

# UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL  
Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS  
AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES  
EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO**

Tesis presentada por el Bachiller:

**GANDY VLADIMIR ROJAS GAHONA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Asesor: Ing. Joel Ayala Castillo**

**AREQUIPA-PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

Gratitud, es lo que puedo expresar a todas las personas que me acompañaron en este viaje de descubrimiento, ya que el mismo no consistió en buscar nuevos paisajes, sino en mirar con nuevos ojos.

A mis padres, hermanos y compañeros de vida que con su presencia, palabras y comprensión supieron dirigir la luz, cuando el resto las apagaba. Muchas gracias.

**Gandy Vladimir Rojas Gahona**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPITULO 1.....	5
ASPECTO ERRÁTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO .....	5
1.1. ANTECEDENTES.....	5
1.1.1. Condición de servicio.....	5
1.2. PROBLEMÁTICA.....	6
1.1.2. Emprendimiento oportuno .....	6
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.3.1. General.....	8
1.3.2. Específicos .....	8
1.4. CONCEPTOS QUE DESCRIBEN EL ASPECTO ERRATIL DE LOS PAVIMENTOS URBANOS.....	9
1.4.1. Línea en el tiempo .....	9
1.4.2. Crecimiento de la población .....	10
1.4.3. Vulnerabilidades .....	11
1.4.4. La Amenaza natural.....	12
1.5. ESQUEMA METODOLÓGICO.....	14
1.5.1. Secuencia metodológica .....	14
1.6. MÉTODO EMPÍRICO Y MECANICISTA.....	15
1.6.1. Limitaciones.....	15
1.6.2. Tendencias lineales.....	17
1.7. INTERVALOS DE CONTINUIDAD.....	17
1.7.1. Plan de desarrollo y continuidad .....	17
1.8. INDICADORES DE ANOMALÍAS.....	19
1.8.1. Interpretación de los indicadores estadísticos .....	19

CAPÍTULO 2.....	25
MARCO TEORICO: COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO .....	25
2.1.    EL PAVIMENTO URBANO COMO PLATAFORMA DE RESULTADOS .....	25
2.1.1.    El Camino lógico del pavimento flexible .....	25
2.1.2.    La superposición de sistemas: Pasos para entender el comportamiento de los pavimentos flexibles urbanos .....	26
2.2.    HIPÓTESIS: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN BASE AL MODELO DINÁMICO DE ACOPLAMIENTO .....	29
2.2.1.    Generalidades del modelo de acoplamiento .....	29
2.2.2.    Enfoque del modelo dinámico .....	29
2.2.3.    Alcances del modelo dinámico .....	30
2.2.4.    Limitaciones del modelo dinámico.....	30
2.2.5.    Parámetros del modelo dinámico .....	31
2.2.6.    Dependencias y simulaciones .....	32
2.2.7.    Monitores de la temperatura del pavimento asfáltico y la deformación de la carga ..	33
2.2.8.    Resultados del modelo en función de la temperatura.....	34
2.2.9.    Simulación de estados de tensión con la variación de la temperatura .....	35
2.2.9.1.    Tensión horizontal .....	35
2.2.9.2.    Esfuerzo de corte .....	36
2.2.9.3.    Tensión vertical .....	36
2.2.10.    Conclusiones preliminares del comportamiento del modelo acoplado .....	38
2.3.    HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA COMPRENDER SU COMPORTAMIENTO.....	40
2.3.1.    Metodología francesa de auscultación visual Vizir.....	40
2.3.1.1.    Las fallas de tipo “A” como parte fundamental en la evaluación.....	40
2.3.1.2.    Falla representativa en el pavimento flexible: Fases del deterioro en prolongación Andrés Avelino Cáceres .....	44
2.3.2.    La sección patrón para el registro y evaluación del pavimento flexible .....	46
2.3.3.    El Diseño sintético .....	46
2.3.4.    Estudio vehicular y sus efectos sobre el pavimento urbano .....	46
2.3.5.    Generación de espesores en el pavimento con el software DISPAV - 5 .....	47

2.3.6.	Esfuerzos, deformaciones y deflexiones con el software PITRA PAVE .....	51
2.3.7.	Tasa de descuento .....	54
2.3.8.	Indicadores de inversión.....	55
2.3.9.	Software HDM – 4 como gestor de proyectos de conservación vial.....	55
2.3.10.	Trabajos de conservación como alternativas en la evaluación económica .....	57
2.3.11.	Trabajos de conservación a evaluar con el HDM - 4 .....	57
2.3.11.1.	Trabajos de conservación para el pavimento flexible urbano .....	57
2.3.11.1.1.	Tratamiento superficial bicapa (m2).....	58
2.3.11.1.2.	Recapado asfáltico (m2).....	59
2.3.11.1.3.	Parchado profundo (m2).....	60
2.3.11.1.4.	Sellado de fisuras moderado (ml) .....	61
2.3.11.1.5.	Sellos asfálticos (m2) .....	63
2.3.11.1.6.	Bacheo superficial (m2).....	64
2.3.11.1.7.	Tratamiento superficial SAMI (m2).....	65
2.3.11.1.8.	Tratamiento de fisuras (ml).....	67
2.3.11.1.9.	Capas de refuerzo .....	68
2.3.11.1.10.	Reconstrucción.....	69
2.3.12.	Rescate oportuno de los pavimentos urbanos .....	70
2.3.13.	Estrategias no económicas: Escalafón propuesto por el AASTHO 93 .....	72
2.3.13.1.	Significancia de los factores no monetarios .....	73
2.3.13.2.	Escalafón de puntuaciones para la mejor estrategia no económica.....	74
2.3.14.	Criterios para la elección de la propuesta no económica AASTHO 93 .....	75
2.3.15.	Inspección del drenaje y establecimiento de los niveles de riesgo .....	78

CAPITULO 3.....	87
REGISTRO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO .....	87
3.1. REGISTRO Y EVALUACIÓN: EFECTO DE LOS VEHÍCULOS SOBRE EL PAVIMENTO URBANO .....	87
3.1.1. Vialidad de las zonas de estudio .....	87
3.1.1.1. Uso del suelo en el distrito .....	87
3.1.1.2. Infraestructura vial en el distrito.....	88
3.1.2. Registro de aforos para el estudio de volúmenes vehiculares.....	90
3.1.3. Variables a considerar para el estudio vehicular urbano .....	92
3.1.4. Resultados del conteo vehicular semanal .....	94
3.1.5. Proyección de tránsito futuro.....	97
3.1.6. Tasas de crecimiento vehicular utilizadas.....	98
3.1.7. Gráficos del movimiento vehiculares semanal: prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley .....	99
3.1.8. Transito futuro: Parque automotor y vehículos ligeros en Av. Prolongación A.A.Caceres .....	110
3.1.9. Transito futuro: Parque automotor y vehículos ligeros en Av. Hartley .....	112
3.1.10. Cargas en el pavimento flexible urbano .....	114
3.1.11. Determinación del número de ejes simples equivalentes ESAL 119	
3.1.11.1. Vehículos diarios para el ESAL de diseño .....	119
3.1.11.2. ESAL de diseño actual y ESAL con proyecto de conservación.....	122
3.2. REGISTRO Y EVALUACIÓN: MÉTODO VIZIR DE AUSCULTACIÓN VISUAL.....	126
3.2.1. Clasificación y cuantificación de los deterioros del pavimento flexible .....	126
3.2.2. Pasos: Registro y valoración cualitativa en las avenidas prolongación A.A.Caceres y Hartley.....	129
3.2.2.1. Paso no.1: Recolección de Información en campo .....	129

3.2.2.2.	Paso no.2: Análisis de las fallas de acuerdo a sus índices .....	132
3.2.2.3.	Paso no.3: Evaluación de la gravedad de las fallas de acuerdo al índice de deterioro buscado .....	135
3.2.2.4.	Paso no.4: Valor final del índice de deterioro "Is" .....	139
CAPITULO 4.....		140
ANÁLISIS POR SECCIÓN PATRÓN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO .....		140
4.1.	VALORACIÓN DEL DRENAJE URBANO COMO PARTE INTEGRAL DEL SISTEMA VIAL	140
4.1.1.	Calificación global para la evaluación del drenaje urbano .....	140
4.1.2.	Pasos para la evaluación del drenaje urbano .....	141
4.1.2.1.	Paso 1: Registro visual del drenaje en campo .....	141
4.1.2.2.	Pasó 2: Calificaciones del drenaje .....	143
4.2	APLICACIÓN DE LA SECCIÓN PATRÓN: Prolongación A. Avelino Cáceres y Hartley.....	145
4.2.1.	Esquema metodológico para el desarrollo de la sección patrón y diseño sintético 145	
4.2.2.	Pasos para la evaluación del pavimento urbano con la sección patrón .....	146
4.2.2.1.	Primer paso: Progresivas y propiedades de los materiales .....	146
4.2.2.2.	Segundo paso: Generación de espesores con DISPAV-5.....	151
4.2.2.3.	Tercer paso: Juego de cargas del parque automotor .....	153
4.2.2.4.	Cuarto paso: Respuesta de los parámetros físicos.....	153
4.2.3.	Distribución del espacio muestral.....	153
4.2.4.	Proceso de evaluación del pavimento urbano con DISPAV - 5 .....	156
4.2.5.	Registro de variables por tramos y secciones patrón de 20 metros .....	160
4.2.6.	Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a sus espesores encontrados .....	163
4.2.7.	Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a su nivel de deterioro diagnosticado por VIZIR .....	165
4.2.8.	Evaluación de la estructura multicapa con PITRA PAVE.....	166
4.2.9.	Aplicación de las cargas sobre el pavimento urbano A.A.Caceres.....	168
4.2.10.	Aplicación de las cargas sobre el pavimento urbano Hartley .....	169

4.2.11. Valores de esfuerzos, deformaciones y deflexiones debido a las cargas dinámicas.....	171
4.2.12. Valores significativos dentro de la carpeta asfáltica.....	180
4.2.13. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a sus parámetros físicos esfuerzo, deformación y deflexión .....	181
4.2.13.1. Hipótesis de las cargas en el pavimento contrastada con el modelo dinámico de acoplamiento .....	182
4.2.14. Evaluación de la Sub Rasante para las avenidas Prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley .....	186
4.2.14.1. Registro del estudio de suelos: prolongación Andrés Avelino Cáceres.....	187
4.2.14.2. Registro del estudio de suelos: Avenida Hartley.....	189
4.2.15. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación al estado del drenaje .....	190
CAPÍTULO 5.....	192
VALORACIÓN ECONÓMICA CON EL SOFTWARE HDM - 4 .....	192
5.1. VALORACIÓN CON EL HDM-4: AVENIDAS PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES Y HARTLEY .....	192
5.1.1. Parámetros de inversión fundamentales para el HDM - 4 .....	192
5.1.2. Características de las vías evaluadas prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley .....	193
5.1.3. Registro técnico del parque automotor para la evaluación del proyecto con el HDM – 4 .....	194
5.1.4. Costos económicos y financieros considerados para los proyecto de conservación a nivel urbano .....	197
5.1.5. Alternativas de conservación para prolongación A.A.Caceres y Hartley	197
5.1.5.1. División de los trabajos para el HDM-4 .....	198
5.1.5.2. Esquema principal para el desarrollo de las alternativas con el HDM-4	200
5.1.6. Batería de trabajos de conservación por proyecto con costos económicos y financieros en Latinoamérica .....	202

5.1.7.	Resultados comparativos de la batería de trabajos: sección 5.1.6 versus el proyecto propuesto # 7 .....	204
5.1.8.	Presupuesto para los trabajos de conservación: Prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley .....	207
5.1.9.	Resultados por alternativa evaluada para el presente proyecto .....	211
5.1.9.1.	Mejor alternativa: Avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres	213
5.1.9.2.	Mejor alternativa: Avenida Hartley.....	215
CAPÍTULO 6.....		218
APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DEL AASTHO 93 PARA LA EVALUACIÓN NO ECONÓMICA ...		218
6.1	PASOS PARA LA CONFECCIÓN DE LA TABLA “ESCALAFÓN DE DECISIÓN” .....	218
6.1.1.	Paso 1: Selección de criterios .....	219
6.1.2.	Paso 2: Ponderación .....	219
6.1.3.	Paso 3: Suministrar información.....	219
6.1.4.	Paso 4: Valoración de las estrategias .....	219
6.1.5.	Paso 5: Calificación de los criterios.....	220
6.1.6.	Paso 6: Resultado de la calificación.....	220
6.2	RESULTADOS DE LOS CRITERIOS EVALUADOS PARA EL PROYECTO.....	221
6.2.1.	La ganancia inicial .....	221
6.2.1.1.	Los beneficios netos anuales para el tramo ascendente y descendente en la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres .....	221
6.2.1.2.	Los beneficios netos anuales para el tramo ascendente y descendente en la avenida Hartley .....	227
6.2.2.	Duración de la construcción de los posibles trabajos de conservación 236	
6.2.3.	Vida de servicio de los diferentes trabajos .....	237
6.2.4.	Necesidades de mantenimiento futuro .....	237
6.2.5.	Molestias al tránsito durante la ejecución de las obras .....	240
6.3	ELECCIÓN FINAL DE LA ESTRATEGIA NO ECONÓMICA .....	241
6.3.1.	Escalafones de decisión para prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley .....	242

6.3.2.	Lectura de los resultados finales "sección 6.3.1" .....	243
6.3.3.	Resultado final de la elección no económica: avenida Prolongación Andrés Avelino Cáceres.....	243
6.3.4.	Resultado final de la elección no económica: avenida Hartley	244
6.3.5.	Observaciones finales de la investigación económica y no económica .....	246
CAPÍTULO 7.....		247
7.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	247
BIBLIOGRAFÍA.....		251
ANEXOS.....		254



## ÍNDICE GRÁFICO

Gráfico 1.4.2.1 Nivel de relación entra el aumento del parque auto motor y los niveles de congestión (EP) .....	10
Gráfico 2.1.2.1 espesores versus variación temperatura, comprobación de la hipótesis del investigador (EP) .....	28
Gráfico 2.1.2.2 espesores versus proporción de vehículos, comprobación de la hipótesis del investigador (EP) .....	28
Gráfico 2.2.8.1 Comparación de la temperatura monitorizada y la temperatura prevista del punto de prueba Y1 del pavimento (Xue et al., 2013) .....	34
Gráfico 2.2.8.2 Comparación de la temperatura monitorizada y la temperatura prevista del punto de prueba Y2 del pavimento (Xue et al., 2013) .....	35
Gráfico 2.2.9.3.1 simulación y resultado de la prueba bajo carga cíclica para una temperatura de 30.5 y 56.3 grados centígrados (Xue et al., 2013) .....	38
Gráfico 3.1.1.1.1 usos urbanos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (Percy Condori Rodriguez, Victor Diban Rojas, 2005).....	88
Gráfico 3.1.1.2.1 infraestructura vial de José Luis Bustamante y Rivero (Percy Condori Rodriguez, Victor Diban Rojas, 2005) .....	88
Gráfico 3.1.7.1 volúmenes del tráfico por tipo de vehículo al día (EP).....	100
Gráfico 3.1.7.2 volúmenes de fin de semana (EP).....	101
Gráfico 3.1.7.3 volúmenes totales mixtos en la prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	102
Gráfico 3.1.7.4 transito promedio diario anual (EP).....	103
Gráfico 3.1.7.5 volúmenes del tráfico por tipo de vehículo al día (EP).....	105
Gráfico 3.1.7.6 volúmenes de fin de semana (EP).....	106
Gráfico 3.1.7.7 volúmenes totales mixtos avenida Hartley (EP).....	107
Gráfico 3.1.7.8 transito promedio diario anual avenida Hartley (EP).....	108
Gráfico 3.1.7.9 movimiento vehicular semanal Avenida A. Avelino C. (EP).....	109
Gráfico 3.1.7.10 movimiento vehicular semanal Avenida Hartley (EP) .....	109
Gráfico 3.1.8.1 transito actual y futuro en prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) ...	110
Gráfico 3.1.8.2 transito futuro vehículos ligeros en la avenida Andrés Avelino Cáceres (EP).....	111
Gráfico 3.1.9.1 transito actual y futuro para el parque automotor y vehículos ligeros en la avenida Hartley (EP).....	113
Gráfico 3.1.11.2.1 tendencia del esal de diseño Hartley (EP) .....	124

Gráfico 3.1.11.2.2 tendencia del esal de diseño prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	124
Gráfico 4.2.3.1 distribución de normalidad de datos esfuerzos, deformaciones, deflexiones y espesores con histogramas, Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	155
Gráfico 4.2.3.2 distribución de normalidad de datos esfuerzos, deformaciones, deflexiones y espesores con histogramas, Hartley (EP) .....	155
Gráfico 4.2.6.1 espesores del pavimento flexible actual de acuerdo a la sección patrón Avelino (EP).....	164
Gráfico 4.2.6.2 espesores del pavimento flexible actual de acuerdo a la sección patrón Hartley (EP) .....	164
Gráfico 4.2.7.1 Evolución en apariencia del deterioro actual de acuerdo a su índice, A. Avelino (EP).....	165
Gráfico 4.2.7.2 Evolución en apariencia del deterioro actual de acuerdo a su índice, Hartley (EP) .....	166
Gráfico 4.2.11.1 esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP) .....	172
Gráfico 4.2.11.2 esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP) .....	173
Gráfico 4.2.11.3 deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP).....	173
Gráfico 4.2.11.4 deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP).....	174
Gráfico 4.2.11.5 deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP) .....	174
Gráfico 4.2.11.6 deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP) .....	175
Gráfico 4.2.11.7 esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP) .....	175
Gráfico 4.2.11.8 esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP) .....	176
Gráfico 4.2.11.9 esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP) .....	176
Gráfico 4.2.11.10 deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP).....	177

Gráfico 4.2.11.11 deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP).....	177
Gráfico 4.2.11.12 deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP).....	178
Gráfico 4.2.11.13 deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP) .....	178
Gráfico 4.2.11.14 deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP) .....	179
Gráfico 4.2.11.15 deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP) .....	179
Gráfico 4.2.13.1.1 esfuerzos, deformación y deflexiones en la actualidad del pavimento flexible en la avenida A. Avelino Cáceres (EP) .....	184
Gráfico 4.2.13.1.2 esfuerzos, deformación y deflexiones en la actualidad del pavimento flexible en la avenida Hartley (EP).....	185
Gráfico 4.2.15.1 relación de la condición del drenaje actual con la sección patrón Avelino (EP).....	190
Gráfico 4.2.15.2 relación de la condición del drenaje actual con la sección patrón Hartley (EP).....	191
Gráfico 5.1.7.1 bacheo y sello de fisuras en contraste para costos económicos y financieros (EP) .....	205
Gráfico 5.1.7.2 tratamiento superficial y mantenimiento rutinario en contraste para costos económicos y financieros (EP) .....	206
Gráfico 6.2.1.2.1 beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo ascendente (EP) .....	232
Gráfico 6.2.1.2.2 beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo descendente (EP) .....	233
Gráfico 6.2.1.2.3 beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Hartley tramo ascendente (EP).....	234
Gráfico 6.2.1.2.4 beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Hartley tramo descendente (EP).....	235
Gráfico 6.2.4.1 regularidad media por tramo A.A.Caceres ascendente (HDM-4) .....	238
Gráfico 6.2.4.2 regularidad media por tramo A.A.Caceres descendente (HDM-4) .....	239
Gráfico 6.2.4.3 regularidad media por tramo Hartley ascendente (HDM-4) .....	239
Gráfico 6.2.4.4 regularidad media por tramo Hartley descendente (HDM-4) .....	240

Gráfico 6.2.5.1 intensidad media diaria Andrés Avelino Cáceres (HDM-4).....	241
Gráfico 6.2.5.2 intensidad media diaria Hartley (HDM-4).....	241
Gráfico 6.3.3.1 calificación total como estrategia a implementar en la avenida Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	244
Gráfico 6.3.4.1 calificación total como estrategia a implementar en la avenida Hartley (EP) .....	245

### ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 2.3.1.1.1 Niveles de deterioro, falla tipo AH (Estrada, 2008b).....	42
Imagen 2.3.1.1.2 Niveles de deterioro, falla tipo DL y DT (Estrada, 2008b).....	42
Imagen 2.3.1.1.3 Niveles de deterioro, falla tipo FLF (Estrada, 2008b) .....	43
Imagen 2.3.1.1.4 Niveles de deterioro, falla tipo FPC (Estrada, 2008b) .....	43
Imagen 2.3.1.1.5 Niveles de reparacion, tipo B (Estrada, 2008b).....	44
Imagen 2.3.6.1 Elemento diferencial de la materia puntual que experimenta esfuerzos y deformaciones (EP) .....	53
Imagen 2.3.6.2 Sistema multicapa, se ejemplifica la distribución de los posibles espesores de un pavimento flexible (PITRA PAVE) .....	54
Imagen 2.3.11.1.1.1 Tipos de tratamiento superficial.....	58
Imagen 2.3.11.1.6.1 Trabajos de bacheo superficiales necesarios en las zonas de estudio (EP).....	64
Imagen 2.3.11.1.7.1 Capa aliviadora de esfuerzos SAMI.....	65
Imagen 2.3.11.1.8.1 Tratamiento de fisuras necesarias en las zonas en evaluación (EP) .....	67
Imagen 2.3.11.1.10.1 Ejemplo de condición de un flexible para reconstrucción, avenida Hartley, tramo 3 en el sentido ascendente (EP).....	70
Imagen 2.3.15.1 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=0) (Gonzales, 2008).....	80
Imagen 2.3.15.2 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=2) (Gonzales, 2008).....	80
Imagen 2.3.15.3 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=2) (Gonzales, 2008).....	80
Imagen 5.1.1.4 Nivel de riesgo, parametro 2 (A=1) (Gonzales, 2008) .....	82
Imagen 2.3.15.5 Nivel de riesgo, parametro 2 (A=2) (Gonzales, 2008).....	83
Imagen 2.3.15.6 Nivel de riesgo, parametro 4 (D=2) (Gonzales, 2008).....	85
Imagen 2.3.15.7 Nivel de riesgo, parametro 5, (S=2) (Gonzales, 2008).....	86
Imagen 3.1.1.2.1 Plano general de los tramos evaluados en distrito de José Luis Bustamante y Rivero (EP).....	89

Imagen 3.1.1.2.2 Tramos en la avenida Andrés Avelino Cáceres, ascendente azul y descendente amarillo (EP).....	89
Imagen 3.1.1.2.3 Tramos en la avenida Hartley, ascendente azul y descendente amarillo (EP).....	90
Imagen 3.1.2.1 Estaciones de control (EP).....	91
Imagen 3.1.2.2 Zona de conteo ovalo de prolongación A. Avelino C "Punto azul" (EP) ....	92
Imagen 3.1.2.3 Zona de conteo en la avenida Hartley "Punto rojo" (EP).....	92
Imagen 3.1.10.1 Eje Simple (EP).....	114
Imagen 3.1.10.2 Vehículos Livianos y Pesados (EP).....	115
Imagen 5.1.1.1 Ejemplo de las medidas que se desarrollan en la recopilacion de datos de campo (EP).....	126
Imagen 4.2.4.1 Datos de entrada para la evaluación en el software DISPAV - 5.....	157
Imagen 4.2.4.2 Composición vehicular para el software DISPAV - 5.....	157
Imagen 4.2.4.3 Porcentaje de vehículos cargados para el software DISPAV - 5.....	158
Imagen 4.2.4.4 Representación del software DISPAV – 5 para la evaluación de los posibles espesores.....	158
Imagen 4.2.4.5 Niveles de confianza del proyecto con DISPAV - 5 .....	159
Imagen 4.2.4.6 Resumen de datos para el análisis con DISPAV - 5.....	159
Imagen 4.2.4.7 Resultados de los espesores para la estructura del pavimento DISPAV - 5 .....	160
Imagen 4.2.8.1 Disposición referencial de los puntos en las capas del pavimento para el software (PITRA PAVE) .....	167
Imagen 4.2.13.1.1 Camión entrega carga, deformación y esfuerzos al pavimento flexible avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	183
Imagen 5.1.3.1 Vehículos evaluados del parque automotor 1 (EP).....	195
Imagen 5.1.3.2 Vehículos evaluados del parque automotor 2 (EP).....	195
Imagen 5.1.8.1 Presupuesto obras de conservación en pavimentos flexibles urbanos (EP) .....	207
Imagen 5.1.8.2 Mantenimiento rutinario en pavimentos flexibles urbanos (EP) .....	208

## ÍNDICE CUADROS

Cuadro 2.3.1.1.1 Descripción de fallas de tipo A por la metodología de auscultación francesa VIZIR (Valera, 2015).....	41
Cuadro 2.3.5.1 Niveles del tránsito equivalente y ejes equivalentes de 8.2 toneladas (Santiago Corro, 1999).....	50
Cuadro 2.3.5.2 Espesores mínimos de las capas de pavimento (Santiago Corro, 1999)..	50
Cuadro 2.3.11.1.1.1 Ensayos necesarios para los agregados, tratamiento superficial bicapa (provias nacional, 2004) .....	58
Cuadro 2.3.11.1.1.2 Cantidades aproximadas de materiales para tratamiento superficial múltiple, usando emulsión asfáltica (provias nacional, 2004) .....	59
Cuadro 2.3.13.1.1 Significación de los impactos (Estrada, 2008c).....	74
Cuadro 3.1.4.1 Formato de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, lunes 25 de abril 2016, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	95
Cuadro 3.1.4.2 Formato de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, viernes 29 de abril 2016, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	95
Cuadro 3.1.4.3 Ejemplo de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, lunes 25 de abril 2016, avenida Hartley (EP) .....	96
Cuadro 3.1.4.4 ejemplo de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, viernes 29 de abril 2016, avenida Hartley (EP) .....	96
Cuadro 3.1.8.1 Proyección transito futuro prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) ...	110
Cuadro 3.1.8.2 Proyección transito futuro vehículos livianos, prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	111
Cuadro 3.1.9.1 Proyección transito futuro parque automotor avenida Hartley (EP).....	112
Cuadro 3.1.9.2 Proyección del tránsito ligero para la avenida Hartley (EP).....	112
Cuadro 3.1.10.1 Carril de Diseño AASTHO .....	116
Cuadro 3.1.10.2 Factores camión considerados para el parque automotor urbano (EP)	118
Cuadro 3.1.11.1.1 Proporción de vehículos para el día viernes en prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	120
Cuadro 3.1.11.1.2 Proporción de vehículos para el día viernes en Hartley (EP).....	120
Cuadro 3.2.2.4.1 Valoración cualitativa de la condición final del pavimento urbano (EP)	139
Cuadro 4.1.1.1 Calificación global para valorar el drenaje de acuerdo a sus niveles de riesgo (EP).....	141
Cuadro 4.1.1.2 Calificación final por riesgo de daños (EP) .....	141

