

# **UNIVERSIDAD DEL BÍO – BÍO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Dr. Ing. Sergio Vargas T.

Profesores Comisión: Dr. Ing. Patricio Álvarez M.

Dr. Ing. José Norambuena C.

### **EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS NIVELES DE CARGA EN LA VIDA ÚTIL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**KATHERINE VEGA ROJAS**

CONCEPCIÓN, JUNIO del 2015

# **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS NIVELES DE CARGA EN LA VIDA ÚTIL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**Katherine Vega Rojas**

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

**[katvega@alumnos.ubiobio.cl](mailto:katvega@alumnos.ubiobio.cl)**

**Sergio Vargas Tejeda Ph. D.**

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

**[svargas@ubiobio.cl](mailto:svargas@ubiobio.cl)**

## **RESUMEN**

Los pavimentos asfálticos cuando son puestos en servicio comienzan a deteriorarse debido a las solicitaciones de tráfico y las condiciones ambientales a las que se ven expuestos. Estos deterioros influyen directamente en la vida útil de los pavimentos, dependiendo de los niveles reales de carga que transporten los vehículos pesados que solicitan el pavimento ya que puede superar o no la carga utilizada en el diseño.

Estudios realizados por Pastrana (2014) y Torres (2014) han demostrado que los niveles de carga con que circulan los vehículos pesados característicos de la Región del Bío Bío, difieren con las cargas consideradas en el diseño, por lo que se esperaría un impacto sobre la vida útil de los pavimentos.

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó el efecto en los pavimentos de asfaltos de los vehículos pesados que circulan por la Región del Bío Bío, bajo diferentes condiciones de carga. Para el análisis se utilizaron tres niveles de tránsito (bajo, medio y alto), una flota de vehículos pesados representativos de la región con diferentes niveles de carga y estructuras de pavimento débil, media y fuerte. Los efectos de los deterioros producidos por los diferentes niveles de carga se obtuvieron mediante los modelos de comportamientos de HDM-4, y evaluando la diferencia entre la vida de diseño y la vida útil del pavimento.

Los principales resultados indicaron que a medida que aumenta el nivel de carga la vida útil de la estructura disminuye, superando los umbrales de los deterioros en menor tiempo. Por otro lado, en el caso del ahuellamiento el umbral no es superado, independiente del nivel de carga y el tipo de estructura que se utilice.

Palabras claves: Deterioros, modelos de comportamiento, pavimentos de asfalto.

5328 Palabras de texto + 18 tablas y/o figuras \* 250 + 1 tablas y/o figuras \* 500 = 10328

## **ABSTRACT**

The asphalt pavements when are put to service they star to deteriorate due to traffic and weather conditions that they are exposed. This deterioration influence directly to the lifetime of the pavements depending on the real level of weight from the weight vehicle using these asphalt routes.

Studies done on Pastrana (2014) and Torres (2014) have shown that the levels of cargo that circulate the vehicle with high weight characteristics of the Bio Bio Region, circulate with the actual weight witch will have a high impact over the usual life of the pavements.

Previously it was evaluated the effects on the asphalts pavements of the different real conditions of weight cargo vehicles that circulate the Bio Bio Region. For the study there where use three levels of transit (low, medium and high) a float of heavy vehicles representing the region with different level of weight and structures of weak pavements, medium and strong. The effects of deterioration produced by the different types of weight where obtained by models of behaviors of HDM-4, evaluating the difference between the life of the design and the life of the usage of the pavements.

The main results indicated that with increasing load level the lifetime of the structure decreases exceeding the thresholds of damage in less time, on the other hand the wearing and tearing were not improved independently of the levels of vehicle weight or type of structures were used.

Keywords: Impairment, role models, asphalt pavements.

## DEDICATORIA

*“Dedicado a mis padres, que creyeron en mí  
y me dieron su apoyo día a día”.*

## **NOMENCLATURA**

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

EE : Ejes Equivalentes

HDM-4 : Highway Development and Management

IRI : Índice de Regularidad Internacional.

$i(\%)$  : Tasa de Crecimiento

MOP : Ministerio de Obras Públicas

$M_R$  : Módulo Resiliente

$NE_T$  : Número Estructural Total

$NE_A$  : Número Estructural Capas Asfálticas

## Índice de Contenidos

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 <i>Objetivo General.</i> .....	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
1.2 Metodología de Trabajo.....	3
<b>2. SÍNTESIS DE ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
2.1. Estructura de pavimentos asfálticos .....	5
2.2. Diseño de pavimentos asfálticos según método AASHTO .....	5
2.3.- Deterioros a evaluar: .....	7
2.3.1.- <i>Agrietamiento por fatiga (Piel de Cocodrilo)</i> .....	7
2.3.2.- <i>Ahuellamiento</i> .....	8
2.3.3.- <i>Regularidad superficial</i> .....	8
2.4.- Modelos de comportamiento .....	8
2.4.1.- <i>Modelo de deterioro de HDM-4</i> .....	9
2.5.- Vida de diseño .....	11
2.6.- Vida útil.....	11
<b>3.- DISEÑO DE CASOS .....</b>	<b>13</b>
3.1.- Caracterización de nivel de carga .....	13
3.2.- Estructura utilizada .....	13
3.2.1.- <i>Tasas de crecimiento flota vehicular</i> .....	13
3.2.2.- <i>Niveles de tránsito</i> .....	14
3.2.3.- <i>Zonas climáticas</i> .....	14
3.2.4.- <i>Espesores capas de pavimento</i> .....	14
3.3.- Matriz de modelación.....	15
<b>4.- EVALUACIÓN DE DETERIOROS .....</b>	<b>16</b>
4.1.- Caracterización flota vehicular .....	16
4.2.- Serie de calibración .....	16
4.3.- Factor Camión (FC) utilizados .....	17
4.4.- Caracterización de tramos de evaluación .....	17
4.5.- Estándares de Conservación .....	18
<b>5.- ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL Y ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>19</b>
5.1.- Umbrales de deterioro .....	19

5.2.- Análisis del agrietamiento .....	19
5.3.- Análisis del Ahuellamiento .....	21
5.4.- Análisis de Regularidad Superficial .....	22
<b>6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO F.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO G .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO H.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema Metodología Propuesta.....	3
Figura 2: Estructura de Pavimento de Asfalto.....	5
Figura 3: Esquema de inicio y progresión del agrietamiento.....	10
Figura 4: Esquema progresión ahuellamiento.....	11
Figura 5: Diagrama de curva de diseño y curva real.....	12
Figura 6: Desarrollo de agrietamiento de la estructura débil con tránsito bajo.....	20
Figura 7: Desarrollo de ahuellamiento de la estructura débil con tránsito bajo.....	21
Figura 8: Desarrollo de irregularidad superficial de la estructura débil con tránsito bajo.....	22

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de carga C2E, IT-12. ....	13
Tabla 2: Tasas de crecimiento regional por tipo de vehículo. ....	14
Tabla 3: Información de los niveles de tránsito utilizados. ....	14
Tabla 4: Estructuración capas de pavimento. ....	15
Tabla 5: Matriz de Modelación, estación IT-34. ....	15
Tabla 6: Configuración Flota Vehicular. ....	16
Tabla 7: Serie de Calibración utilizada. ....	17
Tabla 8: Factor Camión para cada estratigrafía y estación utilizada. ....	17
Tabla 9: Características tramo carretera. ....	17
Tabla 10: Comparación Vida útil v/s Vida de diseño para el Agrietamiento. ....	23
Tabla 11: Comparación Vida útil v/s Vida de diseño para la Regularidad Superficial. ....	24

## **1. INTRODUCCIÓN**

Se conoce como pavimento la parte de la estructura de un camino formada por capas de base, subbase y carpeta de hormigón o asfalto según corresponda, las cuales se colocan sobre una subrasante. El pavimento debe soportar las cargas de tránsito bajo las condiciones climáticas existentes y transmitir las a las capas inferiores sin que se produzcan deformaciones en el pavimento, entregando comodidad y seguridad al usuario durante el periodo de diseño.

En Chile el diseño de los pavimentos se realiza utilizando condiciones de carga dadas por los factores de equivalencia recomendados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2014a), pero muchas veces se puede observar que los niveles de carga con que transitan los vehículos difieren de los considerados en el diseño. Como antecedentes se tienen los estudios realizados por Pastrana (2014) y Torres (2014) donde se caracterizó la carga por eje de una flota característica de la Región del Bío Bío, obteniéndose como resultado que algunas configuraciones utilizadas superan el peso bruto máximo permitido en nuestro país, y otras son menores a las consideradas como cargas de diseño. Por lo anterior surge la duda de cuál es el efecto que tienen las condiciones de carga reales sobre la vida útil de los pavimentos asfálticos, si coincide o difiere con la vida de diseño. Para conocer estos efectos se utilizaron los modelos de comportamiento de HDM-4 que son conocidos y utilizados internacionalmente, y para nuestro país existe una serie de calibración realizada por el MOP.

Por lo anterior, en este trabajo se estudió el efecto que tienen las condiciones reales de carga de los vehículos pesados sobre la vida útil de pavimentos asfálticos, considerando como deterioros relevantes el agrietamiento, el ahuellamiento y el IRI durante la vida de diseño.

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo General.*

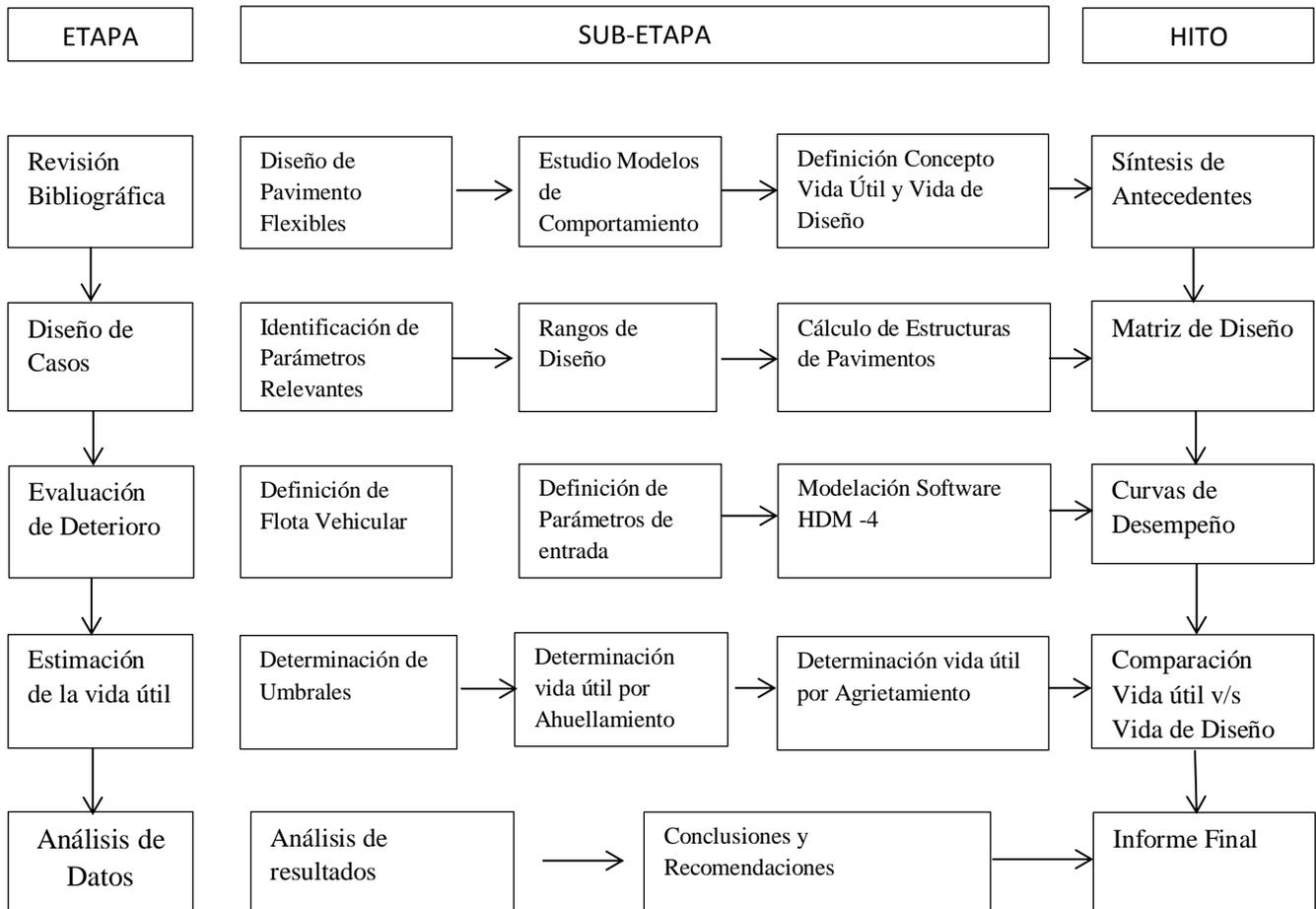
Evaluar los efectos de las condiciones reales de carga de los vehículos pesados en la vida útil de pavimentos asfálticos de la Región del Bío Bío.

### *1.1.2 Objetivos Específicos*

- a) Resumir los antecedentes disponibles respecto de las condiciones de carga de los vehículos pesados en la Región del Bío Bío.
- b) Construir una matriz de escenarios de diseño de pavimentos asfálticos en la Región del Bío Bío.
- c) Analizar la evolución del agrietamiento, el ahuellamiento e IRI para los distintos escenarios de diseño, bajo distintas condiciones reales de carga.
- d) Cuantificar las diferencias entre la vida de diseño inicial y la vida útil real de los pavimentos asfálticos al ser sometidos a condiciones reales de carga.
- e) Concluir respecto de los efectos de las condiciones reales de carga sobre la vida útil de los pavimentos de asfalto.

### 1.2 Metodología de Trabajo

La metodología propuesta para este trabajo contempló cinco etapas, tal como se observa en la Figura 1. Cada etapa se dividió en dos o tres sub-etapas, culminando con un hito que se relaciona con los objetivos específicos mencionados anteriormente.



**Figura 1: Esquema Metodología Propuesta**  
**Fuente: Elaboración Propia**

La primera etapa consistió en una revisión bibliográfica con el objetivo de estudiar los aspectos relevantes del diseño de pavimentos flexibles, conocer los modelos de comportamiento que existen, y los conceptos de vida de diseño y vida útil. Esta etapa terminó en una síntesis de antecedentes para el desarrollo de este trabajo.

La segunda etapa consistió en identificar los parámetros de diseño relevantes, establecer rangos en la variable de diseño y calcular la estructura de pavimento flexible para distintos casos en la Región del Bío Bío, obteniéndose como resultado de esta etapa la matriz de diseño.

La tercera etapa consistió en la evaluación de los deterioros del pavimento asfáltico durante la vida de diseño. Para ello se determinó la flota vehicular a utilizar, el tipo de clima y los niveles de tránsito según características de la Región. Luego se evaluaron los escenarios de diseño según los modelos de deterioro de HDM-4 para el agrietamiento y el ahuellamiento. Finalmente se obtuvieron las curvas de desempeño de cada deterioro durante la vida de diseño.

En la cuarta etapa se analizó el impacto de los deterioros en la vida de diseño. Para ello se analizó la evolución de los deterioros y se contrastaron con los umbrales recomendados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP). Posteriormente se estimó la vida útil y se comparó con la vida de diseño según cada deterioro y según cada escenario de diseño.

En la última etapa se realizó un análisis de los resultados, para obtener las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

## 2. SÍNTESIS DE ANTECEDENTES

En el siguiente Capítulo se presenta una descripción de los parámetros necesarios para diseñar una estructura de pavimentos de asfalto según el método AASHTO y lo recomendado por el Manual de Carreteras (MOP, 2014). También se presentan los modelos de comportamiento utilizados en este trabajo y se describen los conceptos de vida de diseño y vida útil.

### 2.1. Estructura de pavimentos asfálticos

Los pavimentos de asfalto corresponden a un sistema de capas que se colocan sobre una subrasante. El propósito de diseño es transmitir al suelo de fundación las cargas impuestas por el tránsito, y permitir que los vehículos circulen en condiciones de seguridad y comodidad, por un período determinado de tiempo. La estructura tradicional de un pavimento de asfalto se muestra en la Figura 2.



**Figura 2: Estructura de Pavimento de Asfalto**

### 2.2. Diseño de pavimentos asfálticos según método AASHTO

En Chile el diseño de pavimentos se realiza en base al método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) del año 1993 y 1998, el cual fue adaptado por el MOP a las condiciones nacionales.

En el método AASHTO la fórmula general de diseño, descrita en la Ecuación (1-3), relaciona la cantidad de ejes equivalentes (EE) solicitantes con el número estructural y el nivel de confianza, de manera que la estructura experimente una pérdida de serviciabilidad determinada. Los

principales factores que intervienen en el diseño son el clima, el tránsito, la serviciabilidad y la calidad de los materiales.

$$EE = (NE + 25,4)^{9,36} \cdot 10^{(-16,40 + ZR \cdot S_0)} \cdot M_R^{2,32} \cdot \left[ \frac{(p_i - p_f)}{(p_i - 1,5)} \right]^{1/\beta} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\beta = 0,40 + [97,81 / (NE + 25,4)]^{5,19} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde

EE: ejes equivalentes de 80 KN acumulados durante la vida de diseño

NE: número estructural (mm)

$$NE = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot h_3 \quad \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

$a_1, h_1$ : coeficiente estructural y espesor (mm) respectivamente de cada una de las capas asfálticas o tratadas que componen el pavimento. Los subíndices 2 y 3 representan las capas granulares no tratadas.

$m_2, m_3$ : coeficiente de drenaje de las capas no tratadas (bases y subbases granulares)

$Z_R$ : coeficiente estadístico que depende del nivel de confianza que se adopte

$S_0$ : desviación estándar del error combinado de todas las variables que intervienen en el modelo.

$M_R$ : módulo resiliente del suelo de la subrasante (MPa)

$p_i$ : índice de serviciabilidad inicial

$p_f$ : índice de serviciabilidad final

El método AASHTO – 1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa en identificar un número estructural ( $NE_T$ ) para el pavimento, que sea capaz de soportar el nivel de carga solicitado. Las capas que componen esta estructura están determinadas según la ecuación 3 (Ec.3), mostrada anteriormente. El espesor mínimo en el caso de las capas asfálticas es 50 mm y para las capas granulares corresponde a 150 mm (MOP, 2014a).

La fracción del  $NE_T$  que debe asignarse a las capas asfálticas se obtiene conociendo la temperatura anual ponderada del aire (TMPA) el cual se obtiene de la ecuación 4 (Ec.4):

$$TMPA(^{\circ}C) = 20,348 + 17,5683 \log W_{ip} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde  $W_{ip}$  corresponde al promedio de los factores de ponderación de las temperaturas medias mensuales del aire de cada uno de los 12 meses.

La fracción del  $NE_T$  que se asigna a las capas asfálticas se obtiene mediante ábacos TMAPA (MOP, 2014a), con las solicitaciones (EE) y con el valor del módulo resiliente ( $M_R$ ). Luego se debe cumplir la siguiente relación 5 (Ec.5):

$$NE_A(mm) = \sum a_i * h_i \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde

$a_i$ : coeficiente estructural de la capa asfáltica

$h_i$ : espesor (mm) de la capa asfáltica

Las capas no ligadas (subbases y bases granulares) se estructuran según la diferencia entre el  $NE_T$  y el  $NE_A$ , como se muestra en la siguiente relación 6 (Ec.6):

$$[NE_T - NE_A](mm) = a_2 * h_2 * m_2 + a_3 * h_3 * m_3 \quad \text{Ec. (6)}$$

En el Anexo A se presenta información respecto a las variables que utiliza el método y sus valores recomendados para el diseño de pavimentos flexibles.

### **2.3.- Deterioros a evaluar:**

Los deterioros en los pavimentos de asfalto se clasifican en dos categorías: deterioro estructural y deterioro funcional, y dentro de las cuales hay distintos tipos de fallas. Para este trabajo se consideró el agrietamiento por fatiga (deterioro estructural), el ahuellamiento y la regularidad superficial (deterioro funcional) que corresponden a los deterioros más comunes y relevantes de los pavimentos asfálticos. A continuación se describe cada una de ellos:

#### *2.3.1.- Agrietamiento por fatiga (Piel de Cocodrilo)*

Este deterioro está relacionado con la capacidad estructural del pavimento para resistir solicitaciones de tránsito. Estas grietas producen una disminución en el aporte estructural de cada capa asfáltica.

El agrietamiento por fatiga corresponde a pequeñas grietas longitudinales y transversales que van generando una especie de malla, con una separación menor de 15 cm, presentando generalmente hundimiento del área afectada. Estas grietas se generan en la parte inferior de la capa asfáltica, propagándose por todo el espesor de la capa debido al paso continuo de los vehículos. Algunas causas que provocan este deterioro puede ser un sub-dimensionamiento de las capas de la estructura de pavimento o la pérdida de soporte por un exceso de humedad en las capas granulares y sub-rasante (Muñoz, 2012).

### *2.3.2.- Ahuellamiento*

El ahuellamiento de los pavimentos asfálticos corresponde a un deterioro gradual de la superficie, manifestándose como ondulaciones que coinciden con las bandas de circulación vehicular. Los factores que determinan su formación son la magnitud y frecuencia de la aplicación de cargas, las condiciones climatológicas. Las causas que provocan el ahuellamiento en el pavimento son: la formación y acumulación de deformaciones plásticas en las capas de materiales asfálticos, y la disgregación de materiales en las capas granulares ante la aplicación de grandes esfuerzos verticales (Caro et al. (2003)).

### *2.3.3.- Regularidad superficial*

El concepto de regularidad se refiere a las imperfecciones que presenta la superficie de la carpeta de asfalto que inciden en la velocidad, seguridad y comodidad de los usuarios al circular por la carretera, así también en su percepción del nivel de servicio ofrecido por estas (Solorio et al. (2004)). Esta irregularidad se mide a través del IRI, el cual se obtiene mediante la simulación del paso de un vehículo sobre el pavimento, considerando la vibración relativa del vehículo en términos de la distancia que recorre.

## **2.4.- Modelos de comportamiento**

Los modelos de comportamiento permiten predecir la condición de deterioro de un pavimento, para garantizar que se mantengan los indicadores exigidos de serviciabilidad y que la infraestructura perdure en el tiempo, para el cual fue diseñado. Estos modelos corresponden a expresiones matemáticas y pueden ser mecanicistas-empíricos si la condición del pavimento se relaciona con el estado de esfuerzos y deformaciones de las capas, o empíricos relacionando el estado del pavimento con variables como tránsito y clima (Rodríguez, 2012).

Para el agrietamiento por fatiga interesa estudiar el estado de esfuerzo-deformación horizontal en la parte inferior de la capa asfáltica, y para el ahuellamiento interesa conocer el esfuerzo-deformación vertical en la superficie de la subrasante.

El sistema de gestión de carreteras entrega un conjunto de herramientas para el análisis técnico y económico de alternativas de inversión relacionadas con la conservación y mejoramiento de carreteras. Una de las tareas que puede realizar es predecir el deterioro de los pavimentos durante su vida útil, mediante modelos de deterioro.

#### *2.4.1.- Modelo de deterioro de HDM-4*

Los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos son del tipo incremental y permiten predecir la evolución del estado del pavimento durante un período de análisis, en base a los datos proporcionados para el tráfico, clima, tipo de pavimento; entregando como resultado un valor determinístico para el o los años analizados.

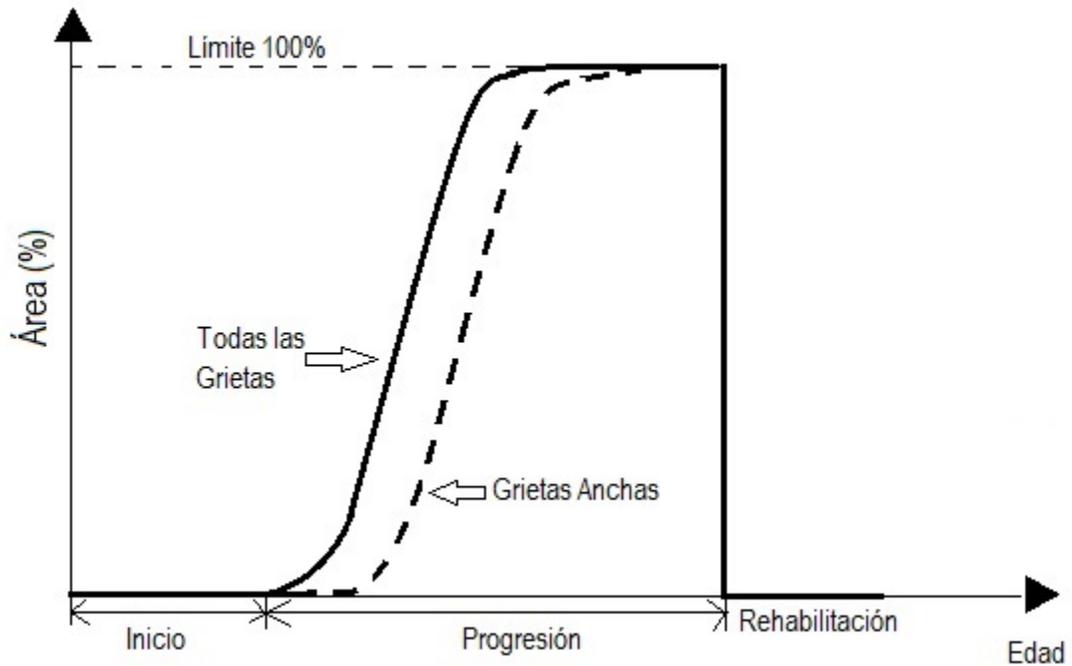
A continuación se describen los modelos utilizados para este trabajo.

##### a) Modelo de deterioro de grietas

Este tipo de deterioro posee dos fases, inicio y progresión del deterioro. La fase de inicio es el período anterior al comienzo del deterioro de la superficie y la fase de progreso es el período durante el cual el área comienza a sufrir un deterioro severo (Muñoz, 2012).

La predicción del inicio de grietas ocurre cuando esta agrietado el 0,5% de la superficie de la calzada. La progresión dependerá del área agrietada y el tiempo de iniciación del agrietamiento, tal como se muestra en la Figura 3.

Este modelo considera las grietas estructurales total, grietas anchas y grietas térmica. Las grietas estructurales anchas no se generan antes del 5% del agrietamiento total, y el agrietamiento térmico es producto de la oscilación térmica o ciclos de hielo/deshielo, por ende ocurre solo en algunos tipos de clima (Odoki et al. (2000)).

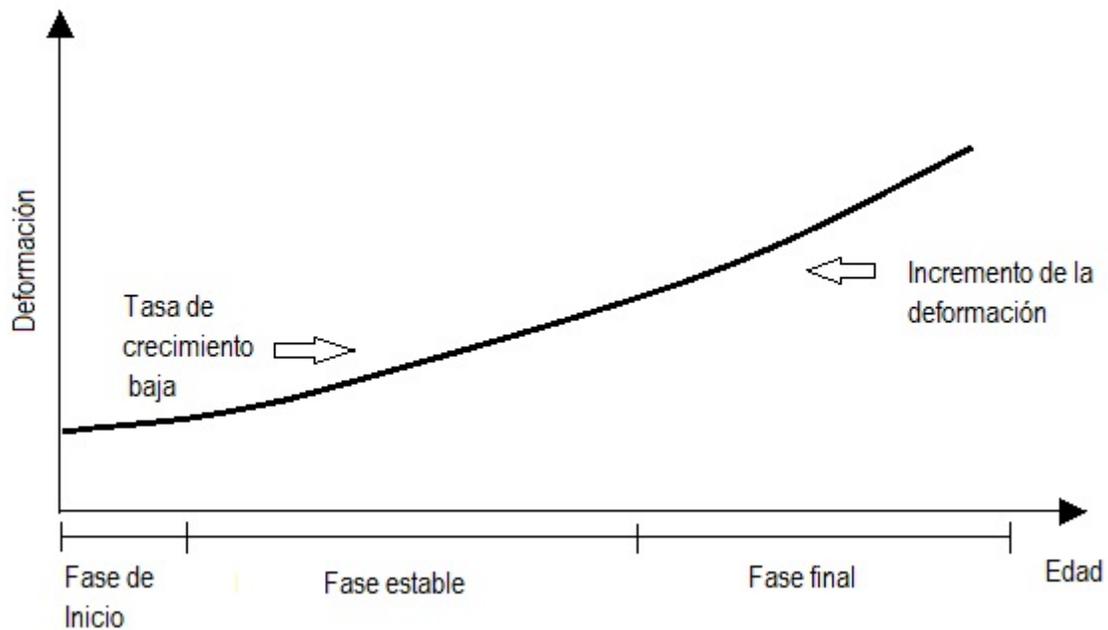


**Figura 3: Esquema de inicio y progresión del agrietamiento.**

b) Modelo de deterioro de ahuellamiento

El modelo de ahuellamiento se genera luego de calcular los deterioros superficiales al final del año que se esté analizando. Este modelo se basa en la suma de la densificación inicial, deterioro estructural, deformación plástica y desgaste superficial.

El desarrollo del ahuellamiento consta de tres fases: la inicial donde se comienza la deformación en la huella de la rueda, la fase estable donde la tasa de crecimiento es baja y se generan pequeñas deformación y la fase final donde se incrementa la tasa de deformación producto de la aparición de grietas, tal como se observa en la Figura 4.



**Figura 4: Esquema progresión ahuellamiento**

#### c) Modelo de deterioro de regularidad superficial

El modelo de rugosidad superficial se compone de los efectos que producen el agrietamiento, el ahuellamiento y las condiciones ambientales en el año de análisis de la estructura, considerando el incremento de la rugosidad en la superficie producto de los deterioros. En el Anexo B se muestran las ecuaciones que considera el Software para cada modelo de deterioro.

