

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS



PABLO IGNACIO COFRÉ UBILLE

Ingeniero Constructor por la Universidad de Talca – Chile. Licenciado en Ingeniería en Construcción por la Universidad de Talca – Chile. Ayudante de ramo curricular de varias asignaturas referentes a la Construcción de la Universidad de Talca. Actualmente es socio e Ingeniero de Proyectos en LC2 Ingeniería Ltda.



ENZO ALEJANDRO ARELLANO RAMOS

Master of Science in Business Administration por la Université Libre des Sciences – Bélgica. Diplomado en Educación Basada en Competencias y Diplomado en Riego Tecnificado por la Escuela de Gestión Europea. Master en Dirección y Organización de Empresas (Negocios Internacionales) por la U. de Lleida – España. MBA – Master en Dirección General de Empresas por la Escuela de Negocios IEDE - Chile. Licenciado en Ciencias de la Ingeniería Civil por la Universidad de Chile – Santiago. Actualmente es Profesor Conferenciante Jornada Completa de la Facultad de Ingeniería – U. de Talca.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

(Entregado 28/05/2014 – Revisado 15/06/2014)

Universidad de Talca - Chile
Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Construcción
pcofre@lc2ingenieria.cl
earellano@utalca.cl

Resumen

Las señalizaciones planas son aquellas que dispuestas en el pavimento guían el flujo vehicular con la finalidad de hacerlo seguro y expedito, evitando que el automovilista distraiga su atención de la vía. Considerando insumos certificados que permitan satisfacer estándares de retrorreflexión, contraste y resistencia al deslizamiento, se han analizado los costos unitarios de adquisición y aplicación (por metro lineal) pertenecientes a cuatro alternativas utilizadas en proyectos de este tipo: pintura alquídica cloro-caucho (\$378), pintura acrílica (\$561), pintura termoplástica colocada en caliente (\$1.334) y láminas preformadas de origen termoplástico (\$3.065). Finalmente, y tras analizar el valor presente de los costos (VPC) de cada opción analizada, se concluye que, bajo tasas de intereses convencionales, la demarcación prefabricada resultó ser la solución más económica desde la I a la VIII región del país, dejando a su símil de aplicación en caliente como la alternativa más rentable desde el Bío Bío hacia el extremo sur de Chile.

Palabras Claves: Demarcación, vial, prefabricado, termoplástico, rentabilidad.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

Abstract

The signals which laid flat on the pavement, guide the traffic flow in order to make it safe and expeditious, preventing the motorist to be distracted their attention from the road. Considering certificated inputs to satisfy standards of retro reflection, contrast and slip resistance, we analyzed the unit costs of acquisition and application (per meter) belonging to four of the alternatives used in projects of this type: chlorine-rubber alkyd paint (\$378), acrylic paint (\$561), placed- in hot thermoplastic paint (\$1,334) and preformed thermoplastic sheets (\$3,065). Finally, after analyzing the present value of costs (PVC) of each option analyzed, we conclude that, under conventional interest rates, the demarcation prefabricated proved to be the cheapest solution from I to VIII region of the country, leaving his simile of hot application as the most profitable alternative from the Bio Bío to the southern of Chile.

Keywords: Demarcation, road, prefabricated, thermoplastic, profitability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en carreteras, autopistas y vías urbanas de Chile, la utilización de pinturas y esmaltes para la señalización en pavimentos constituyen la alternativa más común y tradicional a la hora de materializar proyectos de este tipo. Sin embargo, problemas asociados a la ejecución de constantes mantenimientos, y desembolsos reiterados de capital a causa de una vida útil extremadamente acotada, son sin lugar a dudas una de las principales desventajas que afecta a la utilización de dicha opción. Lo anterior, sumado a deficiencias técnicas que recaen fuera de los requisitos mínimos exigidos por la actual normativa chilena, como bajos índices de retroreflexión lumínica y un contraste inadecuado con el pavimento o sustrato, hacen imprescindible la utilización de materiales de mejor calidad, cuyo costo de adquisición y aplicación se equiparen, al menos dentro de rangos definidos, con potenciales ahorros en mantenimiento y rehabilitación.

Hace algunos años, innovadores productos utilizados para este tipo de señalización han conseguido un nuevo nicho de negocio en Europa, específicamente en países como Francia, España y Dinamarca; tal es el caso de la utilización de demarcaciones prefabricadas a base de una matriz termoplástica en estado sólido, las cuales se suministran en variadas formas y se fijan al pavimento por medio de la incorporación de un diferencial térmico generado por un soplete o equipo similar. Otorgan una vida útil mayor que los métodos tradicionales y no requiere de un costo elevado para su aplicación. Por otro lado, corresponde a un material con excelentes cualidades ópticas, pues en la mayoría de los casos, traen incorporadas diminutas y microscópicas esferas de vidrio encargadas de reflejar y refractar las fuentes lumínicas a las que se exponen.

El presente artículo evalúa la viabilidad técnica y económica en el uso de demarcaciones termoplásticas prefabricadas en nuestro país. Se hace hincapié en las diferentes metodologías utilizadas hoy en día en Chile para la confección de señalizaciones planas en pavimentos, explicitando vidas útiles esperadas para cada tipo de alternativa y su correspondiente precio unitario. El estudio, por lo tanto, se ejecuta en base a períodos esperados de funcionalidad, tanto de marcas aplicadas bajo métodos tradicionales como aquellas suministradas de forma preformada. Finalmente se determina qué solución integra de forma más óptima sus respec-

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

tivos costos de aplicación y la vida útil esperada a mediano plazo, utilizando herramientas y conceptos de ingeniería económica como el valor presente de los costos (VPC).

ANTECEDENTES TEÓRICOS

Según la ley chilena N° 18.290 o ley de tránsito, una demarcación plana corresponde a cualquier señalética colocada sobre el pavimento para facilitar, asegurar y guiar el tránsito de vehículos y peatones. Corresponden a líneas, símbolos o palabras, de una altura que generalmente no supera los 6 mm., las cuales sujetas a un código preestablecido, explicitan ciertas actitudes responsables que deben adoptar los usuarios de la calzada a la hora de utilizarla con el fin de movilizarse. La principal ventaja de estas señalizaciones, es que el conductor es capaz de informarse sin necesidad de volcar su vista fuera de la calzada, permitiendo, de esta manera, mantener su concentración y atención al flujo vehicular.

a) Materiales para demarcación vial: composición y tipología

Sea cual sea el material ocupado para la ejecución de una demarcación vial, éste poseerá siempre una parte mineral o inorgánica y otra orgánica:

Parte mineral: Corresponden a los pigmentos y las cargas o extendedores. Los primeros son responsables del color del material y su poder sellador. Se extraen de sustancias minerales naturales o se sintetizan artificialmente por medio de métodos complejos y costosos, lo que lo hace el componente más caro de la demarcación. Poseen un tamaño inferior a una micra. En los productos de color blanco, se utiliza generalmente el dióxido de titanio, mientras que en materiales amarillentos, el pigmento más usual es el cromato de calcio. Las cargas o extendedores, en tanto, son componentes inorgánicos que proporcionan poder de relleno. Es común la utilización de cuarzo, talco o barita, y su tamaño varía entre 10 micras para el caso de pinturas alquídicas y 600 micras en el caso de demarcaciones termoplásticas aplicadas en caliente o en frío (generalmente, éstas últimas poseen un mayor espesor).