Cuadro 4.2.3.1 Resultados de la prueba K-S para la distribución de datos (EP) .....	154
Cuadro 4.2.4.1 Incidencia en porcentaje por tipo de vehículo para la evaluación con DISPAV - 5, las incidencias se extrajeron del conteo de volúmenes diarios A.A.Caceres (EP).....	156
Cuadro 4.2.4.2 Incidencia en porcentaje por tipo de vehículo para la evaluación con DISPAV - 5, las incidencias se extrajeron del conteo de volúmenes diarios Hartley (EP).....	156
Cuadro 4.2.9.1 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 1 prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	168
Cuadro 4.2.9.2 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 2 prolongaciones Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	169
Cuadro 4.2.10.1 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 1 Hartley (EP).....	170
Cuadro 4.2.10.2 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 2 Hartley (EP).....	170
Cuadro 4.2.10.3 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 3 Hartley (EP).....	171
Cuadro 4.2.13.1.1 Significación asintótica prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) ..	182
Cuadro 4.2.13.1.2 Significación asintótica Hartley (EP).....	183
Cuadro 5.1.1.1 Parámetros iniciales e inversión (EP).....	192
Cuadro 5.1.3.1 Vehículos y equivalencias para HDM – 4 (EP) .....	196
Cuadro 5.1.4.1 Indicadores y factores de reducción de costos (Provias Nacional, 2004b) .....	197

### ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.3.13.2.1 Ejemplo de criterios para la selección de la estrategia de rehabilitación Aastho 93 (Estrada, 2008a).....	75
Tabla 3.1.2.1 Cronograma para las horas de aforo por día (EP) .....	91
Tabla 3.1.10.1 Peso por eje de vehículos característicos .....	115
Tabla 3.1.10.2 Factores de equivalencia de carga considerada (Minaya, 2001).....	117
Tabla 3.1.11.1.1 Vehículos por día en el carril de diseño para prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	119
Tabla 3.1.11.1.2 Vehículos por día en el carril de diseño para Hartley (EP).....	120

Tabla 3.1.11.1.3 Cantidad de vehículos por día proyectados para el periodo de diseño prolongación A.A.Caceres (EP) .....	121
Tabla 3.1.11.1.4 Cantidad de vehículos por día proyectados para el periodo de diseño Hartley (EP) .....	121
Tabla 3.1.11.2.1 Ejemplo ESAL de diseño para la avenida Hartley para el año base (EP) .....	123
Tabla 3.1.11.2.2 Ejemplo ESAL de diseño para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres para el año base (EP) .....	123
Tabla 3.1.11.2.3 Espesores mínimos en pulgadas para el ESAL de diseño .....	125
Tabla 3.2.1.1 Nivel de gravedad de los deterioros tipo A .....	127
Tabla 3.2.1.2 Nivel de gravedad de los deterioros tipo B .....	128
Tabla 4.2.2.2.1 Espesores finales para el tramo 1 A.A.Caceres (EP) .....	151
Tabla 4.2.2.2.2 Espesores finales para el tramo 2 A.A.Caceres (EP) .....	151
Tabla 4.2.2.2.3 Espesores finales para el tramo 1 Hartley (EP) .....	152
Tabla 4.2.2.2.4 Espesores finales para el tramo 2 Hartley (EP) .....	152
Tabla 4.2.2.2.5 Espesores finales para el tramo 3 Hartley (EP) .....	152
Tabla 4.2.5.1 Variables para la confección de las gráficas de espesores factores físicos y condición del pavimento metodología VIZIR avenida Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	161
Tabla 4.2.5.2 Variables para la confección de las gráficas de espesores factores físicos y condición del pavimento metodología VIZIR avenida Hartley (EP) .....	162
Tabla 4.2.11.1 Resultados para los esfuerzos en libras por pulgada cuadrada con el software PITRA PAVE, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo 1 (EP) .....	180
Tabla 4.2.11.2 Resultados para los esfuerzos en libras por pulgada cuadrada con el software PITRA PAVE, avenida Hartley tramo 1 (EP) .....	180
Tabla 4.2.14.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida Hartley, evaluación de la sub rasante para el mejoramiento de la transitabilidad (EP) ....	187
Tabla 4.2.14.1.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida A. Avelino Cáceres, evaluación de la sub rasante (EP) .....	188
Tabla 4.2.14.1.2 Características de los suelos en función de su IP (Manula de carreteras sección suelos y pavimentos MTC 2014) .....	188
Tabla 4.2.14.2.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida Hartley, evaluación de la sub rasante (EP) .....	189
Tabla 5.1.2.1 Características físicas de la vía asfáltica existente (EP) .....	193

Tabla 5.1.2.2 Características físicas de la vía asfáltica existente (EP) .....	194
Tabla 5.1.3.1 Características técnicas del parque automotor (EP).....	196
Tabla 5.1.6.1 Bateria de diferentes proyectos para la conservación de pavimento flexible y sus costos (EP).....	202
Tabla 5.1.7.1 Contraste de costos económicos y financieros con más demanda en Latinoamérica (EP).....	204
Tabla 5.1.9.1 Relación beneficio costo para el proyecto en prolongación Andrés Avelino Cáceres (HDM-4) .....	212
Tabla 5.1.9.2 Relación beneficio costo para el proyecto en la avenida Hartley (HDM-4). 212	
Tabla 5.1.9.1.1 Resultados finales para elección de la mejor propuesta económica avenida A. Avelino Cáceres (EP).....	215
Tabla 5.1.9.2.1 Resultados finales para elección de la mejor propuesta económica avenida Hartley (EP).....	217
Tabla 6.2.2.1 Duración de las estrategias y los estándares en su tratamiento de acuerdo a su duración teórica y real .....	236
Tabla 6.2.3.1 Rangos típicos de vidas de servicio para tratamientos de rehabilitación en pavimentos asfálticos (EP).....	237
Tabla 6.3.1.1 Escalafón de puntuación para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP).....	242
Tabla 6.3.1.2 Escalafón de puntuación para la avenida Hartley (EP).....	242

### ÍNDICE ESQUEMAS

Esquema 1.1.1.1 antecedentes de la condición de servicio (EP).....	6
Esquema 1.5.1.1 esquema metodológico para la presente investigación (EP) .....	14
Esquema 2.1.2.1 hipótesis del encuentro de sistemas (EP) .....	27
Esquema 2.2.10.1 Comportamiento adaptativo del pavimento flexible ante efectos externos (EP).....	39
Esquema 2.3.9.1 Arquitectura del sistema HDM – 4 (Kerali, 2005) .....	56
Esquema 4.2.1.1 metodología para el desarrollo de la sección patrón y diseño sintético (EP).....	145
Esquema 5.1.5.1.1 esquema general para los trabajos de conservación en pavimentos flexibles (EP).....	199
Esquema 5.1.5.1.2 Esquema para el mantenimiento rutinario (EP).....	200

Esquema 5.1.5.2.1 composición de las alternativas "trabajos diferenciados por alternativas" (EP).....	201
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.6.1.1 Ubicación de los métodos de análisis y diseño de pavimentos (Anguas & Correa, 2004).....	15
Figura 1.6.1.2 Componentes clave de la metodología mecanicista (Anguas & Correa, 2004) .....	16
Figura 1.8.1.1 La curva normal (Ronald E. Walpole & YE, 2012) .....	24
Figura 2.2.9.3.1 Distribución de la tensión horizontal para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013).....	37
Figura 2.2.9.3.2 Distribución del esfuerzo cortante para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013).....	37
Figura 2.2.9.3.3 Distribución de la tensión vertical para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013).....	37
Figura 2.3.12.1 Espectro de alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos (Estrada, 2008c).....	71
Figura 2.3.12.2 Condición típica del ciclo de vida de un pavimento: selección de técnicas de rehabilitación (Estrada, 2008c).....	71

### ÍNDICE NOMOGRAMAS

Nomograma 4.2.2.1-1 para la determinación de la temperatura de la mezcla (Suarez, 2010).....	148
Nomograma 4.2.2.1-2 de Van Der Poel para determinación del módulo dinámico del asfalto (Suarez, 2010) .....	149
Nomograma 4.2.2.1-3 para el cálculo del módulo dinámico de las mezclas asfálticas (Suarez, 2010).....	150

## ÍNDICE REPRESENTACIONES

Representación 2.2.6.1 modelo numérico del campo de temperatura para el pavimento flexible (Xue et al., 2013).....	33
Representación 3.1.10.1 Carril de Diseño.....	116
Representación 3.2.2.1.1 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Avelino tramo 1 (EP).....	130
Representación 3.2.2.1.2 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Avelino tramo 2 (EP).....	130
Representación 3.2.2.1.3 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 1 subida (EP).....	130
Representación 3.2.2.1.4 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 1 bajada (EP).....	131
Representación 3.2.2.1.5 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 2 subida (EP).....	131
Representación 3.2.2.1.6 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 2 bajada (EP).....	131
Representación 3.2.2.1.7 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 3 subida (EP).....	132
Representación 3.2.2.1.8 parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 3 bajada (EP).....	132
Representación 3.2.2.2.1 resumen de deterioros para el tramo 1, Andrés Avelino Cáceres (EP).....	133
Representación 3.2.2.2.2 resumen de deterioros para el tramo 2, Andrés Avelino Cáceres (EP).....	133
Representación 3.2.2.2.3 resumen de deterioros para el tramo 1, Hartley sentido subida y bajada (e.p.).....	133
Representación 3.2.2.2.4 resumen de deterioros para el tramo 2, Hartley sentido subida y bajada (EP).....	134
Representación 3.2.2.2.5 resumen de deterioros para el tramo 3, Hartley sentido subida y bajada (EP).....	134
Representación 3.2.2.3.1 Índices de deterioro superficial Is General (EP).....	135

Representación 3.2.2.3.2 obtención del índice de deterioro superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres tramo 1 (EP) .....	136
Representación 3.2.2.3.3 obtención del índice de deterioro superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres tramo 2 (EP) .....	136
Representación 3.2.2.3.4 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 1 sentido subida (EP) .....	137
Representación 3.2.2.3.5 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 1 sentido bajada (EP) .....	137
Representación 3.2.2.3.6 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 2 sentido subida (EP) .....	138
Representación 3.2.2.3.7 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 2 sentido bajada (EP) .....	138
Representación 3.2.2.3.8 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 3 sentido subida (EP) .....	139
Representación 3.2.2.3.9 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 3 sentido bajada (EP) .....	139
Representación 4.1.2.1.1 registro de la inspección visual por progresivas de 20 metros, prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	142
Representación 4.1.2.1.2 registro de la inspección visual por progresivas de 20 metros, Hartley (EP) .....	142
Representación 4.1.2.2.1 registró final de la condición del drenaje superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	143
Representación 4.1.2.2.2 registró final de la condición del drenaje superficial Hartley (EP) .....	144

#### ÍNDICE REGISTROS

Registro 2.3.1.2.1 Registro de las fases de deterioro sobre el pavimento flexible en el tramo 1, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP) .....	45
Registro 2.3.15.1 Pavimentos flexibles en prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 1, bajo el efecto destructivo del agua (EP) .....	78
Registro 4.2.2.1.1 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 1 (EP) .....	146
Registro 4.2.2.1.2 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 2 (EP) .....	146

Registró 4.2.2.1.3 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 1 (EP) .....	147
Registro 4.2.2.1.4 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 2 (EP) .....	147
Registro 4.2.2.1.5 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 3 (EP) .....	147
Registro 4.2.12.1 valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 1 A.A.Caceres (EP) .....	181
Registro 4.2.12.2 valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 2 A.A.Caceres (EP) .....	181
Registro 4.2.12.3 valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 1 Hartley (EP) .....	181
Registro 4.2.12.4 valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 2 Hartley (EP) .....	181
Registro 4.2.12.5 valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 3 Hartley (EP) .....	181
Registro 5.1.9.1.1 Comparación de alternativas 2 y 3 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4) .....	214
Registro 5.1.9.1.2 Comparación de alternativas 4 y 5 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4) .....	214
Registro 5.1.9.1.3 Comparación de alternativas 6 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4) .....	215
Registro 5.1.9.2.1 Comparación de alternativas 2 y 3 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4) .....	216
Registro 5.1.9.2.2 Comparación de alternativas 4 y 5 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4) .....	216
Registro 5.1.9.2.3 Comparación de alternativas 6 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4) .....	217
Registro 6.2.1.1.1 beneficios netos anuales, alternativa 2, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4) .....	222
Registro 6.2.1.1.2 beneficios netos anuales, alternativa 3, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4) .....	222
Registro 6.2.1.1.3 beneficios netos anuales, alternativa 4, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4) .....	223

Registro 6.2.1.1.4 beneficios netos anuales, alternativa 5, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4) .....	223
Registro 6.2.1.1.5 beneficios netos anuales, alternativa 6, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4) .....	224
Registro 6.2.1.1.6 beneficios netos anuales, alternativa 2, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4) .....	224
Registro 6.2.1.1.7 beneficios netos anuales, alternativa 3, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4) .....	225
Registro 6.2.1.1.8 beneficios netos anuales, alternativa 4, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4) .....	225
Registro 6.2.1.1.9 beneficios netos anuales, alternativa 5, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4) .....	226
Registro 6.2.1.1.10 beneficios netos anuales, alternativa 6, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4) .....	226
Registro 6.2.1.2.1 beneficios netos anuales, alternativa 2, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4) .....	227
Registro 6.2.1.2.2 beneficios netos anuales, alternativa 3, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4) .....	227
Registro 6.2.1.2.3 beneficios netos anuales, alternativa 4, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4) .....	228
Registro 6.2.1.2.4 beneficios netos anuales, alternativa 5, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4) .....	228
Registro 6.2.1.2.5 beneficios netos anuales, alternativa 6, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4) .....	229
Registro 6.2.1.2.6 beneficios netos anuales, alternativa 2, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4) .....	229
Registro 6.2.1.2.7 beneficios netos anuales, alternativa 3, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4) .....	230
Registro 6.2.1.2.8 beneficios netos anuales, alternativa 4, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4) .....	230
Registro 6.2.1.2.9 beneficios netos anuales, alternativa 5, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4) .....	231
Registro 6.2.1.2.10 beneficios netos anuales, alternativa 6, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4) .....	231

## RESUMEN

El presente estudio nace de la necesidad de reconocer el lenguaje de fallas en los pavimentos flexibles, y ver cuál es su mensaje. En la actualidad no sabemos con certeza que se esconde al superponer la climatología, la economía, la metodología, el desconocimiento, las malas prácticas y la falta de cuidado con los programas de conservación, sostenidos, que no se aplican por las entidades encargadas de administrarlos. Lo que se propone inicialmente es descubrir como la ciudad atravesó muchos escenarios, particularmente observar la condición de las infraestructuras locales “pavimentos flexibles” que han sido presas de distintos acontecimientos naturales, debido a su emplazamiento geográfico. Entender dónde estamos nos ayudara a reconocer nuestro entorno de desarrollo.

Todos los años se llevan a cabo nuevas carreteras, nuevos intercambios viales, todas ellas empiezan bien, pero terminan en malas condiciones, debido a que no reconocen las proyecciones futuras del emplazamiento, así como el comportamiento de los materiales bajo cargas y temperaturas variables.

En la transición del trabajo tocamos los pilares del comportamiento de los materiales, y las teorías alrededor de ellos. La investigación es fundamental y así lo hacen notar todos los estudiosos que se citan en el desarrollo de este trabajo, además solo hay una certeza en el análisis de los pavimentos, y así lo reza Matthew W. Witczak: *“Es el arte de utilizar materiales que no entendemos completamente, en formas que no podemos analizar con precisión, para que soporten cargas que no sabemos predecir, de tal forma que nadie sospeche de nuestra ignorancia”*. Al transitar por las zonas propuestas nunca se vio la necesidad de cuestionar si lo que sucedía con el estado bueno, regular, malo o muy malo de los pavimentos flexibles evaluados, sería importante en el futuro, la realidad es que ya no solo es importante. Representa un elemento que hay que cuidar y mantener lo más posible, y ese pensamiento se repite en todo lo sucesivo, como un predicar lo siguiente: *“No se trata de construir una carretera, pista o calle nueva, se trata de cuidar, mantener y conservar nuestro patrimonio nacional”*.

Se dispuso recolectar toda la información que diera luces primero al comportamiento del pavimento, y su relación con las fallas sobre el mismo. Nuestro proyecto contempla algo que no es tan extenso como una carretera, pero es igual o más importante. Son las Calles y Avenidas de los Distritos más importantes de la ciudad. Después de hacer la recolección de todos los factores y relacionarlos con los puntos más álgidos por su deterioro sufrido, se propuso una metodología propia que deriva del análisis por partes, y que se denomina el análisis por la sección patrón, este método se centra en evaluar las áreas de estudio por secciones de 20 metros, facilitando la evaluación del deterioro en el pavimento flexible con un enfoque mecanicista.

Lo más importante en un proyecto de intervención y cuidado es proponer formas en las que sería bueno tratar lo defectuoso, se propusieron para cada zona de estudio en promedio 6 alternativas posibles de solución, cada una llevaría su costo representativo, y aquí lo más importante "cuál es la mejor alternativa". Rápidamente se pone de manifiesto que no será su costo un efecto muy influyente, sino un concepto nada nuevo, es el de considerar los efectos no monetarios que pondrían a la mejor propuesta económica y rentable en desequilibrio para su posible aplicación. Por lo cual se utilizó el análisis del AASTHO 93 para suplir esa falencia de elección final "*Elección de la alternativa no económica*".

Finalmente se pueden dar luces por donde irán los futuros programas de conservación vial, no será el de investigar las características de los materiales, sino en explorar su interacción con el medio que los rodea. Nos inclinaremos siempre por ser prudentes y actuar en el momento adecuado, con la intensidad adecuada, cuidando los detalles, cuidando lo que tenemos y aún nos queda.

Palabras clave: pavimento, flexible, destruido.

## ABSTRACT

The present study stems from the need to recognize the language of faults in flexible pavements and to see what their message is. At present we do not know for sure that it is hidden by overlapping climatology, economics, methodology, ignorance, bad practices and lack of care with sustained conservation programs, which are not applied by the entities in charge of managing them. What was initially proposed is to discover how the city went through many scenarios, in particular to observe the condition of local infrastructures "flexible pavements" that have been prey to different natural events due to their geographical location. Understanding where we are will help us recognize our development environment.

Every year new roads are launched, new road exchanges are started, all begin well, but end in poor conditions, as they do not recognize future projections of the site, as well as the behavior of materials under varying loads and temperatures.

In the transition from work we touch the pillars of the behavior of materials, and the theories that surround them. The research is fundamental and so do all the scholars mentioned in the development of this work, and there is only one certainty in the analysis of pavements, as Matthew W. Witczak says: "It is the art of using materials that do not fully understand, In ways we can not accurately analyze, bear burdens we can not predict, so that no one suspects our ignorance. " When traveling through the proposed areas there was never a need to question whether what happened with the good, regular, bad or very poor conditions of the flexible pavements evaluated would be important in the future, the reality is that it is not only important anymore. It represents an element that must be cared for and maintained as much as possible, and that thought is repeated in everything that follows, such as the preaching of the following: "It is not a matter of building a new path, road or street; ".

It was arranged to collect all the information that gave light first to the behavior of the pavement, and its relation with the faults on it. Our project contemplates something that is not as extensive as a road, but is equal or more important. They are the streets and avenues of the most important districts of the city. After collecting all the factors and correlating them with the highest points due to their deterioration, we proposed a methodology that is derived from the analysis by parts, and is called the analysis by the standard section, this method focuses on assessing The study areas by sections of 20 meters, facilitating the evaluation of the deterioration in the flexible pavement with a mechanistic approach.

The most important thing in a project of intervention and care is to propose ways in which it would be good to treat the defective, proposed for each area of study on average 6 possible alternatives of solution, each one would take its representative cost, and here the most important thing " What is the best alternative ". It quickly becomes clear that its cost will not be a very influential effect, but a concept nothing new, is to consider the non-monetary effects that would put the best economic and profitable proposal in disequilibrium for its possible application. For this reason, the analysis of AASTHO 93 was used to make up for this failure of the final election "Election of the non-economic alternative".

Finally, it is possible to give light to where the future road conservation programs will go, it will not be to investigate the characteristics of the materials, but to explore their interaction with the environment that surrounds them. We will always lean to be prudent and act at the right time, with the right intensity, taking care of the details, taking care of what we have and we still have.

Key words: Pavement, flexible, destroyed.

## CAPITULO 1

### ASPECTO ERRÁTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO

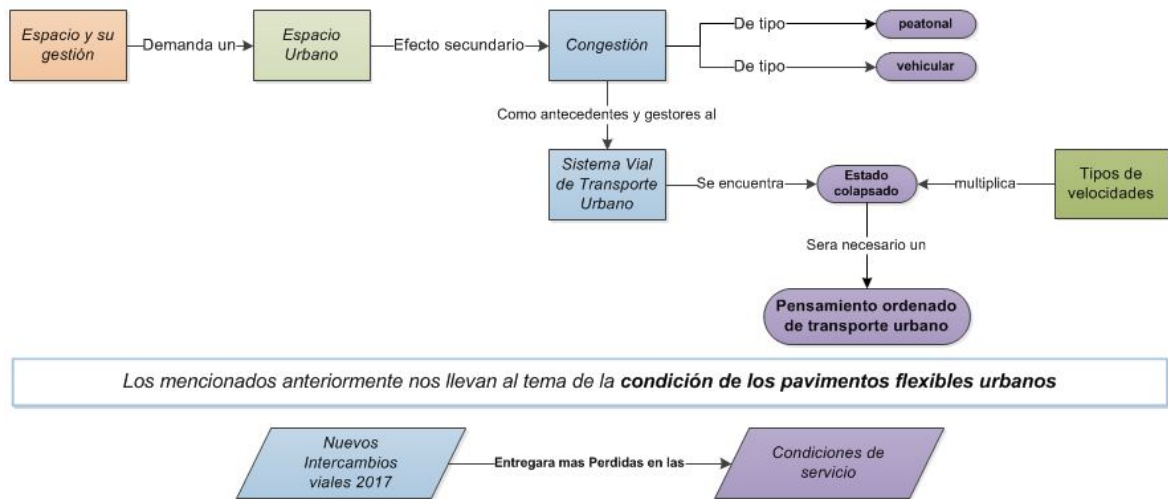
#### 1.1. ANTECEDENTES

##### 1.1.1. Condición de servicio

La ciudad a lo largo del tiempo ha crecido de forma exponencial, cada año las cifras de nacimientos y personas que migran a la ciudad es más alta, debido a eso, la variable "Espacio Urbano" y su "Gestión" han sido aspectos poco desarrollados. Un efecto secundario, de lo que conocemos como espacio urbano, es la congestión, ya sea de personas y/o vehículos a motor o no motorizado. El espacio y su gestión, demandan, un marco referencial que funcione y este actualizado.

