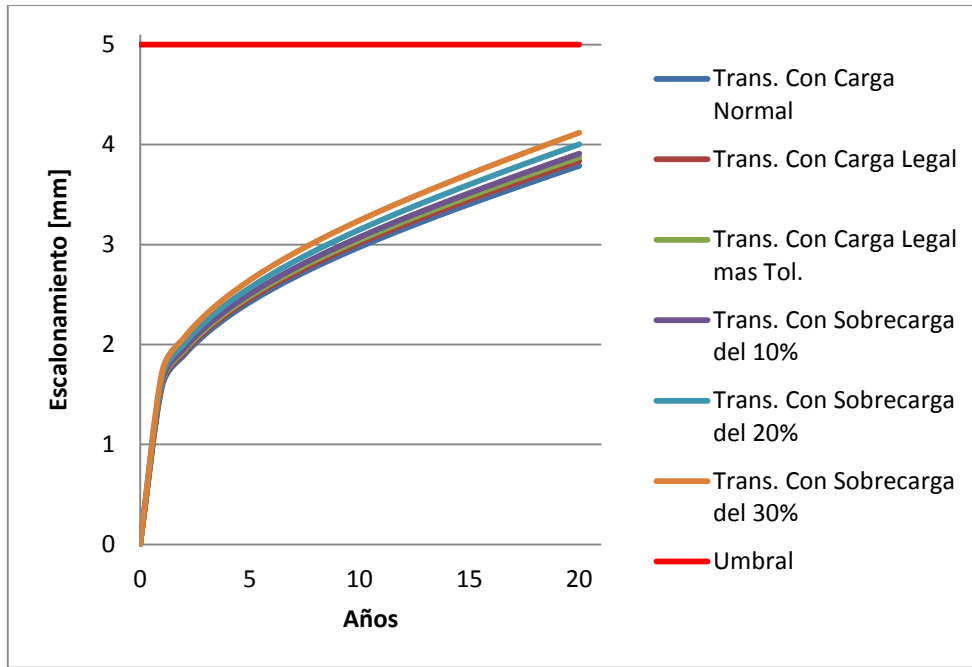
La Tabla I.1 muestra los porcentajes del Escalonamiento para cada uno de los escenarios definidos, con respecto al umbral de 5mm.

**Tabla II.** Análisis Comparativo del Escalonamiento con respecto al Umbral

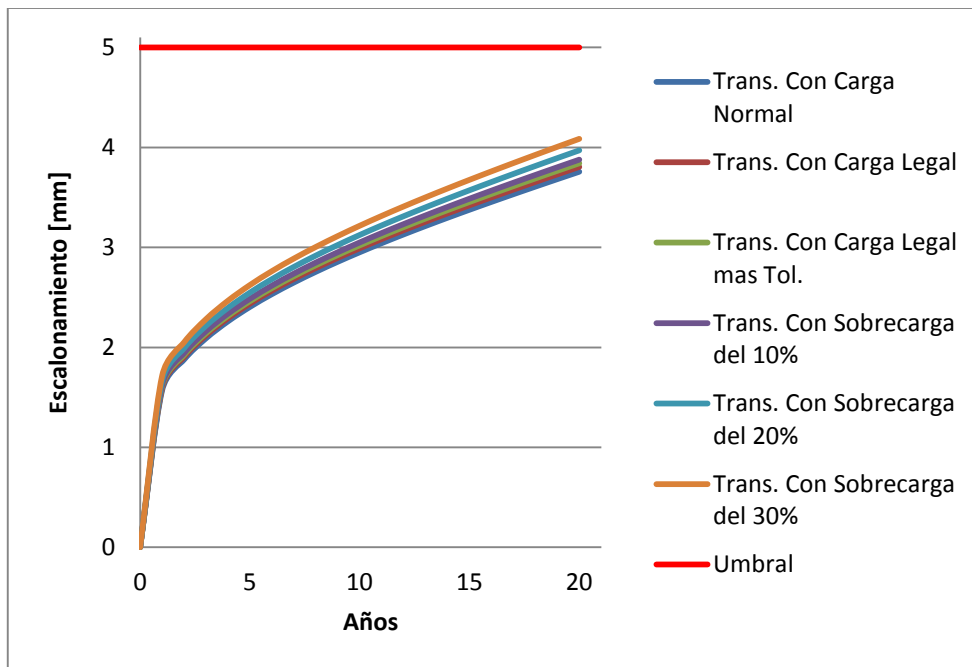
Diseño de Pavimento		Nivel de carga del Transito					
Nivel de transito	Nivel de carga	Normal	Legal	Legal mas tolerancia	Sobrecarga del 10%	Sobrecarga del 20%	Sobrecarga del 30%
ALTO	Normal	-22,4%	-20,6%	-19,5%	-18,5%	-16,0%	-12,9%
	Legal	-23,6%	-21,8%	-20,8%	-19,8%	-17,2%	-14,2%
	Legal mas tolerancia	-24,3%	-22,5%	-21,5%	-20,5%	-18,0%	-15,0%
	Sobrecarga del 10%	-25,1%	-23,3%	-22,3%	-21,3%	-18,8%	-15,8%
	Sobrecarga del 20%	-26,8%	-25,0%	-24,1%	-23,1%	-20,7%	-17,7%
	Sobrecarga del 30%	-28,8%	-27,1%	-26,1%	-25,2%	-22,9%	-20,0%
MEDIO	Normal	-29,8%	-28,6%	-27,9%	-27,2%	-25,3%	-23,0%
	Legal	-30,3%	-29,2%	-28,5%	-27,8%	-25,9%	-23,6%
	Legal mas tolerancia	-30,6%	-29,5%	-28,8%	-28,1%	-26,2%	-23,9%
	Sobrecarga del 10%	-30,9%	-29,8%	-29,1%	-28,4%	-26,5%	-24,2%
	Sobrecarga del 20%	-31,8%	-30,7%	-30,0%	-29,3%	-27,5%	-25,2%
	Sobrecarga del 30%	-32,9%	-31,8%	-31,1%	-30,4%	-28,6%	-26,4%
BAJO	Normal	-40,4%	-38,5%	-37,6%	-36,8%	-34,6%	-32,0%
	Legal	-40,8%	-39,0%	-38,1%	-37,3%	-35,1%	-32,5%
	Legal mas tolerancia	-41,1%	-39,3%	-38,4%	-37,6%	-35,4%	-32,8%
	Sobrecarga del 10%	-41,4%	-39,5%	-38,7%	-37,8%	-35,7%	-33,2%
	Sobrecarga del 20%	-42,0%	-40,2%	-39,4%	-38,5%	-36,4%	-33,9%
	Sobrecarga del 30%	-42,9%	-41,1%	-40,3%	-39,5%	-37,4%	-34,9%

Fuente: Elaboración propia 2012

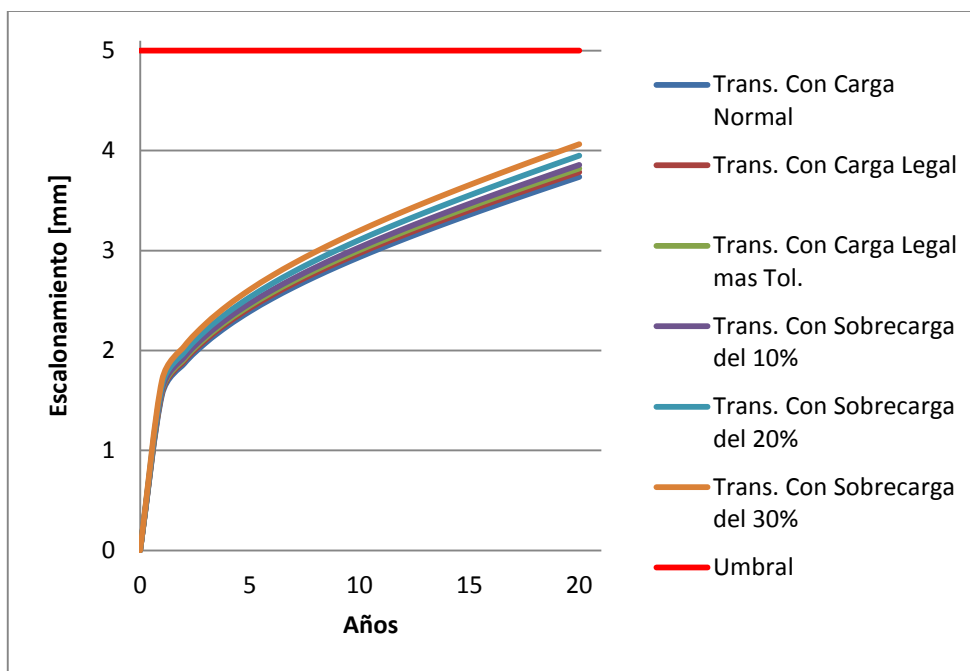
A continuación se presentan los resultados del Escalonamiento en el tiempo, para los distintos niveles de carga, diferentes escenarios diseñados.



