

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LAS MODELACIONES PRESENTADAS EN EL  
CONVENIO N° 062 DE 2010 PARA LA LOCALIDAD DE BARRIOS UNIDOS

1

**Análisis Técnico Financiero de las Modelaciones Presentadas en el Convenio N° 062  
de 2010 para la Localidad de Barrios Unidos  
Ing. Sandra Milena Tejada Castaño  
Ing. Jaime Eduardo Camargo Martínez  
Universidad Militar Nueva Granada  
2012**

Nota de los Autores

Sandra Milena Tejada Castaño y Jaime Eduardo Camargo Martínez,  
estudiantes de la Especialización en Ingeniería de Pavimentos, de la Facultad de  
Ingeniería en la Universidad Militar Nueva Granada. 2012.

Asesor: Ing. José Gonzalo Ríos Marín

## Contenido

	pág.
Resumen.....	7
Introducción.....	8
El Problema.....	9
Descripción .....	9
Formulación .....	10
Antecedentes.....	10
Justificación .....	13
Objetivos.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos .....	14
Marco Conceptual.....	14
Marco Teórico .....	20
Consideraciones Generales sobre El ICP y el OPI.....	21
Condición del Pavimento (ICP / OPI) .....	21
Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	22
ANÁLISIS DE LOS RANGOS DE ICP Y OPI.....	22
Calificación y Clasificación Vial.....	24
Escogencia del índice a usar y su reclasificación.....	24
Actividades de Auscultación .....	33
Tipos de Intervención.....	34
Mantenimiento Rutinario.....	34

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LAS MODELACIONES PRESENTADAS EN EL CONVENIO N° 062 DE 2010 PARA LA LOCALIDAD DE BARRIOS UNIDOS	3
Mantenimiento Periódico .....	35
Metodología .....	39
Proceso del Diagnóstico .....	39
Revisión y Análisis de los Ensayos de Laboratorio .....	41
Análisis Técnico de las Modelaciones Entregadas por Medio de la Metodología AASHTO .....	46
Análisis Financiero de las Modelaciones Entregadas .....	73
Análisis e Interpretación de los Resultados .....	76
Conclusiones.....	79
Recomendaciones .....	81
Bibliografía .....	82

### **Lista de Tablas**

	pág.
Tabla 1.Rangos ICP y OPI a evaluar y tipos de intervención.....	23
Tabla 2.Rangos OPI según fórmula .....	26
Tabla 3.Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento flexible y tráfico alto .....	29
Tabla 4.Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento rígido y tráfico alto .....	30
Tabla 5.Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento flexible y tráfico medio .....	31
Tabla 6.Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento rígido y tráfico medio .....	32

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DE LAS MODELACIONES PRESENTADAS EN EL CONVENIO N° 062 DE 2010 PARA LA LOCALIDAD DE BARRIOS UNIDOS	4
Tabla 7.Niveles máximos de intervención con mantenimiento periódico y pavimento flexible .....	37
Tabla 8.Niveles máximos de intervención con mantenimiento periódico y pavimento rígido.....	38
Tabla 9.Vías intervenidas en la localidad de Barrios Unidos .....	41
Tabla 10.Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12002028, 12002073, 12002051, 12000056 y 12000013.....	43
Tabla 11.Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12002518, 12002508, 12002730, 12002236, 12002212 y 12000765.....	44
Tabla 12.Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12000668, 12002056, 12002005,12002944 y 12001935.....	45
Tabla 13.Comparación modelaciones Segmentos barrio ALCÁZARES CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935). .....	47
Tabla 14.Comparación modelaciones Segmentos barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051) .....	52
Tabla 15.Comparación modelaciones Segmentos barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013) .....	57
Tabla 16.Comparación modelaciones Segmentos barrios Benjamín Herrera y Baquero. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730) .....	61
Tabla 17.Comparación modelaciones Segmentos barrio COLON - CONCEPCIÓN CIVs (12002236 y 12002212) .....	65
Tabla 18.Comparación modelaciones Segmentos en el barrio GAITÁN CIVs (12000765 y 12000688) .....	69
Tabla 19.Comparación Financiera .....	73

### Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Versión 0 Alternativas 1, 2 y 3 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935) .....	48
Figura 2. Versión 1 Alternativas 1, 2 y 3 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935) .....	49
Figura 3. Estructuras ejecutadas en obra barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935) .....	50
Figura 4. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935) .....	51
Figura 5. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 Y 4 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051) .....	53
Figura 6. Estructuras ejecutadas en obra barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051) .....	54
Figura 7. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028 y 12002073) .....	55
Figura 8. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ALCÁZARES. CIV (12002051) .....	56
Figura 9. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 Y 4 barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013) .....	58
Figura 10. Estructuras ejecutadas en obra barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013) .....	59
Figura 11. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013) .....	60

Figura 12. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 y 4 barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730).....	62
Figura 13. Estructuras ejecutadas en obra barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730).....	63
Figura 14. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO CIVs (12002518, 12002508 y 12002730) .....	64
Figura 15. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 y 4 barrio COLÓN – CONCEPCIÓN. CIVs (12002236 y 12002212) .....	66
Figura 16. Estructura ejecutada en obra barrio COLÓN – CONCEPCIÓN. CIVs (12002236 y 12002212) .....	67
Figura 17. Comparación Estructura ejecutada en obra y Modelación más aproximada barrio COLÓN – CONCEPCIÓN CIVs (12002236 y 12002212).....	68
Figura 18. Versión 0 Alternativas 1, 2 Y 3 barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688) .....	70
Figura 19. Estructuras ejecutadas en obra barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688) .....	71
Figura 20. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688) .....	72
Figura 21. Comparación Financiera Ejecutado versus Modelación de cada segmento vial .....	75

### **Lista de Ecuaciones**

	pág.
Ecuación 1. Fórmula para cálculo del OPI propuesta en el proyecto de inventario y diagnóstico vial.....	26

## **Resumen**

La malla vial de la ciudad de Bogotá se encuentra en un estado de deterioro alto, en sus vías, locales, intermedias, arterias y avenidas. En la localidad de Barrios Unidos aunque se han realizado inversiones importantes en el tema, el porcentaje de cubrimiento es mínimo para lograr el objetivo propuesto.

En el presente documento se realiza la comparación de las diferentes modelaciones para el mantenimiento de la malla vial en el marco del convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 por el contratista de obra Unión Temporal Vías Patria Ingeniería S.A. y determinar si las mismas son adecuadas en las intervenciones realizadas. En el proceso de comparación, se evidencia que no se siguió el lineamiento del Apéndice 4 de la Licitación Pública, y únicamente se realizaron apiques, toma de muestras y ensayos de laboratorios. Con los resultados de los ensayos (CBR) el contratista entregó modelaciones tipo para la localidad, de las cuales solamente se aplicó un solo tipo de modelación para los diez y seis (16) segmentos intervenidos aunque el contratista presentó seis (6) modelaciones y sólo una (1) de las diez y seis (16) aplicó en la ejecución.

Las modelaciones entregadas muestran que la intervención a ejecutar es Rehabilitación y no Mantenimiento (donde fue asumido el tránsito en 500.000 ejes) sin tener en cuenta factores como un estudio de tráfico, posible reutilización de materiales granulares existentes y deflectometría.

Por lo anterior se recomienda un procedimiento para la realización de los diagnósticos en las vías locales de la ciudad.

## **Introducción**

Como es evidente para la población de la ciudad de Bogotá, capital de la Republica de Colombia, la malla vial de la ciudad se encuentra en un estado de deterioro alto, en todas sus vías, locales, intermedias, arterias y avenidas.

Tanto las Alcaldías Locales como la Unidad de Administración Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial como el Instituto de Desarrollo Urbano han venido atendiendo este problema con mantenimientos periódicos, preventivos y en ocasiones rehabilitaciones de la malla vial de Bogotá. El esfuerzo de las entidades y del gobierno del distrito se ha venido evidenciando en las mismas calles, observando que se han venido arreglando algunas.

La Localidad de Barrios Unidos ha invertido los recursos asignados de la vigencia 2010 mediante el Convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 suscrito entre la Alcaldía de Barrios Unidos y la Unidad de Administración Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial – UAE-RMV. La Unidad de Mantenimiento Vial licitó los recursos entregados por catorce (14) localidades y adjudicó los mismos a la firma Unión Temporal Vías Patria Ingeniería S.A. mediante el Contrato de Obra 78 de 2010.

Los autores del presente documento ejercieron la Interventoría Técnica, Administrativa y Financiera.

La Unión Temporal Vías Patria Ingeniería S.A., mediante la firma AUSCULTAR S.A.S. hicieron entrega de las modelaciones para los segmentos viales a ejecutar en el proyecto, las cuales fueron revisadas y aprobadas por el

Ingeniero Especialista en Pavimentos Ingeniero Víctor Hugo Díaz, asesor de la Interventoría.

El presente documento consiste en realizar la comparación de las diferentes modelaciones entregadas con lo aprobado y ejecutado en obra y recomendar un procedimiento de diagnóstico para vías locales teniendo en cuenta las observaciones generadas por parte de los profesionales que hicieron parte de la Interventoría.

## **El Problema**

### **Descripción**

La malla vial de la ciudad de Bogotá, en general, se encuentra deteriorada por falta de mantenimiento periódico en el momento justo para evitar el desgaste total del pavimento asfáltico. En la localidad de Barrios Unidos exactamente, se ha venido realizando el mantenimiento periódico de las vías locales, con los escasos recursos asignados para el arreglo de la malla vial local, además los mantenimientos se venían realizando sin un apropiado diagnóstico antes de su intervención. Los diagnósticos y su modelación deben indicar claramente el tipo de actividades a ejecutar, los procedimientos y el periodo de duración mínimo de vida útil. Anteriormente el mantenimiento, mejoramiento y/o rehabilitación había consistido en la auscultación visual y de acuerdo a ésto se determinaba el tipo de intervención, donde generalmente sólo se recuperaba la carpeta asfáltica sin realizar un análisis más detallado del pavimento (estructura incluidos los granulares) y la sub-rasante.

## **Formulación**

El problema de la malla vial de la ciudad de Bogotá, se ha venido observando con mayor detenimiento durante los últimos años debido al incremento del parque automotor y del tipo de vehículos que transitan por las vías de la localidad de Barrios Unidos, ya que estas vías en lo general no fueron diseñadas ni construidas para este tipo de tráfico, de lo cual surgen preguntas como:

- ¿Por qué las modelaciones entregadas por el contratista fueron en su gran mayoría modificadas en conjunto con la Interventoría y los Especialistas de Pavimentos tanto del contratista como de la Interventoría?
- ¿Los procedimientos para realizar los diagnósticos y posterior modelación deben ser más estrictos con el fin de determinar exactamente el tipo de intervención que requiere en la obra?
- ¿Por qué se buscan que las intervenciones sean menos profundas?

## **Antecedentes**

El Instituto de Desarrollo Urbano y la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial (UAE-RMV) proponen el procedimiento para el diagnóstico de la malla vial local de la ciudad de Bogotá, que consiste en realizar ensayos no destructivos a la vía valorada como son Georadar, IRI, Deflectometría (FWD) y Auscultación Visual, este procedimiento no tiene en cuenta una serie de variables que son de gran utilidad como son: el tráfico real para las vías locales a intervenir, así como la posibilidad de utilizar los materiales

existentes (concreto asfáltico y material granular), determinando la calidad de estos materiales encontrados.

En el desarrollo profesional que los autores de este trabajo han venido realizando en estas actividades y en las diferentes clases vistas a lo largo de esta Especialización en Ingeniería de Pavimentos, se ha puntualizado sobre la necesidad de ampliar el procedimiento existente para poder anexar y viabilizar las variables antes mencionadas y sobre todo poder llegar a aprovechar los materiales existentes (concreto asfáltico y granulares) que presente la vía a intervenir.

Según fuentes e investigación en la Alcaldía Local de Barrios Unidos (Arquitecta María del Pilar Toro Castaño), la misma entre los años 2004 y 2007 realizó convenios interadministrativos con diferentes entidades y/u organizaciones públicas, como son: IDIPRON (Instituto Distrital para la Niñez y la Juventud), SECAB (Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello) y OEI (Organización de Estados Iberoamericanos) para llevar a cabo el tema de mantenimiento y mejoramiento de la malla vial local, las actividades realizadas por estas entidades, en su mayoría consistió en recuperar la carpeta asfáltica deteriorada y unas pocas vías de rehabilitación, pero sin realizar un diagnóstico detallado de lo que cada segmento vial realmente requería.

Según fuentes de la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Manteamiento Vial, Subdirección de Intervención y Producción, casi la totalidad de las localidades de la ciudad de Bogotá, entregaron sus presupuestos 2008, 2009 y 2010 a dicha entidad, la cual adjudicó a la empresa privada Ingenieros

Constructores e Interventores -ICEIN S.A.S. las vigencias 2008 y 2009 y a la Unión Temporal Patria Ingeniería S.A. la vigencia 2010.

Según la Interventoría de la Universidad Militar Nueva Granada, en el contrato de obra con ICEIN S.A.S se realizaron en su mayoría intervenciones en mantenimiento (cambio de carpeta asfáltica únicamente) y unas pocas vías de rehabilitación y no se determinó la caracterización y propiedades mecánicas del material granular existente, ya que por medio del diagnóstico tipo IDU y UAE-RMV y pruebas de carga realizadas en sitio se verificaba su comportamiento estructural (confinamiento por años de la estructura del pavimento) y con ésto se determinaba la intervención a seguir (mantenimiento, mejoramiento y/o rehabilitación). Por requerimiento de la Alcaldía se establecían metas físicas altas sin detallar la proyección a la durabilidad a las intervenciones que se ejecutaban.

Según la Interventoría de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el contrato de obra con la Unión Temporal, se intervinieron diez y seis (16) segmentos viales, donde en sólo uno (1) se realizó mantenimiento y en los otros quince (15) se realizó rehabilitación. El motivo de lo anterior es el cumplimiento del apéndice 4 de la Licitación Pública UMV-LP-021- 2009, teniendo en cuenta los cambios generados a dicho apéndice como no realizar los siguientes ensayos y componentes: IRI, GEORADAR y DEFLECTOMETRÍA, únicamente se realizó la Auscultación Visual. Los componentes que no se realizaron se cambiaron por apiques (perfil estratigráfico) en cada uno de los segmentos viales, toma de muestras y realización de ensayos (Granulometría, Humedad, Límites de Attemberg, CBR, Cono Dinámico, Cono de Penetración). De los ensayos,

estratigrafía, caracterización y propiedades mecánicas de los materiales existentes presentados por la firma AUSCULTAR S.A.S. los Especialistas en Pavimentos tanto de la Interventoría como del Contratista de Obra ajustaban las modelaciones, para lo cual los profesionales que se requerían se encontraban en el sitio.

### **Justificación**

La trascendencia del desarrollo de este tema radica en la recomendación del procedimiento ante el IDU y la UAE-RMV para el diagnóstico de la malla vial local de la ciudad de Bogotá, incluyendo una variable importante como lo es la reutilización de los materiales existentes, ya que Bogotá tiene escasez de material granular para la rehabilitación y construcción de vías, se debe tener en cuenta la reutilización de los materiales existentes en los segmentos viales a intervenir y así disminuir el impacto ambiental en los cerros y canteras próximas a la ciudad, los mismos que en el entorno de la obra.

Al tener unas vías en óptimas condiciones de serviciabilidad la comunidad y la sociedad en general se beneficiaría del mejoramiento de la movilidad en las vías, sin huecos, sin hundimientos, sin baches, la durabilidad de la misma y así mismo menos carros averiados.

### **Objetivos**

**Objetivo General.** Realizar el análisis de las modelaciones presentadas mediante el Convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 por la firma "Auscultar S.A.S." para las vías a intervenir en la localidad de Barrios Unidos.

### **Objetivos Específicos**

- Análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio.
- Comparar técnica y financieramente las modelaciones presentadas por la firma AUSCULTAR S.A.S con lo requerido en la ejecución en cada uno de los segmentos viales intervenidos en la localidad de Barrios Unidos.
- Recomendar un proceso para la realización de los diagnósticos y los factores a tener en cuenta para que la modelación determinada sea lo requerido y lo más real a la necesidad de la intervención.

### **Marco Conceptual**

**Auscultación:** Recolección de información sobre la condición funcional de un pavimento.

**California Bearing Ratio (CBR):** Ensayo de Relación de Soporte de California: mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, para poder evaluar la calidad del terreno para sub-rasante, sub base y base de pavimentos. El número CBR se obtiene de la relación de la carga unitaria o presión necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración en la muestra.

**Carga Equivalente de Diseño:** Carga de 80 KN por eje simple con sistema de rueda doble utilizada como referencia para la evaluación y diseño de pavimentos asfálticos.

**Carga por Eje:** Carga total transmitida a la superficie por todas las ruedas de un determinado sistema de eje que se extiende a todo lo ancho del vehículo.

**Carril de Diseño:** Carril por el cual se espera la circulación del mayor número de cargas de diseño. Normalmente es cualquiera de los dos en una vía de dos carriles o cualquiera de los exteriores en una vía de carriles múltiples.

**Concreto Asfáltico:** Mezcla de alta calidad y perfectamente controlada de cemento asfáltico y agregados bien gradados, que se elabora, se extiende y compacta en caliente para formar una masa densa, estable y uniforme.

**Concreto Hidráulico:** Mezcla de alta calidad y perfectamente controlada de cemento hidráulico y agregados bien gradados, pastosa que al endurecerse y curarse genera un material de alta resistencia a la compresión. Con la ayuda de un refuerzo, es resistente a la flexión.

**Deflectómetro de Impacto:** Aparato que funciona aplicando una carga dinámica en el pavimento mediante la caída de una masa sobre un plato circular de área conocida cuya superficie de contacto se asemeja a la rueda de un camión. Las deflexiones producidas son medidas por un grupo de geófonos en unidad de micrones (milésimas de milímetros) en varios puntos, cada uno de estos separados cierta distancia.

**Deflexión Central:** Deformación producida en la estructura de pavimento por la aplicación de una carga estándar.

**Deformación:** Cambio de la forma de un material o de una estructura por la aplicación de un esfuerzo mecánico.

**Deformación admisible:** Máxima deformación que puede sufrir un material sin fallar.

**Deformación Elástica:** Deformación que se recupera totalmente al cesar el esfuerzo que la produjo.

**Deformación Permanente:** Deformación que se conserva cuando el esfuerzo que la produce ha sido removido.

**Eje de Diseño:** Eje utilizado como referencia para la conversión de las cargas reales de tránsito, con fines de evaluación o diseño de pavimentos.

**Escorrentía Superficial:** Agua lluvia que corre a través de una superficie.

**Factor Camión:** Número de ejes simples de 80 KN que produce un daño equivalente al producido por un vehículo comercial en el pavimento cuando se han considerado todos los tipos de vehículos comerciales que circulan por él.

**Falla:** Defecto en la superficie de rodamiento de un pavimento que puede afectar adversamente su estabilidad, la seguridad, comodidad y rapidez de la circulación del tránsito.

**Falla Estructural:** Defecto en la superficie de rodamiento, causado por el colapso de una o más de las capas constitutivas del pavimento.

**Falla Funcional:** Defecto en la superficie de rodamiento, producido por fallas de la capa superficial, que no afecta el comportamiento estructural de la calzada, pero que se traduce en incomodidades para el tránsito debido al aumento de la rugosidad.

**Fatiga:** Reducción progresiva de la resistencia de un material debido a la aplicación repetida de esfuerzos sobre él.

**Fisuras:** Aparición de grietas de diversa índole en la superficie de un pavimento. Líneas de rotura de un pavimento, caracterizada por una abertura no mayor a 7 mm.

**Fresado:** Molienda en frío de la superficie de un pavimento que permite conformarla con las rasantes y pendientes transversales deseadas, removiendo corrugaciones, baches, y otras imperfecciones de la capa de rodadura, dejando una superficie de textura apropiada y resistente al deslizamiento.

**Georadar:** Equipo empleado para medir los espesores de la estructura de pavimento. El equipo de Georadar utiliza una técnica geofísica de prospección del subsuelo que se basa en el proceso de reflexión de ondas electromagnéticas que considera las características físicas del material, su estado de humedad y la frecuencia del radar. Este método alternativo, contribuye a facilitar la toma de la información por su alto rendimiento.

**Grieta:** Hendidura, aproximadamente vertical que se presenta en la superficie de un pavimento, con abertura mayor a 7 mm. Este deterioro es la evolución de una fisura y se desarrolla según las mismas configuraciones y denominaciones.

**Hundimiento:** Depresión localizada en un pavimento asfáltico, de forma circular o parecida a ella, sin pérdida de material.

