

METODOLOGIA DE INSPECCION VISUAL PARA SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS URBANOS SIGMAP

TOMÁS ECHAVEGUREN N., Mg. Ingeniero Civil
Universidad de Concepción, Chile. techaveg@udec.cl

SERGIO VARGAS T. , Mg. Ingeniero Civil
Universidad del Bio Bio – Chile. svargas@ubiobio.cl

ENZO CONCHA J., Ingeniero Civil
Universidad del Bio Bio – Chile

ALEJANDRO SOTO O, Ingeniero Civil
Universidad de Concepción - Chile

RESUMEN

La inspección forma parte de las tareas de gestión de un sistema de gestión de pavimentos. Existen diversas técnicas para su desarrollo, que varían en complejidad y costo en función de la tecnología y de las variables a medir. Una de las técnicas que permite identificar defectos superficiales en pavimentos es la inspección visual. Estas, se han aplicado a vías rurales, existiendo escasas aplicaciones a vías urbanas. En Chile, la Metodología MANVUSIMP, emplea un procedimiento que considera la identificación de defectos para luego evaluar la serviciabilidad del pavimento. Sin embargo, no dispone de procedimientos para estimar la severidad de las fallas.

En este artículo, se presenta el diseño y aplicación de una metodología de calificación de estado, para el sistema de gestión de pavimentos urbanos SIGMAP en desarrollo en la Universidad de Concepción. Se presentan los antecedentes generales que definen un marco para su aplicación, y el diseño metodológico. Finalmente, se presenta una aplicación realizada en Concepción.

1.- INTRODUCCION

La evaluación de estado de un pavimento, permite caracterizar las variables que determinan la condición funcional y estructural de un pavimento. La condición funcional puede caracterizarse a través de medidas del confort en la conducción, tales como el Índice de Rugosidad Internacional, o el Índice de Serviciabilidad. El grado de seguridad en tanto, puede medirse con ciertas limitaciones mediante el Índice de Fricción Internacional. La condición funcional de un pavimento esta influenciada por la condición estructural. En ambos casos, los defectos superficiales constituyen un síntoma de fallas que inciden en el estado superficial del pavimento.

La auscultación de pavimentos permite a través de técnicas invasivas y no invasivas, realizar la evaluación de estado de un pavimento. La inspección visual, es una técnica no invasiva que

puede ser aplicada en forma manual o mecanizada y que permite identificar y caracterizar los defectos superficiales de un pavimento.

En particular, se ha demostrado que los métodos manuales están afectados a una importante variabilidad en sus resultados (FHWA, 2000). Este hecho no los invalida como técnica, sino que más bien obliga a dedicar esfuerzos a reducir dicha variabilidad. Las principales causas, corresponden a limitaciones físicas de los inspectores, la falta de capacitación continua, manuales de procedimiento muy generales, el aumento en el nivel de interpretación cuando existe una cantidad importante de defectos superficiales y tramos extensos de inspección, entre otras causas. En el caso de pavimentos urbanos, una fuente adicional de error es la falta de oportunidades de inspección y la tensión que produce el roce con los volúmenes de tránsito elevados en vías de mayor jerarquía. Un elemento que permite reducir en cierto grado esta variabilidad es la estandarización y sistematización del proceso de inspección.

El sistema SIGMAP desarrollado en Concepción desde 1996, utiliza la metodología desarrollada para SAMPU, que está enfocada a la generación de datos para la aplicación de modelos de deterioro de tipo mecanicista (MIDEPLAN, 1992). En una evaluación general de la primera versión del prototipo, se determinó que existía una incompatibilidad entre el nivel de detalle logrado en la auscultación realizada mediante los procedimientos que empleaba SAMPU y la aplicación de modelos de deterioro mecanicistas adoptados por SIGMAP.

El uso de los modelos de deterioro, demandaba una cantidad de información apreciable para la calibración y aplicación de los modelos y equipamiento adicionales para la medición de rugosidad. Por este motivo, se buscaron procedimientos alternativos de auscultación basados en inspección visual, con el objeto de lograr optimizar el costo de ejecutar inspección en toda la intercomuna y, a la vez, generar la base de datos adecuada para modelos de deterioro basados en calificación subjetiva.

En un estudio finalizado recientemente, Concha (2001) desarrolló un procedimiento de calificación de estado de pavimentos basado en inspección visual, que permitió identificar y caracterizar los defectos superficiales en pavimentos de hormigón y asfalto que con mayor frecuencia se observan en la ciudad de Concepción. Con este estudio se logró establecer un nivel de detalle adecuado, y un procedimiento sistemático y con documentación de apoyo en terreno. Lo que permitió reducir el sesgo del evaluador, asociado a las inspecciones visuales.