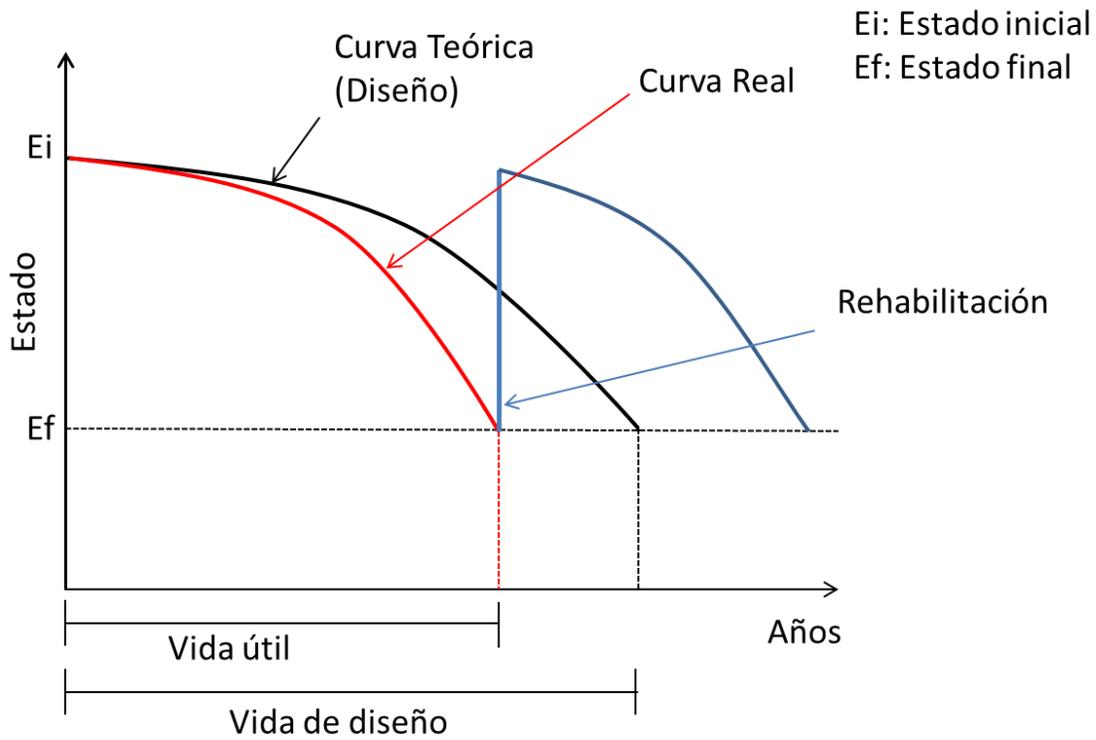
### 2.5.- Vida de diseño

La vida de diseño de un pavimento corresponde al tiempo requerido para que una estructura de pavimento nueva se deteriore, desde un nivel de estado inicial ( $E_i$ ) hasta el nivel de estado final ( $E_f$ ), como se puede observar en la Figura 5. Éste tiempo se considera en la etapa de diseño, y tiene relación con la cantidad de Ejes Equivalentes acumulados ( $EE_{ac}$ ) o años que deberá soportar la vía según su categoría (ver Tabla A1 del Anexo A).

### 2.6.- Vida útil.

La vida útil corresponde al período de tiempo real de operación, en que la estructura de pavimento mantendrá las condiciones de diseño según algún indicador de desempeño. Este período normalmente coincide con el período de vida de diseño, cuando en la práctica se cumplen

los supuestos de diseño. Sin embargo dependiendo de los  $EE_{ac}$  que realmente transiten por la vía puede ser que la vida de diseño sea subestimada o sobrestimada, siendo necesario en el último caso considerar varias etapas de construcción, o una rehabilitación programada que permitan alcanzar la vida de diseño.



**Figura 5: Diagrama de curva de diseño y curva real.**

En la Figura 5 se puede observar de manera gráfica, la diferencia entre la vida de diseño y la vida útil que puede presentar una estructura de pavimento. La vida útil corresponde al período, en años, en que la curva real tarda en llegar desde el estado inicial al estado final establecido en el diseño, producto de las solicitaciones reales que debe resistir.

### 3.- DISEÑO DE CASOS

Para estudiar el impacto estructural que producen las condiciones reales de carga en los pavimentos asfálticos, fue necesario definir escenarios de modelación representativos de la red vial de la Región del Bío Bío. Para ello se definieron tres niveles de carga reales que circulan por la Región del Bío Bío, tres niveles de tránsito y tres estructuras de pavimentos, para concluir finalmente con el diseño de la matriz de escenarios.

#### 3.1.- Caracterización de nivel de carga

Los valores de carga por eje utilizados se obtuvieron del trabajo realizado por Torres (2014), el cual considera tres percentiles de carga: Bajo (P15), Medio (P50) y Alto (P85), obtenidos de los datos de la plaza de peaje Agua Amarilla. Se consideraron la estación IT-12, encargada de pesar los vehículos en dirección a Concepción y la IT-34 que pesa los vehículos en dirección a Chillán.

En la Tabla 1 se muestra a modo de ejemplo la distribución de carga del camión de dos ejes (C2E) K1 correspondiente a la estación IT-12. La distribución de carga del resto de la flota vehicular utilizada se presenta en el Anexo C.

**Tabla 1: Distribución de carga C2E, IT-12.**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K1 ( Camión de 2 ejes)	Carga por eje [TON]		Carga Total [TON]
				
Liviana	P15	2,343	3,813	6,16
Media	P50	3,520	6,860	10,38
Pesada	P85	5,358	10,663	16,02

Fuente: Adaptación Torres (2014)

#### 3.2.- Estructura utilizada

A continuación se presentan los parámetros que se utilizaron para definir las estructuras de pavimentos en la matriz de diseño.

##### 3.2.1.- Tasas de crecimiento flota vehicular

Las tasas de crecimientos aplicadas para calcular los Ejes Equivalentes, se obtuvieron del trabajo realizado por Valdebenito (2011). Estas se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2: Tasas de crecimiento regional por tipo de vehículo.**

Tasa de Crecimiento	Tipo vehículo			
	C2E	Remolque	CSR	Buses
i(%)	1,7	6,1	5,3	1,1

Fuente: Adaptación Valdebenito (2011).

**Nota:** C2E: Camión de 2 ejes; CSR: camión semi-remolque.

### 3.2.2.- Niveles de tránsito

Se utilizaron tres niveles de tránsito: Bajo, Medio y Alto, representando distintos estándares de caminos, tal como se muestra en la Tabla 3. Los datos de tránsito de la Región del Bío Bío se obtuvieron a partir del trabajo realizado por Valdebenito (2011).

**Tabla 3: Información de los niveles de tránsito utilizados.**

Nivel de Tránsito	TMDA (veh/día)	EEac.
Bajo	247	3.667.000
Medio	659	11.246.000
Alto	1451	30.331.000

Fuente: Adaptación Valdebenito (2011).

### 3.2.3.- Zonas climáticas

Se consideraron dos zonas climáticas que representan la variabilidad de clima que se puede encontrar en la región, las cuales están relacionadas con las precipitaciones y temperatura media anual. En las provincias de Concepción y Ñuble (Chillán) las estaciones secas no se prolongan más de 4 meses, Chillán presenta un clima templado cálido y el verano en Concepción es cálido y seco. En el Anexo E se muestran las características utilizados para cada tipo de clima.

### 3.2.4.- Espesores capas de pavimento

En la estructuración del pavimento se definieron tres niveles de estructura acorde a los niveles de tránsito descritos anteriormente. Éstos se calcularon con la ayuda del software PAVIVIAL. El detalle del diseño y los resultados se muestran en Anexo D. Se utilizó un solo tipo de estructura para ambos climas, ya que en el diseño no se encontraron diferencias significativas para Concepción y Chillán. Los espesores de las capas de pavimento, de cada estructura utilizada, se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4: Estructuración capas de pavimento.**

Nivel	NE <sub>total</sub> (mm)	Capa asfáltica	Espesor capas asfálticas (mm)	Espesor capas granulares (mm) (base + subbase)
Débil	91	Carpeta asfáltica	50	300
		Base asfáltica	80	
Media	105	Carpeta asfáltica	50	300
		Capa intermedia	50	
		Base asfáltica	60	
Fuerte	116	Carpeta asfáltica	50	300
		Capa intermedia	70	
		Base asfáltica	70	

Fuente: Elaboración propia.

La estructuración de capas granulares considera el espesor mínimo utilizado por el Manual de Carreteras correspondiente a 150 mm, en el caso de las capas asfálticas el espesor mínimo utilizado es de 50 mm (MOP, 2014a).

### 3.3.- Matriz de modelación

En la Tabla 5 se muestra la matriz de modelación resultante, la cual fue de 12 casos por cada estación (IT-34, IT-12) y clima utilizado. Por lo tanto el total de casos que se deben modelar son 48. En el Anexo F se muestra la tabla con todos los casos considerados.

**Tabla 5: Matriz de Modelación, estación IT-34.**

Estación	IT-34 (Concepción)											
	Alto				Medio				Bajo			
Carga \ Estructura	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85
D	C1	C2	C3	C4	...	...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	C5	C6	C7	C8	...	...	...	...
F	...	...	...	...	...	...	...	...	C9	C10	C11	C12

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Ci = caso i de análisis, D = Débil, M = Media, F = Fuerte.

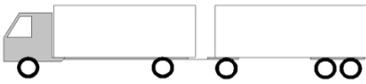
#### 4.- EVALUACIÓN DE DETERIOROS

En este Capítulo se presentan los datos utilizados para realizar la modelación de deterioros. Estos datos corresponden a la flota vehicular, geometría del tramo de carretera, serie de calibración, factor camión y tipo de conservación utilizada, para finalmente obtener las curvas de desempeño de los deterioros evaluados.

##### 4.1.- Caracterización flota vehicular

En este estudio se utilizó una configuración de vehículos pesados representativo de la Región del Bío Bío. La flota se obtuvo del estudio realizado por Torres (2014), la cual se muestra en la Tabla 6. La composición vehicular para cada nivel de tránsito se muestra en las tablas G1, G2 y G3 del Anexo G.

**Tabla 6: Configuración Flota Vehicular.**

Tipo de Vehículo	Categoría	Configuración	Descripción
C2E (Camión Simple)	1		Camión de 2 ejes
Camión Semi-Remolque.	8		Tracto Camión + Semiremolque
Camión Remolque	13		Camión Remolque
Buses	74		Bus de 3 ejes

Fuente: Adaptación Torres (2014).

##### 4.2.- Serie de calibración

La serie de calibración utilizada para los modelos HDM-4 se obtuvo del trabajo realizado por Solminihac (2001), la cual se ajusta a las condiciones de nuestro país. La serie de calibración utilizada se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7: Serie de Calibración utilizada.**

Juego de Calibración RD	Tipo de Pavimento	Material Superficial	Agrietamiento				Baches		Ahuellamiento			Rugosidad		
			Kcia	Kcpa	Kciw	Kcpw	Kpi	Kpp	Krid	Krst	Krpd	Kgm	IRIo	Kgp
Asfalto	Mezcla asfáltica sobre base granular	Concreto asfáltico	0,9	0,7	0,92	0,52	0,7	2	0,5	0,5	0,1	0,95	1,2	0,9

Fuente: Solminihac (2001)

**4.3.- Factor Camión (FC) utilizados**

Los FC utilizados para la estación IT-34 y la IT-12 se obtuvieron del trabajo realizado por Torres (2014). En la Tabla 8 se muestran, a modo de ejemplo, los correspondientes factores para el camión tipo K1 (camión simple). Los factores camión correspondiente al resto de la flota vehicular utilizada se muestran en la Tabla G4 del Anexo G.

**Tabla 8: Factor Camión para cada estratigrafía y estación utilizada.**

Camión	Estructura	Carga IT-34				Carga IT-12			
		P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
K1	D	0,26	0,84	2,8	0,3	0,27	1,05	3,14	0,57
	M	0,23	0,78	2,82	0,3	0,23	0,97	3,21	0,57
	F	0,2	0,74	2,85	0,3	0,26	0,95	3,28	0,57

Fuente: Torres (2014)

**4.4.- Caracterización de tramos de evaluación**

Para realizar la evaluación de los deterioros se consideró un único tramo de carretera, tanto para Concepción y para Chillán, con las características que se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9: Características tramo carretera.**

Ancho Calzada (m)	7,0 m
Longitud (km)	1,0 m
Tipo de carretera	Bidireccional
Tipo de carretera	Primaria y troncal
Geometría	Recto y plano
Velocidad Limite (Km/h)	100
IRI (m/km)	2
Drenaje	Bueno
Agrietamiento (%)	0%

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.5.- Estándares de Conservación**

En este trabajo se utilizó solo conservación rutinaria, que corresponde a operaciones que deben realizarse a lo largo del año para reparar situaciones tales como deterioros, limpieza de faja, mantención de señales, reemplazo de barreras (MOP, 2014b). Este tipo de mantenimiento se utiliza para mantener el buen funcionamiento de la vía. No se consideraron estándares de rehabilitación de pavimentos debido a que los diseños fueron concebidos en una sola etapa.

## 5.- ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL Y ANÁLISIS DE DATOS

En este Capítulo se presenta una síntesis de los resultados obtenidos de la modelación de cada deterioro, en cada una de las estructuras consideradas y bajo las condiciones establecidas en la matriz de diseño.

### 5.1.- Umbrales de deterioro

Los umbrales de deterioro corresponden a valores máximos o mínimos, de algún deterioro medible en la calzada. Cuando es sobrepasado se debe realizar una acción de mantenimiento específica sobre el pavimento. En este trabajo se consideraron como umbrales para el ahuellamiento, agrietamiento e IRI los siguientes valores (MOP, 2014b):

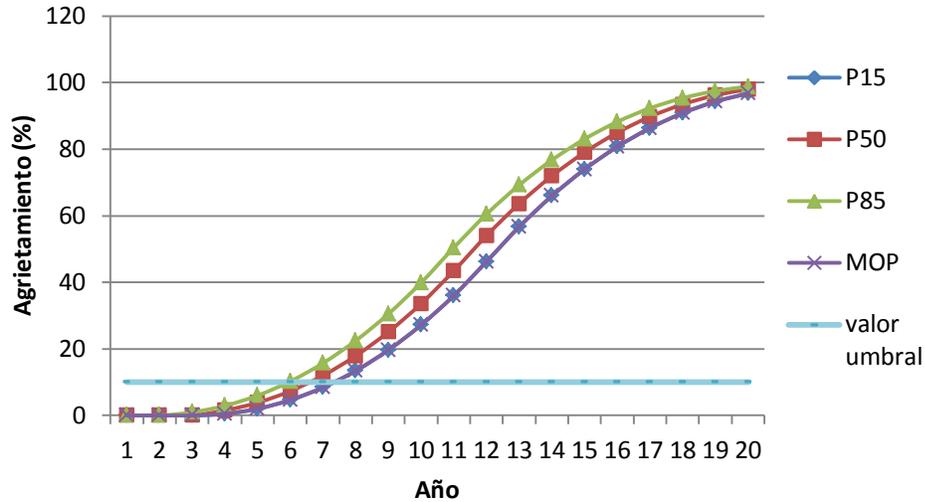
- Ahuellamiento: 10 mm
- IRI: 5,25 m/km, asociado a una serviciabilidad final de 2.
- Agrietamiento:  $\geq 10\%$

El valor de IRI se obtuvo de la Ec.15, la cual relaciona la serviciabilidad ( $p$ ) final del diseño del pavimento con la irregularidad de la superficie del pavimento asfáltico. Fue necesaria esta relación dado que el diseño considera serviciabilidad, pero el deterioro se analiza en función de la regularidad superficial.

$$p = 5,85 - 1,68IRI^{0,5} \quad Ec(15)$$

### 5.2.- Análisis del agrietamiento

En el caso del agrietamiento se puede observar para una estructura débil con tránsito bajo, que la vida útil de la estructura de pavimento, bajo los parámetros del MOP no supera los 7 años al aplicar el umbral de agrietamiento considerado. Al considerar un nivel de carga P15 la vida útil de la estructura es de 7 años, al igual que en el caso del MOP. Para un nivel de carga P50 y P85 la vida útil, en comparación al MOP, se reduce en 1 y 2 años respectivamente. Esto se puede observar en la Figura 6.



**Figura 6: Desarrollo de agrietamiento de la estructura débil con tránsito bajo.**

Cuando se tiene una estructura media con tránsito medio la vida útil con los parámetros del MOP es de 7 años al aplicar el umbral. Al considerar un nivel de carga P15 la vida útil no varía, no así con un nivel de carga mayor. En el caso de P50, la vida útil respecto a la del MOP disminuye en 1 año y para un nivel de carga P85 disminuye en 3 años llegando a tener la estructura una vida útil de 4 años desde que entra en servicio.

En el caso de una estructura fuerte, se obtiene una vida útil de 6 años con el nivel de carga del MOP, al igual que el nivel de carga P15. Cuando se trata de un nivel de carga P50 la vida útil disminuye en 2 años respecto del MOP y para P85 disminuye en 3 años. En este caso la vida útil de la estructura fuerte con tránsito alto llega a 3 años desde que está en funcionamiento.

Finalmente se puede concluir que para una estructura débil, media y fuerte no existe diferencia en la vida útil entre el nivel de carga permitido por el MOP y un nivel de carga P15. Al aumentar el nivel de carga a P50 la vida útil disminuye en 1 año con respecto al MOP para el caso de una estructura débil y media, no así para una estructura fuerte que disminuye en 2 años. Por último, se puede concluir que para una estructura media y fuerte la vida útil disminuye en 3 años respecto a la del MOP cuando se utiliza un nivel de carga alto (P85).

En el Anexo H, se muestran los gráficos de agrietamiento para cada estructura analizada.

### 5.3.- Análisis del Ahuellamiento

En el caso del ahuellamiento, el umbral establecido para el deterioro de la estructura al aplicar la carga MOP no se supera, llegando a los 20 años con un valor aproximado de 4mm de ahuellamiento. Al aplicar un nivel de carga P15 el ahuellamiento es similar, no así al aplicar un nivel de carga mayor, ya que en el caso de P50 el ahuellamiento producido al final de la vida de diseño es 0,44mm mayor al obtenido con las cargas MOP, y en el caso del nivel de carga P85 aumenta en 0,8 mm respecto al MOP, sin embargo el umbral establecido para el deterioro no se supera durante la vida de diseño. Se puede observar el comportamiento del desarrollo del deterioro en la Figura 7.

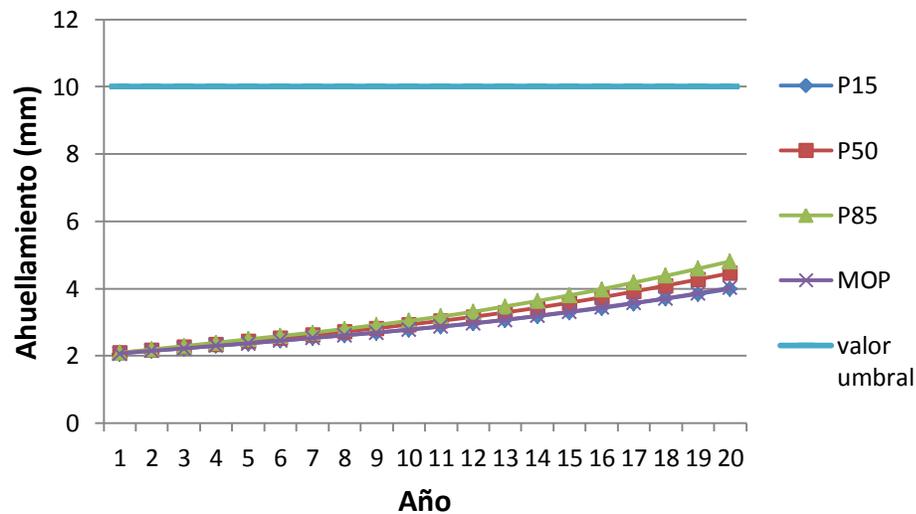


Figura 7: Desarrollo de ahuellamiento de la estructura débil con tránsito bajo.

En el caso de la estructura media se obtuvo que para las carga considerada por el MOP el ahuellamiento obtenido en los 20 años de la vida de diseño es de 4,2mm aproximadamente, el cual no supera el umbral establecido. El resultado obtenido para el nivel de carga P15 es inferior al MOP en 0,05mm. Para el caso de niveles de carga P50 y P85, se obtiene un aumento del ahuellamiento respecto al MOP de 0,55mm y 1,6mm respectivamente.

Al considerar la estructura fuerte, el valor de ahuellamiento obtenido al final de la vida de diseño es de 4,8 mm para el caso del MOP. Al considerar un nivel de carga P15 el ahuellamiento es inferior al obtenido con los datos MOP en 0,2mm. En el caso del nivel de carga P50 aumenta en 1mm respecto al MOP y para P85 aumenta en 4mm, obteniendo como ahuellamiento 8,6mm aproximadamente al final de la vida de diseño, siendo este valor inferior al umbral establecido.

Finalmente se puede concluir que el umbral establecido para el ahuellamiento no se supera en ninguna de las tres estructuras de pavimentos consideradas, independiente del nivel de carga, clima y sentido de tránsito analizado. Por lo que se puede concluir que la vida de diseño coincide con la vida útil que presenta la estructura.

#### 5.4.- Análisis de Regularidad Superficial

Al utilizar una estructura débil con tránsito bajo la vida útil de la estructura es de 15 años al utilizar las cargas consideradas por el MOP para el clima de Concepción y de 16 años cuando es el clima de Chillán, independiente de la dirección de tránsito. Para un nivel de carga P15 la vida útil de la estructura aumenta en 1 año respecto al MOP, y cuando el nivel de carga es P50 y P85 la vida útil disminuye en 1 y 2 años respectivamente respecto al MOP, llegando a 14 años para el nivel de carga P85, como se observa en la Figura 8.

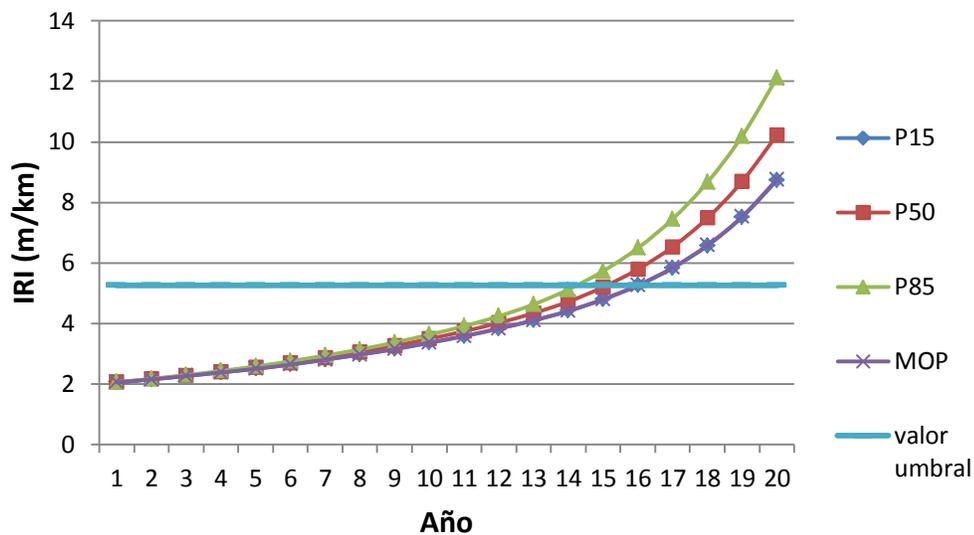


Figura 8: Desarrollo de irregularidad superficial de la estructura débil con tránsito bajo.

En el caso de una estructura media con tránsito medio, la vida útil obtenida bajo las condiciones del MOP es de 13 años, al igual que para el nivel de carga P15. Cuando se tiene un nivel de carga P50 disminuye en 1 año respecto a obtenida para el MOP, y en el caso de P85 disminuye en 2 años, esto sucede independiente de la zona climática y sentido de dirección utilizada.

Cuando se trata de una estructura fuerte la vida útil para las condiciones del MOP es de 9 años, al igual que para el nivel de carga P15 y P50. Al aumentar el nivel de carga a P85 la vida útil disminuye en 1 año respecto a la obtenida por el MOP, en el caso del clima de Concepción.

Finalmente se puede concluir que en el caso de una estructura débil o media no existe diferencia en la vida útil si se utilizan los factores de carga del MOP o los factores de carga de un nivel bajo P15, y al incrementar el nivel de carga a P85 la vida útil de las estructuras disminuye en 2 años respecto a lo obtenido por los parámetros del MOP. En el caso de la estructura fuerte la vida útil es de 9 años independiente del nivel de carga utilizado, a excepción del nivel de carga P85 en que la vida útil disminuye un año respecto a los resultados de los factores MOP, para el clima de Concepción. En el Anexo H se pueden observar los resultados y gráficos de los deterioros obtenidos para cada zona climática y sentido de tránsito en la modelación realizada.

Finalmente en las Tablas 10 y 11 se muestra la comparación entre la vida de diseño y la vida útil de cada estructura de pavimento, dependiendo del nivel de carga utilizado. No se incluyen los resultados obtenidos para el deterioro de ahuellamiento debido que al aplicar el umbral de ahuellamiento, este no se supera durante la vida de diseño.

**Tabla 10: Comparación Vida útil v/s Vida de diseño para el Agrietamiento**

Estructura	Tránsito	Carga	Vida de Diseño (Años)	Estación IT-34		Estación IT-12	
				Concepción	Chillán	Concepción	Chillán
				Vida útil (años)	Vida útil (años)	Vida útil (años)	Vida útil (años)
Débil	Bajo	MOP	20	7	7	7	7
		P15		7	7	7	7
		P50		6	6	6	6
		P85		5	6	6	6
Media	Medio	MOP	20	7	7	6	7
		P15		7	7	7	7
		P50		6	6	6	6
		P85		4	4	4	4
Fuerte	Alto	MOP	20	6	6	5	6
		P15		6	6	6	6
		P50		4	4	4	4
		P85		3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11: Comparación Vida útil v/s Vida de diseño para la Regularidad Superficial.**

Estructura	Tránsito	Carga	Vida de Diseño (Años)	Estación IT-34		Estación IT-12	
				Concepción	Chillán	Concepción	Chillán
				Vida útil (años)	Vida útil (años)	Vida útil (años)	Vida útil (años)
Débil	Bajo	MOP	20	15	16	15	16
		P15		16	16	15	16
		P50		15	15	15	15
		P85		14	14	14	14
Media	Medio	MOP	20	13	13	13	13
		P15		13	13	13	13
		P50		12	12	12	12
		P85		11	11	11	11
Fuerte	Alto	MOP	20	9	9	9	9
		P15		9	9	9	9
		P50		9	9	9	9
		P85		8	9	8	9

Fuente: Elaboración propia.

## 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se evaluó el impacto de distintos niveles de carga en la vida útil de tres estructuras de pavimento flexibles (débil, media, fuerte) ubicada en la Región del Bío Bío. Las principales conclusiones son las siguientes:

De la revisión bibliográfica se puede concluir que los factores que más afectan el deterioro de los pavimentos son el tránsito, el clima y el nivel de carga que deben soportar, lo cual determinará si los pavimentos alcanzan a cumplir con la vida de diseño o necesitarán alguna rehabilitación o reconstrucción al término de su vida útil.

Según los resultados obtenidos se puede decir que los factores de carga MOP consideran un nivel de carga bajo, ya que la vida útil de la estructura coincide para los factores de carga MOP y los factores de un percentil de carga baja.

En cuanto a los resultados, tanto de los deterioros como de la vida útil de los pavimentos asfálticos, se puede concluir que:

- Los resultados obtenidos y las curvas respectivas se ajustaron a los modelos teóricos descritos para cada deterioro.
- El primer deterioro que se alcanza en la vida de diseño corresponde al agrietamiento, independiente del tipo de estructura, zona climática y nivel de tránsito.
- El único deterioro que no supera los umbrales establecidos dentro de la vida de diseño es el ahuellamiento, para todos los casos analizados. No se alcanza más allá de un 85% del umbral.
- La zona climática no tiene gran incidencia en los resultados obtenidos ya que en la mayoría de los casos los umbrales de deterioro se superan en el mismo año tanto para Concepción como para Chillán.
- Al comparar el sentido de tránsito se produce un mayor deterioro en el sentido de Chillán a Concepción (IT-12), ya que los vehículos transitan con mayor carga por eje en comparación a los que circulan en dirección de Concepción a Chillán (IT-34).

En resumen se puede decir que para el deterioro de agrietamiento, la vida útil de una estructura débil y la de una estructura media no supera los 7 años considerando una carga baja, y al aumentar el nivel de carga (P85) la vida útil llega hasta aproximadamente 4 años desde que entra

en servicio. Y para una estructura fuerte con tránsito alto, al utilizar un nivel bajo de carga la vida útil es de 6 años disminuyendo hasta los 3 años a medida que se aumenta el nivel de carga.

En el caso del deterioro de regularidad superficial la vida útil para una estructura débil fluctúa entre los 16 y 14 años dependiendo del nivel de carga, en el caso de una estructura media esta vida útil varía entre los 13 y 11 años de estar en servicio y para una estructura fuerte varía entre 8 y 9 años dependiendo del nivel de carga utilizado.

Para el deterioro de ahuellamiento se tiene que la vida de diseño no se supera en ninguna de las tres estructuras analizadas. En el caso de la estructura débil con un nivel alto de carga, se obtiene un ahuellamiento de 4,8 mm aproximadamente, para una estructura media con un nivel de carga alto se obtienen 5,9mm de ahuellamiento y para una estructura fuerte con un nivel de carga alto se obtienen 8,6mm de ahuellamiento, valores inferiores al umbral establecido para el deterioro.

Finalmente se recomienda para investigaciones futuras:

- Repetir este estudio para el caso de pavimentos de hormigón.
- Comparar la vida de diseño con la vida útil utilizando métodos de diseño empírico-mecanicistas.
- Evaluar el costo que implicaría la rehabilitación de pavimentos en comparación a proveer de diseños que incorporen condiciones reales de carga.

## **7.- BIBLIOGRAFÍA**

Díaz, R., Echaveguren, T., Vargas, T. (2011). Camiones de alto tonelaje y su impacto en el ciclo de vida de los pavimentos asfálticos. *Revista de la construcción*, 11(2), 101-118.

Díaz, R. (2011). “Transporte de Alto Tonelaje: Análisis mecanicista-empírico del impacto estructural en pavimentos asfálticos”. Universidad de Concepción, Chile.

Muñoz, S. (2012). “Optimización de Políticas de Conservación de pavimento asfálticos en la zona central de Chile”. Memoria de título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago.

Pastrana, F. (2014). “Propuesta de Factor Camión para el diseño de pavimentos rígidos en la Región del Bío Bío”. Memoria de título de Ingeniero Civil, Universidad del Bío Bío, Concepción.

Torres, H. (2014). “Propuesta de Factor Camión para el diseño de pavimentos flexibles en la Región del Bío Bío”. Memoria de título de Ingeniero Civil, Universidad del Bío Bío, Concepción.

Valdebenito, C. (2011). “Caracterización del flujo vehicular de la red vial básica en la Región del Bío Bío”. Memoria de título de Ingeniero Civil, Universidad del Bío Bío, Concepción.

MOP (1980). “Peso máximo de vehículos que pueden circular por caminos públicos”. Decreto Supremo 158/10980. Ministerio de Obras Públicas, Chile.

MOP (2014) Manual de Carreteras Volumen N°3: Instrucciones y Criterios de Diseño. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas.

MOP (2014) Manual de Carreteras Volumen N°7: Mantenimiento Vial. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas.

Odoki, J.B., Kerali Henry G. R. (2000) Manual de Software HDM-4 Volumen 4: Analytical Framework and Model Descriptions, Anexo D; The Highway Development and Management Series, Association Mondiale de la Route AIPCR.

Solario, M., Hernandez, D., Gómez, L. (2004). Análisis de Sensibilidad de los Modelos de Deterioro del HDM-4 para Pavimentos Asfálticos. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Instituto Mexicano del Transporte; Sanfandila, Querétaro.