**Mantenimiento:** Conjunto de actividades destinadas a prevenir daños o reparar defectos específicos de los componentes de un segmento vial, incluyendo calzadas, bermas, dispositivos de drenaje, zonas laterales, estructuras y elementos de control de tránsito.

**Mezcla Asfáltica:** Material utilizado en la construcción de pavimentos, formado por una combinación de agregados pétreos y un producto asfáltico, donde las partículas quedan cubiertas de manera homogénea por éste. La mezcla se realiza de forma mecánica, bien en una planta fija o móvil, debiendo ser transportada después a la obra, donde se extiende y compacta.

**Microaglomerado en Frío:** Mezcla en proporciones adecuadas de agregado fino totalmente triturado y bien gradado, llenante mineral, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta modificada con polímeros y eventualmente aditivos, que da lugar a un producto fluido, homogéneo y cremoso que al ser aplicado sobre una superficie, proporciona un sello impermeable y antideslizante después de la evaporación del agua que contiene.

**Módulo Dinámico:** Módulo que caracteriza el comportamiento de un material a la deformación bajo sollicitaciones dinámicas.

**Módulo Resiliente:** Módulo que caracteriza el comportamiento a deformación elástica de suelos y materiales granulares. Se obtiene mediante un ensayo triaxial de carga repetida a presión de confinamiento constante.

**Nivel de Servicio:** Valor que califica a la superficie del pavimento según la sollicitación de carga, seguridad y confort establecido para el normal funcionamiento del mismo.

**Número Estructural (SN):** Índice que mide la capacidad de soporte de la estructura de pavimento ante una sollicitación de cargas de tráfico.

**Parcheo:** Reparación localizada de la capa superior de un pavimento.

**Pavimento Flexible:** Estructura de pavimento compuesta en su capa superior por concreto asfáltico o tratamiento superficial y con capas inferiores de base y sub-base generalmente granulares.

**Pavimento Rígido:** Estructura de pavimento donde la capa superior es de concreto hidráulico y con capas inferiores de base y sub-base generalmente granulares.

**Perfilógrafo Láser:** Equipo que permite relevar en forma continua, recorriendo el carril a evaluar a una velocidad que va de 30 a 70 Km/Hora la rugosidad en ambas huellas, en términos de IRI (m/Km). El perfilógrafo funciona a partir de 7 sensores ubicados en una viga transversal que a su vez va instalada en la defensa delantera del vehículo. Dos de ellos son sensores acelerómetros que miden el desplazamiento vertical del vehículo y los demás son sensores láser que miden el desplazamiento entre el vehículo y el pavimento. El perfil del pavimento se obtiene por la suma integrada de las mediciones de los 7 sensores.

**Reconstrucción:** Remoción de capas granulares y reemplazo parcial o total del pavimento para mejorar su capacidad estructural, adaptándolo a las necesidades del tránsito futuro.

**Refuerzo:** Colocación de capas de pavimento asfáltico que proporcionan capacidad estructural adicional o mejoran la serviciabilidad.

**Rehabilitación:** Trabajo que se realiza para prolongar la vida de un pavimento, que puede incluir la colocación de una o más capas de restauración o refuerzo y otros trabajos necesarios de acondicionamiento, como la reparación de

defectos localizados, el mejoramiento del drenaje y la reconstrucción de bermas, el reciclado o la remoción y reemplazo parcial de la estructura de pavimento.

**Renivelación:** Acción destinada a restaurar el perfil longitudinal y transversal de un pavimento.

**Segmento Vial:** Porción de vía que tiene un punto de inicio (nodo inicial), un punto de terminación (nodo final) y una dirección o sentido el cual está definido por la dirección en que aumenta la nomenclatura de la ciudad, de acuerdo a la cobertura Nom Vial del Mapa Digital de Bogotá D.C.

**Seviciabilidad:** Capacidad de un pavimento de servir al tránsito que hace uso de él en un momento determinado.

**Tránsito Promedio Diario:** Volumen de tránsito durante determinado periodo dividido por el número de días de este periodo.

**Tratamiento Superficial:** Aplicación de un ligante en estado líquido seguido de la extensión y compactación de una capa de gravilla de tamaño uniforme, en una o varias operaciones sucesivas.

**Vida Residual:** Número de cargas de diseño que puede soportar un pavimento en servicio antes de fallar por fatiga.

### **Marco Teórico**

El marco teórico a emplear es el apéndice 4 de la licitación pública UMV-LP-021- 2009 del manual de diagnóstico empleado por la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial – UAERMV-, que sirve como guía metodológica para los proyectos de Malla Vial Local a desarrollar por dicha entidad.

### **Consideraciones Generales sobre El ICP y el OPI**

(Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial - UAERMV, 2009). El ICP y el OPI son índices que permiten calificar y clasificar **la condición superficial** de la estructura de pavimento, en términos de serviciabilidad, movilidad, seguridad y confort.

**Condición del Pavimento (ICP / OPI).** La firma Consultoría Colombiana calculó el Índice de Falla de acuerdo a la metodología Banco Mundial (IF). Por este motivo, calificó la condición del pavimento mediante una fórmula calibrada para las condiciones de Bogotá, la cual calcula el Índice de Condición del Pavimento (ICP) en función del IRI y del IF, el cual va de 0 a 100, donde 100 representa un pavimento en excelentes condiciones y 0 representa un pavimento totalmente destruido. Para los efectos de clasificación vial, se establecieron rangos de ICP en función del tráfico que soporta la estructura, donde para un tráfico mayor a  $1.5 \times 10^6$  ejes de 8.2 toneladas, el rango de ICP entre 70 y 100 califica el pavimento como bueno, el rango de ICP entre 50 y 70 califica el pavimento como regular y el rango de ICP entre 0 y 50 califica el pavimento como malo.

Asimismo, la firma TNM calculó el Índice de Falla con base en la metodología PAVER (MDR) y calificó la condición del pavimento mediante una fórmula de su autoría que calibró para las condiciones de Bogotá, la cual calcula el Índice de Condición del Pavimento (OPI) en función del IRI y del MDR, el cual va de 0 a 100, donde 100 representa un pavimento en excelentes condiciones y 0 representa un pavimento totalmente destruido. Para los efectos de la clasificación vial, se determinó que pavimentos con OPI entre 0 y 30 tienen un estado malo y por lo tanto deben ser rehabilitados y especifica que un nivel aceptable de OPI de acuerdo a las condiciones de Bogotá es 70. De lo anterior, se deduce que el rango de OPI entre 30 y 50 corresponde a

un pavimento regular, el rango de OPI entre 50 y 70 corresponde a un pavimento bueno y el rango de OPI entre 70 y 100 corresponde a un pavimento excelente.

Tanto el ICP como el OPI, se calculan mediante algoritmos que dependen del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y del Índice de Falla (IF / MDR).

**Índice de Rugosidad Internacional (IRI).** El Índice de Rugosidad Longitudinal Internacional (IRI) es una medida para determinar la regularidad superficial del pavimento expresada generalmente en metros por kilómetro (m/Km).

Los valores de IRI van desde 0 hasta el valor que se obtenga en campo. Una superficie de pavimento con un IRI=0 expresa que la vía no presenta ningún tipo de irregularidad longitudinal. Se considera que rangos de IRI entre 0 y 4 m/Km son buenos, entre 4 y 8 m/Km regulares y mayores de 8 m/Km malos. En Bogotá, las vías presentan un IRI promedio de 7 m/Km (Información obtenida de los Documentos Maestros de Inventario y Diagnóstico Vial – IDU – 2000).

La medición del IRI se puede realizar mediante levantamiento topográfico o mediante la utilización de equipos diseñados para este fin como el Merlín, Romdas o Perfilógrafo. (p. 2-5).

## **ANÁLISIS DE LOS RANGOS DE ICP Y OPI**

(UAE-RMV, 2009) Con el objeto de sustentar los rangos de ICP y OPI que clasifican el estado superficial de la estructura de pavimento, se hace necesario realizar en primera instancia el análisis del comportamiento del Índice de Rugosidad Internacional y del Índice de Falla en los pavimentos de Bogotá.

Una vez realizado el análisis y aplicando las fórmulas de ICP y OPI consignadas en los Documentos Maestros del proyecto de Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial de Bogotá, se encuentra lo siguiente:

Tabla 1.

*Rangos ICP y OPI a evaluar y tipos de intervención.*

Rango de IRI	Rango de IF	Rango de ICP	Rango de MDR	Rango de OPI	Tipos de Intervención
0-6	0-30	70-100	79-97	70-100	Mantenimiento Rutinario Mantenimiento Periódico con un nivel bajo
7-9	30-50	50-70	40-78	30-70	Mantenimiento Rutinario Mantenimiento Periódico con un nivel medio a alto
> 10	> 50	0-50	0-39	0-30	Rehabilitación y/o Construcción Mantenimiento Rutinario posterior

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Sin embargo, el resultado de los rangos mostrados corresponde al establecido en el Inventario y Diagnóstico del IDU, donde la gestión de pavimentos se realiza al nivel de toda la malla vial (Diagnóstico de la red de manera global), es decir, con el objeto de priorizar las inversiones requeridas a través del tiempo y no como proyecto específico (Diagnóstico de la red dirigido a la obra específica). Por

esta razón, se hace necesario cerrar los rangos que permiten establecer el nivel de intervención y las actividades necesarias para mantener y/o mejorar el nivel de servicio de la malla vial arterial principal, arterial complementaria e intermedia. (p. 5-7)

### **Calificación y Clasificación Vial**

**Escogencia del índice a usar y su reclasificación.** (UAE-RMV, 2009) La calificación de estado a partir del OPI, se propone que se califiquen las vías como Excelentes, Buenas, Regulares y Malas y se distinga esta calificación con los colores Verde, Amarillo, Naranja y Rojo, respectivamente.

Para este proyecto y de acuerdo a la nueva calificación, se propone que el IRI excelente esté entre 0 y 4 m/Km, IRI bueno entre 5 y 6 m/Km, IRI regular entre 7 y 9 m/Km e IRI malo superior a 10 m/Km, lo anterior, atendiendo las necesidades de movilidad, seguridad y confort de las vías urbanas a mantener.

Asimismo, en cuanto al MDR, para este proyecto, considerando las prioridades de movilidad, seguridad y estado actual de la malla vial y teniendo en cuenta que el rango de MDR entre 40 y 78 es muy amplio, se propone lo siguiente:

- **MDR Excelente:** Ausencia de fallas superficiales o presencia de fallas tipo fisuras, piel de cocodrilo incipiente y baches de severidad baja y suma de la extensión total de las fallas inferior al 25% del área total mantenida.
- **MDR Bueno:** presencia de fallas tipo fisuras y baches de severidad media; piel de cocodrilo, ahuellamientos, hundimientos, corrugaciones, losas subdivididas, dislocamiento y deficiencia de juntas de severidad baja y suma de la extensión total de las fallas inferior al 40% del área total mantenida.

- MDR Regular: presencia de fallas tipo fisuras y baches de severidad alta; piel de cocodrilo, ahuellamientos, hundimientos, corrugaciones, losas subdivididas, dislocamiento y deficiencia de juntas de severidad media, fisuras en bloque y fisuras de esquina de severidad baja a media y suma de la extensión total de las fallas inferior al 60% del área total mantenida.

- MDR Malo: presencia de fallas tipo baches, piel de cocodrilo, ahuellamientos, hundimientos, corrugaciones, losas subdivididas, dislocamiento y deficiencia de juntas de severidad alta, fisuras en bloque y fisuras de esquina de severidad media a alta y suma de la extensión total de las fallas, superior al 60% del área total mantenida.

Correlacionando la ocurrencia, tipo, severidad y extensión de las fallas expuestas en cada una de las calificaciones en cada una de las curvas de la metodología PAVER, se encuentran los siguientes rangos de MDR:

- MDR Excelente: Entre 79 y 100
- MDR Bueno: Entre 59 y 78
- MDR Regular: Entre 40 y 58
- MDR Malo: Entre 0 y 39

Existen algunas patologías que no están contempladas en la metodología PAVER, como las exudaciones, peladuras, pérdida de finos y otras menores que sin embargo se tendrán en cuenta en el momento de proponer las acciones de mantenimiento periódico y rutinario.

La fórmula para el cálculo del OPI propuesta en el proyecto de Inventario y Diagnóstico Vial es la siguiente:

Ecuación 1. Fórmula para cálculo del OPI propuesta en el proyecto de inventario y diagnóstico vial.

$$OPI = MDR * \frac{5 * e^{(0.198 - 0.261 * IRI)^{0.12}}}{5}$$

Aplicando esta fórmula con los valores máximos y mínimos de los rangos de IRI y MDR expuestos y aproximando los resultados de OPI, se tiene:

Tabla 2.

*Rangos OPI según fórmula.*

Rango de IRI	Rango de MDR	Rango de OPI	Calificación	Clasificación
0-4	79-100	71-100	Excelente	Verde
5-6	59-78	51-70	Bueno	Amarillo
7-9	40-58	31-50	Regular	Naranja
> 10	0-39	0-30	Malo	Rojo

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Es importante anotar, que el OPI es un índice que sólo califica la condición superficial del pavimento y no la condición estructural, lo que implica que si sólo se tiene en cuenta este índice se podría programar actividades de mantenimiento para el arreglo de las fallas en vías sin vida remanente en términos estructurales,

generando costos muy grandes de estas obras, por la cantidad de intervenciones necesarias para mantener su nivel de servicio.

En los pavimentos flexibles, la capacidad estructural se mide a través del número estructural SN, considerado por la metodología de diseño AASHTO. El número estructural es un parámetro adimensional y se calcula a partir de la medida de deflexiones centrales mediante el deflectómetro de impacto (FWD) y del espesor de la estructura de pavimento. Los rangos de calificación del número estructural dependen del espesor de la estructura de pavimento y de las deflexiones medidas en campo. Para estructuras de pavimento con espesor constante y deflexiones centrales entre 0.4 mm y 0.6 mm, el número estructural es mayor de 4 (número estructural alto); estructuras con deflexiones centrales entre 0.6 mm y 1.5 mm, el número estructural está entre 2 y 4 (número estructural medio) y estructuras con deflexiones centrales mayores a 1.5 mm, el número estructural se encuentra entre 0 y 2 (número estructural bajo). En conclusión, un número estructural alto dice de una buena condición estructural de la vía.

En los pavimentos rígidos, la capacidad estructural se puede medir a través del espesor de losa efectivo, el cual se determina a partir del espesor de losa existente afectado por un coeficiente dependiendo del valor del Índice de Falla MDR (representa la fisuración de la losa). En la ciudad, los espesores de losa en vías de alto y medio tráfico recomendados en los diseños se encuentran alrededor de 20 cm, criterio con el cual se puede establecer que espesores efectivos menores de 10 cm se clasifican como bajos, espesores efectivos entre 10 y 20 cm se clasifican como medios y espesores efectivos mayores de 20 cm son altos. Sin embargo, como el valor del espesor efectivo de la losa depende del nivel de fallas

presentes, para la clasificación de los pavimentos rígidos, es válido tener solo en cuenta el OPI.

Otro factor adicional a tener en cuenta en el proceso de clasificación de las vías, corresponde al volumen y tipo de tráfico que soporta la estructura de pavimento, expresado en repeticiones de carga (ejes equivalentes de 8.20 toneladas). Para las mallas viales objeto del presente estudio (arterial principal, arterial complementaria e intermedia), se considera como tráfico alto repeticiones de carga superiores a 4 millones de ejes equivalentes de 8.20 toneladas y como tráfico medio repeticiones de carga inferiores a 4 millones de ejes equivalentes de 8.20 toneladas. Se espera que estos volúmenes de ejes se acumulen en un período de dos años (tiempo estimado del mantenimiento). Así mismo, es poco probable que en estas mallas se presenten tráficos bajos. Los anteriores datos, se tomaron de los documentos maestros del proyecto de Inventario y Diagnóstico de la malla vial de Bogotá.

Atendiendo las consideraciones anteriores, se recomienda reclasificar la calificación de las vías con pavimento flexible (verde, amarillo, naranja y rojo) a partir del OPI, dependiendo de la capacidad estructural que posea el pavimento y el volumen de tráfico esperado en el período del mantenimiento, ya que no es lo mismo la presencia de fallas superficiales con un tráfico alto, en estructuras con capacidad estructural alta, media o baja en términos de número estructural para pavimentos flexibles. Por tal motivo, se propone que para los pavimentos flexibles con capacidad estructural media y tráfico alto se mantenga la clasificación vial propuesta y en la medida de que esta capacidad sea alta o baja, se suba o baje al siguiente nivel de clasificación. Lo anterior, con el objeto de que las obras de

mantenimiento periódico en cada nivel de clasificación generen impacto en el comportamiento estructural del pavimento.

De acuerdo con lo anterior, para pavimentos flexibles, se tiene lo siguiente:

Tabla 3.

*Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento flexible y tráfico alto.*

<b>Capacidad Estructural</b>	<b>OPI</b>	<b>Clasificación</b>
Alta	71-100	Verde
Alta	31-70	Amarillo
Alta	0-30	Rojo (*)
Media	71-100	Verde
Media	51-70	Amarillo
Media	31-50	Naranja
Media	50-0	Rojo
Baja	71-100	Amarillo
Baja	51-70	Naranja
Baja	0-50	Rojo

Nota: Clasificación vial malla vial arterial principal, malla vial arterial complementaria y malla vial intermedia, pavimento flexible, tráfico alto ( $n > 4 \times 10^6$  ejes de 8.20 ton).

*(\*) Esta combinación en teoría de pavimentos es poco probable. Sin embargo, se consideran todas alternativas que generan estas combinaciones.*

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de*

*Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Como se explicó anteriormente, para los pavimentos rígidos solo se tendrá en cuenta el OPI, ya que el índice de Falla MDR lleva implícito el valor del espesor de losa efectivo. Por lo tanto, la clasificación de este tipo de estructuras en presencia de tráfico alto es como sigue:

Tabla 4.

*Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento rígido y tráfico alto.*

OPI	Clasificación
71-100	Verde
51-70	Amarillo
31-50	Naranja
50-0	Rojo

Nota: Clasificación vial malla vial arterial principal, malla vial arterial complementaria y malla vial intermedia, pavimento rígido, tráfico alto ( $n > 4 \times 10^6$  ejes de 8.20 ton).

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

De igual forma, para pavimentos flexibles y rígidos donde el tráfico se midió ( $N < 4 \times 10^6$  Ejes de 8.20 Toneladas), se propone que no sea tan drástica la

clasificación, ya que los requerimientos de movilidad, confort y tráfico no son los mismos que en mallas con tráfico alto. La clasificación propuesta se muestra a continuación:

Tabla 5.

*Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento flexible y tráfico medio.*

<b>Capacidad Estructural</b>	<b>OPI</b>	<b>Clasificación</b>
Media a Alta	71-100	Verde
Media a Alta	51-70	Amarillo
Media a Alta	31-50	Naranja
Media a Alta	0-30	Rojo
Baja	71-100	Amarillo
Baja	31-70	Naranja
Baja	0-30	Rojo

Nota: Clasificación vial malla vial arterial principal, malla vial arterial complementaria y malla vial intermedia, pavimento flexible, tráfico medio ( $n < 4 \times 10^6$  ejes de 8.20 ton).

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Tabla 6.

*Clasificación malla vial principal, complementaria, intermedia en pavimento rígido y tráfico medio.*

<b>OPI</b>	<b>Clasificación</b>
71-100	Verde
31-70	Amarillo
50-0	Rojo

Nota: Clasificación vial malla vial arterial principal, malla vial arterial complementaria y malla vial intermedia, pavimento rígido, tráfico medio ( $n < 4 \times 10^6$  ejes de 8.20 ton).

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Esta calificación y clasificación de pavimentos, genera un modelo de gestión integral, ya que contempla la condición superficial en los pavimentos flexibles y rígidos, la cual influye en la movilidad, seguridad y confort de los usuarios, la condición estructural en los pavimentos flexibles, condición ésta que influye en el proceso de deterioro y vida remanente del pavimento y el tipo y volumen de tráfico a que está sometida la estructura. (p. 9-15).

### **Actividades de Auscultación**

(UAE-RMV, 2009) Medición del OPI y SN, clasificación y calificación de las calzadas que conforman el segmento vial y Retroalimentación del Sistema de Administración de Pavimentos.

El contratista deberá calcular, cada doce (12) meses durante la ejecución del contrato de mantenimiento, el OPI y SN (realizando la primera medición de MDR, IRI y Deflectometría al inicio del contrato) en cada una de las calzadas que componen los segmentos viales, objeto del contrato, independientemente de que la misma haya sido intervenida o no. Para este efecto, el contratista deberá disponer de personal idóneo, así como de un equipo de recolección de datos de campo sistematizado para las fallas superficiales (carteras electrónicas), perfilógrafos de alto rendimiento para la medición del IRI, Georadar para la medición del espesor de las capas que conforman la estructura de pavimento (una sola vez al inicio del contrato) y deflectómetros de alto rendimiento para la medición de la deflexión central y del número estructural en los pavimentos flexibles.