En este artículo se presenta el desarrollo conceptual de la metodología, y una aplicación desarrollada en la red céntrica de Concepción, sobre una longitud de 8 Km. para balizados de 25 y 40 m, a fin de estudiar también la incidencia del balizado en la evaluación global de estado.

Primero se realiza un análisis somero del concepto y alcances de la inspección visual dentro del contexto del sistema de Gestión SIGMAP. Posteriormente se presenta la propuesta metodológica y las aplicaciones realizadas en la Red Centro de la ciudad de Concepción.

2.- CONCEPTOS DE INSPECCION VISUAL

La auscultación se define como un proceso de dos fases que permite, mediante un proceso sistemático, tomar datos de estado de un pavimento y sintetizarlos en indicadores o índices objetivos. Se clasifica en auscultación Estructural y Funcional (Solminihac, 2001).

Dentro de las características funcionales, se agrupan la rugosidad, resistencia al deslizamiento, en tanto que en las estructurales se cuenta fundamentalmente la capacidad estructural (Ritchie *et al*, 1986). Otro indicador, que agrupa la condición estructural y funcional de un pavimento son los defectos superficiales. Se clasifican en tres grupos: Agrietamiento, deterioro superficial y distorsión. La forma de medición de tipo severidad y extensión, varía según las características del mismo (Gramling, 1994). Estos se obtienen a través de indicadores evaluados en forma manual mediante la inspección visual.

Existen diversas técnicas de inspección visual, diseñadas en su mayoría para carreteras, como son los métodos del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2001) el método SHRP de Estados Unidos (SHRP, 1993) y el método del Estado de Washington (WSDoT, 1992), entre los más relevantes. En el caso urbano, se han realizado adaptaciones de las metodologías aplicadas en caminos interurbanos. En Chile, se aplica la metodología recomendada por el Ministerio de la Vivienda (MIDEPLAN, 1992), que está inserta dentro del Sistema de Gestión SAMPU¹.

Se realizó un análisis comparativo de los métodos señalados, a fin de identificar los elementos a incluir en la propuesta metodológica. Para ellos se estudiaron los siguientes atributos: Unidad de muestreo y frecuencia de muestreo; tipo de defectos, instrumento de registro, calificación de estado. Con éste análisis se logró establecer los requerimientos técnicos de la metodología a desarrollar.

2.1. Unidades de Muestreo

Una unidad de muestreo se define como un segmento de la carretera con una longitud determinada, en donde se realizará la inspección. Se identifica mediante un balizado y se localiza cada ciertos intervalos que determinan la frecuencia de muestreo. El tamaño, número y frecuencia de muestreo requiere de un análisis estadístico basado en el principio de muestreo sistemático, restringido como máximo a un 10 % de error y un intervalo de confianza del 95 % (Zou y Chou, 2002). Con esto se garantiza la representatividad estadística de los datos. Este análisis es complejo, motivo por el cual en la mayoría de los casos se opta por especificar un tamaño y frecuencia de muestreo fijo, que varía de método en método. Esta práctica, si bien permite evitar el análisis estadístico, puede llevar que no se obtengan muestras representativas, debido a que el deterioro de un pavimento no se distribuye espacialmente en forma homogénea (Zou y Chou, 2002). En la Tabla 1, se muestra una síntesis de los criterios empleados en los métodos analizados. Se aprecia que el único patrón común es que en el caso de vías interurbanas el intervalo de muestreo es mayor.

¹ Sistema de Administración del Mantenimiento de Pavimentos Urbanos

Tabla 1: Tamaño y Espaciamiento de Unidad de Muestreo (Concha, 2001).

Método		Longitud	Frecuencia	Notas
SHRP		100 m	300 m	La frecuencia incluye la longitud de la unidad de muestreo.
MOP	Asfalto	40 m	cada 1000 m	El ancho corresponde al ancho de pista.
	Hormigón	10 primeras losas	cada 1000 m	Las losas son consecutivas
WSDoT		150 m	variable	el ancho corresponde al ancho de pista
MIDEPLAN	Asfalto	6*ancho	25 m	Centrada en el balizado
	Hormigón	losa adyacente	25 m	Centrada en el balizado

2.2.-Tipo de Defectos

Los defectos superficiales se diferencian por tipo de pavimento. Estos, se pueden agrupar en familias dependiendo de su origen o dependiendo de la manifestación del defectos. Estas agrupaciones, se emplean para la formulación de escalas semánticas de severidad. En el proceso de inspección misma, no se emplea ésta asociación.