En la actualidad el sistema vial de transporte urbano está colapsado y no por falta de infraestructura, sino por la ausencia de un sistema que encause un pensamiento ordenado de transporte. Tal inconsciencia, acontece por el movimiento masivo e individual dentro de un vehículo ligero promedio, generando el efecto de cogestión. A su vez, esta última, crea los tipos de velocidades que multiplican el efecto secundario; que una administración y sociedad desean reducir. Los mencionados anteriormente nos llevan al tema de la condición de los pavimentos flexibles urbanos, José Luis Bustamante y Rivero es uno de los distritos con más movimiento vehicular de la ciudad, y el 2017 con más intercambios viales esta tendencia aumentara, por lo tanto los pavimentos y la vialidad en general deberán

contar con la mejor prestancia y servicio; hecho que no se contrasta con la realidad. Los pavimentos flexibles en la actualidad ya han perdido su condición de servicio, y movilizarse por los mismos solo produce una sensación de inseguridad. El esquema 1.1.1.1 relata lo expuesto



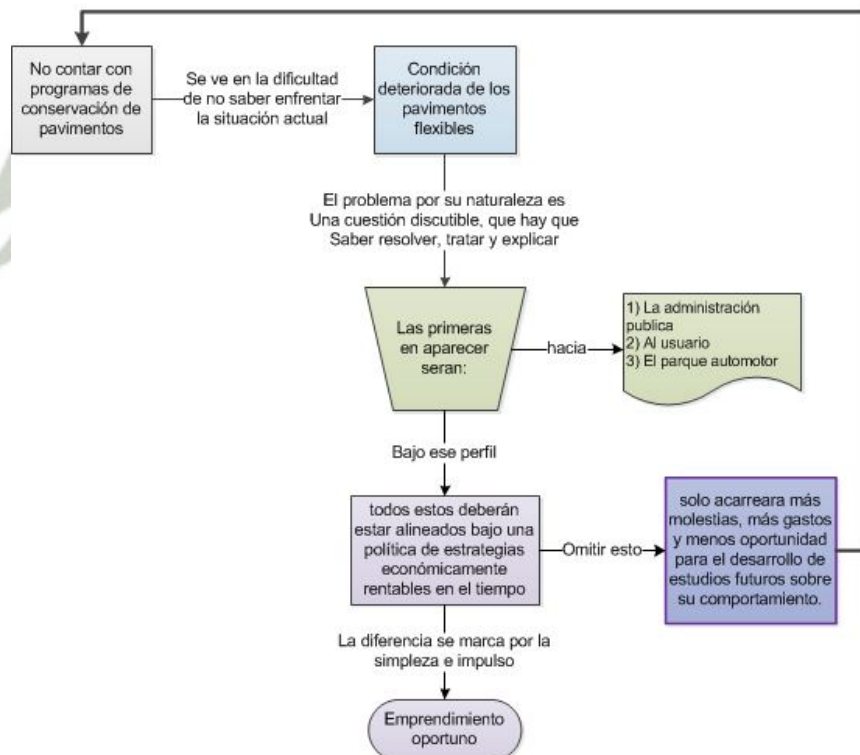
Esquema 1.1.1.1 Antecedentes de la condición de servicio (Elaboracion Propia)

## 1.2. PROBLEMÁTICA

### 1.1.2. Emprendimiento oportuno

Esto, se puede resumir como un conjunto de problemas que atañen a una persona o cosa, para nuestra realidad local lo es para ambos. El distrito al no contar con programas de conservación de pavimentos, se ve en la dificultad de no saber enfrentar de la mejor manera nuestra situación. Y se termina por aceptar esa línea de pensamiento. Podemos decir que, mientras más uno conozca la condición y su forma de controlarla, más nos acercaremos en entender el comportamiento de la condición deteriorada de

los pavimentos flexibles dentro del distrito. El problema por su naturaleza es una cuestión discutible, que hay que saber resolver, tratar y explicar. Por lo tanto las primeras en aparecer "efectos de la congestión" serán las que aquejen a las administraciones públicas, al usuario y al parque automotor. Todas estas deberán estar alineadas bajo políticas o estrategias económicamente rentables en el tiempo. Hasta el más simple trabajo de conservación puede marcar la diferencia, y esta aparecerá por el impulso de emprenderla en el momento oportuno, esquema 1.2.1.1. Omitir esto solo promoverá más molestias, más gastos y menos oportunidad para el desarrollo de estudios futuros sobre su comportamiento.



Esquema 1.1.2.1 Problemática del emprendimiento oportuno (EP)

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. General

Analizar el comportamiento deteriorado de los pavimentos flexibles urbanos teniendo como base conjeturas, variables medibles en campo y métodos sintéticos aproximados, para plantear una metodología de conservación vial urbana.

#### 1.3.2. Específicos

Como efecto que se espera que el proyecto vaya a lograr, si se contempla con éxito, son:

- 1 Estudiar el comportamiento de una estructura multicapa, con la hipótesis del modelo dinámico acoplado y la noción de superposición de sistemas físicos, no lineales.
- 2 A nivel urbano, recoger y presentar la información de campo como: efecto de los vehículos en volúmenes y cargas, auscultación y registro por el método VIZIR para el pavimento flexible existente; así como un método propio, para la representación de sus parámetros físicos más importantes, denominado la “Sección Patrón”.
- 3 Proponer, alternativas de conservación económica a nivel proyecto, manejando el software HDM-4. Así como no económica, fijado principalmente por “criterios” que el AASTHO 93 maneja, sea para proyectar un plan de conservación o invertir en un proyecto vial de mantenimiento importante.

## 1.4. CONCEPTOS QUE DESCRIBEN EL ASPECTO ERRATIL DE LOS PAVIMENTOS URBANOS

### 1.4.1. Línea en el tiempo

Es una herramienta que por su fácil visualización de la historia en el tiempo nos permite ver su duración, mostrándonos vulnerables y poco flexibles al cambio.

- Su comportamiento pone de manifiesto la temporalidad, la línea en el tiempo recoge para su sustento sucesos importantes y significativos. Esta herramienta apoya la difícil misión de representar la cronología de los eventos producidos (Ibarra, 2009),
- La línea o camino recorrido implica un alto grado de abstracción. Y es bueno saber por dónde caminamos, para poder reconstruir lo andado.
- Lo vivido se mantiene en el tiempo a través de la memoria y organizar toda la información por medio de un criterio cronológico es distinguir los sucesos basados en su causa y su efecto.
- Una construcción de la línea del tiempo para el presente trabajo, se puede apreciar en Cronología del pavimento flexible en Arequipa<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Cronología del pavimento flexible en Arequipa, <http://timeglider.com/timeline/80d02e70b66094225177>

### 1.4.2. Crecimiento de la población

El crecimiento de la población emerge al aumento de integrantes "personas" en un determinado periodo de tiempo, existiendo dos tipos de crecimiento, uno social y otro natural, el primero obedece a grupos extranjeros que llegan. El segundo a la variabilidad de natalidad y mortalidad. Los dos últimos modificaran el crecimiento. En el grafico 1.4.2.1, se pone de manifiesto que el aumento vehicular, solo se puede acompañar del aumento de la población, con su efecto colateral, la congestión vehicular.

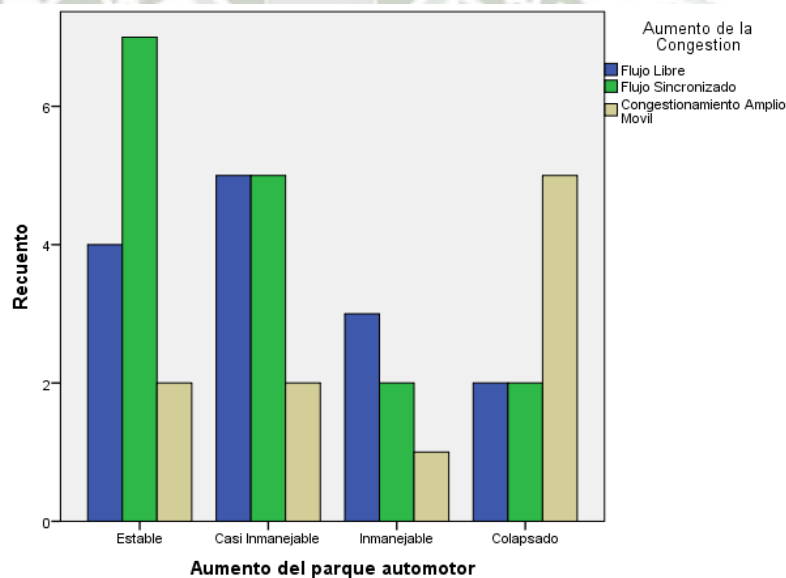


Gráfico 1.4.2.1 Nivel de relación entre el aumento del parque auto motor y los niveles de congestión (EP)

- El crecimiento de una población, forma parte de su dinámica, la población humana puede ser estudiada tanto desde el punto de vista estático como desde el punto de vista dinámico.

- La población en su desarrollo experimento la vulnerabilidad como respuesta a un acontecimiento natural y que sumada a su topografía, eventos históricos construyeron la poca flexibilidad de las personas.
- Adherido está el comportamiento demográfico y su pobreza, siendo un verdadero síndrome de desventaja social.
- Hay que comentar que su crecimiento pasando un cierto límite, puede llegar a presionar a una sociedad en al menos en dos ámbitos:
  - El aprovechamiento de recursos, organización del sistema productivo y la vigencia histórica del sistema.
  - El movimiento de poblaciones modifica su estado, su contraparte es su estructura que condiciona el movimiento natural, siempre será bueno conocer estos puntos de vista.

### 1.4.3. Vulnerabilidades

Definimos la vulnerabilidad progresiva como aquella que por falta de mantenimiento sufre daños en su composición. La historia muestra aquí su devenir y su efecto sobre cómo se fundaron los pavimentos flexibles, la industria petrolera introdujo el uso de los betunes asfálticos, luego se produjeron las mezclas asfálticas, siendo el Americano Richardson (Ibarra, 2009) quien doto de tecnología a las mezclas, al día de hoy son básicas para la pavimentación, sin embargo su máximo desarrollo se produjo durante la segunda guerra mundial, por la urgente necesidad de construir pistas de aeropuertos militares.

- La vulnerabilidad acotando es sectorial y propia de un lugar, su mención trae factores físicos, naturales y ecológicos, estos se asocian a las fallas naturales bajo la forma del perfil topográfico.
- El comportamiento de las capas superficiales de una ciudad, responde a la naturaleza de sus suelos y su forma no lineal de las arcillas blandas, hay estudios que mencionan que se vuelve lineales cuando el nivel de deformación es muy alto.
- Un ejemplo es un suelo arenoso, los factores de ampliación disminuyen y por circunstancias no especificadas también se reducen la frecuencia de resonancia (Sánchez Aguilar, 2004).
- Los países más desarrollados cuentan con Sistemas de Gestión que administran el presupuesto asignado para la conservación, basado en características geométricas, secciones estructurales y el tipo de tráfico. La situación actual es preocupante y habrá que hacerle frente si no queremos que se dispare de manera alarmante las inversiones necesarias para volver a un nivel de servicio adecuado.

#### **1.4.4. La Amenaza natural**

La amenaza natural, tiene de por sí el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a su actividad.

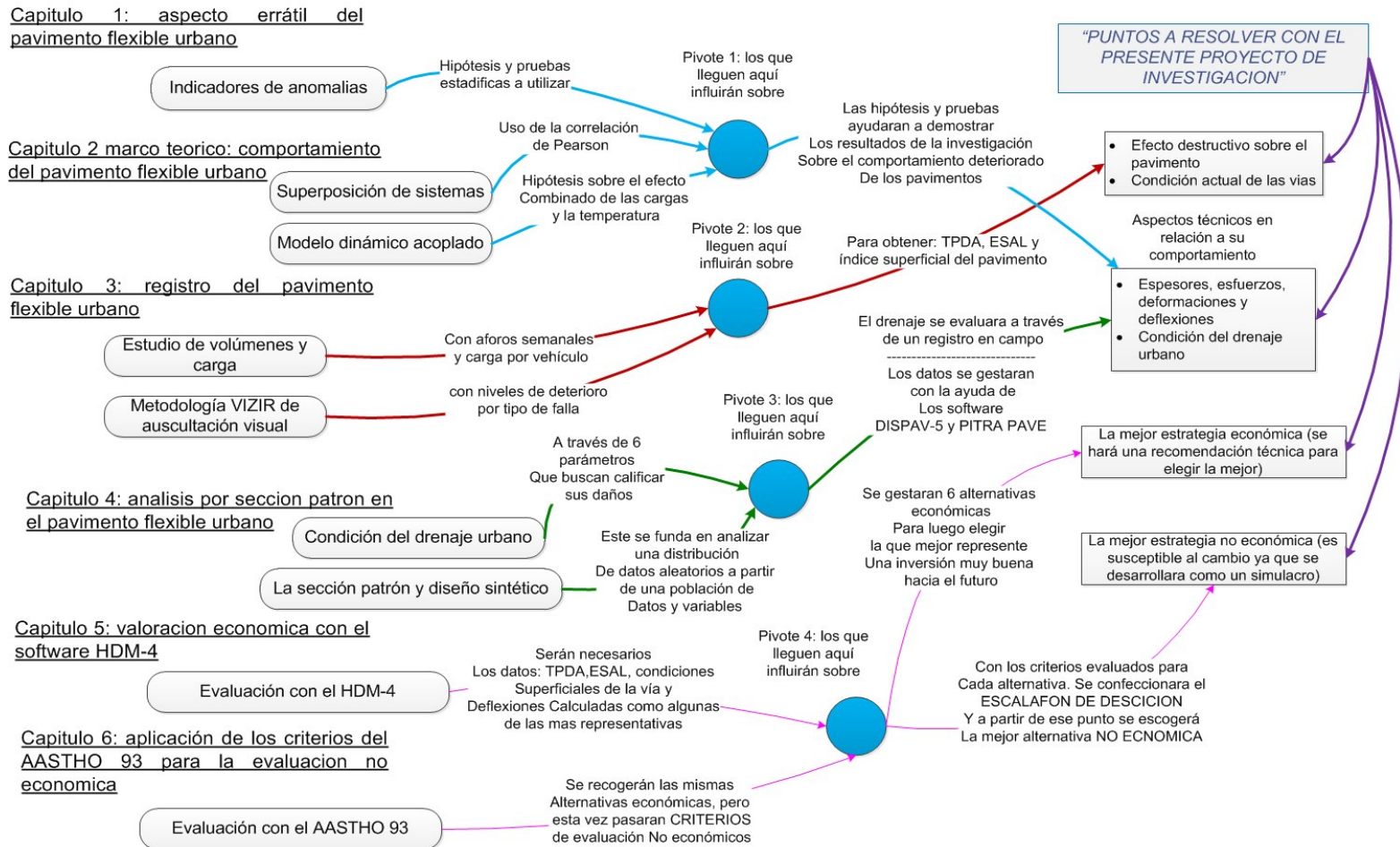
- Pone de manifiesto una vez más a la vulnerabilidad como la incapacidad de absorber mediante autoajuste los efectos por determinados cambios en el medio ambiente.

- La naturaleza, se caracteriza por su intensidad, severidad, época, periodos de regreso y su duración.
- Las amenazas no son independientes puesto que un evento puede influir sobre otro (Chardon & González, 2002). El centro internacional Geohazards propone que se haga un análisis multivariado de las variables relacionadas a una amenaza, para clasificar su patrón y atributos en base a coeficientes (Vasquez Cordano Arturo, 2008).
- En la actualidad hay una falta de seguridad ante las amenazas y es más la incapacidad para anticiparlas, resistirlas y recuperarse de su impacto, por lo tanto si se habla de vulnerabilidad *esta depende en gran parte de la flexibilidad de la comunidad.*
- La naturaleza nos hace definir la vulnerabilidad como la probabilidad que maneja una intensidad y fragilidad de los elementos, originando daños en la economía, la vida y el ambiente.
- Habrá que acotar una vez más que la vulnerabilidad también es auto provocado y reafirma su propósito de cambio.
- La vulnerabilidad, es probabilidad, es comunidad, es fragilidad, es estar expuesto a la amenaza natural, apuntaremos más como por ejemplo pérdidas de vida previstas, lesionadas o heridas, más pérdidas materiales y perturbación de la actividad económica.

## 1.5. ESQUEMA METODOLÓGICO

### 1.5.1. Secuencia metodológica

#### ESQUEMA METODOLOGICO PARA LA INVESTIGACION DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS



Esquema 1.5.1.1 Esquema metodológico para la presente investigación (EP)

## 1.6. MÉTODO EMPÍRICO Y MECANICISTA

### 1.6.1. Limitaciones

Al hablar del método empírico se tendrá en cuenta que estos se basan en observaciones presenciales y mediciones en laboratorio, relacionándolos con todos los factores de degradación de la estructura. Los factores son controlados en la fase de estudio con el fin de hacerlos más verosímiles. Los modelos creados tendrán la misión de reproducir el comportamiento de los materiales bajo cargas cíclicas y el medio ambiente.

A que nos enfrentamos:

- El problema del enfoque tradicional es que siempre estará limitado por los tipos de suelos considerados, los métodos de construcción, las configuraciones vehiculares de la época, etc. La figura 1.6.1.1 ilustra lo mencionado.

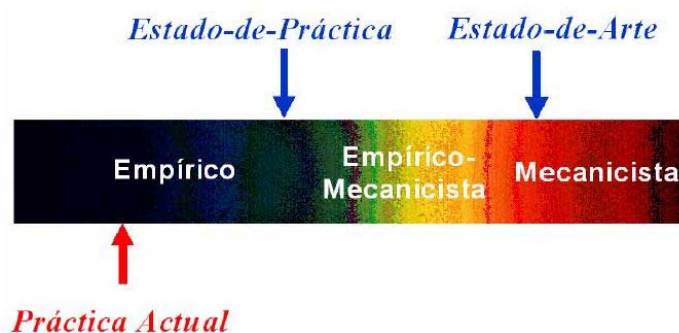


Figura 1.6.1.1 Ubicación de los métodos de análisis y diseño de pavimentos (Anguas & Correa, 2004)

Para comprender todos los componentes de la metodología mecanicista se presenta la siguiente figura 1.6.1.2.

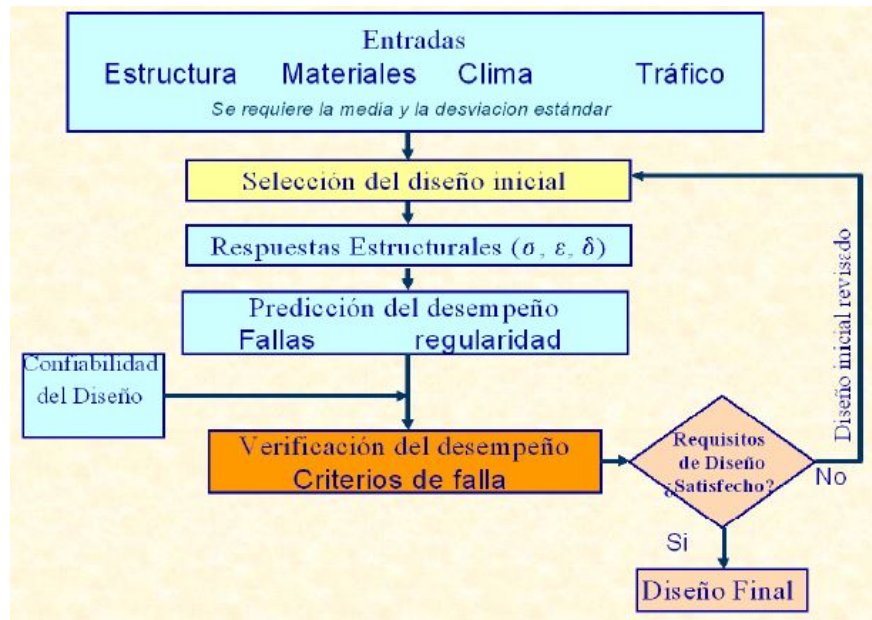


Figura 1.6.1.2 Componentes clave de la metodología mecanicista (Anguas & Correa, 2004)

- Podemos ver que la metodología mecanicista maneja un diagrama de flujo iterativo, dependiente de muchos factores y variables, su fortaleza radica en su predicción de los deterioros; y su debilidad es la misma, pero influenciada por lejanas interpretaciones de sus resultados, sobre condiciones únicas del entorno.
- El aprovechamiento en el Perú de la metodología presentada en la Guía de Diseño Empírico-Mecanístico publicada por AASTHO en Julio 2008, tiene como principal obstáculo la inexistencia de una adecuada zonificación climática, así como la de una base de datos horarios que contengan la información de temperaturas, humedad, precipitación y vientos que caracterizan el clima de cada una de las zonas del Territorio Nacional.

### **1.6.2. Tendencias lineales**

El diseño de pavimentos flexibles tiene una dificultad, es la gran dispersión de parámetros involucrados en los modelos de deterioro, por lo tanto la confianza en el método mecanicista actualmente es bajo, ya que el mismo se basa en la teoría elástica y viscoelástica que no son satisfactorias para quien tiene experiencia en materiales y el comportamiento del pavimento.

No existe un procedimiento fundado en una teoría general, producto de un conocimiento metodológico seguro, que permita diseñar los pavimentos flexibles. De hecho, parece que puede concluirse, que no se conoce con el detalle suficiente el funcionamiento estructural de los mismos. Es sentimiento de los investigadores que el buen comportamiento de un pavimento flexible depende más de los materiales empleados y de las condiciones de trabajo de los mismos (Rico Rodriguez, 1998).

## **1.7. INTERVALOS DE CONTINUIDAD**

### **1.7.1. Plan de desarrollo y continuidad**

La programación presupuestaria representa todas las actividades a realizar cada año, tomando en cuenta sus recursos de años anteriores y que deben ser canalizados para obras o campañas futuras.

- Los programas municipales son documentos para concretar objetivos establecidos en los planes de desarrollo (Aguirre, 2016).

- Los programas de inversión permiten aumentar la capacidad de respuesta del gobierno municipal hacia la comunidad y su meta son las obras publicas.
- Los proyectos son el conjunto de acciones para llevar a cabo un programa o subprograma, establece las metas y medios evaluativos, considerando los recursos materiales y financieros.
- Los subprogramas es la parte del programa que persigue los objetivos y metas finalmente las obras, y representan una parte de la ejecución del proyecto.
- El servicio es la expresión final de la actividad pública da atención a los requerimientos de la población, todo servicio requiere de un proceso y puede involucrar más de un servicio.
- Dentro de nuestra propuesta planteamos manejar los mismos principios, implementando un programa de conservación de pavimentos flexibles, con lineamientos municipales de desarrollo institucional "como lo haría una municipalidad".
- La preparación se organiza internamente iniciando la movilización de actores y espacios, mostrando además un diagnóstico que estudie la situación actual del distrito, identificando los problemas principales, retos, potencialidades y necesidades.
- Esto se debe sostener con programas de inversión, definiendo la organización y recursos para su implementación, en la última etapa se espera la consolidación de los resultados para su aprobación.

- Los programas municipales ayudan a obtener mejores resultados ya que dan cumplimiento a los objetivos, permitiendo satisfacer las necesidades de la comunidad.
  - Es su organización la que gestiona su auto actualización al inicio de cada periodo, arrastrando programas necesarios y que proporcionan una continuidad importante en la conservación del patrimonio nacional como son los pavimentos flexibles.
  - Lo anteriormente dicho "auto actualización" se hace para introducir adecuaciones y modificaciones generales, sin tomar en cuenta la importancia de los programas de conservación y mantenimiento.

## **1.8. INDICADORES DE ANOMALÍAS**

### **1.8.1. Interpretación de los indicadores estadísticos**

Sirve de mucho definir el modo en cómo vamos a enfocar la información y lo haremos bajo la ciencia que maneja procedimientos en clasificar, presentar, analizar e interpretar los datos. Murray Spiegel señala este método como la herramienta que recoge, organiza, resume, analiza e interpreta los datos, para luego sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en el análisis (Sánchez Aguilar, 2004).

El indicador estadístico será el dato numérico que después de un proceso muestre objetivamente una característica de la muestra, que permitirá un análisis más profundo.

Definiendo primero conceptos clave para el posterior análisis:

✓ El individuo es cualquier elemento que tiene información sobre el fenómeno que se estudia

✓ El dato es la variable asociada a un elemento de la población o muestra

La respuesta del análisis es para buscar modos de contrastar nuestra información, usa las frecuencias que es una tabla que agrupa en clases las variables, los valores posibles, con el fin de presentar un orden para su fácil manejo.

Su respuesta es descriptiva da correlación y descripción de datos numéricos, también su respuesta es inferencial, se pueden tomar decisiones sobre una población a partir de los resultados sugeridos de una muestra.

#### **Definición de los tipos de hipótesis a usar**

1) **Hipótesis nula o de trabajo:** Aquella que pregona que no hay cambio o variación después de un análisis, se posiciona como la opuesta a la hipótesis del investigador.

2) **Hipótesis del investigador:** Aquella que busca la diferencia en los datos, se fundamenta en la variación y el cambio, siendo positiva dentro de cualquier investigación.

### Definición del nivel de significancia estadística

Es un concepto que se relaciona a la verificación de una hipótesis, rápidamente es la probabilidad de tomar una opción o de no aceptar la hipótesis nula, cuando esta encierra una verdad. Para las hipótesis de esta investigación se fijara en 5% que indica valores de confianza.

### Correlación de Pearson

Indicador que mide el grado de covarianza entre distintas variables relacionadas linealmente. Su valor oscila entre 0 y 1, resaltando que -1 indica una correlación perfecta negativa. Y viene definida por la siguiente expresión  $r_{xy}$ . Los valores de  $z_x$  y  $z_y$  utilizan la media y desviación estándar para su representación.

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

$$Z_x = \frac{X - \bar{X}}{S_x}$$

$$Z_y = \frac{Y - \bar{Y}}{S_y}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2}$$

N, representa la cantidad de datos por analizar, X y Y representan las variables independientes como dependientes respectivamente.

### Test o prueba de Kolmogorov – Smirnov (K-S)

Se trata de una prueba no paramétrica con la característica de ajuste de dos distribuciones probables entre ambas. Compara las distribuciones de la muestra y la que se va a contrastar (Kisbye, 2010). Se basa en la mayor desviación absoluta entre  $F(X)$  y  $F_e(X)$  sobre todo el rango de variable "Random" (Hern, Ram, & Fabi, 2012). Y lleva la siguiente expresión.

$$D \equiv \max_x |F_e(x) - F(x)|$$

Este test compara la función de probabilidad acumulada continua  $F(X)$  de una distribución normal con la función de probabilidad acumulada empírica, de una muestra de  $N$  observaciones  $F_e(X)$  (Hern et al., 2012).

El valor de "x" tiende entre menos infinito y más infinito. Si  $y(1) = 1$  y  $(2) = 3$  y  $(3) = 5$  el valor de  $F_e(X)$  representa la proporción de valores observados menores o iguales a  $X$  y tendrá la siguiente distribución.

$$F_e(x) = \begin{cases} 0 & x < y_{(1)} \\ \frac{1}{n} & y_{(1)} \leq x < y_{(2)} \\ \vdots & \\ \frac{j}{n} & y_{(j)} \leq x < y_{(j+1)} \\ \vdots & \\ 1 & y_{(n)} \leq x \end{cases}$$

$Y(j)$  es  $j$  menos el  $i$ ésimo valor más pequeño, para su evaluación considera máximo y mínimos cercanos.