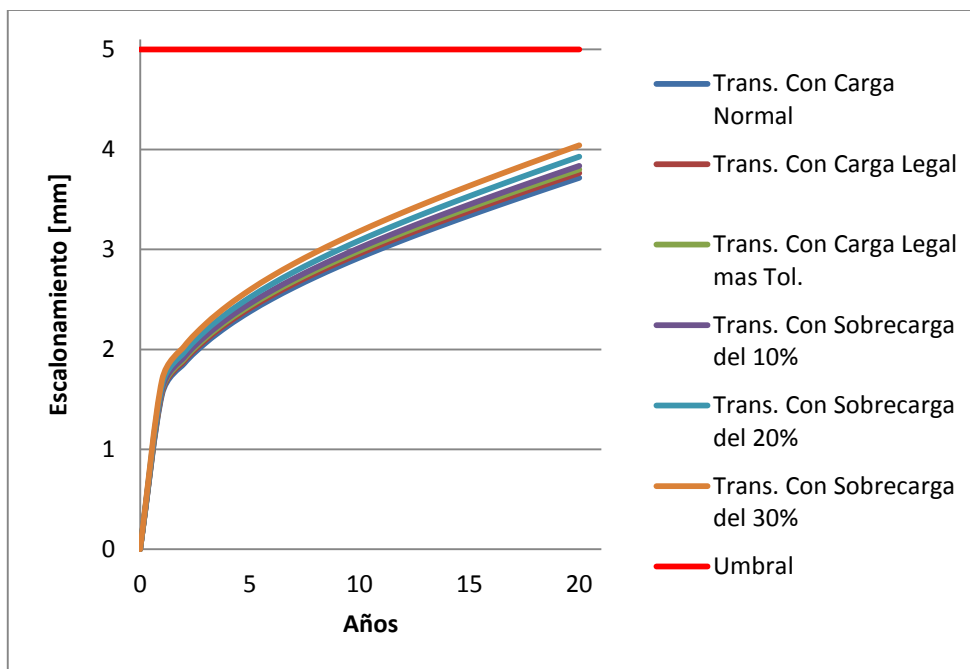
**Figura I1 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Normal**



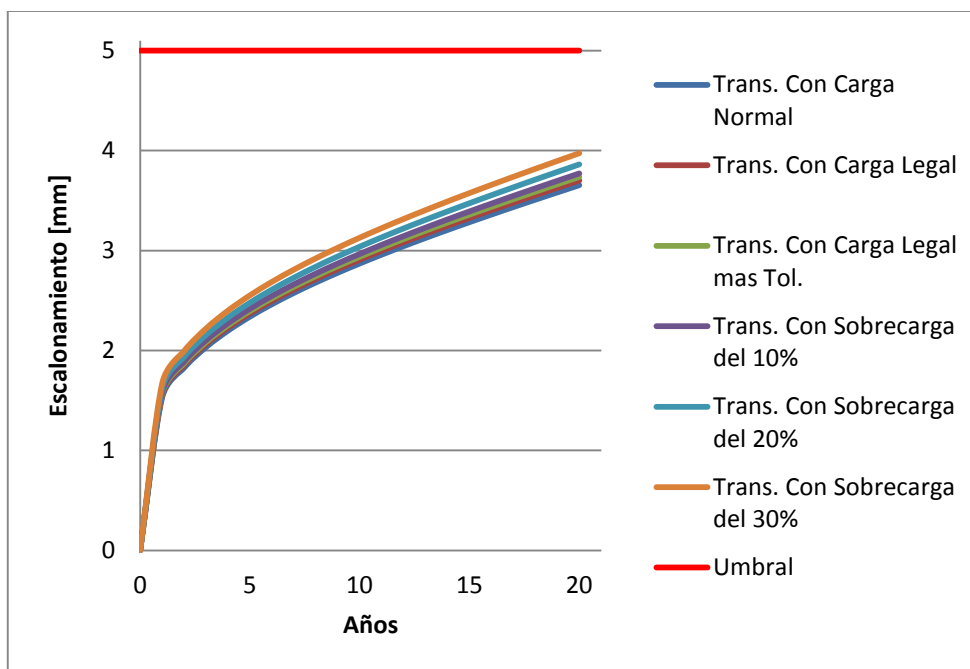
**Figura I2 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal**



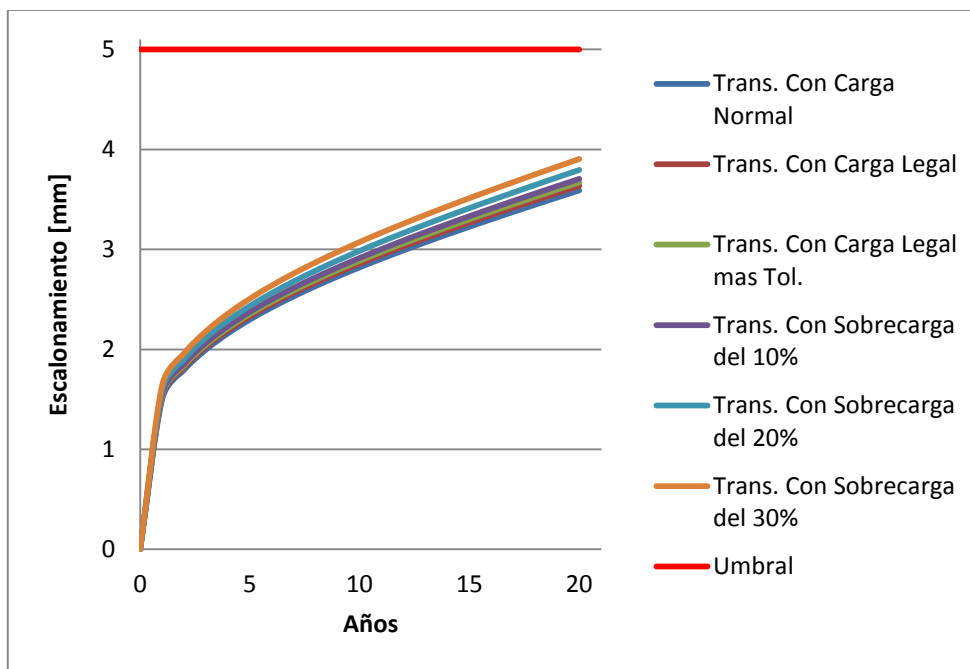
**Figura I3 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal mas Tolerancia**



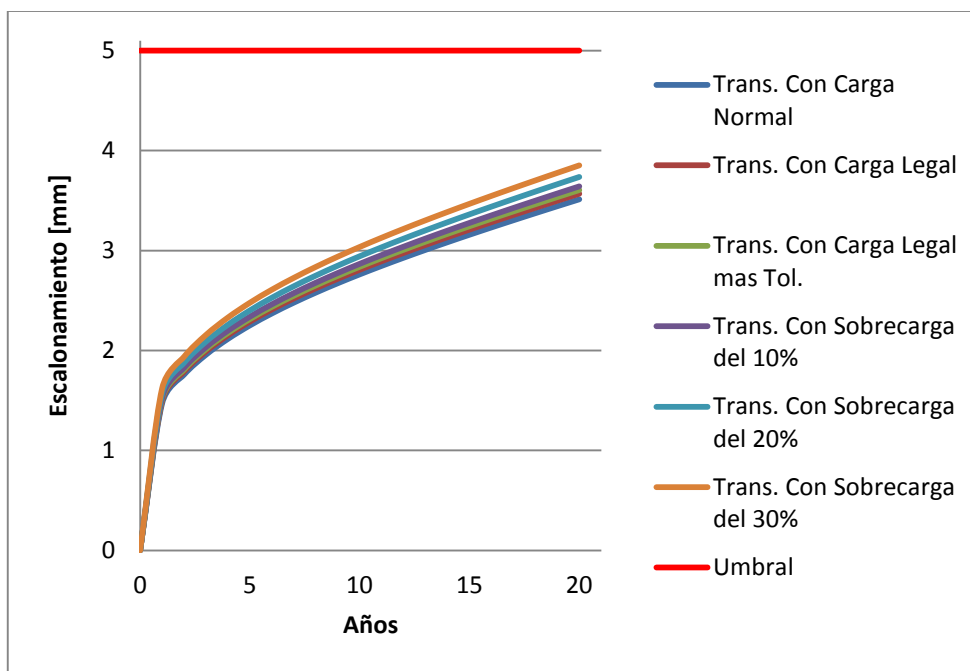
**Figura I4 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 10%**



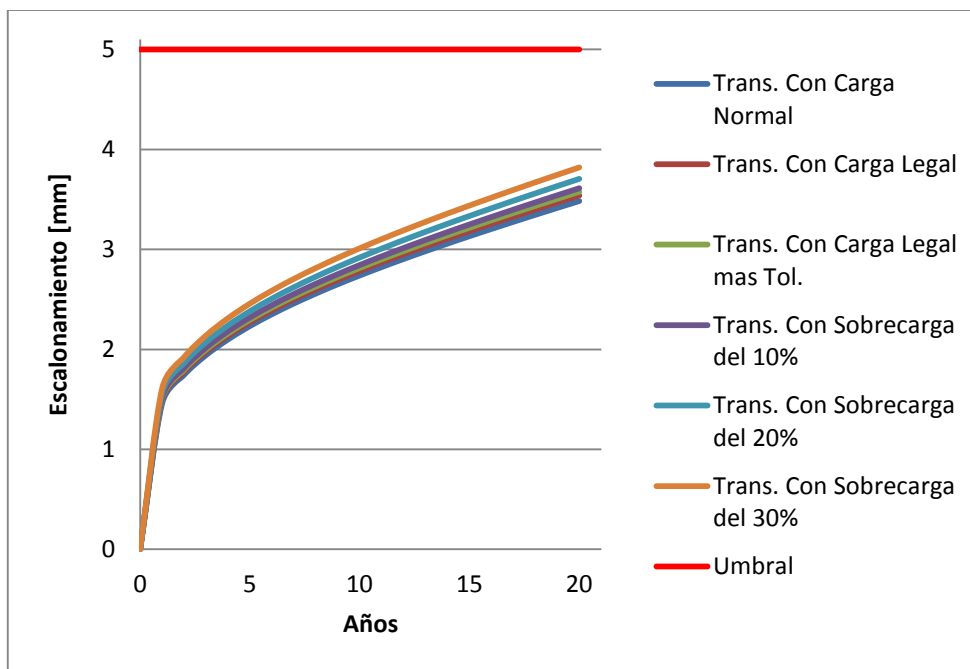
**Figura I5 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 20%**