En Tabla 2, se presenta un cuadro comparativo de los tipos de defectos que evalúa cada método en el caso de un pavimento de hormigón, de acuerdo a los defectos encontrados en la ciudad de Concepción.

Tabla 2: Defectos Superficiales en Pavimentos de Hormigón (MIDEPLAN; 1992; WSDoT, 1992; SHRP, 1993; WSDoT, 1994; MOP, 2001).

Defecto Superficial	Método de Inspección			
	SHRP	MOP	WSDoT	MIDEPLAN
Grietas de Esquina	X	X		X
Grietas Transversales	X	X	X	X
Grietas Longitudinales	X	X	X	X
Grietas Oblicuas		X	X	
Sello de Juntas Deteriorado	X	X		
Bombeo	X	X		
Escalonamiento	X	X	X	
Parches	X		X	X
Baches Abiertos		X		
Desgaste Superficial			X	X

Los defectos que en su globalidad se encuentran caracterizados en casi todas las técnicas de inspección visual, son las grietas y parches. Otros defectos típicos identificados en la ciudad de

Concepción, fueron incorporados tomando en cuenta los antecedentes disponibles en los métodos analizados y el trabajo de Lobo *et al* (1999), en el caso de pavimentos asfáltico. En contraparte, defectos asociados a condiciones especiales de vías interurbanas, como por ejemplo, aquellos asociados a las bermas, no fueron considerados.

2.3.- Proceso de Registro

En todos los métodos revisados, el proceso de registro se realiza empleando fichas de inspección. En general, todos los métodos, excepto el de SHRP, emplean un sistema de codificación numérica de fallas y calificación de severidad. Estos métodos, tienen la dificultad que la probabilidad de cometer un error al transcribir números es mayor que en el método de SHRP, que es esencialmente gráfico.

En dicho método, se emplea un croquis con simbologías asociadas a cada tipo de defecto superficial. Si bien esto le otorga precisión, requiere también de un tiempo mayor y una visual completa de la unidad de muestro, lo cual en zona urbana es poco frecuente, en especial en vías de alta jerarquía y elevado tránsito.

En los otros métodos, el principio de registro es similar, y corresponde a la calificación de cada muestra, según los catálogos de defectos superficiales de cada uno de ellos. Dadas las limitaciones que implica el registro en papel de los defectos, especialmente en tramos de muestro largo, han llevado a que diversas agencias viales automaticen el proceso, mediante el uso de computadores portátiles en donde es posible agilizar el registro (Fukuhara *et al*, 2001).

2.4.- Calificación de Estado

La calificación de estado se define como el proceso de asignación objetiva de atributos a un defecto superficial. Esta calificación objetiva está compuesta por la identificación de nombre del defecto, medición en algún tipo de unidad. En algunos casos se le asigna un grado de severidad. Esta última, permite estimar el grado del daño a fin de aplicar medidas de gestión tales como intervención inmediata o aplicación de algún mecanismo de priorización.

Las técnicas de calificación de estado basadas en severidad y extensión se integran con métodos de evaluación basados en sistemas expertos, lógica difusa o de matrices de transición de estado, que son adecuados en los casos en que no existe información de historia de comportamiento (Ritchie *et al*, 1986; Bandara y Gunaratne, 2001). Los modelos de comportamiento a incluir en SIGMAP, están orientados hacia estas técnicas de análisis.

Los métodos empleados en Chile, permiten identificar y medir la magnitud de la falla, pero no ofrecen procedimientos para estimar severidad, al contrario de los métodos SHRP y del Estado de Washington. Esto impone limitaciones al momento de emplear dicha información para elaborar planes y/o programas de mantenimiento.

El método del MINVU en particular, propone procedimientos para determinar a partir de los defectos superficiales un valor de Índice de Serviciabilidad (Ver MIEDPLAN, 1992), que describe una relación lineal entre índices agregados de defectos como es el Índice de Grietas. Este método, posee la desventaja que en el caso de existir defectos asociados a grietas con

severidad baja y otros defectos con severidad alta, se subvalúa el valor de serviciabilidad, especialmente en el caso de pavimentos de hormigón. El método MOP por su parte, define niveles de severidad para algunos defectos y en general no son comparables entre sí.

3.-METODOLOGIA DE INSPECCION

3.1.- Generalidades

La metodología desarrollada para el sistema SIGMAP², consiste en un proceso de inspección visual destinado a caracterizar y calificar defectos superficiales. Los requisitos impuestos a la metodología dieron origen al siguiente marco de referencia para el diseño metodológico:

- Lograr una metodología de fácil aplicación y bajo costo, a fin de que sirva como herramienta de gestión a los municipios de la intercomuna.
- Constituir un procedimiento sistemático de calificación de estado, apoyado por un manual de procedimientos de terreno, a fin de reducir la variabilidad en los resultados.
- Conformar un proceso sistemático de medición de defectos superficiales
- Incorporar elementos básicos de inventario que permitan conformar una base de datos para el desarrollo de modelos de deterioro de tipo Markoviano a incluir en sistema SIGMAP.
- Dotar a la metodología de una estructura que permita una fácil integración al sistema SIGMAP; en especial a los módulos de inventario y tramificación.