De igual forma, deberán calificar y clasificar las vías de acuerdo a la metodología propuesta (verde, amarillo, naranja y rojo).

Por último, deberán retroalimentar la base de datos del Sistema de Administración de Pavimentos de la UMV en todas y cada una de las calzadas incluidas en los segmentos viales medidos, con el objeto de mantener actualizada la base de datos del sistema y facilitar la información del desempeño del

pavimento para que se pueda ir calibrando el modelo de deterioro del Sistema de Administración de Vías Urbanas (SAVU).

Los procesos y procedimientos para ejecutar estas actividades deberán ajustarse a los contenidos en los documentos maestros del Inventario y Diagnóstico Vial antes mencionados. (p. 36).

### **Tipos de Intervención**

(UAE-RMV, 2009) El modelo de mantenimiento propuesto, considera dos grandes tipos de intervención en las vías que conforman la malla vial arterial principal, malla vial arterial complementaria y malla vial intermedia, los cuales se denominan Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico.

**Mantenimiento Rutinario.** El Mantenimiento Rutinario corresponde a todas y cada una de las actividades necesarias para que el pavimento

**MANTENGA** su vida útil conforme a las proyecciones de su ciclo de vida.

De acuerdo con la clasificación y calificación del estado vial (calificación de Tránsito, OPI y Número Estructural) para la Malla Vial Arterial Principal, Malla Vial Arterial Complementaria y Malla Vial Intermedia, es obligatorio mantener con actividades rutinarias todas y cada una de las vías clasificadas como Verdes, Amarillas y/o Naranjas, independientemente de las obras de Mantenimiento Periódico que se realicen en las mismas. Sin embargo como los drenajes que son actividades que hacen parte del mantenimiento rutinario vienen interconectados en red, y los tramos clasificados como Rojos no son objeto de mantenimiento rutinario, solo se podrá en éstos segmentos limpiar pozos, sumideros o tuberías cuando a juicio del interventor deban limpiarse.

El mantenimiento rutinario incluye varios trabajos que el contratista debe desarrollar a lo largo del plazo del contrato en todas y cada una de las vías objeto del mismo.

*Actividades del Mantenimiento Rutinario:*

Dentro del Mantenimiento Rutinario encontramos las siguientes actividades:

- En la calzada: limpieza de sumideros.
- En los pavimentos: sello de fisuras, limpieza y sello de juntas. Así

mismo, cuando el nivel de las fallas, la pérdida de finos y las peladuras lo ameriten, se consideran dos actividades especiales de mantenimiento rutinario a saber: lechada asfáltica (slurryseal) y sello de arena asfalto.

**Mantenimiento Periódico.** El Mantenimiento Periódico corresponde a todas y cada una de las actividades necesarias para solucionar por un lapso de tiempo corto los problemas de fallas superficiales y aumentar la vida residual estructural de los pavimentos, los cuales inciden en el nivel de serviciabilidad, movilidad, confort y seguridad vial.

De acuerdo con la clasificación y calificación del estado vial (calificación de tránsito, OPI y Número Estructural) para la Malla Vial Arterial Principal, Malla Vial Arterial Complementaria y Malla Vial Intermedia, es obligatorio reparar las fallas superficiales en todas y cada una de las vías clasificadas como Verdes, Amarillas y/o Naranjas que poseen capacidad de soporte estructural, independientemente de las actividades de Mantenimiento Rutinario que se realicen en las mismas.

Este mantenimiento incluye varios tipos y niveles de intervención en la estructura de pavimento, dependiendo del porcentaje de área afectada y severidad de las fallas superficiales que se presenten, las cuales son calificadas a través del

OPI, medida que depende del Índice de Falla Superficial (MDR) y del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Asimismo, se hace necesario que la estructura de pavimento a mantener posea capacidad de soporte estructural, ya que desde el punto de vista económico no es aconsejable mantener periódicamente estructuras sin vida estructural por el nivel de intervención que se requiere, el cual se ve reflejado en los costos de éstas intervenciones. La capacidad de soporte de las estructuras de pavimento flexibles se mide a través del cálculo del Número Estructural (SN) y en las estructuras de pavimento rígido va ligada de manera directa con el OPI.

Del diagnóstico superficial de los pavimentos (tipo de daños, magnitud y severidad) y los resultados de OPI y SN, se deben decidir intervenciones de mantenimiento periódico entre las siguientes: parcheos, bacheos, riegos de agregados y asfalto, sellos CheapSeal, morteros asfálticos (slurryseal), micro pavimentos, nivelación de la rasante, sobre carpetas y reciclados de las carpetas asfálticas y/o materiales granulares en el sitio.

*Actividades y Niveles de Intervención del Mantenimiento Periódico:*

Atendiendo el requisito de que las obras correspondientes al mantenimiento periódico tengan una vida útil de máximo 3 años y que las vías intervenidas mediante este mecanismo por lo menos se mantengan en un nivel de servicio intermedio, se realizó un ejercicio teórico sobre tres estructuras de pavimento flexible, típicas en Bogotá, en presencia de diferentes niveles de tráfico, OPI y SN inicial, con el objeto de determinar el espesor faltante de estructura (nivel de intervención) para un período de diseño de 10 años y de 3 años, mediante la aplicación de la teoría de retrocálculo de la AASHTO.

En general se encontraron los siguientes niveles de intervención: a) Reparación puntual de las fallas superficiales (parcheos, fresados y nivelaciones), b) Sobre carpetas de 3 centímetros, c) Sobre carpetas de 5 centímetros, d) Sobre carpetas de 8 centímetros y e) Rehabilitaciones (Sobre carpetas superiores a 10 centímetros).

Se puede concluir que de acuerdo a la clasificación y calificación vial propuesta en el transcurso de este documento y atendiendo la filosofía y las políticas del modelo propuesto, los niveles máximos de intervención en las estructuras de pavimento flexible, con base en las condiciones de tráfico, OPI y SN inicial son los siguientes:

Tabla 7.

*Niveles máximos de intervención con mantenimiento periódico y pavimento flexible.*

<b>ESPESOR PROPUESTO</b>	<b>NIVEL MÁXIMO DE INTERVENCIÓN</b>
0 Centímetros	Parcheos, fresados y nivelaciones
3 Centímetros	Microaglomerados
5 Centímetros	Mezcla Densa en Caliente MDC-2
8 Centímetros	Mezcla Densa en Caliente MDC-1 y Microaglomerados

Nota: Niveles máximos de intervención, mantenimiento periódico pavimento flexible.

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de*

*Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y*

*los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

Para las estructuras de pavimento rígido, teniendo en cuenta que la clasificación y calificación vial propuesta depende exclusivamente del OPI y que, además, estas estructuras se construyen de manera modular (placas), los niveles máximos de intervención dependen del tipo de falla encontrada y del porcentaje afectado por placa. Sin embargo, en casos de fallas severas presentes en pavimentos rígidos se recomienda la colocación de un refuerzo con mezcla asfáltica en caliente. Para el presente modelo, se propone lo siguiente (p. 38-42):  
Tabla 8.

*Niveles máximos de intervención con mantenimiento periódico y pavimento rígido.*

<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>NIVEL MÁXIMO DE INTERVENCIÓN</b>
Baches	Reposición a profundidad y/o reemplazo de losa y/o mezcla densa en caliente MDC-2
Losas Subdividas	Generación de Junta y/o reposición a profundidad y/o reemplazo parcial o total de losa y/o mezcla densa en caliente MDC-2
Dislocamientos	Fresado y/o nivelación y/o inyección por problemas de bombeo
Fisura de Esquina	Generación de Junta y/o reposición a profundidad y/o reemplazo de losa parcial o total de la losa

Nota: Niveles máximos de intervención, mantenimiento periódico pavimento rígido.

Fuente: Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial.

(2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4. Objeto:*

*“Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local.” Bogotá.*

## **Metodología**

### **Proceso del Diagnóstico**

En los segmentos viales a intervenir mediante el Convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 en la localidad de Barrios Unidos por medio del contratista de obra Unión Temporal Vías Patria Ingeniería S.A. se realizaron los diagnósticos y modelaciones de las vías a intervenir así:

1. Auscultación visual.
2. Dos apiques por segmento vial.
3. Recolección muestras de materiales presentes en cada uno de los apiques realizados.
4. Realización ensayos a las muestras recogidas como son: clasificación, humedad, Límites de Attemberg, CBR inalterado y sumergido, Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC).
5. La Unidad de Mantenimiento Vial entregó al contratista la directriz de usar 500.000 ejes equivalentes para la modelación de las estructuras a intervenir sin tener un estudio de tráfico de las vías locales de la ciudad.
6. Realización de modelación tipo de acuerdo a los resultados de laboratorio por metodología AASHTO.
7. Revisión en obra por las especialistas en pavimentos de las modelaciones tipo presentadas.

Cabe resaltar que el equipo de laboratorio que realizó el diagnóstico fue la firma AUSCULTAR S.A.S. contratados por el contratista de obra la Unión Temporal.

También se debe mencionar que en el proceso de la realización del diagnóstico se presentaron ciertos inconvenientes como:

1. Discrepancia entre los datos de CBR sumergido e inalterado entre la firma AUSCULTAR S.A.S. y la Interventoría Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ya que la Interventoría tomaba contra muestras de los materiales encontrados para realizar las mismas pruebas en sus laboratorios y poder cotejar lo entregado por el contratista.

Para agilizar el tema de dichos ensayos de laboratorios se optó por realizar los ensayos a las muestras en conjunto (contratista – Interventoría), de lo cual se tomaron los resultados obtenidos en este proceso para poder modelar las estructuras de los pavimentos con datos certificados por las dos partes.

2. Se realizaron varias entregas de los tipos de modelaciones por parte de la firma AUSCULTAR S.A.S. que fueron corregidas por la Interventoría a causa que el contratista no tenía en cuenta la posible reutilización del material granular existente y su mejoramiento.

3. Se realizaron visitas de obra a cada uno de los segmentos viales a intervenir por parte de los especialistas de pavimentos tanto del contratista como de la Interventoría, encontrando que las modelaciones finales entregadas por el contratista no se ajustaban a la realidad de lo encontrado en obra y por lo cual en la obra se determinaron las intervenciones diferentes a las entregadas por el contratista.

Las vías intervenidas mediante el Convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 en la localidad de Barrios Unidos fueron:

Tabla 9.

*Vías intervenidas en la localidad de Barrios Unidos.*

NÚMERO	CIV	DIRECCIÓN	BARRIO
1	12002005	CALLE 71B ENTRE CARREAS 28 Y 28A	ALCAZARES
2	12002944	CARRERA 27 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 71B	
3	12001935	CALLE 73BIS ENTRE CARRERAS 27A Y 27B	
4	12002028	CALLE 73 ENTRE CARRERAS 25 Y 26	
5	12002073	CARRERA 25 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 73	
6	12002056	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 28A Y 28B	
7	12000013	CARRERA 61BIS ENTRE AVCALLE 100 Y CALLE 99	
8	12000055	CALLE 98 ENTRE CARRERAS 62 Y 63	ANDES
9	12002508	CALLE 63D ENTRE CARRERA 28A Y AVCARRERA 30	BENAJMIN HERRERA
10	12002518	CALLE 63D ENTRE CARRERAS 28 Y 28A	
11	12002236	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 21 Y 22	COLON - CONCEPCION
12	12002212	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 22 Y 23	
13	12002051	CARRERA 26 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 73	ALCAZARES
14	12001734	CARRERA 56 ENTRE CALLES 79 Y 79B	GAITAN
15	12002730	CALLE 63B ENTRE CARRERAS 18 Y 19	BAQUERO
16	12000668	DIAGONAL 79BBIS ENTRE CARRERAS 56 Y 56BIS	GAITAN

Fuente: Los Autores.

### **Revisión y Análisis de los Ensayos de Laboratorio**

Como se observará en las siguientes tablas, se hizo énfasis en los resultados obtenidos de CBR y PDC, ya que estos se utilizan en la metodología AASHTO para la modelación de las estructuras a ejecutar en los segmentos viales a intervenir.

Los resultados hallados de los ensayos de laboratorio son los siguientes:

- Promedio CBR inalterado de 3,04.
- Promedio CBR sumergido de 1,93.
- Promedio PDC de 3,48.

Los datos obtenidos son los comunes en las arcillas de la sabana de Bogotá y son los datos de entrada al programa AASHTO.

(AUSCULTAR S.A.S., 2011) A continuación se presentan las tablas resúmenes basadas en los resultados entregados por la firma consultora y de los ensayos de laboratorio realizados por apique y sus resultados, resaltando los datos obtenidos de CBR Inalterado, CBR Sumergido y PDC.

Tabla 10.

Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12002028, 12002073, 12002051, 12000056 y 12000013.

 <b>TABLA RESUMEN BASADA EN LABORATORIOS</b>																Codigo	AUS_MG_FT	
ENTIDAD CONTRATANTE: PATRIA																Version	0	
PROYECTO: DIAGNÓSTICO, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL SEGUN LOS CONVENIOS INTERADMINISTRATIVOS ENTRE LA UMV Y LOS FONDOS DE DESARROLLO LOCAL																Fecha		
SECTOR: BARRIOS UNIDOS																Pagina		
																Aprobo VoBo	R.A.M.B.	
CALZADA	LOCALIZACIÓN	ABSCISA	PROF DESDE (cms)	PROF HASTA (cms)	ESPESOR (cms)	USCS	AASHTO	IG	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	% W <sub>N</sub>	LL %	LP %	IP %	CBR INALTERADO	CBR SUMERGIDO	PDC %
Izquierdo	12002028	K0+030	50	164	114	CL	A-6	12	0	2.416	7.584	2.699	3.576	2.017	1.559	3,31	1,58	-
Derecho		K0+019	48	73	25	SM	A-2-4	0	0	6.621	3.379	2.751			NP	2,24	1,45	2,70
Eje		K0+053	46	77	31	SM	A-2-4	0	0	7.631	2.369	1.957			NP	2,61	1,43	3,10
		<b>PROMEDIO</b>															<b>2,72</b>	<b>1,49</b>
Izquierdo	12002073	K0+054	60	68	8	SM	A-2-4	0	0	7.185	2.815	1.748			NP	3,08	2,28	-
Derecho		K0+014	50	70	20	SP - SM	A-3	0	0	9.122	878	1.986			NP	2,48	1,43	3,90
Eje		K0+071	54	70	16	SM	A-2-4	0	0	7.505	2.495	1.876			NP	3,01	2,27	2,90
		<b>PROMEDIO</b>															<b>2,86</b>	<b>1,99</b>
Derecho	12002051	K0+038	64	80	16	SM	A-2-4	0	0	7.191	2.809	2.197			NP	3,20	2,71	2,80
Izquierdo		K0+061	50	77	27	MH	A-7-5	20	0	2.849	7.151	2.154	9.333	6.762	2.572	3,26	2,19	3,00
		<b>PROMEDIO</b>															<b>3,23</b>	<b>2,45</b>
Izquierdo	12000055	K0+022	50	73	23	CH	A-7-5	20	0	2.421	7.579	5.327	7.355	3.067	4.288	3	1	4
Derecho		K0+013	57	80	23	CH	A-7-5	18	0	1.574	8.426	3.749	7.195	3.181	4.014	3	2	3
Eje		K0+050	60	90	30	CH	A-7-5	17	0	2.172	7.828	5.893	7.785	3.025	4.760	2	2	-
		<b>PROMEDIO</b>															<b>2,54</b>	<b>1,76</b>
Izquierdo	12000013	K0+007	70	100	30	SM	A-2-4	0	0	6.844	3.156	2.951			NP	4,42	1,90	6,00
Eje		K0+017	105	140	35	CH	A-7-5	17	0	1.754	8.246	6.674	7.277	3.181	4.096	2,05	1,35	2,90
Derecho		K0+039	60	90	30	SM	A-2-4	0	0	7.717	2.283	2.970			NP	5,17	2,09	6,90
		<b>PROMEDIO</b>															<b>3,88</b>	<b>1,78</b>

Fuente: Los Autores.

Tabla 11.

Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12002518, 12002508, 12002730, 12002236, 12002212 y 12000765.

 <b>AUSCULTAR S.A.S.</b> Ensayos e Ingeniería																Codigo	AUS_MG_FT	
																Version	0	
																Fecha		
ENTIDAD CONTRATANTE: PATRIA																Pagina		
PROYECTO: DIAGNÓSTICO, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL SEGUN LOS CONVENIOS INTERADMINISTRATIVOS ENTRE LA UMV Y LOS FONDOS DE DESARROLLO LOCAL																Aprobo VoBo	R.A.M.B.	
SECTOR: BARRIOS UNIDOS																		
CALZADA	LOCALIZACIÓN	ABSCISA	PROF DESDE (cms)	PROF HASTA (cms)	ESPESOR (cms)	USCS	AASHTO	IG	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	% wn	LL %	LP %	IP %	CBR INALTERADO	CBR SUMERGIDO	PDC %
Eje	12002518	K0+038	50	80	30	MH	A-7-5	18	0	2.862	7.138	2.549	5.726	3.354	2.372	3,47	2,33	3,40
Derecho		K0+024	55	80	25	SM	A-7-5	2	0	5.650	4.350	4.836	4.206	2.958	1.248	3,37	1,86	4,00
Izquierdo		K0+100	50	90	40	ML	A-7-5	9	0	3.357	6.643	4.652	4.361	2.982	1.379	2,85	2,01	2,90
<b>PROMEDIO</b>																<b>3,23</b>	<b>2,07</b>	<b>3,43</b>
Izquierdo	12002508	K0+010	50	90	40	CH	A-7-5	20	0	1.603	8.397	1.873	6.126	3.088	3.038	2,10	1,79	1,80
Eje		K0+040	50	100	50	CH	A-7-6	15	0	2.159	7.841	3.877	6.898	2.795	4.103	5,78	3,48	2,40
Derecho		K0+100	60	100	40	MH	A-7-5	15	0	4.415	5.585	4.603	6.417	3.435	2.983	3,05	2,31	2,20
<b>PROMEDIO</b>																<b>3,64</b>	<b>2,53</b>	<b>2,13</b>
Eje	12002730	K0+050	25	60	35	MH	A-7-5	20	0	2.382	7.618	3.527	6.327	3.571	2.756	3,31	1,36	3,08
Izquierdo		K0+020	28	50	22	CL	A-7-6	16	0	1.969	8.031	3.521	4.471	2.546	1.925	2,54	1,85	3,00
<b>PROMEDIO</b>																<b>2,93</b>	<b>1,61</b>	<b>3,04</b>
Derecho	12002236	K0+050	76	100	24	SM	A-2-4	0	0	7.851	2.149	2.416			NP	3,09	2,10	3,70
Eje		K0+050	120	150	30	SM	A-2-4	0	0	7.247	2.753	2.235			NP	3,42	2,28	3,50
Derecho		K0+020	60	100	40	MH	A-7-5	15	0	3.991	6.009	7.123	6.990	4.597	2.393	2,47	1,36	3,00
<b>PROMEDIO</b>																<b>2,99</b>	<b>1,91</b>	<b>3,40</b>
Derecho	12002212	K0+080	50	80	30	SM	A-2-4	0	0	7.144	2.856	2.969			NP	4,80	2,67	2,00
Derecho		K0+030	60	90	30	MH	A-7-5	15	0	4.393	5.607	6.249	6.370	3.291	3.078	2,09	1,42	2,70
Derecho		K0+020	80	110	30	CH	A-7-6	13	0	4.282	5.718	8.672	5.361	2.774	2.587	2,33	1,14	-
<b>PROMEDIO</b>																<b>3,07</b>	<b>1,74</b>	<b>2,35</b>
Izquierdo	12000765	K0+000	60	150	90	MH	A-7-5	20	71	4.179	5.750	3.286	7.791	4.005	3.786	4,05	3,07	5,60
Derecho		K0+000	70	150	80	SC	A-2-7	0	0	6.672	3.328	5.239	8.056	1.481	6.575	4,76	3,23	5,20
<b>PROMEDIO</b>																<b>4,41</b>	<b>3,15</b>	<b>5,40</b>

Fuente: Los Autores.

Tabla 12.

Tabla resumen ensayos de laboratorio segmentos 12000668, 12002056, 12002005, 12002944 y 12001935.