Acotar que una prueba no paramétrica es una prueba de hipótesis que **no** requiere que la distribución de la población, se caracteriza en función de determinados parámetros. Las pruebas no paramétricas no tienen el supuesto de una distribución normal, de modo que son útiles cuando sus datos sean firmemente no normales<sup>2</sup>

### **La campana de Gauss y la distribución normal**

La distribución de probabilidad continua más importante en todo el campo de la estadística es la distribución normal. Su gráfica, denominada curva normal, es la curva con forma de campana de la figura 1.8.1.1, la cual describe de manera aproximada muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación. Por ejemplo, las mediciones físicas en áreas como los experimentos meteorológicos, estudios de la precipitación pluvial y mediciones de partes fabricadas a menudo se explican más que adecuadamente con una distribución normal (Ronald E. Walpole & YE, 2012).

---

<sup>2</sup> <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/nonparametrics-tests/understanding-nonparametric-tests/>

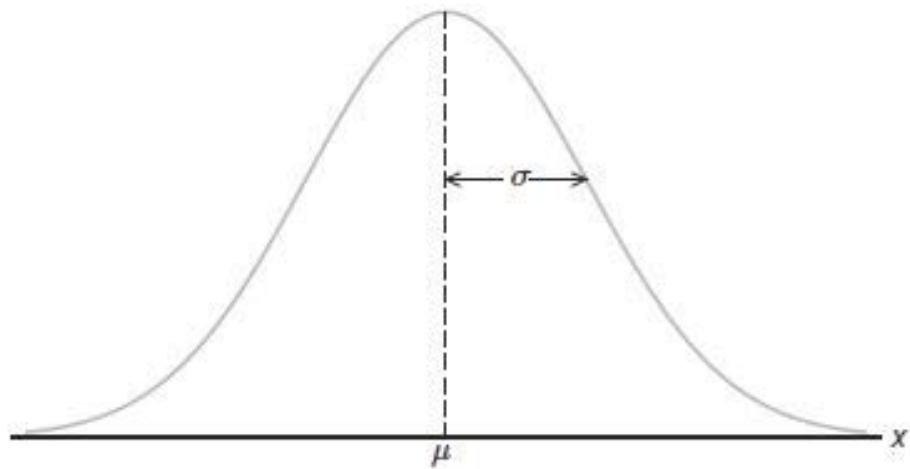


Figura 1.8.1.1 La curva normal (Ronald E. Walpole & YE, 2012)

La distribución de probabilidad de la variable normal depende de los dos parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , su media y su desviación estándar, respectivamente. Por ello denotamos los valores de la densidad de  $X$  por  $n(x; \mu, \sigma)$ .



## CAPÍTULO 2

### MARCO TEORICO: COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

#### URBANO

#### 2.1. EL PAVIMENTO URBANO COMO PLATAFORMA DE RESULTADOS

##### 2.1.1. El Camino lógico del pavimento flexible

El pavimento mueve la industria de altos volúmenes de materiales, de bajo costo, y solo en el Reino Unido hay aproximadamente 14 000 km de carreteras y autopistas troncales, con una superficie de 250 km<sup>2</sup>, al rededor del 10% de los cuales han de ser construidas cada año.

En los Estados Unidos esta cifra se multiplica por 6, siendo una cifra que no se reducirá mientras el motor del vehículo de transporte siga siendo un factor clave en la economía (Thom, 2014).

Las áreas sobre las que se plantea el presente estudio, salvo excepciones, se trata de avenidas *que soportan intensidades de tráfico relativamente bajas*, pero que desempeñan un papel esencial en la ordenación del territorio (Ángel, 2016). Desafortunadamente, la implantación de un sistema de gestión de pavimentos realmente adaptado a la red que se pretende gestionar, requiere de un cierto número de años, siendo quizás esta una de las razones aunque no la única por la cual la supuesta gestión no se materialice, y gestione su empleo (Ángel, 2016).

### 2.1.2. La superposición de sistemas: Pasos para entender el comportamiento de los pavimentos flexibles urbanos

En la actualidad se han propuesto modelos de comportamiento del pavimento flexible, reduccionista, enfocados en su deterioro, el esquema **2.1.2.1**, se adelanta en las investigación para introducirnos a un tema importante como es la "superposición de sistemas dentro de una ciudad". Los deterioros en el pavimento no son más que un daño colateral al superponer como se dijo, "muchos sistemas" sobre un mismo espacio, calles, avenidas o carreteras.

*Para el esquema **2.1.2.1**, se presentan tres sistemas, el primero se refiere a la variabilidad que por condiciones en su diseño y la geología, el pavimento flexible su espesor puede cambiar en el transcurso del tiempo. El segundo, es la variación de la temperatura en las zonas de estudio y la tercera, es la relacionada al vector tipo vehículo, que entrega trabajo sobre el pavimento flexible causando daños y estragos.*

*En los gráficos **2.1.2.1** y **2**, se presentan la respuesta del esquema, la hipótesis del investigador se ha demostrado, existiendo una relación. Primero, sustentaremos que los espesores se relacionan con la condición climática reinante*

*Segundo, espesores versus la proporción de vehículos, ya que es la variable física dedicada en toda la investigación. Otra razón poderosa, es que al final deseamos ver su comportamiento bajo un amplio espectro de*



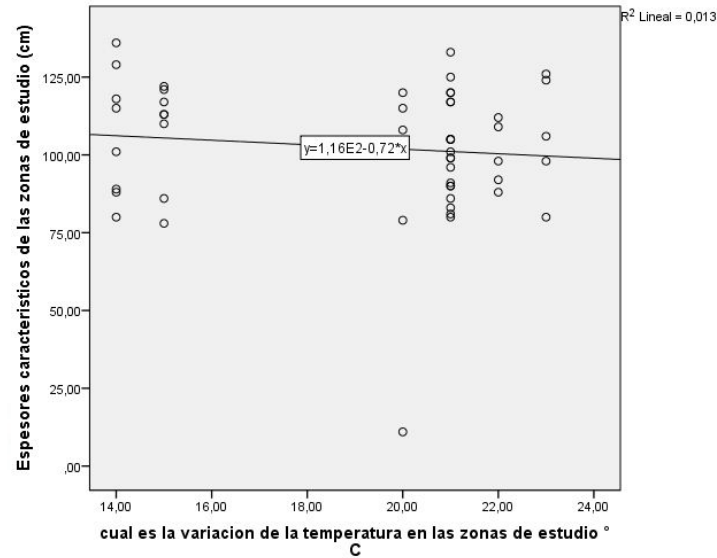


Gráfico 2.1.2.1 Espesores versus variación temperatura, comprobación de la hipótesis del investigador (EP)

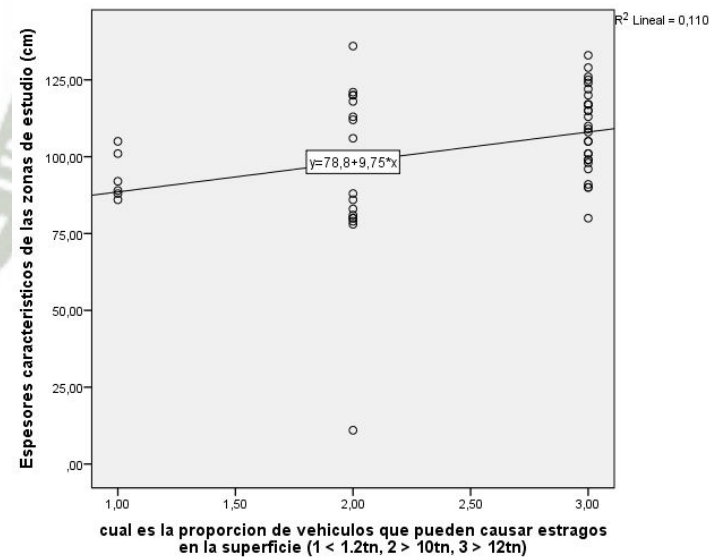


Gráfico 2.1.2.2 Espesores versus proporción de vehículos, comprobación de la hipótesis del investigador (EP)

*La grafica 2.1.2.1 encierra una significancia asintótica bilateral de 0.4, mucho mayor al 5% estimado como aceptable para las hipótesis dentro de nuestra investigación. Para la gráfica 2.1.2.2 posee significancia de 1.6%*

*óptima y menor al 5%, comprobándose la hipótesis del investigador, existiendo correlación entre los sistemas: espesores con la proporción de vehículos.*

## **2.2. HIPÓTESIS: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN BASE AL MODELO DINÁMICO DE ACOPLAMIENTO**

### **2.2.1. Generalidades del modelo de acoplamiento**

*El efecto acoplado de la temperatura y la carga de esfuerzo es un factor crítico en la evaluación de la estabilidad estructural de los pavimentos de asfalto. Por ejemplo el gradiente de temperatura y la carga externa son causas directas de deformación y falla de la estructura del pavimento (Xue, Liu, Zhao, Chen, & Li, 2013). De esta manera se estableció un modelo dinámico de acoplamiento para describir dicho fallo bajo alta temperatura y carga dinámica. El modelo se basó en la teoría de deformación termo visco elástica de mezclas de asfalto.*

### **2.2.2. Enfoque del modelo dinámico**

Se simuló y analizó la ley de distribución de los campos de temperatura y tensión en la superficie asfáltica, así como los factores clave que influyen en el fracaso del pavimento asfáltico. Las condiciones meteorológicas afectaron considerablemente los resultados del monitoreo. La variación de la temperatura afectó directamente al módulo e influyó aún más en la compresibilidad y resistencia al corte; Sin embargo, la tensión vertical fue ligeramente afectada. La fiabilidad del modelo se verificó adicionalmente

comparando los resultados de monitoreo y simulación de la deformación del pavimento asfáltico con temperaturas variables.

### **2.2.3. Alcances del modelo dinámico**

Las características de deformación de la estructura del pavimento de asfalto y su simulación han atraído el interés en la ingeniería de tráfico. Las cargas de tráfico y los factores ambientales son las causas primarias de la deformación y falla del pavimento de asfalto. La temperatura del pavimento asfáltico cambia con las condiciones externas, lo que afecta los parámetros físicos de la estructura del pavimento. Por lo tanto, un estudio sistemático sobre el efecto de acoplamiento de la temperatura y la carga es necesario para el diseño racional de la estructura del pavimento de asfalto y para la prevención del sabotaje (Xue et al., 2013).

### **2.2.4. Limitaciones del modelo dinámico**

*El recubrimiento del asfalto está completamente expuesto a peligros ambientales naturales. El efecto de los cambios climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento sobre el material del pavimento es inevitable. En particular, cuando la temperatura de la capa de asfalto alcanza los 50 grados C, la resistencia a la deformación de la estructura de pavimento se debilita considerablemente (Xue et al., 2013). Este estudio, se desarrolló bajo el efecto de la temperatura, basado en la teoría de la transferencia de calor convectiva, la radiación térmica y la teoría de deformación viscoelástica térmica. Se estudiaron las distribuciones de*

*deformación y campos de tensión en pavimento asfáltico bajo el efecto de cambios térmicos periódicos y se aplicó el modelo de acoplamiento para evaluar la deformación del pavimento de la carretera.*(Xue et al., 2013)

### **2.2.5. Parámetros del modelo dinámico**

La conducción del calor, la convección y la radiación entre la estructura del pavimento y el ambiente circundante resultan del enlace del agregado del asfalto, diferencia de la temperatura a través de la interfaz carretera-aire y el sol (Xue et al., 2013). Estos factores pueden modelarse por separado con las siguientes.

#### 1) Transferencia de calor convectiva<sup>3</sup>

La cantidad de convección térmica está relacionada con las propiedades y el tamaño de la interfaz, la velocidad del fluido, el espacio que fluye y la diferencia de temperatura entre las interfaces.

Otro factor importante que afecta la cantidad de calor convección de la superficie de la carretera es la interfaz entre aire y carretera constituye el sistema de transferencia de calor convectivo. El patrón cambiante de la temperatura del aire en la superficie de la carretera está estrechamente relacionado con la distribución de la temperatura en la estructura del pavimento. El cambio de la temperatura del aire se rige principalmente por la radiación solar y la radiación superficial, que se ve afectada por la latitud geográfica, la altitud y las condiciones meteorológicas, etc.

---

<sup>3</sup> (Xue et al., 2013)

## 2) Transferencia de calor por radiación

La transferencia de calor de radiación se producirá entre las superficies de diferentes temperaturas que están separadas por un medio transparente, p. Vacío y aire. La radiación solar global es la principal fuente de radiación del pavimento, que se ve afectada por la atmósfera, el clima y el medio ambiente. La radiación solar está cerca de cero en días de lluvia y noche (Xue et al., 2013).

### 2.2.6. Dependencias y simulaciones <sup>4</sup>

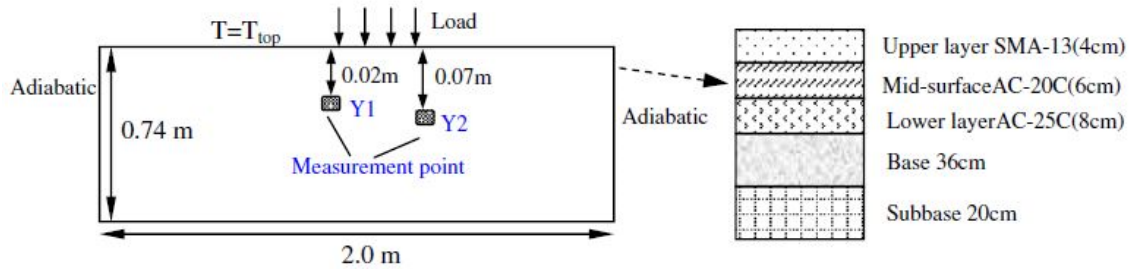
La temperatura del pavimento depende de la temperatura del aire exterior y, por tanto, tiene un efecto de ondulación dependiente del tiempo. El cambio inestable del flujo de calor por encima del límite superior del cuerpo estructural del pavimento es causado por la complejidad del cambio climático exterior.

El primer ejemplo simuló la *fluctuación semanal de la temperatura* en diferentes profundidades bajo la estructura del pavimento, y luego se comparó con los *datos de monitoreo de campo*.

El segundo ejemplo simula la *distribución de la tensión horizontal*, de la tensión de cizallamiento “cortante” y de la tensión vertical del pavimento del asfalto en todas las condiciones climáticas con brillo solar. El modelo de cálculo y la condición límite superior del pavimento se muestran en la representación **2.2.6.1**

---

<sup>4</sup> (Xue et al., 2013)



Representación 2.2.6.1 Modelo numérico del campo de temperatura para el pavimento flexible (Xue et al., 2013)

### 2.2.7. Monitores de la temperatura del pavimento asfáltico y la deformación de la carga <sup>5</sup>

Se utilizó un sensor de temperatura Pt100 para monitorizar la temperatura del pavimento. Los parámetros incluyen los siguientes: rango de temperatura de 100 a 400 grados centígrados, Tiempo de respuesta, <30 s; Y precisión de medición, 0,2 grados C. Los sensores fueron enterrados a profundidades de pavimento de 0,02 y 0,07 m, respectivamente. Los puntos Y1 e Y2 se muestran en la representación 2.2.6.1. Se utilizaron sensores de fibra óptica para controlar la deformación del pavimento.

Se llevan a cabo dos grupos de ensayos bajo condiciones de temperatura superficial de la carretera de 30,5 y 56,3°C. El propósito de este experimento es monitorear la deformación del pavimento asfáltico en condiciones de alta temperatura. Un vehículo de carga se utiliza para el diseño de pavimento de hormigón compactado con rodillos (RCC) con una velocidad más lenta. *Los parámetros incluyen una presión en la superficie*

<sup>5</sup> (Xue et al., 2013)

de la carretera de 120 kpa; Ciclos de carga, 10 s; Y RCC en circulación, 12 (Xue et al., 2013).

### 2.2.8. Resultados del modelo en función de la temperatura

Los resultados de la simulación del punto de prueba Y1 parecen ser más precisos que los del punto de prueba Y2. Los resultados de la prueba se desviaron de los datos simulados del quinto al séptimo día, especialmente para el punto de prueba Y2, que probablemente fue afectado por el tiempo nublado y lluvioso que en días se modificó sustancialmente. Gráficos

#### 2.2.8.1 y 2

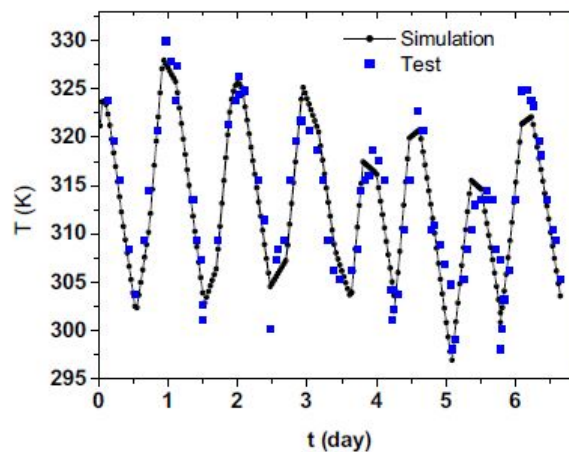


Gráfico 2.2.8.1 Comparación de la temperatura monitorizada y la temperatura prevista del punto de prueba Y1 del pavimento (Xue et al., 2013)

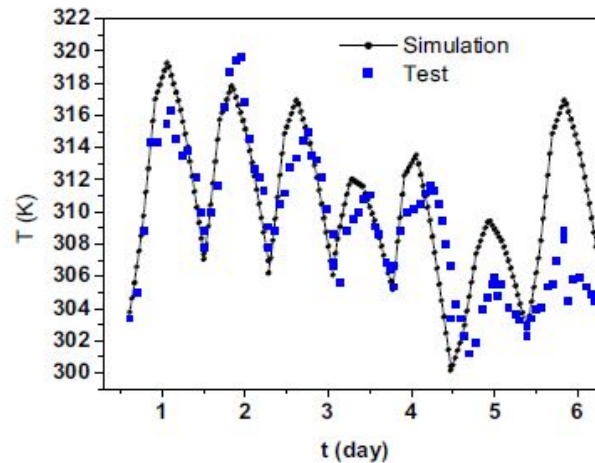


Gráfico 2.2.8.2 Comparación de la temperatura monitorizada y la temperatura prevista del punto de prueba Y2 del pavimento (Xue et al., 2013)

## 2.2.9. Simulación de estados de tensión con la variación de la temperatura

El campo de temperatura del pavimento fluctúa en el ciclo diario con la condición ambiental cambiante. *La distribución global de la temperatura muestra una tendencia de descenso a medida que aumenta la profundidad.*

### 2.2.9.1. Tensión horizontal

*La distribución de la tensión asociada con la temperatura en el pavimento de asfalto se mostró en las figuras 2.2.9.3.1. Los resultados de la simulación de diferentes tiempos mostraron que la tensión horizontal máxima se observó en la superficie de la carretera a las 14:00 (supuestamente el momento más caluroso del día). Con el aumento de profundidad bajo la superficie de la carretera, la tensión máxima tuvo una naturaleza histórica en el dominio del tiempo, y la amplitud se atenuó con su transcurso (Xue et al., 2013).*

La tensión horizontal se manifestó como tensión de tracción. Bajo la misma carga del vehículo, el gradiente de tensión en la dirección horizontal es mayor a mayor temperatura. Este fenómeno se atribuyó principalmente a la disminución del módulo de material de pavimento que hizo disminuir la resistencia a la compresión y la deformabilidad por cizallamiento de los materiales.

#### **2.2.9.2. Esfuerzo de corte**

Se encontró que la distribución del esfuerzo de cizallamiento, figuras **2.2.9.3.2** se restringía principalmente en la superficie. Con el aumento de la temperatura, *el mayor esfuerzo de cizallamiento se transfirió a regiones mucho más profundas*. Por lo tanto, una temperatura de superficie más alta resultará en una mayor posibilidad de fallo de corte.

#### **2.2.9.3. Tensión vertical**

La tensión vertical, figuras **2.2.9.3.3** se observó cómo, tensión de compresión en la capa superficial y tensión de tracción en la base. El gradiente de tensión se debilitó gradualmente con el aumento de profundidad, y el cambio de temperatura también tuvo poco efecto sobre la tensión vertical.

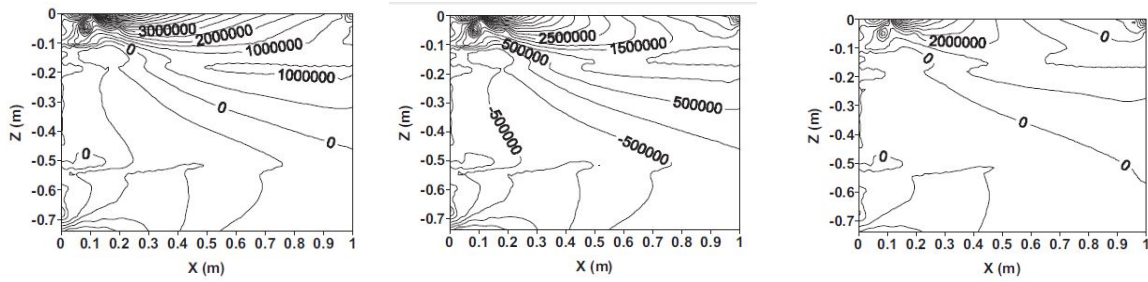


Figura 2.2.9.3.1 Distribución de la tensión horizontal para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013)

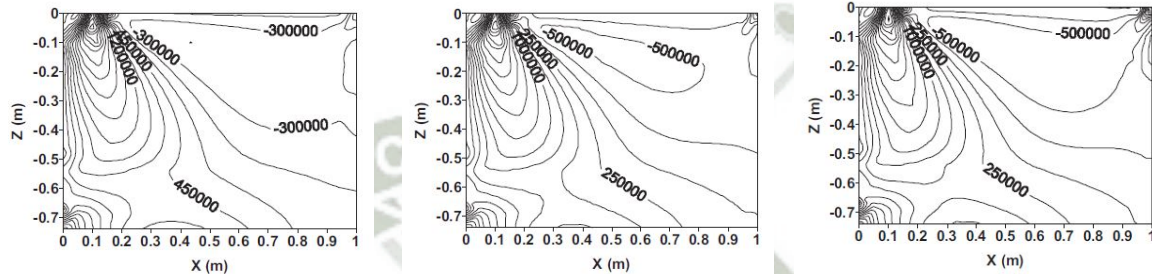


Figura 2.2.9.3.2 Distribución del esfuerzo cortante para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013)

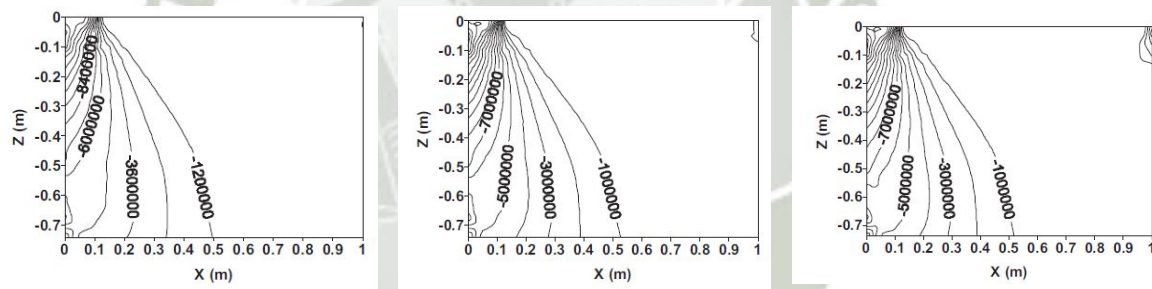


Figura 2.2.9.3.3 Distribución de la tensión vertical para las 7 am, 10 am y 14 pm (Xue et al., 2013)

Los resultados de simulación y monitorización de la deformación de asentamiento de pavimento asfáltico bajo carga cíclica se muestran en el grafico **2.2.9.3.1**

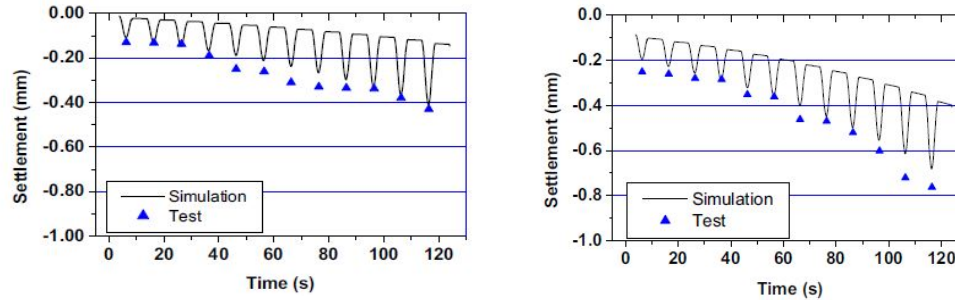


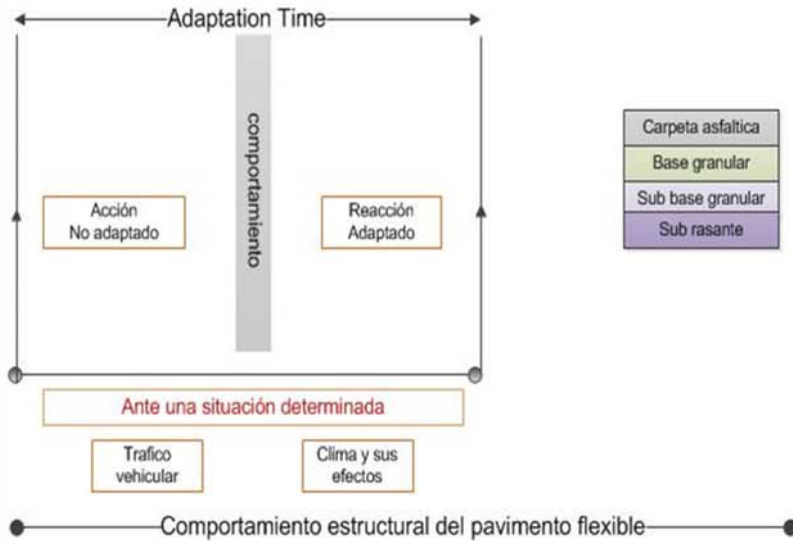
Gráfico 2.2.9.3.1 Simulación y resultado de la prueba bajo carga cíclica para una temperatura de 30.5 y 56.3 grados centígrados (Xue et al., 2013)