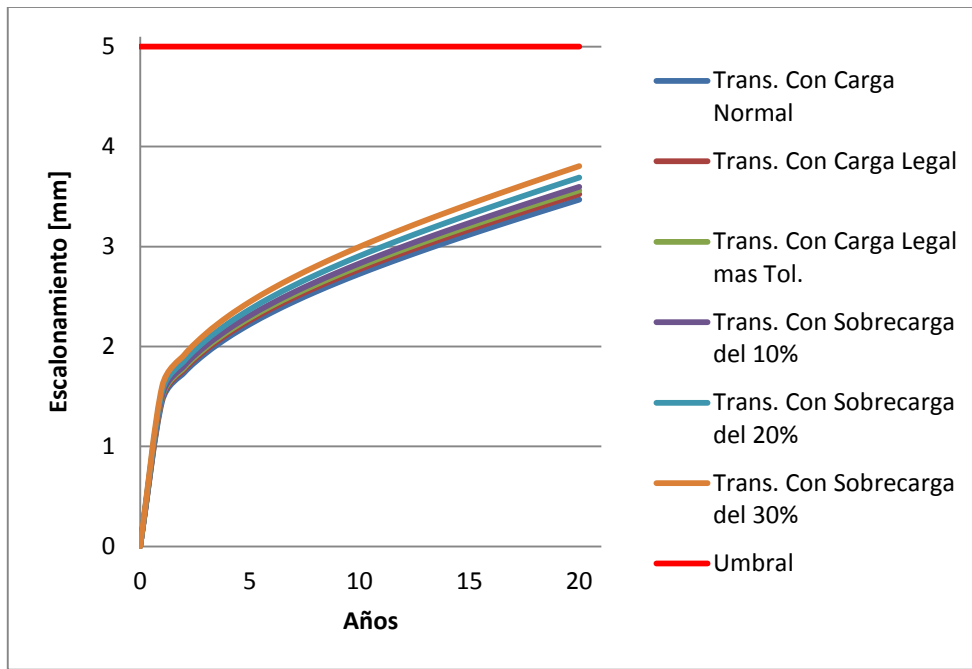
**Figura I6 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 30%**



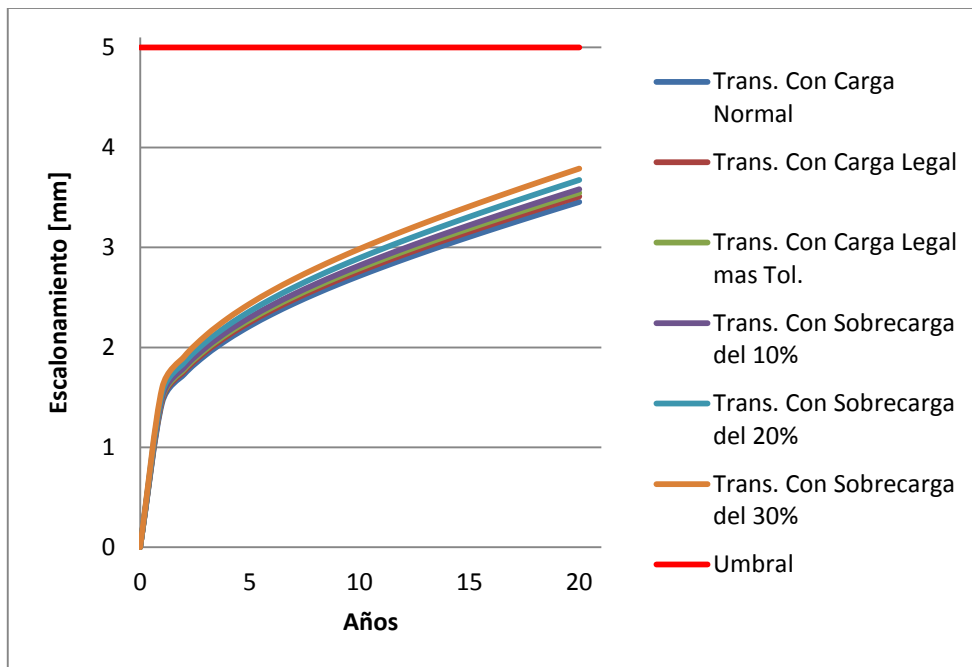
**Figura I7 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Normal**



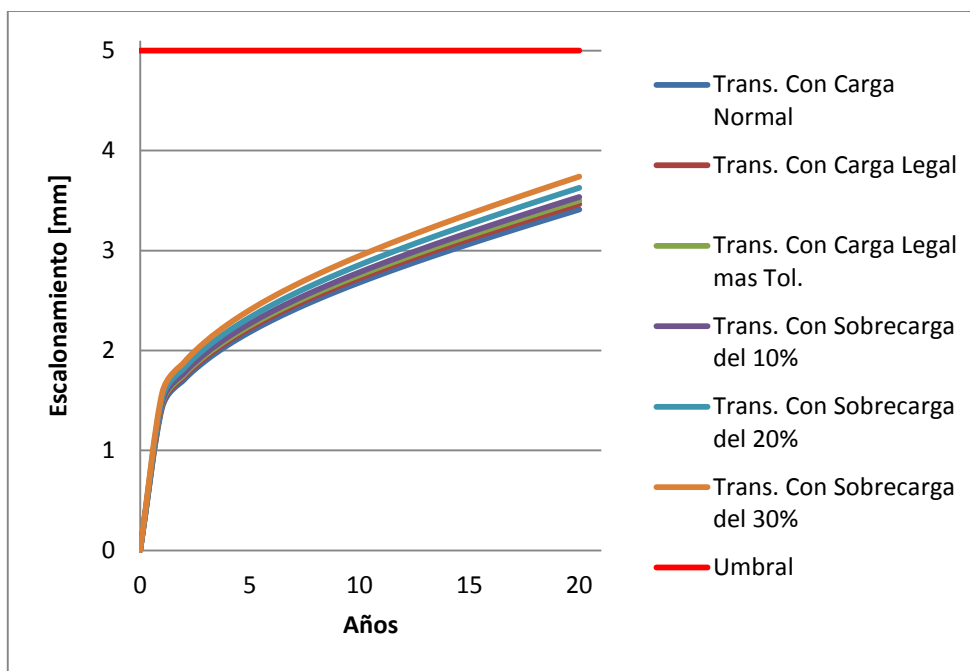
**Figura I8 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal**



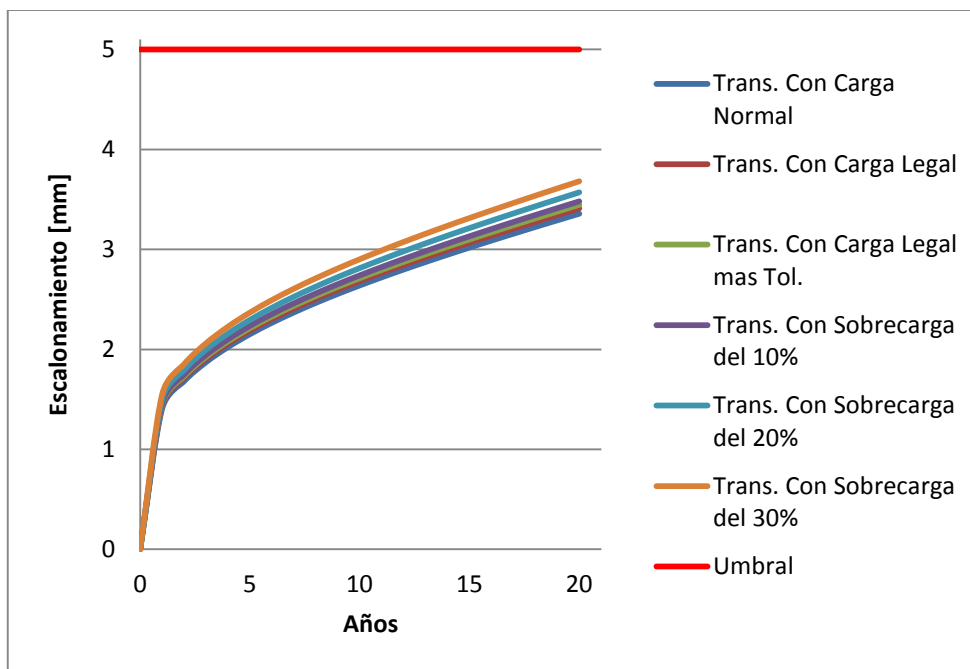
**Figura I9 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal mas Tolerancia**



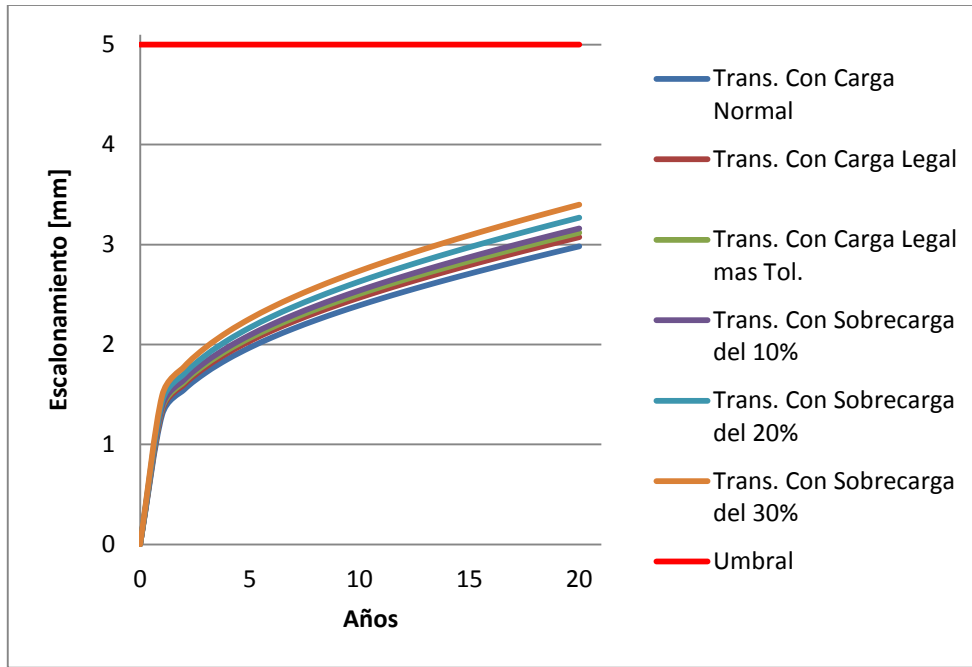
**Figura I10 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 10%**