Caro Spinel, S., Coral Triviño, L., Caicedo Hormaza, B. (2003). Modelación del Ahuellamiento en mezclas asfálticas de pavimentos. Revista de Ingeniería, 18, 41-47. Universidad de los Andes, Colombia.

Solminihac, H., Hidalgo, P., Salgado, M., Valdés, M. (2001). Calibración de modelos de comportamiento HDM de pavimentos asfálticos a las condiciones de Chile.

Rodríguez Moreno, M., Thenoux Zeballos, G., Gonzáles Vaccarezza, A. (2013). Evaluación probabilística del agrietamiento de pavimentos asfálticos en carreteras de Chile. Revista de la Construcción, 12(2), 153-165.

Valdés, G., Pérez-Jiménez, F., Martínez, A. (2012). Influencia de la temperatura y tipo de mezcla asfáltica en el comportamiento a fatiga de los pavimentos flexibles. Revista de la Construcción, 11(1), 88-101.

di Castri, F., Hajek, Ernst (1976). Bioclimatología de Chile, Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile..

Código de Normas Obras de Pavimentación, MINVU. Acceso Septiembre de 2014.  
[http://www.minvu.cl/aopensite\\_det\\_20070317105946.aspx](http://www.minvu.cl/aopensite_det_20070317105946.aspx)

# **ANEXO A**

## Anexo A: Datos de Entrada para el Diseño de Pavimentos Flexibles

### 1.- Solicitaciones

El periodo de diseño según la categoría de la vía se establece en la Tabla A1.

**Tabla A1: Vida de Diseño**

CLASIFICACIÓN DEL CAMINO	VIDA DE DISEÑO (AÑOS)
Tránsito alto en zonas urbanas	10 - 30.
Tránsito alto en zonas rurales	10 - 25.
Tránsito medio y bajo	5 - 20.

### 2.- Serviciabilidad

La serviciabilidad se basa en la percepción de los usuarios respecto al estado funcional del pavimento (midiendo agrietamiento, ahuellamiento, parches, irregularidad superficial) se obtiene a partir del promedio de las evaluaciones de los usuarios mediante el Present Serviciability Rating (PSR) el cual considera una escala de evaluación desde 0 a 5; siendo este último la serviciabilidad correspondiente a pavimentos nuevos. Los valores de serviciabilidad recomendados se muestran en el Tabla A2.

**Tabla A2: Valores de Serviciabilidad**

Índice de Serviciabilidad Inicial ( $p_i$ )	4,2
Índice de Serviciabilidad Final ( $p_f$ )	2

### 3.- Confiabilidad

La confiabilidad corresponde a la probabilidad que la estructura del pavimento se comporte de la manera esperada durante su vida de diseño, bajo las condiciones ambientales que existen en el lugar.

- Según el método AASHTO los valores recomendados son los mostrados en la Tabla A3:

**Tabla A3: valores de Confiabilidad AASHTO (1993)**

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendada	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Principales Arterias	80 - 99	75 - 95
Colectores	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

- Según el Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2012), los niveles de confianza y de variabilidad son los mostrados en la Tabla A4:

**Tabla A4: Niveles de Confianza MOP (2012); Fuente: Manual de Carreteras Vol.3**

EE Solicitantes (millones)	Confiabilidad (%)	Z <sub>R</sub>	S <sub>0</sub> en función del coeficiente variación de los suelos				
			15%	20%	30%	40%	50%
<5	60	-0,253	0,45	0,46	0,47	0,49	0,5
5 - 15	60 - 70	-0,253 -0,524	0,45	0,46	0,47	0,49	0,5
15 - 30	60 - 75	-0,253 -0,674	0,45	0,46	0,47	0,49	0,5
30 - 50	70 - 80	-0,524 -0,841	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49
50 - 70	70 - 85	-0,524 -1,037	0,42	0,43	0,44	0,47	0,48
70 - 90	70 - 90	-0,524 -1,282	0,4	0,41	0,42	0,45	0,46

Para determinar el factor de confiabilidad (F<sub>R</sub>) se utilizan los valores de Z<sub>R</sub> y S<sub>0</sub> obtenidos de la tabla anterior, según la ecuación (A1):

$$\text{Log}F_R = -Z_R \cdot S_0 \quad \text{ó} \quad F_R = 10^{-Z_R \cdot S_0} \quad \dots \text{Ec. (A1)}$$

#### 4.- Módulo Resiliente

El módulo resiliente (M<sub>R</sub>) se determina de manera indirecta a partir de resultados de ensayos que determinan el CBR, utilizando las correlaciones Ec. (A2) y Ec. (A3):

$$M_R(\text{MPa}) = 17,6(\text{CBR})^{0,64} \quad \text{para } \text{CBR} < 12\% \quad \dots \text{Ec(A2)}$$

$$M_R(\text{MPa}) = 22,1(\text{CBR})^{0,55} \quad \text{para } 12 \leq \text{CBR} < 80\% \quad \dots \text{Ec(A3)}$$

En el caso que el suelo de la subrasante tenga  $CBR \leq 10\%$  (aprox.  $M_R \leq 77$  MPa) se debe incluir una capa de mejoramiento con espesor no superior a 300 mm, granular y con  $CBR \geq 15\%$ , o colocar bajo la sub-base una tela geotextil. Y en este caso el módulo resiliente se determina utilizando las siguientes expresiones mostradas en las ecuaciones A4 y A5.

$$M_{Rd} = F \cdot M_{R0} \quad \dots Ec. (A4)$$

$$1/F = \frac{0,125}{\left[0,0156 + h^2 \left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}} \left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}} \quad \dots Ec. (A5)$$

Donde

F: factor de ajuste

$M_{Rd}$ : módulo resiliente de diseño (MPa)

$M_{R0}$ : módulo resiliente de la subrasante

$M_{R1}$ : módulo resiliente capa 1

h: espesor de la capa de orden 1

### ***5.- Coeficientes de Drenaje***

Los coeficientes de drenaje se utilizan para ajustar el coeficiente estructural de las capas granulares no tratadas, en función de las condiciones de drenaje y tiempo de saturación de cada zona. Los coeficientes de drenajes propuestos para el país se muestran en la Tabla A5.

**Tabla A5: Coeficientes de Drenajes (m<sub>i</sub>).**

REGION	PRECIP.	BASE PERMEABLE	BASE : FINOS HASTA 10%		BASE: MAS 10% FINOS	
			SUBRAS. GRAN.	SUBRAS. FINOS	SUBRAS. GRAN.	SUBRAS. FINOS
IV	<= 100 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,05
	> 100 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,15 - 1,00	1,05 - 0,80
V a VI	<=150 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,15 - 1,00	1,00
	> 150 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,00	1,00 - 0,80
VII a IX	<= 350 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,00	0,80
	> 350 mm	1,40 - 1,35	1,25 - 1,15	1,25 - 1,15	1,00-0,80	0,80
X	<= 1.500 mm	1,40 - 1,35	1,25 - 1,15	1,15	1,00-0,80	0,80 - 0,60
	> 1.500 mm	1,35 - 1,30	1,15 - 1,00	1,15 - 1,00	0,80	0,60
XI y XII	<= 500 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,00	1,00 - 0,80
	> 500 mm	1,40- 1,35	1,25 - 1,15	1,15	0,80	0,80

Base permeable: menos de 3% de finos y/o coeficiente de permeabilidad > 0,01 cm/s  
 Subras Gran.: subrasante granular, máximo 35% pasa tamiz de 0,08 mm  
 Subras Finos: subrasante de suelo fino.

**Fuente: Manual de Carreteras, 2014. Vol.3**

**6.- Coeficientes Estructurales**

Los coeficientes estructurales dependen del módulo elástico del material que compone la capa. El coeficiente estructural (a<sub>i</sub>) de concretos asfálticos en función del módulo elástico y de la estabilidad de Marshall, respectivamente, se obtiene utilizando las relaciones A6 y A7.

$$a_1 = 0,0052 \cdot E^{0,555} \quad E \text{ en MPa} \quad \dots \text{Ec. (A6)}$$

$$a_1 = 0,0078 \cdot EM^{0,441} \quad EM: \text{Estabilidad Marshall en N} \quad \dots \text{Ec. (A7)}$$

Para determinar los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares, se utilizan las correlaciones A8 y A9, que dependen del CBR:

- Coeficiente estructural de bases granulares (a<sub>2</sub>)

$$a_2 = 0,032 \cdot (CBR)^{0,32} \quad \dots \text{Ec. (A8)}$$

- Coeficiente estructural de subbases granulares (a<sub>3</sub>)

$$a_3 = 0,058 \cdot (CBR)^{0,19} \quad \dots \text{Ec. (A9)}$$

Cuando las bases son tratadas con cemento o con asfalto, los coeficientes estructurales se determinan a través de correlaciones que utilizan la resistencia cilíndrica y la estabilidad de Marshall respectivamente.

- Coeficiente estructural de bases tratadas con cemento ( $a_2$ )

$$a_2 = 0,0918 \cdot (f_c)^{0,514} \quad f_c \text{ resistencia cilíndrica a la rotura (MPa)} \quad \dots \text{Ec. (A10)}$$

- Coeficiente estructural de bases tratadas con asfalto ( $a_2$ )

$$a_2 = 0,0074 \cdot (EM)^{0,415} \quad EM \text{ estabilidad de Marshall (N)} \quad \dots \text{Ec. (A11)}$$

Bajo condiciones de diseño normales, se recomiendan los coeficientes estructurales mostrados en la Tabla A6.

**Tabla A6: Coeficientes Estructurales para las Capas de Pavimento**

CAPA	CARACTERÍSTICAS	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Subbase granular	CBR = 40%	0,12
Base Granular	CBR = 80%	0,13
Base Asfáltica graduación gruesa	6.000 N	0,33
Base Asfáltica graduación abierta		0,28
Grava - emulsión		0,3
Concreto asfáltico, capa intermedia	8.000 N	0,41
Concreto asfáltico de superficie	9.000 N	0,43
Mezclas drenantes		0,32
Microaglomerado discontinuo en caliente		0,4
Mezcla SMA (Stone Mastic Asphalt)		0,43

Fuente: Manual de Carreteras, 2014. Vol.3

## **ANEXO B**

## Modelos de Comportamiento de HDM-4

### 1.- Modelo de Comportamiento de Grietas

Las grietas son consideradas uno de los deterioros más importantes de los pavimentos de asfalto. Los principales factores que influyen son la fatiga y el envejecimiento.

HDM-4 considera dos tipos de agrietamiento, estructural y térmico. El deterioro estructural considera grietas estructurales totales y las grietas estructurales anchas, las cuales son causadas por las cargas de tránsito, envejecimiento y medioambiente.

Las relaciones para predecir el deterioro de las grietas incluyen el indicador de defectos de la construcción de pavimentos flexibles (CDS). Agrietamiento estructural se modela en base a las relaciones obtenidas por Paterson (1897).

- **Inicio del Agrietamiento Estructural Total:**

$$ICA = K_{cia} \left\{ CDS^2 a_0 \exp \left[ a_1 SNP + a_2 \left( \frac{YE4}{SNP^2} \right) \right] + CRT \right\} \quad Ec. (B1)$$

- **Inicio de Grietas Anchas:**

$$ICW = K_{ciw} \text{MAX}[(a_0 + a_1 ICA), a_2 ICA] \quad Ec. (B2)$$

Donde

*ICA*: Tiempo en años para el inicio del agrietamiento total.

*ICW*: Tiempo en años para el inicio de grietas anchas.

*CDS*: Indicador de defectos de la construcción para superficies asfálticas.

*SNP*: Numero estructural promedio.

*YE4*: Número anual de ejes equivalentes.

*CRT*: Retardo en la aparición de grietas debido al mantenimiento.

*Kcia*: Factor de calibración de inicio agrietamiento estructural.

*Kciw*: Factor de calibración de inicio de grietas anchas.

Los factores  $a_i$  se obtiene de tablas que se encuentran en el manual de HDM-4.

- **Progresión Agrietamiento total:**

$$dACA = Kcpa \left[ \frac{CRP}{CDS} \right] z_A \left[ (z_A a_0 a_1 \delta t_a + SCA^{a_1})^{1/a_1} - SCA \right] \quad Ec. (B3)$$

$$\delta t_a = MAX\{0, MIN[(AGE2 - ICA), 1]\} \quad Ec. (B4)$$

- **Progresión Agrietamiento Estructural Ancho:**

$$dACW = Kcpw \left[ \frac{CRP}{CDS} \right] z_w \left[ (z_w a_0 a_1 \delta t_w + SCW^{a_1})^{1/a_1} - SCW \right] \quad Ec. (B5)$$

$$\delta t_w = MAX\{0, MIN[(AGE2 - ICW), 1]\} \quad Ec. (B6)$$

$$SCA = MIN[ACA_a, (100 - ACA_a)] \quad Ec. (B7)$$

$$SCW = MIN[ACW_a, (100 - ACW_a)] \quad Ec. (B8)$$

Donde

$dACA$ : Incremento en el área del agrietamiento total durante el año de análisis.

$dACW$ : Incremento en el área del agrietamiento ancho durante el año de análisis (% área total de la calzada).

$CRP$ : Retraso en la progresión de la formación de grietas.

$ACA_a$ : Área de todo el agrietamiento estructural a principios del año de análisis.

$\delta t_a$ : Fracción del año de análisis, en la cual ocurre el progreso del agrietamiento total.

$\delta t_w$ : Fracción del año de análisis, en la cual ocurre el progreso de grietas anchas.

$AGE2$ : Edad del pavimento desde el último resello, sobrecarpeta, reconstrucción o nueva construcción.

## 2.- Modelo de Comportamiento de Ahuellamiento

El modelo de ahuellamiento se basa en cuatro componentes y la profundidad de ahuellamiento corresponde a la suma de estos cuatros:

- Densificación inicial
- Deformación estructural
- Deformación plástica
- Desgaste superficial
- **Densificación Inicial:** depende del grado de compactación relativa de la base, sub-base y subrasante. Sólo se modela para el año que sigue a la construcción de la base de un pavimento, para superficies con más de un año de antigüedad no se considera.

$$RDO = Krid[a_0(YE4 \cdot 10^6)^{(a_1+a_2DEF)}SNP^{a_3}COMP^{a_4}] \quad Ec. (B9)$$

*RDO*: Profundidad de las roderas debidas a la densificación inicial.

*DEF*: Deflexión promedio medida con medida con viga Benkelman.

*COMP*: Compactación relativa (%)

*Krid*: factor de calibración para la densificación inicial.

- **Deformación Estructural:**
  - a) **deformación estructural sin agrietarse**

$$\Delta RDST_{uc} = Krst(a_0SNP^{a_1}YE4^{a_2}COMP^{a_3}) \quad Ec. (B10)$$

- **deformación después del agrietamiento**

$$\Delta RDST_{cRk} = Krst(a_0SNP^{a_1}YE4^{a_2}MMP^{a_3}ACX_a^{a_4}) \quad Ec. (B11)$$

El incremento anual total en deformación estructural se calcula de la forma:

$$\Delta RDST = \Delta RDST_{uc} + \Delta RDST_{cRk} \quad Ec. (B12)$$

Dónde:

$\Delta RDST_{uc}$ : Incremento de la profundidad de roderas debido a la deformación estructural sin agrietamiento, en el año de análisis.

$\Delta RDST_{cRk}$ : Incremento de la profundidad de roderas debido a la deformación estructural cuando ya existe agrietamiento, en el año de análisis.

$MMP$ : Precipitación media mensual.

$ACX_a$ : Parámetro calculado mediante ponderación del agrietamiento total y el agrietamiento ancho, al inicio del año de análisis.

- **Deformación plástica:**

$$\Delta RDPD = KrpdCDS^3 a_0 YE4Sh^{a_1} HS^{a_2} \quad Ec. (B13)$$

Dónde:

$\Delta RDPD$ : Incremento en la deformación plástica durante el año de análisis.

$CDS$ : Indicador de defectos en la construcción de superficies asfálticas.

$Sh$ : Velocidad de los vehículos pesados.

$HS$ : Espesor total de las superficies asfálticas.

$Krpd$ : Factor de calibración de la deformación plástica.

- **Desgaste superficial:**

$$RDW = Krsw[a_0 PASS^{a_1} W^{a_2} S^{a_3} SALT^{a_4}] \quad Ec. (B14)$$

Si la edad de la construcción del pavimento es menor o igual a un año la profundidad total del ahuellamiento es:

$$\Delta RDM = RDO + \Delta RDPD + \Delta RDW \quad Ec. (B15)$$

Si es mayor a un año:

$$\Delta RDM = \Delta RDST + \Delta RDPD + \Delta RDW \quad Ec. (B16)$$

Donde

$\Delta RDM$ : Incremento en la profundidad media de las roderas en ambas huellas, en el año de análisis.

$RDO$ : Profundidad de roderas debida a la densificación inicial en el año de análisis.

$\Delta RDST$ : Incremento en la profundidad de roderas debida a la deformación estructural en el año de análisis.

$\Delta RDPD$ : Incremento en la profundidad de roderas debida a la deformación plástica en el año de análisis.

$\Delta RDW$ : Incremento en la profundidad de roderas debida a la deformación producto de los neumáticos.

### 3.- Modelo de Deterioro Irregularidad Superficial (IRI)

El modelo de rugosidad integra el agrietamiento, la deformación, el ahuellamiento, efectos ambientales y la suma de estos componentes da como resultado el incremento anual de la irregularidad superficial.

- **Componente estructural:** tiene relación con la deformación en los materiales de pavimentos producto de las cargas de tránsito.

$$\Delta RI_s = a_0 \exp(mKg mAGE^3)(1 + SNPkb)^{-5} YE^4 \quad Ec. (B17)$$

$$SNPKb = MAX[(SNP_a - dSNPk), 1,5] \quad Ec. (B18)$$

$$dSNPk = k_{snpk} a_0 \{ \min(a_1, ACX_a) HSNEW + \max[\min(ACX_a - PAC_x, a_2), 0] HSOLD \} \quad Ec. (B19)$$

Donde

$\Delta RI_s$ : Incremento de la irregularidad debido a la pérdida de capacidad estructural durante el año de análisis.

$dSNPk$ : Reducción en el número estructural debido al agrietamiento.

$SNPk_b$ : Numero estructural ajustado, al final del año de análisis.

$SNPk_a$ : Numero estructural ajustado, al inicio del año de análisis.

$ACX_a$ : Asigna diferentes pesos al área de agrietamiento total y al área de agrietamiento ancho, al inicio del año de análisis (agrietamiento indexado).

$PAC_x$ : Área del agrietamiento indexado de la capa superior anterior.

$HSNEW$ : Espesor de la carpeta más reciente.

$HSOLD$ : Espesor de la carpeta o carpetas anteriores.

$AGE3$ : Edad del pavimento desde la colocación de la última sobrecarpeta.

$YE4$ : Número anual de ejes equivalentes.

$m$ : Coeficiente del medio ambiente.

$kgm$ : Factor de calibración para el coeficiente del medio ambiente.

$k_{snpk}$ : Factor de calibración para SNPK.

#### - **Componente agrietamiento**

$$\Delta RI_c = a_0 \Delta ACRA \quad Ec. (B20)$$

Donde

$\Delta RI_c$ : Incremento de la irregularidad debido al agrietamiento durante el año de análisis.

$\Delta ACRA$ : Incremento del área total agrietada durante el año de análisis.

- **Componente ahuellamiento**

$$\Delta RI_r = a_0 \Delta RDS \quad Ec. (B21)$$

Donde

$\Delta RI_r$ : Incremento de la irregularidad relacionado con el ahuellamiento durante el año de análisis.

$\Delta RDS$ : Incremento de la desviación estándar de la profundidad de ahuellamiento durante el año de análisis.

- **Componente baches**

$$FM = (MAX\{MIN[0,25(CW - 3), 1], 0\}) \left\{ MAX \left[ \left( 1 - \frac{AADT}{5000} \right), 0 \right] \right\} \quad Ec. (B22)$$

$$\Delta RI_t = a_0 (a_1 - FM) \left[ \left( NPT_a TLF + \frac{\Delta NPT TLF}{2} \right)^{a_2} - NPT_a^{a_2} \right] \quad Ec. (B23)$$

Donde

$FM$ : Libertad de maniobra.

$CW$ : Ancho de la calzada.

$AADT$ : Tránsito diario promedio anual.

$\Delta RI_t$ : Incremento de la irregularidad debido a los baches durante el año de análisis.

$\Delta NPT$ : Incremento en el número de baches por km durante el año de análisis.

$NPT_a$ : Número de baches por kilómetro al inicio del año de análisis.

$TLF$ : Factor de tiempo debido al mantenimiento de baches.

- **Componente ambiental**

$$\Delta RI_e = m k_{gm} RI_a \quad Ec. (B24)$$

Donde

$\Delta RI_e$ : Incremento de la irregularidad debido a los efectos climáticos durante el año de análisis.

$RI_a$ : Irregularidad al inicio del año de análisis.

$m$ : Coeficiente ambiental.

$k_{gm}$ : Factor de calibración para el componente de efectos ambientales

- **Incremento total de la irregularidad**

$$\Delta RI = K_{gp}[\Delta RI_s + \Delta RI_c + \Delta RI_r + \Delta RI_t] + \Delta RI_e \quad Ec. (B25)$$

- **Irregularidad al final del año de análisis.**

$$RI_b = MIN[(RI_a + \Delta RI), \alpha_0] \quad Ec. (B26)$$

- **Promedio anual del IRI**

$$RI_{av} = 0,5(RI_a + RI_b) \quad Ec. (B27)$$

Donde

$\Delta RI$ : Incremento total de la irregularidad durante el año de análisis.

$k_{gp}$ : Factor de calibración para el progreso de la irregularidad.

$RI_b$ : Irregularidad del pavimento al final del año de análisis.

$RI_a$ : Irregularidad del pavimento al inicio del año de análisis.

$RI_{av}$ : Promedio de la irregularidad para el año de análisis.

$\alpha_0$ : Límite máximo de irregularidad permitido por el HDM-4 (por omisión = 16).

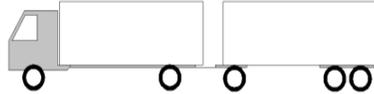
# **ANEXO C**

**1.- Caracterización de carga por cada vehículo seleccionado Estación IT-34 (Concepción - Chillan).**

A continuación se muestran las distribuciones de carga por eje para cada vehículo de la flota seleccionada, considerando percentiles de carga bajo (P15), medio (P50) y alto (P85).

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K1 ( Camión de 2 ejes)	Carga por eje [TON]		Carga Total [TON]
				
Liviana	P15	2,790	2,950	5,74
Media	P50	4,030	5,295	9,33
Pesada	P85	4,160	9,162	13,32

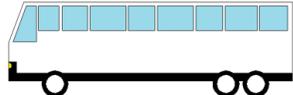
**Figura C1.1: Distribución de carga camión de dos ejes (C2E)**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K13 (Camión remolque)	Carga por eje [TON]				Carga Total [TON]
						
Liviana	P15	5,207	4,298	2,487	4,371	6,86
Media	P50	6,545	8,550	8,430	14,790	23,22
Pesada	P85	7,157	11,120	10,940	20,103	31,04

**Figura C1.2: Distribución de carga camión remolque.**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K8 (Camión semi-remolque)	Carga por eje [TON]			Carga Total [TON]
					
Liviana	P15	5,100	9,165	10,505	19,67
Media	P50	6,060	16,300	21,565	37,87
Pesada	P85	6,807	20,104	27,581	47,69

**Figura C1.3: Distribución de carga tracto-camión + semirremolque (3 ejes).**

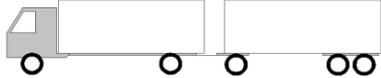
Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K74	Carga por eje [TON]		Carga Total [TON]
				
Liviana	P15	6,190	11,489	17,68
Media	P50	6,725	16,320	23,05
Pesada	P85	7,217	18,544	25,76

**Figura C1.4: Distribución de carga bus de 3 ejes.**

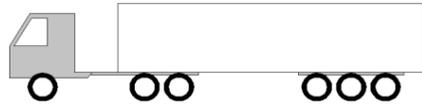
**2.- Caracterización de carga por cada vehículo seleccionado Estación IT-12 (Chillan - Concepción)**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K1 ( Camión de 2 ejes)	Carga por eje [TON]		Carga Total [TON]
				
Liviana	P15	2,343	3,813	6,16
Media	P50	3,520	6,860	10,38
Pesada	P85	5,358	10,663	16,02

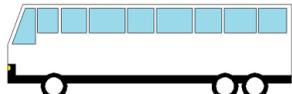
**Figura C2.1: Distribución de carga camión de dos ejes (C2E)**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K13 (Camión remolque)	Carga por eje [TON]				Carga Total [TON]
						
Liviana	P15	4,928	7,789	7,148	11,336	18,48
Media	P50	5,610	10,200	9,880	15,640	25,52
Pesada	P85	6,301	11,971	12,091	19,085	31,18

**Figura C2.2: Distribución de carga camión remolque.**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K8 (Camión semi-remolque)	Carga por eje [TON]			Carga Total [TON]
					
Liviana	P15	4,151	9,817	12,914	22,73
Media	P50	4,870	14,470	21,650	36,12
Pesada	P85	5,748	18,087	27,322	45,41

**Figura C2.3: Distribución de carga tracto-camión + semirremolque (3 ejes).**

Tipo de Estratigrafía	Percentil de Carga K74	Carga por eje [TON]		Carga Total [TON]
				
Liviana	P15	5,420	10,490	15,91
Media	P50	6,290	14,390	20,68
Pesada	P85	7,060	16,250	23,31

**Figura C2.4: Distribución de carga bus de 3 ejes.**

# **ANEXO D**

En el siguiente anexo se muestran las distintas estructuras utilizadas: Débil, Media y Fuerte; según el diseño realizado en el software PAVIVIAL.

EE EN PISTA DISEÑO (miles):	3.667			
FACTOR PISTA DISEÑO :	1,00			
NIVEL DE CONFIANZA (%) :	60			
ERROR STD COMBINADO (So):	0,450			
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR (Z) =	0,253			
FACTOR DE CONFIABILIDAD :	1,300			
IND.SERV. INICIAL :	4,2			
IND.SERV. FINAL :	2,0			
MODULO RESIL SUBRASANTE (MPa) :	77,0			
TMAPA [°C] :	12,2			
<b>NUMERO ESTRUCTURAL:</b>				
<b>SOBRE LA BASE (mm) :</b>	<b>46</b>			
<b>TOTAL (mm) :</b>	<b>77</b>			
ESPEORES DE LAS CAPAS				
CAPAS LIGADAS	ESPESOR (mm)	COEFICIENTE		N. ESTRUCTURAL PARCIAL
		ESTRUC	DRENAJE	
CARPETA ASFALTICA	50	0,43	=	21,50
BASE ASFALTICA	80	0,33	=	26,40
CAPAS NO LIGADAS	0	0,00	A NIVEL DE BASE : <b>48</b>	
BASE GRANULAR	150	0,13	1,15	= 22,43
SUBBASE GRANULAR	150	0,12	1,15	= 20,70
TOTAL :				<b>91</b>

**Figura D.1: Estructura Débil.**

EE EN PISTA DISEÑO (miles):	11.245			
FACTOR PISTA DISEÑO :	1,00			
NIVEL DE CONFIANZA (%) :	70			
ERROR STD COMBINADO (So):	0,450			
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR (Z) =	0,524			
FACTOR DE CONFIABILIDAD :	1,722			
IND.SERV. INICIAL :	4,2			
IND.SERV. FINAL :	2,0			
MODULO RESIL SUBRASANTE (MPa) :	77,0			
TMAPA [°C] :	12,2			
<b>NUMERO ESTRUCTURAL:</b>				
<b>SOBRE LA BASE (mm) :</b>	<b>59</b>			
<b>TOTAL (mm) :</b>	<b>95</b>			
ESPEORES DE LAS CAPAS				
CAPAS LIGADAS	ESPESOR (mm)	COEFICIENTE		N. ESTRUCTURAL PARCIAL
		ESTRUC	DRENAJE	
CARPETA ASFALTICA	50	0,43	=	21,50
CAPA INTERMEDIA	50	0,41	=	20,50
BASE ASFALTICA	60	0,33	=	19,80
CAPAS NO LIGADAS	0	0,00	A NIVEL DE BASE : <b>62</b>	
BASE GRANULAR	150	0,13	1,15	= 22,43
SUBBASE GRANULAR	150	0,12	1,15	= 20,70
TOTAL :				<b>105</b>

**Figura D.2: Estructura Media.**

EE EN PISTA DISEÑO (miles):	30.331			
FACTOR PISTA DISEÑO :	1,00			
NIVEL DE CONFIANZA (%) :	70			
ERROR STD COMBINADO (So):	0,440			
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR (Z) =	0,524			
FACTOR DE CONFIABILIDAD :	1,701			
IND.SERV. INICIAL :	4,2			
IND.SERV. FINAL :	2,0			
MODULO RESIL SUBRASANTE (MPa) :	77,0			
TMAPA [°C] :	12,2			
<b>NUMERO ESTRUCTURAL:</b>				
<b>SOBRE LA BASE (mm) :</b>	<b>70</b>			
<b>TOTAL (mm) :</b>	<b>109</b>			
ESPEORES DE LAS CAPAS				
CAPAS LIGADAS	ESPESOR (mm)	COEFICIENTE		N. ESTRUCTURAL PARCIAL
		ESTRUC	DRENAJE	
CARPETA ASFALTICA	50	0,43	=	21,50
CAPA INTERMEDIA	70	0,41	=	28,70
BASE ASFALTICA	70	0,33	=	23,10
CAPAS NO LIGADAS	0	0,00	A NIVEL DE BASE : <b>73</b>	
BASE GRANULAR	150	0,13	1,15	= 22,43
SUBBASE GRANULAR	150	0,12	1,15	= 20,70
TOTAL :				<b>116</b>

**Figura D.3: Estructura Fuerte.**

# **ANEXO E**

A continuación se muestran las características del clima utilizado en la modelación.

**Tabla E1: Parámetros de las zonas climáticas.**

<b>Zonas Climáticas</b>	<b>Parámetros</b>
Concepción	Temperatura media mensual: 12,6°C Precipitación media anual: 1308,2 mm Duración estación seca: 4 meses Rango Promedio de Temperaturas: 11,6
Chillán	Temperatura media mensual: 13,8°C Precipitación media anual: 1034,2 mm Duración estación seca: 4 meses Rango promedio de Temperaturas: 13

**Fuente: Elaboración propia.**

# **ANEXO F**

A continuación se muestra la matriz de modelación con todos los casos utilizados para la estación IT-34 y la IT-12.