### 2.2.10. Conclusiones preliminares del comportamiento del modelo acoplado

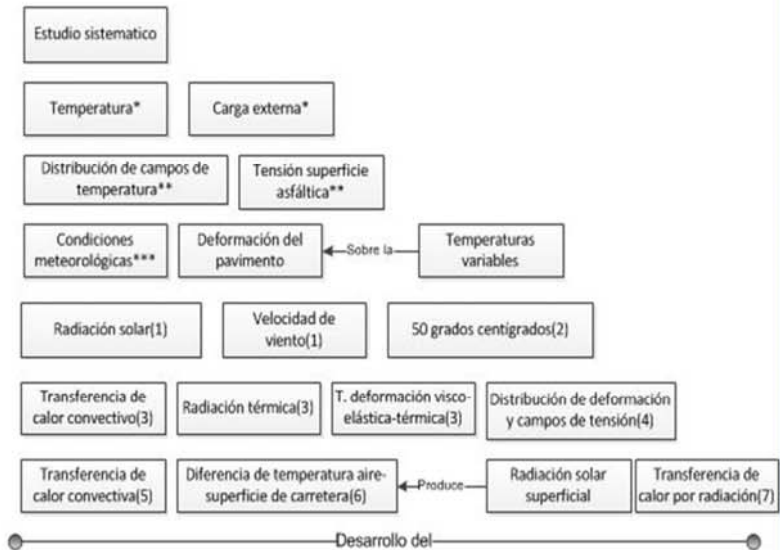
*Bajo carga cíclica, la tasa de deformación aumenta gradualmente; A medida que avanza la carga cíclica, aumenta la velocidad de deformación. La regla se incorpora en dos resultados de simulación; 30,5 C para el primer grupo y 56,3 C para el segundo grupo (Xue et al., 2013). El aumento en la tasa de deformación es mayor para el segundo grupo que para el primer grupo. Este comportamiento se debe principalmente al aumento de la temperatura. Y se reduce la resistencia de carga de la estructura del pavimento asfáltico, lo que resulta en un aumento de la deformación del asentamiento. Los resultados mostraron que la temperatura de la superficie de la carretera está muy afectada por las condiciones climáticas (Xue et al., 2013). Los resultados de simulación y monitoreo estuvieron en buen acuerdo. La fiabilidad del modelo fue validada por la comparación entre la simulación y la prueba. El esquema 2.2.10.1 general representa de forma única el modelo de acoplamiento, bajo la idea que el comportamiento se ve afectado por efectos externos y que lo mueven, obligándolo a adaptarse al medio ambiente, en nuestro caso dentro el urbano y distrital.*

## Comportamiento adaptativo del pavimento flexible ante factores externos

### 1) Naturaleza : Dinámico



### 2) Sistema : multi capa



### 3) Modelo dinámico de acoplamiento

- \* causas directas de deformación y falla estructural
  - \*\* se simulo y analizo
  - \*\*\* afectan los resultados
  - (1) son inevitables
  - (2) carpeta asfáltica
  - (3) baso en las teorías
  - (4) bajo el efecto de cambios térmicos periódicos
  - (5) tasa de transferencia de calor
  - (6) patrón cambiante de temperatura del aire vs distribución de temperatura sobre la estructura
  - (7) entre superficies de diferentes temperaturas, en un medio vacio (aire)
- Afectada por clima, atmosfera y medio ambiente, cero en días de lluvia y noche

Esquema 2.2.10.1 Comportamiento adaptativo del pavimento flexible ante efectos externos (EP)

## 2.3. HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA COMPRENDER SU COMPORTAMIENTO

### 2.3.1. Metodología francesa de auscultación visual Vizir

#### Razones de su uso

La infraestructura vial es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural para las diferentes regiones de nuestro país es importante considerar a nuestros pavimentos, como el principal activo económico que posee la nación.

La metodología se enfoca en la valoración del deterioro superficial, la metodología VIZIR<sup>6</sup>, maneja índices fáciles de reconocer para su valoración sobre la condición final del pavimento flexible sea para una vía urbano o carretera.

#### 2.3.1.1. Las fallas de tipo “A” como parte fundamental en la evaluación

Encuentran sus definiciones por tipo de falla en el cuadro resumen 2.3.1.1.1

- Para la evaluación final del índice de deterioro buscado “Is”, solo es necesario los valores cuantificables de las fallas tipo "A" que se puedan encontrar sobre las Avenidas A.A.Caceres y Hartley.
- Las fallas tipo "B" no son influyentes para la condición final del pavimento urbano, ya que al ser medidas funcionales encierran características estéticas de la vía.
- Se presentaran las imágenes por sus niveles de gravedad para las

---

<sup>6</sup> (Valera, 2015)

fallas tipo A, para que puedan ser valoradas con fallas en las vías que se dispongan a evaluar (Valera, 2015).

Cuadro 2.3.1.1.1 Descripción de fallas de tipo A por la metodología de auscultación francesa VIZIR (Valera, 2015)

Tipos de Falla “A”	Descripción de la Falla Tipo A	Causas Probables
Ahuellamiento (AH)	Depresión longitudinal continua en zonas localizadas, generalmente en la trayectoria de circulación de las llantas del vehículo, la cual puede generar levantamientos en las zonas adyacentes a lo largo de la depresión.	Las causas más probables de este tipo de deterioro son: cargas de tránsito superiores en magnitud y frecuencia a las utilizadas para el diseño de la estructura de pavimento
Depresiones o hundimientos longitudinales (DL) y transversales (DT)	Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro puede estar orientado longitudinal o transversalmente.	Este tipo de deterioro está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la Sub rasante; deficiencias en el proceso constructivo como, por ejemplo, mala compactación.
Fisuramiento longitudinal por fatiga (FLF)	Corresponden a fisuras predominantemente paralelas al eje de la vía y localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular (huellas del tránsito).	Las causas más comunes de este tipo de deterioro son los altos esfuerzos horizontales de tensión producidos por las llantas de los vehículos pesados, así como una baja rigidez de la capa asfáltica superior, a causa de las altas temperaturas superficiales
Fisuras piel de cocodrilo (FPC)	Corresponde a una serie de fisuras interconectadas que se generan formando polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular.	La causa principal de estas fisuras es la fatiga de las capas asfálticas sometidas a repeticiones de cargas en un mismo sitio, superiores a las permisibles. Otra causa puede ser la insuficiencia estructural del pavimento.
Bacheos (B)	Corresponde a áreas donde se ha realizado la remoción y reemplazo del Pavimento, por materiales generalmente similares a los del pavimento original. La Intervención puede ser superficial sólo a nivel de la capa asfáltica mediante “parqueo”, o una intervención que involucre capas subyacentes mediante “bacheo”.	Las causas pueden estar asociadas a deficiencias en el drenaje subterráneo produciendo retención de agua en estas áreas; deficiencias en el proceso Constructivo (contaminación de materiales; mala compactación); así como deterioro progresivo y permanente, producto de una inadecuada intervención en parcheos y bacheos anteriores.

### Ahuellamiento (AH)

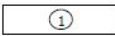





 <p>Profundidad &lt; 20 mm</p>	
 <p>Profundidad entre 20mm y 40 mm</p>	
 <p>Profundidad &gt; a 40 mm</p>	

Imagen 2.3.1.1.1 Niveles de deterioro, falla tipo AH (Estrada, 2008b)

### Depresiones o hundimientos longitudinales (DL) y transversales (DT)

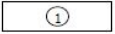





 <p>Profundidad &lt; 20 mm</p>	
 <p>Profundidad entre 20mm y 40 mm</p>	
 <p>Profundidad &gt; a 40 mm</p>	

Imagen 2.3.1.1.2 Niveles de deterioro, falla tipo DL y DT (Estrada, 2008b)

### Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)




<p>①</p> <p>Fisuras finas en la huella de rodamiento &lt; 6 mm</p>	
<p>②</p> <p>Fisuras abiertas y con cierta frecuencia se encuentran ramificadas.</p>	
<p>③</p> <p>Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas. Borde de fisuras ocasionalmente degradados</p>	

Imagen 2.3.1.1.3 Niveles de deterioro, falla tipo FLF (Estrada, 2008b)

### Fisuras de piel de cocodrilo (FPC)


<p>①</p> <p>Formación de mallas grandes (&gt;500mm), con fisuras finas, sin pérdida de material</p>	
<p>②</p> <p>Presencia de mallas más densas (&lt;500mm), con pérdida ocasional de material, desprendimiento y ojos de pescado en formación</p>	
<p>③</p> <p>Presencia de mallas densas con fisuras muy abiertas y fragmentos separados (&lt;200mm), con pérdida ocasional y/o generalizada de material.</p>	

Imagen 2.3.1.1.4 Niveles de deterioro, falla tipo FPC (Estrada, 2008b)

## Bacheos (reparaciones) (B)




<p style="text-align: center;">①</p> <p>Intervención superficial ligada a deterioro Tipo B</p>	
<p style="text-align: center;">②</p> <p>Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Comportamiento satisfactorio de la reparación.</p>	
<p style="text-align: center;">③</p> <p>Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Ocurrencia de fallas en la zona reparada.</p>	

Imagen 2.3.1.1.5 Niveles de reparación, tipo B (Estrada, 2008b)

### 2.3.1.2. **Falla representativa en el pavimento flexible: Fases del deterioro en prolongación Andrés Avelino Cáceres**

En el mes de diciembre del 2016 se comenzó a investigar el efecto poco visible pero en magnitud significativa; la temperatura y las cargas deberían dejar su paso o proceso, es por tal motivo que se eligió una zona dentro del tramo 1, en prolongación Andrés Avelino Cáceres. Y lo que se encontró a medida que los meses transcurrían, fue excepcional ya que pudimos ver su ciclo de desgaste de cerca, obteniendo observaciones que se pueden ver en el registro **2.3.1.2.1.**



Ultima condición del fallo superficial del pavimento al 2 de marzo del 2017, después de 3 días de lluvias intensas.



A todas las condiciones, climáticas, se le acompaña la condición de carga que no hace más que acelerar el proceso de deterioro



Registro 2.3.1.2.1 Registro de las fases de deterioro sobre el pavimento flexible en el tramo 1, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

### **2.3.2. La sección patrón para el registro y evaluación del pavimento flexible**

Se trata de una línea imaginaria que recorre longitudinalmente el trayecto que hacen los vehículos, cada sección en particular presentara sus propios deterioros tanto estructurales como funcionales, considera también la calificación del estado del drenaje. La línea divide en intervalos de 20 metros un tramo en particular, para luego registrar sobre él sus condiciones de deterioro, espesores del pavimento, condición del drenaje y parámetros físicos como sus esfuerzos, deformaciones y deflexiones.

### **2.3.3. El Diseño sintético**

Es analizar un tramo patrón, de longitud y pendiente características, sobre el distribuir un aforo de carga vehicular (variación de toneladas), encontrando la respuesta de las capas, que se leerán como una distribución normal, de esta forma las hipótesis de comportamiento tanto de esfuerzos, deformaciones y deflexiones deberán ser las esperadas.

### **2.3.4. Estudio vehicular y sus efectos sobre el pavimento urbano**

Sumando a esta metodología se suman los valores que permitan medir la condición futura del pavimento como el TPDA, parámetro de diseño vial, así como el porcentaje de vehículos por tipos (livianos y pesados), que se calcularon en el estudio de volúmenes y de carga.

Se debe conocer de primera mano, el volumen o cantidad de vehículos que pasan por las avenidas seleccionadas, por este estudio, para luego analizar

su carga en el pavimento, ambos indicadores son importantes, como resultado de su deterioro en el tiempo. Se propone:

- ✓ Mostrar la relación de volúmenes en la actualidad del sistema vial por las avenidas a estudiar.
- ✓ Demostrar de manera objetiva con la ayuda de los volúmenes de tránsito el tramo de vía con alto tráfico vehicular.
- ✓ Encontrar el tránsito promedio diario anual
- ✓ Demostrar que lo que necesita controlar una obra de conservación de pavimentos son los mismos problemas que atañen al sistema vial y son el conocer para que volumen se diseñó y cual soporta hoy y lo mismo para las cargas dinámicas de repetición (ejes equivalentes).

### **2.3.5. Generación de espesores en el pavimento con el software DISPAV - 5**

El método DISPAV-5 está basado en el extenso programa de investigación patrocinado por la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, y con el Instituto de Ingeniería, UNAM (México). Los conceptos generales, desarrollados en las investigaciones realizadas de 1965 a la fecha son compatibles con el nuevo método de diseño, que incluye tanto carreteras de altas especificaciones como carreteras normales<sup>7</sup>.

El método comprende los dos modelos mecanicistas: a) Deformación permanente b) Fatiga

---

<sup>7</sup> DISPAV-5 version3.0, Santiago corro caballero, presentación del software

Valiéndonos de la herramienta DISPAV - 5 para el diseño de espesores para un pavimento flexible. Re direccionamos sus resultados para cada sección patrón buscando valores ideales en las capas de la carpeta asfáltica. Estas deberán cumplir parámetros de funcionalidad dentro de la vida útil del pavimento.

**Dispav – 5:** software que me permite dar dimensión a las capas de un pavimento flexible en función de volúmenes vehiculares, periodo de diseño y tasas de crecimiento.

#### **Criterio de diseño estructural DISPAV – 5<sup>8</sup>**

DISPAV - 5, es un programa de tipo interactivo para el cálculo de carreteras de altas especificaciones, utiliza conceptos y métodos mecanicista. Esta actualización incorpora el modelo mecanicista para determinar deformaciones unitarias de fatiga, basadas en estudios experimentales sobre mezclas asfálticas durante los años 1985 a la fecha.

También toma en cuenta el modelo para las deformaciones permanentes acumuladas (rodera) como el agrietamiento por fatiga en las capas ligadas con asfalto.

En lo que se refiere al diseño por deformaciones permanentes es importante que el método prevenga la deformación excesiva en las capas no estabilizadas con asfalto (base, sub-base, subrasante y terracería).

---

<sup>8</sup> (Santiago Corro, 1999)

- Además, se considera que las mezclas se han proyectado de forma cuidadosa y que por tanto las deformaciones de las capas asfálticas son relativamente pequeñas.

Debe mencionarse que existe una alta dependencia entre las características mecánicas de la mezcla asfáltica y las variaciones climáticas en la carretera, combinadas con la frecuencia e intensidad de las solicitaciones del tránsito. Debido a esto existen variaciones muy altas en los módulos de rigidez (o de elasticidad) de las mezclas asfálticas durante la vida de servicio del camino.

Un módulo de rigidez equivalente durante las diferentes épocas del año, presenta una dificultad significativa para su determinación, en todos los métodos de diseño, y en la práctica este es uno de los factores de diseño que requiere experimentación amplia y buen juicio del proyectista para llegar a un proyecto adecuado.

Para resolver lo anterior se necesitara:

- Zonificación de la carretera
- Análisis por estación climática y estudios analíticos
- Aplicando la ley de Miner para determinar el módulo de rigidez equivalente de las capas asfálticas, que produce el mismo comportamiento estructural de la carretera que el que ocurre en la realidad, donde las variaciones del módulo presentara fuertes diferencias horarias al día y en la noche, además de no olvidar la zona geográfica y la estación del año.

Las consideraciones en cuanto al tipo de camino, DISPAV – 5 establece las siguientes relaciones en función a los ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

**Cuadro 2.3.5.1**

Cuadro 2.3.5.1 Niveles del tránsito equivalente y ejes equivalentes de 8.2 toneladas (Santiago Corro, 1999)

Nivel del tránsito equivalente	Ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas
I	$T \leq 10^6$
II	$10^6 < T \leq 10^7$
III	$10^7 < T \leq 5 \times 10^7$
IV	$5 \times 10^7 < T$

Los espesores mínimos, cuadro 2.3.5.2, especificados para las capas de base y sub-base se fijan por consideraciones constructivas, fundamentados en el comportamiento de carreteras en condiciones reales de servicio.

Cuadro 2.3.5.2 Espesores mínimos de las capas de pavimento (Santiago Corro, 1999)

Espesores mínimos de las capas de pavimento, en cm				
Capa	Tránsito			
	I	II	III	IV
Carpeta *	0	5	5	5
Base *	15	15	15	15
Sub-base *	15	15	15	15
Subrasante **	20	30	30	30
Subrasante ***	30	40	40	40

Notas.  
 Aplicable a caminos normales y carreteras de altas especificaciones (\*)  
 Aplicable a caminos normales (\*\*)  
 Aplicable a carreteras de altas especificaciones (\*\*\*)

### 2.3.6. Esfuerzos, deformaciones y deflexiones con el software PITRA PAVE

Otra herramienta que nos proporcionó conocer las deflexiones, esfuerzos y deformaciones de los espesores ya calculados, fue el programa PITRA - PAVE desarrollado por la universidad de costa rica y laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales (LanammeUCR), que fundan su análisis en los estudios de J. Burmister, y su teoría de multicapas.

**Pitra Pave:** (PITRA, programa de infraestructura del transporte), software que me permite evaluar las cargas entregadas por un eje equivalente, sobre una estructura multicapa como un pavimento. Ubicando dentro de cada capa puntos, y que a partir de sus posiciones dentro de las capas conocer los esfuerzos, deformaciones y deflexiones. Para su evaluación serán necesarias las magnitudes de las cargas y las propiedades de los materiales

#### Supuestos de Pitra Pave

- 1) El sistema consiste de capas horizontales de espesor uniforme, el de la última capa es infinito.
- 2) Todas las capas se extienden infinitamente en la dirección horizontal
- 3) El material de cada capa es homogéneo e isotrópico
- 4) Los materiales son lineales elásticos, con una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones
- 5) Se le aplican cargas en la superficie libre de geometría circular y presión uniforme

- 6) Se satisfacen condiciones de continuidad en las interfaces entre capas;  
esto implica capas completamente ligadas

Basado en los supuestos se simplifican las ecuaciones diferenciales de equilibrio de fuerzas utilizando la función de Airy y se resuelve para cada carga circular en coordenadas cilíndricas haciendo uso de la transformación de Hankel. Esto para luego transformar las soluciones a un sistema cartesiano y aplicar el principio de superposición para considerar todas las cargas.

**PITRA PAVE requiere los siguientes datos**

Él número de capas, módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, espesores, numero de cargas, posición de cada carga aplicada, fuerza y presión de cada carga, número de puntos de medición y la posición de cada uno de los puntos de medición.

PITRA PAVE opera de la siguiente manera para un sistema multicapa, proporcionando los siguientes componentes

- Los 6 componentes del tensor de esfuerzos
- Los 6 componentes del tenso de deformaciones
- Los 3 componentes del vector de desplazamiento (deflexión)
- La imagen **2.3.6.1** muestra la distribución del tensor de esfuerzos

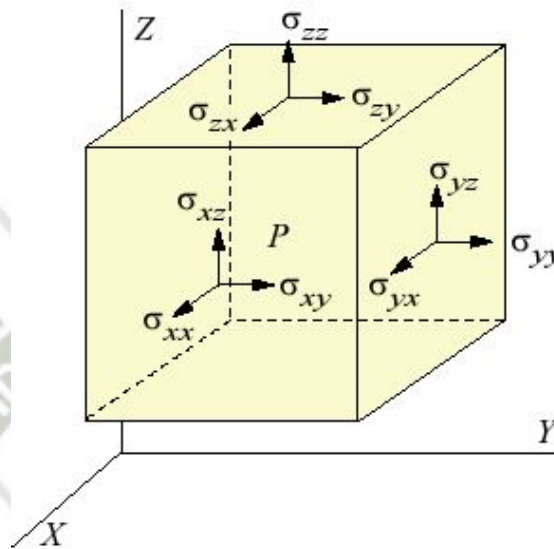


Imagen 2.3.6.1 Elemento diferencial de la materia puntual que experimenta esfuerzos y deformaciones (EP)

La imagen **2.3.6.2** muestra los elementos del sistema multicapa que resuelve PITRA PAVE. Entre ellos las capas, las cargas y los puntos de medición, así, como sus respectivas propiedades. Todo de acuerdo a la orientación de su sistema de coordenadas.

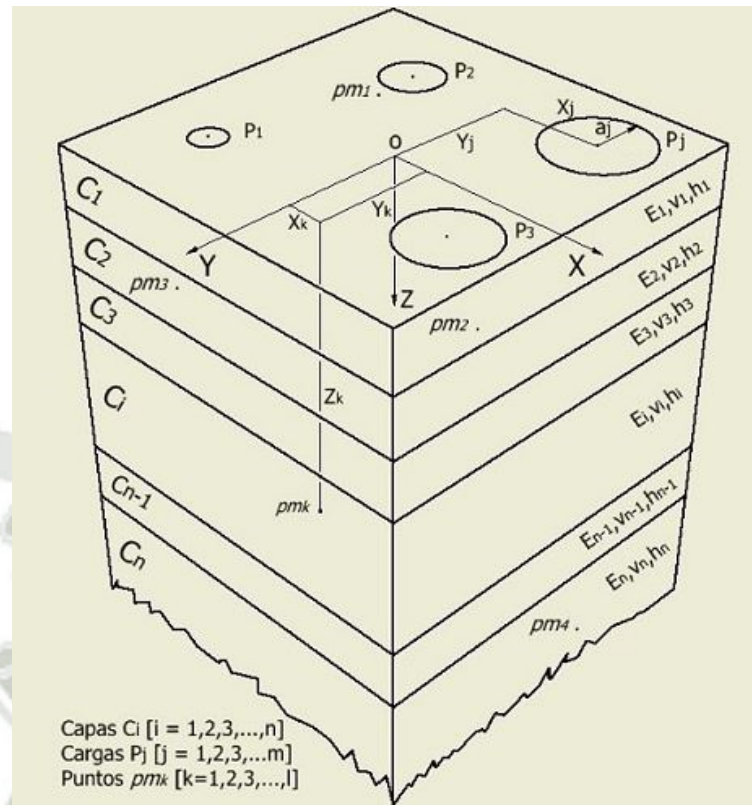


Imagen 2.3.6.2 Sistema multicapa, se ejemplifica la distribución de los posibles espesores de un pavimento flexible (PITRA PAVE)

### 2.3.7. Tasa de descuento

La Tasa de Descuento o de Actualización se define como un factor financiero, que ve el valor del dinero en el tiempo. Si la tasa es de significancia cero todos los costos son tratados como iguales independientemente de cuando ocurra.

El banco mundial desarrollo en colaboración con otras entidades el software HDM-4, el primero no calcula la tasa de descuento de cada proyecto, pero ha utilizado 10 a 12 % para reflejar el costo de oportunidad del capital en países en desarrollo (Abraham, 2012)

### 2.3.8. Indicadores de inversión

El Valor Presente Neto (VPN) o Valor Actual Neto (VAN), es un método muy utilizado por cuanto pone el valor del dinero tanto de los ingresos futuros como de los egresos futuros en el momento presente.

Otro indicador muy bueno es el TIR la tasa interna de retorno, es el de mayor aceptación en el ámbito institucional ya que solo mide la rentabilidad de la inversión que es requerida para un proyecto vial, si mi TIR es alto será la mejor a seleccionar y aplicar.

La relación beneficio costo de un proyecto, a una tasa "i" es igual al cociente que resulta de la división de la suma del valor presente de lo ingresado por la suma del valor presente de los egresos, si mi  $B/C < 1$  significa que mis ingresos y beneficios son menores que los costos y el proyecto en evaluación no es recomendable, si  $B/C = 1$  ingresos y beneficios son iguales (Fernando, 2008).

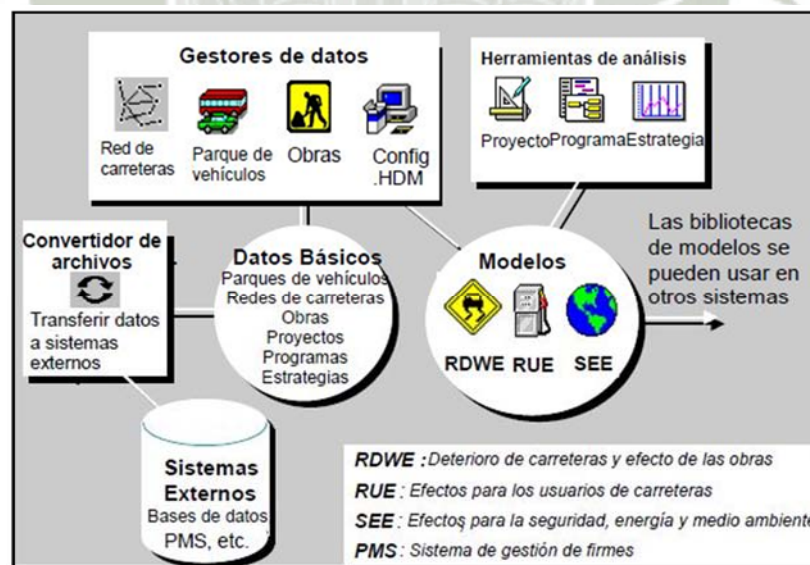
### 2.3.9. Software HDM – 4 como gestor de proyectos de conservación vial

El uso del HDM – 4, esquema 2.3.9.1, como parte del análisis de este trabajo es con el objetivo de desarrollar una propuesta técnica y económica, tanto para las futuras inversiones como para el buen ejercicio de su mantenimiento.