Parte orgánica: Se conforma por el disolvente, ligante y aditivos. El primero corresponde a las sustancias que mantienen el producto en estado líquido hasta su aplicación. Es común en pinturas, no así en termoplásticos aplicados en caliente, ni mucho menos en demarcaciones preformadas. Generalmente son compuestos derivados del petróleo, y su volatilidad condiciona el tiempo de secado; es la parte que se evapora de la demarcación, y de su proporción depende el espesor de la marca. Por otro lado, el ligante es la sustancia encargada de la cohesión entre los componentes inorgánicos, y de él depende la adherencia del producto al sustrato o pavimento, su vida útil y resistencia al ataque de rayos ultravioleta. Se constituye generalmente por una resina y un plastificante. Finalmente, los aditivos se aplican en dosis bajas y estrictamente controladas. De estas sustancias depende el buen comportamiento del producto. Entre ellos encontramos fungicidas, bactericidas, secadores y antiespumantes.

Por otro lado, los materiales utilizados en la ejecución de obras de demarcación caminera se pueden clasificar de la siguiente manera:

I. Pinturas convencionales: son las más utilizadas y poseen un gran contenido de disolvente, por

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

lo que su uso está en declive. Son aplicables con herramientas básicas de mano, tales como rodillos y brochas y compresores. Esta agrupación se subdivide en los siguientes tipos de productos:

- *Pinturas alquídicas:* Su ligante está formado por una resina de tipo alquídica. Este tipo de pinturas presentan un doble secado: uno es por evaporación del disolvente, mientras que el otro es por la polimerización del ligante, lo que se conoce como secado oxidativo.
- *Pinturas alquídicas modificadas con cloro-caucho:* Similares al producto descrito en el punto anterior, pero que incorpora a su resina partículas de caucho clorado con el fin de conferir a la pintura una mayor resistencia a la abrasión y un secado más rápido.
- *Pinturas acrílicas en emulsión:* Su resina se conforma por polímeros acrílicos (ej. metilmetacrilato) disueltos en una emulsión acuosa, la cual se evapora al aplicarse sobre el sustrato.
- *Pinturas acrílicas en base solvente:* Similares a la clasificación anterior, pero esta vez los polímeros de la resina se disuelven en sustancias de naturaleza orgánica de alto poder disolvente.

Dentro de las pinturas convencionales, estas otorgan una mayor durabilidad a la demarcación.

II. Termoplásticos de aplicación en caliente: corresponden a una mezcla de sustancias inorgánicas de tamaño superior a 700 micras, cuya resina y plastificante se encuentran en forma sólida sin presentar disolvente. Se presenta, por tanto, en forma de “grano grueso”, en la que se incorporan micro esferas de vidrio y un aceite mineral especial que ayuda a controlar la viscosidad del material al momento de su aplicación. La resina es capaz de cambiar de estado sólido a líquido mediante la incorporación de calor. Los termoplásticos de aplicación en caliente se pueden aplicar mediante pulverización o extrusión; en la primera forma, la masa de material previamente calentada (180 °C – 200 °C) se aplica mediante presión pulverizada con pistolas, consiguiendo espesores de película entre 1 y 3 mm. En la aplicación por extrusión, en cambio, la masa de material caliente se aplica por “colada” por medio de dispositivos autopropulsados. Cabe destacar que una insuficiente temperatura de fusión provoca una mala adherencia del material al sustrato. Por otro lado, en pavimentos de hormigón requiere de un riego de liga asfáltico previo, con el fin de adherir la marca a la superficie.



Fig.01: Equipo autopropulsado para la confección de demarcaciones termoplásticas en caliente.

III. Plásticos de dos componentes de aplicación en frío: Son productos a base de polímeros acrílicos, los cuales le otorgan al material la resistencia necesaria para soportar desgaste mecánico y ambiental. Generalmente se componen de dos elementos: el primero corresponde a una base pigmentada, mientras que el componente dos es un peróxido orgánico. Con estos materiales se materializan los cruces peatonales, símbolos, flechas y leyendas. Pueden

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

ser aplicados con una máquina automática para demarcación convencional o por medios manuales, como platachos y llanas metálicas.

IV. Materiales Prefabricados: Son todos aquellos materiales de demarcación que no poseen solvente, y que poseen algún tipo de ligante en estado sólido. Se suministran, por tanto, en bandas o figuras preformadas, y pueden ser subdivididos de acuerdo a la forma en que se incorporan al sustrato:

- Cintas: Formadas por pigmentos, cargas y un ligante plástico en estado sólido, como por ejemplo el cloruro de polivinilo. Se aplican sobre la superficie mediante algún tipo de adhesivo que se vende por separado o se dispone en la misma banda. Cabe destacar que este adhesivo no cambia la constitución física y/o química de la marca preformada, y del proceso de pegado depende, en gran medida, la vida útil del producto.
- Demarcación termoplástica prefabricada: Las demarcaciones termoplásticas prefabricadas corresponden a productos a base de resinas plásticas en estado sólido, las cuales se adhieren al pavimento al someterlo a la acción de una fuente externa de calor, fusionándose con el sustrato. Sus principales características se comentan a continuación:

I. Son duraderas y ecológicas (su fabricación no utiliza procesos que atenten contra el medio ambiente, ya sean emisiones líquidas o gaseosas).

II. Permiten ser aplicadas de forma limpia, rápida y a bajo costo (no requiere de mano de obra especializada ni de equipos de costo mayor, sólo de una escoba y un soplete).

III. Son compatibles con cualquier tipo de pavimento, ya sea asfalto u hormigón limpio de impurezas o vestigios de marcas anteriores.

Tienen una amplia difusión en Europa, en países como España, Francia y Dinamarca, no así en nuestro país. Una de las empresas pioneras en la fabricación y distribución de este producto es LKF Premark, organización danesa con una gran cantidad de representantes en todo el mundo. Generalmente se componen de una matriz a base de dióxido de titanio, y se presentan en rollos (para líneas), símbolos o letras, con micro-esferas para reflexión lumínicas previamente incorporadas. En la tabla 01 se aprecian algunas especificaciones físicas y químicas del producto.

Tabla 01:

Propiedades físico-químicas básicas de una demarcación vial termoplástica prefabricada.