**Tabla F1: Matriz de Modelación para IT-34, clima Concepción.**

Estación	IT-34 (Concepción)											
Tránsito	Alto				Medio				Bajo			
Carga \ Estructura	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85
D	C1	C2	C3	C4	...	...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	C5	C6	C7	C8	...	...	...	...
F	...	...	...	...	...	...	...	...	C9	C10	C11	C12

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla F2: Matriz de Modelación para IT-34, clima Chillán.**

Estación	IT-34 (Chillán)											
Tránsito	Alto				Medio				Bajo			
Carga \ Estructura	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85
D	C13	C14	C15	C16	...	...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	C17	C18	C19	C20	...	...	...	...
F	...	...	...	...	...	...	...	...	C21	C22	C23	C24

**Tabla F3: Matriz de Modelación para IT-12, clima Concepción.**

Estación	IT-12 (Concepción)											
Tránsito	Alto				Medio				Bajo			
Carga \ Estructura	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85
D	C25	C26	C27	C28	...	...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	C29	C30	C31	C32	...	...	...	...
F	...	...	...	...	...	...	...	...	C33	C34	C35	C36

**Tabla F4: Matriz de Modelación para IT-12, clima Chillán.**

Estación	IT-12 (Chillán)											
Tránsito	Alto				Medio				Bajo			
Carga \ Estructura	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85
D	C37	C38	C39	C40	...	...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	C41	C42	C43	C44	...	...	...	...
F	...	...	...	...	...	...	...	...	C45	C46	C47	C48

# **ANEXO G**

En el siguiente anexo se muestran la composición vehicular de cada nivel de tránsito y los factores camión utilizados en la modelación del Software HDM-4.

**Tabla G1: Composición vehicular tránsito bajo.**

Tipo de Vehículo	Distribución Porcentual	Distribución Vehicular
C2E	36,78%	91
C+2E	10,74%	27
CSR	25,53%	63
BUSES	26,96%	66
TOTAL	100%	247

**Tabla G2: Composición vehicular tránsito medio.**

Tipo de Vehículo	Distribución Porcentual	Distribución Vehicular
C2E	27,64%	182
C+2E	11,05%	73
CSR	32,36%	213
BUSES	28,95%	191
TOTAL	100%	659

**Tabla G3: Composición vehicular tránsito fuerte.**

Tipo de Vehículo	Distribución Porcentual	Distribución Vehicular
C2E	18,37%	267
C+2E	10,46%	152
CSR	46,82%	679
BUSES	24,35%	353
TOTAL	100%	1451

En la Tabla G4 se muestra el Factor Camión de cada vehículo utilizado, dependiendo del percentil de carga utilizado y tipo de estructura débil (D), media (M) y fuerte (F) para cada estación (IT-34, IT-12).

**Tabla G4: Factor camión de cada estratigrafía de carga.**

Camión	Estructura	Carga IT-34				Carga IT-12			
		P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
K1	D	0,26	0,84	2,8	0,3	0,27	1,05	3,14	0,57
	M	0,23	0,78	2,82	0,3	0,23	0,97	3,21	0,57
	F	0,2	0,74	2,85	0,3	0,26	0,95	3,28	0,57
K13	D	1,24	5,99	11,04	2,3	3,58	7,2	11,24	2,77
	M	1,15	6,01	11,51	2,3	3,46	7,3	11,74	2,77
	F	1,11	6,00	11,9	2,3	3,38	7,38	12,16	2,77
K8	D	1,88	7,01	11,84	2,3	2,02	5,83	10,15	2,77
	M	1,76	3,43	12,28	2,3	1,88	3,94	10,44	2,77
	F	1,69	3,41	12,68	2,3	1,79	3,93	10,72	2,77
K74	D	2,42	4,8	6,26	1,38	1,92	3,72	4,99	1,61
	M	2,39	5,05	6,72	1,38	1,88	3,84	5,27	1,61
	F	2,38	5,29	7,15	1,38	1,86	3,96	5,53	1,61

Fuente: Elaboración propia.

# **ANEXO H**

En el siguiente anexo se muestran los resultados obtenidos para cada estructura en la modelación.

**1.- Estructura Débil, estación IT-12**

**1.1.- Tránsito Bajo**

**Tabla H1: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,08	2,09	2,09	2,08	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,15	2,17	2,19	2,15	2,15	2,16	2,17	2,15
3	0	0,5	0,72	0	2,23	2,26	2,28	2,23	2,26	2,28	2,29	2,26
4	0,5	2,03	2,46	0,5	2,3	2,35	2,38	2,31	2,38	2,41	2,42	2,38
5	2,03	4,66	5,31	2,03	2,38	2,44	2,48	2,39	2,51	2,55	2,57	2,51
6	4,66	8,44	9,33	4,66	2,46	2,53	2,58	2,46	2,65	2,7	2,74	2,65
7	8,44	13,43	14,56	8,44	2,54	2,63	2,68	2,55	2,8	2,88	2,92	2,8
8	13,43	19,67	21,05	13,43	2,62	2,73	2,79	2,63	2,97	3,07	3,12	2,97
9	19,67	27,19	28,82	19,67	2,7	2,83	2,9	2,71	3,16	3,28	3,35	3,16
10	27,19	36,03	37,93	27,19	2,79	2,94	3,02	2,8	3,36	3,51	3,59	3,37
11	36,03	46,22	48,39	36,03	2,89	3,05	3,15	2,9	3,59	3,77	3,87	3,6
12	46,22	56,69	58,65	46,22	2,99	3,18	3,28	3	3,84	4,05	4,19	3,85
13	56,69	65,95	67,64	56,69	3,09	3,31	3,43	3,11	4,11	4,37	4,57	4,12
14	65,95	73,95	75,38	65,95	3,21	3,45	3,59	3,22	4,43	4,75	5,05	4,44
15	73,94	80,73	81,92	73,94	3,33	3,6	3,76	3,35	4,81	5,23	5,65	4,82
16	80,72	86,34	87,3	80,72	3,46	3,76	3,94	3,48	5,28	5,82	6,4	5,3
17	86,33	90,84	91,58	86,33	3,6	3,93	4,12	3,62	5,87	6,56	7,34	5,89
18	90,83	94,28	94,82	90,83	3,75	4,11	4,32	3,77	6,61	7,51	8,54	6,64
19	94,27	96,76	97,11	94,27	3,9	4,29	4,53	3,92	7,57	8,71	10,04	7,6
20	96,75	98,36	98,57	96,75	4,06	4,48	4,74	4,08	8,8	10,24	11,95	8,83

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

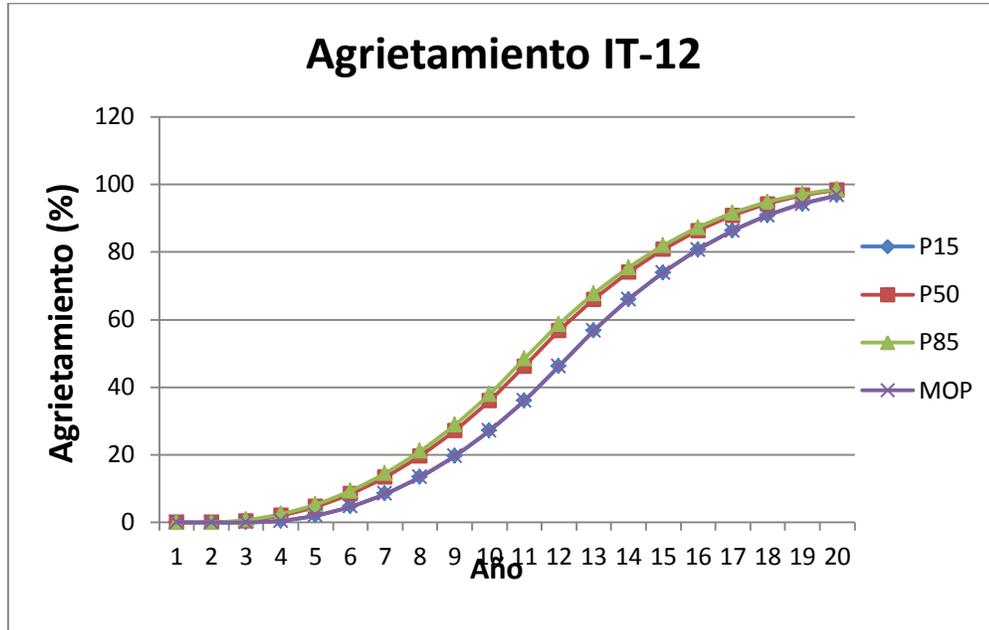


Figura H1: Desarrollo Agrietamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-12.

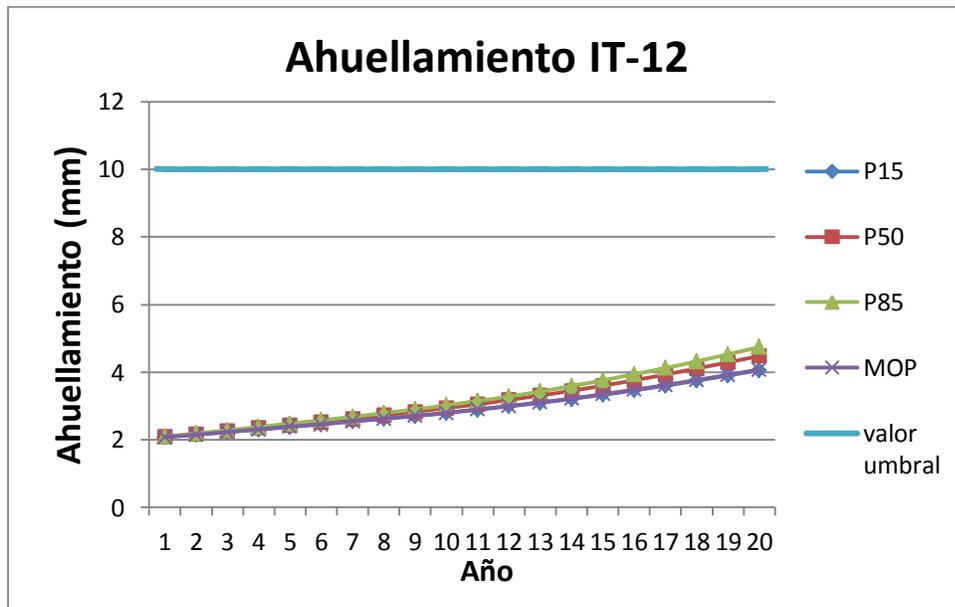


Figura H2: Desarrollo ahuellamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-12.

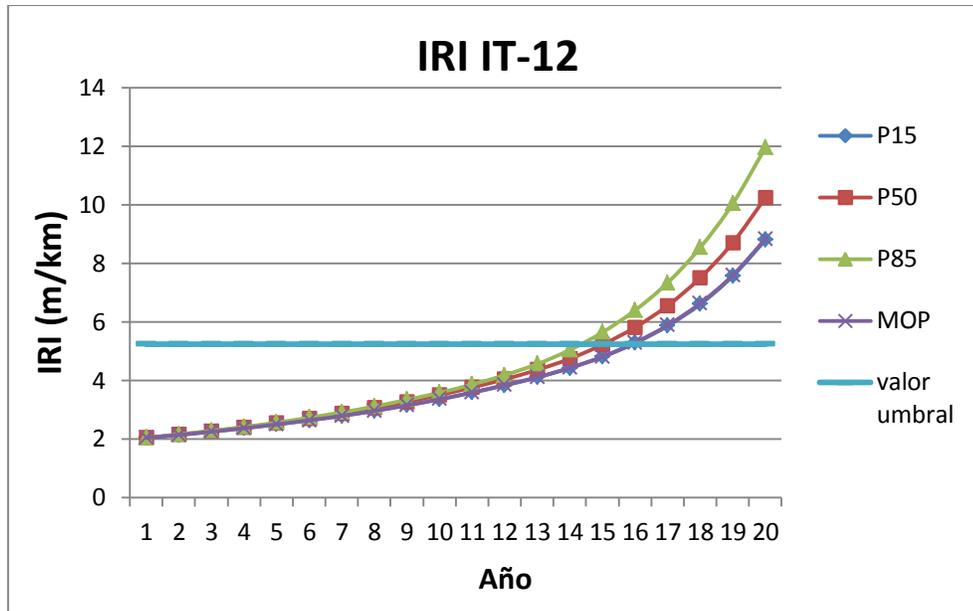
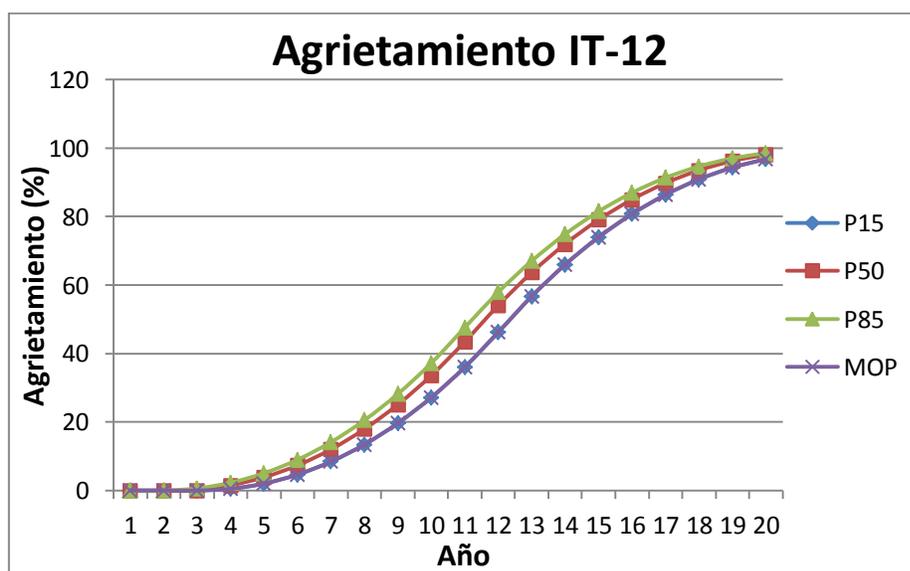


Figura H3: Desarrollo regularidad superficial estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-12.

**Tabla H2: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,09	2,09	2,08	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,15	2,17	2,19	2,15	2,15	2,16	2,17	2,15
3	0	0	0,63	0	2,23	2,26	2,28	2,23	2,26	2,27	2,29	2,26
4	0,5	1,53	2,29	0,5	2,3	2,35	2,38	2,3	2,38	2,4	2,42	2,38
5	2,03	3,87	5,06	2,03	2,38	2,44	2,47	2,38	2,51	2,54	2,57	2,51
6	4,66	7,35	8,99	4,66	2,46	2,53	2,57	2,46	2,65	2,69	2,73	2,65
7	8,44	12,02	14,13	8,44	2,53	2,62	2,67	2,54	2,8	2,86	2,91	2,8
8	13,43	17,93	20,52	13,43	2,61	2,72	2,78	2,62	2,97	3,05	3,11	2,97
9	19,67	25,11	28,2	19,67	2,7	2,81	2,89	2,7	3,16	3,26	3,33	3,16
10	27,19	33,61	37,21	27,19	2,78	2,92	3	2,79	3,36	3,49	3,58	3,37
11	36,03	43,45	47,57	36,03	2,87	3,03	3,12	2,88	3,59	3,74	3,85	3,59
12	46,22	54,03	57,9	46,22	2,97	3,14	3,25	2,98	3,84	4,01	4,16	3,84
13	56,69	63,63	67	56,69	3,07	3,26	3,39	3,08	4,11	4,32	4,53	4,11
14	65,95	71,95	74,84	65,95	3,17	3,39	3,53	3,19	4,42	4,7	4,99	4,42
15	73,95	79,05	81,47	73,95	3,29	3,53	3,68	3,3	4,79	5,15	5,55	4,8
16	80,74	84,97	86,94	80,74	3,41	3,67	3,85	3,42	5,23	5,7	6,24	5,25
17	86,35	89,76	91,3	86,35	3,53	3,83	4,01	3,55	5,78	6,39	7,1	5,8
18	90,85	93,48	94,63	90,85	3,66	3,98	4,19	3,68	6,47	7,25	8,17	6,49
19	94,29	96,2	96,99	94,29	3,8	4,15	4,37	3,82	7,33	8,33	9,51	7,36
20	96,77	98,03	98,51	96,77	3,94	4,32	4,57	3,96	8,43	9,69	11,19	8,46

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H4: Desarrollo agrietamiento estructura débil con tránsito bajo, Clima Chillán, IT-12.**

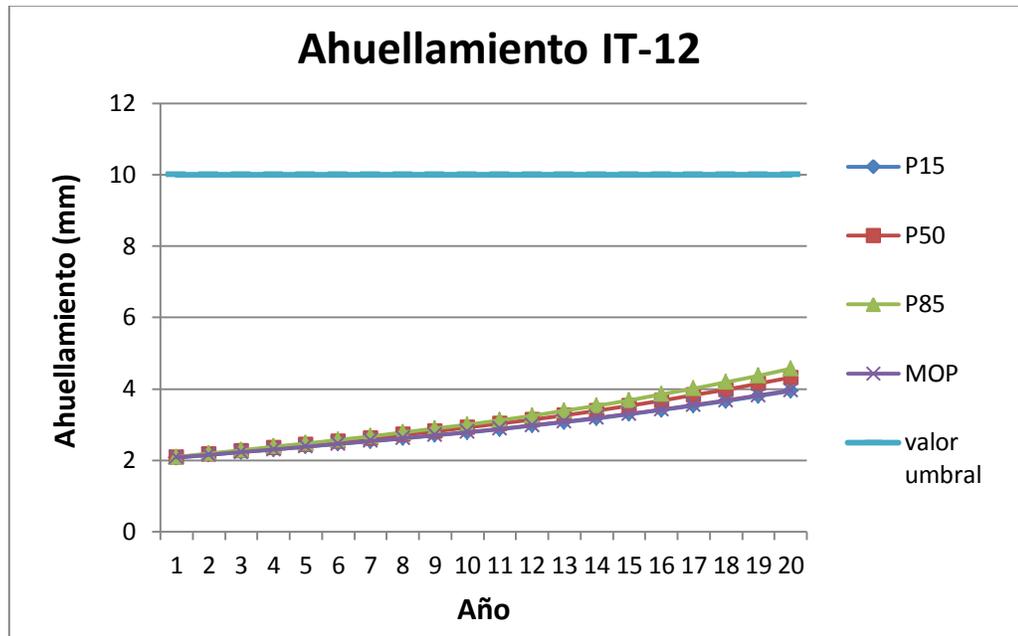


Figura H5: Desarrollo ahuellamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Chillán, IT-12.

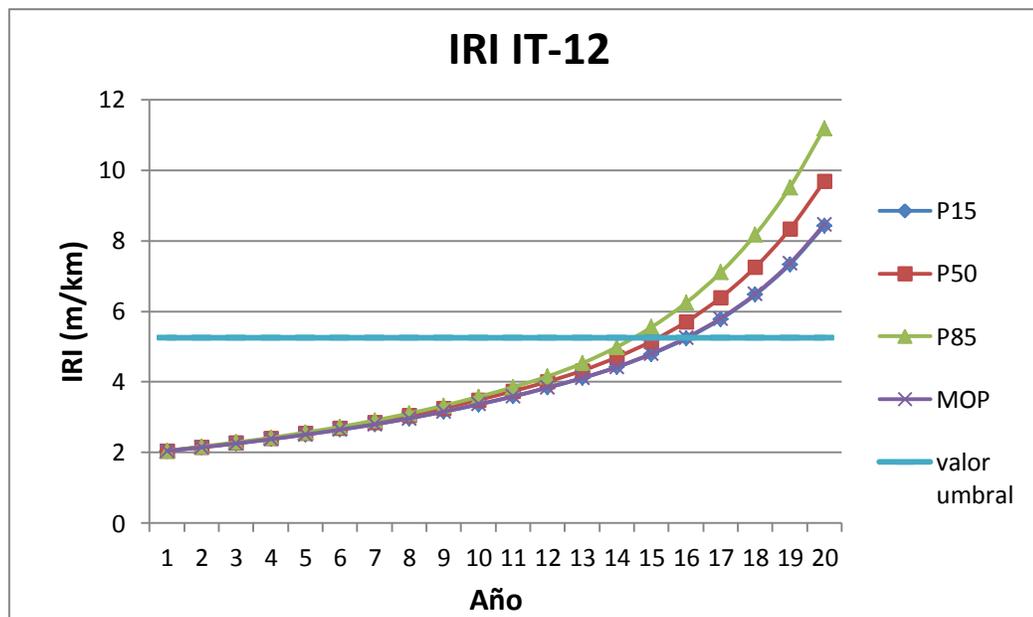


Figura H6: Desarrollo regularidad superficial estructura débil con tránsito bajo, clima Chillán, IT-12.

1.2.- Tránsito Medio

**Tabla H3: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,87	0	2,09	2,11	2,12	2,09	2,05	2,06	2,07	2,05
2	0	1,09	2,74	0	2,18	2,22	2,24	2,18	2,16	2,19	2,21	2,16
3	0,5	3,13	5,73	0,5	2,27	2,33	2,36	2,27	2,28	2,33	2,37	2,28
4	2,03	6,29	9,89	2,03	2,36	2,44	2,49	2,36	2,41	2,49	2,55	2,41
5	4,66	10,64	15,27	4,66	2,45	2,55	2,62	2,46	2,55	2,66	2,75	2,55
6	8,44	16,2	21,91	8,44	2,54	2,67	2,76	2,55	2,71	2,86	2,98	2,71
7	13,43	23,04	29,85	13,43	2,64	2,79	2,9	2,65	2,89	3,08	3,24	2,89
8	19,66	31,17	39,11	19,66	2,74	2,92	3,05	2,75	3,11	3,35	3,55	3,12
9	27,18	40,65	49,74	27,18	2,84	3,06	3,22	2,85	3,39	3,69	3,94	3,4
10	36,02	51,21	59,8	36,02	2,95	3,21	3,39	2,97	3,74	4,1	4,52	3,76
11	46,21	61,1	68,58	46,21	3,07	3,37	3,58	3,09	4,19	4,73	5,42	4,21
12	56,68	69,69	76,1	56,68	3,19	3,54	3,78	3,21	4,73	5,74	6,77	4,75
13	65,88	77,04	82,41	65,88	3,33	3,72	4	3,35	5,58	7,25	8,8	5,6
14	73,81	83,19	87,57	73,81	3,47	3,92	4,24	3,5	6,96	9,54	11,83	6,99
15	80,51	88,19	91,63	80,51	3,63	4,14	4,5	3,66	9,05	13,01	14,83	9,09
16	86,03	92,1	94,68	86,03	3,8	4,37	4,8	3,83	12,27	15,55	16	12,32
17	90,44	95,01	96,19	90,44	3,98	4,63	5,11	4,02	15,11	16	16	15,14
18	93,8	95,67	94,94	93,8	4,17	4,9	5,42	4,21	16	16	16	16
19	95,71	94,24	93,31	95,71	4,37	5,17	5,75	4,42	16	16	16	16
20	94,26	92,37	91,18	94,25	4,58	5,45	6,09	4,63	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H4: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,77	0	2,09	2,11	2,12	2,09	2,05	2,06	2,07	2,05
2	0	0,98	2,55	0	2,18	2,21	2,24	2,18	2,16	2,18	2,21	2,16
3	0,5	2,93	5,45	0,5	2,26	2,32	2,36	2,27	2,28	2,32	2,37	2,28
4	2,03	6,01	9,52	2,03	2,35	2,43	2,48	2,36	2,41	2,48	2,54	2,41
5	4,66	10,26	14,8	4,66	2,44	2,55	2,61	2,45	2,55	2,65	2,74	2,55
6	8,44	15,73	21,34	8,44	2,54	2,66	2,75	2,55	2,71	2,85	2,96	2,71
7	13,43	22,47	29,17	13,43	2,63	2,78	2,89	2,64	2,88	3,07	3,22	2,89
8	19,66	30,5	38,33	19,66	2,73	2,91	3,03	2,74	3,1	3,33	3,52	3,11
9	27,18	39,87	48,84	27,18	2,83	3,04	3,19	2,84	3,37	3,66	3,9	3,38
10	36,02	50,4	59,01	36,02	2,93	3,18	3,35	2,95	3,71	4,05	4,44	3,72
11	46,21	60,39	67,9	46,21	3,05	3,33	3,53	3,06	4,13	4,64	5,27	4,14
12	56,68	69,09	75,53	56,68	3,16	3,49	3,71	3,19	4,63	5,55	6,47	4,64
13	65,89	76,54	81,95	65,89	3,29	3,66	3,91	3,31	5,38	6,89	8,26	5,41
14	73,82	82,79	87,21	73,82	3,43	3,84	4,13	3,45	6,59	8,88	10,89	6,62
15	80,54	87,88	91,37	80,54	3,57	4,03	4,37	3,6	8,4	11,86	14,23	8,43
16	86,07	91,88	94,51	86,07	3,72	4,25	4,64	3,75	11,11	14,82	16	11,16
17	90,48	94,88	96,64	90,48	3,88	4,48	4,92	3,92	14,38	16	16	14,4
18	93,85	96,2	95,57	93,85	4,05	4,72	5,21	4,09	16	16	16	16
19	96,27	94,99	94,19	96,27	4,24	4,97	5,51	4,28	16	16	16	16
20	95,05	93,43	92,43	95,05	4,42	5,22	5,82	4,47	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**1.3.- Tránsito Alto**

**Tabla H5: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	1,53	1,53	0	2,1	2,14	2,16	2,11	2,06	2,08	2,09	2,06
2	0,65	3,87	3,87	1,17	2,21	2,28	2,33	2,22	2,18	2,25	2,29	2,19
3	2,33	7,34	7,34	3,26	2,32	2,42	2,5	2,33	2,32	2,43	2,51	2,33
4	5,11	12,01	12,01	6,49	2,43	2,57	2,68	2,44	2,47	2,65	2,76	2,49
5	9,05	17,91	17,91	10,89	2,54	2,73	2,86	2,56	2,66	2,91	3,07	2,69
6	14,2	25,09	25,09	16,52	2,65	2,89	3,06	2,68	2,97	3,29	3,51	3
7	20,61	33,57	33,57	23,42	2,77	3,06	3,26	2,8	3,53	3,93	4,22	3,57
8	28,3	43,4	43,4	31,61	2,9	3,24	3,48	2,93	4,54	4,99	5,36	4,58
9	37,31	53,98	53,98	41,15	3,03	3,44	3,72	3,08	6,29	6,69	7,16	6,3
10	47,68	63,4	63,4	51,72	3,18	3,65	3,98	3,23	9,26	10,25	10,87	9,2
11	57,81	71,52	71,52	61,41	3,34	3,91	4,31	3,4	13,56	14,39	14,74	13,51
12	66,66	78,37	78,37	69,78	3,53	4,21	4,69	3,6	16	16	16	16
13	74,21	84,01	84,01	76,87	3,73	4,53	5,11	3,82	16	16	16	16
14	80,52	88,51	88,51	82,75	3,95	4,88	5,55	4,05	16	16	16	16
15	86,09	89,34	89,33	87,88	4,19	5,24	6,02	4,3	16	16	16	16
16	89,23	89,22	89,21	89,23	4,44	5,62	6,5	4,56	16	16	16	16
17	89,09	89,08	89,07	89,09	4,69	6,01	7	4,83	16	16	16	16
18	88,94	88,93	88,92	88,94	4,95	6,41	7,52	5,11	16	16	16	16
19	88,78	88,76	88,75	88,77	5,22	6,82	8,06	5,39	16	16	16	16
20	88,6	88,58	88,57	88,59	5,5	7,24	8,61	5,68	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H6: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	1,53	1,53	0	2,1	2,13	2,16	2,11	2,06	2,08	2,09	2,06
2	0,56	3,87	3,87	1,05	2,21	2,28	2,32	2,21	2,18	2,24	2,28	2,19
3	2,15	7,34	7,34	3,06	2,31	2,42	2,5	2,32	2,31	2,43	2,5	2,33
4	4,84	12,01	12,01	6,2	2,42	2,57	2,67	2,44	2,47	2,64	2,75	2,48
5	8,68	17,91	17,91	10,51	2,53	2,72	2,86	2,55	2,65	2,89	3,05	2,68
6	13,74	25,09	25,09	16,05	2,64	2,88	3,05	2,67	2,94	3,26	3,47	2,98
7	20,04	33,58	33,58	22,84	2,76	3,04	3,25	2,79	3,45	3,85	4,12	3,5
8	27,62	43,41	43,41	30,94	2,88	3,22	3,46	2,92	4,35	4,8	5,15	4,39
9	36,53	53,99	53,99	40,37	3,01	3,41	3,68	3,05	5,84	6,25	6,7	5,86
10	46,79	63,42	63,42	50,93	3,15	3,61	3,93	3,2	8,29	9,23	9,81	8,26
11	57,21	71,56	71,56	60,72	3,3	3,84	4,23	3,36	12,36	13,67	13,99	12,87
12	66,21	78,43	78,43	69,21	3,47	4,12	4,59	3,54	15,45	16	16	16
13	73,92	84,1	84,1	76,42	3,65	4,43	4,99	3,75	16	16	16	16
14	80,39	88,62	88,62	82,4	3,85	4,75	5,4	3,96	16	16	16	16
15	85,67	89,4	89,39	87,37	4,07	5,09	5,84	4,19	16	16	16	16
16	89,3	89,28	89,28	89,29	4,29	5,44	6,3	4,43	16	16	16	16
17	89,17	89,16	89,15	89,17	4,52	5,8	6,77	4,67	16	16	16	16
18	89,03	89,02	89,01	89,03	4,76	6,17	7,26	4,92	16	16	16	16
19	88,88	88,86	88,86	88,87	5	6,55	7,77	5,18	16	16	16	16
20	88,72	88,7	88,69	88,71	5,25	6,95	8,29	5,45	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**2.- Estructura Media, estación IT-12**

**2.1.- Tránsito Bajo**

**Tabla H7: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,09	2,07	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,14	2,15	2,17	2,14	2,15	2,16	2,16	2,15
3	0	0	0,5	0	2,21	2,23	2,26	2,21	2,26	2,27	2,28	2,26
4	0	0,5	2,03	0	2,28	2,31	2,35	2,28	2,37	2,38	2,41	2,37
5	1,14	2,03	4,66	1,26	2,35	2,39	2,44	2,35	2,5	2,51	2,55	2,5
6	3,22	4,66	8,44	3,42	2,42	2,47	2,53	2,42	2,63	2,66	2,71	2,63
7	6,42	8,44	13,43	6,71	2,49	2,55	2,63	2,5	2,78	2,81	2,88	2,78
8	10,81	13,43	19,67	11,19	2,56	2,63	2,73	2,57	2,94	2,99	3,08	2,95
9	16,42	19,67	27,19	16,89	2,64	2,72	2,83	2,65	3,12	3,18	3,29	3,13
10	23,3	27,19	36,03	23,87	2,72	2,81	2,94	2,73	3,32	3,39	3,53	3,33
11	31,48	36,03	46,22	32,15	2,8	2,9	3,05	2,82	3,54	3,62	3,79	3,55
12	41	46,22	56,69	41,77	2,89	3,01	3,18	2,91	3,77	3,87	4,08	3,79
13	51,58	56,69	65,96	52,36	2,98	3,12	3,31	3	4,04	4,15	4,4	4,05
14	61,48	65,96	73,96	62,16	3,09	3,23	3,46	3,11	4,34	4,47	4,78	4,35
15	70,1	73,96	80,75	70,69	3,2	3,36	3,61	3,22	4,69	4,84	5,24	4,71
16	77,49	80,75	86,37	77,99	3,31	3,5	3,77	3,34	5,11	5,29	5,8	5,13
17	83,68	86,37	90,88	84,1	3,44	3,64	3,95	3,47	5,62	5,82	6,47	5,64
18	88,73	90,87	94,34	89,07	3,57	3,79	4,12	3,6	6,24	6,47	7,29	6,27
19	92,7	94,33	96,82	92,96	3,71	3,95	4,31	3,74	7,01	7,28	8,3	7,04
20	95,66	96,81	98,43	95,84	3,85	4,11	4,51	3,89	7,97	8,28	9,55	8,01