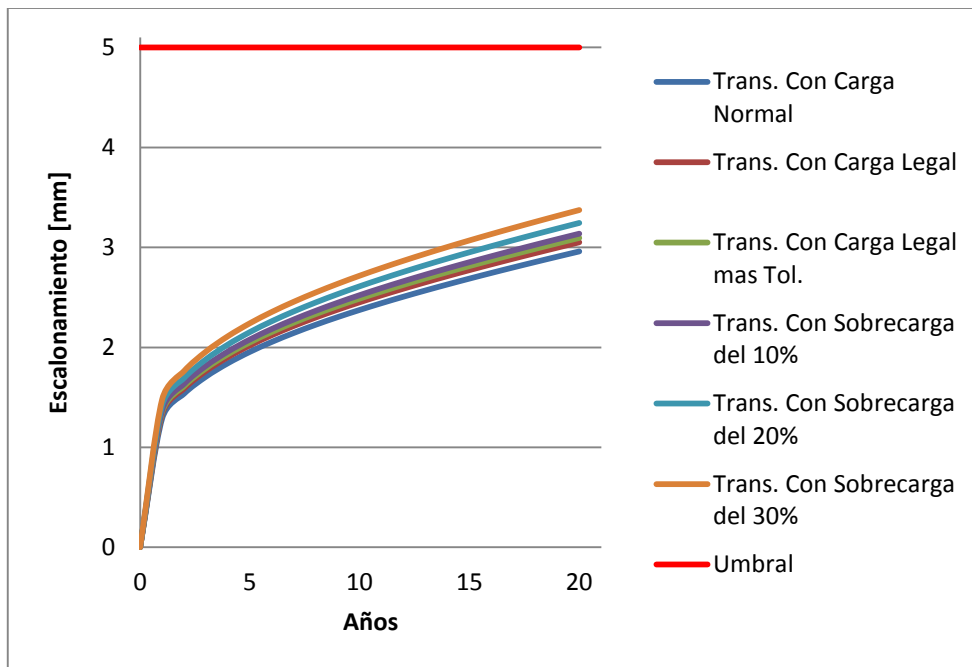
**Figura I11 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 20%**



**Figura I12 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 30%**

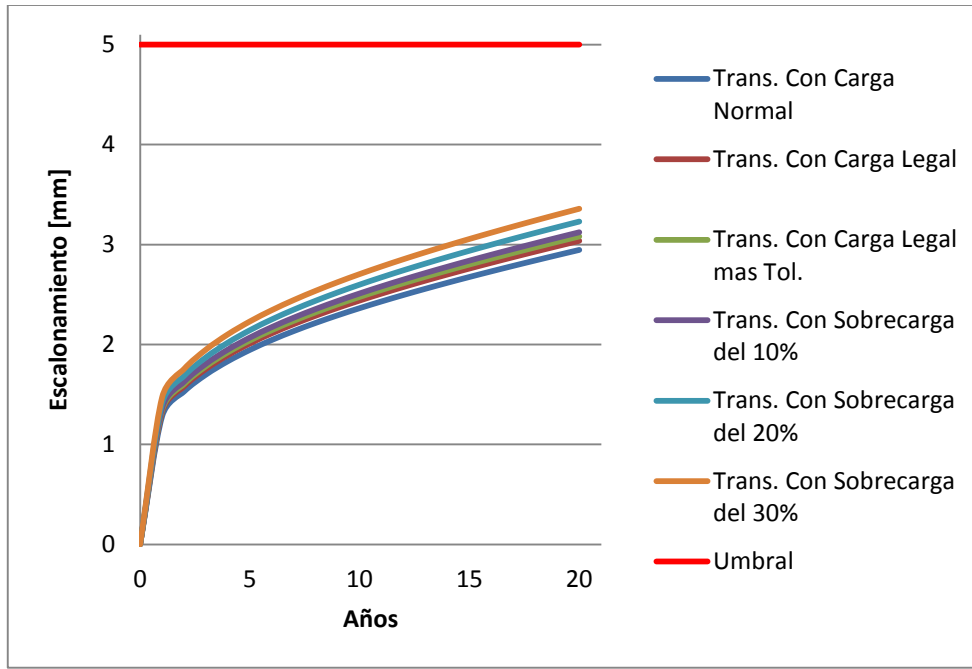


**Figura I13 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Normal**

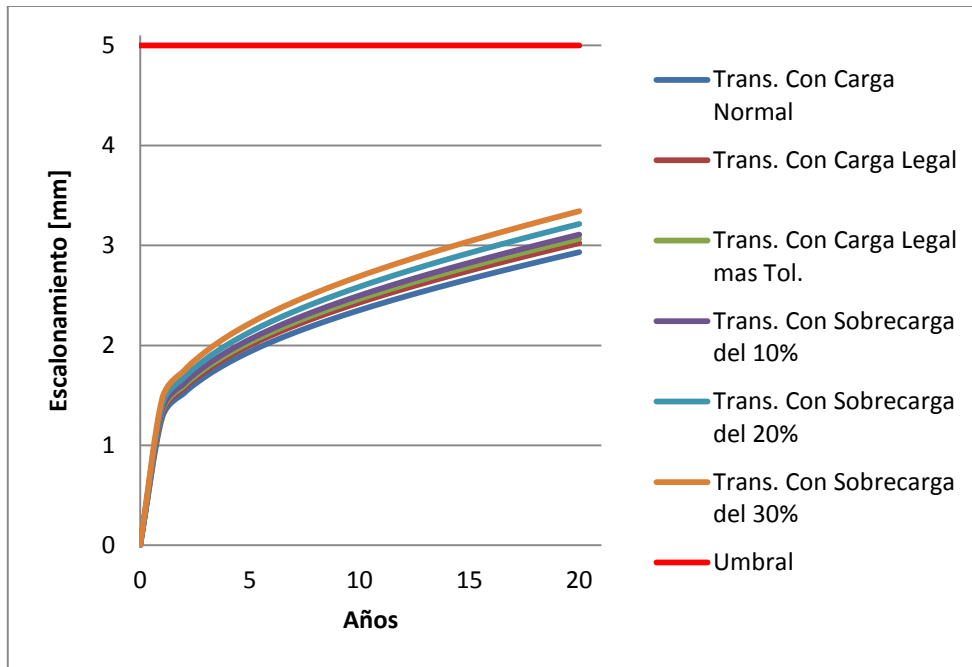


**Figura I14 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Legal**

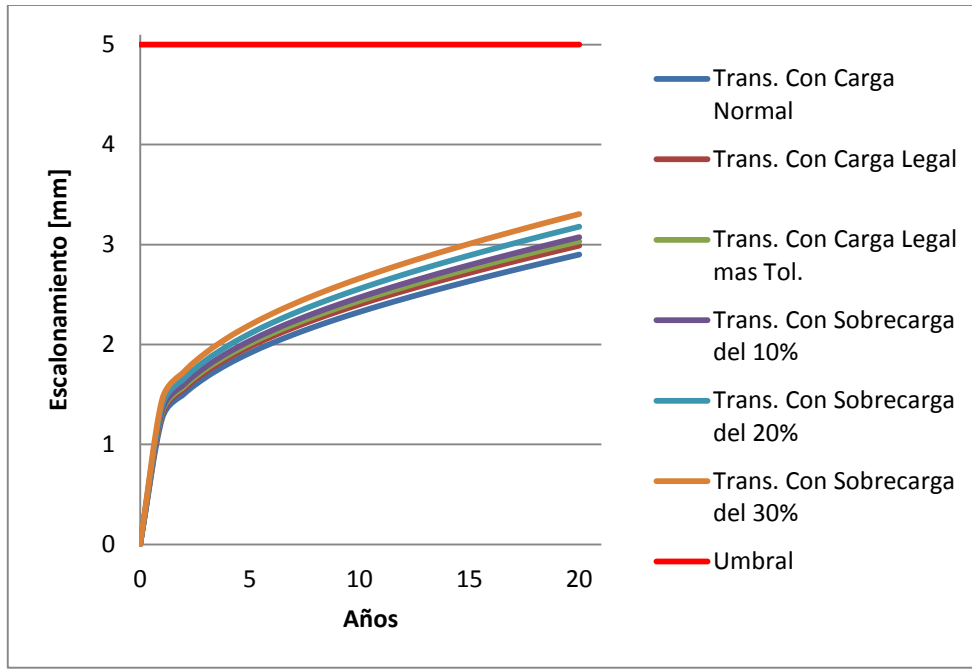




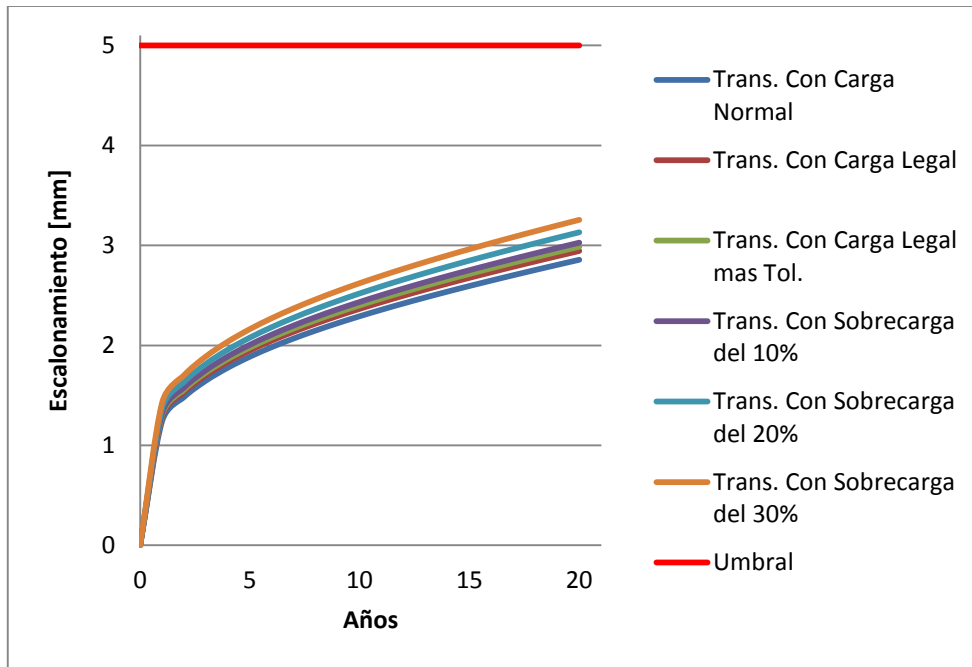
**Figura I15 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Legal mas Tolerancia**