 <b>AUSCULTAR S.A.S.</b> Ensayos e Ingeniería																Codigo	AUS_MG_FT	
<b>TABLA RESUMEN BASADA EN LABORATORIOS</b>																		
ENTIDAD CONTRATANTE: PATRIA																Version	0	
PROYECTO: DIAGNÓSTICO, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL SEGUN LOS CONVENIOS INTERADMINISTRATIVOS ENTRE LA UMV Y LOS FONDOS DE DESARROLLO LOCAL																Fecha		
SECTOR: BARRIOS UNIDOS																Pagina		
																Aprobo VoBo	R.A.M.B.	
CALZADA	LOCALIZACIÓN	ABSCISA	PROF DESDE (cms)	PROF HASTA (cms)	ESPESOR (cms)	USCS	AASHTO	IG	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	% wn	LL %	LP %	IP %	CBR INALTERADO	CBR SUMERGIDO	PDC %
Izquierdo	12000668	K0+000	60	150	90	MH	A-7-5	16	0	2.450	7.550	3.875	7.961	3.898	4.062	3,45	2,69	3,70
		<b>PROMEDIO</b>														<b>3,45</b>	<b>2,69</b>	<b>3,70</b>
Izquierdo	12002056	K0+010	8	25	17	GM - GC	A-2-4	0	6.249	2.531	1.220	774	2.056	1.380	677			
			25	40	15	GC	A-2-4	0	4.304	4.090	1.606	1.046	1.831	1.006	825			
			40	115	75	MH	A-7-5	17	0	3.820	6.180	4.684	7.156	4.488	2.668	2,04	1,20	
<b>PROMEDIO</b>														<b>2,04</b>	<b>1,20</b>			
Derecho	12002005	K0+032	40	78	38	MH	A-7-5	17	0	2.500	7.500	4.026	6.511	4.808	1.702	2,85	1,58	-
Izquierdo		K0+015	36	60	24	MH	A-7-5	15	0	3.395	6.605	3.030	5.299	2.963	2.336	2,08	1,16	-
Eje		K0+053	30	62	32	MH	A-7-5	20	0	1.180	8.820	6.547	8.887	6.231	2.655	2,14	1,19	-
<b>PROMEDIO</b>														<b>2,36</b>	<b>1,31</b>	-		
Derecho	12002944	K0+031	120	150	30	CH	A-7-6	20	0	2.921	7.079	4.023	6.438	2.941	3.497	2,21	1,23	-
Derecho		K0+082	80	150	70	CH	A-7-6	18	0	4.616	5.384	3.958	6.923	2.950	3.973	2,37	1,54	-
Eje		K0+048	50	67	17	CH	A-7-6	20	0	1.842	8.158	2.850	5.189	2.789	2.400	2,99	1,76	-
Derecho		K0+085	55	80	25	CH	A-7-6	14	0	4.041	5.959	3.043	5.541	2.852	2.690	2,56	1,60	-
<b>PROMEDIO</b>														<b>2,53</b>	<b>1,53</b>	-		
Izquierdo	12001935	K0+026	60	120	60	SM	A-2-4	0	0	7.211	2.789	1.565			NP	2,29	1,40	-
Eje		K0+035	45	75	30	MH	A-7-5	16	0	1.648	8.352	3.267	5.516	3.323	2.193	3,00	1,87	-
Derecho		K0+048	44	70	26	MH	A-7-5	20	0	1.092	8.908	3.918	8.604	4.699	3.905	3,23	1,90	-
<b>PROMEDIO</b>														<b>2,84</b>	<b>1,72</b>	-		

Fuente: Los Autores.

## **Análisis Técnico de las Modelaciones Entregadas por Medio de la Metodología AASHTO**

Según los datos de las tablas 013 a la 018 y figuras 001 a la 020 que se observan a continuación, se evidencia que las modelaciones presentadas por el consultor, la firma AUSCULTAR S.A.S., no fue lo que se ejecutó en obra, es decir, que las modelaciones iniciales presentadas fueron sobre dimensionadas en la mayoría de los segmentos viales.

Lo anterior se evidenció directamente en la obra, en el momento que se iba a iniciar la ejecución de cada una de las vías, los Especialistas en Pavimentos del contratista y de la Interventoría revisaban la posible modelación que aplicaría para cada segmento y allí era donde se constataba que se debería cambiar la estructura inicial por varios factores de los materiales existentes.

(AUSCULTAR S.A.S., 2011) A continuación se presentan las tablas resúmenes y figuras de comparación por barrios de la localidad de Barrios Unidos de las modelaciones entregadas por la empresa AUSCULTAR S.A.S. de los segmentos viales intervenidos versus las estructuras construidas en cada segmento vial y donde se confirma que las modelaciones presentadas no fueron las ejecutadas reales en las vías.

Tabla 13.

*Comparación modelaciones Segmentos barrio ALCÁZARES CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935).*

<b>SEGMENTOS EJECUTADOS EN EL BARRIO ALCAZARES</b>		
12002005	VERSION 0 Y 1	CALLE 71B ENTRE CARRERAS 28 Y 28A
12002944	VERSION 0 Y 1	CARRERA 27 ENTRE CALLES 71B Y 72
12002056	VERSION 0 Y 1	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 28A Y 28B
12001935	VERSION 0 Y 1	CALLE 73BIS ENTRE CARRERAS 27A Y 27B
<b>NINGUNA MODELACIÓN CONCUERDA CON LO QUE SE EJECUTÓ</b>		
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO - VERSION 0 PROPUESTA POR CONTRATISTA</b>		
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2
13,0 cm B-600+asfalto	15,0 cm B-600+cemento	29,0 cm SBG-1
15,0 cm SBG-1	15,0 cm SBG-1	15,0 cm Sello
30,0 cm Rajón	30,0 cm Rajón	30,0 cm Rajón
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO- VERSION 1 PROPUESTA POR CONTRATISTA</b>		
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
8,0 cm MDC-2	11,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2
REPAV	16,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm BG-1
15,0 cm SBG-1+cemento	30,0 cm Material Remanente	15,0 cm SBG-1
15,0 cm Sello		15,0 cm Sello
30,0 cm Rajón		30,0 cm Rajón
ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002005-12002944	ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002056	ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12001935
8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2
REPAV	15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento
15,0 cm SBG-1+cemento	20,0 cm SBG-1	10,0 cm SBG-1
15,0 cm SBG-1		30,0 cm Rajón
GEOTEXTIL		

Fuente: Los Autores.

Para los CIVs 12002005, 12002944, 12002056 y 12001935 del barrio ALCÁZARES, la modelación más aproximada es la Versión 0 Alternativa 2 entregada por el contratista variando espesores así: específicamente para los CIVs 12002005 y 12002944 se disminuyó el espesor de la MDC-2 y se retiró totalmente la capa de Rajón; para el CIV 12002056 se disminuyó la MDC-2 y se aumentó la capa de SBG-1 y se retiró la capa de Rajón y para el CIV 12001935 se disminuyeron espesores de las capas de MDC-2 y SBG-1.

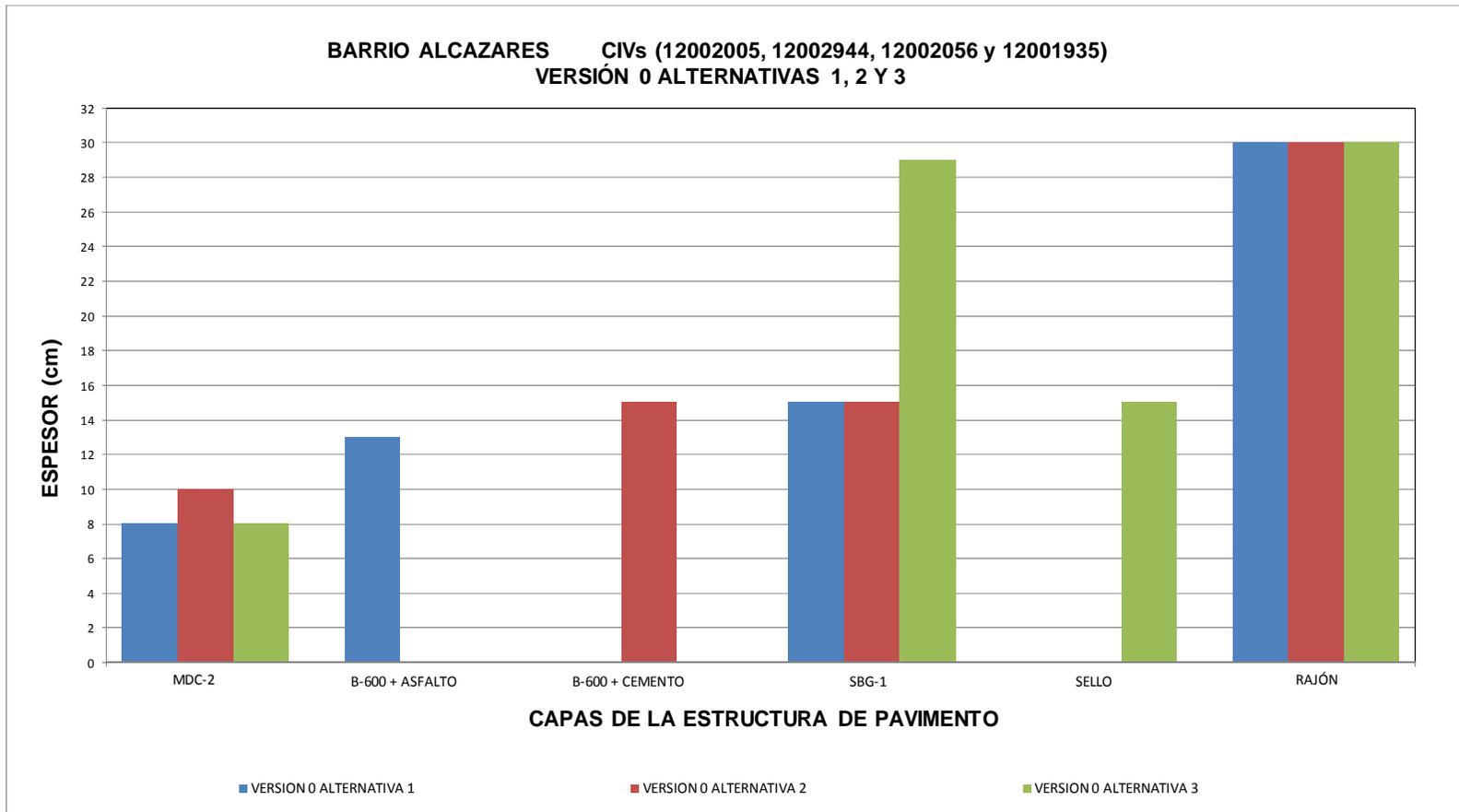


Figura 1. Versión 0 Alternativas 1, 2 y 3 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935).  
Fuente: Los Autores.

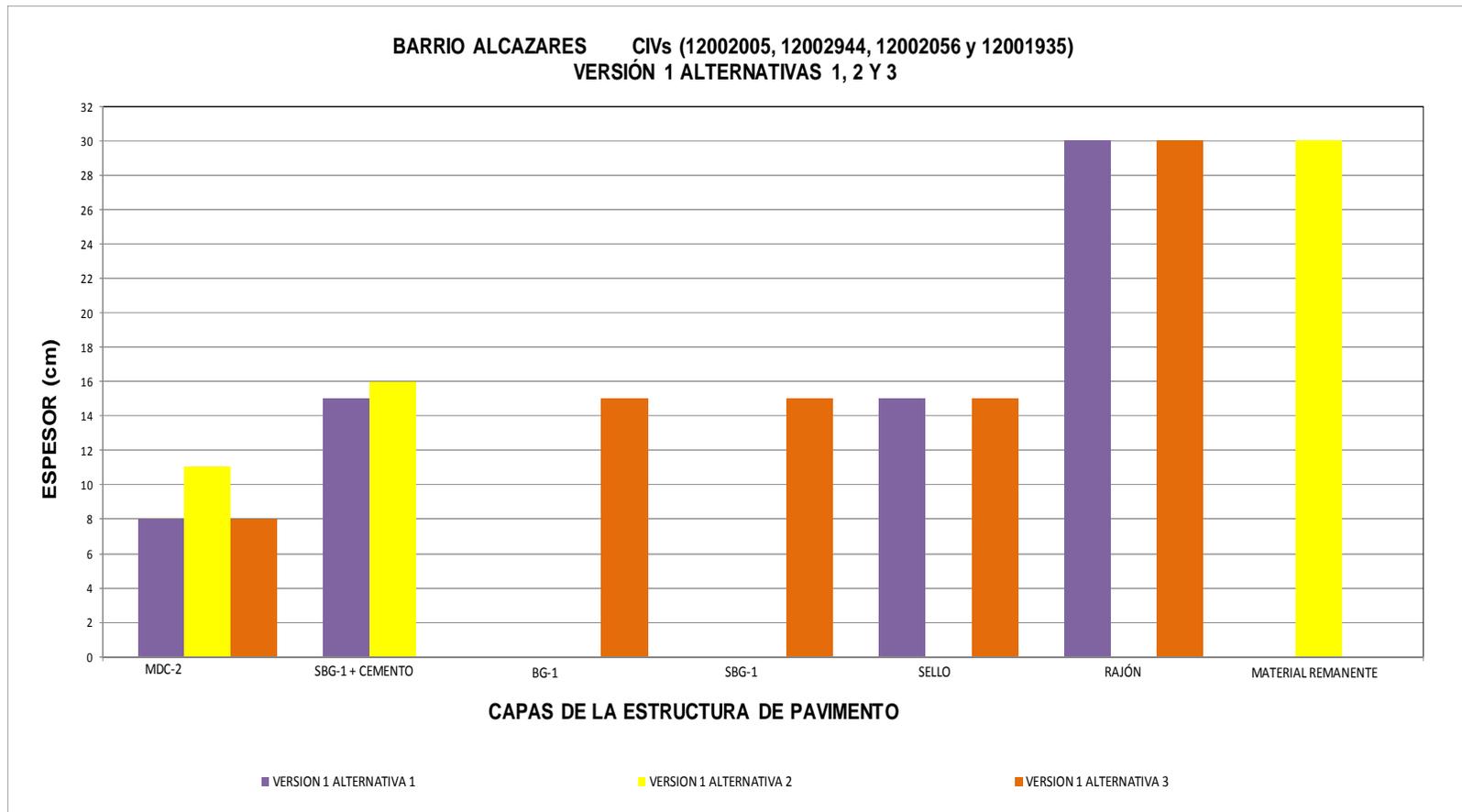


Figura 2. Versión 1 Alternativas 1, 2 y 3 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935).  
Fuente: Los Autores.

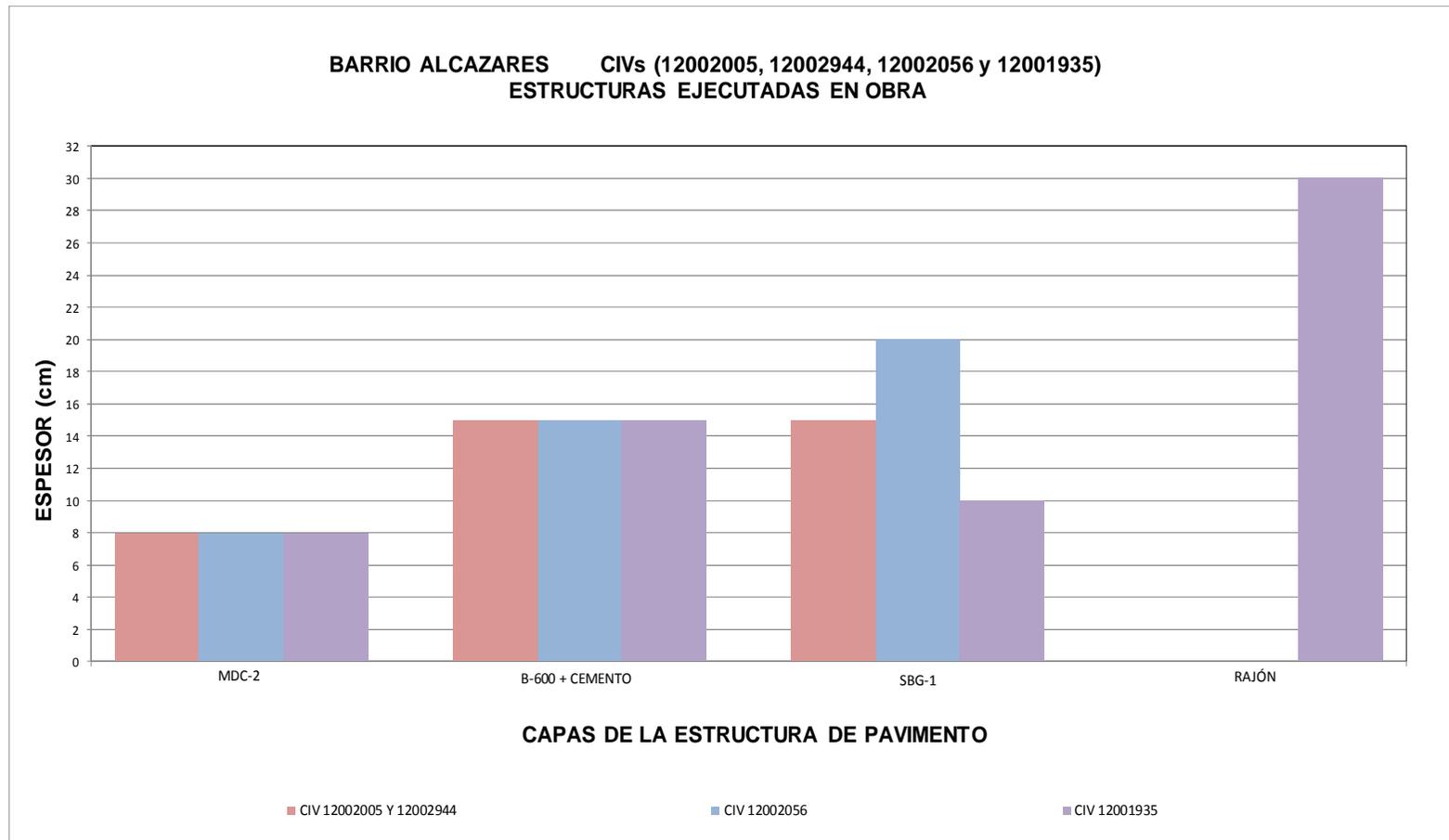


Figura 3. Estructuras ejecutadas en obra barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935).

Fuente: Los Autores.

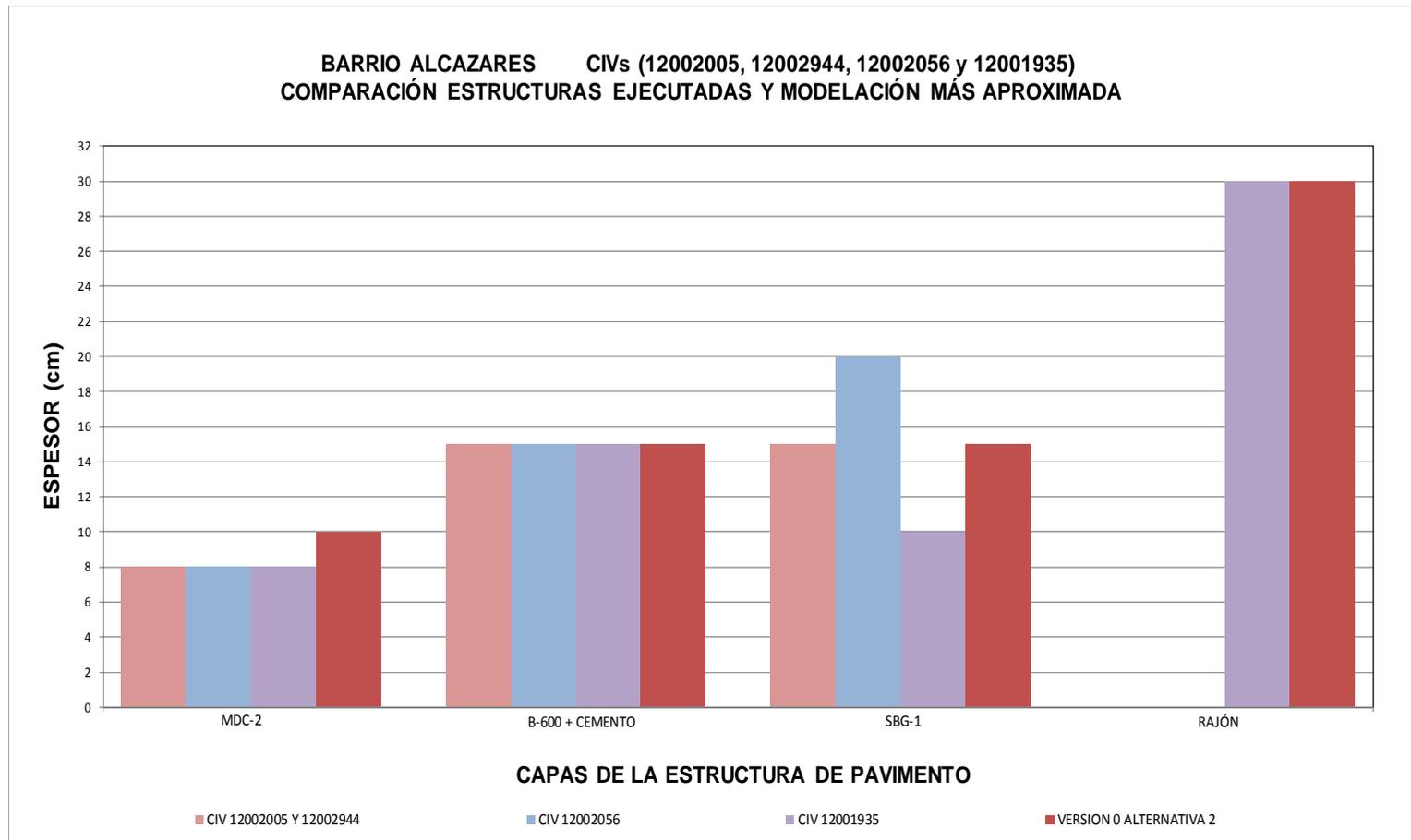


Figura 4. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ALCÁZARES. CIVs (12002005, 12002944, 12002056 y 12001935). Fuente: Los Autores.