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H8: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,09	2,07	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,14	2,15	2,17	2,14	2,15	2,16	2,16	2,15
3	0	0	0,5	0	2,2	2,23	2,26	2,21	2,26	2,27	2,28	2,26
4	0	0,5	2,03	0	2,27	2,31	2,35	2,28	2,37	2,38	2,41	2,37
5	1,05	2,03	4,66	1,16	2,34	2,38	2,44	2,35	2,49	2,51	2,55	2,5
6	3,05	4,66	8,44	3,25	2,41	2,46	2,53	2,42	2,63	2,65	2,71	2,63
7	6,19	8,44	13,43	6,47	2,48	2,54	2,62	2,49	2,78	2,81	2,88	2,78
8	10,5	13,43	19,67	10,87	2,56	2,63	2,72	2,57	2,94	2,98	3,07	2,95
9	16,03	19,67	27,19	16,5	2,63	2,71	2,82	2,64	3,12	3,17	3,29	3,13
10	22,83	27,19	36,03	23,39	2,71	2,8	2,92	2,72	3,32	3,38	3,52	3,32
11	30,93	36,03	46,22	31,59	2,79	2,89	3,03	2,8	3,53	3,61	3,78	3,54
12	40,37	46,22	56,69	41,13	2,87	2,99	3,15	2,89	3,77	3,87	4,07	3,78
13	50,92	56,69	65,96	51,71	2,96	3,09	3,28	2,98	4,03	4,14	4,38	4,04
14	60,9	65,96	73,97	61,59	3,06	3,2	3,41	3,08	4,32	4,45	4,75	4,34
15	69,61	73,96	80,76	70,21	3,16	3,32	3,55	3,18	4,67	4,82	5,19	4,69
16	77,07	80,76	86,39	77,58	3,26	3,44	3,7	3,29	5,07	5,24	5,71	5,09
17	83,34	86,38	90,9	83,76	3,38	3,57	3,85	3,41	5,55	5,74	6,33	5,58
18	88,47	90,89	94,35	88,81	3,5	3,7	4,01	3,53	6,13	6,35	7,08	6,16
19	92,5	94,35	96,84	92,76	3,62	3,85	4,18	3,65	6,84	7,09	8	6,87
20	95,52	96,83	98,45	95,71	3,75	3,99	4,36	3,78	7,71	8	9,12	7,74

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

2.2.- Tránsito Medio

**Tabla H9: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,5	0	2,08	2,09	2,11	2,08	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	2,03	0	2,16	2,19	2,22	2,16	2,16	2,17	2,19	2,16
3	0	0,86	4,66	0	2,24	2,28	2,34	2,25	2,27	2,29	2,34	2,27
4	0,72	2,72	8,44	1	2,32	2,38	2,46	2,33	2,39	2,43	2,51	2,39
5	2,47	5,7	13,43	2,97	2,41	2,47	2,58	2,42	2,52	2,58	2,69	2,53
6	5,32	9,84	19,66	6,06	2,49	2,57	2,71	2,5	2,67	2,74	2,9	2,68
7	9,34	15,21	27,18	10,33	2,58	2,68	2,84	2,59	2,84	2,93	3,14	2,86
8	14,58	21,84	36,02	15,83	2,67	2,78	2,98	2,68	3,03	3,16	3,42	3,05
9	21,06	29,76	46,21	22,58	2,76	2,9	3,13	2,78	3,28	3,43	3,76	3,3
10	28,84	39,01	56,68	30,64	2,86	3,02	3,29	2,88	3,59	3,77	4,16	3,61
11	37,95	49,62	65,9	40,02	2,96	3,15	3,46	2,99	3,97	4,18	4,73	4
12	48,41	59,71	73,86	50,57	3,07	3,29	3,65	3,1	4,42	4,77	5,56	4,45
13	58,63	68,51	80,59	60,54	3,19	3,43	3,85	3,23	5,1	5,68	6,75	5,13
14	67,56	76,05	86,15	69,22	3,32	3,6	4,06	3,36	6,16	6,99	8,46	6,18
15	75,24	82,39	90,59	76,66	3,46	3,77	4,29	3,5	7,69	8,91	10,92	7,71
16	81,71	87,57	93,98	82,89	3,6	3,96	4,55	3,66	9,95	11,71	14,19	9,94
17	87,01	91,66	96,42	87,97	3,76	4,16	4,83	3,82	13,27	14,69	16	13,24
18	91,21	94,74	96,9	91,96	3,94	4,38	5,14	4	15,62	16	16	15,6
19	94,39	96,4	95,95	94,94	4,12	4,61	5,45	4,19	16	16	16	16
20	95,84	95,31	94,75	95,87	4,31	4,85	5,77	4,39	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

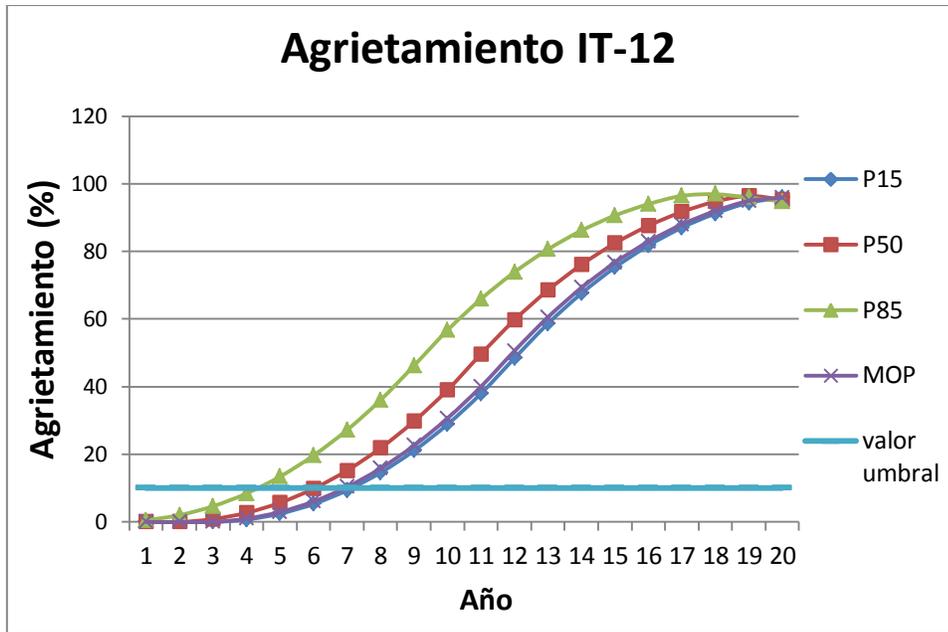


Figura H7: Desarrollo agrietamiento estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-12.

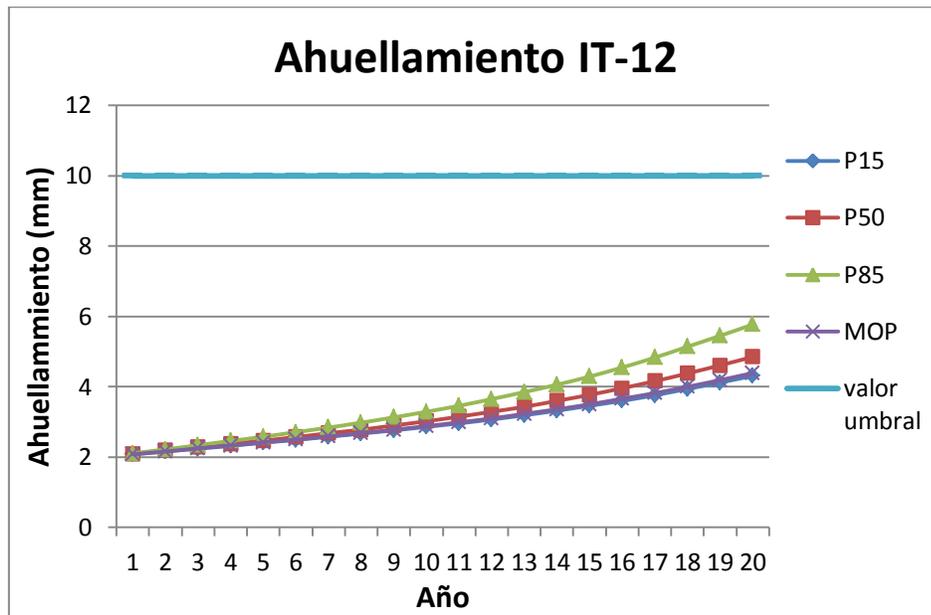
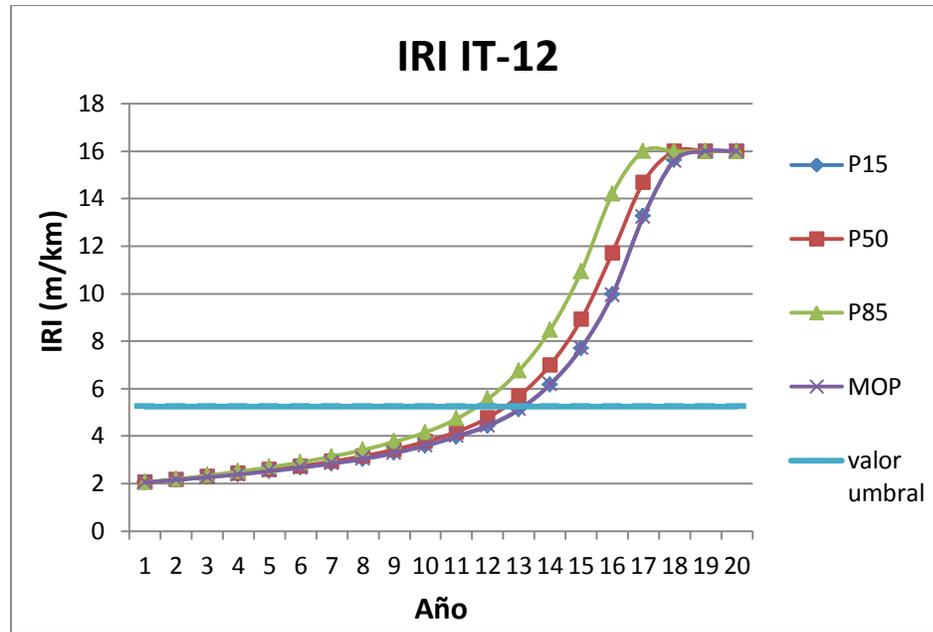


Figura H8: Desarrollo ahuellamiento estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-12.

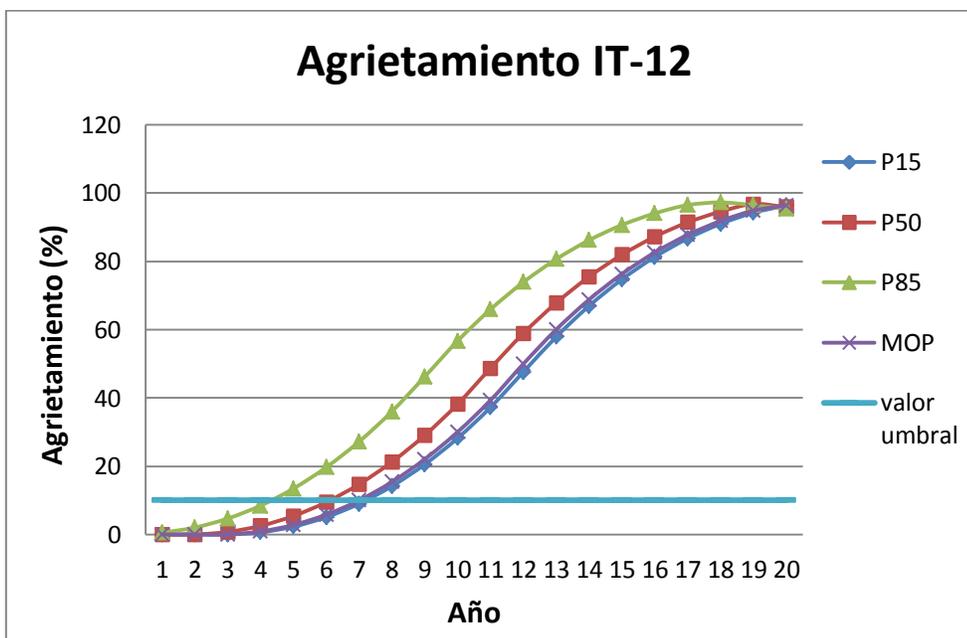


**Figura H9: Desarrollo regularidad superficial estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-12.**

**Tabla H10: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,5	0	2,08	2,09	2,11	2,08	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	2,03	0	2,16	2,18	2,22	2,16	2,16	2,17	2,19	2,16
3	0	0,75	4,66	0	2,24	2,28	2,34	2,25	2,27	2,29	2,34	2,27
4	0,63	2,52	8,44	0,9	2,32	2,37	2,45	2,33	2,39	2,42	2,51	2,39
5	2,3	5,41	13,43	2,79	2,4	2,47	2,57	2,41	2,52	2,57	2,69	2,53
6	5,07	9,46	19,66	5,8	2,49	2,57	2,70	2,50	2,67	2,74	2,89	2,68
7	9,00	14,72	27,18	9,98	2,57	2,67	2,83	2,59	2,83	2,92	3,13	2,84
8	14,14	21,24	36,02	15,38	2,66	2,77	2,96	2,68	3,03	3,14	3,4	3,04
9	20,53	29,05	46,21	22,04	2,75	2,88	3,11	2,77	3,26	3,41	3,73	3,29
10	28,21	38,19	56,68	30	2,84	3,00	3,26	2,87	3,56	3,73	4,12	3,59
11	37,22	48,69	65,91	39,29	2,94	3,12	3,42	2,97	3,92	4,12	4,65	3,95
12	47,58	58,89	73,87	49,94	3,05	3,25	3,59	3,08	4,34	4,67	5,41	4,37
13	57,87	67,8	80,61	59,99	3,16	3,39	3,78	3,19	4,96	5,5	6,48	5,00
14	66,92	75,46	86,18	68,76	3,28	3,54	3,97	3,32	5,91	6,67	7,98	5,94
15	74,7	81,91	90,63	76,27	3,40	3,69	4,18	3,45	7,26	8,35	10,12	7,28
16	81,26	87,2	94,03	82,58	3,54	3,86	4,41	3,59	9,21	10,76	13,14	9,21
17	86,66	91,39	96,47	87,73	3,68	4,05	4,67	3,73	12,03	14,09	15,46	12,02
18	90,96	94,55	97,25	91,79	3,83	4,24	4,95	3,89	14,85	16	16	14,84
19	94,22	96,79	96,44	94,84	4,0	4,45	5,24	4,06	16	16	16	16
20	96,36	95,89	95,42	96,39	4,17	4,67	5,53	4,24	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H10: Desarrollo agrietamiento estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-12**

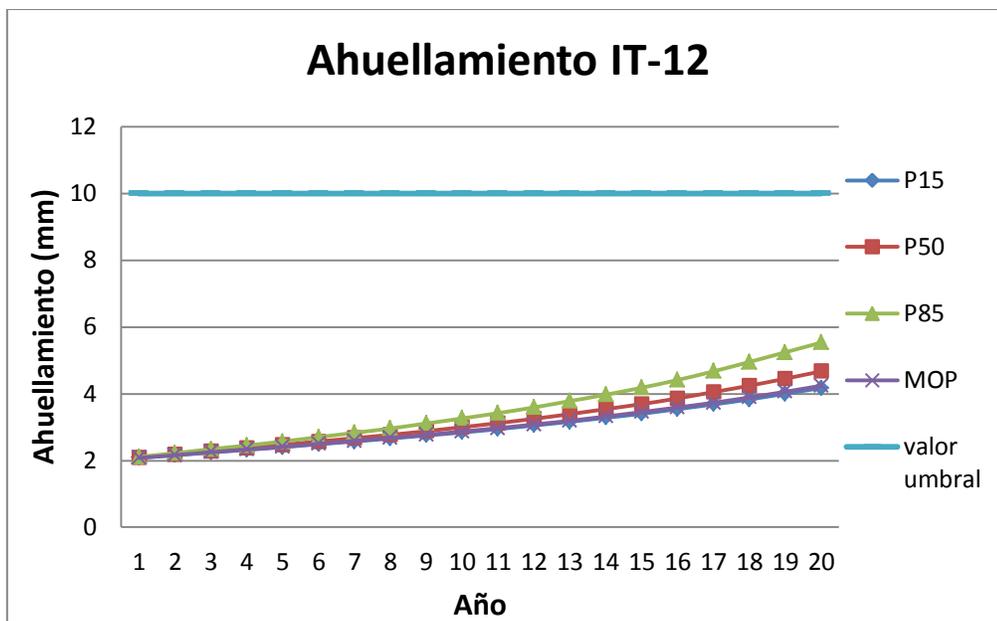


Figura H11: Desarrollo ahuellamiento estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-12.

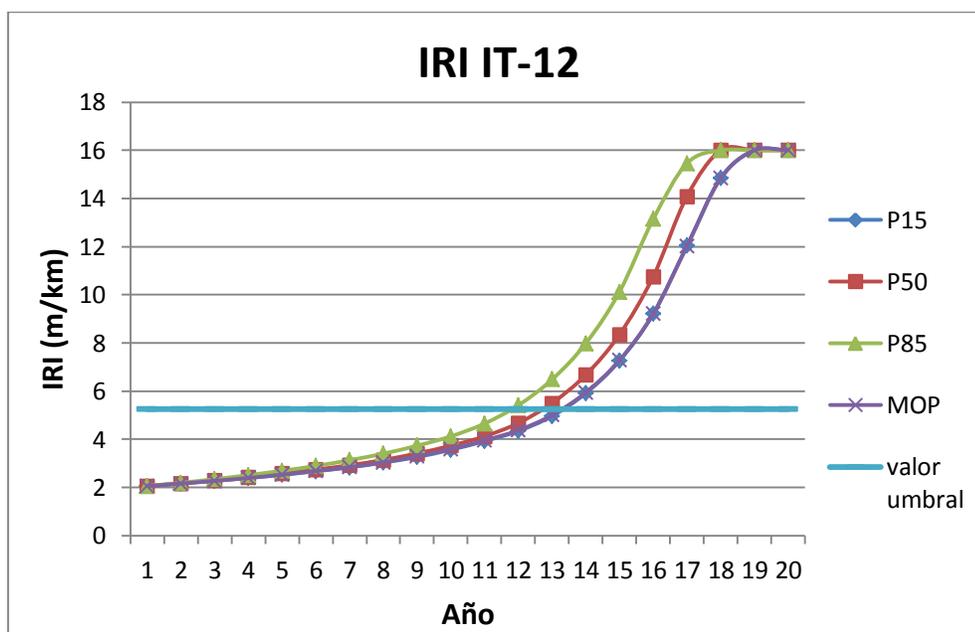


Figura H12: Desarrollo regularidad superficial estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-12.

**2.3.- Tránsito Alto**

**Tabla H11: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0,67	1,53	0	2,09	2,11	2,15	2,1	2,06	2,06	2,08	2,06
2	0	2,36	3,87	0,5	2,19	2,23	2,31	2,2	2,17	2,2	2,26	2,18
3	1,35	5,16	7,34	2,03	2,29	2,35	2,48	2,3	2,3	2,36	2,46	2,31
4	3,57	9,13	12,01	4,65	2,39	2,48	2,65	2,41	2,44	2,53	2,68	2,45
5	6,92	14,3	17,91	8,43	2,49	2,61	2,83	2,51	2,61	2,74	2,95	2,63
6	11,46	20,72	25,09	13,41	2,59	2,74	3,01	2,62	2,87	3,04	3,32	2,9
7	17,23	28,44	33,57	19,64	2,7	2,88	3,21	2,74	3,31	3,52	3,89	3,35
8	24,27	37,48	43,4	27,15	2,81	3,03	3,42	2,86	4,05	4,29	4,74	4,1
9	32,61	47,87	53,98	35,98	2,93	3,2	3,65	2,98	5,26	5,46	6	5,29
10	42,3	58,03	63,44	46,15	3,06	3,37	3,89	3,12	7,17	7,83	8,42	7,16
11	52,88	66,92	71,6	56,62	3,2	3,57	4,18	3,27	10,19	12,57	13,05	10,11
12	62,45	74,52	78,5	65,72	3,36	3,8	4,54	3,44	14,02	15,82	16	13,96
13	70,72	80,88	84,2	73,54	3,54	4,07	4,95	3,63	16	16	16	16
14	77,72	86,07	88,76	80,1	3,73	4,35	5,38	3,85	16	16	16	16
15	83,51	89,94	90,2	85,48	3,94	4,64	5,83	4,07	16	16	16	16
16	88,33	89,24	89,23	89,27	4,16	4,96	6,31	4,31	16	16	16	16
17	89,14	89,11	89,09	89,13	4,39	5,28	6,8	4,56	16	16	16	16
18	88,99	88,95	88,94	88,98	4,63	5,61	7,31	4,82	16	16	16	16
19	88,82	88,79	88,78	88,82	4,88	5,95	7,84	5,08	16	16	16	16
20	88,64	88,61	88,6	88,64	5,13	6,3	8,39	5,36	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H12: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0,57	1,53	0	2,09	2,11	2,15	2,1	2,06	2,06	2,08	2,06
2	0	2,17	3,87	0,5	2,19	2,23	2,31	2,2	2,17	2,2	2,26	2,17
3	1,22	4,87	7,34	2,03	2,29	2,35	2,47	2,3	2,29	2,35	2,45	2,31
4	3,35	8,72	12,01	4,65	2,38	2,48	2,64	2,4	2,43	2,52	2,67	2,45
5	6,61	13,78	17,91	8,43	2,48	2,6	2,82	2,51	2,6	2,73	2,93	2,63
6	11,05	20,1	25,09	13,41	2,59	2,73	3	2,62	2,85	3,01	3,29	2,88
7	16,72	27,69	33,58	19,64	2,69	2,87	3,2	2,73	3,26	3,46	3,82	3,3
8	23,66	36,61	43,41	27,15	2,8	3,01	3,4	2,84	3,92	4,15	4,59	3,97
9	31,9	46,88	53,99	35,98	2,92	3,16	3,61	2,97	4,98	5,18	5,7	5,01
10	41,48	57,3	63,46	46,16	3,04	3,33	3,85	3,1	6,59	6,68	7,78	6,59
11	52,06	66,34	71,63	56,63	3,17	3,5	4,11	3,24	9,06	9,56	11,76	8,99
12	61,74	74,1	78,55	65,74	3,31	3,71	4,44	3,39	13,28	13,77	15,15	13,22
13	70,13	80,62	84,27	73,57	3,48	3,94	4,82	3,57	16	16	16	16
14	77,25	85,95	88,85	80,16	3,66	4,2	5,23	3,77	16	16	16	16
15	83,15	90,17	91,75	85,56	3,85	4,48	5,66	3,98	16	16	16	16
16	87,9	89,46	89,3	89,83	4,06	4,76	6,11	4,2	16	16	16	16
17	89,21	89,2	89,18	89,21	4,27	5,06	6,58	4,43	16	16	16	16
18	89,07	89,06	89,04	89,07	4,49	5,36	7,06	4,67	16	16	16	16
19	88,92	88,91	88,88	88,92	4,71	5,67	7,56	4,91	16	16	16	16
20	88,75	88,75	88,72	88,75	4,94	6	8,08	5,16	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

### 3.- Estructura Fuerte, estación IT-12

#### 3.1.- Tránsito Bajo

**Tabla H13: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,06	2,07	2,08	2,06	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,13	2,14	2,16	2,13	2,15	2,15	2,16	2,15
3	0	0	0	0	2,19	2,21	2,24	2,19	2,26	2,26	2,27	2,26
4	0	0	0,79	0	2,25	2,29	2,33	2,26	2,37	2,38	2,39	2,37
5	0,5	1,13	2,59	0,5	2,32	2,36	2,41	2,32	2,49	2,5	2,53	2,49
6	2,03	3,21	5,51	2,03	2,38	2,43	2,5	2,39	2,62	2,64	2,68	2,62
7	4,66	6,41	9,6	4,66	2,45	2,51	2,58	2,46	2,76	2,79	2,84	2,76
8	8,44	10,79	14,9	8,44	2,51	2,58	2,67	2,53	2,92	2,96	3,02	2,92
9	13,43	16,4	21,46	13,43	2,58	2,66	2,77	2,6	3,09	3,14	3,22	3,09
10	19,67	23,27	29,31	19,67	2,65	2,74	2,87	2,67	3,28	3,34	3,44	3,29
11	27,19	31,45	38,5	27,19	2,73	2,83	2,97	2,74	3,49	3,56	3,68	3,5
12	36,03	40,96	49,04	36,03	2,81	2,92	3,08	2,83	3,72	3,8	3,95	3,73
13	46,22	51,54	59,24	46,22	2,89	3,02	3,21	2,91	3,97	4,07	4,26	3,98
14	56,69	61,44	68,17	56,69	2,98	3,13	3,34	3	4,25	4,37	4,61	4,26
15	65,96	70,08	75,85	65,96	3,08	3,24	3,48	3,1	4,55	4,72	5,03	4,57
16	73,97	77,48	82,33	73,97	3,18	3,37	3,63	3,21	4,91	5,13	5,52	4,92
17	80,76	83,68	87,66	80,76	3,29	3,5	3,78	3,32	5,31	5,61	6,11	5,33
18	86,39	88,75	91,89	86,39	3,41	3,64	3,95	3,44	5,79	6,18	6,82	5,81
19	90,9	92,73	95,08	90,9	3,54	3,78	4,12	3,57	6,37	6,87	7,67	6,39
20	94,36	95,69	97,33	94,36	3,66	3,93	4,31	3,7	7,06	7,71	8,7	7,09

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H14: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,06	2,07	2,08	2,06	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,12	2,14	2,16	2,13	2,15	2,15	2,16	2,15
3	0	0	0	0	2,19	2,21	2,24	2,19	2,26	2,26	2,27	2,26
4	0	0	0,68	0	2,25	2,28	2,32	2,26	2,37	2,38	2,39	2,37
5	0,5	1,02	2,39	0,5	2,31	2,35	2,41	2,32	2,49	2,5	2,53	2,49
6	2,03	3,01	5,22	2,03	2,38	2,43	2,49	2,39	2,62	2,64	2,67	2,62
7	4,66	6,13	9,2	4,66	2,44	2,5	2,58	2,45	2,76	2,79	2,84	2,76
8	8,44	10,42	14,39	8,44	2,51	2,58	2,67	2,52	2,92	2,95	3,01	2,92
9	13,43	15,93	20,84	13,43	2,58	2,65	2,76	2,59	3,09	3,13	3,21	3,1
10	19,67	22,71	28,59	19,67	2,65	2,73	2,85	2,66	3,28	3,33	3,43	3,29
11	27,19	30,79	37,65	27,19	2,72	2,82	2,95	2,73	3,49	3,55	3,67	3,5
12	36,03	40,2	48,08	36,03	2,79	2,91	3,06	2,81	3,72	3,79	3,94	3,72
13	46,22	50,75	58,38	46,22	2,87	3	3,17	2,89	3,97	4,06	4,24	3,98
14	56,69	60,76	67,42	56,69	2,96	3,1	3,3	2,98	4,24	4,36	4,58	4,25
15	65,96	69,49	75,22	65,96	3,05	3,2	3,42	3,07	4,55	4,7	4,98	4,56
16	73,97	76,98	81,81	73,97	3,14	3,32	3,56	3,17	4,89	5,09	5,45	4,9
17	80,77	83,27	87,24	80,77	3,25	3,43	3,7	3,27	5,28	5,55	6	5,3
18	86,4	88,42	91,56	86,4	3,35	3,56	3,85	3,38	5,74	6,08	6,65	5,76
19	90,91	92,48	94,85	90,91	3,46	3,69	4,01	3,5	6,27	6,72	7,43	6,3
20	94,37	95,52	97,18	94,37	3,58	3,82	4,17	3,62	6,91	7,49	8,36	6,94

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

3.2.- Tránsito Medio

**Tabla H15: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,09	2,1	2,08	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	0,95	0	2,15	2,17	2,21	2,15	2,16	2,16	2,18	2,16
3	0	0,5	2,89	0	2,22	2,26	2,32	2,23	2,27	2,28	2,32	2,27
4	0,5	2,03	5,95	0,5	2,3	2,35	2,43	2,31	2,38	2,41	2,47	2,38
5	2,03	4,66	10,18	2,03	2,37	2,44	2,55	2,39	2,51	2,55	2,64	2,52
6	4,66	8,44	15,64	4,66	2,45	2,53	2,66	2,47	2,65	2,71	2,83	2,66
7	8,44	13,43	22,36	8,44	2,53	2,63	2,79	2,55	2,81	2,89	3,05	2,82
8	13,43	19,66	30,37	13,43	2,61	2,73	2,92	2,63	3	3,1	3,3	3,01
9	19,66	27,18	39,72	19,66	2,7	2,83	3,06	2,72	3,23	3,35	3,6	3,24
10	27,18	36,02	50,24	27,18	2,78	2,94	3,21	2,81	3,51	3,66	3,96	3,52
11	36,02	46,21	60,27	36,02	2,88	3,06	3,36	2,91	3,84	4,01	4,45	3,86
12	46,21	56,68	69,01	46,21	2,98	3,18	3,54	3,01	4,24	4,43	5,15	4,25
13	56,68	65,91	76,51	56,68	3,08	3,32	3,72	3,12	4,69	5,00	6,13	4,71
14	65,9	73,87	82,8	65,9	3,2	3,46	3,92	3,24	5,33	5,85	7,49	5,36
15	73,86	80,61	87,94	73,86	3,32	3,62	4,13	3,37	6,29	7,02	9,39	6,32
16	80,6	86,18	91,99	80,6	3,46	3,79	4,37	3,5	7,63	8,69	12,05	7,67
17	86,16	90,63	95,03	86,16	3,6	3,97	4,63	3,65	9,53	11,05	14,8	9,59
18	90,61	94,03	97,14	90,61	3,75	4,16	4,91	3,81	12,27	14,22	16	12,34
19	94	96,47	96,82	94	3,91	4,37	5,21	3,98	14,94	16	16	14,98
20	96,44	96,91	95,94	96,44	4,08	4,6	5,53	4,16	16	16	16	16,00