Su utilidad es gestionar el proyecto de conservación y/o rehabilitación de las vías compuestas de material con características flexibles en las zonas de estudio, lo principal que se debe extraer de este análisis:

1) Es su recomendación tan directa de cual alternativa o proyecto tomar cuando se evalúan diferentes opciones de conservación, “trabajos destinados a conservar lo construido”, rehabilitación o mejorar, “trabajos que involucran la construcción de elementos necesarios en la vía que por su falta o deterioro, necesitan ser recuperados”.

2) Conclusión económica en cuanto a parámetros de inversión o no inversión de un *proyecto A vs proyecto B*, utilizando el valor actual o presente neto (VAN/VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), ambos indicadores de que la inversión representa una buena opción para la entidad municipal, como es en nuestro caso.



Esquema 2.3.9.1 Arquitectura del sistema HDM – 4 (Kerali, 2005)

### **2.3.10. Trabajos de conservación como alternativas en la evaluación económica**

Los trabajos de conservación, se definen como un medio para mantener y cuidar lo ya construido, implican trabajos de ingeniería sobre la superficie del pavimento dañado como el tratamiento superficial bicapa, Recapado asfáltico, bacheo y el sello de fisuras como alguna de ellas.

Los trabajos de conservación llevarán para sus análisis costos económicos y financieros, y harán que el proyecto en general se pueda costear o no en el tiempo.

### **2.3.11. Trabajos de conservación a evaluar con el HDM - 4**

#### **2.3.11.1. Trabajos de conservación para el pavimento flexible urbano**

Representan la estructura de las alternativas que manejan los proyectos que evalúa el software HDM – 4, cada alternativa contendrá un agrupamiento de trabajos de conservación y se pretende que en su contraste “alternativas”, se pueda elegir la mejor para ambas zonas urbanas.

### 2.3.11.1.1. Tratamiento superficial bicapa (m2)<sup>9</sup>

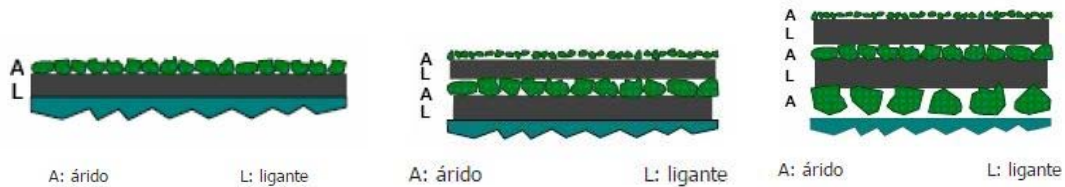


Imagen 2.3.11.1.1.1 Tipos de tratamiento superficial<sup>10</sup>

Este trabajo consiste en la ejecución de una capa doble de tratamiento asfáltico. Un tratamiento superficial doble comprende dos capas de revestimiento de liga y de Agregado pétreo

#### Agregados pétreos

Cuadro 2.3.11.1.1.1 Ensayos necesarios para los agregados, tratamiento superficial bicapa (provias nacional, 2004)

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara fracturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas chatas y alargadas (relación espesor/longitud: 1/5) (ASTM D 4791)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664 o MTC E 519)	+ 95%
La adhesividad (Riedel Weber), ensayo MTC E 220.	4 mín.
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales Solubles Totales (MTC E 219)	0,5% máx.

#### Material bituminoso

Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida CRS-2

#### Dosificación tratamiento superficial

Las tasas de aplicación de material bituminoso y agregado pétreo serán determinadas según el cuadro **2.3.11.1.1.2**

<sup>9</sup> (Provias Nacional, 2004a)

<sup>10</sup> [http://ezague.com/tratamientos\\_superficiales.html](http://ezague.com/tratamientos_superficiales.html)

Cuadro 2.3.11.1.1.2 Cantidades aproximadas de materiales para tratamiento superficial múltiple, usando emulsión asfáltica (provia nacional, 2004)

Secuencia de Operaciones (1)	Tipo de Tratamiento			
	TME1	TME2	TME3	TME4
<b>Primera Capa</b>				
Aplicar material asfáltico (L/m <sup>2</sup> )	1,8 – 2,0	1,3 – 1,5	1,8 – 2,0	2,0 – 2,3
Distribución agregados: (kg/m <sup>2</sup> )				
Gradación C	11 - 13			
Gradación B		15 - 17		
Gradación A			17 – 19	19 – 21
<b>Segunda Capa</b>				
Aplicar material asfáltico (L/m <sup>2</sup> )	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2
Distribución agregados: (kg/m <sup>2</sup> )				
Gradación D	4 - 6	3 - 5		
Gradación C			7 - 9	9 – 11

Para el proyecto se recomienda sin ser limitante el TME1, con la gradación C para la primera capa del tratamiento superficial bicapa.

### 2.3.11.1.2. Recapado asfáltico (m<sup>2</sup>)<sup>11</sup>

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento de la vía. El objetivo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular. Por lo general se realiza como parte de la conservación periódica del pavimento flexible, cuando este se encuentra en un estado regular, este se alcanza cuando el IRI, tiene un valor entre 2.8 y 4 m/Km.

#### Materiales

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad son esencialmente Riego de Liga y Mezcla de Concreto Asfáltico en Caliente

<sup>11</sup> (Peru, 2014)

### Procedimiento general

-Preparar la superficie para aplicar el Recapado haciendo bacheo y sellos de fisuras y grietas, si es el caso, y efectuar la limpieza de la superficie a recapear. Extraordinariamente se ha de requerirse el fresado de la carpeta asfáltica existente. Cuidar las condiciones climáticas (lluvias), para que las operaciones se desarrollen con normalidad.

-Aplicar un riego de liga y permitir su curado

-Ejecutar la colocación y compactación de Recapado

#### **2.3.11.1.3. Parchado profundo (m<sup>2</sup>)<sup>12</sup>**

El Bacheo Profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas como, a lo menos, parte de la base y sub-base.

- El procedimiento se debe aplicar para reparar áreas que presenten fallas originadas por agrietamientos de las diversas capas asfálticas y/o por debilitamiento de la base, sub-base y/o sub-rasante.
- El objetivo del Bacheo Profundo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

---

<sup>12</sup> (Provias Nacional, 2004a)

- El Bacheo Profundo es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:
  - Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, las que forman trozos de ángulos agudos, normalmente menores a 30 cm en el lado más largo y muestran la presencia de pequeños trozos separados sueltos. Generalmente a este tipo de daño se le denomina “piel de cocodrilo”.
  - Baches profundos, entendiéndose como tales aquéllos cuya profundidad es mayor de 50 milímetros
  - Sectores que presenten surgencia “movimiento vertical” o eyección de agua y/o finos desde el fondo del pavimento a través de las grietas; muchas veces estos lugares son claramente visibles después de un período de precipitaciones, por los depósitos de suelos finos que quedan como manchas de otro color sobre el pavimento o las bermas.

#### **2.3.11.1.4. Sellado de fisuras moderado (ml)<sup>13</sup>**

El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de grietas (aberturas mayores a 3 mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas.

---

<sup>13</sup> (Peru, 2007)

- El objetivo del sellado de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.
- La actividad de sellado de fisuras y grietas debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que ellas se han desarrollado y han hecho su aparición visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su presencia prontamente después de su aparición
- El Sellado de Fisuras y Grietas es eficaz para tratar los siguientes tipos de ellas:
  - Áreas con fisuras y/o grietas de fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de ellas casi sin conexión entre sí y que no presenten evidencias de surgencia de agua y/o finos.
  - Fisuras y/o grietas longitudinales coincidentes o sensiblemente paralelas al eje de la calzada. Se distinguen, entre ellas, las de junta, causadas por una débil unión constructiva entre carriles; las longitudinales de origen térmico o por fallas en la sub - rasante. Se deben sellar cualquiera sea su ancho.

### 2.3.11.1.5. Sellos asfálticos (m<sup>2</sup>)<sup>14</sup>

Los Sellos Asfálticos consisten en recubrimientos sobre pavimentos flexibles con un riego asfáltico, sólo o combinado con algún agregado, cualquiera fuera la extensión de la superficie por tratar. Los tipos de sellos que aquí se incluyen son: riego con emulsión, lechada asfáltica, sello de arena-asfalto y tratamiento superficial simple.

- El objetivo de los Sellos Asfálticos es la protección oportuna de pequeñas fisuras y resquebrajamiento que se presentan en la superficie y que normalmente son precursores de daños graves cuando no hay una intervención a tiempo.
- Se utilizan para recuperar las condiciones superficiales de calzadas desgastadas o pulidas y, de esta manera, contribuir a una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía.
- Para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento. En este sentido, las técnicas de sellado asfáltico tienen por finalidad aplicar medidas que pueden ser preventivas, correctivas o ambas.

Los Sellos Asfálticos son eficaces para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:

- Corrección de pequeñas fisuras y resquebrajamiento de la carpeta asfáltica.

---

<sup>14</sup> (Peru, 2007)

- Falta de adherencia superficial de la carpeta, la cual se presenta cuando en las mezclas asfálticas se utilizan agregados que no tienen afinidad con el asfalto y el tránsito produce un desgaste del ligante, dejando las partículas más gruesas expuestas. Este daño puede provocar una disminución en el coeficiente de fricción pavimento-neumático que puede resultar muy peligrosa.
- Desgaste de la superficie de una mezcla asfáltica, el cual ocurre cuando se utilizan agregados poco resistentes que se fracturan con el paso vehicular y provocan pérdidas de asfalto.
- Corrección de la carencia de una cantidad adecuada de asfalto en la mezcla, originada por deficiencias durante la construcción.

#### 2.3.11.1.6. Bacheo superficial (m<sup>2</sup>)<sup>15</sup>



Imagen 2.3.11.1.6.1 Trabajos de bacheo superficiales necesarios en las zonas de estudio (EP)

El Bacheo Superficial consiste en la reparación de baches, entendidos éstos como las desintegraciones parciales del pavimento en forma de

<sup>15</sup> (Peru, 2007)

hueco, cuya reparación se conoce como bacheo. Generalmente tienen su origen en mezclas mal dosificadas o con compactación insuficiente.

Esta actividad es una de las más difundidas técnicamente en la conservación de pavimentos flexibles. El Bacheo Superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos.

El Bacheo Superficial es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños en un pavimento flexible:

- Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, pero con un grado de severidad que no muestra la presencia de trozos separados sueltos
- Desplazamiento de áreas localizadas de la carpeta conocidas como corrugaciones o distorsiones.

#### 2.3.11.1.7. Tratamiento superficial SAMI (m<sup>2</sup>)<sup>16</sup>

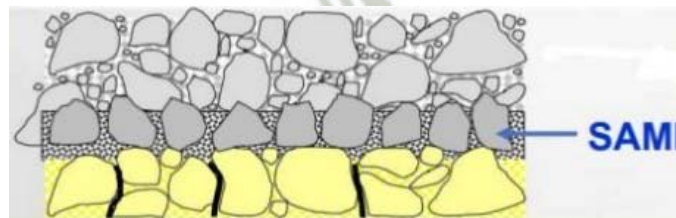


Imagen 2.3.11.1.7.1 Capa alivadora de esfuerzos SAMI<sup>17</sup>

<sup>16</sup> (Provias Nacional, 2004a)

<sup>17</sup> <http://es.slideshare.net/sciprensa/ing-carlos-ivn-gutierrez-g-msc-dic>

Un SAMI (**S**tress **A**bsorbing **M**embrane **I**nterlayer por sus siglas en inglés) constituye una capa aliviadora de los esfuerzos inducidos por las fisuras presentes en la capa subyacente y que tratan de reflejarse en las capas superiores. Está constituido por la aplicación de un riego de liga con cemento asfáltico modificado encima del cual se distribuye una gravilla de 3/8" de espesor promedio.

#### Preparación de la superficie

Antes de colocar el tratamiento, la carpeta existente deberá ser tratada previamente mediante el bacheo y/o sello de la fisura, y deberá estar completamente limpia.

#### Aplicación de material bituminoso

El riego solo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

El riego solo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

#### Aplicación de la capa de refuerzo

Inmediatamente después del riego del asfalto modificado, proceder al esparcido del agregado completamente limpio y seco, con esparcidora mecánica, a una tasa de entre 7 a 8 kg/m<sup>2</sup>. Después de la aplicación de los agregados se colocará la capa de refuerzo, el cual permitirá unir íntimamente el SAMI y el refuerzo.

### 2.3.11.1.8. Tratamiento de fisuras (ml)<sup>18</sup>



Imagen 2.3.11.1.8.1 Tratamiento de fisuras necesarias en las zonas en evaluación (EP)

La presente especificación, imagen **2.3.11.1.8.1** se refiere al tratamiento mediante el relleno de las fisuras mayores a 3 mm y menores a 6 mm, con una estructura tipo banda, en conformidad con los requerimientos de la Norma ASTM D5078 “Standard Specification for Crack Filler”

#### Sellante elastomérico

Material de composición asfáltica derivado del petróleo y modificado elásticamente, medio viscoso al ser aplicado en caliente para fluir y penetrar en las fisuras de carpetas asfálticas en climas calurosos, apropiado para cubrir el rango de temperaturas ambientales en la zona del proyecto y, con características

#### Antiadherente (Sello)

---

<sup>18</sup> (Provias Nacional, 2004a)

Material líquido que se aplica sobre la superficie de un sellante en caliente para permitir la inmediata apertura del tráfico vehicular. El producto debe poseer características que no altere las propiedades del sellante, solo que lo endurezca dado que el sellante se torna en épocas de verano algo blando y pegajoso por periodos largos.

Una compresora neumática de 250 PCM de capacidad y que suministre aire caliente para secar las fisuras que en las mañanas aparecen húmedas, impidiendo la adherencia del material sellante.

Una selladora de fisura en caliente

Equipo mecánico que sirve para calentar el sellante elastomérico y aplicarlo a presión dentro de la fisura a tratar.

#### **2.3.11.1.9. Capas de refuerzo**

Es el método más generalizado ya que son un medio efectivo en lo que se refiere a costos para corregir las deficiencias superficiales y a su vez incrementar la capacidad estructural del pavimento flexible, los refuerzos pueden fallar y aquí algunas razones (Estrada, 2008):

- Inadecuada selección de sobre capas como método de rehabilitación.
- Tipo inadecuada de sobre capas.
- Espesores insuficientes.
- Falla en el diseño y la elaboración de la mezcla.
- Deficiencias en reparaciones previas de las áreas deterioradas.

- Inadecuada consideración del fenómeno de Reflexión de Fisuras.
- Proceso constructivo deficiente.

#### 2.3.11.1.10. Reconstrucción

Se entiende como la remoción y el remplazo parcial o total de la estructura del pavimento existente, conservando la explanación y el alineamiento de la vía (Estrada, 2008), constituye la opción más enérgica de rehabilitación y su opción será, cuando la estructura este totalmente agotada, sin vida residual y presente elevados índices de deterioro superficial "*Is*" *índice de deterioro superficial* ente 5 y 7, síntomas de deformaciones permanentes, que no se relacionen con desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por inestabilidad o insuficiencia de compactación. La imagen **2.3.11.1.10.1** muestra la condición a la que llega un pavimento total y fuera de mantenimiento, cualquier trabajo de recuperación primario, solo representaría elevados costos, en las zonas de estudio muchos pavimentos ya vencieron su vida útil y se acercan a esta condición, solo queda la reconstrucción del pavimento asfáltico en toda su extensión.



Imagen 2.3.11.1.10.1 Ejemplo de condición de un flexible para reconstrucción, avenida Hartley, tramo 3 en el sentido ascendente (EP)

### 2.3.12. Rescate oportuno de los pavimentos urbanos

La figura 2.3.12.1 muestra que en un año o más el pavimento entra en fases, que bajo un análisis de desgaste las mismas toman una denominación particular, se hace uso del NESE “numero de ejes sencillos equivalentes”, como parámetro que se puede medir principalmente en 1 año. La condición del pavimento cambia y se deben tomar decisiones que representan una inversión, la finalidad para esto es mantener la funcionalidad tanto estructural como funcional del pavimento flexible. La condición del pavimento cuando se encuentre en el nivel más bajo, totalmente fallado, solo reflejara el mal manejo de las entidades administradores, ya sea por la falta de recursos o priorizar esfuerzos.

Cuando caiga la curva, solo no solo representara una reconstrucción costosa, sino que ya se habrá perdido por completo el patrimonio nacional.

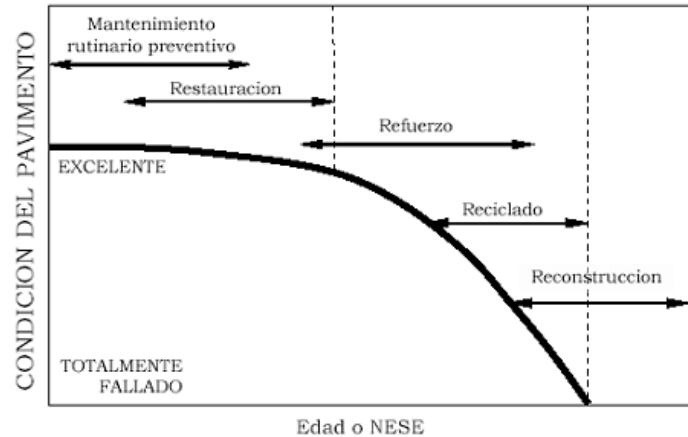


Figura 2.3.12.1 Espectro de alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos (Estrada, 2008c)

Relación conceptual del pavimento y su condición, las diferentes necesidades de rehabilitación el instante recomendable para el refuerzo ocurre cuando la pendiente de la curva de servicio al usuario, aún no está muy pronunciada. La figura 2.3.12.2 dicta cuándo es que se debe actuar, salvando las realidades y diferencias de toda vía o calle, se debería usar como indicador para las buenas prácticas de prevención urbana viales.

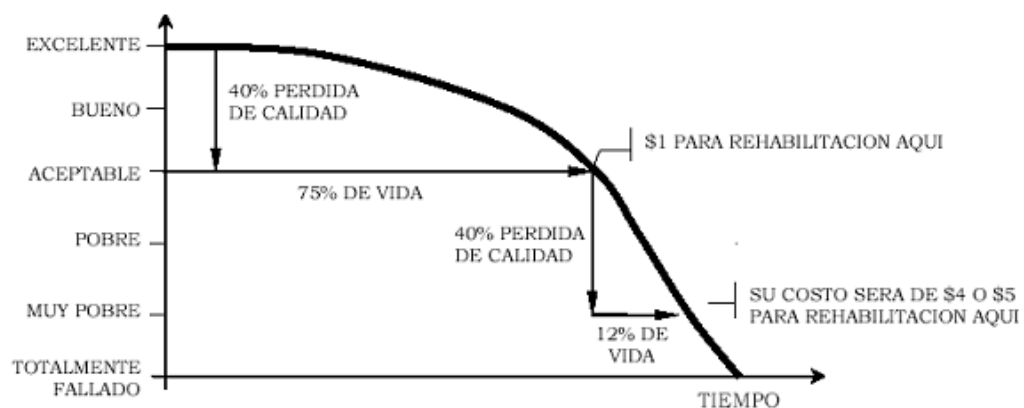


Figura 2.3.12.2 Condición típica del ciclo de vida de un pavimento: selección de técnicas de rehabilitación (Estrada, 2008c)

La relación del índice de servicio y los costos asociados a los trabajos de rehabilitación según su desarrollo en el tiempo, esto declara que si no se

invierto un sol en obras de rehabilitación, cuando se ha consumido el 75% de la vida del pavimento, cuando su nivel de servicio marca una caída de 40%. Se necesitara una inversión de al menos cuatro veces mayor. Luego que se pierda otro 40% del nivel de servicio y se llegue a ese último punto, solo tomara 12% más de la vida útil del flexible.

Los números pueden variar pero el concepto es válido y pone de manifiesto la importancia de la oportunidad de ejecución de las obras de rehabilitación sobre los refuerzos, los mismo se planearan mediante un sistema de administración para el mantenimiento, con el fin de que sean construidos en un instante de tiempo óptimo para la administración.

### **2.3.13. Estrategias no económicas: Escalafón propuesto por el AASTHO 93**

En orden de ideas la estrategia más óptima no será siempre la elegida inicialmente con indicadores económicos atractivos, limitaciones como falta de fondos puede limitar la optimización de un proyecto, la metodología americana del AASTHO (Officials, 2001) propone una manera de escoger la estrategia. Se tendrá un especial cuidado para que la misma se aplique de forma satisfactoria a la realidad local.

Tiene como Variables:

- El costo inicial.
- La duración de las obras de rehabilitación.
- La vida de servicio.
- Las necesidades del mantenimiento futuro.
- Las molestias del tránsito durante la ejecución de las obras.

- La validez comprobada del diseño en el entorno ambiental en el cual se piensa aplicar.

Como algunos de los factores tienen mayor peso en la decisión final que otros, se deben establecer factores de ponderación de acuerdo con las expectativas de la entidad municipal, el peso de la ponderación de cada uno de los factores de decisión estarán entre 0% y 100%.

#### **2.3.13.1. Significancia de los factores no monetarios**

- Todos estos factores considerados llevan sus costos implícitos, los mismos son difíciles de cuantificar en monedas, y no se deben dejar de lado durante el proceso de evaluación.
- Los impactos generados por la rehabilitación de pavimentos no representan un costo ambiental y socio económico elevado.
- En cifras el 75% de los impactos adversos detectados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos.

En el cuadro **2.3.13.1.1** se hace una aproximación de la significancia de los valores estimados como factores no económicos.

Cuadro 2.3.13.1.1 Significación de los impactos (Estrada, 2008c)

SIGNIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
No significativo	Los impactos al ambiente y a las poblaciones no alteran las funciones normales de ningún sistema ambiental de manera que tenga consecuencias visibles o permanentes
Poco significativo	Los impactos al ambiente y a las poblaciones pueden ser temporales (durante el tiempo que duren las actividades involucradas en el proyecto) y las condiciones iniciales en el área se pueden recuperar en un tiempo menor a un año
Significativo	Los impactos al ambiente y a las poblaciones son permanentes o mayores de un año. El efecto puede ser local o regional; es decir, puede abarcar el área del proyecto, la región fisiográfica o cuenca

- Usualmente las limitaciones que no involucran dinero ocasionan cambios en el proyecto de rehabilitación, reduciendo las alternativas factibles.
- Se cuidara la planeación de no ser afectada por este tipo de restricciones, cuando más se permite que las restricciones afecten el proyecto, menos probable será lograr la mejor selección.

### 2.3.13.2. Escalafón de puntuaciones para la mejor estrategia no económica

Cada estrategia se calificara de manera independiente respecto de sus factores de decisión, se recomienda que la evaluación se realice por filas, en lugar que por columnas, la calificación de cualquier criterio para cada estrategia se obtiene multiplicando la importancia relativa de cada criterio por el valor con el cual se calificó y dividiéndolo por 100. Tabla 2.3.13.2.1 muestra un ejemplo propuesto por el AASTHO 93.

Tabla 2.3.13.2.1 Ejemplo de criterios para la selección de la estrategia de rehabilitación Aastho 93 (Estrada, 2008a)

	CRITERIOS						CALIFICACIÓN TOTAL DE LA ESTRATEGIA	ESCALAFÓN
	COSTO INICIAL	DURACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	VIDA DE SERVICIO	NECESIDADES DE MANTENIMIENTO FUTURO	MOLESTIAS AL TRÁNSITO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	VALIDEZ COMPROBADA DEL DISEÑO EN EL ENTORNO AMBIENTAL		
IMPORTANCIA RELATIVA	20%	20%	25%	15%	5%	15%	100%	
ESTRATEGIA 1	60 12.0	60 12.0	100 25.0	80 12.0	90 4.5	100 15.0	80.5	1
ESTRATEGIA 2	60 12.0	60 12.0	100 25.0	80 12.0	90 4.5	100 15.0	80.5	1
ESTRATEGIA 3	60 12.0	60 12.0	70 17.5	50 7.5	60 12.0	40 6.0	58.0	5
ESTRATEGIA 4	60 12.0	60 12.0	70 17.5	50 7.5	60 3.0	40 6.0	58.0	5
ESTRATEGIA 5	60 12.0	40 8.0	100 25.0	80 12.0	100 5.0	90 13.5	75.5	2
ESTRATEGIA 6	60 12.0	80 16.0	40 10.0	20 3.0	40 2.0	20 3.0	46.6	8
ESTRATEGIA 7	40 8.0	60 12.0	40 10.0	50 7.5	50 2.5	30 4.5	44.5	7
ESTRATEGIA 8	70 14.0	80 16.0	60 15.0	50 7.5	80 4.0	40 6.0	62.5	4
ESTRATEGIA 9	100 20.0	100 20.0	20 5.0	20 3.0	40 2.0	40 6.0	56.0	6
ESTRATEGIA 10	30 6.0	60 12.0	100 25.0	100 15.0	100 5.0	30 4.5	67.5	3

### 2.3.14. Criterios para la elección de la propuesta no económica AASTHO 93

- **Ganancias en el tiempo**

Representa lo que se buscó desde un comienzo, ver que al final de un posible proyecto sea la administración privada o pública, la que maneja la información sobre si la inversión es buena para invertir, o no hacer dicha inversión.

Cada entidad maneja el mismo principio de ganar al final del proyecto. Pero su enfoque es la diferencia, de así donde ira la inversión, y su tendencia en los años o periodo del proyecto. Al final esto elevara las

acciones y confianza de la empresa. Siempre se esperara la mejora en la calidad de vida del contribuyente.

- **Duración de los trabajos de conservación**

Estimarla hace la diferencia en su aplicabilidad como factible o no, conocer una aproximación que nos tomaría emprenderla es importante al momento de tomar una decisión. Obras de parcheo y sellado de fisuras en el pasado son proyectos que se han desarrollado, y con resultados nada satisfactorios. Y emprendimientos más importantes como sobre capas y reconstrucción, demandarían mucha inversión, por ser trabajos que abarcan muchos complementarios

- **Vida de servicio de los diferentes trabajos**

Esto representa al igual que conocer el tiempo que tomarían en implementarse una variable muy importante, ya que deseamos que un tratamiento dure, que no se deteriore y se mantenga en buenas condiciones todo el tiempo que sea posible.