Tabla 14.

Comparación modelaciones Segmentos barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051).

SEGMENTOS EJECUTADOS EN EL BARRIO ALCAZARES			
12002028	VERSIÓN 0	CALLE 73 ENTRE CARRERAS 25 Y 26	
12002073	VERSIÓN 0	CARREA 25 ENTRE CALLES 72 Y 73	
12002051	VERSIÓN 0	CARRERA 26 ENTRE CALLES 72 Y 73	
CIV 12002028 CONCUERDA CON ALTERNATIVA 4			
<b>CIV 12002073 Y 12002051 NO CONCUERDA CON NINGUNA ALTERNATIVA</b>			
ESTRUCTURA PAVIMENTO- VERSIÓN 0 PROPUESTA			
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
10,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
REPAV	REPAV	20,0 cm BG-1	15,0 cm Material Existente+cemento
15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento	25,0 cm SBG-1	15,0 cm Material Remanente
20,0 cm SBG-1	35,0 cm Material Remanente	GEOTEXTIL	
GEOTEXTIL			
ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002028	ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002073	ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002051	
10,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	
15,0 cm Material Existente+cemento	15,0 cm Material Existente+cemento	REPAV	
15,0 cm Material Remanente	15,0 cm Material Remanente	15,0 cm SBG-1+cemento	
		20,0 cm SBG-1	
		10,0 - 15,0 cm Material Remanente	

Fuente: Los Autores.

Para los siguientes CIVs del barrio ALCÁZARES se observa que: para el CIV 12002028 la modelación aplicable es la Versión 0 Alternativa 4 entregada por el contratista; para el CIV 12002073 se disminuyó el espesor de la MDC-2 y para el CIV 12002051 se disminuyó el espesor de la MDC-2 y se dejó capa de material remanente.

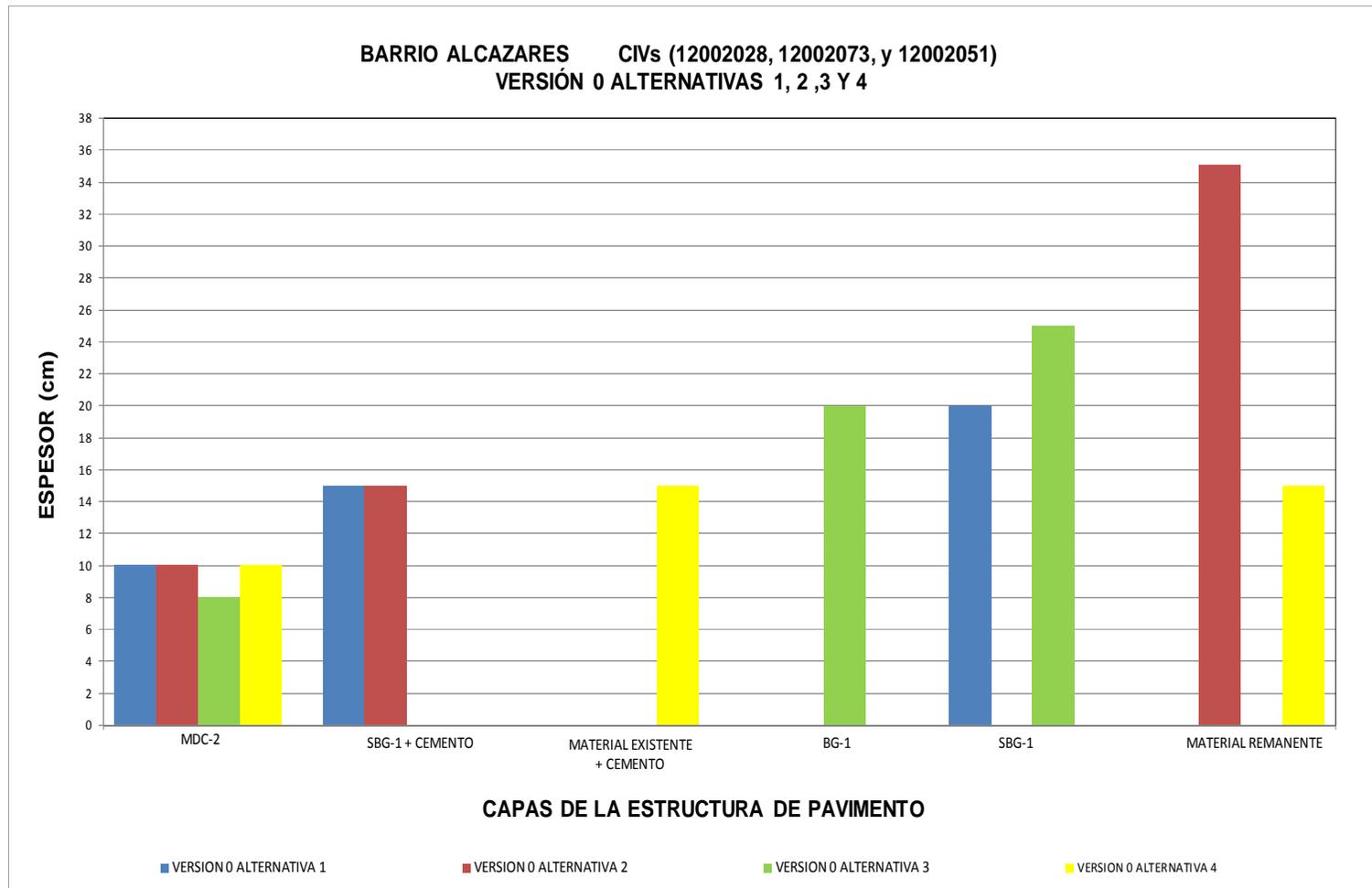


Figura 5. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 Y 4 barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051). Fuente: Los Autores.

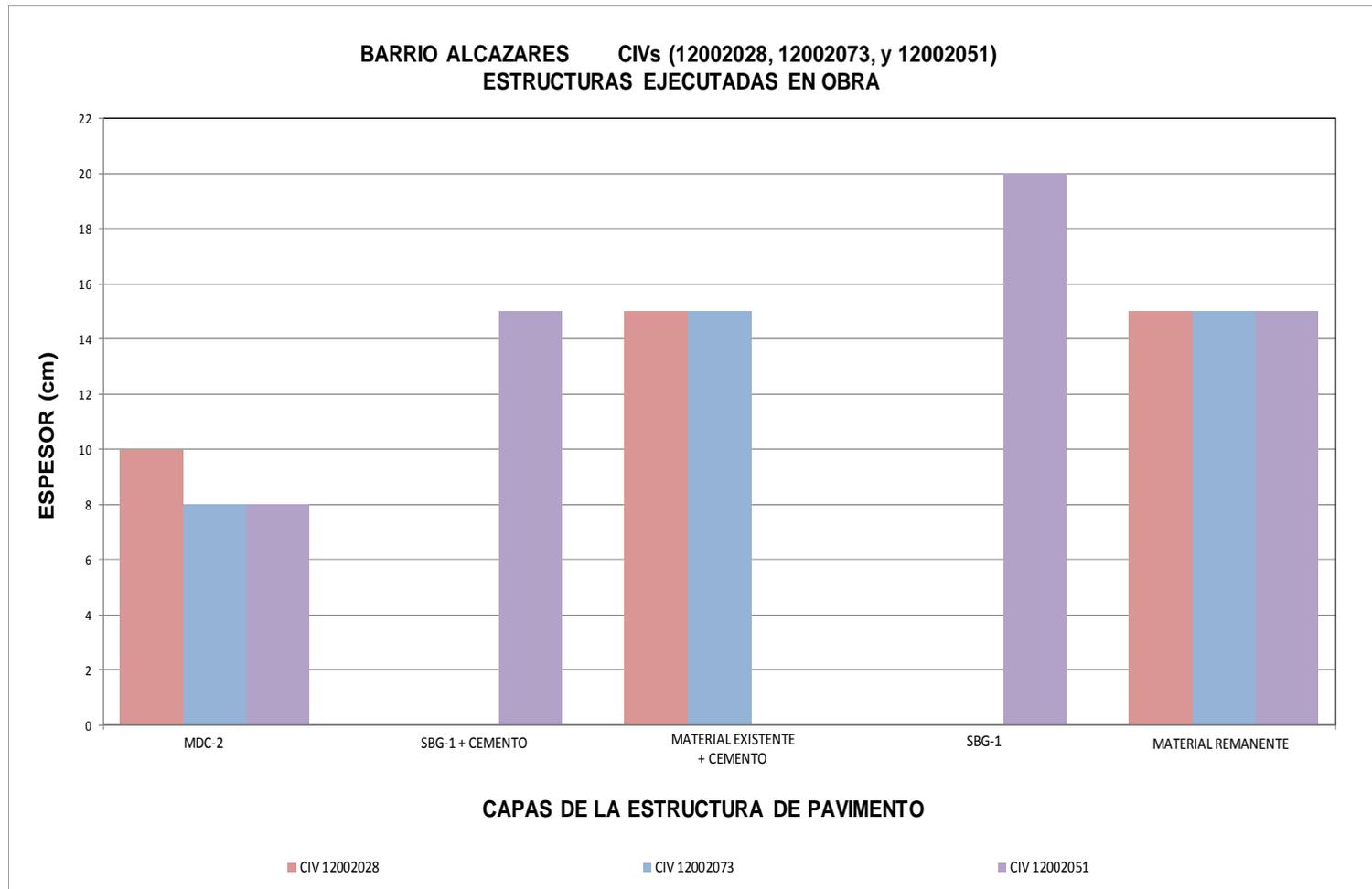


Figura 6. Estructuras ejecutadas en obra barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028, 12002073 y 12002051). Fuente: Los Autores.

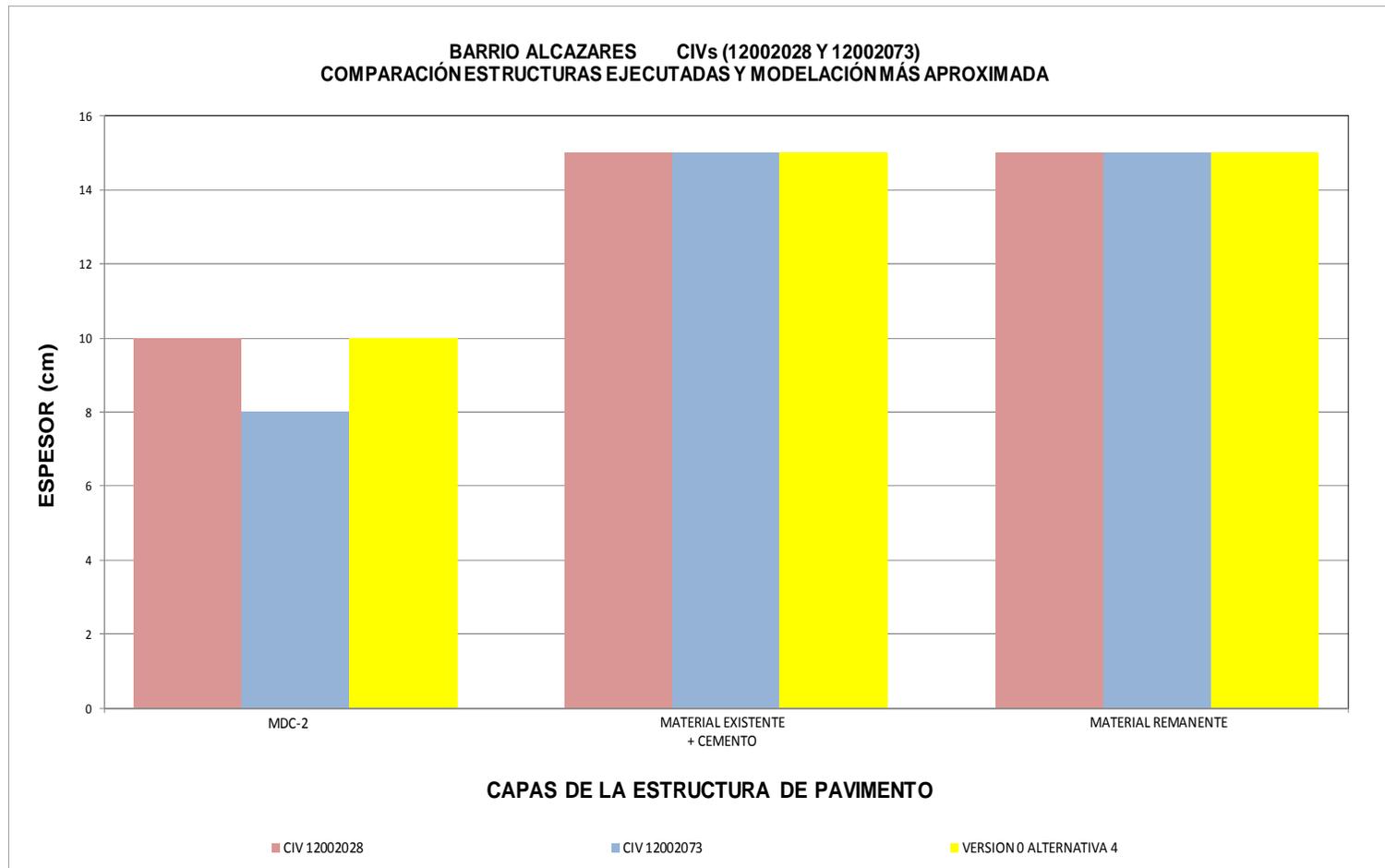


Figura 7. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ALCÁZARES. CIVs (12002028 y 12002073). Fuente: Los Autores.



Tabla 15.

Comparación modelaciones Segmentos barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013).

<b>SEGMENTOS EJECUTADOS EN EL BARRIO LOS ANDES</b>		
12000055	VERSIÓN 0	CALLE 98 ENTRE CARRERAS 62 Y 63
12000013	VERSIÓN 0	CARRERA 61BIS ENTRE CALLES 99 Y 100
<b>NINGUNA MODELACIÓN CONCUERDA CON LO QUE SE EJECUTÓ</b>		
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO - VERSIÓN 0 PROPUESTA</b>		
<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
REPAV	15,0 cm BG-1	15,0 cm Material Existente+cemento
15,0 cm SBG-1+cemento	19,0 cm SBG-1	15,0 cm Material Remanente
15,0 cm SBG-1	30,0 cm Rajón	
30,0 cm Rajón		
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO EJECUTADA 12000055</b>	<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO EJECUTADA 12000013</b>	
8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	
15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento	
	10,0 cm SBG-1	
	20,0 cm Rajón	

Fuente: Los Autores.

Para los siguientes CIVs del barrio ANDES se observa que: para el CIV 12000055 la modelación más aproximada es la Versión 0 Alternativa 1 entregada por el contratista donde se dejó de intervenir las capas de SBG-1 y rajón y para el CIV 12000013 se disminuyó el espesor de las capas de SBG-1 y rajón.

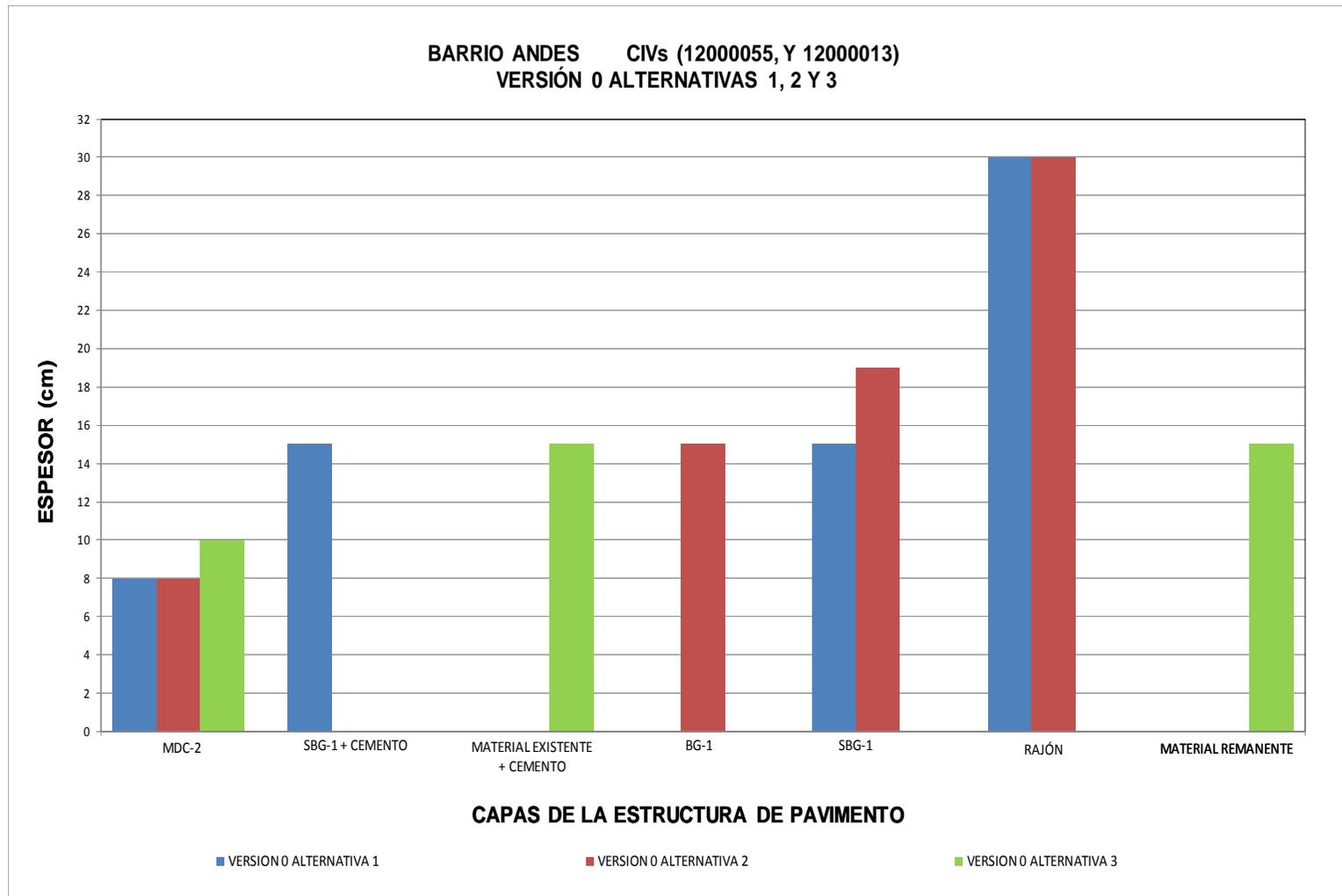


Figura 9. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 Y 4 barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013). Fuente: Los Autores.