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H16: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,1	2,07	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	0,83	0	2,15	2,17	2,21	2,15	2,16	2,16	2,18	2,16
3	0	0,5	2,67	0	2,22	2,26	2,32	2,23	2,27	2,28	2,31	2,27
4	0	2,03	5,62	0,5	2,3	2,35	2,43	2,3	2,38	2,41	2,47	2,39
5	1,53	4,66	9,74	2,03	2,37	2,44	2,54	2,38	2,51	2,55	2,63	2,51
6	3,87	8,44	15,08	4,66	2,45	2,53	2,66	2,46	2,65	2,71	2,82	2,66
7	7,35	13,43	21,68	8,44	2,53	2,62	2,78	2,54	2,81	2,89	3,03	2,82
8	12,02	19,66	29,57	13,43	2,6	2,72	2,91	2,62	2,99	3,09	3,28	3,01
9	17,93	27,18	38,79	19,66	2,69	2,82	3,04	2,71	3,21	3,34	3,57	3,23
10	25,11	36,02	49,37	27,18	2,77	2,93	3,18	2,8	3,48	3,63	3,92	3,5
11	33,6	46,21	59,5	36,02	2,86	3,04	3,33	2,89	3,79	3,98	4,38	3,83
12	43,44	56,68	68,36	46,21	2,95	3,16	3,49	2,99	4,17	4,37	5,03	4,2
13	54,02	65,91	75,96	56,68	3,05	3,28	3,66	3,09	4,59	4,9	5,92	4,63
14	63,59	73,88	82,35	65,91	3,16	3,42	3,84	3,2	5,19	5,67	7,13	5,22
15	71,88	80,63	87,59	73,88	3,27	3,56	4,04	3,32	6,06	6,72	8,81	6,08
16	78,94	86,21	91,73	80,62	3,39	3,71	4,25	3,45	7,25	8,17	11,11	7,27
17	84,81	90,66	94,86	86,19	3,52	3,87	4,48	3,58	8,92	10,2	14,22	8,93
18	89,54	94,07	97,05	90,64	3,66	4,05	4,74	3,72	11,28	13,06	16	11,27
19	93,22	96,51	97,17	94,05	3,8	4,24	5,02	3,87	14,33	15,36	16	14,32
20	95,9	97,27	96,42	96,49	3,95	4,44	5,31	4,04	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**3.3.- Tránsito Alto**

**Tabla H17: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,53	0	2,09	2,11	2,14	2,09	2,05	2,06	2,08	2,05
2	0	1,53	3,87	0	2,18	2,22	2,3	2,19	2,16	2,19	2,24	2,17
3	0,5	3,87	7,34	0,94	2,27	2,33	2,46	2,28	2,28	2,33	2,42	2,29
4	2,03	7,34	12,01	2,86	2,36	2,45	2,62	2,38	2,41	2,49	2,62	2,43
5	4,65	12,01	17,91	5,9	2,45	2,57	2,8	2,48	2,57	2,68	2,86	2,59
6	8,43	17,91	25,09	10,12	2,54	2,69	2,98	2,58	2,8	2,94	3,19	2,83
7	13,41	25,08	33,57	15,55	2,64	2,82	3,17	2,68	3,16	3,35	3,67	3,2
8	19,63	33,57	43,4	22,25	2,74	2,96	3,37	2,79	3,75	3,96	4,35	3,8
9	27,14	43,4	53,98	30,24	2,85	3,11	3,59	2,91	4,67	4,86	5,31	4,71
10	35,97	53,98	63,47	39,56	2,96	3,27	3,82	3,03	6,05	6,15	7,07	6,07
11	46,15	63,45	71,66	50,07	3,08	3,44	4,09	3,17	8,12	8,57	10,38	8,11
12	56,62	71,64	78,6	60,01	3,22	3,64	4,4	3,31	11,27	13,11	14,24	11,90
13	65,74	78,57	84,33	68,65	3,37	3,87	4,79	3,49	14,58	16	16	15,23
14	73,57	84,29	88,93	76,01	3,55	4,14	5,21	3,68	16	16	16	16
15	80,17	88,88	92,47	82,15	3,73	4,42	5,66	3,89	16	16	16	16
16	85,57	91,11	89,97	87,13	3,93	4,71	6,13	4,11	16	16	16	16
17	89,3	89,15	89,13	89,17	4,15	5,01	6,61	4,35	16	16	16	16
18	89,03	89	88,98	89,02	4,37	5,33	7,12	4,59	16	16	16	16
19	88,86	88,84	88,81	88,85	4,6	5,65	7,64	4,84	16	16	16	16
20	88,68	88,66	88,63	88,67	4,83	5,99	8,18	5,1	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

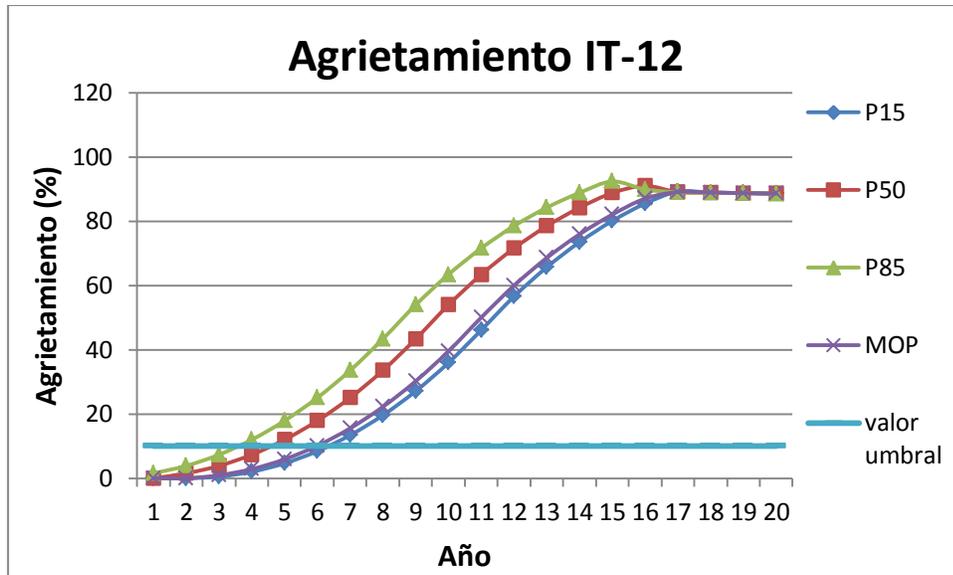


Figura H13: Desarrollo agrietamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-12.

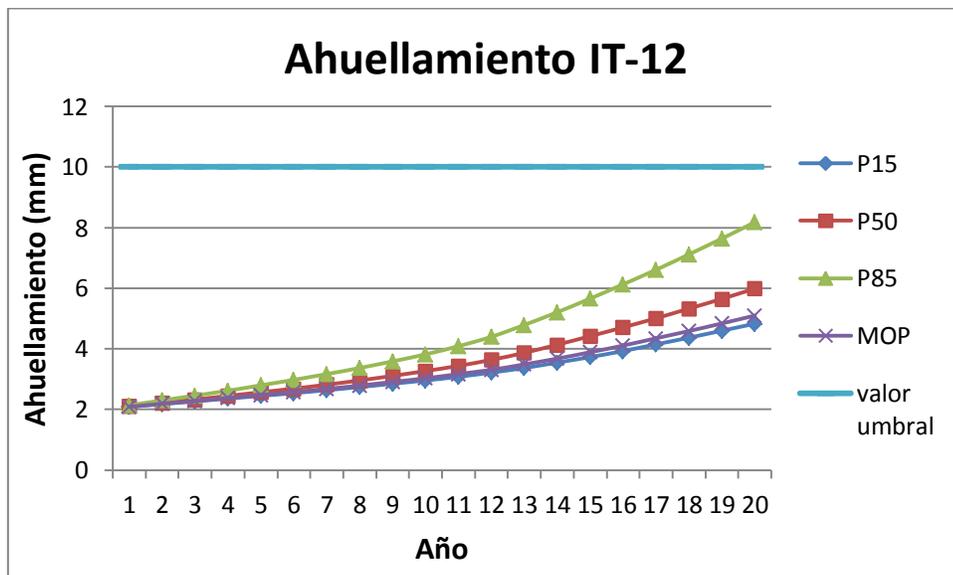


Figura H14: Desarrollo ahuellamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-12.

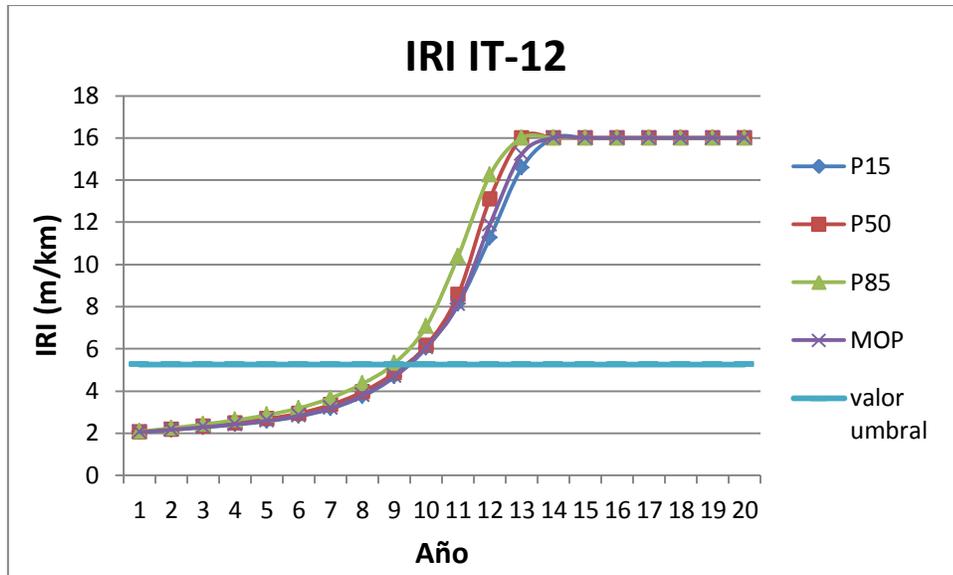
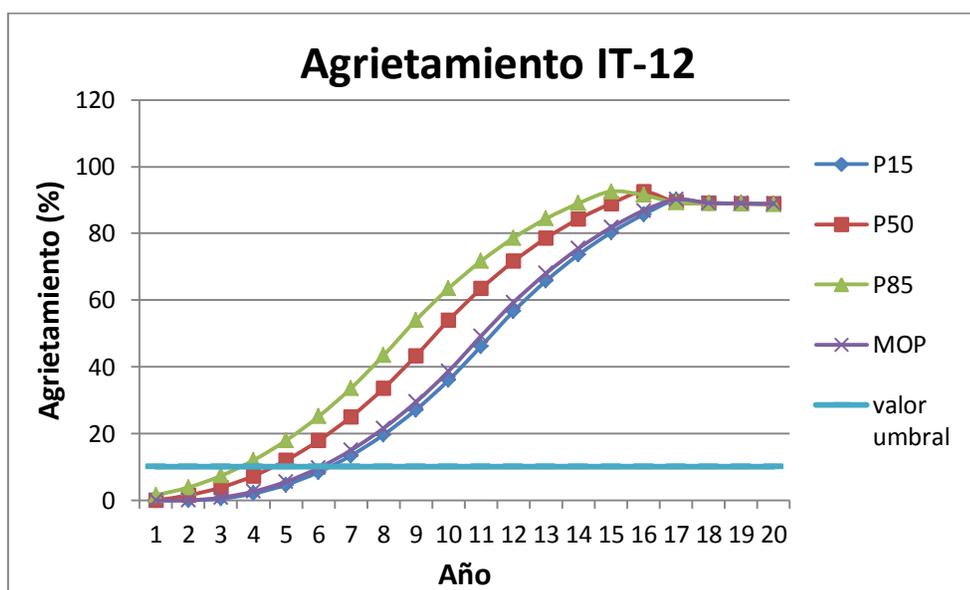


Figura H15: Desarrollo regularidad superficial estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-12.

**Tabla H18: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,53	0	2,09	2,11	2,14	2,09	2,05	2,06	2,08	2,05
2	0	1,52	3,87	0	2,17	2,22	2,3	2,18	2,16	2,19	2,23	2,17
3	0,5	3,85	7,34	0,82	2,26	2,33	2,46	2,28	2,28	2,33	2,41	2,29
4	2,03	7,31	12,01	2,64	2,35	2,45	2,62	2,37	2,41	2,49	2,61	2,42
5	4,65	11,97	17,91	5,58	2,45	2,56	2,79	2,47	2,57	2,67	2,85	2,58
6	8,43	17,87	25,09	9,69	2,54	2,69	2,97	2,57	2,79	2,93	3,17	2,81
7	13,41	25,03	33,58	15,01	2,64	2,81	3,15	2,67	3,13	3,31	3,61	3,16
8	19,64	33,51	43,41	21,59	2,73	2,95	3,35	2,78	3,66	3,87	4,24	3,7
9	27,15	43,33	53,99	29,46	2,84	3,09	3,56	2,89	4,47	4,66	5,1	4,51
10	35,98	53,91	63,48	38,66	2,95	3,24	3,78	3,01	5,65	5,77	6,63	5,69
11	46,15	63,41	71,69	49,21	3,06	3,4	4,03	3,14	7,38	7,82	9,45	7,39
12	56,62	71,61	78,64	59,27	3,19	3,59	4,32	3,28	9,91	11,6	13,61	10,51
13	65,76	78,57	84,4	68,02	3,33	3,8	4,68	3,44	13,71	15	16	14,31
14	73,61	84,32	89,01	75,49	3,49	4,04	5,08	3,61	16	16	16	16
15	80,22	88,93	92,57	81,75	3,67	4,3	5,51	3,81	16	16	16	16
16	85,64	92,48	91,52	86,83	3,85	4,57	5,95	4,01	16	16	16	16
17	89,95	89,37	89,2	90,17	4,04	4,86	6,41	4,23	16	16	16	16
18	89,12	89,1	89,06	89,11	4,24	5,15	6,89	4,45	16	16	16	16
19	88,97	88,94	88,91	88,96	4,45	5,45	7,39	4,68	16	16	16	16
20	88,8	88,78	88,74	88,79	4,67	5,76	7,9	4,92	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H16: Desarrollo agrietamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-12.**

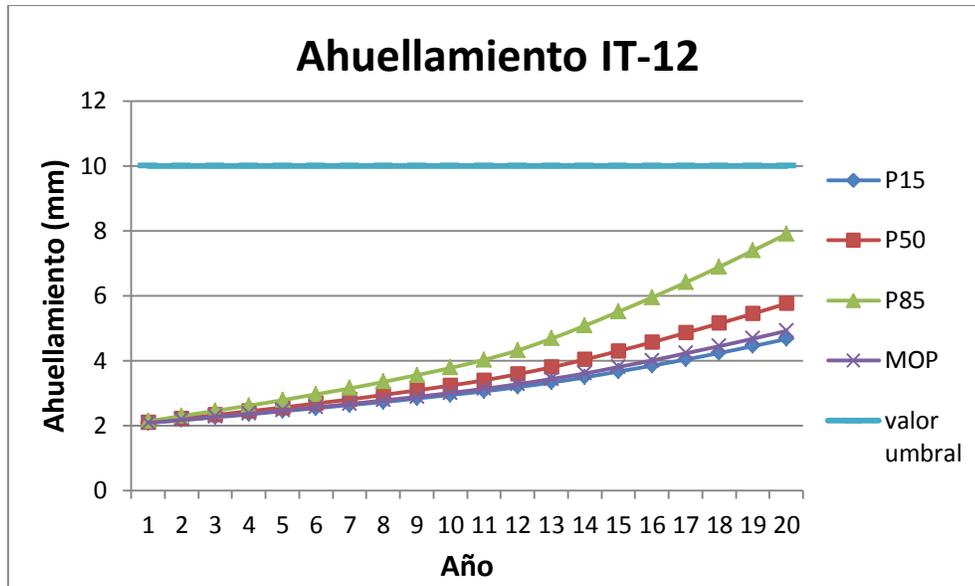


Figura H17: Desarrollo ahuellamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-12.

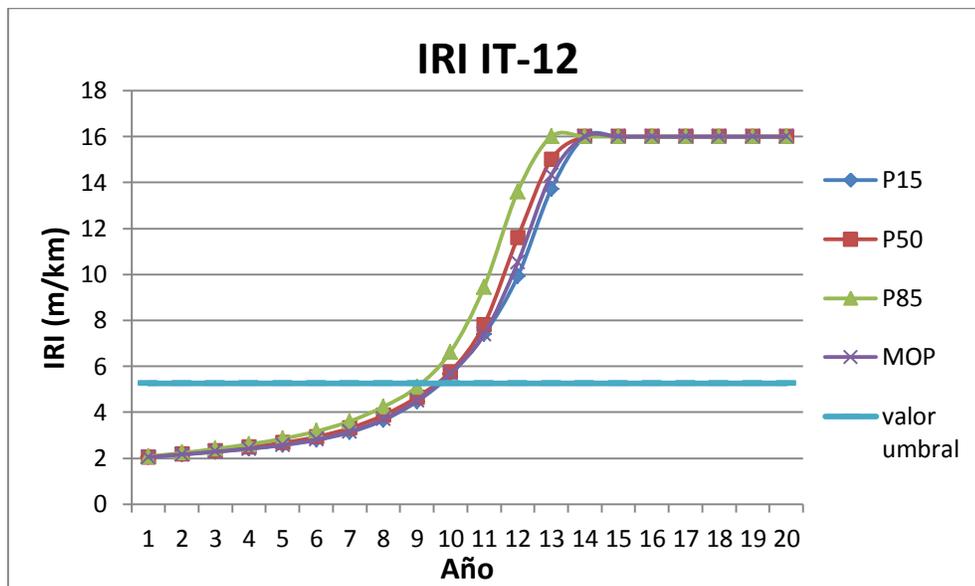


Figura H18: Desarrollo regularidad superficial estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-12.

**4.- Estructura Débil, estación IT-34**

**4.1.- Tránsito Bajo**

**Tabla H19: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,09	2,09	2,07	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	0	0	2,15	2,17	2,19	2,15	2,15	2,16	2,17	2,15
3	0	0	0,98	0	2,22	2,26	2,29	2,22	2,26	2,28	2,29	2,26
4	0,5	1,53	2,93	0,5	2,3	2,35	2,39	2,3	2,38	2,4	2,43	2,38
5	2,03	3,87	6,01	2,03	2,37	2,44	2,49	2,37	2,5	2,54	2,58	2,5
6	4,66	7,35	10,27	4,66	2,45	2,53	2,59	2,45	2,64	2,69	2,75	2,64
7	8,44	12,02	15,75	8,44	2,53	2,62	2,69	2,53	2,8	2,86	2,94	2,8
8	13,43	17,93	22,48	13,43	2,61	2,72	2,8	2,61	2,97	3,05	3,14	2,97
9	19,67	25,11	30,52	19,67	2,69	2,82	2,92	2,69	3,15	3,26	3,37	3,15
10	27,19	33,61	39,89	27,19	2,78	2,93	3,04	2,78	3,36	3,49	3,63	3,36
11	36,03	43,45	50,43	36,03	2,87	3,04	3,17	2,87	3,58	3,74	3,91	3,58
12	46,22	54,03	60,46	46,22	2,96	3,16	3,31	2,97	3,83	4,02	4,24	3,83
13	56,69	63,62	69,22	56,69	3,07	3,29	3,47	3,07	4,1	4,34	4,63	4,1
14	65,95	71,95	76,73	65,95	3,18	3,43	3,63	3,19	4,41	4,72	5,12	4,41
15	73,94	79,04	83,04	73,94	3,3	3,58	3,8	3,31	4,79	5,2	5,73	4,8
16	80,72	84,96	88,21	80,72	3,42	3,74	3,98	3,44	5,25	5,79	6,49	5,26
17	86,33	89,74	92,28	86,33	3,56	3,91	4,18	3,57	5,83	6,53	7,45	5,84
18	90,83	93,45	95,34	90,83	3,7	4,09	4,38	3,71	6,57	7,48	8,66	6,58
19	94,27	96,18	97,46	94,27	3,84	4,27	4,59	3,86	7,51	8,69	10,19	7,53
20	96,75	98	98,77	96,75	3,99	4,46	4,81	4,02	8,72	10,22	12,11	8,75

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

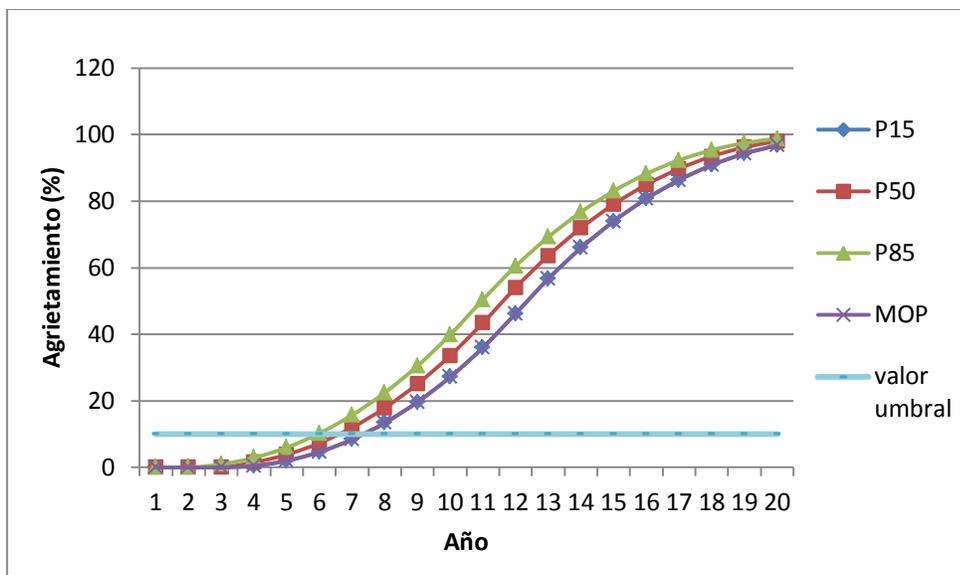


Figura H19: Desarrollo agrietamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-34.

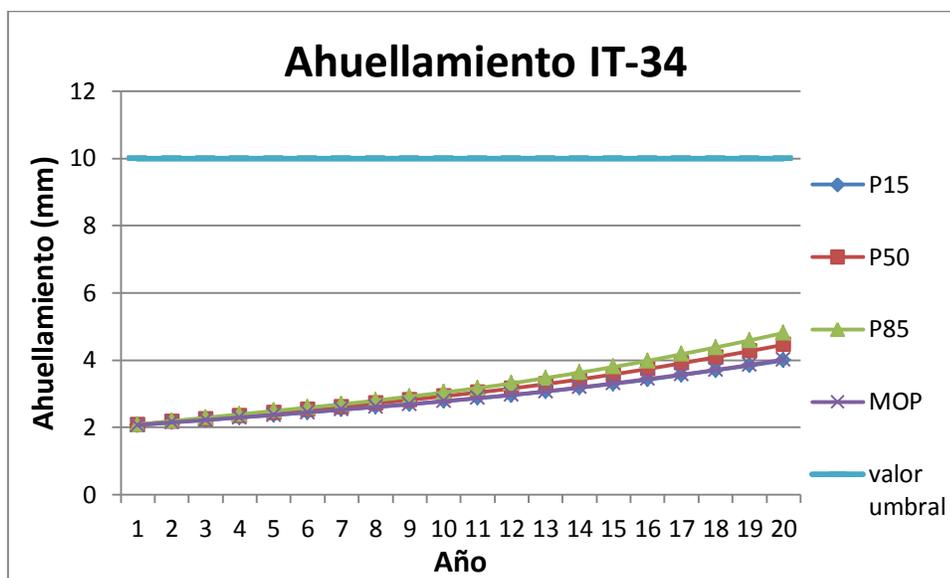


Figura H20: Desarrollo ahuellamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-34.

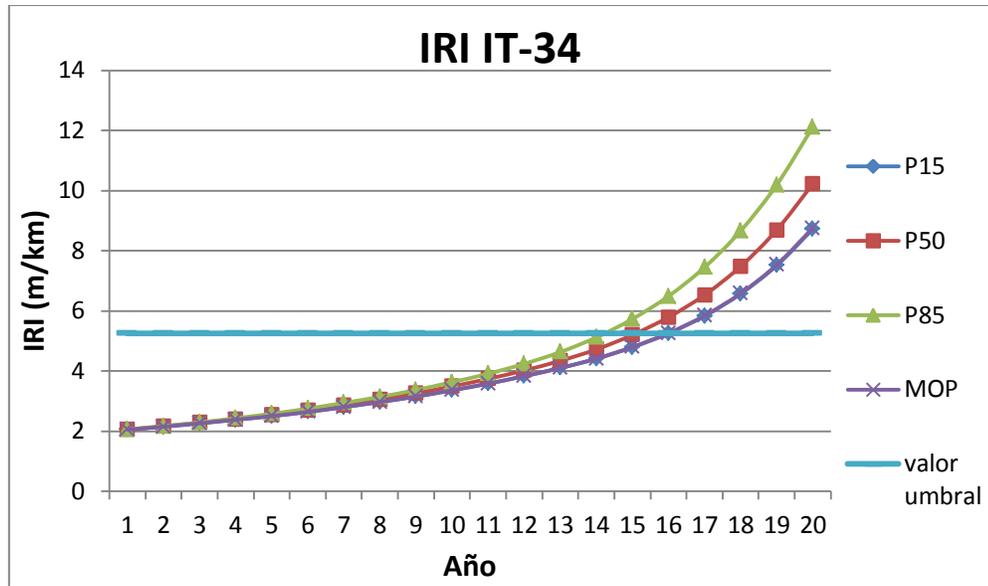
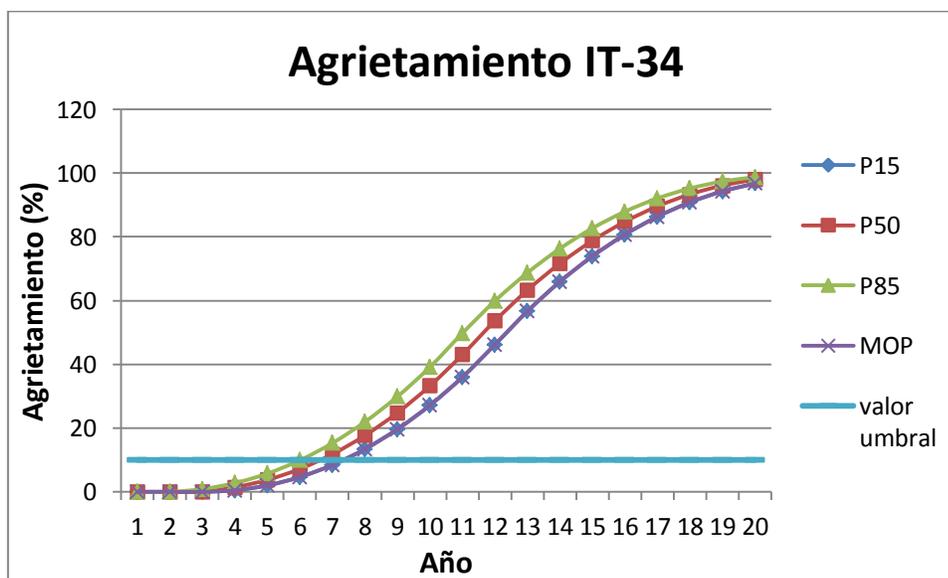


Figura H21: Desarrollo regularidad superficial estructura débil con tránsito bajo, clima Concepción, IT-34.

**Tabla H20: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,09	2,09	2,07	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	0	0	2,15	2,17	2,19	2,15	2,15	2,16	2,17	2,15
3	0	0	0,88	0	2,22	2,26	2,29	2,22	2,26	2,27	2,29	2,26
4	0,5	1,47	2,76	0,5	2,3	2,35	2,38	2,3	2,38	2,4	2,43	2,38
5	2,03	3,77	5,75	2,03	2,37	2,44	2,48	2,37	2,5	2,54	2,58	2,5
6	4,66	7,2	9,92	4,66	2,45	2,53	2,58	2,45	2,64	2,69	2,74	2,64
7	8,44	11,83	15,31	8,44	2,52	2,62	2,69	2,52	2,8	2,86	2,93	2,8
8	13,43	17,7	21,96	13,43	2,6	2,71	2,79	2,6	2,97	3,05	3,13	2,97
9	19,67	24,84	29,9	19,67	2,68	2,81	2,9	2,68	3,15	3,25	3,36	3,15
10	27,19	33,28	39,17	27,19	2,76	2,91	3,02	2,77	3,36	3,48	3,61	3,36
11	36,03	43,07	49,81	36,03	2,85	3,02	3,15	2,86	3,58	3,73	3,89	3,58
12	46,22	53,67	59,92	46,22	2,94	3,14	3,28	2,95	3,82	4,01	4,21	3,83
13	56,69	63,3	68,75	56,69	3,04	3,26	3,42	3,05	4,09	4,32	4,59	4,1
14	65,95	71,68	76,33	65,95	3,14	3,39	3,57	3,15	4,4	4,69	5,05	4,4
15	73,95	78,82	82,72	73,95	3,25	3,52	3,72	3,26	4,76	5,14	5,62	4,77
16	80,74	84,78	87,95	80,74	3,37	3,67	3,89	3,38	5,2	5,69	6,32	5,21
17	86,35	89,6	92,09	86,35	3,49	3,82	4,06	3,5	5,75	6,38	7,2	5,76
18	90,85	93,36	95,21	90,85	3,62	3,98	4,24	3,63	6,42	7,24	8,28	6,44
19	94,29	96,12	97,39	94,29	3,75	4,14	4,43	3,77	7,28	8,32	9,64	7,3
20	96,77	97,98	98,74	96,77	3,88	4,31	4,63	3,9	8,37	9,69	11,33	8,4

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H22: Desarrollo agrietamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Chillán, IT-34.**

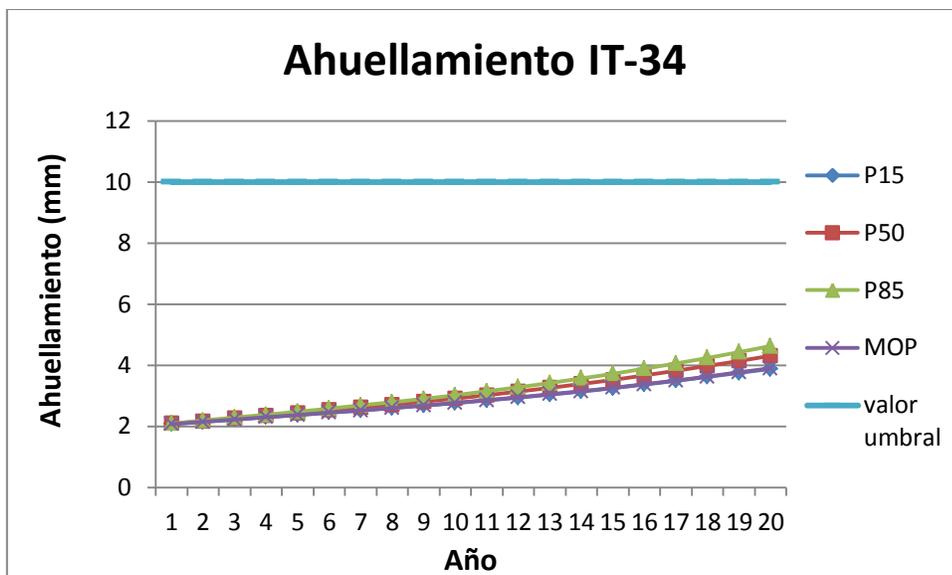


Figura H23: Desarrollo ahuellamiento estructura débil con tránsito bajo, clima Chillán, IT-34.