ASPECTO	Masa plástica
OLOR	Ninguno
PUNTO DE EBULLICIÓN	260 [°C]
PUNTO DE FUSIÓN	100-110 [°C]
DENSIDAD	260 [gr./cm ³]
PUNTO DE INFLAMACIÓN	250 [°C]

Fuente: Premark S.A. (España), representante de LKF;
“Demarcación termoplástica prefabricada - Ficha de datos de seguridad”.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

La colocación del producto sólo requiere de 4 puntos que configuran el proceso constructivo global:

- I. Limpieza de la superficie con escoba, cepillo o soplador.
- II. Secado del sustrato (asfalto u hormigón) con soplete.
- III. Instalar la marca prefabricada en el emplazamiento que el proyecto lo determine.
- IV. Fijar el producto con llama directa (véase figura 02).



Fig. 02: Proceso constructivo global para la colocación de demarcaciones termoplásticas prefabricadas.

b) Requerimientos técnicos mínimos exigidos en Chile

El Manual de Carreteras, en su Volumen 5 “Especificaciones Técnicas Generales de Construcción” y en su “Volumen 8 Especificaciones y Métodos de Ensayo, Muestreo y Control”, considera que los requisitos mínimos de cualquier tipo de demarcación se enmarcan en los siguientes tres aspectos:

I. Visibilidad nocturna: Las demarcaciones deben ser visibles a cualquier hora del día y bajo cualquier condición climática existente. Para ello, se materializan con la adición de micro-esferas de vidrio⁴⁶ o algún material similar. Las primeras corresponden a esferas perfectamente redondas, de vidrio y sin color aparente. La visibilidad nocturna se determina midiendo el coeficiente de luminancia retrorreflejada o, también llamado, retrorreflexión. La expresión algebraica que define este parámetro se explicitan en la ecuación 3.1:

$$R_1 = \frac{L}{E} \left[\frac{mcd}{lx \cdot m^2} \right]$$

Ecuación 01: *Retrorreflexión.*

Donde:

R_1 : Coeficiente de luminancia retrorreflejada, medida, generalmente, en $\left[\frac{mcd}{lx \cdot m^2} \right]$.

L: Luminancia. Coeficiente que explicita la razón entre la intensidad luminosa emitida por la fuente (medido en milicandelas, $[mcd]$) y el área de proyección sobre un plano perpendicular (en metros cuadrados, m^2). Por lo tanto, la unidad de medida general para la luminancia es $\left[\frac{mcd}{m^2} \right]$.

E: Cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en lux . $[lx]$.

⁴⁶ El método propuesto para determinar el índice de refracción de las microesferas de vidrio Está basado en la norma UNE 135-283-94 y en la norma chilena NCh 2138Of9.1“Pinturas Para Señales y Demarcaciones deTránsito - Requisitos”.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

Este requisito se mide in situ por medio de retrorreflectómetros, instrumentos capaces de indicar la cantidad de luz reemitida por la superficie iluminada por la fuente. El Manual de Carreteras establece que este valor no debe ser inferior a 150 [$\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] en los primeros 30 días luego de ser aplicada la marca, ni menor que 90 [$\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] a lo largo de su vida útil.



Fig. 03: Retroreflectómetro LTL-XL.

Además, mide temperatura ambiente y humedad relativa del aire.

II. Contraste con el pavimento: Se define la relación de contraste (R_c) mínima entre demarcaciones y pavimento. Ésta debe ser mayor o igual a 1,7 y se obtiene de la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{\beta_{\text{demarcación}} - \beta_{\text{pavimento}}}{\beta_{\text{pavimento}}}$$

Ecuación 02: Relación de contraste.

Donde β corresponde al factor de luminancia.

Éste es obtenido del procedimiento explícito en el Volumen 8 del Manual de Carreteras, sección 8.602.8. Sin embargo, los factores mínimos aplicables a este factor son de 0,4 y 0,2 para demarcaciones blancas y amarillas respectivamente.

III. Resistencia al deslizamiento: Al igual que los pavimentos, las demarcaciones deben poseer una resistencia al deslizamiento adecuado que permita la circulación segura de los vehículos sobre ella (relacionada con el coeficiente de roce). El coeficiente de roce de las señalizaciones planas debe ser informado al inspector fiscal y al Laboratorio Nacional de Vialidad. Se utiliza el método del Péndulo Británico (TRRL), cuya aplicación se explicita en la sección 8.602.24 del Vol. 8 del Manual de Carreteras, basado en las normativas internacionales ASTM E 303-93 y AASHTO T 278-90, “Standard method of test for surface frictional properties using the British Pendulum Tester”⁴⁷ y NLT-175/98, Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo del TRRL. A grueso modo, la resistencia al deslizamiento se evalúa midiendo la pérdida de energía de un péndulo de fricción (que simula el eventual comportamiento de los neumáticos de un vehículo motorizado) que frena bloqueando el giro de sus ruedas a partir de una velocidad de 50 [Km./hr.] sobre pavimento mojado y señalizado horizontalmente con algún tipo de material. Esta pérdida energética depende de la porosidad del pavimento y la demarcación, espesor de esta última y el tiempo que lleve colocada sobre el sustrato.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

Acorde a las propiedades intrínsecas de los materiales señalados, generalmente facilitadas

⁴⁷ Método estándar de prueba para determinar las propiedades de la superficie de fricción usando el Método del Péndulo Británico.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

por algunas marcas comerciales nacionales e internacionales, en la tabla 02 se dan a conocer, a modo de resumen, algunas de las particularidades técnicas de mayor interés para el presente estudio. Se hace hincapié en sus propiedades físicas, químicas y/o mecánicas, formas de almacenamiento, distribuidores, además de sus respectivas presentaciones comerciales y métodos de empleo sugeridos.

Como en ella se observa, y desde el punto de vista técnico, todas las soluciones presentadas son viables; esto se explica debido a que a través de cada una de ellas se es posible satisfacer los requerimientos mínimos establecidos por el reglamento imperante en lo que respecta a la proyección y ejecución de proyectos de demarcación vial.

Tabla 02: Análisis de factibilidad técnica⁴⁸.

PROPIEDAD	UNIDAD	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4	ALT. 5	ALT. 6	ALT. 7
Reflectancia inicial	$\frac{mcd}{lx \cdot m^2}$	≥ 150	≥ 150	≥ 165	≥ 165	≥ 150	≥ 150	≥ 300
Materias no volátiles volumen	%5	5	50-55	51	100	S.I.	100	100
tiempo de secado - al tacto	min.	10-15	2-61	0S	1.2	0D	.A.S	.I
tiempo de secado - apto al tránsito	min.	45	15	15	20	S.I.	D.A.	D.A.
tiempo de secado - dureza máxima	min.	S.I.	S.I.	45	20	40	S.I.	D.A.
Espesor recomendado	pm	≥ 150	300	500-600	2.500 - 3.000	1000	1.000 - 1.500	2.250- 3.000
Presentación comercial	-	GA-TI.T	I.	TI.S	A.	GA.	I.A.L	A.
Existencia en el mercado nacional	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

DEFINICIÓN DE COSTOS Y ESTUDIO DE PRECIOS UNITARIOS

El presente análisis económico se fundamenta en cuantificar los costos directos incurridos en la materialización de obras de demarcación vial, tanto para métodos tradicionales como para la colocación de demarcaciones termoplásticas prefabricadas. Estos gastos se pueden individualizar o subdividir en las siguientes categorías:

I. Costos de materiales: Corresponde al precio monetario neto de mercado⁴⁹, y se refiere a los insumos materiales utilizados comúnmente en proyectos de demarcación vial. Incorpora una pérdida⁵⁰ previamente definida (generalmente del orden del 3% - 8%) y todos los impuestos necesarios, a excepción del I.V.A., para internar el producto en Chile (en caso de no existir en el mercado nacional).