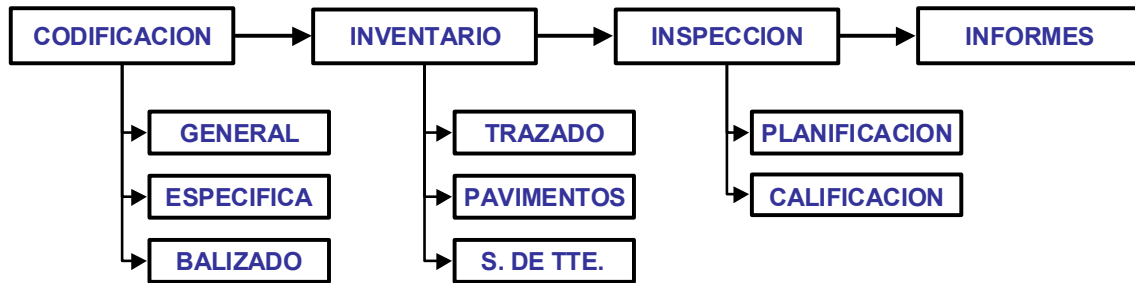
Con estos criterios generales se elaboró el proceso de inspección, constituido por los bloques que se describen en la sección siguiente.

3.2.- Diagrama general

La metodología se diseñó en cuatro bloques secuenciales: Codificación, Inventario, Inspección, Generación de Informes. En la Figura 1 se muestra el diagrama del proceso de inspección visual desarrollado. Se describe en las secciones siguientes cada una de sus componentes.

² Sistema de Gestión del Mantenimiento de Pavimentos Urbanos. Corresponde a la Versión 2.0, actualmente en desarrollo, de SGCPU.

Figura 1: Diagrama General de Proceso de Inspección Visual (Concha, 2001).

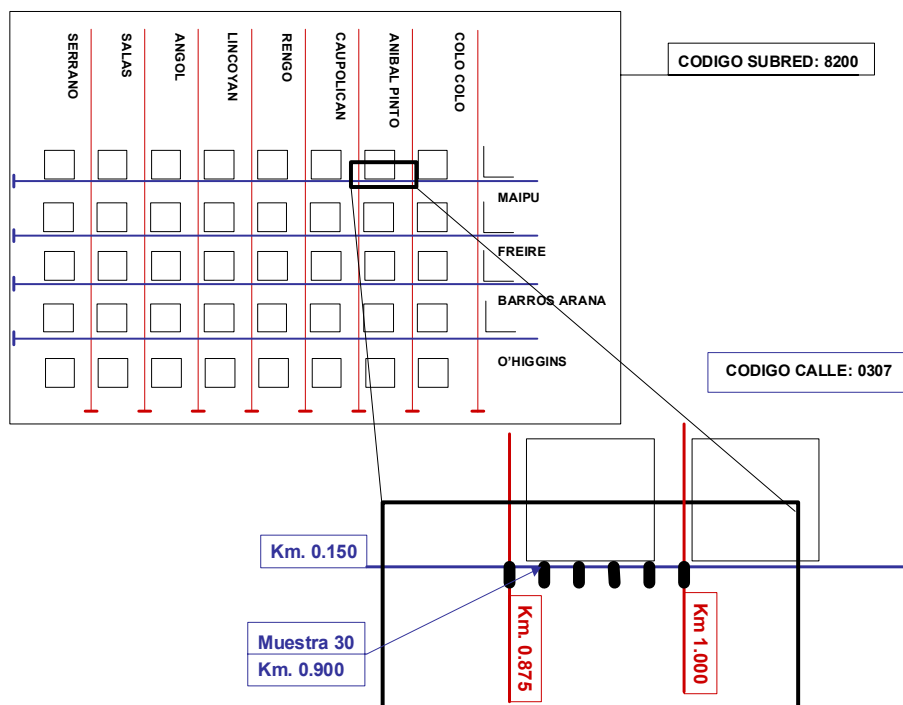


3.2.1.- Codificación

La codificación consiste en definir una topología y nomenclatura de la red a inspeccionar. Las metodologías de inspección utilizadas por SAMPU y la versión original del sistema SIGMAP, no admitía la evaluación de redes por zona, motivo por el cual se diseñó una codificación en tres etapas que son: Una codificación general, que permite especificar redes dentro de zonas; una codificación específica, que permite definir atributos a ejes longitudinales; balizado que permite definir a lo largo de un eje marcas de referencia para unidades de muestreo.