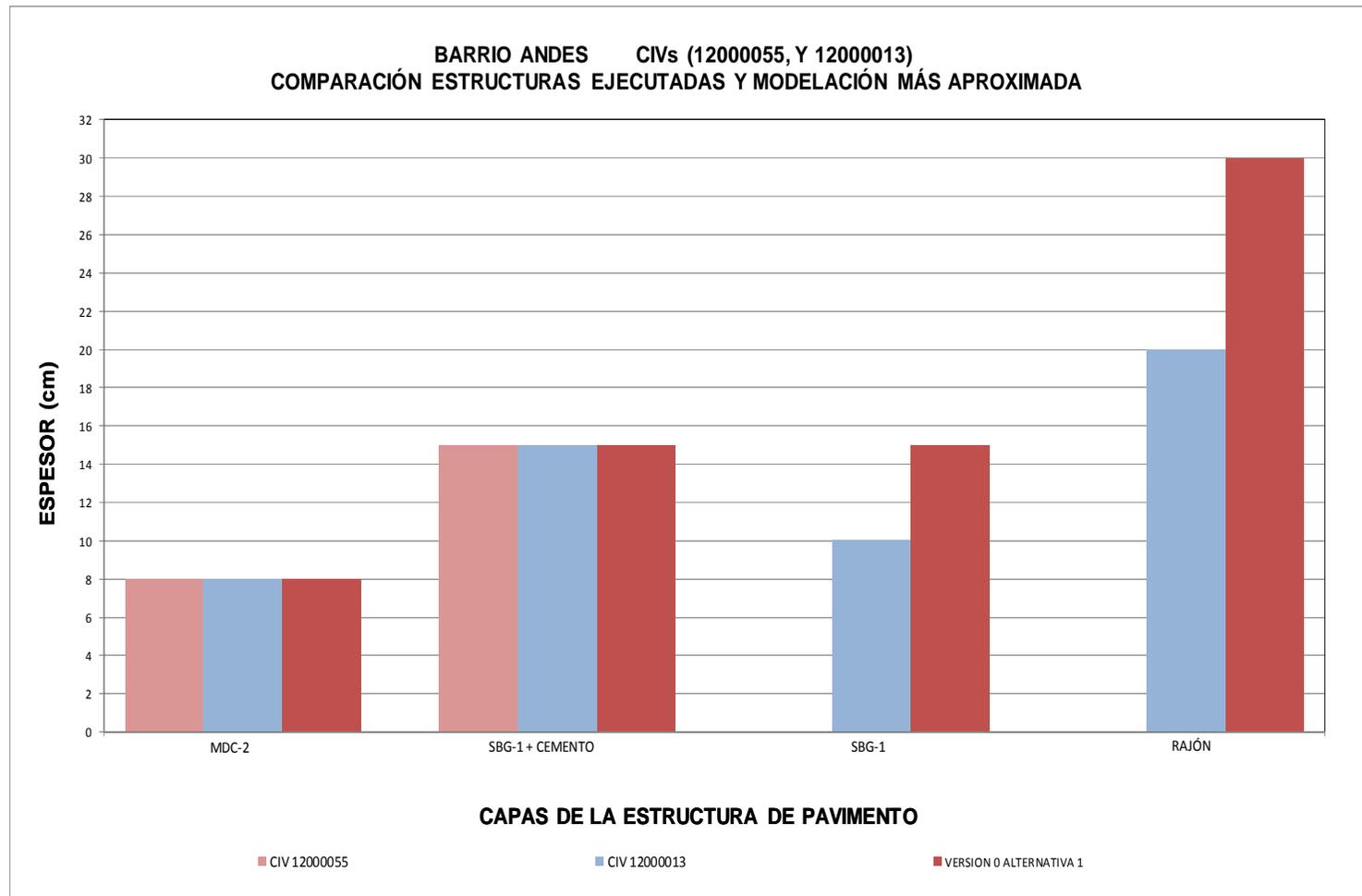


Figura 11. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio ANDES. CIVs (12000055 y 12000013). Fuente: Los Autores.

Tabla 16.

Comparación modelaciones Segmentos barrios Benjamín Herrera y Baquero. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730).

<b>SEGMENTOS EJECUTADOS EN LOS BARRIOS BENJAMIN HERRERA Y BAQUERO</b>			
12002518	CALLE 63D ENTRE CARRERAS 28 Y 28A	BENJAMÍN HERRERA	
12002508	CALLE 63D ENTRE CARRERAS 28A Y 30		
12002730	CALLE 63 ENTRE CARRERAS 18 Y 19		BAQUERO
<b>NINGUNA MODELACIÓN CONCUERDA CON LO QUE SE EJECUTÓ</b>			
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO- VERSIÓN 0 PROPUESTA</b>			
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
9,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
REPAV	REPAV	20,0 cm BG-1	15,0 cm Material Existente+cemento
15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento	25,0 cm SBG-1	15,0 cm Material Remanente
20,0 cm SBG-1	35,0 cm Material Remanente	GEOTEXTIL	
GEOTEXTIL			
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002518</b>		<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002508</b>	
K0+000 A K0+025	K0+025 A K0+105	K0+000 A K0+025	K0+025 A K0+105
10,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
REPAV	REPAV	REPAV	REPAV
15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm SBG-1+cemento
10,0 cm SBG-1	10,0 cm SBG-1	10,0 cm SBG-1	10,0 cm SBG-1
	30,0 cm Rajón		20,0 cm Rajón
	<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO - EJECUTADA 12002730</b>		
	8,0 cm MDC-2		
	15,0 cm SBG-1+cemento		
	15,0 cm SBG-1		
	30,0 cm Rajón		

Fuente: Los Autores.

Para los siguientes CIVs del barrio BENJAMÍN HERRERA se observa que: para los CIVs 12002518 y 12002508 la modelación más aproximada es la Versión 0 Alternativa 1 entregada por el contratista donde se aumentó la capa de MDC-2 y se colocó capa de Rajón y para el CIV 12002730 del barrio BAQUERO se aproxima la misma modelación donde se disminuyeron las capas de MDC-2 y SBG-1 y se colocó la capa de rajón.

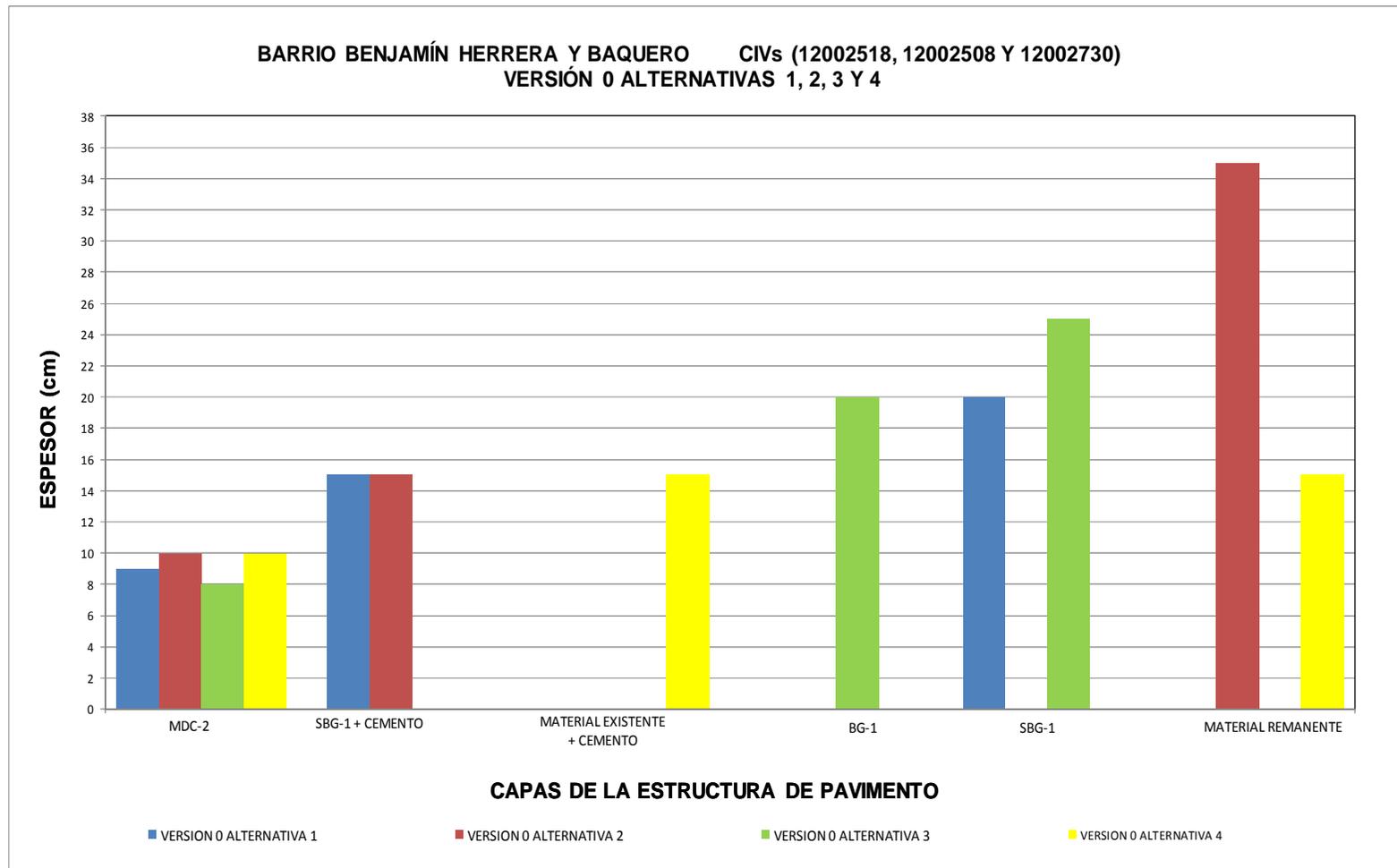


Figura 12. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 y 4 barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730). Fuente: Los Autores.

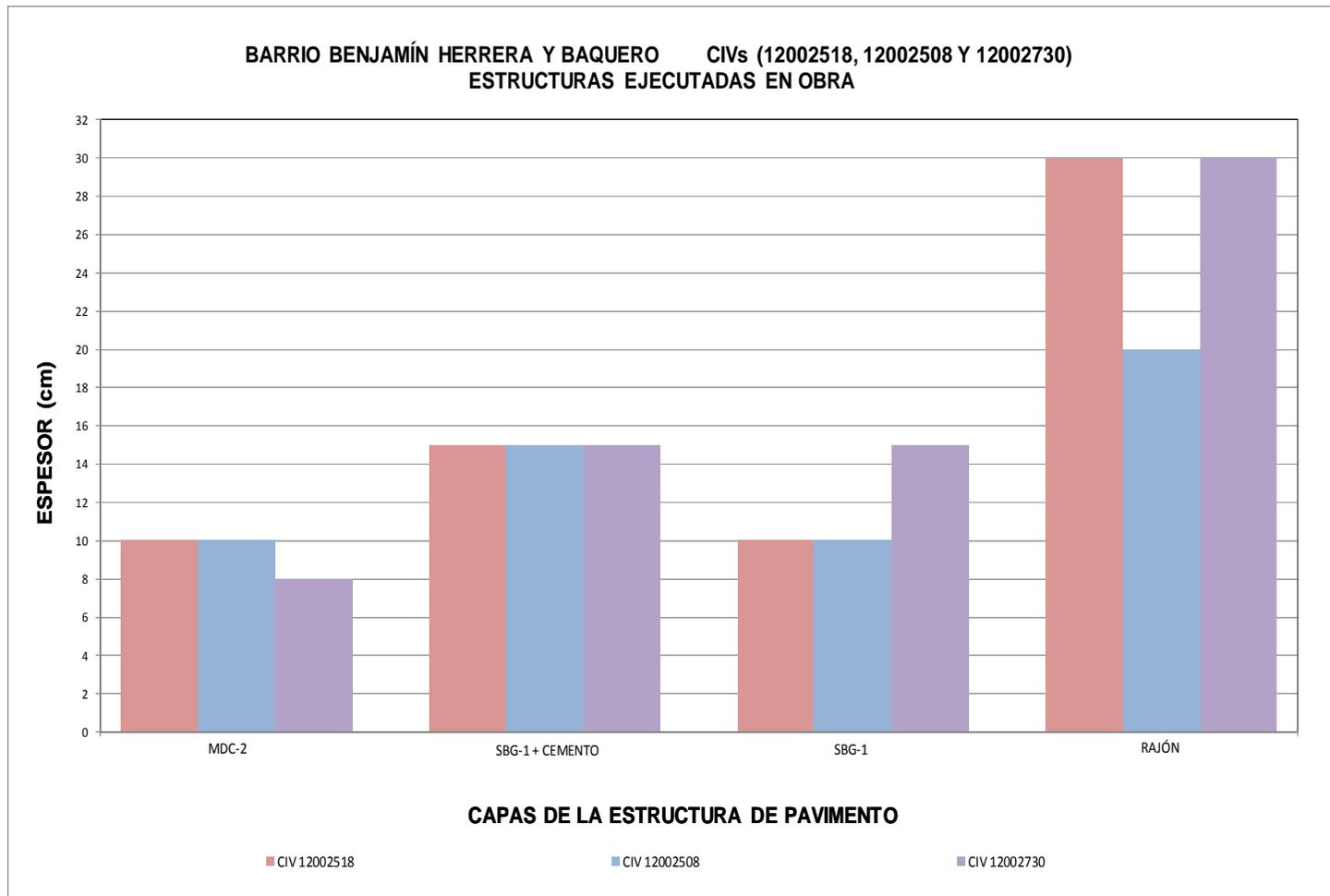


Figura 13. Estructuras ejecutadas en obra barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO. CIVs (12002518, 12002508 y 12002730). Fuente: Los Autores.

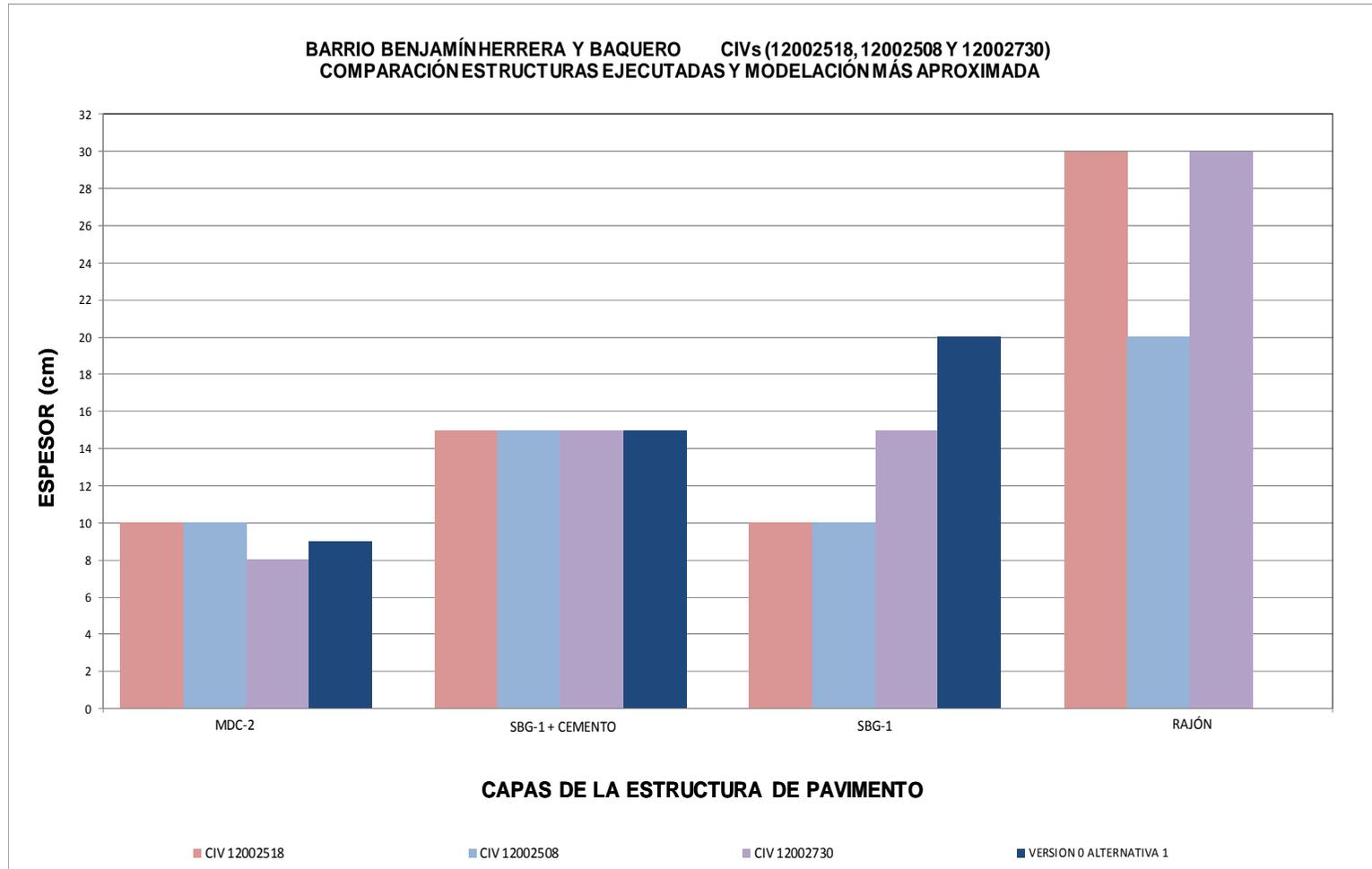


Figura 14. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrios BENJAMÍN HERRERA Y BAQUERO CIVs (12002518, 12002508 y 12002730). Fuente: Los Autores.

Tabla 17.

Comparación modelaciones Segmentos barrio COLON - CONCEPCIÓN CIVs (12002236 y 12002212).

<b>SEGMENTOS EJECUTADOS EN EL BARRIO COLON - CONCEPCIÓN</b>			
12002236	VERSIÓN 0	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 21 Y 22	
12002212	VERSIÓN 0	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 22 Y 23	
<b>NINGUNA MODELACIÓN CONCUERDA CON LO QUE SE EJECUTÓ</b>			
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO- VERSIÓN 0 PROPUESTA</b>			
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
8,0 cm MDC-2	11,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
REPAV	15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm BG-1	15,0 cm Material Existente+cemento
15,0 cm SBG-1+cemento	30,0 cm Material Remanente	17,0 cm SBG-1	15,0 cm Material Remanente
15,0 cm SBG-1		30,0 cm Rajón	
30,0 cm Rajón			
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO</b>			
10,0 cm MDC-2			
REPAV			
15,0 cm SBG-1+cemento			
10,0 cm SBG-1			

Fuente: Los Autores.

Para los siguientes CIVs del barrio COLÓN - CONCEPCIÓN se observa que: para los CIVs 12002236 y 12002212 la modelación más aproximada es la Versión 0 Alternativa 1 entregada por el contratista donde se aumentó la capa de MDC-2 y se retira, no se coloca, la capa de rajón.

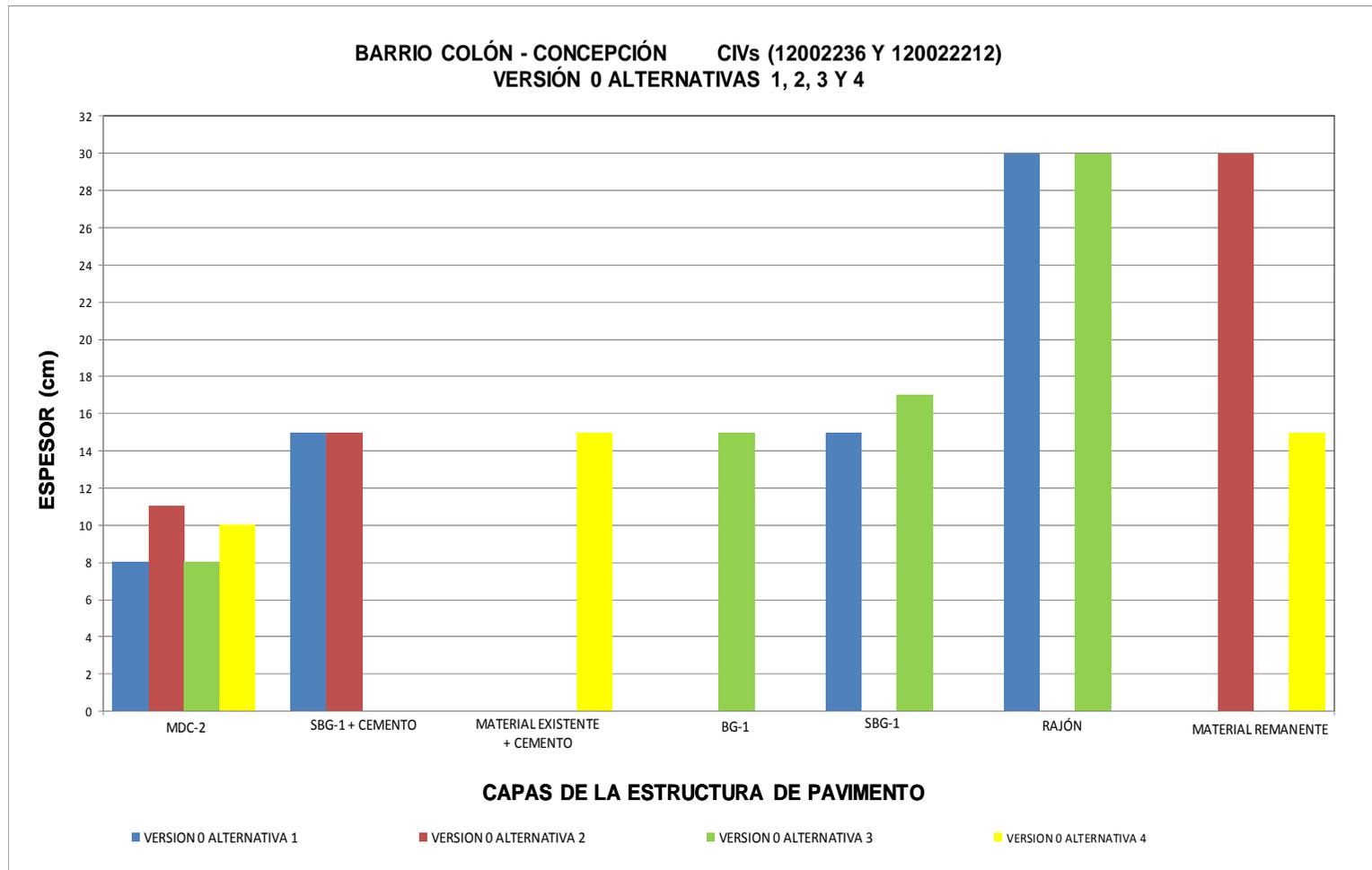


Figura 15. Versión 0 Alternativas 1, 2, 3 y 4 barrio COLÓN – CONCEPCIÓN. CIVs (12002236 y 12002212). Fuente: Los Autores.