II. Costos de mano de obra: Son los gastos referidos a la utilización de fuerza laboral en la operación misma de construcción. Su cuantificación depende del rendimiento de cada trabajador. Cabe señalar que, en esta sección, se incorporan todas las leyes sociales que por

⁴⁸ Alt. 1: Alquídica cloro-caucho; Alt. 2: Acrílica en emulsión; Alt. 3: Acrílica en base solvente; Alt. 4: Termoplástica en caliente; Alt. 5: Plástico frío de dos componentes; Alt. 6: Cinta adhesiva; Alt. 7: Termoplástica prefabricada; S.I.: Sin información certificada; D.A.: Después de aplicar; GA.: Galón; TI.: Tineta; SA.: Saco de 25 Kg.; LA.: Lámina preformada.

⁴⁹ No consideran el 19% de Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.).

⁵⁰ Su utilización se hace necesaria por razones de mala manipulación de materiales, errores de cubicación, mal transporte o mala programación de compras.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

contrato y que, atendiendo a la ley, deben ser canceladas. En la tabla 03 se aprecia la conformación, en porcentaje, de las leyes sociales consideradas en el presente estudio.

Tabla 03: Composición de leyes sociales consideradas en el análisis de precios unitarios.

ITEM	LEYES SOCIALES	PORCENTAJE (%)
1.	IMPOSICIONES	10,50
2.	SALUD	7,00
3.	ASIGNACIÓN	
3.1	Alimentación	1,00
3.2	Movilización	0,70
3.3	Viáticos	3,50
3.4	Mutual, IST o ACHS	2,55
3.5	Desgaste de Herramientas	4,50
4.	INDEMNIZACIONES	8,15
5.	VACACIONES	5,00
6.	GRATIFICACIONES	12,10
TOTAL LEYES SOCIALES		55,00%

Fuente: Elaboración propia.

III. Costos de utilización de equipos: Corresponde al monto de dinero cancelado por el uso de equipos especializados en ciertas partidas de confección y/o colocación de una demarcación plana. Se puede considerar equipo propio, en donde el valor varía según su depreciación, equipo arrendado o leasing; no obstante, el presente análisis incorporará este ítem como el costo de arriendo por el período de tiempo necesario para materializar una unidad de obra.

a) Consideraciones previas y definición de demarcación tipo

Previo a detallarse la composición de cada precio unitario (P.U.) para las diferentes demarcaciones camineras consideradas, es preciso definir algunos principios que sustentan la presente evaluación económica. En los siguientes seis puntos se exponen las consideraciones previas a tener en cuenta a la hora de confeccionar y estimar dichos valores:

I. Cada demarcación cuantificada económicamente se materializa en un pavimento nuevo, sin indicio de marcas existentes y sujeto únicamente a factores climáticos, tales como humedad relativa del aire, temperatura ambiente y precipitaciones.

II. El estudio se ejecuta en base a una unidad tipo. Esta unidad corresponde a 1 metro lineal de demarcación continua en el eje de una vía urbana cuyo ancho no supera los 7 metros. Se considera, por tanto, una señalización plana en forma de línea longitudinal simple⁵¹, color blanco, de 10 [cm.] de ancho y, obviamente, 1 metro de largo.

III. Se estudiarán demarcaciones tipo a base de pintura tradicionales y su similar termoplástico prefabricado. En el primer grupo se consideran demarcaciones confeccionadas con pintura alquídica cloro-caucho, acrílica en base solvente y termoplástica de aplicación en caliente.

IV. Los precios de materiales y arriendo de equipos son consultados entre los meses de Octubre y Noviembre del año 2011.

V. Los costos de mano de obra se explicitan en base a 3 tipos de trabajadores: maestro de

⁵¹ Definida en el Volumen 6 del Manual de Carreteras – “Seguridad Vial”.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

primera, ayudante y jornal. Diariamente (8 hrs. de trabajo) y respectivamente, cada uno de ellos recibe una remuneración líquida de \$14.000, \$12.000 y \$10.000. Estos valores, para fines de análisis, son constantes y no dependen de la localización de la zona en estudio.

VI. El estudio supone idénticos, o por lo menos, muy parecidos rendimientos de materiales, mano de obra y equipos en carpetas asfálticas, de hormigón o doble tratamiento.

b) Ejemplo de precio unitario y resumen por alternativa

En la tabla 04 adjunta a continuación se explicita, a modo de ejemplo, la confección del precio unitario para 1 ml. de demarcación caminera a base de bandas termoplásticas prefabricadas.

Tabla 04: Precio unitario de 1 ml. de demarcación termoplástica prefabricada.

ITEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1.	MATERIALES				
1.1	Línea blanca term. pref. Swarco, tira 4"x3', 120 mils	und.	3,3000	755	2.491,5
1.2	Sello de refuerzo acrílico Swarco, 4 lts.	und.	0,0010	7.995	8,0
1.3	Flete + seguro obligatorio	%	8,0000	-	200,0
1.4	Pérdida	%	5,0000	-	125,0
3.2	Cilindro de gas licuado, 15 lts.			SUB-TOTAL	2.824,5
2.1	Maestro de primera + jornal	Día	0,0060	24.000	144,0
2.2	Leyes sociales	%	55,0000	-	79,2
				SUB-TOTAL	223,2
3.	EQUIPOS				
3.1	Soplete a oxígeno o gas propano, boquilla 6290 NX, 18"	Día	0,0083	1.790	14,9
3.2	Bombona de gas licuado, 15 lts.	und.	0,0002	12.357	2,5
				SUB-TOTAL	17,4
				TOTAL NETO	\$3.065,1

Fuente: Elaboración propia.

Como en ella se aprecia, un análisis de este tipo consiste en individualizar y cuantificar en forma exacta cada uno de los insumos requeridos de acuerdo a la definición de costos descrita con anterioridad. Por otra parte, y conforme a la cuantificación anterior de costos, es preciso señalar:

I. Acorde al Tratado de Libre Comercio firmado entre Chile y México (país en donde se han consultado los valores del material en cuestión) se ignora el 6% de impuesto correspondiente al derecho ad valorem.

II. Debido a que los precios unitarios corresponden a cantidades netas y, a la vez, teniendo en consideración que el 19% correspondiente al I.V.A. de internación se puede "contrarrestar" al débito fiscal, se omite la inclusión de dicho tributo en el análisis económico presente.