El balizado es el principal componente de la codificación. La metodología del sistema SAMPU y de SIGMAP, especifican un balizado cada 25 m. Sin embargo, no existe evidencia que tal espaciado sea costo eficiente. En la aplicación realizada por Concha (2001) en la Red Centro de Concepción, se utilizó un balizado cada 25 y 40 m. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de codificación aplicado en la ciudad de Concepción.

Figura 2. Esquema de Codificación aplicado en Concepción



3.2.2.- Inventario

El Inventario, obedece al concepto tradicional empleado en gestión de pavimentos. Se añaden elementos con un mayor nivel de detalle con una codificación independiente, la cual se vincula al resto de datos de codificación dentro del soporte computacional.

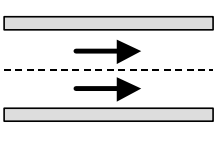
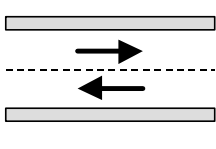
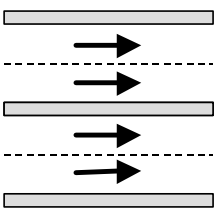
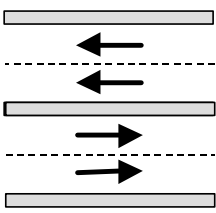
Los datos de inventario que se incluyen en este módulo son la geometría de los ejes, características de la estructura de pavimento, características del sistema de transporte. Estos antecedentes permiten posteriormente planificar y ejecutar la inspección.

La geometría de los ejes se realiza aplicando un procedimiento detallado en un *Catálogo de Inventario Geométrico*, en donde se especifica el procedimiento de codificación de elementos de la sección transversal y la caracterización de alineamiento longitudinal. En la Figura 3 se muestra un ejemplo del procedimiento de codificación de pistas.

Las características del pavimento corresponden esencialmente al tipo de carpeta (Asfalto, Hormigón, Adoquin / Adocreto (A&A), A&A con recapado, Hormigón con recapado) y características generales de diseño (obtenida mediante testigos o planos de construcción en el caso de proyectos mas recientes). En esta misma etapa se especifica si el pavimento es nuevo (menos de un año de construido) o antiguo.

La caracterización del sistema de transporte permite esencialmente determinar la importancia relativa de las vías urbanas respecto del sistema de actividades, lo cual en conjunto con la zonificación de uso del suelo de la Encuesta Origen Destino del Gran Concepción, permite definir con detalle las subredes que serán inspeccionadas. Este aspecto del inventario está orientado a la planificación de la inspección, dado que permite especificar subredes y realizar una priorización de inspección en cada una de ellas. Por otro lado, el conocimiento de la jerarquización vial, permite definir el tipo de tránsito que circula por las calles, separar la vialidad estructurante de la secundaria y ponderar la importancia relativa de ellas en el proceso de evaluación.

Figura 3: Ejemplo de Codificación de Pistas (Concha, 2001).

<p>Calzada Simple 2 Pistas - 1S (CS2-1S)</p>	<p>P - 2 P - 1</p>		<p>Calzada Simple 2 Pistas - 2S (CS2-2S)</p>	<p>P - 2 P - 1</p>	
<p>Calzada Simple 4 Pistas - 1S CS4-1S)</p>	<p>P - 4 P - 3 P - 2 P - 1</p>		<p>Calzada Doble 2 Pistas - 2S CD2-2S)</p>	<p>P - 4 P - 3 P - 2 P - 1</p>	

3.2.3.- Inspección

El proceso de inspección consta de dos etapas: Planificación y Calificación de Estado. La Planificación permite organizar las tareas de inspección de modo de que esta sea realizada con el mínimo de recursos, con la menor perturbación posible del tránsito vehicular y peatonal y al menor costo posible. La Calificación de Estado por su parte, consta de un proceso de tres pasos: Identificación de defectos superficiales, Medición y Estimación de Severidad.

A. Planificación

La planificación toma como base los antecedentes de Codificación. En esta etapa se define qué subred se va a inspeccionar, cuál es el tamaño y localización de las unidades de muestreo, la planificación horaria y diaria de la inspección, la duración total, rendimiento y cantidad de personal emplear.