**Figura I16 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 10%**



**Figura I17 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 20%**



**Figura I18 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 30%**

**ANEXO J: ANALISIS DE AGRIETAMIENTO**

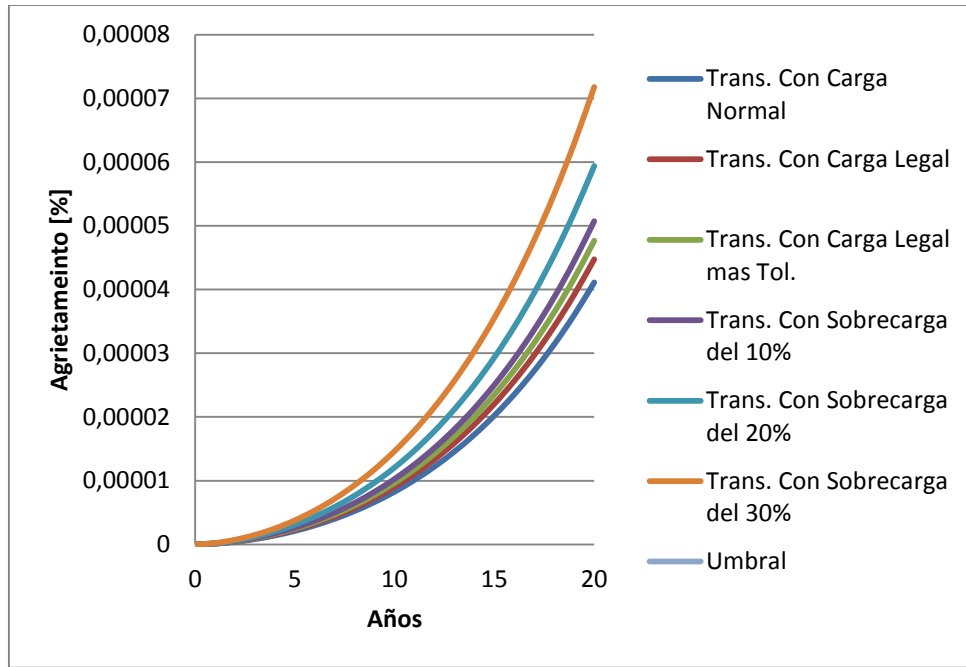
La Tabla J.1 muestra los porcentajes del Escalonamiento para cada uno de los escenarios definidos, con respecto al umbral de 5mm.

**Tabla J.1.** Análisis Comparativo del Agrietamiento con respecto al Umbral

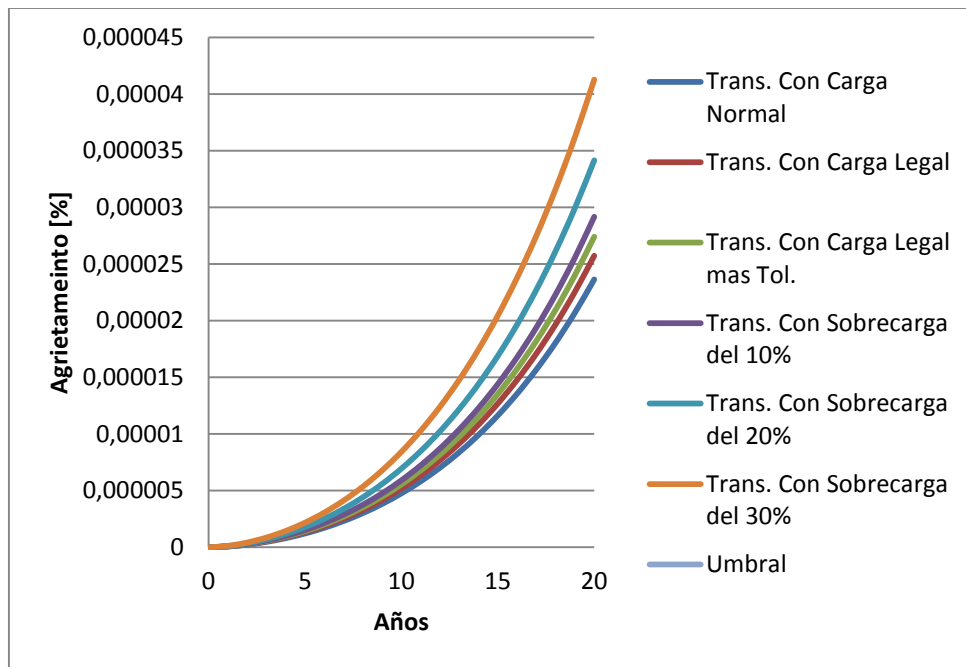
Diseño de Pavimento		Nivel de carga del Transito					
Nivel de transito	Nivel de carga	Normal	Legal	Legal mas tolerancia	Sobrecarga del 10%	Sobrecarga del 20%	Sobrecarga del 30%
ALTO	Normal	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Legal	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Legal mas tolerancia	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Sobrecarga del 10%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Sobrecarga del 20%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Sobrecarga del 30%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
MEDIO	Normal	-99,8%	-99,8%	-99,8%	-99,7%	-99,7%	-99,6%
	Legal	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,8%	-99,8%
	Legal mas tolerancia	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,8%
	Sobrecarga del 10%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Sobrecarga del 20%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
	Sobrecarga del 30%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%	-99,9%
BAJO	Normal	-48,2%	-37,7%	-32,1%	-26,4%	-10,4%	11,6%
	Legal	-70,2%	-63,9%	-60,6%	-57,1%	-47,2%	-33,2%
	Legal mas tolerancia	-78,9%	-74,4%	-72,0%	-69,4%	-62,2%	-51,9%
	Sobrecarga del 10%	-85,2%	-82,0%	-80,2%	-78,4%	-73,2%	-65,8%
	Sobrecarga del 20%	-93,7%	-92,3%	-91,5%	-90,7%	-88,4%	-85,1%
	Sobrecarga del 30%	-98,0%	-97,5%	-97,3%	-97,0%	-96,3%	-95,2%

Fuente: Elaboración propia 2012

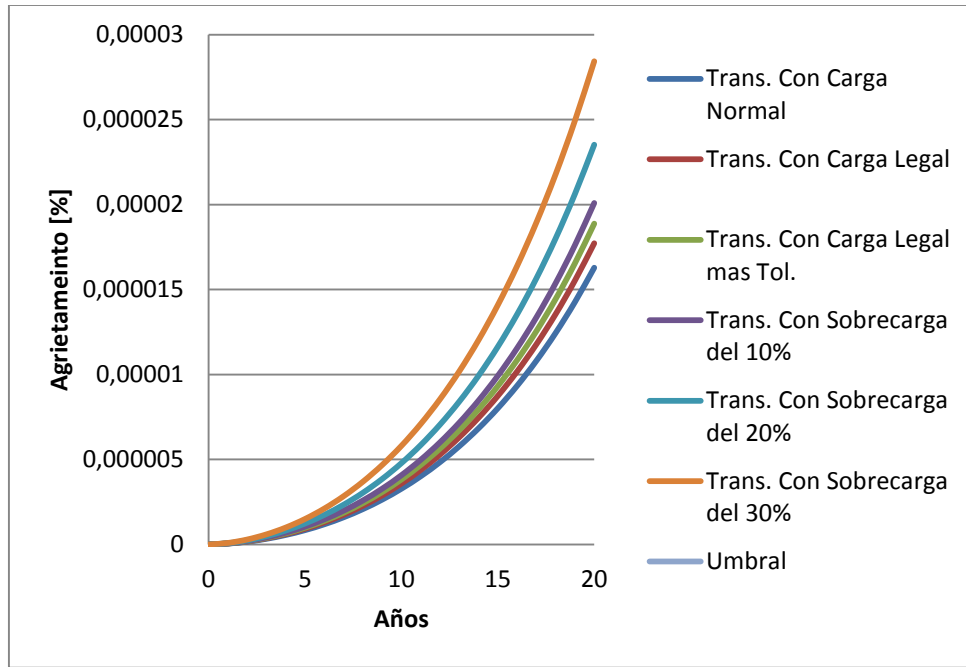
A continuación se presentan los resultados del Agrietamiento en el tiempo, para los distintos niveles de carga, en los diferentes escenarios diseñados.



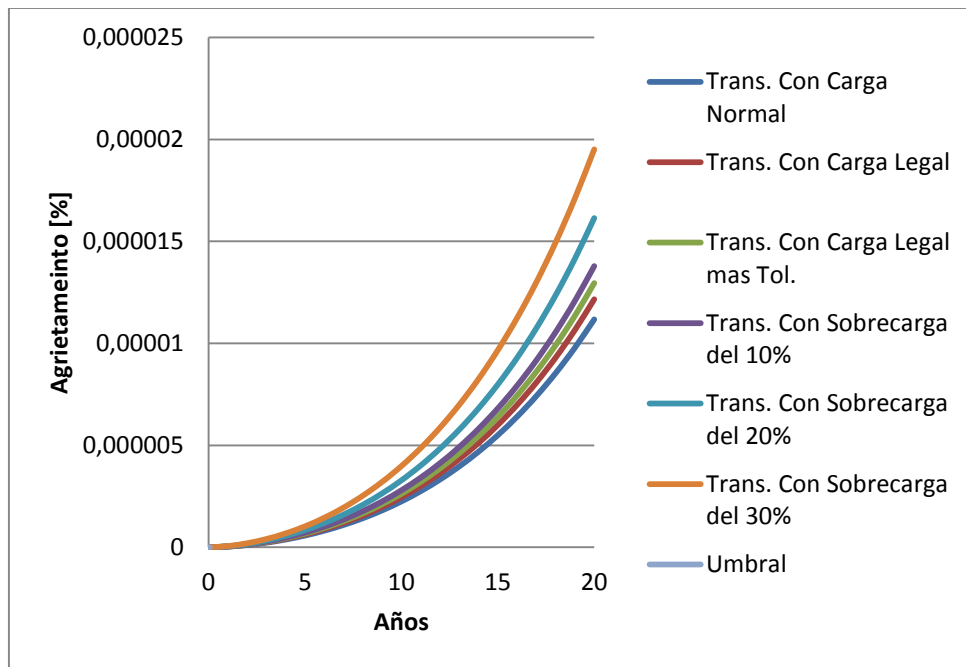
**Figura J1 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Normal**