III. Los costos de seguro y flete⁵² de la mercancía se calculan en base a un 8% del costo del producto en el país de origen.

IV. El costo por pie [ft.] de una demarcación termoplástica prefabricada en forma de línea (4" de ancho y 120 [mils] de espesor) asciende a US\$ 1,48. Este valor se ha transformado a pesos chilenos según el valor del dólar correspondiente al día 21 de Noviembre del año 2011.

En la tabla 05, en tanto, se explicita la composición, en porcentaje y en pesos chilenos, del

⁵² Información proporcionada por agencia de aduanas Carlos Durán y Cía. Ltda., domiciliada en Valparaíso, Chile.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

costo unitario de aplicación de las demás alternativas abordadas:

Tabla 05: Precios unitarios correspondientes a 1 ml. de demarcación para cada alternativa abordada.

ALTERNATIVA	MATERIALES		MANO DE OBRA		EQUIPOS		COSTO TOTAL UNIT. [S]
	COSTO	COMP.	COSTO	COMP.	COSTO	COMP.	
	UNIT. [S]	PORCENTUAL [%]	UNIT. [S]	PORCENTUAL [%]	UNIT. [S]	PORCENTUAL [%]	
Alquídica cloro-caucho	239,50	63,29	122,80	32,45	16,10	4,25	378,40
Pintura acrílica en base solvente	123,00	21,93	299,50	53,39	138,50	24,69	561,00
Termoplástica en caliente	357,50	26,81	80,60	6,04	895,60	67,15	1333,70
Termoplástica prefabricada	2824,50	92,15	223,20	7,28	17,40	0,57	3065,10

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 06 se aprecia una síntesis de los precios unitarios estudiados para cada alternativa de demarcación explícita en las secciones anteriores. Como se observa, se han proyectado los valores obtenidos para un kilómetro de demarcación continua de 10 cm. de ancho. Los valores asignados al costo neto para 1.000 metros de demarcación en Unidades de Fomento [U.F.], se han calculado de acuerdo al valor de esta última correspondiente al día 21 de Noviembre de 2011.

Tabla 06: Resumen del análisis de precios unitarios.

ALTERNATIVA	P.U. (1 ml.)	P.U. (1 Km.)	P.U. (1 Km.)
	[S]	[S]	[U.F.]
Pintura alquídica cloro-caucho	378,4	378.400,0	17,06
Pintura acrílica en base solvente	561,0	561.000,0	25,29
Termoplástica en caliente	1.333,7	1.333.700,0	60,13
Termoplástica prefabricada	3.065,1	3.065.100,0	138,19

Fuente: Elaboración propia.

VIABILIDAD ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS A MEDIANTO PLAZO

Una de las principales y más sencilla técnica para evaluar rentabilidad la constituye el “método del valor presente neto”, abreviado por su sigla VPN. Se basa en la proyección de flujos de efectivo a un punto inicial de estudio, llamado “presente”. Dicho de otra manera, todos los ingresos y costos generados por una alternativa cualquiera, en un período acotado de tiempo, se descuentan a una tasa constante de interés (T.R.E.M.A.) a un momento presente, generalmente denotado en una escala de tiempo como “año 0”.

$$\begin{aligned}
 \text{VPN} &= F_0(1+t)^0 + F_1(1+t)^{-1} + F_2(1+t)^{-2} + \dots \\
 &\quad + F_K(1+t)^{-K} + \dots \\
 &\quad + F_N(1+t)^{-N} \\
 &= \sum_{K=0}^N F_K(1+t)^{-K}
 \end{aligned}$$

Ecuación 03: Valor Presente Neto con flujos de efectivo heterogéneos.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

El escenario bajo cual se sustenta el presente estudio, consiste cuantificar únicamente los costos inversión y operación para las alternativas a comparar (considerando cada egreso en su magnitud absoluta). Bajo esta premisa, y tras proyectar a un momento presente cada uno de los gastos o costos incurridos, la alternativa más rentable será la que ofrezca un valor presente de los costos (VPC) más bajo, pues radicaría en el menor desembolso de dinero asociado a la implementación de dicha solución. Así, si los flujos de efectivos costeados por concepto de reposición de una marca vial en un tiempo acotado son constantes ($F_0 = F_1 = F_2 = \dots = F_K =$ precio unitario de confección de 1 ml. de demarcación vial de material “X”), el VPC se define, algebraicamente, de la siguiente manera:

$$VPC = F_0(1 + t)^0 + F_K \frac{(1 + t)^{-N} - 1}{i(1 + t)^N}$$

Ecuación 04: Valor Presente de los Costos con flujos uniformes.

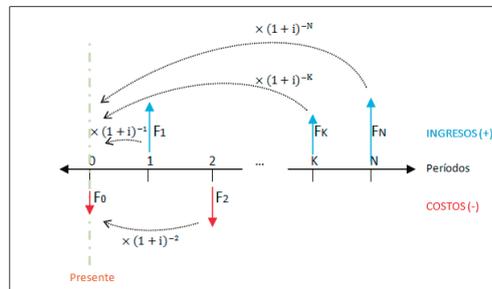


Fig. 04: Traslados de flujos heterogéneos a un momento “presente”.

a) Vida útil de una demarcación vial

De acuerdo a las observaciones efectuadas por González, L. (2002) y a la partición del territorio nacional considerada para fines de estudio (véase punto d del presente título), se establecen las vidas útiles de cada alternativa estudiada (véase tabla 07) y los criterios adoptados en la definición de aquellos valores (véase tabla 08).

b) Período de estudio

Como se ha mencionado, el estudio de viabilidad económica se ejecutó en un horizonte de tiempo catalogado como mediano plazo. En economía, este concepto corresponde a un lapso de tiempo convencional generalmente aceptado de dos a seis años, en donde se define un conjunto coherente de objetivos o metas a alcanzar, tales como recuperación de capital o utilidades mínimas a percibir. Bajo esta premisa, el estudio siguiente adopta un horizonte de tiempo comprendido en el punto medio de dicha definición, es decir, igual a 4 años.

Tabla 07: Definición de vida útil para cada alternativa abordada.

ZONA	ALTERNATIVA	PU/ml [S]	VIDA ÚTIL MEDIDA O EXPLÍCITA EN CATALOGO [MESES]	COEFICIENTE DE SEGURIDAD [-]	VIDA ÚTIL CONSIDERADA [MESES]
NORTE	Alquídica cloro-caucho	378,4	3,00	0,66	2,00
	Acrílica en base solvente	561,0	3,00	1,00	3,00
	Termoplástica en caliente	1.333,7	6,00	1,00	6,00
	Termoplástica prefabricada	3.065,1	36,00	0,66	24,00
CENTRO	Alquídica cloro-caucho	378,4	3,00	0,50	1,00
	Acrílica en base solvente	561,0	16,00	0,19	3,00
	Termoplástica en caliente	1.333,7	36,00	0,22	8,00
	Termoplástica prefabricada	3.065,1	36,00	0,66	24,00
SUR	Alquídica cloro-caucho	378,4	3,00	0,33	1,00
	Acrílica en base solvente	561,0	3,33	0,60	2,00
	Termoplástica en caliente	1.333,7	6,00	1,00	6,00
	Termoplástica prefabricada	3.065,1	36,00	0,33	12,00

Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCAÇÕES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

Tabla 08: Definición de vida útil para cada alternativa abordada.