B. Calificación de Estado

Como se mencionó anteriormente, la calificación de estado se realiza en tres pasos. El primer paso corresponde a la identificación de defectos. Se realiza con el apoyo de un *Catálogo de Defectos Superficiales*, en donde se encuentran registradas las características de los defectos típicos de los pavimentos en Concepción. Estos defectos han sido identificados y caracterizados mediante los trabajos de Lobo *et al* (1999) y Concha (2001) para pavimentos de hormigón y asfalto.

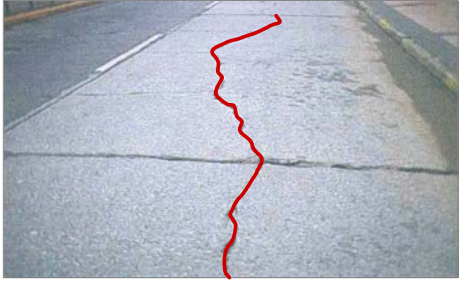
En Tabla 1 se muestra la codificación y unidad de medición de defectos superficiales para el caso de hormigón.

Tabla 1: Índice de Defectos Superficiales de Pavimentos de Hormigón (Concha, 2001).

Código	Defecto	Unidad
001H	Grieta de Esquina	Gr/losa
002H	Grieta Longitudinal	m
003H	Grieta Transversal	m
004H	Sello Junta Transversal Dañado	Un
005H	Sello Junta Longitudinal Dañado	Un
006H	Escalonamiento Junta Transversal	Un/Um
007H	Parche	m ²
008H	Baches	m ²
009H	Desconche Junta Transversal	Un/Um
010H	Desconche Junta Longitudinal	Un/Um
011H	Pérdida de Aridos	m ²
012H	Desgaste de Aridos Superficiales	m ²

En la Figura 4 se muestra un ejemplo del catálogo asociado al defecto 002 h, correspondiente a una grieta longitudinal.

Figura 4: Ejemplo de Catálogo de Defectos Superficiales. para un pavimento de Hormigón

CÓDIGO:	002H	DEFECTO:	Grieta Longitudinal	
			NIVEL DE SEVERIDAD	
			Bajo (B)	Ancho < 6 mm Grietas selladas
			Medio (M)	Ancho > 6 mm Ancho < 20 mm
			Alto (A)	Ancho > 20 mm
MEDICION				
<p>Se registra número total y longitud total en metros de grietas asociadas a cada clase de severidad.</p> <p>Se determina el nivel de severidad según el valor más alto en una longitud superior al 10 % del total.</p>				

La severidad mide el grado de deterioro que presenta determinado defecto superficial. Se califica mediante una escala semántica en donde se relacionan los valores de la medición, con umbrales Medio, Alto y Bajo. Esta escala no es directamente comparable entre defectos individuales. Como una aproximación, se consideró que la escala semántica utilizada, es al menos comparable entre familias de defectos superficiales.

3.2.4.- Generación de Informes

En esta etapa se realiza la síntesis y representación gráfica de la información, para su empleo dentro del sistema de gestión o para comunicación de la misma. Asimismo, permite realizar la actualización de las bases de datos en los antecedentes de inventario y estado que hayan sido modificados desde la inspección anterior.