- **Necesidad de mantenimiento futuro**

La necesidad de mantenimiento futuro obedece al momento en el tiempo en que un proyecto de conservación o rehabilitación se debería implementar, generando ahorros sustanciales, y de no cumplir con los mismos a la larga

cualquier trabajo extemporáneo solo acarrearía gastos mucho más pronunciados para cualquier entidad pública o privada que este administrando las vías. La evaluación que se desarrolló con el software HDM – 4, no solo nos gestiona la mejor opción de inversión como proyecto, a su vez detalla las condiciones en las que el pavimento se encontrara en el futuro, esto en función de su flota vehicular trabajada etc.

- **Molestias del tránsito durante la ejecución de las obras**

Representa una variable no económica que se debe evaluar luego del análisis económico y que por sus características servirá para apoyar la mejor propuesta de inversión.

El IMD "índice medio diario" nos ayuda a ver cuál es el caudal de vehículos que circulan por las zonas de estudios y nos dará una idea de la relación del espacio que ocupan los vehículos y las molestias por falta del mismo que se deben tener en cuenta al cortar la vía por algún tipo de proyecto en este caso de rehabilitación.

### 2.3.15. Inspección del drenaje y establecimiento de los niveles de riesgo



Registro 2.3.15.1 Pavimentos flexibles en prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 1, bajo el efecto destructivo del agua (EP)

### Se siguen 3 fases

1) Recolección de información, 2) inspección visual de las vías urbanas seleccionadas prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley 3) calificación del tramo, en base a la organización y análisis de la información recogida.

- El desarrollo de las dos últimas fases, la vía se debe dividir inicialmente en secciones de **20** metros. En cada intervalo, se calificará cada uno de los seis **6** parámetros.
- Esta calificación tendrá en cuenta tres (3) posibles “niveles de riesgo”, de acuerdo con la propensión de la estructura al deterioro por causa del agua: 0 para riesgo mínimo o inexistente, 2 para riesgo máximo y 1 para una situación intermedia (Gonzales, 2008).

#### **Parámetro 1: Impermeabilidad del revestimiento “R”**

El grado de impermeabilidad del revestimiento y proceder a su calificación: fisuras longitudinales (FL), escalonamiento entre calzada y berma (ECB), fisuras piel de cocodrilo (FPC), ojos de pescado (O), segregación (SG), pérdida de la película de ligante (PL), etc.

La calificación de la impermeabilidad del revestimiento se realizará de acuerdo con Los siguientes niveles, tomando en cuenta los factores adversos registrados:

**R = 0**, cuando la rodadura sea en mezcla asfáltica densa y se encuentre en buenas condiciones.



Imagen 2.3.15.1 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=0) (Gonzales, 2008)

**R = 1**, cuando la rodadura sea un tratamiento superficial o una lechada asfáltica en buenas condiciones o una mezcla asfáltica algo porosa por segregación o por deficiencias de compactación.

**R = 2**, cuando la porosidad sea intensa (PI), y existan grietas sin sellar. La existencia de ojos de pescado también ubica la sección vial evaluada en este nivel.



Imagen 2.3.15.2 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=2) (Gonzales, 2008)



Imagen 2.3.15.3 Nivel de riesgo, parametro 1 (R=2) (Gonzales, 2008)

**Parámetro 2: Drenaje superficial “A”**

Se relacionará la presencia de los siguientes factores adversos, en caso de ser observados durante el recorrido que realice el ingeniero encargado de esta evaluación:

**Diseño geométrico de la vía.** Pendiente transversal inadecuada de la calzada (PT), pendiente longitudinal insatisfactoria de la vía (LI), ausencia de bermas (NB), pendientes transversal y longitudinal inadecuadas en las bermas (BP), bermas sin revestimiento (BR).

**Estructuras de drenaje superficial.** Ausencia de cunetas cuando se consideren necesarias, Izquierda o Derecha, de acuerdo con el lado del cual falten (NC); mal estado estructural (por agrietamiento, discontinuidad estructural, etc.) o funcional (por mantenimiento) de la cunetas (CE, CF); ubicación incorrecta de las cunetas y de los descoles de acuerdo con la conformación de la sección vial y del diseño geométrico de la vía. Este factor se puede deducir, bien por observación directa en la vía, bien por análisis simultáneo de los perfiles topográficos de la vía y el levantamiento de las estructuras de drenaje existentes (UC, UD). Ausencia de descoles (ND), ausencia de alcantarillas (NA), mal estado estructural o funcional (mantenimiento) de las alcantarillas (AE, AF).

**Otros.** Áreas con acumulación de agua superficial por empozamiento o estancamiento (CH); presencia de láminas de agua gruesas sobre la vía en instantes de lluvia (PA); ausencia de obras para manejo de escorrentía en taludes vecinos cuando sean necesarias (ET), etc.

**A = 0**, cuando se estime que el sistema de drenaje superficial presenta un funcionamiento adecuado y está en buen estado. La sección está construida en terraplén con una altura superior a 1.0 metro respecto del terreno natural, hecho que asegura un buen drenaje.

**A = 1**, cuando se considere que el drenaje superficial sea falto de efectividad por deficiencias en su mantenimiento, existencia de bermas permeables o por falta de obras transversales. La sección evaluada corresponde a una sección transversal mixta o con una sucesión de rellenos y cortes en cajón, así el sistema de drenaje superficial sea satisfactorio.



Imagen 5.1.1.4 Nivel de riesgo, parametro 2 (A=1) (Gonzales, 2008)

**A = 2**, cuando se considere que el drenaje superficial es totalmente inefectivo, bien por su ausencia o bien por su pésimo estado. La estructura del pavimento se encuentra al mismo nivel del terreno si la sección es topográficamente plana, sin posibilidades de evacuación natural del agua.



Imagen 2.3.15.5 Nivel de riesgo, parametro 2 (A=2) (Gonzales, 2008)

### Parámetro 3: Ambiente hidrogeológico del pavimento “H”

La presencia de alguno de los siguientes aspectos, pues ellos pueden tener efectos nocivos sobre la estructura del pavimento en relación con el drenaje:

Intercepción de corrientes temporales de agua con el pavimento: fuentes de agua hacia la vía, diferentes de la lluvia, tales como afloramientos, ojos de agua en los taludes aledaños, etc., que puedan humedecer el pavimento (FA). Abastecimiento lateral de agua hacia las capas del pavimento por presencia de estratos permeables en las zonas vecinas, tales como taludes rocosos agrietados (TV), suelo granular o coluvión, que puedan elevar nivel freático (KV). Nivel freático alto, con profundidad inferior a 1.0 metro bajo la sub-rasante (NF); problemas de capilaridad (CP).

Además de la existencia o no de los factores citados, se tendrán en cuenta el contexto topográfico y la conformación de la sección vial, calificando el ambiente hidrogeológico de acuerdo con los siguientes niveles:

**H = 0**, si el nivel freático es muy profundo y no existen fuentes de agua, temporales o permanentes, adicionales a la infiltración por precipitación. La lluvia anual es menor de 2000 mm

**H = 1**, si existen fuentes de agua sub-superficial cerca de la vía, que generan o pueden generar suministros a la calzada. La lluvia anual está entre 2000 mm y

4000 mm

**H = 2**, construcción en perfil transversal mixto, con corrientes provenientes de aguas arriba. Zonas de transición entre corte y relleno. Se presentan infiltraciones potentes, provenientes de captaciones laterales o de variaciones en el nivel freático que afectan la sub-rasante. La lluvia anual es mayor que 4000 mm

#### **Parámetro 4: Drenaje Sub - Superficial “D”**

El ingeniero se deberá guiar por los planos de construcción de la vía, por la observación de tuberías y de filtros que llegan a las cajas de entrada de las alcantarillas, por la presencia de diferentes daños o circunstancias sobre la vía que pudieran tener relación con problemas de drenaje sub - superficial y por el registro de los deterioros el pavimento.

Ausencia de sistemas de drenaje sub-superficial (ASD); descargas de filtros o sub-drenes secas u obstruidas en cajas de inspección (OF); drenes horizontales secos u obstruidos en época lluviosa (DH).

En relación con los deterioros del pavimento: afloramiento o flujo de agua sobre la calzada o cerca de la vía, con material fino por las fisuras existentes en la carpeta, en épocas secas o cuando no hay lluvia (AF); fisuramientos longitudinales en los bordes de la calzada o entre la calzada y la berma (FL); ahuellamientos (AH); depresiones o hundimientos longitudinales o transversales del pavimento, (DL, DT).

La calificación del drenaje subterráneo se realizará teniendo en cuenta la presencia de los fenómenos anteriormente descritos, de acuerdo con los siguientes niveles:

**D = 0**, cuando existe sistema de drenaje subterráneo y el ingeniero presume que es adecuado porque evacúa apropiadamente el agua interna proveniente de las zonas laterales y del pavimento y no se presenta ninguno de los fenómenos adversos descritos en este numeral.

**D = 1**, si existe el sistema de sub-drenaje y está bien ubicado, pero no resulta suficientemente efectivo por falta de mantenimiento.

**D = 2**, si la vía requiere un sistema de drenaje subterráneo y éste no existe o no funciona adecuadamente, pues se observan problemas debido a su inoperancia.

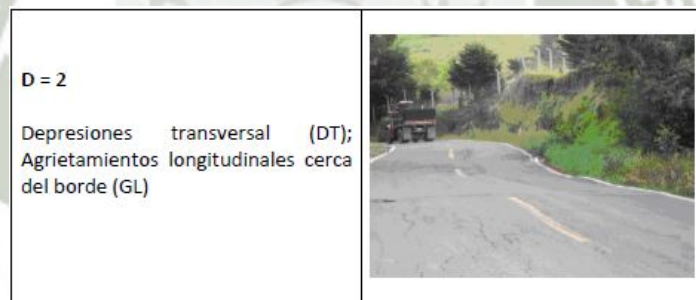


Imagen 2.3.15.6 Nivel de riesgo, parametro 4 (D=2) (Gonzales, 2008)

### **Parámetro 5: Sensibilidad de la Sub - Rasante al agua "S"**

El ablandamiento de la sub - rasante debido al incremento del contenido de humedad e igualmente, la presencia de arcillas expansivas, arenas sueltas, etc., puede afectar el desempeño de la estructura del pavimento en presencia de agua.

Este parámetro se calificará de acuerdo con los siguientes niveles:

**S = 1**, si se considera que el suelo de sub-rasante puede ser sensible al agua, pero no presenta evidencias de ello.

**S = 2**, cuando se trate de suelos evidentemente sensibles al agua por pérdida de capacidad de soporte o por cambios de volumen.



Imagen 2.3.15.7 Nivel de riesgo, parametro 5, (S=2) (Gonzales, 2008)

**S = 0**, si el suelo es insensible al agua o la sub-rasante ha sido tratada con algún estabilizante que reduce su susceptibilidad al agua.

**Parámetro 6: Sensibilidad al agua y capacidad de drenaje de las capas inferiores del pavimento “M”**

Los resultados de la evaluación destructiva de la calzada ofrecen información sobre las propiedades de las diversas capas del pavimento y la sub - rasante, permitiendo establecer relaciones entre ellas y los deterioros asociados a la humedad, detectados durante la evaluación visual. Para calificar la sensibilidad al agua y la capacidad de drenaje de las capas inferiores del pavimento se tendrán en cuenta sus materiales constitutivos y se aplicarán los siguientes niveles:

**M = 0**, si la base es de concreto asfáltico o estabilizada con algún producto Bituminoso.

**M = 1**, si la base es estabilizada con un ligante hidráulico.

**M = 2**, cuando las capas de base y sub-base son granulares no tratadas.

## CAPITULO 3

### REGISTRO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO

#### 3.1. REGISTRO Y EVALUACIÓN: EFECTO DE LOS VEHÍCULOS SOBRE EL PAVIMENTO URBANO

##### 3.1.1. Vialidad de las zonas de estudio

*El distrito de José Luis Bustamante y Rivero cuenta con 8 vías principales, de las cuales se eligió la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres y la avenida Hartley para el presente estudio, ambas, en la actualidad son vías consolidadas con superficies de rodadura flexible.*

*Las mencionadas, son en su recorrido la unión de sistemas viales hacia zonas de desarrollo comercial y productivo.*

##### 3.1.1.1. Uso del suelo en el distrito

Al año 2005, el desarrollo del distrito considera en porcentaje las incidencias de las zonas con más desarrollo. Gráfico 3.1.1.1.1, en la misma podemos ver, que el uso extensivo, es el de vivienda en 85% y la incidencia de vías, se encuentra en 4.9%. En el año 2017, se espera que el segundo (vías) se desarrolle más, debido al aumento del parque automotor, por su uso amplio como medio de transporte urbano preferido.

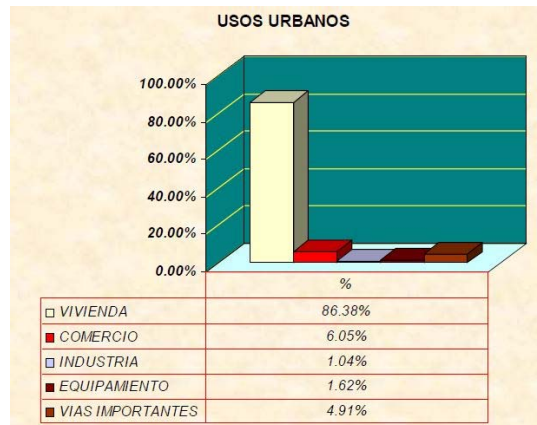


Gráfico 3.1.1.1.1 Usos urbanos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero (Percy Condori Rodríguez, Víctor Diban Rojas, 2005)

Las incidencias nos permiten inferir el comportamiento que deberían tener los pavimentos de acuerdo a su uso. Por las fuentes generadoras de movimiento como son el sector vivienda, comercio, industria y equipamiento, estas se ven dependientes de su desarrollo y condiciones.

### 3.1.1.2. Infraestructura vial en el distrito

Al año 2003 la proporción del pavimento tipo flexible y rígido tenían una incidencia como se muestra en la siguiente grafico **3.1.1.2.1**

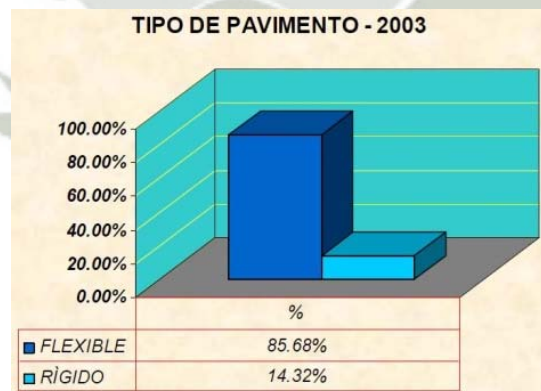


Gráfico 3.1.1.2.1 Infraestructura vial de José Luis Bustamante y Rivero (Percy Condori Rodríguez, Víctor Diban Rojas, 2005)

En el distrito, la infraestructura de vías tiene una longitud total de 15446,18 ml., con topologías de pavimento (flexible y rígido), siendo la flexible la de mayor utilización (Percy Condori Rodriguez, Victor Diban Rojas, 2005).

La imágenes **3.1.1.2.1** ejemplifica la planimetría general de las zonas en estudio, podemos mencionar que buena parte de los volúmenes que reciben los tramos de la avenida A. Avelino C. imagen **3.1.1.2.2**, provienen del terminal terrestre atravesando la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres y para la zona de la avenida Hartley imagen **3.1.1.2.3** sus volúmenes toman en su trayectoria, los generados por la avenida estados unidos



Imagen 3.1.1.2.1 Plano general de los tramos evaluados en distrito de José Luis Bustamante y Rivero (EP)

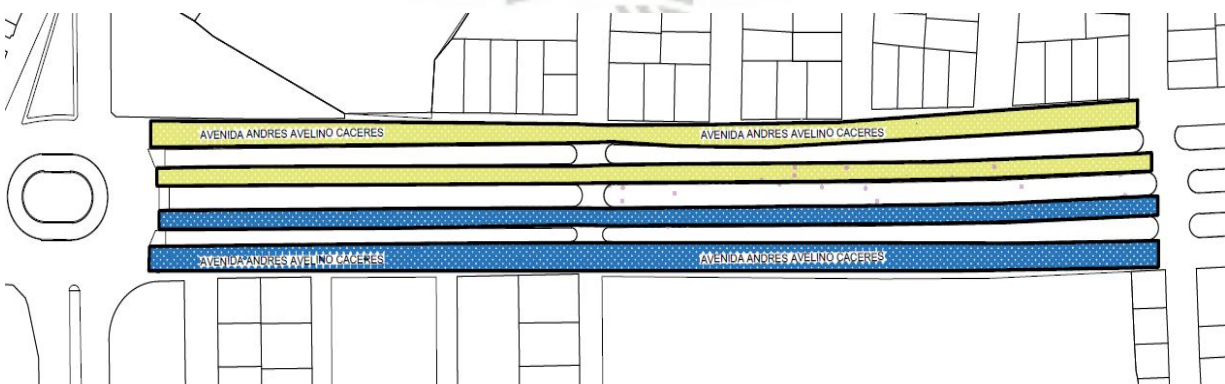


Imagen 3.1.1.2.2 Tramos en la avenida Andrés Avelino Cáceres, ascendente azul y descendente amarillo (EP)



Imagen 3.1.1.2.3 Tramos en la avenida Hartley, ascendente azul y descendente amarillo (EP)

El estudio de volúmenes de tránsito del proyecto se ubica en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero:

- 1) Primera cuadra de la prolongación Andrés Avelino Cáceres (desde el óvalo homenaje al cuerpo de bomberos hasta calle Guatemala)
- 2) Primera cuadra de la avenida Hartley (desde intersección Av. Dolores y Estados Unidos hasta el óvalo del paseo de la cultura)

### 3.1.2. Registro de aforos para el estudio de volúmenes vehiculares

Como parte del estudio de volúmenes se confeccionó un cronograma de los días que se llevó el conteo o aforo vehicular. En la tabla 3.1.2.1, se llega a apreciar las zonas evaluadas por días. Con una intersección común el tiempo del aforo vehicular marcado.

Tabla 3.1.2.1 Cronograma para las horas de aforo por día (EP)

	Lunes 25	Martes 26	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29	Sábado 30	Domingo 1
<b>Volumen y clasificación vehicular:</b>							
Ovalo del Avelino en dirección a Av. dolores	1h y 30 min De 7@8:30	1h y 30 min De 7@8:30	1h y 30 min De 7@8:30	1h y 30 min De 7@8:30	1h y 30 min De 7@8:30	1h y 00 min De 8@9:00	1h y 00 min De 8@9:00
Ovalo en la primera cuadra Av. Hartley	1h y 30 min De 9@10:30	1h y 30 min De 9@10:30	1h y 30 min De 9@10:30	1h y 30 min De 9@10:30	1h y 30 min De 9@10:30	1h y 00 min De 8@9:00	1h y 00 min De 8@9:00

Las estaciones de aforo se muestran en la imagen 3.1.2.1, la estación 1 "azul" se ubica en la avenida Andrés Avelino Cáceres y estación 2 "rojo", se ubica sobre la avenida Hartley, ambas zonas consolidadas con movimiento de masivo de personas, siendo áreas de influencia para el desarrollo de actividades comerciales.

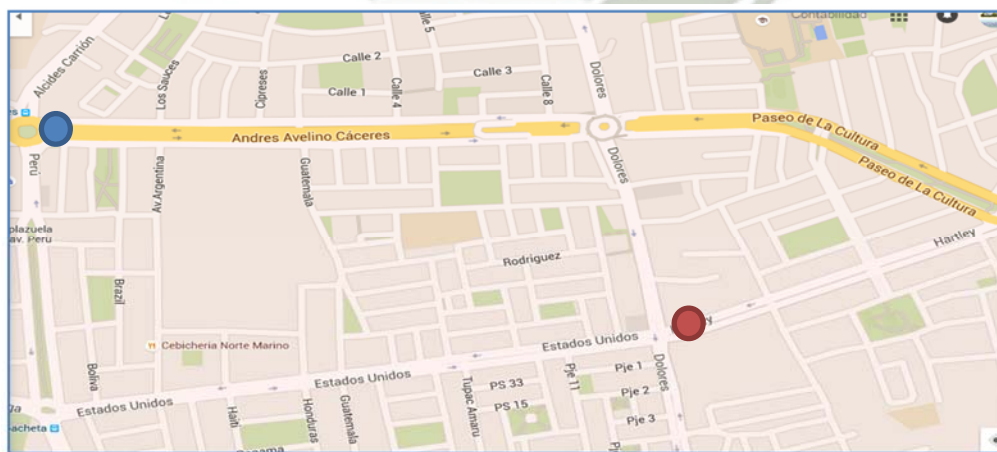


Imagen 3.1.2.1 Estaciones de control (EP)



Imagen 3.1.2.2 Zona de conteo ovalo de prolongación A. Avelino C "Punto azul" (EP)



Imagen 3.1.2.3 Zona de conteo en la avenida Hartley "Punto rojo" (EP)

Las imágenes **3.1.2.2** y **3.1.2.3**, muestran los puntos de inicio del aforo para la avenida Andrés Avelino Cáceres y avenida Hartley respectivamente.

### 3.1.3. Variables a considerar para el estudio vehicular urbano

Para encontrar el TPDA, se le definió como el número de vehículos o peatones, que pasan por un punto, sección transversal o por un carril de una calzada, durante un período determinado de tiempo (Mayor, 1994). Se expresa con la ecuación

$$Q := \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos / periodo)

N = Numero total de vehiculos que pasan

## Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda (VHMD)

En zonas urbanas la variación de volumen de tránsito para un sector tiende a ser repetitiva y consistente en varios días de la semana. En cualquier caso se debe conocer la variación del volumen en las horas de máxima demanda este último normalmente no es uniforme (Mayor, 1994). El factor horario de máxima se calculara (FHMD) como

$$FHMD := \frac{VHMD}{(N) (q_{max})}$$

Donde:

FHMD = Factor de la hora de maxima demanda

VHMD = Volumen horario de maxima demanda

q<sub>max</sub> = Flujo maximo

N = Numero de periodos durante la hora de maxima demanda

La información sobre los volúmenes de tránsito es de gran utilidad en el planeamiento del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación. La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (TPDA), corresponde a la siguiente ecuación

$$TPDA := TPDs \cdot FCm$$

$$TPDs := \frac{(\sum VI) + Vs + (Vd)}{7}$$

Donde:

TPDA = Transito promedio diario anual

TPDs = Volumen clasificado promedio de la semana

FCm = Factor de correccion segun el mes que se efectuo el aforo

VI = Volumen clasificado, dia laboral (Lunes, Martes, Miercoles, Jueves, Viernes)

Vs = Volumen del dia sabado

Vd = Volumen del dia domingo

### 3.1.4. Resultados del conteo vehicular semanal

Los principales resultados de los conteos volumétricos de tráfico será la obtención del

- Tránsito promedio diario anual, TPDA junto con este se tendrá la composición del tráfico que circula en el tramo de estudio.
- Y su distribución horaria con la cual se puede calcular el máximo volumen horario.

#### **Registro del conteo vehicular para los días con más incidencia prolongación A.A.Caceres y Hartley**

El siguiente cuadro **3.1.4.1** muestra el conteo para el día lunes 25 y viernes 29 de abril del 2016 para la prolongación Andrés Avelino C. y Hartley por ser los días con más incidencia registrada en la semana, cuadro **3.1.4.2**.

- Este registro considera de acuerdo al aforo, los tipos de vehículos más representativos que tuvieron lugar los días especificados.
- Los formatos para los volúmenes vehiculares totalizan en horizontal los vehículos mixtos para cada intervalo de 5 minutos
- También totalizan en vertical el tipo de vehículos contado para el día en particular.
- Los cuadros **3.1.4.3 y 4** ejemplifican lo encontrado para la avenida Hartley. Su principal diferencia con la otra zona en evaluación es la gradiente de vehículos pesados, siendo para Hartley menor en relación a prolongación .A.A.C.