COEF.	INTERPRETACIÓN TEORICA
0,91 - 1,0	La vida útil o explícita en catálogos no se ve afectada por las condiciones climáticas predominantes de la zona
0,66 - 0,90	El factor climático afecta levemente la durabilidad del material, siendo el desgaste abrasivo el de mayor impacto
0,34 - 0,65	El factor incide directamente y en términos medios, en la durabilidad de la capacidad retrorreflexiva de la demarcación, así como también en su desprendimiento. Estos factores pueden ser precipitaciones en forma de lluvia, nieve o aridez extrema.
0,15 - 0,33	La vida útil estimada (medida) es extremadamente larga en comparación a observaciones cotidianas, o, por el contrario, existen condiciones ambientales o físicas extremas que afectan directamente a la durabilidad de la marca.

Fuente: Elaboración propia.

c) T.R.E.M.A. considerada

La tasa de retorno externa mínima aceptable (T.R.E.M.A.) empleada corresponde a la tasa de interés efectiva anual considerada en un crédito CORFO10 orientado a micro y pequeñas empresas.

Según el Comité de Créditos de dicha entidad, en su acta que define las tasas efectivas anuales para intermediarios financieros de microcréditos no bancarios (línea C.1, tercer trimestre del año 2011), los porcentajes de intereses efectivos anuales para operaciones en pesos chilenos son las explícitas en la tabla 09.

Como se aprecia, y suponiendo que el plazo de financiamiento concuerda con el horizonte de estudio, la T.R.E.M.A. a utilizar es de 8,14%.

Tabla 09: Crédito CORFO, tasas efectivas para créditos otorgados a micro y pequeñas empresas.

PLAZO EN AÑOS	TASA EFECTIVA FIJA (%)
1	7,88
2	8,01
3	8,15
4	8,14
5	8,88
6	8,20

Fuente: CORFO, Secretaría General, Comité Ejecutivo de Créditos; “Acta que aprueba las tasas de líneas de financiamiento para líneas B.41 y C.1”; tercer trimestre, 2011.

d) Zonificación territorial

El presente estudio de viabilidad económica, específicamente las vidas útiles de cada alternativa analizada, se condicionan los factores ambientales existentes en las zonas norte, centro y sur del país. Las regiones comprendidas en dicha división territorial son:

I. Zona Norte: Desde la I región de Tarapacá hasta la IV región de Coquimbo (incluida la

⁵³ Corporación de Fomento de la Producción, creada en 1933. Es una entidad estatal encargada de impulsar la actividad productiva chilena.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

XV región de Arica y Parinacota).

II. Zona Centro: Se delimita desde la V región de Valparaíso hasta la VIII región del Bío Bío (incluida la región Metropolitana).

III. Zona Sur: Comprende desde la IX región de la Araucanía hasta la XII región de Magallanes (incluida la XIV región de Los Ríos).

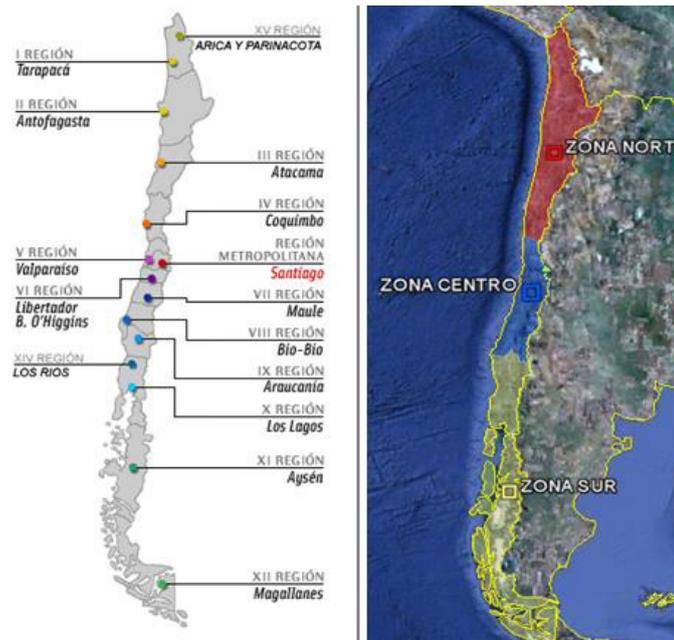


Fig. 05: Zonificación territorial ocupada en el análisis de viabilidad económica.

e) Evaluación económica

El estudio de viabilidad económica se efectúa bajo el principio de repetitividad; éste supone una reinversión completa de capital una vez caducado el tiempo que asegura una prestancia técnica óptima de cada alternativa. En otras palabras, sugiere repetir los flujos de efectivo (en este caso correspondientes a costos unitarios) tantas veces sean necesarias hasta alcanzar el 100% del período de estudio.

Tabla 10: Ranking económico de alternativas por zona (T.R.E.M.A. = 8,14% anual).

ZONA	RANKING	ALTERNATIVA	VPC[S]
Norte	1	Termoplástica prefabricada	7.927,43
	2	Adquídica cloro-caucho	8.125,27
	3	Acrílica base solvente	8.192,79
	4	Termoplástica en caliente	10.316,73
Centro	1	Termoplástica prefabricada	7.927,43
	2	Termoplástica en caliente	8.026,85
	3	Acrílica base solvente	8.192,79
	4	Adquídica cloro-caucho	10.724,44
Sur	1	Termoplástica en caliente	10.316,73
	2	Acrílica base solvente	12.046,18
	3	Termoplástica prefabricada	13.185,54
	4	Adquídica cloro-caucho	15.922,82

Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

En la tabla 10 se da a conocer el ranking zonal de las alternativas más económicas. En ella se han ordenado los VPC de menor a mayor, por lo que la primera alternativa explícita corresponde a la más rentable desde el punto económico.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

a) Comparación entre precios unitarios

De la tabla 05 se han confeccionado los gráficos 01 a 04, en donde se aprecia la distribución porcentual de los recursos monetarios que influyen en la confección de los precios unitarios analizados.

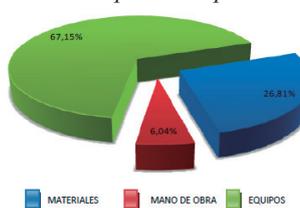
Se observa que las alternativas que asignan mayores recursos monetarios a la adquisición de materiales corresponden a las alternativas alquídica cloro-caucho y termoplástica prefabricada; ambas prácticamente no ocupan equipos de mayor complejidad en su aplicación ni requieren de métodos constructivos engorrosos. Por el contrario, la demarcación termoplástica aplicada en caliente fija la mayor parte de su porcentaje referido al costo unitario en el uso de equipamiento altamente especializado, lo que la convierte en la solución que más invierte en este tipo de insumos.