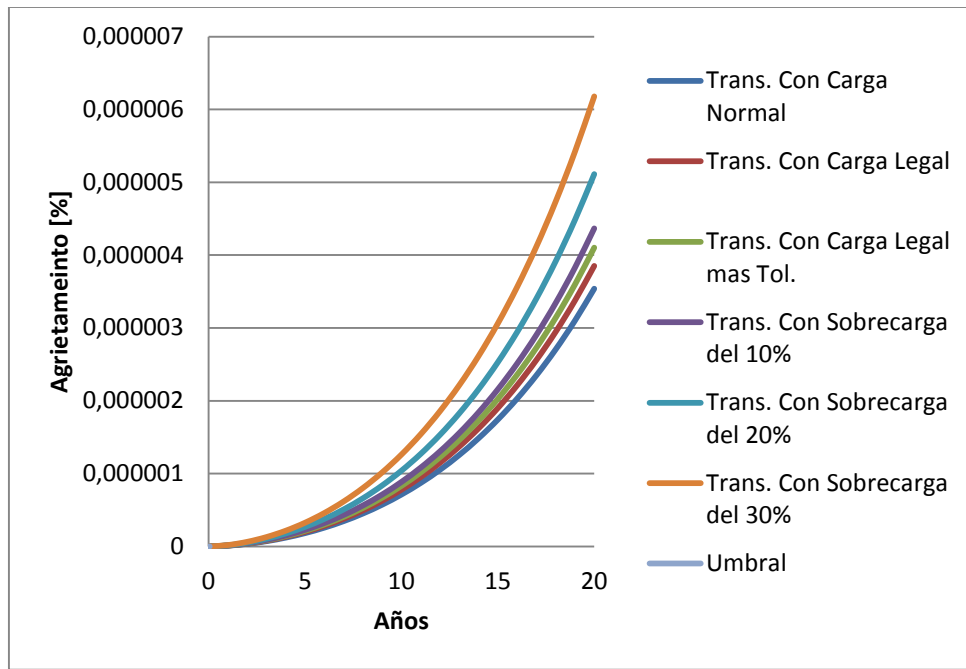
**Figura J2 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal**



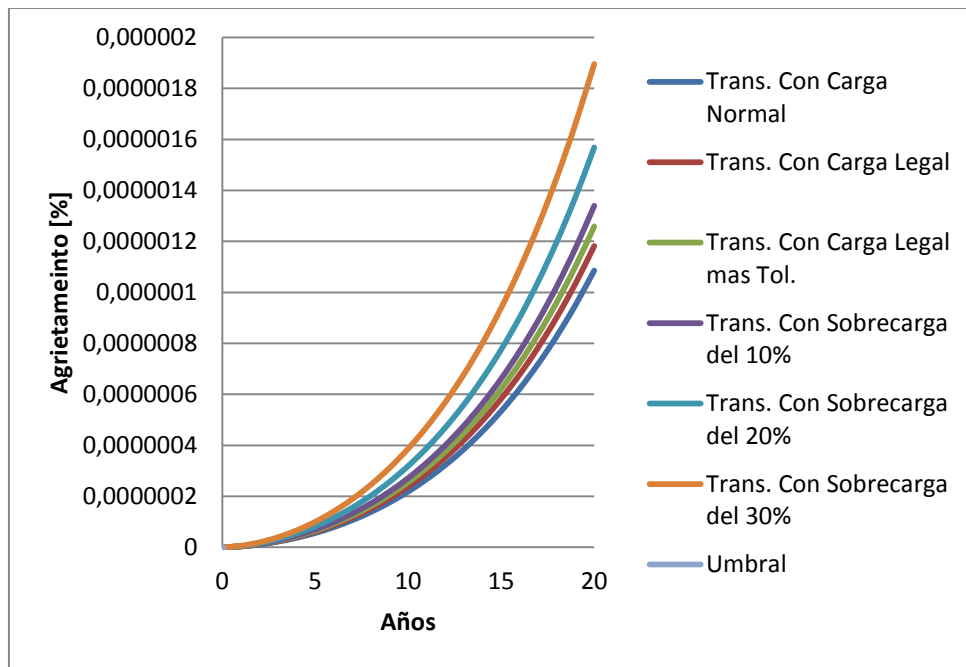
**Figura J3 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Carga Legal mas Tolerancia**



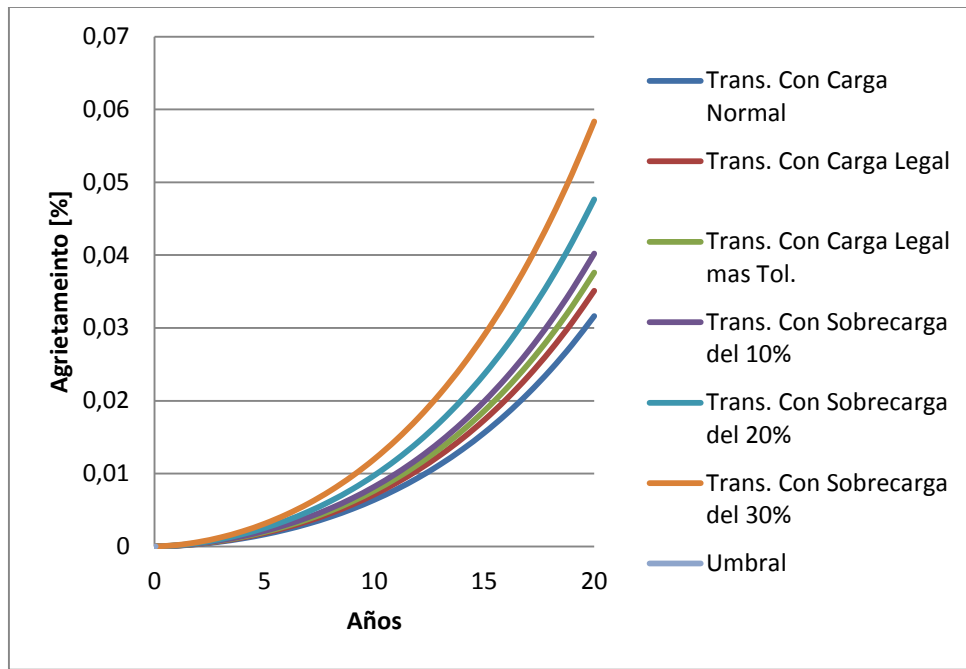
**Figura J4 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 10%**



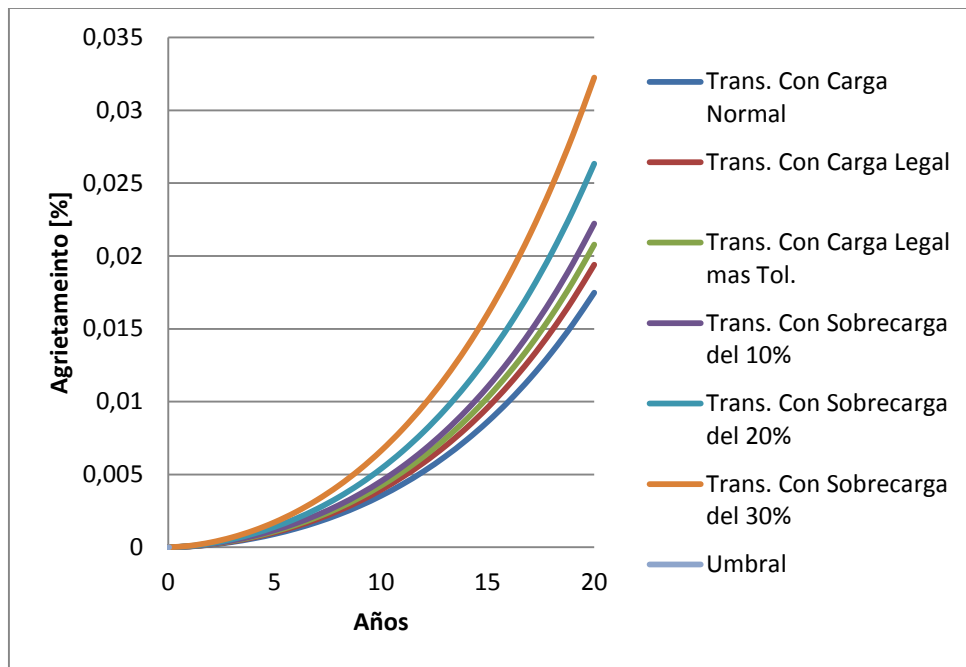
**Figura J5 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 20%**



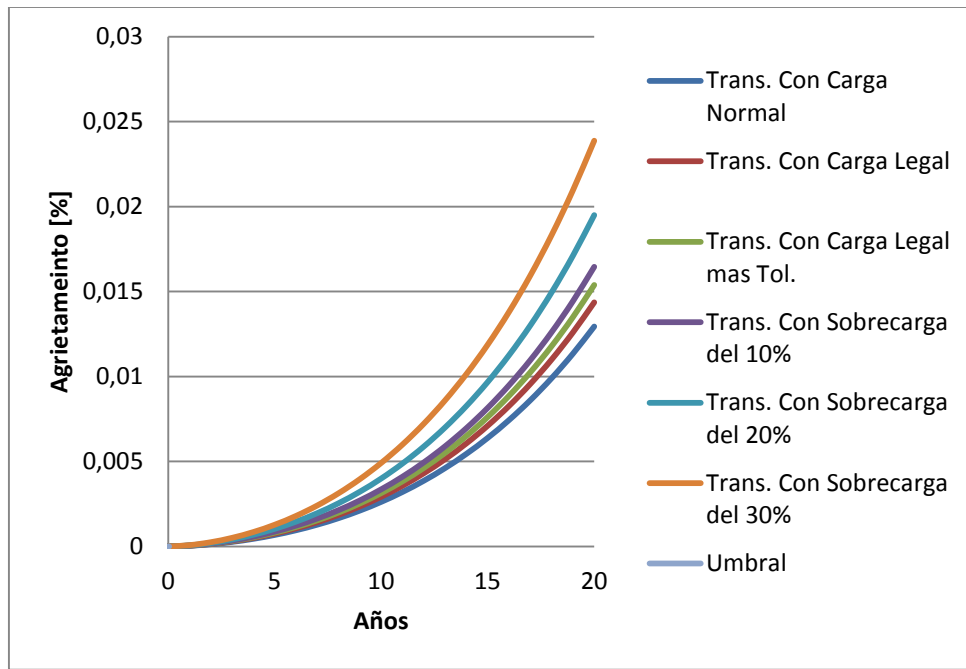
**Figura J6 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Alto y Sobrecarga 30%**