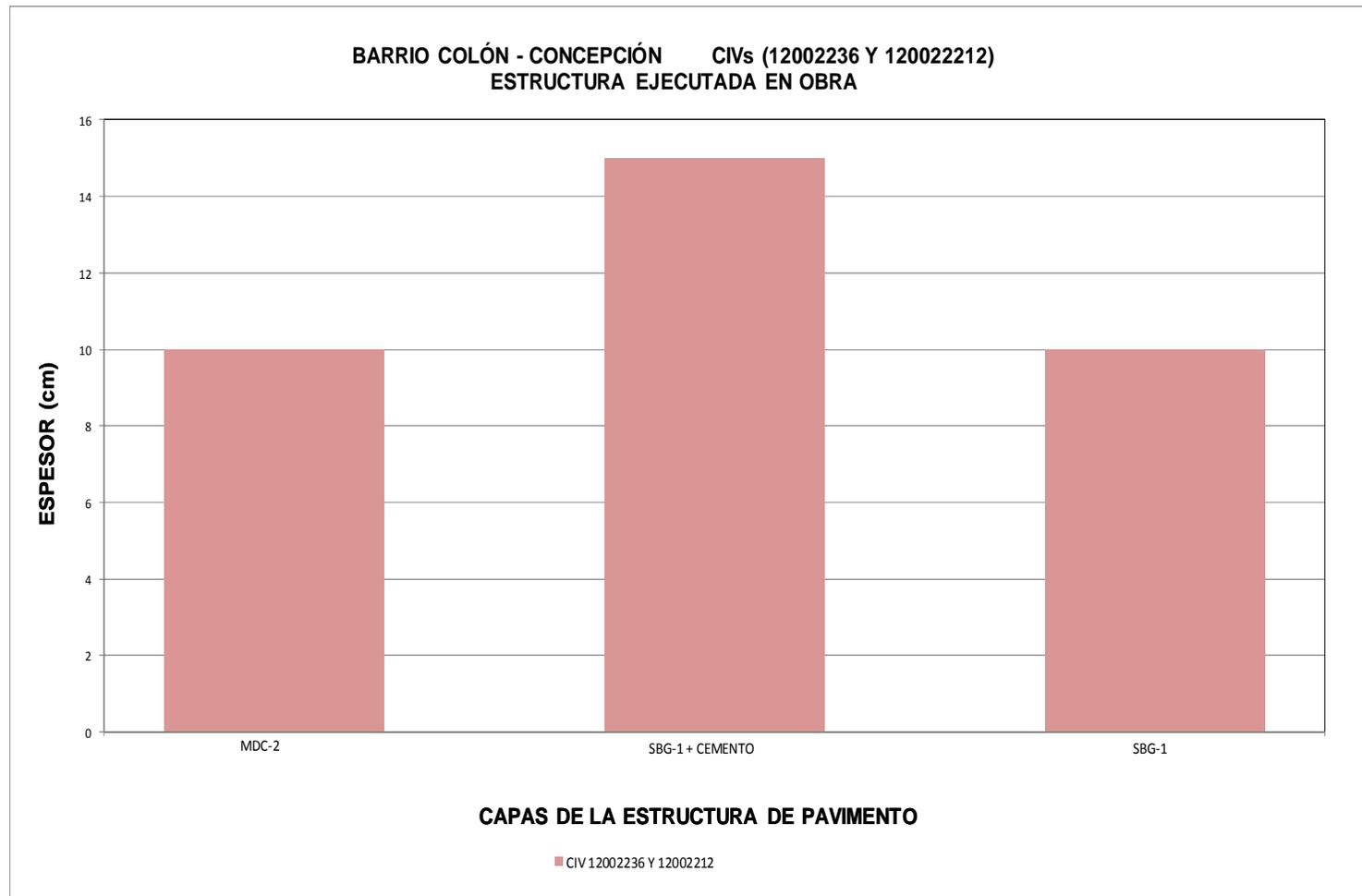


Figura 16. Estructura ejecutada en obra barrio COLÓN – CONCEPCIÓN. CIVs (12002236 y 12002212). Fuente: Los Autores.

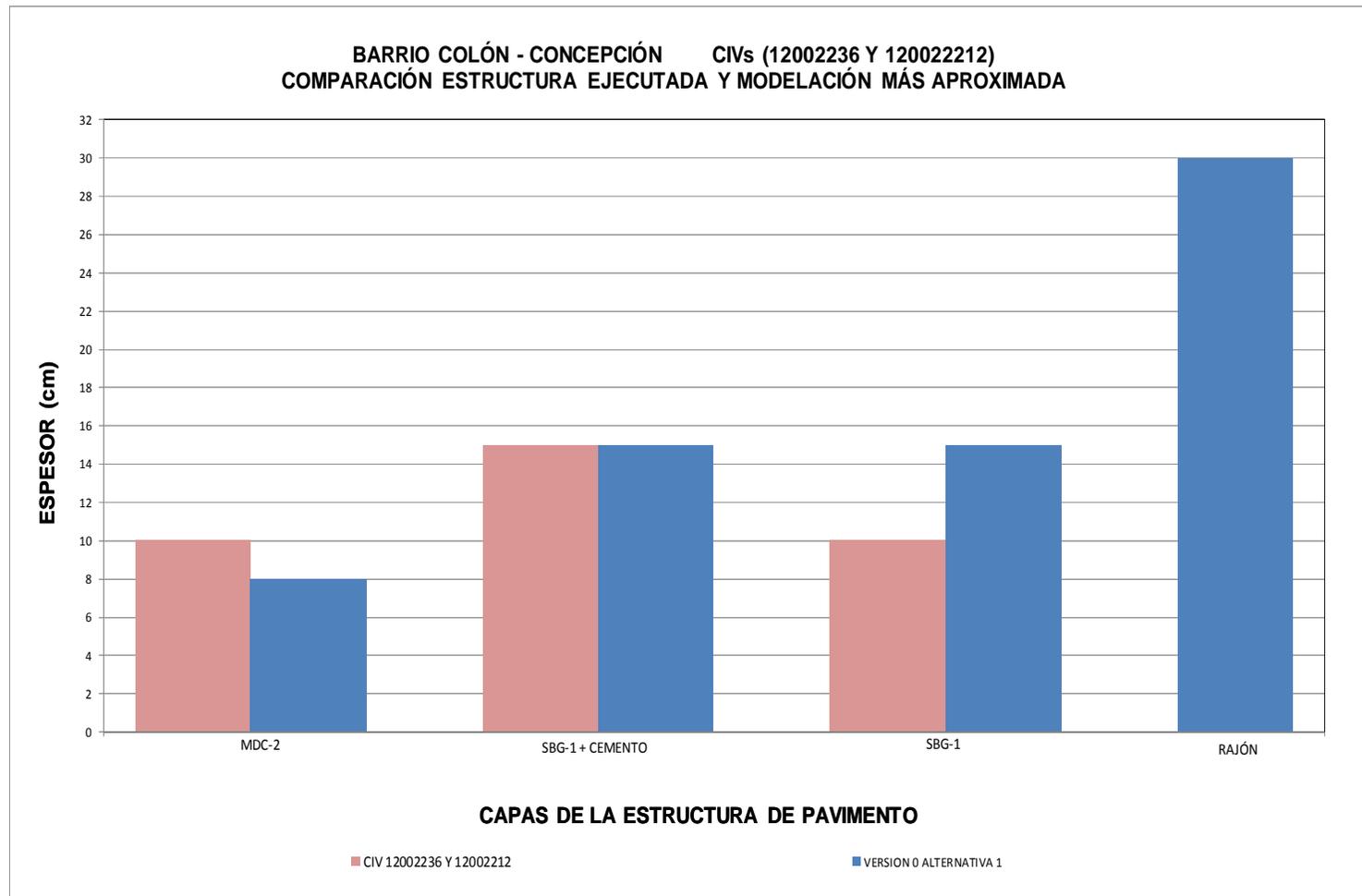


Figura 17. Comparación Estructura ejecutada en obra y Modelación más aproximada barrio COLÓN – CONCEPCIÓN CIVs (12002236 y 12002212). Fuente: Los Autores.

Tabla 18.

Comparación modelaciones Segmentos en el barrio GAITÁN CIVs (12000765 y 12000688).

<b>SEGMENTOS EJECUTADOS EN EL BARRIO GAITÁN</b>		
12000765	VERSION 0	CARRERA 56 ENTRE CALLES 79 Y 79B
12000688	VERSION 0	DIAGONAL 79BBIS ENTRE CARRERAS 56 Y 56BIS
<b>NINGUNA MODELACIÓN CONCUERDA CON LO QUE SE EJECUTÓ</b>		
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO- VERSIÓN 0 PROPUESTA</b>		
<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
8,0 cm MDC-2	8,0 cm MDC-2	10,0 cm MDC-2
13,0 cm B-600+asfalto	REPAV	15,0 cm Material Existente+cemento
20,0 cm SBG-1	15,0 cm SBG-1+cemento	15,0 cm Material Remanente
GEOTEXTIL	20,0 cm SBG-1	
	GEOTEXTIL	
<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO EJECUTADA 12000765</b>		<b>ESTRUCTURA PAVIMENTO EJECUTADA 12000688</b>
10,0 cm MDC-2		FRESADO DE 8,0 cm MDC-2
15,0 cm SBG-1+cemento		
15,0 cm Material Remanente		

Fuente: Los Autores.

Para los siguientes CIVs del barrio GAITÁN se observa que: para el CIV 12000765 la modelación más aproximada es la Versión 0 Alternativa 2 entregada por el contratista donde se aumentó la capa de MDC-2, no se colocó capa de SBG-1 y se dejó material remanente y para el CIV 12000688 NO se encontró coincidencia alguna con las alternativas propuestas por el contratista.

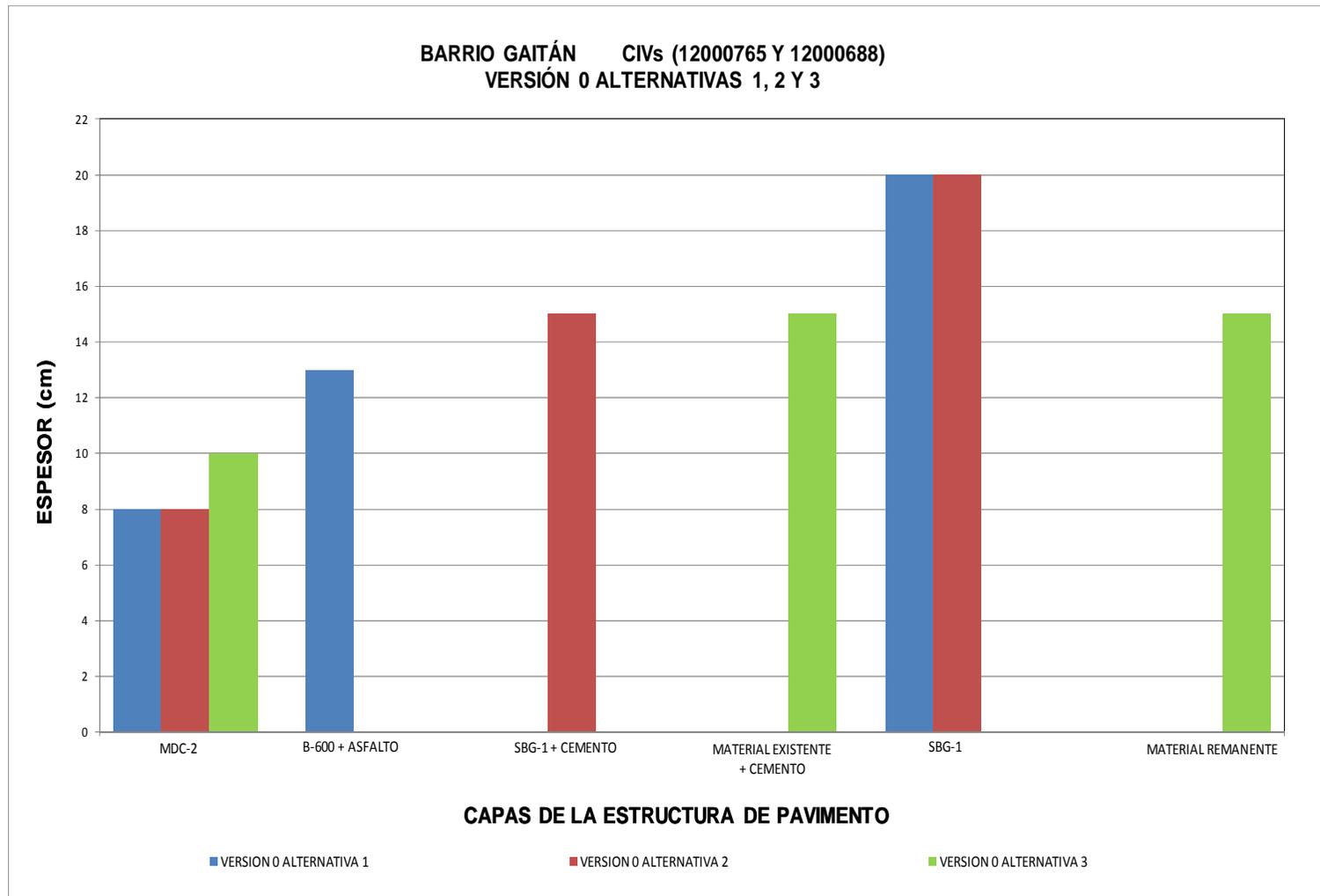


Figura 18. Versión 0 Alternativas 1, 2 Y 3 barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688). Fuente: Los Autores.

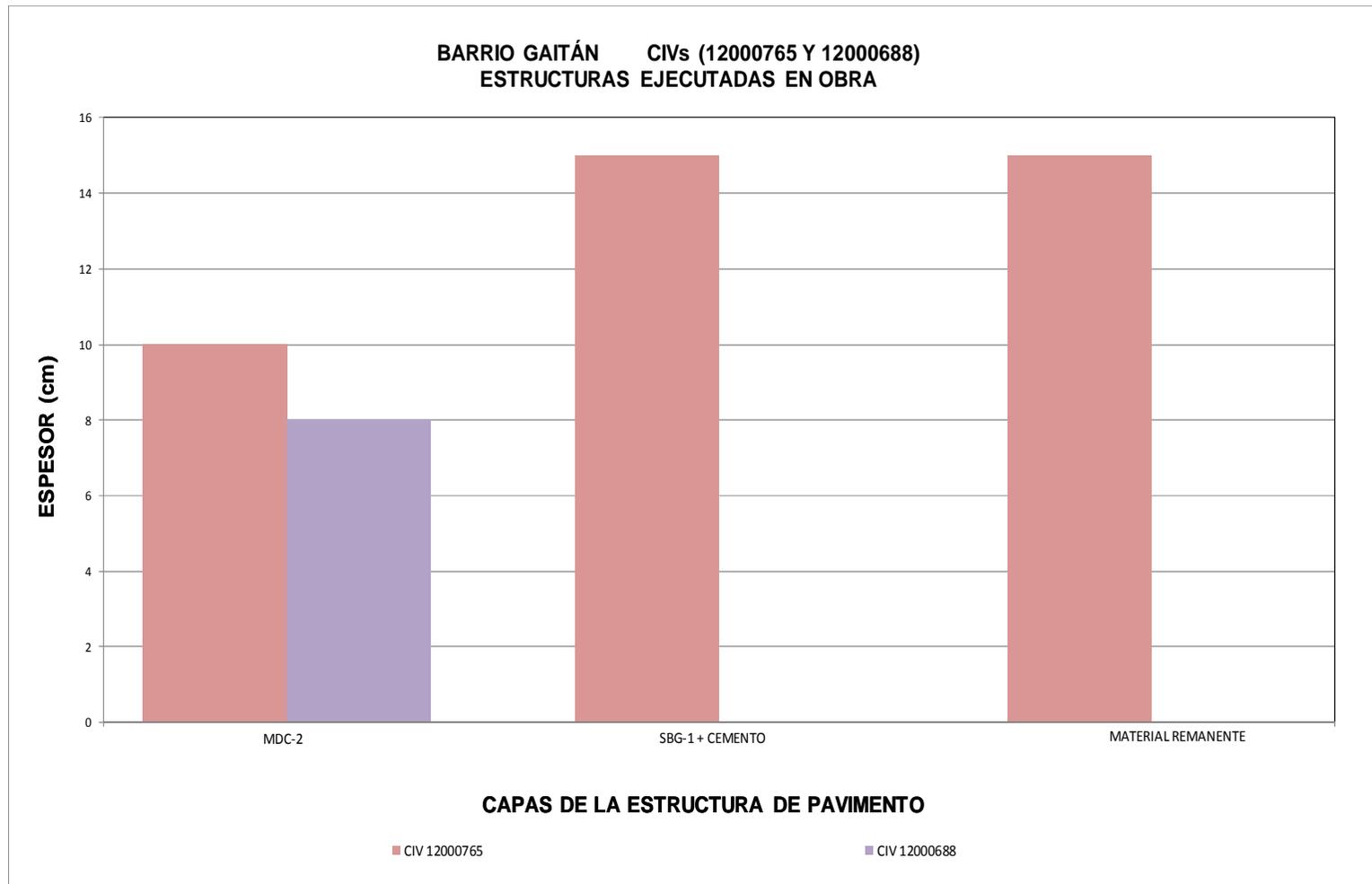


Figura 19. Estructuras ejecutadas en obra barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688). Fuente: Los Autores.