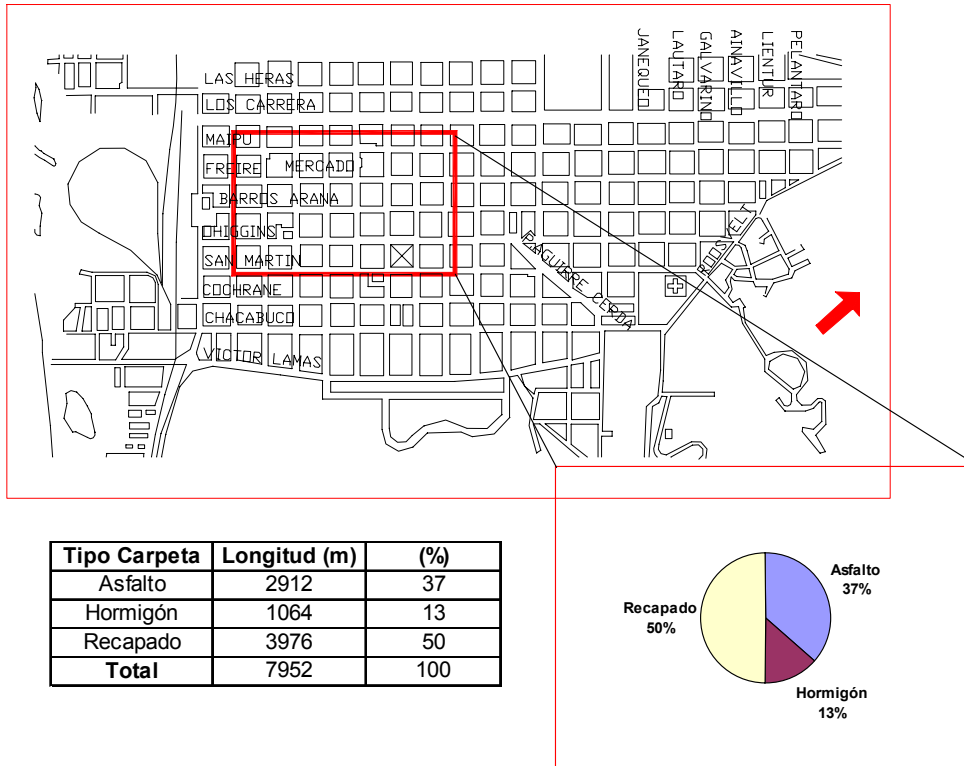
4.- APLICACIÓN

Se realizó una aplicación a la Red Céntrica de Concepción conformando una subred al interior del cuadrante comprendido entre las calles Serrano – Colo Colo y Maipú - O’Higgins totalizando una longitud de calles de 8 Km.

En la Figura 5, se muestra la localización de la subred analizada, y la distribución porcentual por tipo de carpeta.

Se asignaron los códigos de subred, de eje y balizado. Se analizó un balizado cada 25 m y otro cada 40 m. En la Figura 2 anterior se presentó un ejemplo de la codificación en sus tres etapas.

Figura 5: Caracterización General de Subred Analizada



En la Tablas 2 y 3, se muestran los resultados de inspección de las calles Maipú y Salas para los dos balizados. La calle Maipú posee pavimento de asfalto y la calle Salas de hormigón.

Tabla 2: Calificación de Estado de Calle Salas (Concha, 2001).

% de Unidades de Muestreo con Defectos Superficiales							
Severidad	Balizado a 25 m; 40 Unidades de Muestreo						
	Esquina	Longitudinal	Transversal	Sello Trasn	Sello Long	Desc Trans	Desc Long
B	3	3	30	13	0	8	5
M	8	3	48	8	0	35	15
A	0	3	23	13	0	35	3
Total	10	8	100	33	0	78	23
Severidad	Balizado a 40 m; 26 Unidades de Muestreo						
	Esquina	Longitudinal	Transversal	Sello Trasn	Sello Long	Desc Trans	Desc Long
B	4	4	31	12	0	12	8
M	0	4	42	12	0	27	23
A	0	4	27	19	0	35	4
Total	4	12	100	42	0	73	35

Los defectos predominantes son las grietas transversales, desconches y deterioro de sellos de juntas transversales. Todos estos defectos presentan una severidad predominantemente media a alta. Esta tendencia fue observada en la totalidad de las unidades de muestreo con pavimento de hormigón analizadas en la Red Centro.

Se puede apreciar también, que la tendencia general en cuanto a proporción de unidades de muestreo con cada tipo de defecto superficial se mantiene independientemente del balizado. Sin embargo, el utilizar balizado a 40 m, dada la heterogeneidad de los defectos identificados en terreno, reduce significativamente la representatividad de los datos.

Tabla 3: Calificación de Estado de Calle Salas (Concha, 2001).

% de Unidades de Muestreo con Defectos Superficiales					
Severidad	Balizado a 25 m; 74 Unidades de Muestreo				
	Piel de Cocodrilo	Grietas de Bloque	Grietas de Borde	Grietas Longitudinales	Grietas Transversales
B	5	3	9	16	26
M	19	20	9	38	65
A	4	3	0	5	9
Total	28	26	17	59	100
Severidad	Balizado a 40 m; 46 Unidades de Muestreo				
	Piel de Cocodrilo	Grietas de Bloque	Grietas de Borde	Grietas Longitudinales	Grietas Transversales
B	4	2	9	4	20
M	11	20	9	30	70
A	0	2	0	9	9
Total	15	24	17	43	98

El defecto predominante corresponde a grietas longitudinales y transversales, y presentan una severidad Baja a Media. Al igual que en el caso anterior, el balizado reduce en un 54 % el número de muestras requerido.

5.- CONCLUSIONES

La primera versión del sistema SIGMAP utilizaba modelos de deterioro de tipo mecanicista que requiere calibración y una base de datos de gran tamaño. En la versión 2.0, actualmente en desarrollo, se ha optó por aplicar modelos de comportamiento de tipo markoviano, para lo cual fue necesario reformular la manera en que se estaba realizando auscultación en la versión anterior del sistema.

La metodología de calificación de estado desarrollada, resuelve el problema de recolección de datos para realizar la evaluación de estado en la nueva versión del sistema SIGMAP, actualmente en desarrollo.