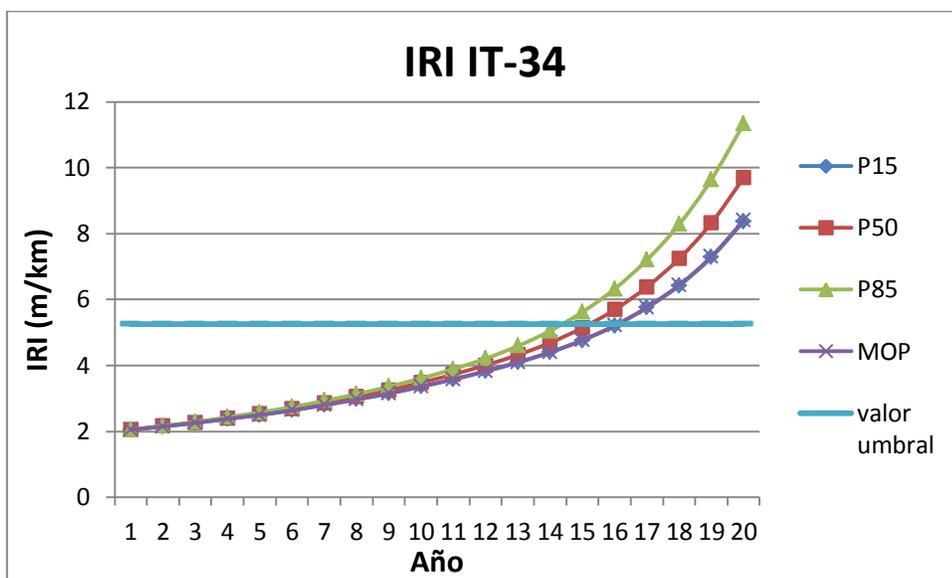


Figura H24: Desarrollo regularidad superficial estructura débil con tránsito bajo, clima Chillán, IT-34.

4.2.- Tránsito Medio

**Tabla H21: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,43	0	2,09	2,11	2,12	2,09	2,05	2,06	2,07	2,05
2	0	1,04	3,7	0	2,17	2,21	2,25	2,17	2,16	2,19	2,22	2,16
3	0	3,04	7,11	0	2,26	2,32	2,37	2,26	2,28	2,33	2,39	2,28
4	1,5	6,17	11,7	1,53	2,35	2,44	2,51	2,35	2,4	2,48	2,58	2,4
5	3,81	10,47	17,54	3,87	2,44	2,55	2,64	2,44	2,54	2,66	2,79	2,54
6	7,27	16	24,64	7,35	2,53	2,67	2,78	2,53	2,69	2,85	3,03	2,69
7	11,92	22,79	33,06	12,02	2,62	2,79	2,94	2,62	2,87	3,08	3,3	2,87
8	17,8	30,88	42,81	17,93	2,72	2,92	3,09	2,72	3,08	3,35	3,63	3,09
9	24,96	40,3	53,41	25,11	2,82	3,06	3,27	2,82	3,35	3,68	4,04	3,36
10	33,43	50,86	63,03	33,6	2,92	3,21	3,45	2,93	3,71	4,1	4,63	3,71
11	43,24	60,78	71,37	43,44	3,03	3,37	3,65	3,04	4,15	4,73	5,54	4,16
12	53,82	69,42	78,47	54,02	3,15	3,54	3,86	3,16	4,69	5,74	6,9	4,7
13	63,38	76,81	84,38	63,56	3,28	3,72	4,08	3,3	5,54	7,25	8,93	5,56
14	71,66	83	89,15	71,81	3,42	3,92	4,34	3,44	6,94	9,55	11,96	6,96
15	78,7	88,03	92,86	78,83	3,57	4,14	4,61	3,59	9,06	13,02	14,89	9,08
16	84,54	91,98	95,58	84,65	3,73	4,37	4,92	3,75	12,32	15,56	16	12,35
17	89,25	94,93	96,24	89,34	3,9	4,63	5,24	3,93	15,15	16	16	15,16
18	92,9	95,67	94,99	92,96	4,08	4,9	5,58	4,12	16	16	16	16
19	95,56	94,24	93,38	95,61	4,27	5,18	5,92	4,31	16	16	16	16
20	94,19	92,36	91,27	94,19	4,47	5,46	6,27	4,51	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H22: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,3	0	2,09	2,11	2,12	2,09	2,05	2,06	2,07	2,05
2	0	0,93	3,49	0	2,17	2,21	2,24	2,17	2,16	2,18	2,22	2,16
3	0	2,85	6,81	0	2,26	2,32	2,37	2,26	2,27	2,32	2,38	2,27
4	1,39	5,88	11,32	1,46	2,35	2,43	2,5	2,35	2,4	2,48	2,57	2,4
5	3,63	10,09	17,06	3,76	2,43	2,55	2,63	2,44	2,54	2,65	2,78	2,54
6	7,02	15,52	24,07	7,19	2,52	2,66	2,77	2,53	2,69	2,84	3,01	2,69
7	11,59	22,22	32,38	11,81	2,61	2,78	2,92	2,62	2,86	3,07	3,28	2,87
8	17,39	30,21	42,04	17,67	2,71	2,91	3,07	2,71	3,07	3,33	3,6	3,08
9	24,47	39,53	52,63	24,8	2,8	3,04	3,23	2,81	3,33	3,65	3,99	3,34
10	32,86	50,04	62,35	33,24	2,91	3,18	3,41	2,91	3,67	4,05	4,54	3,68
11	42,58	60,07	70,8	43,03	3,01	3,33	3,59	3,02	4,08	4,63	5,38	4,09
12	53,18	68,82	78	53,62	3,13	3,49	3,78	3,14	4,58	5,55	6,6	4,59
13	62,82	76,31	84	63,21	3,25	3,66	3,99	3,26	5,35	6,89	8,39	5,36
14	71,18	82,59	88,87	71,52	3,37	3,84	4,22	3,39	6,58	8,89	11,01	6,59
15	78,31	87,72	92,66	78,59	3,51	4,03	4,47	3,53	8,41	11,87	14,28	8,42
16	84,24	91,76	95,45	84,47	3,65	4,25	4,75	3,68	11,17	14,83	16	11,19
17	89,03	94,79	96,68	89,21	3,81	4,48	5,05	3,83	14,42	16	16	14,42
18	92,75	96,2	95,62	92,89	3,97	4,72	5,36	4	16	16	16	16
19	95,48	94,99	94,25	95,58	4,14	4,97	5,67	4,18	16	16	16	16
20	94,99	93,42	92,5	94,99	4,32	5,23	5,99	4,36	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**4.3.- Tránsito Alto**

**Tabla H23: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	1,53	1,53	0	2,1	2,14	2,17	2,1	2,06	2,08	2,1	2,06
2	0,5	3,87	3,87	0,5	2,2	2,28	2,34	2,21	2,18	2,25	2,3	2,18
3	2,03	7,34	7,34	2,03	2,31	2,43	2,53	2,31	2,31	2,44	2,54	2,31
4	4,65	12,01	12,01	4,65	2,41	2,58	2,71	2,42	2,46	2,65	2,8	2,46
5	8,43	17,91	17,91	8,43	2,52	2,74	2,91	2,53	2,64	2,92	3,12	2,65
6	13,41	25,09	25,09	13,41	2,63	2,9	3,12	2,64	2,95	3,31	3,58	2,96
7	19,64	33,57	33,57	19,64	2,74	3,08	3,33	2,76	3,5	3,96	4,32	3,51
8	27,15	43,4	43,4	27,15	2,86	3,26	3,56	2,88	4,51	5,02	5,5	4,53
9	35,98	53,98	53,98	35,98	2,99	3,46	3,81	3,01	6,26	6,73	7,34	6,28
10	46,16	63,4	63,4	46,15	3,13	3,68	4,1	3,15	9,24	10,31	11,09	9,27
11	56,62	71,52	71,52	56,62	3,28	3,94	4,44	3,31	13,56	14,42	14,86	13,58
12	65,68	78,37	78,37	65,68	3,45	4,25	4,86	3,49	16	16	16	16
13	73,44	84,01	84,01	73,44	3,64	4,58	5,3	3,69	16	16	16	16
14	79,96	88,51	88,51	79,95	3,85	4,94	5,78	3,9	16	16	16	16
15	85,52	89,34	89,33	85,52	4,06	5,31	6,28	4,13	16	16	16	16
16	89,23	89,22	89,2	89,23	4,29	5,7	6,8	4,37	16	16	16	16
17	89,09	89,08	89,06	89,09	4,53	6,1	7,34	4,62	16	16	16	16
18	88,94	88,93	88,91	88,94	4,77	6,51	7,89	4,88	16	16	16	16
19	88,78	88,76	88,75	88,77	5,02	6,94	8,47	5,14	16	16	16	16
20	88,6	88,58	88,57	88,59	5,28	7,38	9,07	5,41	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H24: Valores de deterioros para la estructura débil con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	1,53	1,53	0	2,1	2,14	2,17	2,1	2,06	2,08	2,1	2,06
2	0,5	3,87	3,87	0,5	2,2	2,28	2,34	2,2	2,18	2,25	2,3	2,18
3	2,03	7,34	7,34	2,03	2,3	2,42	2,52	2,31	2,31	2,43	2,53	2,31
4	4,65	12,01	12,01	4,65	2,41	2,57	2,71	2,42	2,45	2,65	2,79	2,46
5	8,43	17,91	17,91	8,43	2,51	2,73	2,9	2,52	2,64	2,9	3,1	2,65
6	13,41	25,09	25,09	13,41	2,62	2,89	3,1	2,64	2,92	3,27	3,54	2,93
7	19,64	33,58	33,58	19,64	2,74	3,06	3,32	2,75	3,43	3,87	4,22	3,44
8	27,15	43,41	43,41	27,15	2,85	3,24	3,54	2,87	4,32	4,82	5,27	4,34
9	35,98	53,99	53,99	35,98	2,97	3,43	3,78	3	5,81	6,29	6,86	5,83
10	46,16	63,42	63,42	46,16	3,1	3,63	4,05	3,13	8,26	9,28	10,02	8,29
11	56,63	71,56	71,56	56,63	3,25	3,87	4,36	3,28	12,33	13,69	14,11	12,37
12	65,7	78,43	78,43	65,7	3,41	4,16	4,75	3,44	15,44	16	16	15,46
13	73,49	84,1	84,09	73,49	3,58	4,48	5,18	3,63	16	16	16	16
14	80,02	88,62	88,62	80,02	3,77	4,81	5,63	3,83	16	16	16	16
15	85,37	89,4	89,39	85,37	3,97	5,16	6,1	4,03	16	16	16	16
16	89,3	89,28	89,27	89,3	4,18	5,52	6,59	4,25	16	16	16	16
17	89,18	89,16	89,15	89,17	4,39	5,89	7,1	4,48	16	16	16	16
18	89,04	89,02	89,01	89,03	4,61	6,28	7,63	4,71	16	16	16	16
19	88,88	88,86	88,85	88,88	4,84	6,67	8,17	4,95	16	16	16	16
20	88,72	88,7	88,69	88,71	5,07	7,08	8,74	5,2	16	16	16	16

**Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.**

**5.- Estructura Media, estación IT-34**

**5.1.- Tránsito Bajo**

**Tabla H25: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,09	2,07	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,13	2,15	2,18	2,14	2,15	2,16	2,16	2,15
3	0	0	0,5	0	2,2	2,23	2,27	2,2	2,26	2,27	2,28	2,26
4	0	0,5	2,03	0	2,27	2,31	2,36	2,27	2,37	2,38	2,41	2,37
5	1	2,03	4,66	1,06	2,34	2,39	2,45	2,34	2,49	2,51	2,56	2,49
6	2,98	4,66	8,44	3,09	2,41	2,47	2,54	2,41	2,63	2,65	2,72	2,63
7	6,08	8,44	13,43	6,24	2,48	2,55	2,64	2,48	2,77	2,81	2,89	2,78
8	10,36	13,43	19,67	10,56	2,55	2,63	2,74	2,56	2,94	2,98	3,09	2,94
9	15,86	19,67	27,19	16,11	2,62	2,71	2,85	2,63	3,11	3,17	3,3	3,12
10	22,62	27,19	36,03	22,93	2,7	2,8	2,96	2,71	3,31	3,38	3,54	3,31
11	30,68	36,03	46,22	31,05	2,78	2,9	3,08	2,79	3,52	3,61	3,81	3,53
12	40,08	46,22	56,69	40,5	2,87	3	3,2	2,88	3,76	3,87	4,1	3,77
13	50,62	56,69	65,96	51,06	2,96	3,11	3,34	2,97	4,02	4,14	4,43	4,03
14	60,64	65,95	73,96	61,02	3,06	3,23	3,49	3,07	4,32	4,46	4,82	4,33
15	69,37	73,96	80,75	69,7	3,16	3,35	3,64	3,18	4,67	4,83	5,29	4,68
16	76,87	80,75	86,37	77,15	3,27	3,48	3,81	3,3	5,09	5,27	5,85	5,1
17	83,17	86,37	90,88	83,4	3,39	3,62	3,98	3,42	5,59	5,8	6,54	5,61
18	88,32	90,87	94,34	88,51	3,52	3,77	4,17	3,55	6,2	6,45	7,38	6,23
19	92,38	94,33	96,82	92,53	3,65	3,93	4,36	3,69	6,97	7,25	8,41	6,99
20	95,43	96,81	98,43	95,53	3,79	4,09	4,56	3,83	7,91	8,25	9,68	7,95

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H26: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,09	2,07	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,13	2,15	2,18	2,13	2,15	2,16	2,16	2,15
3	0	0	0,5	0	2,2	2,23	2,26	2,2	2,26	2,27	2,28	2,26
4	0	0,5	2,03	0	2,27	2,31	2,35	2,27	2,37	2,38	2,41	2,37
5	0,92	2,03	4,66	0,97	2,34	2,38	2,45	2,34	2,49	2,51	2,55	2,49
6	2,83	4,66	8,44	2,93	2,4	2,46	2,54	2,41	2,63	2,65	2,71	2,63
7	5,85	8,44	13,43	6,01	2,47	2,54	2,63	2,48	2,77	2,81	2,89	2,77
8	10,06	13,43	19,67	10,26	2,54	2,62	2,73	2,55	2,93	2,98	3,08	2,94
9	15,48	19,67	27,19	15,73	2,62	2,71	2,84	2,62	3,11	3,17	3,3	3,11
10	22,16	27,19	36,03	22,47	2,69	2,79	2,94	2,7	3,31	3,38	3,54	3,31
11	30,14	36,03	46,22	30,5	2,77	2,88	3,06	2,78	3,52	3,61	3,8	3,52
12	39,46	46,22	56,69	39,87	2,85	2,98	3,18	2,86	3,75	3,86	4,09	3,76
13	49,97	56,69	65,96	50,4	2,94	3,08	3,3	2,95	4,01	4,14	4,41	4,02
14	60,06	65,96	73,97	60,45	3,03	3,19	3,44	3,04	4,3	4,45	4,79	4,31
15	68,88	73,96	80,76	69,21	3,12	3,31	3,58	3,14	4,65	4,81	5,23	4,66
16	76,45	80,76	86,39	76,74	3,23	3,43	3,73	3,25	5,05	5,23	5,76	5,06
17	82,83	86,38	90,9	83,06	3,34	3,56	3,89	3,36	5,52	5,73	6,39	5,54
18	88,05	90,89	94,35	88,24	3,45	3,69	4,06	3,48	6,1	6,33	7,16	6,12
19	92,18	94,35	96,84	92,33	3,57	3,83	4,23	3,6	6,8	7,06	8,09	6,82
20	95,29	96,83	98,45	95,39	3,69	3,97	4,41	3,72	7,66	7,96	9,23	7,69

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

5.2.- Tránsito Medio

**Tabla H27: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,52	0	2,08	2,09	2,11	2,08	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	2,08	0	2,16	2,19	2,23	2,16	2,16	2,17	2,2	2,16
3	0	0,77	4,74	0	2,24	2,28	2,35	2,24	2,27	2,29	2,35	2,27
4	0,5	2,56	8,55	0,6	2,32	2,37	2,47	2,32	2,39	2,42	2,52	2,39
5	2,03	5,47	13,56	2,23	2,4	2,47	2,6	2,4	2,52	2,57	2,71	2,52
6	4,66	9,54	19,83	4,96	2,48	2,57	2,73	2,49	2,66	2,74	2,92	2,66
7	8,44	14,82	27,38	8,86	2,56	2,67	2,87	2,57	2,82	2,93	3,17	2,83
8	13,43	21,36	36,25	13,96	2,65	2,78	3,02	2,66	3,02	3,15	3,46	3,03
9	19,66	29,2	46,47	20,32	2,74	2,89	3,17	2,75	3,26	3,42	3,8	3,27
10	27,18	38,36	59,63	27,96	2,83	3,01	3,34	2,84	3,56	3,76	4,22	3,57
11	36,02	48,88	66,11	36,92	2,93	3,14	3,52	2,94	3,94	4,16	4,8	3,95
12	46,21	59,05	74,04	47,24	3,03	3,27	3,71	3,05	4,39	4,75	5,66	4,4
13	56,68	67,94	80,75	57,64	3,14	3,42	3,91	3,17	4,92	5,66	6,88	4,94
14	65,89	75,57	86,28	66,73	3,26	3,58	4,14	3,29	5,71	6,97	8,62	5,73
15	73,84	81,99	90,69	74,55	3,39	3,75	4,38	3,43	6,94	8,89	11,11	6,96
16	80,56	87,24	94,06	81,16	3,53	3,93	4,65	3,57	8,73	11,69	14,29	8,75
17	86,1	91,41	96,47	86,59	3,68	4,13	4,94	3,72	11,36	14,68	16	11,38
18	90,52	94,55	96,9	90,91	3,84	4,34	5,26	3,89	14,47	16	16	14,47
19	93,9	96,39	95,95	94,19	4,01	4,57	5,59	4,06	16	16	16	16
20	96,32	95,3	94,75	96,43	4,18	4,8	5,93	4,25	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

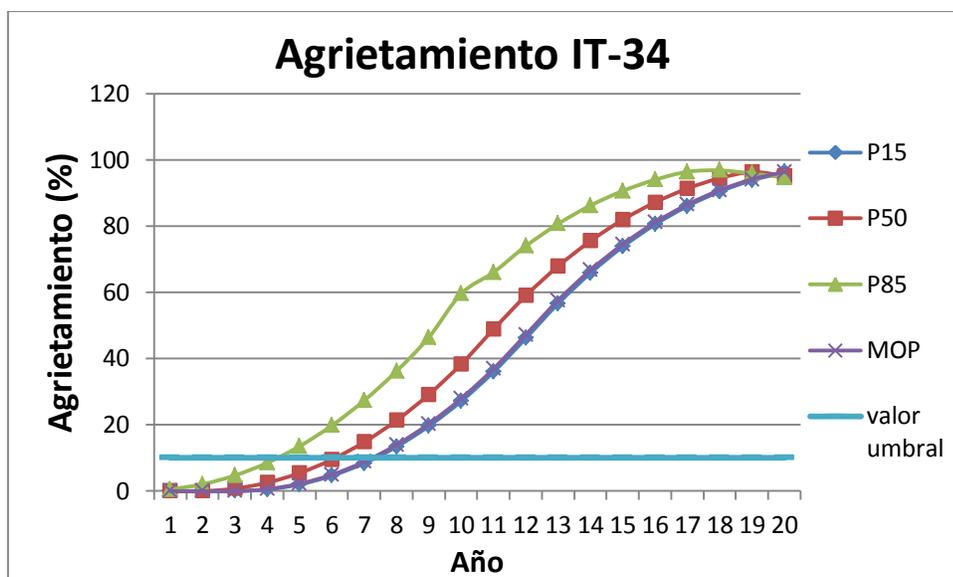


Figura H25: Desarrollo agrietamiento estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-34.

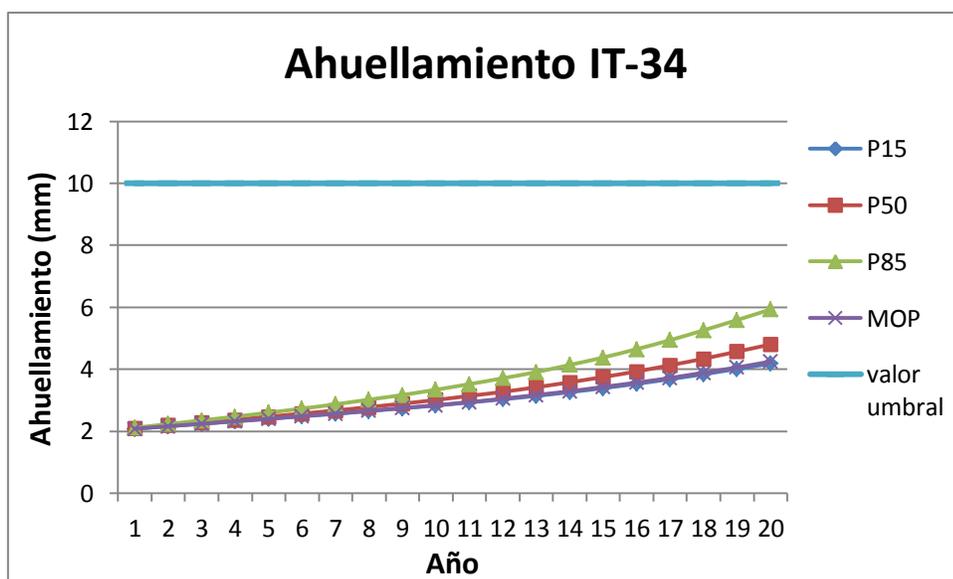


Figura H26: Desarrollo ahuellamiento estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-34.

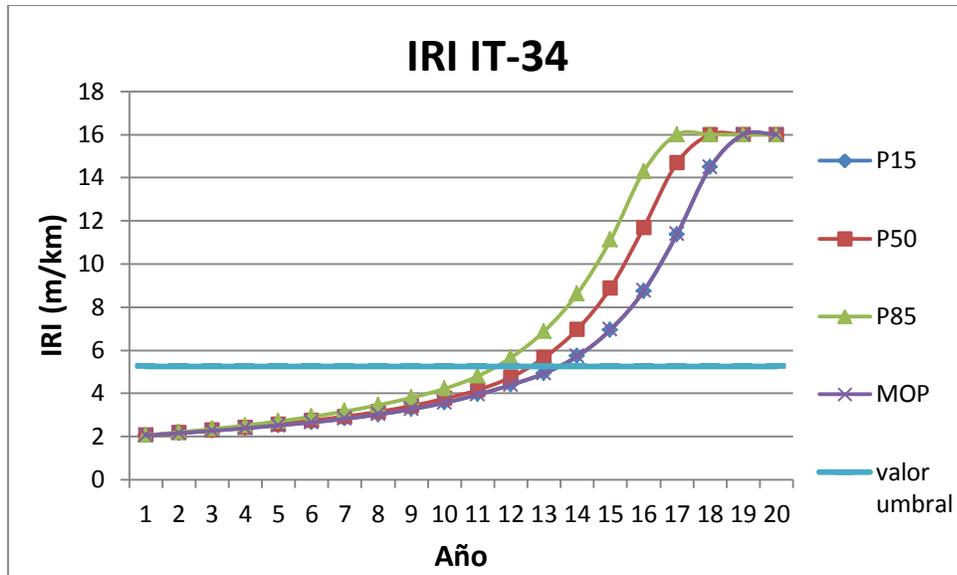
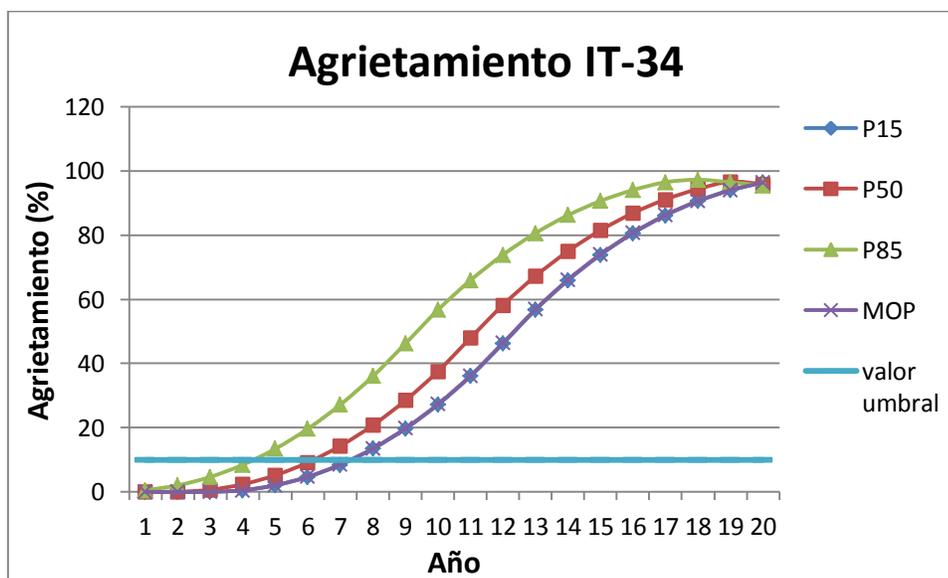


Figura H27: Desarrollo regularidad superficial estructura media con tránsito medio, clima Concepción, IT-34.

**Tabla H28: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0,5	0	2,08	2,09	2,11	2,08	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	2,03	0	2,16	2,18	2,23	2,16	2,16	2,17	2,2	2,16
3	0	0,67	4,66	0	2,24	2,28	2,35	2,24	2,27	2,29	2,35	2,27
4	0,5	2,37	8,44	0,52	2,31	2,37	2,47	2,32	2,39	2,42	2,52	2,39
5	2,03	5,18	13,43	2,07	2,39	2,47	2,6	2,4	2,52	2,57	2,7	2,52
6	4,66	9,15	19,66	4,71	2,48	2,56	2,72	2,48	2,66	2,73	2,91	2,66
7	8,44	14,33	27,18	8,52	2,56	2,66	2,86	2,57	2,82	2,92	3,15	2,83
8	13,43	20,77	36,02	13,53	2,64	2,77	3	2,65	3,01	3,14	3,44	3,02
9	19,66	28,5	46,21	19,78	2,73	2,88	3,15	2,74	3,25	3,4	3,77	3,25
10	27,18	37,55	56,68	27,32	2,82	2,99	3,31	2,83	3,54	3,72	4,17	3,55
11	36,02	47,96	65,91	36,19	2,91	3,11	3,48	2,93	3,89	4,11	4,72	3,9
12	46,21	58,22	73,87	46,4	3,01	3,24	3,65	3,03	4,31	4,66	5,5	4,32
13	56,68	67,22	80,61	56,86	3,12	3,37	3,84	3,14	4,8	5,48	6,59	4,82
14	65,9	74,97	86,18	66,05	3,23	3,52	4,05	3,25	5,51	6,65	8,12	5,53
15	73,85	81,49	90,63	73,98	3,35	3,67	4,27	3,38	6,59	8,32	10,29	6,62
16	80,58	86,86	94,03	80,69	3,47	3,84	4,51	3,51	8,14	10,74	13,35	8,17
17	86,13	91,12	96,47	86,22	3,61	4,02	4,78	3,64	10,38	14,08	15,57	10,42
18	90,57	94,36	97,25	90,64	3,75	4,21	5,07	3,79	13,64	16	16	13,69
19	93,95	96,65	96,44	94,01	3,9	4,41	5,38	3,95	15,79	16	16	15,82
20	96,38	95,88	95,42	96,42	4,06	4,63	5,69	4,12	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H28: Desarrollo agrietamiento estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-34.**

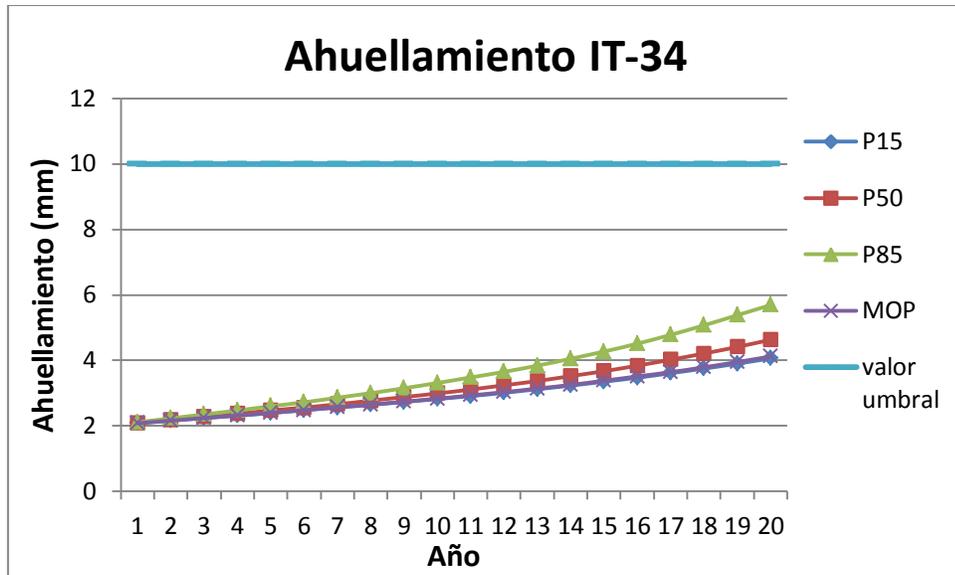


Figura H29: Desarrollo ahuellamiento estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-34.