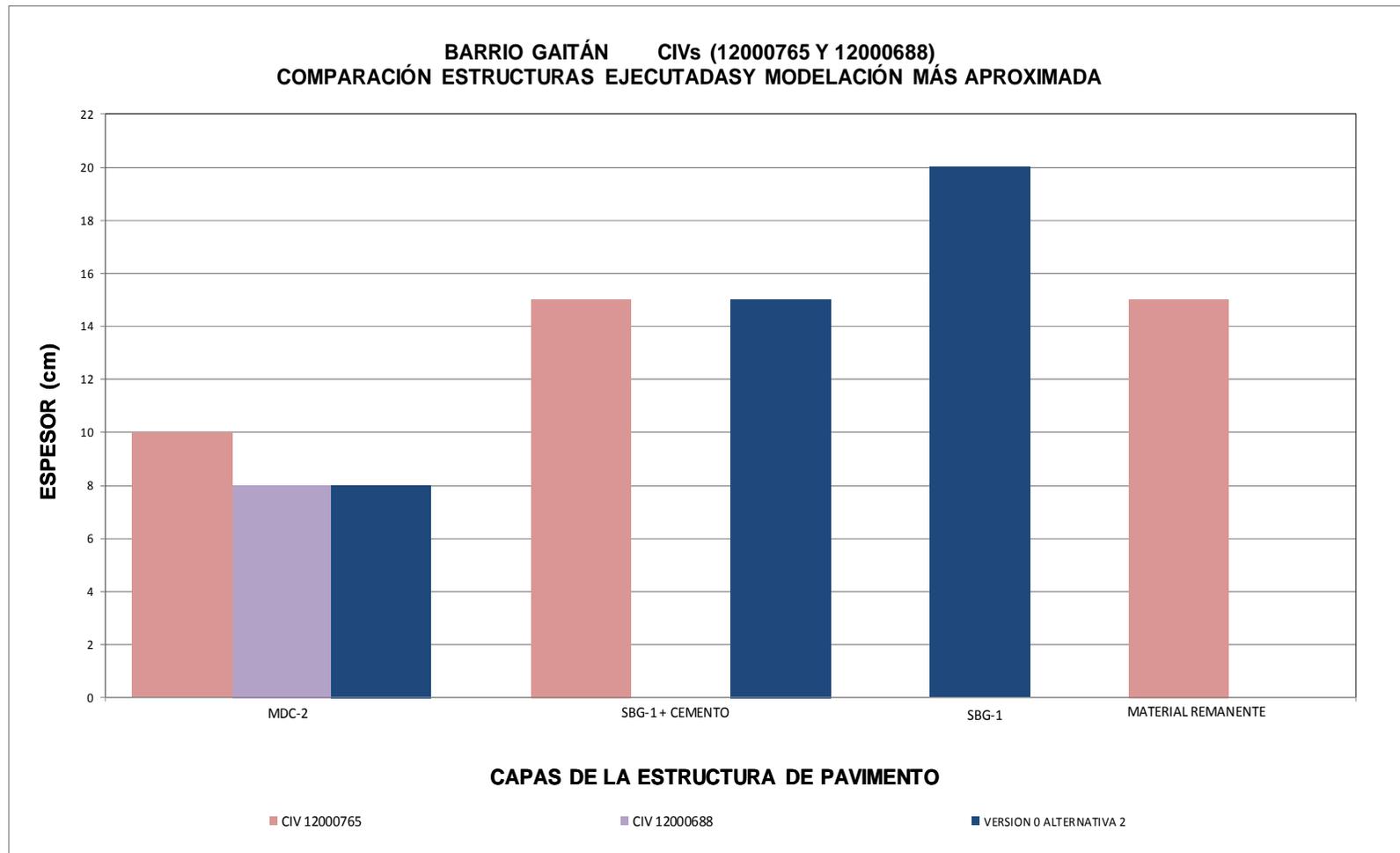


Figura 20. Comparación Estructuras ejecutadas en obra y Modelación más aproximada barrio GAITÁN. CIVs (12000765 y 12000688). Fuente: Los Autores.

### Análisis Financiero de las Modelaciones Entregadas

En el entorno financiero de las vías se debe tener la claridad que el ítem más costoso es el suministro y aplicación de la mezcla asfáltica en cualquiera de sus tipos, pero se debe tener en cuenta que si es necesaria una excavación y estructura de pavimento, estos ítems podrían valer la tercera parte de un presupuesto en las actividades de mantenimiento y rehabilitación.

En la tabla 19 se presenta la comparación financiera realizada entre el valor ejecutado y el valor de la modelación más aproximada a la intervención de cada una de las vías.

Tabla 19.

#### Comparación Financiera.

NÚMERO	CIV	DIRECCIÓN	VALOR EJECUTADO	VALOR MODELACIONES MÁS APROXIMADAS
1	12002005	CALLE 71B ENTRE CARREAS 28 Y 28A	\$ 68.294.391,00	\$ 60.705.113,65
2	12002944	CARREA 27 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 71B	\$ 137.346.148,00	\$ 150.350.463,64
3	12001935	CALLE 73BIS ENTRE CARRERAS 27A Y 27B	\$ 70.497.375,00	\$ 69.413.383,15
4	12002028	CALLE 73 ENTRE CARRERAS 25 Y 26	\$ 37.610.280,00	\$ 33.585.336,53
5	12002073	CARRERA 25 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 73	\$ 54.825.234,00	\$ 61.090.290,63
6	12002056	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 28A Y 28B	\$ 95.991.658,00	\$ 94.010.731,51
7	12000013	CARRERA 61BIS ENTRE AVCALLE 100 Y CALLE 99	\$ 48.811.836,00	\$ 51.280.123,69
8	12000055	CALLE 98 ENTRE CARRERAS 62 Y 63	\$ 73.551.240,00	\$ 94.489.298,31
9	12002508	CALLE 63D ENTRE CARRERA 28A Y AVCARRERA 30	\$ 165.194.320,00	\$ 143.487.827,00
10	12002518	CALLE 63D ENTRE CARRERAS 28 Y 28A	\$ 146.466.787,00	\$ 120.384.999,21
11	12002236	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 21 Y 22	\$ 84.038.814,00	\$ 67.980.453,88
12	12002212	CALLE 71 ENTRE CARRERAS 22 Y 23	\$ 129.248.987,00	\$ 97.696.613,07
13	12002051	CARRERA 26 ENTRE AVCALLE 72 Y CALLE 73	\$ 119.736.981,00	\$ 89.588.029,88
14	12000765	CARRERA 56 ENTRE CALLES 79 Y 79B	\$ 120.510.104,00	\$ 117.913.686,75
15	12002730	CALLE 63B ENTRE CARRERAS 18 Y 19	\$ 67.489.963,00	\$ 55.393.053,22
16	12000668	DIAGONAL 79BBIS ENTRE CARRERAS 56 Y 56BIS	\$ 72.492.079,00	
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>\$ 1.492.106.197,00</b>	<b>\$ 1.307.369.404,12</b>

Fuente: Los Autores.

En general, los valores comparados donde se encontró más alto el valor ejecutado se debió a los siguientes factores:

- Colocación de REPAV y GEOTEXTIL.
- Mayor espesor de excavación por el aumento de la estructura de pavimento.
- Imprevistos como, encontrar superficialmente redes de servicios públicos y tener que realizar acomodación y cárcamos a las mismas.
- Imprevistos como, adecuación de sardineles para confinamiento de la vía.

En el caso donde se encontró más alto el valor de la modelación surgieron los siguientes puntos:

- Mayor espesor de excavación por el aumento de la estructura de pavimento.
- Mayor espesor de la capa de Mezcla Asfáltica MDC-2.

A continuación se presenta la figura 21 donde se evidencia gráficamente la comparación financiera de los segmentos viales intervenidos.

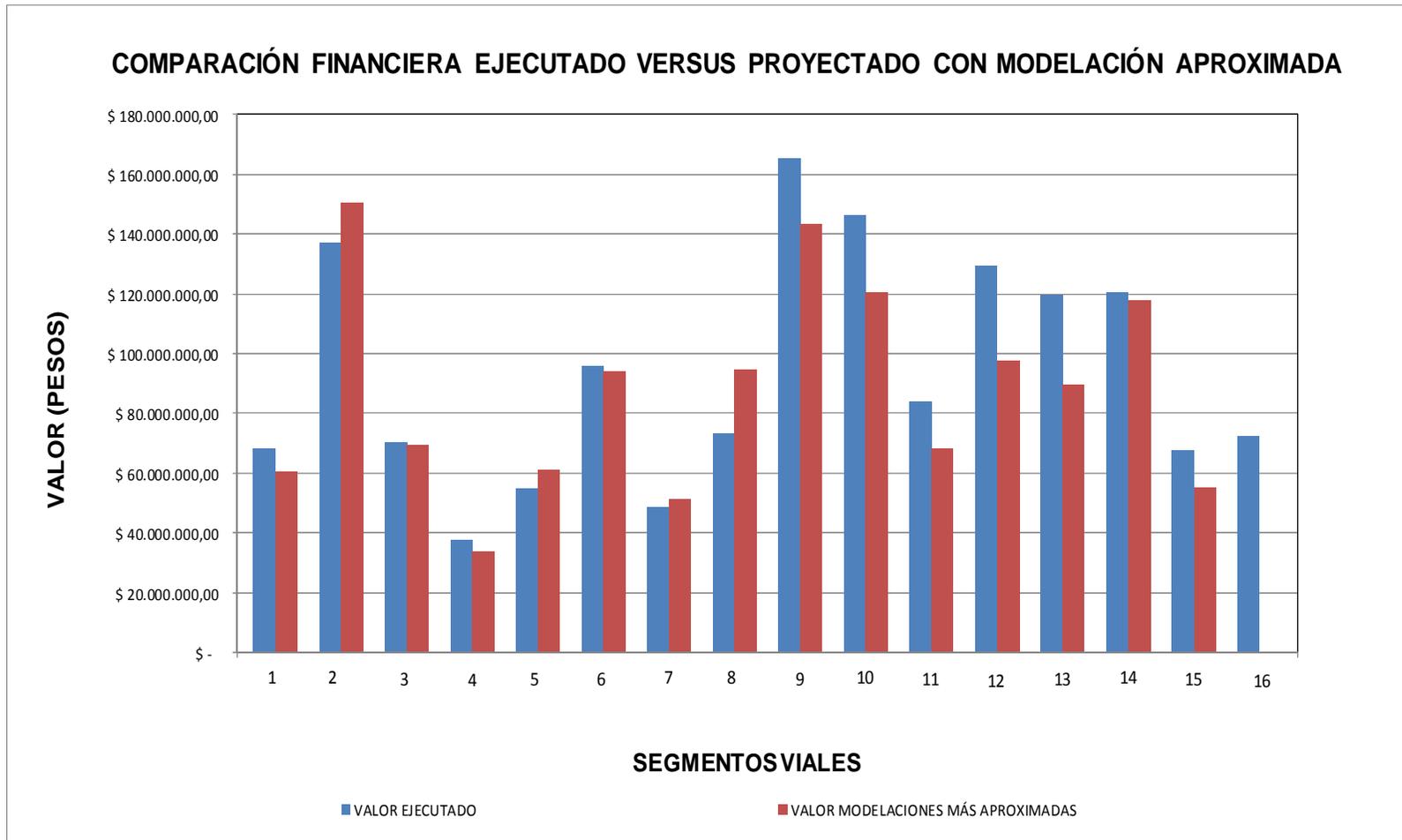


Figura 21. Comparación Financiera Ejecutado versus Modelación de cada segmento vial. Fuente: Los Autores.

### **Análisis e Interpretación de los Resultados**

Como se observó en el punto 4 el promedio de CBR inalterado fue de 3,04 lo que significa una sub-rasante deficiente en su característica de capacidad portante, también se encontraron granulares consolidados desde hace más de 40 años y que obviamente no cumplen las características de la normatividad vigente en este momento, pero que con un mejoramiento podrían llegar a cumplir los requisitos actuales del Instituto Distrital Urbano (IDU). Por lo anterior todas las modelaciones propuestas requieren mejoramiento de la sub-rasante, en algunos casos mejoramiento y estabilización de los granulares existentes y en otros casos rehabilitación total de la vía. Además que las modelaciones tipo no cumplieron con la intervención real y ejecutada en los segmentos viales.

Se debe tener en cuenta que las vías a intervenir son locales, cuya característica principal es tener tráfico bajo, y ninguna entidad ha realizado un estudio de tráfico detallado en dichas vías para lograr el dato de entrada de ejes equivalentes real, además como se evidencia en el marco teórico entregado por la entidad contratante, la UAERMV, es de la malla vial arterial principal, complementaria e intermedia con un tráfico medio y alto, no presentan la caracterización para el tipo de vías en cuestión. Lo anterior conlleva a constatar la falta de estudio y proyectos de las vías locales de la ciudad y que por consiguiente el distrito no cuenta con una normatividad vigente de las mismas.

En el desarrollo de las comparaciones de las modelaciones presentadas por el contratista y la intervención realizada en obra, se certifica que de los diez y seis (16) segmentos viales ejecutados, sólo en uno (1) se aplicó la modelación presentada por

la firma consultora, lo que hace pensar que en alguna variable se tuvo un inconveniente en el momento del diseño. Además del grado de incertidumbre que se maneja por no tener el conocimiento total de las estructura homogénea o heterogénea de cada vía en particular.

En el aspecto financiero, se evidencia el cambio técnico en cuanto a los espesores de las estructuras de pavimento, puesto que en algunos casos la comparación demuestra que el valor ejecutado está directamente ligado a la variación de los espesores de las capas estructurales.

Por todo lo anterior, surge una duda, ¿Hasta dónde los Ingenieros de Pavimentos deben des-consolidar una estructura de hace 40 años en vías locales con el mínimo paso de vehículos pesados?, Si las vías solo están fallando por fatiga del pavimento asfáltico, ¿Por qué en todas las modelaciones presentadas sugiere rehabilitación?

Cabe anotar que los diagnósticos realizados para llegar a las modelaciones no se realizaron según lo acordado en el apéndice 4 de la Licitación Pública No. UMV-LP-021-2009, pues en el apéndice 4 Manual de Diagnóstico, se solicitaba la evaluación de los Índices ICP y OPI como se deja describe en el presente documento, el proceso se cambió a la realización de apiques, ensayos de laboratorio y con esto modelar las estructuras existentes y presentar una modelación. Además de no tener un estudio de tráfico y simplemente asumir 500.000 ejes equivalentes que puede ser el tráfico de una vía intermedia.

Por otra parte, en el desarrollo de las intervenciones de los segmentos viales evaluados se contó con la asesoría del Ingeniero en Pavimentos Víctor Hugo Díaz

como el Ingeniero Especialista en Pavimentos de la Interventoría, quien solicitó en obra la realización de apiques del ancho de la retroexcavadora (80 cm de ancho) y profundidad a encontrar la sub-rasante, para verificar el estado de los granulares existentes y de la sub-rasante, encontrando en algunos casos la **NO** necesidad del reemplazo total de la estructura existente y así mismo solicitando retirar la materia orgánica que se presentara en el momento de la excavación. Por lo anterior las modelaciones propuestas por la empresa contratista Unión Temporal Vías Patria Ingeniería S.A. por medio de AUSCULTAR S.A.S. no aplicaron a la realidad encontrada en obra.

Los autores de este documentos solicitaron la realización de prueba de carga de los materiales granulares existentes, observando que estas capas no tenían deformaciones, ahuellamientos que comprometieran la sub-rasante por capacidad portante y que podrían llegar a soportar el mínimo tráfico de los segmentos por los dos (02) años de la póliza de estabilidad con la que cuenta el contratista y por muchos años más, ya que el aumento de tráfico en este tipo de vías no es considerable, puesto que únicamente el aumento de vehículos serían de menos de 8,2 ton. Y esto no es lo que aumenta la probabilidad de ahuellamientos sino desgaste normal por falta de mantenimiento del pavimento asfáltico. Cabe expresar que dos segmentos viales no contaban con capa de material granular, por lo que era necesaria la construcción total de la vía. De igual manera tanto el contratista como los Especialistas decidieron hacer la Rehabilitación para garantizar la vida útil de cada segmento vial.

Según el análisis anterior, de las diez y seis (16) vías intervenidas, se construyeron dos (2) por falta de estructura, a una (1) solamente se le realizó mantenimiento y a la otras trece (13) se les realizó rehabilitación. Es decir, que la meta física que la Alcaldía local de Barrios Unidos tenía prevista, no fue posible cumplirla por el cambio de las modelaciones de mantenimiento a rehabilitación.

Con todo lo expresado anteriormente, se debe buscar la forma de realizar un estudio para un manual de diagnóstico y la aplicación de la metodología AASHTO en las vías locales de la ciudad de Bogotá, puesto que si las entidades como el IDU y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) no generan un documento real y acorde para este tipo de vías, los Ingenieros no tendrían una normativa para realizar las intervenciones que requieren este tipo de vías.

Además se debe siempre ir de la mano del aspecto financiero, puesto la mayoría de las veces el presupuesto es limitado para poder favorecer a una comunidad con problemas tan severos como lo es la movilidad.

### **Conclusiones**

Al realizar el análisis técnico y financiero de las modelaciones presentadas por el contratista en el marco del Convenio Interadministrativo de Cofinanciación 62 de 2010 se constató que solo una (1) modelación se aplicó a la ejecución de la obra de los diez y seis (16) segmentos intervenidos. Además se evidenció la falta de normatividad, manuales o guías específicos para las vías locales de la ciudad de Bogotá, por lo cual se debe modelar bajo los parámetros de vías secundarias, intermedias o arterias como se observó en el resumen del apéndice 4 de la Licitación Pública. Así mismo se aprecia que prevalece la parte técnica de la financiera.

La comparación financiera de las modelaciones arroja que la rehabilitación es más costosa que el mantenimiento y los valores fluctúan dependiendo de la estructura de pavimento a construir.

Hallar la modelación ideal que cumpla técnica y financieramente la vida útil de un segmento vial es una incertidumbre, puesto que no se tienen parámetros claros para el tipo de vía en estudio, locales, es decir que no se tiene un estudio de tráfico detallado de este tipo de vías, no se tienen claros los parámetros a medir y cuales pueden aplicar o no en cuanto a IRI, GEORADAR Y DEFLECTOMETRÍA, ya que la experiencia ha demostrado que si se usa el IRI en este tipo de vías tan desgastadas, las vías llegarán a ser color rojo, es decir que necesitan una intervención profunda, pero este aspecto no tiene en cuenta si el tipo de desgaste es por fatiga o ahuellamiento, y depende del grado de desgaste que pueda tener solo la capa de asfalto. Así mismo el GEORADAR puede variar por la presencia de redes de servicios públicos con la profundidad no adecuada y sin la aplicación de la norma, como comúnmente se encuentran. Por lo anterior es importante definir los parámetros a medir y sus aplicaciones para los casos de vías locales.

Una parte fundamental en cualquier proyecto ingenieril vial de esta época es el Medio Ambiente, por lo que es de vital importancia reutilizar el material granular y el pavimento asfáltico existente en lo posible, por medio de aplicación de productos químicos y/o naturales para mejorar sus condiciones y poder llevarlos a la normatividad vigente y así poder estar en uso después de estar trabajando por tanto tiempo y dar una capacidad portante igual o superior a los materiales comúnmente encontrados en el medio.

Las modelaciones carecieron de tener en cuenta algunos criterios fundamentales como son: estudio de tráfico detallado, posible reutilización de material granular existente y falta de precisión en los ensayos de laboratorio, por lo anterior que en el capítulo de recomendaciones se indica un proceso de diagnóstico y modelación, que a juicio de los autores de este trabajo puede llegar a ser más efectivo en vías locales.

No se tuvo en cuenta un retro-cálculo para mirar la posibilidad de un reforzamiento con mezcla asfáltica únicamente, ya que el proceso de Deflectometría no se llevó a cabo.

Es cierto que los CBR encontrados en la mayoría de los segmentos viales a intervenir fueron de 3,0 que es un material con poca capacidad portante y que únicamente por ello la firma consultora rehabilitó los quince (15) segmentos viales. Este fue el único criterio utilizado para determinar las modelaciones tipo. Lo cual evidencia una escasa realización de estudios como puede ser la deflectometría para realizar un estudio más profundo y así poder llegar a determinar una modelación más real y acorde con el tipo de vía en estudio.

### **Recomendaciones**

Como se observó en el transcurso del presente documento, no existe un procedimiento para el diagnóstico de las vías locales de la ciudad de Bogotá, puesto que pretenden diagnosticar las mismas como lo hacen con las intermedias o arterias.

Como consecuencia, se sugiere el siguiente procedimiento para el diagnóstico de las vías locales:

1. Estudio de tráfico detallado para vías locales.

2. Realización Deflectometría (FWD).
3. Prueba de carga en terreno.
4. Auscultación Visual.
5. Apique o apiques de verificación del perfil estratigráfico.
6. Ensayos de laboratorio para determinar CBR de la sub-rasante y posible reutilización del material granular existente.
7. Presentar como mínimo dos tipos de intervenciones que servirían para el mantenimiento o dejar anotación que se debe realizar otro tipo de intervención (rehabilitación, construcción).
8. Presentar presupuestos de los tipos de intervenciones y su comparación económica.

Definir un procedimiento de diagnóstico más eficiente, más responsable y más real sobre los proyectos de mantenimiento, mejoramiento y/o rehabilitación de la malla vial local.

### **Bibliografía**

- American Psychological Association – APA. (2012). *Normas de presentación para trabajos escrito*. (6ª Edición, 3ª en Español). Washington, D.C.: APA.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2006). *Especificación particular para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos con asfaltos naturales en frío*. Bogotá, D. C.: IDU.
- Instituto De Desarrollo Urbano. (2006). *Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C. Especificaciones IDU-ET-2005*. Bogotá, D. C: IDU.

Instituto Nacional de Vías, Subdirección de Apoyo Técnico. (2007). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo. Bogotá, D. C.: Ministerio de Transporte.

Tejada Castaño, S. M. (2011). *Notas de clase "Evaluación, Rehabilitación y Mantenimiento de pavimentos". Especialización Ingeniería de pavimentos Urbanos Universidad Militar Nueva Granada*. Bogotá, D. C.: Universidad Militar Nueva Granada.

Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial. (2009). *Licitación pública No. UMV-LP- 021-2009. Apéndice 4 Objeto: "Diagnóstico, Mantenimiento y Rehabilitación de la Malla Vial Local de Conformidad con los Convenios Interadministrativos Celebrados entre la UMV y los Fondos de Desarrollo Local."* Bogotá, D. C.