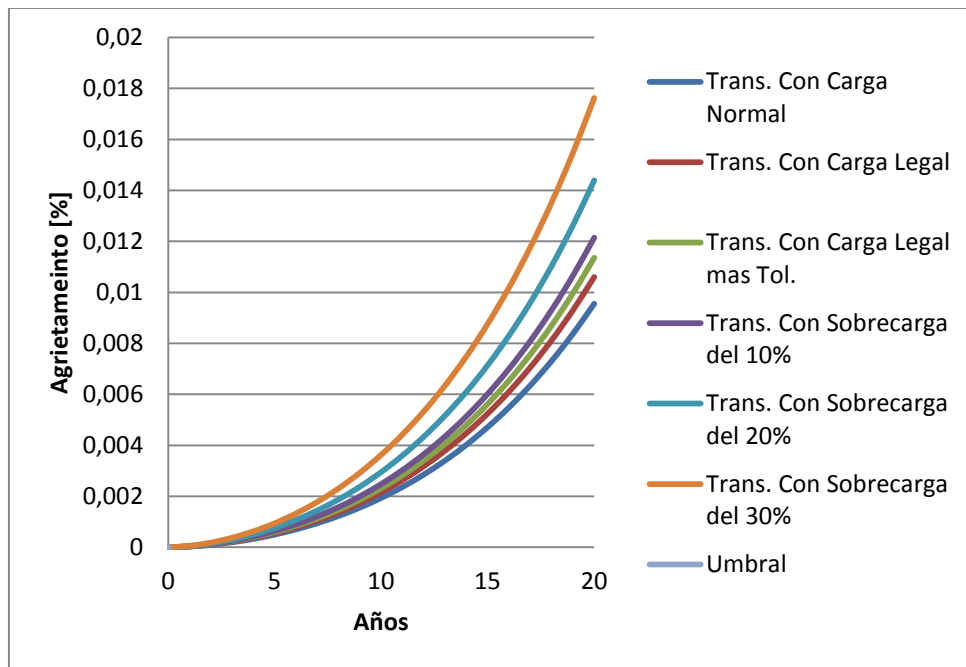
**Figura J7 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Normal**



**Figura J8 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal**

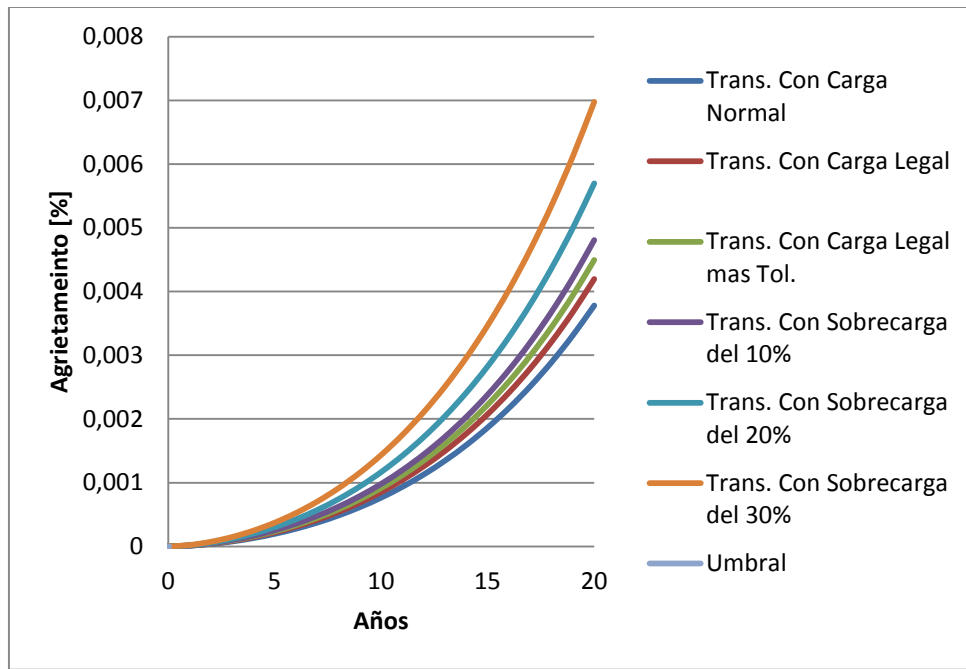


**Figura J9 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Carga Legal mas Tolerancia**

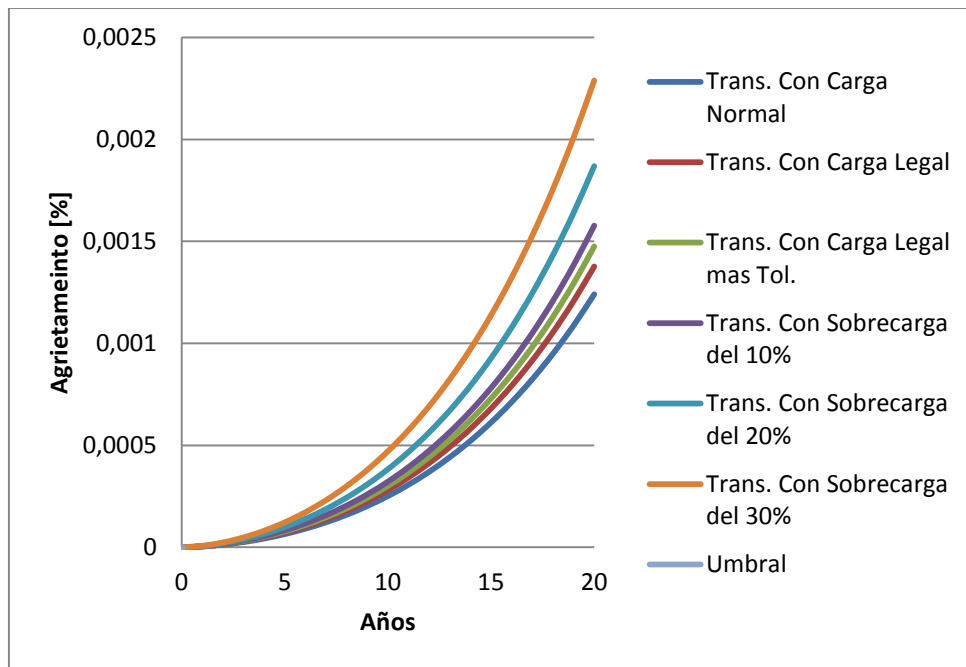


**Figura J10 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 10%**

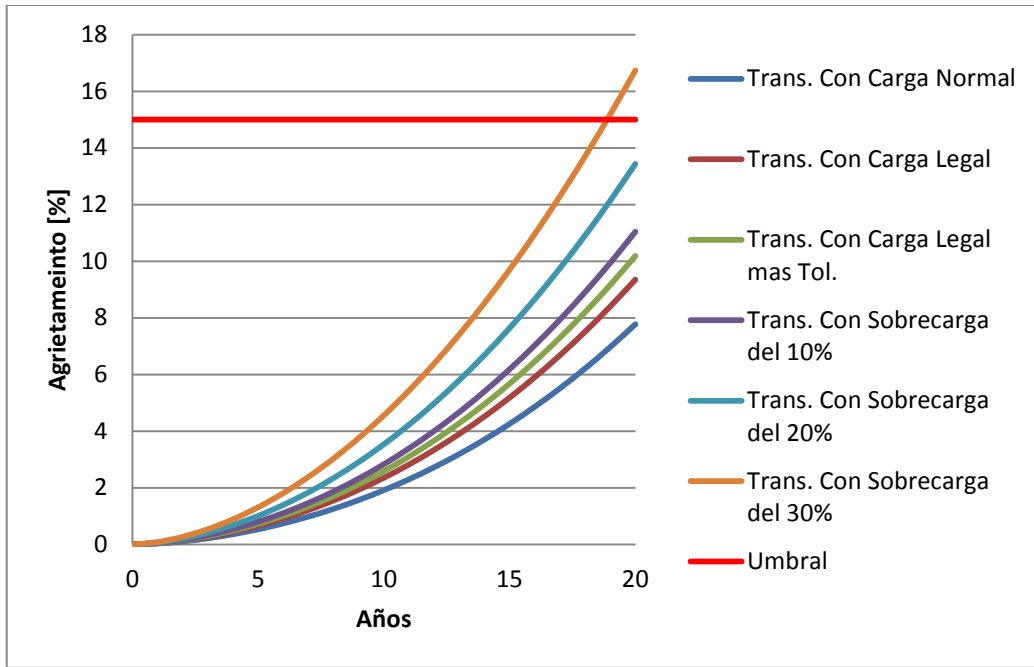




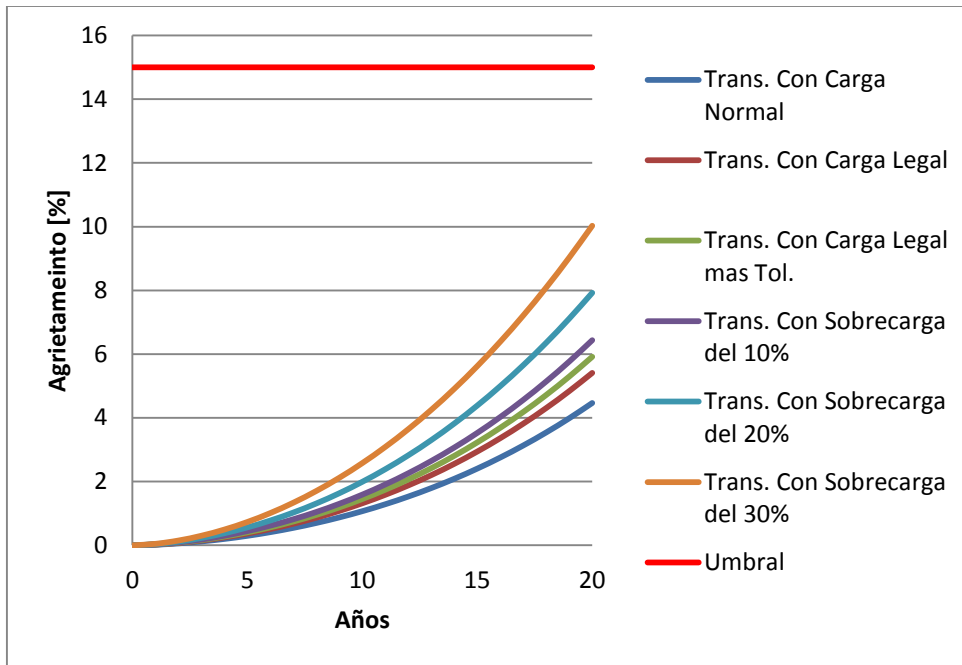
**Figura J11 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 20%**