La inspección visual es una técnica de evaluación no invasiva del estado de un pavimento. Los resultados que se obtienen poseen una variabilidad inherente a las interpretaciones subjetivas, que puede ser reducida en parte disponiendo de una instrucción adecuada de inspectores de terreno. Representa una alternativa de bajo costo y rápida ejecución.

La aplicación se realizó sobre una muestra reducida, a fin de analizar el comportamiento de la metodología. Se determinó que uno de los elementos importantes a considerar es el espaciamiento de balizado.

El balizado determina el tamaño muestral a considerar en la inspección y, a la vez, la duración del trabajo de terreno. En el trabajo se emplearon espaciamientos de 25 y 40 m, lo cual no arrojó diferencias significativas. Sin embargo, se requieren análisis adicionales para determinar el espaciamiento óptimo del balizado.

Se desarrolló un procedimiento de calificación en tres etapas, que considera la identificación, medición y calificación de severidad de defectos superficiales. Este ordena y sistematiza los procedimientos de evaluación de defectos superficiales, sin embargo no permite realizar una ponderación agregada por eje del estado de las vías dado que la escala semántica de calificación de severidad diseñada no posee una ponderación relativa que permita realizar comparaciones.

Es necesario perfeccionar el procedimiento de estimación de severidad de los defectos. Por un lado se requiere definir en forma objetiva la escala semántica a emplear de manera que exista equivalencia. Para ellos es necesario construir funciones de valor unitarias que traduzcan a un lenguaje común la magnitud medida de cada defecto.

Asimismo, es necesario diseñar un método racional de agregación por muestra y por eje de la severidad de los defectos, a fin de establecer un mecanismo de priorización por eje. Con esto se logra que los planes y programas que se elaboren sean consistentes con el tamaño de las licitaciones para ejecutar el mantenimiento.

6. REFERENCIAS

- Bandara, N Gunaratne M. "Current and Future Pavement Maintenance Priorization Based on Rapid Visual Condition Evaluation" ASCE Journal of Transportation Engineering. Vol 127, No 2, 116 – 123. 2001.
- Concha, E. "Metodología de Calificación de Estado para Pavimentos Urbanos". Memoria de Título. Facultad de Ingeniería. Universidad del Bío Bío. 2001.
- Echaveguren, T León, C y González, D. "Un Sistema de Gestión del Mantenimiento de Pavimentos Urbanos para Concepción". VI Congreso PROVIAL 2000, 145 – 160. La Serena. 2000.
- FHWA. "Variability of Pavement Distress Data From Manual Surveys". FHWA – RD – 00 – 160. Estados Unidos. 2000.
- Fukuhara, T Terada, K Nagao, M Kasahara, A e Ichihashi, S. "Automatic Pavement Distress – Survey System". ASCE Journal of Transportation Engineering. Vol 116, No 3, 280 – 298. 2001.

- Gramling, W. "Current Practices in Determining Pavement Condition". NCHRP Synthesis of Highway Practices 203. NAP. Estados Unidos. 1994.
- Lobo, M Torregrosa, P León C. "Patologías de Pavimentos Asfálticos de Concepción". Obras Públicas No 25, Año 8, 28 – 36. Chile. 2000
- MIDEPLAN. "Metodología simplificada de preparación y evaluación de proyectos de mantenimiento vial urbano". En Inversión Pública, Eficiencia y Equidad. 178 - 188. Departamento de Inversiones. Chile. 1992.
- MOP. "Instructivo de Inspección Visual de Caminos Pavimentados a Nivel de Red. Dirección de Vialidad. Unidad de Gestión Vial. Chile. 2001.
- Ritchie, S Yeh, C Mahoney, J y Jackson, N. "Surface Condition Expert System for Pavement Rehabilitation Planning". ASCE Journal of Transportation Engineering. Vol 113, No 2, 155 – 167. 1986.
- SHRP. "Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Project". SHRP – P – 338. Strategic Highway Research Program. Estados Unidos. 1993.
- Solminihaq, H. "Gestión de Infraestructura Vial". Ediciones Universidad Católica de Chile. 2a Edición. Chile. 2001.
- WSDoT. "Pavement Surface Condition Rating Manual". Washington State Department of Transportation. Estados Unidos. 1992.
- WSDoT. "A Guide for Local Agency Pavement Managers". The Pavement Management System Guidebook Review Team. Washington State Department of Transportation. Estados Unidos. 1994.
- Zou, Y y Chou, Y. "Determination of Test Spacing in Pavement Evaluation". Paper 02 – 00247. 81th TRB Conference. Estados Unidos. 2002.