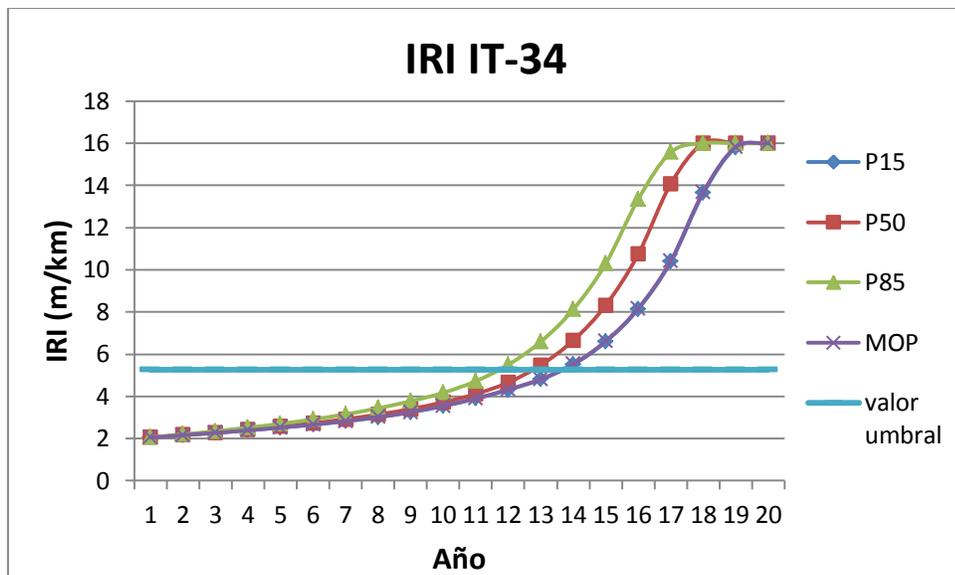


Figura H30: Desarrollo regularidad superficial estructura media con tránsito medio, clima Chillán, IT-34.

5.3.- Tránsito Alto

**Tabla H29: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0,5	1,53	0	2,09	2,11	2,16	2,09	2,05	2,06	2,09	2,06
2	0	2,03	3,87	0	2,19	2,23	2,33	2,19	2,17	2,2	2,27	2,17
3	0,82	4,65	7,34	1,29	2,28	2,35	2,51	2,29	2,29	2,35	2,48	2,3
4	2,64	8,43	12,01	3,47	2,38	2,47	2,69	2,39	2,42	2,52	2,71	2,43
5	5,58	13,41	17,91	6,79	2,47	2,6	2,88	2,49	2,59	2,72	2,99	2,61
6	9,68	19,64	25,09	11,28	2,57	2,73	3,08	2,59	2,85	3,02	3,38	2,87
7	15,01	27,15	33,57	17,01	2,67	2,86	3,29	2,7	3,28	3,5	3,97	3,31
8	21,58	35,98	43,4	24,01	2,78	3,01	3,51	2,81	4,02	4,26	4,85	4,05
9	29,45	46,16	53,98	32,31	2,89	3,16	3,75	2,93	5,24	5,43	6,13	5,26
10	38,65	56,63	63,44	41,95	3,01	3,33	4,01	3,06	7,18	7,21	8,6	7,17
11	49,21	65,74	71,6	52,53	3,14	3,51	4,32	3,2	10,28	10,7	13,15	10,2
12	59,22	73,57	78,5	62,15	3,29	3,73	4,7	3,35	14,09	14,56	16	14,03
13	67,92	80,15	84,2	70,45	3,46	3,97	5,15	3,53	16	16	16	16
14	75,34	85,53	88,76	77,5	3,64	4,24	5,62	3,73	16	16	16	16
15	81,53	89,8	90,2	83,33	3,83	4,52	6,11	3,94	16	16	16	16
16	86,74	89,27	89,23	88,18	4,04	4,82	6,62	4,16	16	16	16	16
17	89,14	89,13	89,09	89,13	4,26	5,13	7,15	4,39	16	16	16	16
18	88,99	88,98	88,94	88,98	4,48	5,44	7,7	4,63	16	16	16	16
19	88,82	88,81	88,78	88,82	4,71	5,76	8,28	4,88	16	16	16	16
20	88,64	88,63	88,6	88,64	4,94	6,1	8,87	5,13	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H30: Valores de deterioros para la estructura media con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0,5	1,53	0	2,09	2,11	2,16	2,09	2,05	2,06	2,09	2,06
2	0	2,03	3,87	0	2,18	2,23	2,33	2,19	2,17	2,2	2,27	2,17
3	0,71	4,65	7,34	1,17	2,28	2,35	2,5	2,29	2,29	2,35	2,47	2,29
4	2,45	8,43	12,01	3,26	2,37	2,47	2,68	2,38	2,42	2,51	2,7	2,43
5	5,29	13,41	17,91	6,48	2,47	2,59	2,87	2,48	2,59	2,72	2,98	2,6
6	9,3	19,64	25,09	10,88	2,57	2,72	3,07	2,59	2,83	3	3,35	2,85
7	14,52	27,15	33,58	16,51	2,67	2,85	3,27	2,69	3,23	3,45	3,9	3,25
8	20,99	35,98	43,41	23,4	2,77	2,99	3,49	2,8	3,89	4,13	4,7	3,92
9	28,75	46,16	53,99	31,6	2,88	3,14	3,72	2,91	4,95	5,16	5,83	4,98
10	37,84	56,63	63,46	41,13	2,99	3,3	3,97	3,04	6,59	6,66	7,95	6,59
11	48,29	65,76	71,63	51,7	3,12	3,47	4,25	3,17	9,13	9,54	11,98	9,07
12	58,41	73,6	78,55	61,43	3,25	3,67	4,61	3,31	13,34	13,76	15,28	13,29
13	67,23	80,2	84,27	69,86	3,41	3,89	5,02	3,48	16	16	16	16
14	74,77	85,61	88,85	77,02	3,58	4,14	5,47	3,66	16	16	16	16
15	81,09	89,89	91,75	82,96	3,75	4,4	5,93	3,85	16	16	16	16
16	86,23	89,43	89,3	87,75	3,94	4,68	6,42	4,05	16	16	16	16
17	89,21	89,2	89,17	89,21	4,14	4,96	6,92	4,27	16	16	16	16
18	89,07	89,07	89,03	89,07	4,34	5,25	7,45	4,49	16	16	16	16
19	88,92	88,91	88,88	88,92	4,55	5,55	7,99	4,71	16	16	16	16
20	88,76	88,75	88,72	88,75	4,76	5,86	8,55	4,94	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

## 6.- Estructura Fuerte, estación IT-34

### 6.1.- Tránsito Bajo

**Tabla H31: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito bajo, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,06	2,07	2,08	2,06	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,12	2,14	2,17	2,12	2,15	2,15	2,16	2,15
3	0	0	0	0	2,19	2,21	2,25	2,19	2,26	2,26	2,27	2,26
4	0	0	1,08	0	2,25	2,28	2,33	2,25	2,37	2,38	2,4	2,37
5	0,5	1,08	3,11	0,5	2,31	2,36	2,42	2,31	2,49	2,5	2,53	2,49
6	2,03	3,11	6,27	2,03	2,37	2,43	2,51	2,38	2,62	2,64	2,69	2,62
7	4,66	6,28	10,6	4,66	2,44	2,5	2,6	2,44	2,76	2,79	2,85	2,76
8	8,44	10,62	16,17	8,44	2,5	2,58	2,69	2,51	2,92	2,95	3,04	2,92
9	13,43	16,18	22,99	13,43	2,57	2,66	2,79	2,58	3,09	3,14	3,24	3,09
10	19,67	23,01	31,12	19,67	2,64	2,74	2,89	2,65	3,28	3,34	3,47	3,28
11	27,19	31,14	40,59	27,19	2,71	2,83	3	2,72	3,49	3,55	3,72	3,49
12	36,03	40,61	51,15	36,03	2,79	2,92	3,11	2,8	3,71	3,8	3,99	3,72
13	46,22	51,17	61,11	46,22	2,87	3,01	3,24	2,88	3,97	4,06	4,3	3,97
14	56,69	61,12	69,79	56,69	2,95	3,12	3,37	2,97	4,24	4,36	4,66	4,24
15	65,96	69,8	77,23	65,96	3,05	3,23	3,52	3,07	4,54	4,71	5,09	4,55
16	73,97	77,24	83,48	73,97	3,15	3,35	3,67	3,17	4,89	5,12	5,59	4,9
17	80,76	83,49	88,59	80,76	3,26	3,48	3,83	3,28	5,29	5,6	6,19	5,31
18	86,39	88,59	92,61	86,39	3,37	3,62	4,00	3,4	5,77	6,16	6,91	5,79
19	90,9	92,61	95,61	90,9	3,49	3,76	4,18	3,52	6,33	6,85	7,78	6,36
20	94,36	95,6	97,68	94,36	3,61	3,91	4,37	3,65	7,02	7,68	8,82	7,05

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H32: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito bajo, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,06	2,07	2,08	2,06	2,05	2,05	2,05	2,05
2	0	0	0	0	2,12	2,14	2,16	2,12	2,15	2,15	2,16	2,15
3	0	0	0	0	2,18	2,21	2,25	2,19	2,26	2,26	2,27	2,26
4	0	0	0,96	0	2,25	2,28	2,33	2,25	2,37	2,38	2,4	2,37
5	0,5	0,97	2,9	0,5	2,31	2,35	2,42	2,31	2,49	2,5	2,53	2,49
6	2,03	2,92	5,96	2,03	2,37	2,43	2,5	2,38	2,62	2,64	2,68	2,62
7	4,66	6	10,19	4,66	2,43	2,5	2,59	2,44	2,76	2,78	2,85	2,76
8	8,44	10,25	15,65	8,44	2,5	2,57	2,68	2,51	2,92	2,95	3,03	2,92
9	13,43	15,72	22,37	13,43	2,56	2,65	2,78	2,57	3,09	3,13	3,23	3,09
10	19,67	22,45	30,39	19,67	2,63	2,73	2,87	2,64	3,28	3,33	3,46	3,28
11	27,19	30,49	39,74	27,19	2,7	2,81	2,98	2,71	3,49	3,55	3,7	3,49
12	36,03	39,85	50,26	36,03	2,77	2,9	3,09	2,79	3,71	3,79	3,97	3,72
13	46,22	50,38	60,33	46,22	2,85	2,99	3,21	2,87	3,96	4,05	4,28	3,97
14	56,69	60,43	69,12	56,69	2,93	3,09	3,33	2,95	4,23	4,35	4,63	4,24
15	65,96	69,21	76,66	65,96	3,02	3,19	3,46	3,04	4,53	4,69	5,03	4,54
16	73,97	76,74	83,01	73,97	3,11	3,3	3,6	3,14	4,87	5,08	5,51	4,89
17	80,77	83,08	88,22	80,77	3,21	3,42	3,75	3,24	5,26	5,53	6,07	5,28
18	86,4	88,26	92,33	86,4	3,31	3,54	3,9	3,34	5,71	6,06	6,73	5,73
19	90,91	92,36	95,41	90,91	3,42	3,67	4,06	3,45	6,24	6,7	7,52	6,26
20	94,37	95,43	97,56	94,37	3,53	3,8	4,23	3,57	6,88	7,46	8,47	6,9

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

6.2.- Tránsito Medio

**Tabla H33: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito medio, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,09	2,11	2,07	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	1,53	0	2,14	2,17	2,22	2,15	2,16	2,16	2,19	2,16
3	0	0,5	3,87	0	2,22	2,26	2,33	2,22	2,26	2,28	2,33	2,27
4	0	2,03	7,35	0	2,29	2,35	2,45	2,3	2,38	2,41	2,49	2,38
5	1,34	4,66	12,02	1,53	2,37	2,44	2,57	2,37	2,5	2,55	2,67	2,51
6	3,55	8,44	17,93	3,87	2,44	2,53	2,69	2,45	2,64	2,71	2,86	2,65
7	6,9	13,43	25,11	7,35	2,52	2,62	2,82	2,53	2,8	2,89	3,09	2,81
8	11,44	19,66	33,6	12,02	2,59	2,72	2,96	2,61	2,98	3,1	3,35	2,99
9	17,21	27,18	43,44	17,92	2,67	2,82	3,11	2,69	3,21	3,35	3,67	3,22
10	24,25	36,02	54,03	25,11	2,76	2,93	3,26	2,78	3,48	3,65	4,04	3,49
11	32,59	46,21	63,59	33,6	2,85	3,05	3,43	2,87	3,81	4,01	4,54	3,82
12	42,28	56,68	71,89	43,44	2,94	3,17	3,61	2,97	4,2	4,42	5,26	4,22
13	52,87	65,91	78,95	54,02	3,04	3,31	3,8	3,07	4,65	4,99	6,25	4,67
14	62,57	73,87	84,82	63,58	3,15	3,45	4,01	3,18	5,3	5,83	7,63	5,32
15	70,99	80,61	89,57	71,87	3,27	3,6	4,24	3,31	6,27	7	9,54	6,29
16	78,18	86,18	93,24	78,92	3,39	3,77	4,49	3,44	7,63	8,65	12,21	7,65
17	84,17	90,63	95,93	84,78	3,53	3,94	4,76	3,58	9,56	11	14,88	9,58
18	89,02	94,03	97,55	89,51	3,67	4,13	5,06	3,73	12,33	14,19	16	12,35
19	92,8	96,47	96,85	93,17	3,82	4,34	5,38	3,89	14,98	16	16	14,99
20	95,58	96,91	95,98	95,85	3,99	4,56	5,71	4,06	16	16	16	16,00

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**Tabla H34: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito medio, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	0	0	2,07	2,08	2,11	2,07	2,05	2,05	2,06	2,05
2	0	0	1,48	0	2,14	2,17	2,22	2,15	2,15	2,16	2,19	2,16
3	0	0	3,78	0	2,22	2,26	2,33	2,22	2,26	2,28	2,33	2,26
4	0	1,53	7,23	0	2,29	2,35	2,45	2,29	2,38	2,4	2,48	2,38
5	1,22	3,87	11,86	1,45	2,36	2,43	2,56	2,37	2,5	2,55	2,66	2,51
6	3,35	7,35	17,73	3,73	2,44	2,52	2,69	2,44	2,64	2,7	2,86	2,65
7	6,61	12,02	24,88	7,16	2,51	2,62	2,81	2,52	2,8	2,88	3,08	2,8
8	11,06	17,93	33,33	11,77	2,59	2,71	2,95	2,6	2,98	3,08	3,34	2,99
9	16,73	25,11	43,13	17,62	2,67	2,81	3,09	2,68	3,19	3,32	3,64	3,21
10	23,68	33,6	53,72	24,74	2,75	2,92	3,24	2,77	3,46	3,61	4	3,47
11	31,92	43,44	63,33	33,17	2,83	3,02	3,39	2,85	3,77	3,95	4,48	3,79
12	41,51	54,02	71,66	42,95	2,92	3,14	3,56	2,95	4,14	4,34	5,14	4,16
13	52,1	63,59	78,77	53,54	3,02	3,26	3,74	3,05	4,56	4,88	6,03	4,59
14	61,9	71,88	84,69	63,16	3,12	3,39	3,93	3,15	5,16	5,65	7,26	5,18
15	70,42	78,95	89,47	71,51	3,23	3,53	4,14	3,26	6,03	6,71	8,94	6,05
16	77,7	84,82	93,18	78,63	3,34	3,68	4,36	3,38	7,23	8,17	11,24	7,25
17	83,78	89,56	95,91	84,55	3,46	3,84	4,61	3,51	8,9	10,22	14,29	8,92
18	88,73	93,24	97,74	89,34	3,59	4,01	4,89	3,65	11,27	13,1	16	11,29
19	92,59	95,93	97,2	93,06	3,73	4,19	5,18	3,79	14,33	15,39	16	14,34
20	95,45	97,25	96,45	95,79	3,87	4,39	5,49	3,94	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

**6.3.- Tránsito Alto**

**Tabla H35: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito alto, considerando el clima de Concepción.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,53	0	2,08	2,11	2,15	2,09	2,05	2,06	2,08	2,05
2	0	1,39	3,87	0	2,17	2,22	2,32	2,18	2,16	2,18	2,25	2,16
3	0	3,64	7,34	0,5	2,26	2,33	2,49	2,27	2,28	2,33	2,44	2,28
4	1,53	7,02	12,01	2,03	2,35	2,44	2,67	2,36	2,4	2,48	2,65	2,41
5	3,87	11,59	17,91	4,65	2,43	2,56	2,85	2,45	2,56	2,67	2,9	2,57
6	7,34	17,39	25,09	8,43	2,53	2,68	3,04	2,55	2,78	2,93	3,24	2,8
7	12,01	24,46	33,57	13,41	2,62	2,81	3,25	2,65	3,14	3,33	3,73	3,16
8	17,91	32,84	43,4	19,63	2,71	2,94	3,46	2,75	3,73	3,94	4,44	3,76
9	25,08	42,56	53,98	27,14	2,82	3,09	3,69	2,86	4,64	4,84	5,42	4,67
10	33,56	53,15	63,47	35,97	2,92	3,24	3,95	2,97	6,03	6,13	7,21	6,05
11	43,39	62,72	71,66	46,15	3,04	3,41	4,23	3,09	8,13	8,56	10,57	8,13
12	53,97	71,01	78,6	56,61	3,17	3,6	4,58	3,23	11,32	13,11	14,35	11,27
13	63,42	78,03	84,33	65,74	3,31	3,82	4,99	3,39	14,62	16	16	14,59
14	71,58	83,85	88,93	73,57	3,47	4,08	5,46	3,56	16	16	16	16
15	78,49	88,52	92,47	80,17	3,65	4,34	5,94	3,75	16	16	16	16
16	84,19	91,08	89,97	85,57	3,83	4,62	6,45	3,95	16	16	16	16
17	88,75	89,15	89,13	89,3	4,03	4,92	6,98	4,17	16	16	16	16
18	89,03	89	88,98	89,03	4,23	5,22	7,53	4,39	16	16	16	16
19	88,87	88,84	88,81	88,86	4,44	5,53	8,09	4,63	16	16	16	16
20	88,69	88,66	88,63	88,68	4,66	5,84	8,68	4,86	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.

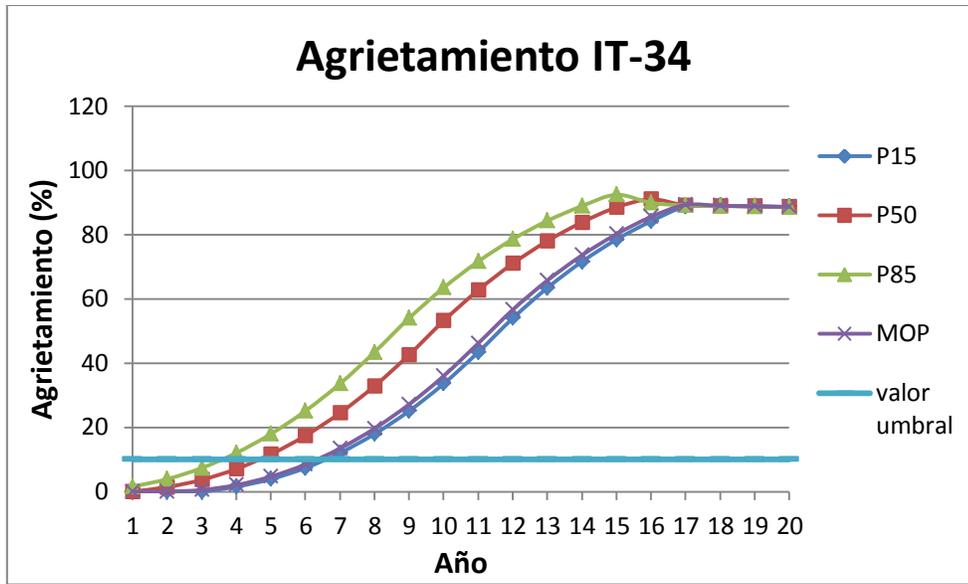


Figura H31: Desarrollo agrietamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-34.

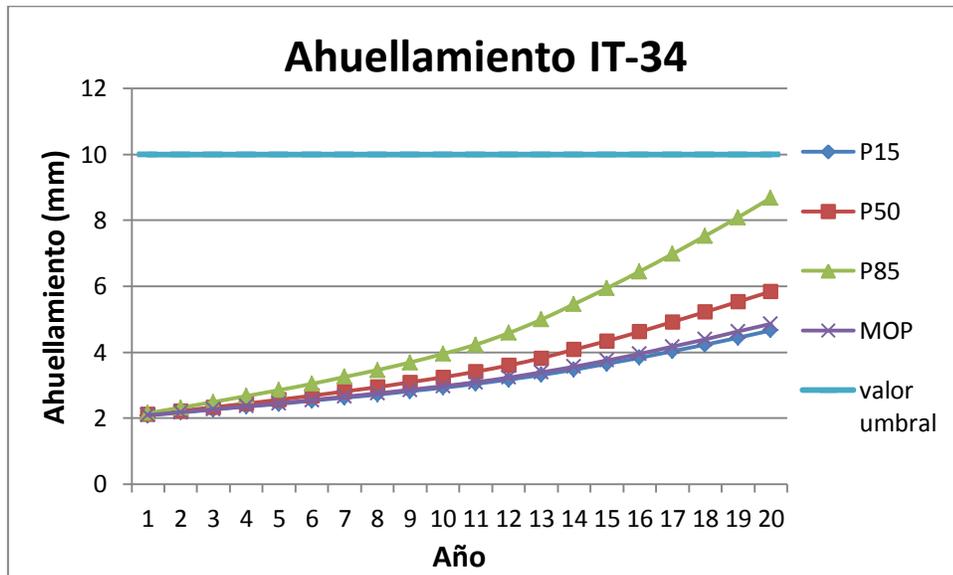
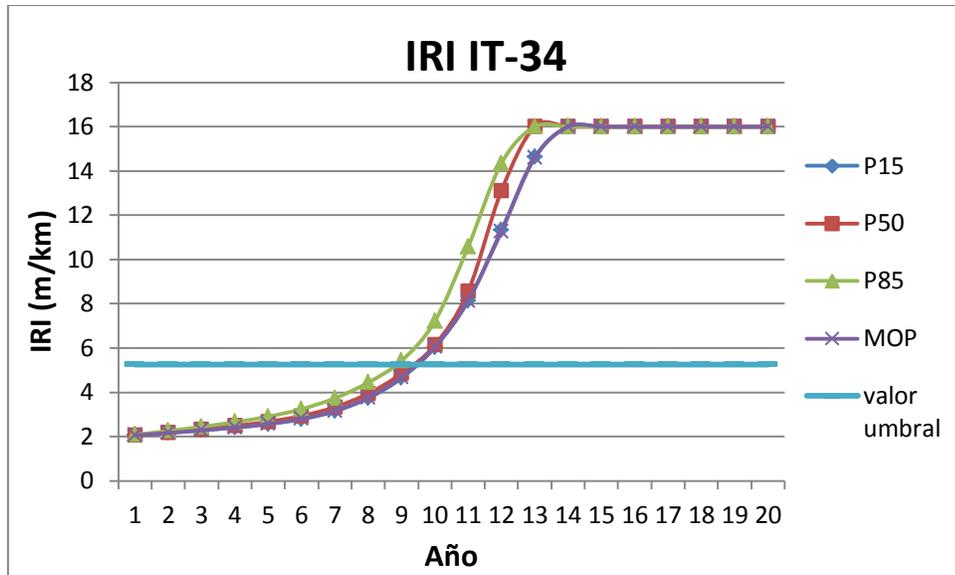


Figura H32: Desarrollo ahuellamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-34.

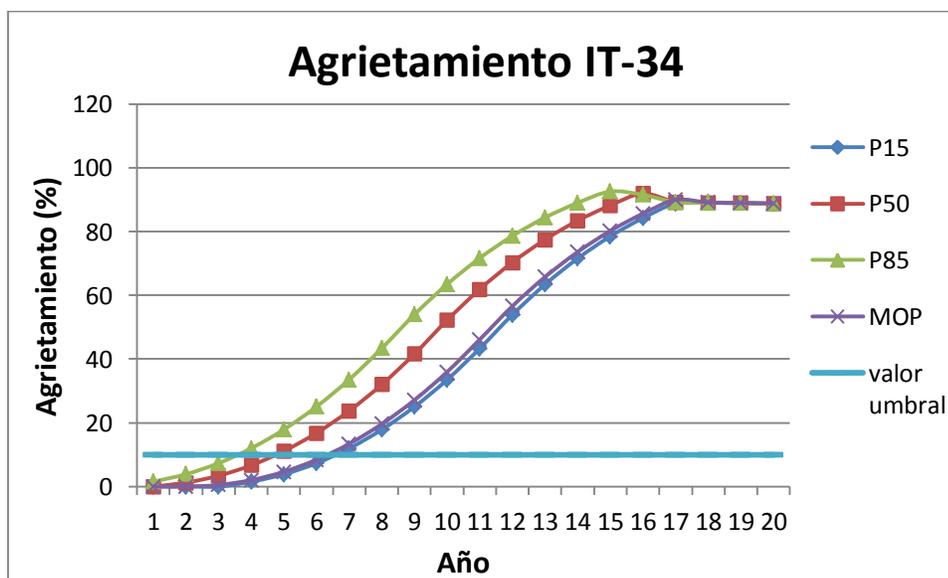


**Figura H33: Desarrollo regularidad superficial estructura fuerte con tránsito alto, clima Concepción, IT-34.**

**Tabla H36: Valores de deterioros para la estructura fuerte con tránsito alto, considerando el clima de Chillán.**

AÑO	Agrietamiento (%)				Ahuellamiento (mm)				IRI (m/km)			
	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP	P15	P50	P85	MOP
1	0	0	1,53	0	2,08	2,11	2,15	2,09	2,05	2,06	2,08	2,05
2	0	1,24	3,87	0	2,17	2,21	2,32	2,18	2,16	2,18	2,24	2,16
3	0	3,39	7,34	0,5	2,26	2,33	2,49	2,27	2,28	2,32	2,43	2,28
4	1,52	6,67	12,01	2,03	2,34	2,44	2,66	2,36	2,4	2,48	2,64	2,41
5	3,85	11,13	17,91	4,65	2,43	2,55	2,84	2,45	2,56	2,66	2,89	2,57
6	7,32	16,82	25,09	8,43	2,52	2,67	3,03	2,54	2,77	2,91	3,22	2,79
7	11,98	23,77	33,58	13,41	2,61	2,8	3,23	2,64	3,11	3,29	3,68	3,13
8	17,88	32,04	43,41	19,64	2,71	2,93	3,44	2,74	3,64	3,85	4,33	3,66
9	25,05	41,63	53,99	27,15	2,81	3,07	3,66	2,84	4,44	4,64	5,2	4,47
10	33,52	52,22	63,48	35,98	2,91	3,21	3,9	2,95	5,63	5,76	6,77	5,65
11	43,34	61,92	71,69	46,15	3,02	3,37	4,17	3,07	7,37	7,82	9,63	7,38
12	53,92	70,33	78,64	56,62	3,14	3,54	4,49	3,2	9,95	11,65	13,71	9,92
13	63,4	77,48	84,4	65,76	3,27	3,75	4,88	3,34	13,74	15,03	16	13,72
14	71,58	83,42	89,01	73,61	3,42	3,98	5,32	3,51	16	16	16	16
15	78,51	88,21	92,57	80,22	3,58	4,23	5,78	3,68	16	16	16	16
16	84,23	91,93	91,52	85,64	3,75	4,49	6,27	3,87	16	16	16	16
17	88,82	89,3	89,2	89,95	3,93	4,76	6,77	4,07	16	16	16	16
18	89,12	89,1	89,06	89,11	4,12	5,04	7,29	4,27	16	16	16	16
19	88,97	88,94	88,91	88,96	4,31	5,32	7,83	4,48	16	16	16	16
20	88,8	88,78	88,74	88,8	4,51	5,62	8,39	4,7	16	16	16	16

Nota: en color gris se muestra cuando se supera el umbral establecido para cada deterioro.



**Figura H34: Desarrollo agrietamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-34.**

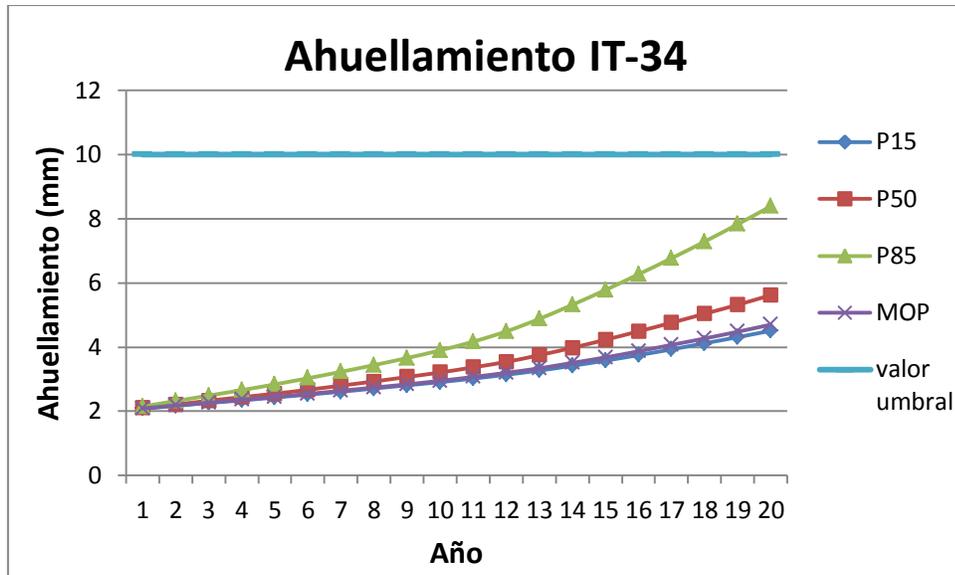


Figura H35: Desarrollo ahuellamiento estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-34.

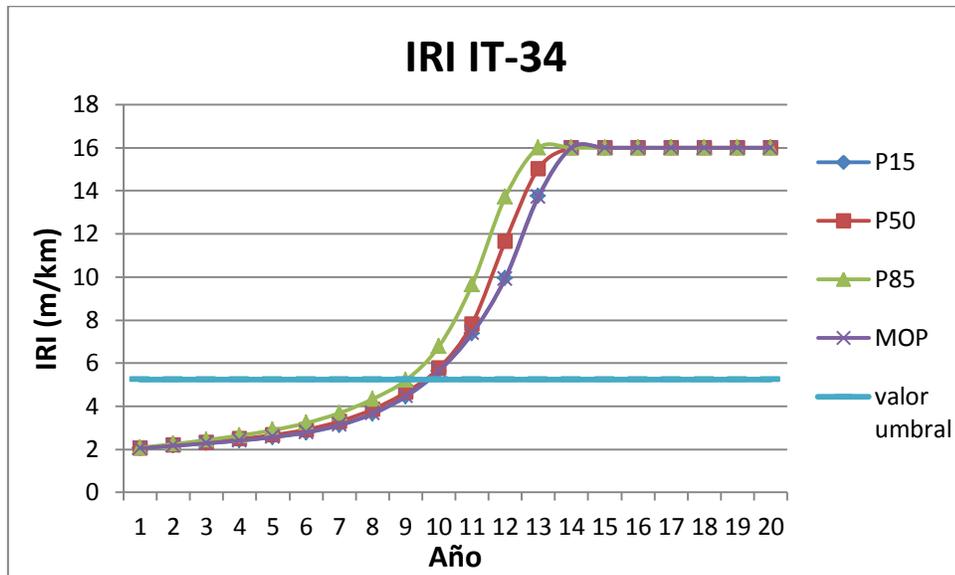


Figura H36: Desarrollo regularidad superficial estructura fuerte con tránsito alto, clima Chillán, IT-34.