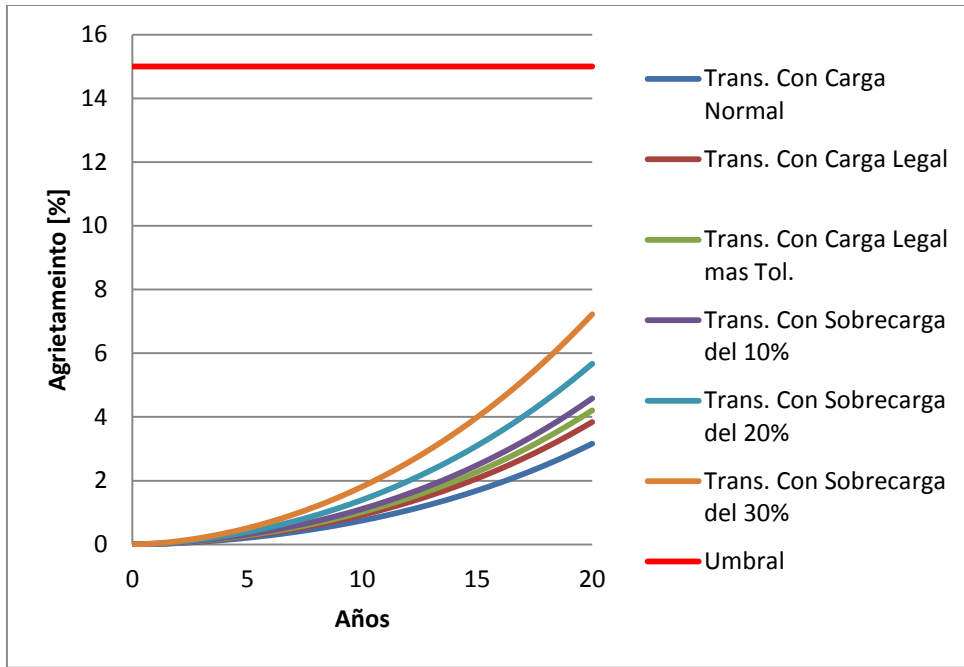
**Figura J12 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Medio y Sobrecarga 30%**



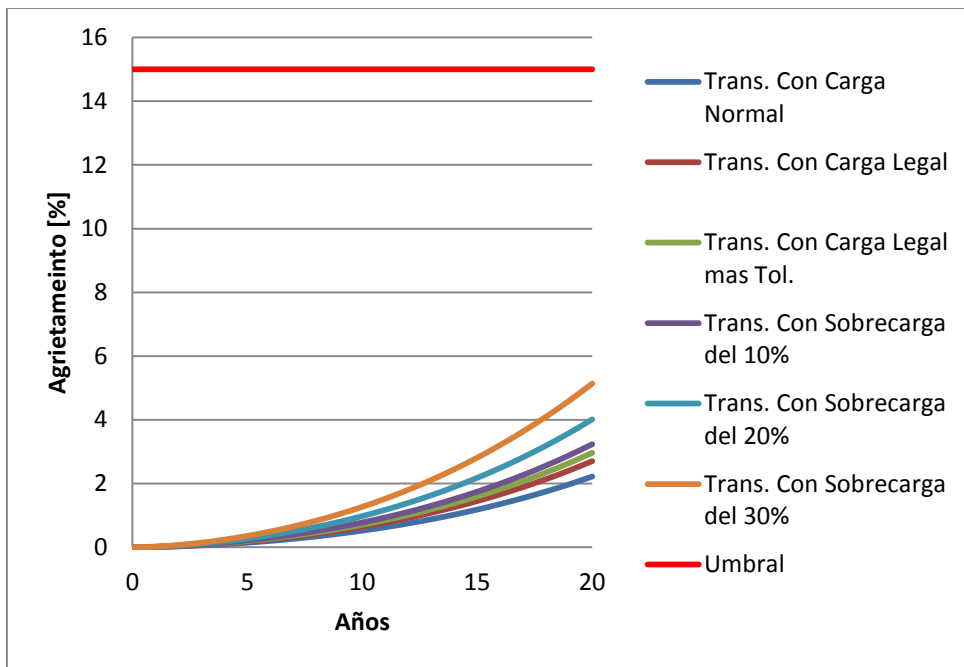
**Figura J13 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Normal**



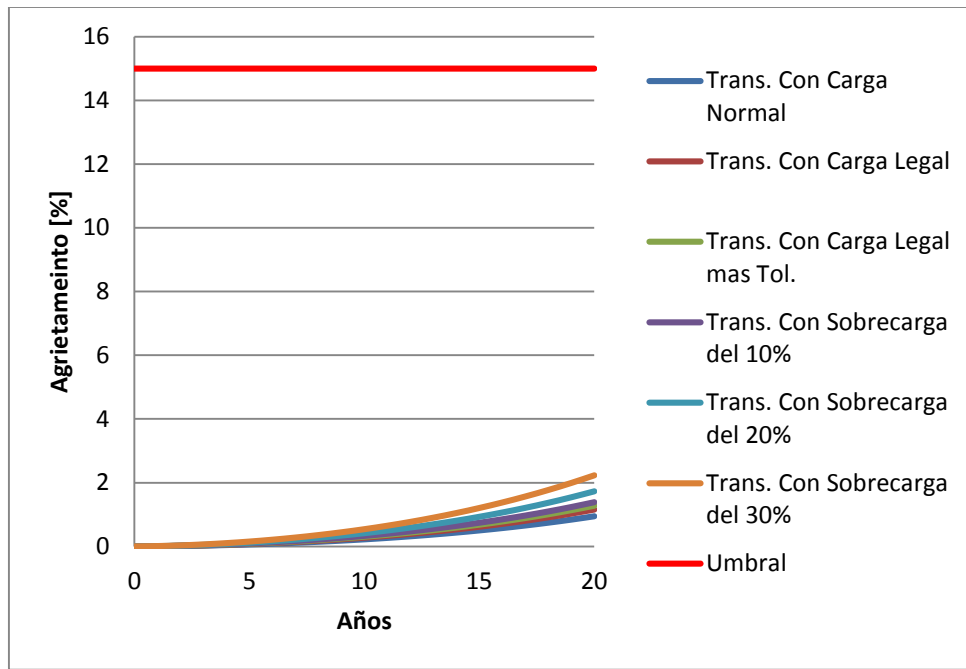
**Figura J14 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Carga Legal**



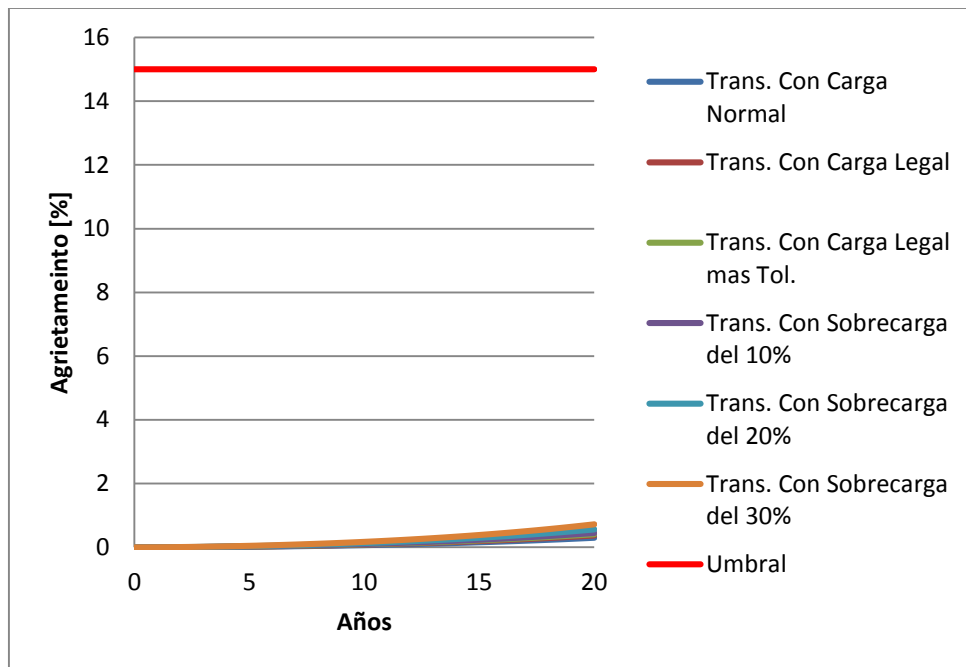
**Figura J15 Resultado del Agrietamiento en el tiempo para el tránsito Bajo y Carga Legal mas Tolerancia**



**Figura J16 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 10%**



**Figura J17 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 20%**



**Figura J18 Resultado del Escalonamiento en el Tiempo para el Diseño con Tránsito Bajo y Sobrecarga 30%**