Gráfico 01: Composición porcentual del costo unitario de demarcación alquídica cloro caucho.



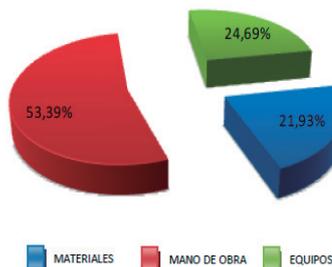
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 03: Composición porcentual del costo unitario de demarcación termoplástica aplicada en caliente



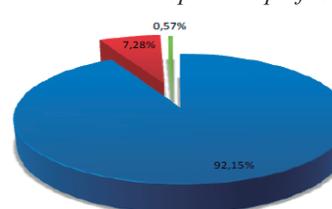
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 02: Composición porcentual del costo unitario de demarcación acrílica.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 04: Composición porcentual del costo unitario de demarcación termoplástica prefabricada.



Fuente: Elaboración propia.

b) Rentabilidad económica de alternativas

En la tabla 10 se ha dado a conocer el ranking zonal de las alternativas más económicas. En ella se han ordenado los VPC de menor a mayor, por lo que la primera alternativa explícita corresponde a la más rentable desde el punto económico.

Tanto para la zona norte y centro del país, la alternativa que ofrece una mayor economía en

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

su materialización recae en la demarcación termoplástica preformada. Sin embargo, en la zona sur de Chile, dicho material sólo alcanza el tercer lugar en el ranking de las opciones menos costosas, siendo desplazada tanto por su similar de aplicación en caliente como por la demarcación acrílica considerada en el análisis.

c) Análisis de sensibilidad

Considerando una variación de la tasa efectiva anual o T.R.E.M.A., se ha estudiado el comportamiento del VPC de cada alternativa en las diferentes zonas definidas con anterioridad.

Con la ayuda de la herramienta solver de Microsoft Excel 2007, se han destacado con color rojo en los gráficos 05, 06 y 07 las tasas efectivas anuales en las cuales cierta alternativa, inicialmente catalogada como “la más económica”, deja de ser la opción más rentable. Este valor se menciona y analiza en el título siguiente referido a las conclusiones del estudio.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

De acuerdo al estudio, y a partir de la información sintetizada en la tabla 09, se infiere:

I. La alternativa termoplástica prefabricada es la solución más económica tanto para la zona norte como la central de Chile, pues exhibe el valor presente de sus costos más bajo (en promedio, \$148,60 más económica que sus similares alquídica y termoplástica en caliente).

II. Ahora bien, y debido a que en la zona sur la vida útil de la opción preformada se estimó en un tercio a la explícita por catálogo (reduciéndose a 1 año), en esta parte del país sólo consigue ser el tercer material menos costoso, superando únicamente, y por una diferencia de \$2.737,30, a la señalización plana a base de pintura alquídica cloro-cauchada. A la vez, y para este mismo sector, la solución más económica recae en la demarcación termoplástica aplicada en caliente, \$2.868,81 más barata que su similar preformada.

De acuerdo al análisis de sensibilidad propuesto en el título anterior, y tomando como base los gráficos 05, 06 y 07, se concluye respectivamente lo siguiente:

I. En el sector norte del país, se observa que la demarcación termoplástica en caliente es siempre la más costosa, sea cual sea la tasa efectiva anual utilizada en el cálculo del VPC. Por otra parte, y al comparar las curvas correspondientes a las alternativas termoplásticas prefabricadas (curva amarilla) y al material alquídico cloro-cauchado (en azul), se infiere que la primera es la solución más económica únicamente a tasas inferiores al 24,39%. Por este motivo, a intereses efectivos que superen este valor, y bajo un período de estudio de 4 años, la solución que ofrecerá una mayor viabilidad en términos monetarios será la alternativa alquídica cloro-cauchada.

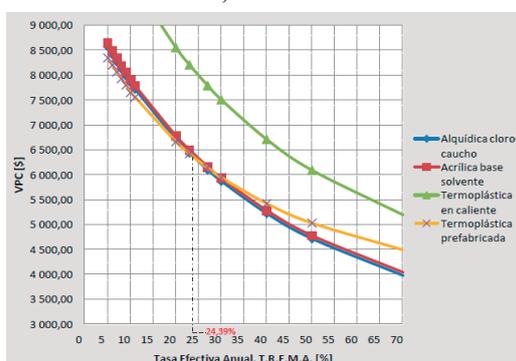
II. En la zona centro, la situación es algo más compleja. Bajo un T.R.E.M.A. efectivo comprendido entre 0% y 28,99% (rango generalmente abarcado por los créditos financieros del país), la alternativa más rentable es la correspondiente al material termoplástico preformado. Sin embargo, desde dicho límite (28,99%) hasta aproximadamente una tasa de interés anual

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

igual a 49,65%, la solución menos costosa dejará de ser la opción prefabricada, cediendo, de esta forma, su lugar a la demarcación termoplástica en caliente. No obstante, y sin perjuicio de lo anterior, para intereses que teóricamente superen el 49,65%, la solución más factible se asignaría al material acrílico en base solvente.

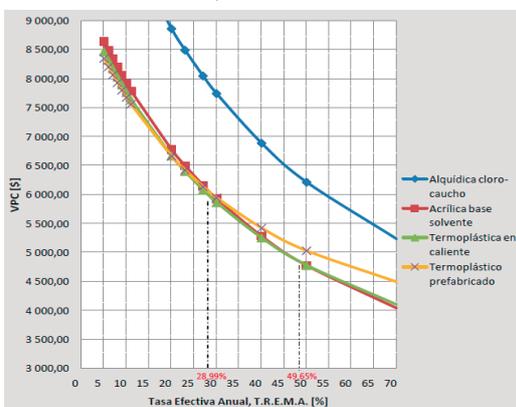
III. Finalmente, en la zona sur, y bajo cualquier tasa de interés variable entre 0 y 100% (teóricamente), la alternativa más económica recae en el material termoplástico de aplicación en caliente. Se observa que las curvas son prácticamente paralelas a cualquier T.R.E.M.A., por lo que no se evidencia un punto de inflexión en la determinación de la opción más rentable.

Gráfico 05: VPC versus tasa efectiva anual, zona norte.



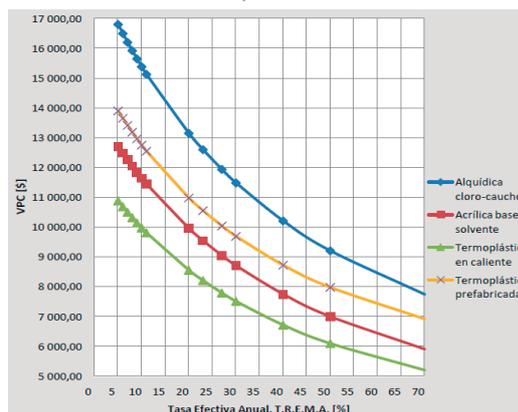
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 06: VPC versus tasa efectiva anual, zona centro.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 07: VPC versus tasa efectiva anual, zona sur.



Fuente: Elaboración propia.

Si bien existen diferencias relativamente pequeñas entre los VPC pertenecientes a materiales utilizados comúnmente en proyectos de demarcación caminera y aquel correspondiente a la marca prefabricada de naturaleza termoplástica (con diferencias que bordean los \$100 o \$200 aproximados), cabe destacar que el presente análisis se ha efectuado en base a una unidad tipo de carácter unitario. De esta manera, y considerando una vía rural cuyas demarcaciones horizontales se materializan tanto en los bordes como en el eje de la ruta en longitudes más o menos considerables (por ejemplo: 50 o 100 [Km.]), se desprende que la evaluación de un proyecto de tales características por medio del método del valor presente de los costos se decidiría en torno a diferencias oscilantes entre \$15 y \$60 millones (unos US\$30 mil o US\$120 mil), siempre y cuando se considere un período de estudio de cuatro o más años. Lo anterior

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

hace que el material termoplástico prefabricado sea una opción que permita un ahorro considerable a organizaciones dependientes del estado que posean recursos monetarios limitados. La opción prefabricada en base a materiales plásticos fundibles mejora, en forma considerable, algunas de las prestaciones técnicas más importantes que presentan los materiales tradicionales. A pesar del elevado costo inicial de inversión para la implementación de estos materiales, sus beneficios son variados; de esta manera, por medio de su utilización, se consigue una marca que puede estar libre al tránsito vehicular una vez terminada su colocación, consiguiendo óptimas propiedades ópticas y excelentes cualidades de resalto, sólo comparables con su similar de aplicación en caliente. Las desventajas de su uso se concentran, específicamente, en torno a dos aspectos. El primero de ellos, y como ya se ha mencionado, corresponde al alto costo que presentan los insumos materiales utilizados para la confección de este tipo de demarcación, 7 a 9 veces más alto en comparación a soluciones tradicionales. El segundo aspecto radica en el bajo rendimiento estimado de la mano de obra directa que interfiere en la colocación de dichas marcas preformadas; en comparación a las alternativas tradicionales estudiadas, por medio de similares cuadrillas o equipos de trabajo y bajo una demarcación tipo común, se ha estimado que la rapidez media para la aplicación de las señaléticas en estudio es 2 a 3 veces más baja que la requerida por algún método de pintado tradicional.

Por otra parte, es preciso mencionar que un acabado estudio empírico, que posibilite estimar la vida útil de una demarcación horizontal bajo los diferentes climas del país mediante la incorporación de coeficientes de seguridad avalados por ensayos de laboratorio, beneficiaría de excelente manera la ejecución de futuros estudios económicos sobre el tema. A la vez, se han definido dos aspectos que beneficiarían la economía de la alternativa propuesta para ejecutar faenas de demarcación vial; por un lado, una eventual fabricación nacional del producto, y por el otro, la posible utilización de procesos semi-automatizados de bajo precio para la colocación de la marca sobre el pavimento, posibilitarían disminuir los costos directos de aplicación. Finalmente, se recomienda que el uso de materiales prefabricados de aplicación por termofusión en Chile se efectúe desde la primera a la octava región del país; lo anterior se debe única y exclusivamente a que los factores ambientales presentes en dicha zona no atentan en forma considerable al desprendimiento de la película preformada aplicada sobre el pavimento, posibilitando una vida útil mayor del material y un menor costo de aplicación a mediano plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- C., Vergara (Ing. Dirección Vialidad, Departamento de Seguridad Vial). “Informe Técnico, Señales Horizontales Instructivo de Aplicación”. Primera Edición. Volumen 1, pp. 4-27. Santiago, Chile. 2002.
- Dirección de Vialidad, Dirección General de Obras Públicas, MOP. “Manual de Carreteras Vol. 5 – Especificaciones Técnicas Generales de Construcción”. Coord. Manual de Carreteras DES- SDD. Edición 2008. Volumen 5, sec. 5.704. Versión digital consolidada. Chile. 2003.
- Dirección de Vialidad, Dirección General de Obras Públicas, MOP. “Manual de Carreteras Vol. 6 – Seguridad Vial”. Coord. Manual de Carreteras DES- SDD. Edición 2008. Volumen 6, sec. 6.303. Versión digital consolidada. Chile. 2005.
- Dirección de Vialidad, Dirección General de Obras Públicas, MOP; “Manual de Carreteras Vol. 8 – Especificaciones y Métodos de Ensayo, Muestreo y Control”. Coord. Manual de

ESTUDIO PARA EVALUAR EN CHILE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LA UTILIZACIÓN DE DEMARCACIONES VIALES TERMOPLÁSTICAS PREFABRICADAS

Carreteras DES-SDD. Edición 2008. Volumen 5, sec. 8.602. Versión digital consolidada. Chile. 2003.

- J., Calavia. “Demarcación Horizontal: Aplicación e Inspección”. Asociación Argentina de la Carretera, Argentina. Primera Edición. Volumen 1, pp. 3-5. Junio, 1999.
- L., González. “Estudio del Deterioro de la Demarcación en Pavimentos” - Memoria para Obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Primera Edición. Volumen 1, pp. 1-49. Santiago, Chile. 2002.
- Normas Aplicables
- AASHTO T 278-90: “Standard Method of Test for Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester”.
- ASTM E 303-93: “Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester”.
- NCh 2138 Of 91: “Pinturas para Señales y Demarcaciones de Tránsito, Requisitos”.
- NCh 2156 Of 89: “Pinturas de Tránsito: Estabilidad de la Pintura”.
- NLT-175/98: “Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo del TRRL”.
- UNE 135-200-94/A: “Equipamiento para la Señalización Vial. Señalización Horizontal. Marcas Viales. Características y Métodos de Ensayos”.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. “Manual de Señalización de Tránsito”. Prograf Impresores Ltda. Primera Edición. Volumen 3, pp. 7- 76. Santiago, Chile. 2001.
- P., Olmos. “Productos para Demarcación Horizontal” - Memoria para Obtener el Título de Constructor Civil. Universidad Técnica Federico Santa María. Primera Edición. Volumen 1, pp. 1-54. Valparaíso, Chile. 1998.
- R., Tino. “Óptica de la Señalización Vial”. Revista Cimbra. Volumen 1. N° 359, pp. 42-53. Septiembre, 2004. ISSN: 0210-0479 (en línea).
- W., Sullivan, E., Wicks & J. Luxhoj. “Ingeniería Económica de DeGarmo”. Editorial Pearson Educación. Duodécima Edición. Volumen 1, pp. 197- 241. Ciudad de México, México. ISBN: 970-26- 0529-6. 2004.

Standard Method of Test
for Surface Frictional Properties Using the British