Cuadro 3.1.4.1 Formato de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, lunes 25 de abril 2016, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

VARIACION DE VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA												
FORMATO DE CAMPO_ día lunes 25 de abril												
LUGAR			Ovalo de la avenida A.Avelino C			FECHA			25/04/2016			
ESTADO DE PAVIMENTO			Deteriorado			SENTIDO			carriles hacia Av dolores			
ESTADO DE TIEMPO			Soleado y con viento			AFORADOR			G.Vladimir R.G.			
NUMERO DE CARRILES			1 carril de 5 m			Hora			7:00 @ 8:30			
PENDIENTE APROXIMADA			1.5%									
PERIODOS	MOTO	TAXI	AUTO	CAMIONETA	CUSTER	BUS	CAMION	TRAYLER	S/C	TOTAL MIXTOS	HORA	Total cada 15
7:00 - 7:05	4	39	33		5	2				84	7:00 - 7:15	272
7:05 - 7:10	5	44	35	3	4	1	2			94		
7:10 - 7:15	5	55	29	1	2		2			94		
7:15 - 7:20	2	48	44		2		3			99	7:15 - 7:30	286
7:20 - 7:25	3	52	32	4	3		6	1		101		
7:25 - 7:30		47	33	1	1	1	2	1		86		
7:30 - 7:35	4	39	38	3	6					90	7:30 - 7:45	280
7:35 - 7:40	5	32	37	4	4	2		1		85		
7:40 - 7:45	2	50	45	1	4		2	1		105		
7:45 - 7:50	3	48	43		5		3	1		103	7:45 - 8:00	289
7:50 - 7:55		35	40		5	1		4		85		
7:55 - 8:00	3	44	46	2	1		3	2		101		
8:00 - 8:05	5	37	38		4		4			88	8:00 - 8:15	261
8:05 - 8:10	1	30	33		1	2	2	2		71		
8:10 - 8:15	3	49	37	2	5	1	1	4		102		
8:15 - 8:20	5	52	46		3		2			108	8:15 - 8:30	255
8:20 - 8:25	3	34	27		4			1		69		
8:25 - 8:30	2	30	38	1	3	1	1	2		78		
<b>Totalesxclase</b>	<b>55</b>	<b>765</b>	<b>674</b>	<b>22</b>	<b>62</b>	<b>11</b>	<b>33</b>	<b>21</b>	<b>Σ (5min)</b>	<b>1125</b>	<b>Σ (15min)</b>	<b>1116</b>

Cuadro 3.1.4.2 Formato de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, viernes 29 de abril 2016, Prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

VARIACION DE VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA												
FORMATO DE CAMPO_ día viernes 29 de abril												
LUGAR			Ovalo de la avenida A.Avelino C.			FECHA			29/04/2016			
ESTADO DE PAVIMENTO			Deteriorado			SENTIDO			carriles hacia Av dolores			
ESTADO DE TIEMPO			con viento a partir de las 8:00 am			AFORADOR			G.Vladimir R.G.			
NUMERO DE CARRILES			1 carril de 5 m			Hora			7:00 @ 8:30			
PENDIENTE APROXIMADA			1.5%									
PERIODOS	MOTO	TAXI	AUTO	CAMIONETA	CUSTER	BUS	CAMION	TRAYLER	S/C	TOTAL MIXTOS	HORA	Total cada 15
7:00 - 7:05	2	48	23	6	6	1	6	2		94	7:00 - 7:15	297
7:05 - 7:10	3	56	34	1	3	2	5			104		
7:10 - 7:15	1	63	22	3	4	3	3			99		
7:15 - 7:20	3	52	22	4	7	1	4	2		95	7:15 - 7:30	265
7:20 - 7:25		54	39		2		1			96		
7:25 - 7:30		37	31		4		2			74		
7:30 - 7:35	3	66	34	3	6	1	4	1		118	7:30 - 7:45	341
7:35 - 7:40	2	48	28	3	4	1	1	1		88		
7:40 - 7:45	6	77	40	2	4		4	2		135		
7:45 - 7:50	5	48	41	1	6	1	3	1		106	7:45 - 8:00	286
7:50 - 7:55	8	50	23	1	3		3			88		
7:55 - 8:00	2	57	22	4	4	1	1	1		92		
8:00 - 8:05	8	58	37	3	5		8			119	8:00 - 8:15	367
8:05 - 8:10	4	59	43	5	4		4			119		
8:10 - 8:15	3	70	44	4	4		3	1		129		
8:15 - 8:20	1	64	30	8	3		3	1		110	8:15 - 8:30	318
8:20 - 8:25	4	58	26	7	5		4	1		105		
8:25 - 8:30	3	53	38	1	2		4	2		103		
<b>Totalesxclase</b>	<b>58</b>	<b>1018</b>	<b>577</b>	<b>56</b>	<b>76</b>	<b>11</b>	<b>63</b>	<b>15</b>	<b>Σ (5min)</b>	<b>1312</b>	<b>Σ (15min)</b>	<b>1312</b>

Cuadro 3.1.4.3 Ejemplo de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, lunes 25 de abril 2016, avenida Hartley (EP)

VARIACION DE VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA												
FORMATO DE CAMPO_ día lunes 25 de abril												
LUGAR		Ovalo sobre la interseccion Av. Dolores con Estados Unidos				FECHA		25/04/2016				
ESTADO DE TIEMPO		Deteriorado Soleado y con viento				SENTIDO		carriles hacia Av dolores				
NUMERO DE CARRILES		1 carril de 5 m				AFORADOR		G.Vladimir R.G.				
PENDIENTE APROXIMADA		1.5%				Hora		9:00 @ 10:30				
PERIODOS	MOTO	TAXI	AUTO	CAMIONETA	CUSTER	BUS	CAMION	TRAYLER	S/C	TOTAL MIXTOS	HORA	Total cada 15
9:00 - 9:05	3	32	25		6		2			68	9:00 - 9:15	227
9:05 - 9:10	2	38	29	1	5		5	1		81		
9:10 - 9:15		42	29		4		3			78		
9:15 - 9:20	1	42	49		7		2			101	9:15 - 9:30	281
9:20 - 9:25	1	40	37		6					84		
9:25 - 9:30	4	41	45		2		4			96		
9:30 - 9:35	2	55	48	2	7	2		2		118	9:30 - 9:45	304
9:35 - 9:40	4	45	46	2	6					103		
9:40 - 9:45	2	35	38	1	7					83		
9:45 - 9:50	2	50	51		6		1			110	9:45 - 10:00	318
9:50 - 9:55	1	60	45		6		1	1		114		
9:55 - 10:00		43	42		8		1			94		
10:00 - 10:05	2	50	38		5		2			97	10:00 - 10:15	284
10:05 - 10:10	4	53	42		6		1			106		
10:10 - 10:15	2	42	33		3		1			81		
10:15 - 10:20	2	47	36		7	1	1			94	10:15 - 10:30	267
10:20 - 10:25	1	56	37		6		1			101		
10:25 - 10:30	2	35	30		5					72		
Totalesxclase	35	806	700	6	102	3	25	4	Σ (5min)	1187	Σ (15min)	1187

Cuadro 3.1.4.4 ejemplo de conteo vehicular diario para las áreas de estudio, viernes 29 de abril 2016, avenida Hartley (EP)

VARIACION DE VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA												
FORMATO DE CAMPO_ día viernes 29 de abril												
LUGAR		Ovalo sobre la interseccion Av. Dolores con Estados Unidos				FECHA		29/04/2016				
ESTADO DE PAVIMENTO		Deteriorado con viento a partir de las 8:00 am				SENTIDO		carriles hacia Av dolores				
ESTADO DE TIEMPO						AFORADOR		G.Vladimir R.G.				
NUMERO DE CARRILES		1 carril de 5 m				Hora		9:00 @ 10:30				
PENDIENTE APROXIMADA		1.5%										
PERIODOS	MOTO	TAXI	AUTO	CAMIONETA	CUSTER	BUS	CAMION	TRAYLER	S/C	TOTAL MIXTOS	HORA	Total cada 15
9:00 - 9:05		58	28		6		2			94	9:00 - 9:15	267
9:05 - 9:10	2	49	17	1	5		5	1		80		
9:10 - 9:15	1	67	18		4		3			93		
9:15 - 9:20	1	80	22		7		2			112	9:15 - 9:30	311
9:20 - 9:25	2	66	23		6					97		
9:25 - 9:30	1	74	21		2		4			102		
9:30 - 9:35	2	85	34	2	7	2		2		134	9:30 - 9:45	355
9:35 - 9:40	2	76	31	2	6					117		
9:40 - 9:45	2	62	32	1	7					104		
9:45 - 9:50	2	74	31		6		1			114	9:45 - 10:00	345
9:50 - 9:55	1	63	44		6		1	1		116		
9:55 - 10:00	2	71	33		8		1			115		
10:00 - 10:05	1	66	18		5		2			92	10:00 - 10:15	249
10:05 - 10:10		54	24		6		1			85		
10:10 - 10:15		43	25		3		1			72		
10:15 - 10:20		33	28		7	1	1			70	10:15 - 10:30	190
10:20 - 10:25	2	34	20		6		1			63		
10:25 - 10:30		35	17		5					57		
Totalesxclase	21	1090	466	6	102	3	25	4	Σ (5min)	1260	Σ (15min)	1260

### 3.1.5. Proyección de tránsito futuro

En vista que el estudio del pavimento flexible de la vía se basa en el tráfico actual, resulta necesario realizar las proyecciones de Tránsito Futuro para ver las condiciones que se esperan en cuanto a volúmenes y cargas. Y que estas reflejen aspectos en su desarrollo y funcionamiento.

- Su proyección estará en función de la vida útil del pavimento, las tasas de crecimiento demográficas y macroeconómicas (Valdivieso, 2008). Se expresa con la ecuación

$$TF := TA + IT$$

Donde:

TF = Tránsito futuro

TA = Tránsito actual

IT = Incremento de tránsito

- El incremento de tránsito, es el volumen que se espera use la vía en mantenimiento en el año futuro seleccionado.

Éste tránsito se compone del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT). El cual se cuantifica a través de una tasa de crecimiento vehicular, para un periodo de diseño de “n” años, empleando la siguiente ecuación (Valdivieso, 2008)

$$CNTf := TA \cdot ((1 + i)^n - 1)$$

Donde:

i = Tasa de crecimiento

n = Año futuro de proyección

- Las tasas de crecimiento vehicular varían dependiendo del tipo de vehículo. La determinación de las mismas se realiza a partir de

series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio o de otras vías de naturaleza similar.

### 3.1.6. Tasas de crecimiento vehicular utilizadas

El parque automotor del distrito está compuesto básicamente por unidades ligeras y vehículos pesados. Se ha considerado como tasa de crecimiento del tráfico ligero a la proyección de crecimiento poblacional, y como tasa de crecimiento del tráfico pesado a la proyección de crecimiento del Producto Bruto Interno.

El resumen de los datos tanto para la avenida Andrés Avelino Cáceres como para la avenida Hartley es:

- Vehículos ligeros = Tasa de crecimiento al 1.3 %
- Vehículos pesados = Tasa al 0.8 %<sup>19</sup>
- Los factores de crecimiento para vehículos ligeros y pesados en 1.14657633 y 1.13632009 respectivamente.
- Con los siguientes datos pretendemos cumplir con el objetivo general y más importante, su representación muestral en función de una población mucho mayor de volúmenes y cargas en el pavimento flexible urbano.

---

<sup>19</sup> Instituto nacional de estadística e informática INEI,  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0015/cap-52.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0015/cap-52.htm)

### 3.1.7. Gráficos del movimiento vehiculares semanal: prolongación Andrés

#### Avelino Cáceres y Hartley

- Los gráficos **3.1.7.1, 2, 3 y 4** representan los resultados del análisis de volúmenes por días de la avenida Andrés Avelino Cáceres.
- Los gráficos **3.1.7.5, 6, 7 y 8** del análisis para la avenida Hartley se explican con las gráficas de columnas para los vehículos de menor incidencia y en gráfico de líneas para los vehículos que dominan el paisaje (vehículos ligeros) y se hace énfasis en los volúmenes totales, como representación global de la situación actual.
- Los volúmenes de autos para uso de transporte de personas denominado taxi “Tico Daewoo” ocupa el primer lugar en lo que se refiere a vehículos que pasan por el carril de diseño, y el segundo lugar lo ocupan los vehículos particulares, con una tendencia parecida o igual en ciertos intervalos.
- El indicador transito promedio diario anual muestra un incremento sustancial, que no hace más que ejemplificar una demanda por más vehículos que van agotando aún más el espacio urbano ya deteriorado.
- Los gráficos **3.1.7.9 y 10**, muestran los volúmenes semanales con máxima demanda en cada zona evaluada.

## Volúmenes de tránsito para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres

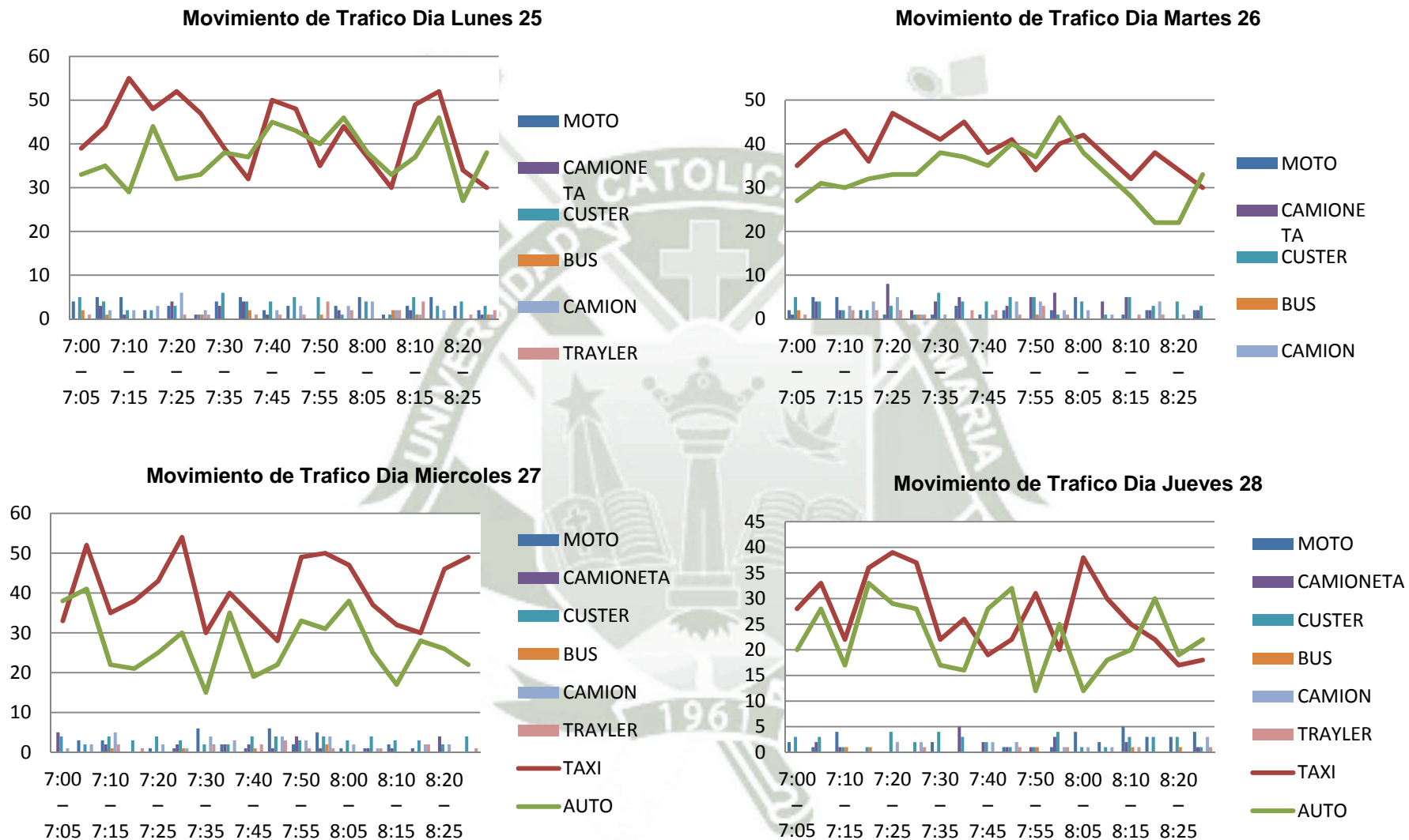


Gráfico 3.1.7.1 Volúmenes del tráfico por tipo de vehículo al día (EP)

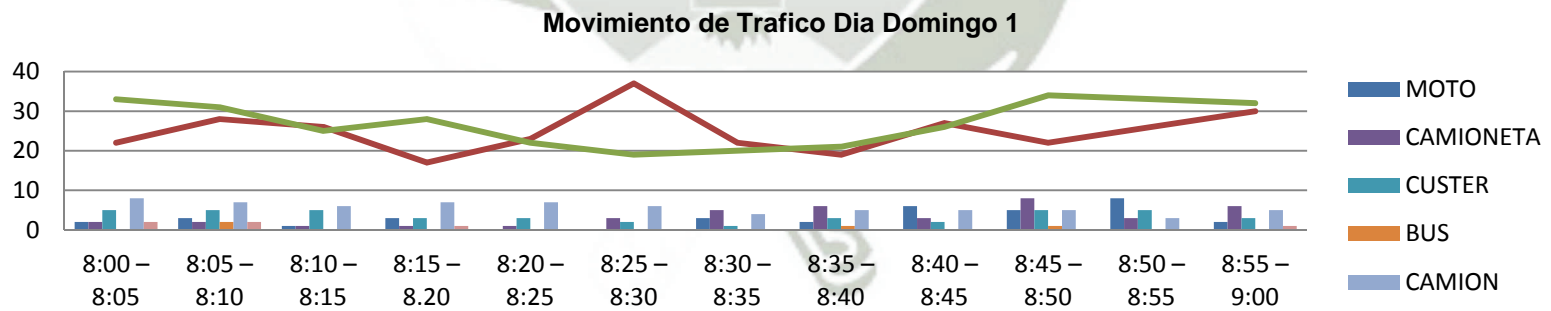
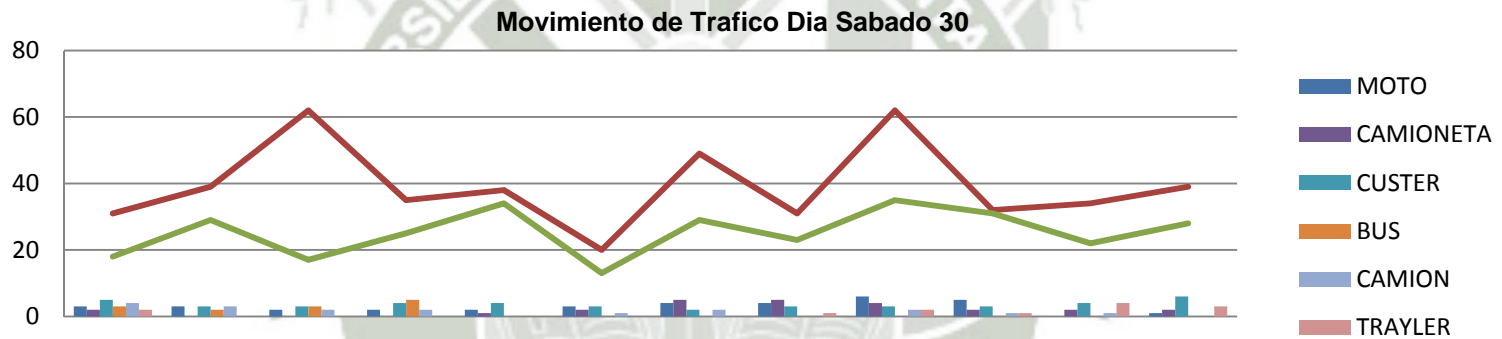
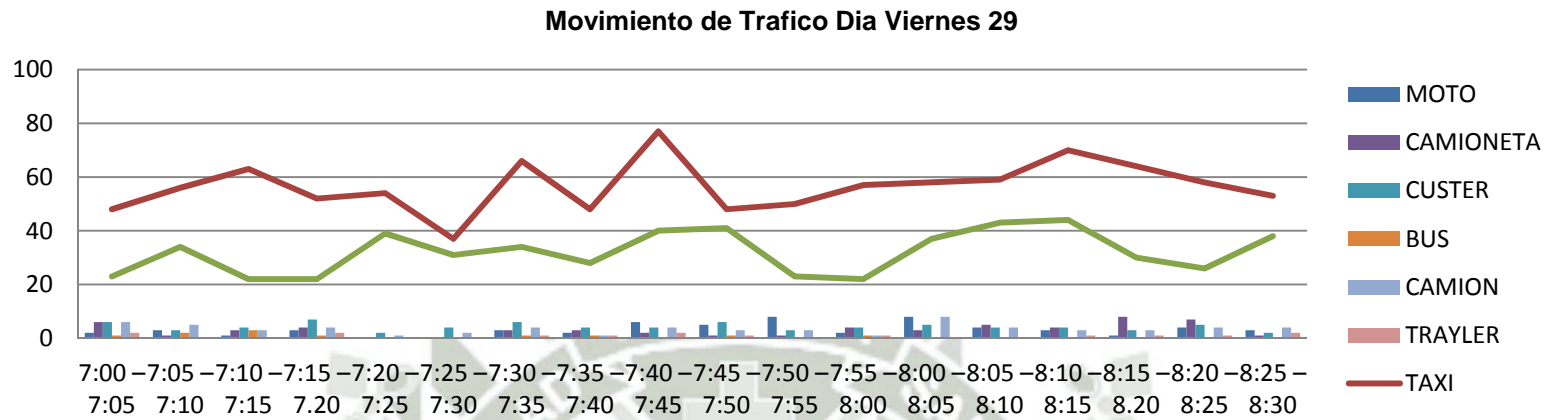


Gráfico 3.1.7.2 Volúmenes de fin de semana (EP)

**Transito promedio diario semanal por el método de los factores de expansión zona de la avenida Andrés Avelino Cáceres**

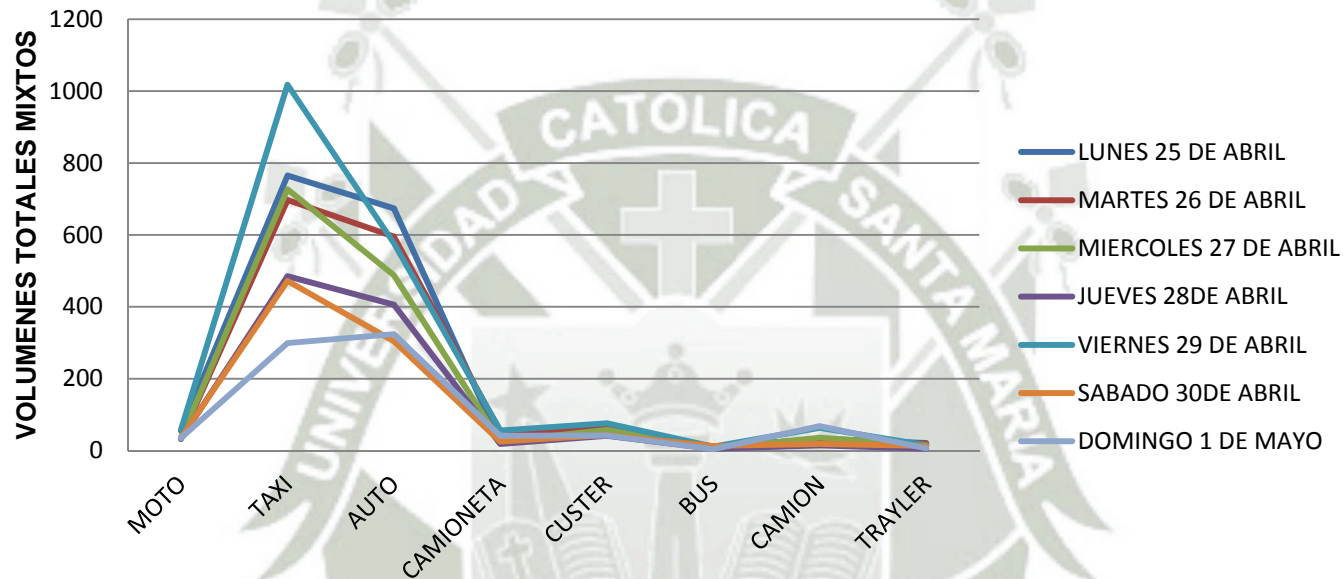


Gráfico 3.1.7.3 Volúmenes totales mixtos en la prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

Un aspecto a contrastar será el volumen de vehículos pesados más elevados para la prolongación A.A.C., Que para la avenida Hartley, esto marca la diferencia en los deterioros que puedan o no desarrollar en el tiempo.

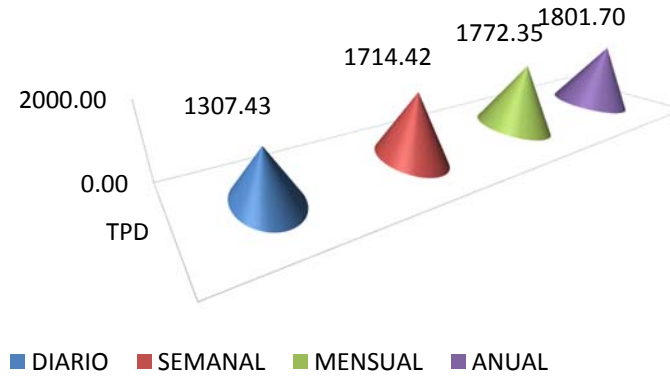


Gráfico 3.1.7.4 Transito promedio diario anual (EP)

El transito promedio anual, se calculó a través de dos métodos a contrastar, buscando en los resultados una tendencia óptima de este indicador.

## 1) Factores de corrección estacional Prolongación Andrés A. Cáceres

### TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

$$TPDA = TPDS * FC_m$$

Expansion a TPD anual

Factor de expansion

TPDA

0.96	1.03	1.03	0.97	0.89	0.89	0.96	0.86	
41.51	899.61	678.89	43.08	70.13	9.68	48.44	10.36	1801.70

LOS FACTORES DE CORRECCION ESTACIONAL, SE EXTRAJERON DE IDISA, mejoramiento de tramo de carretera, pagina 15

$$TPDA = 1801.70 \text{ vehiculos}$$

## 2) Niveles de confianza Prolongación Andrés A. Cáceres

El rango del tránsito promedio diario anual (TPDA) está dado por:

$$TPDA = TPDS \pm z_c \frac{s}{\sqrt{n}} \left[ \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Para  la confiabilidad es  $Z_c =$

Siendo

N	numero de dias del año	365
n	numero de dias de	7
s	desviacion estandar	457

$$TPDA = 1498.31 + 280.85 = 1779.16 \text{ valores maximos de vehiculos}$$

$$1498.31 - 280.85 = 1217.46 \text{ valores minimos de vehiculos}$$

$$TPDA = 1779.16 \text{ vehiculos}$$

Podemos apreciar que los resultados guardan buena afinidad por ambos métodos, fijando el TPDA para el área en estudio prolongación Andrés Avelino Cáceres en 1800 vehículos.

Ahora se presentan los mismos datos para la avenida Hartley

### 1) Factores de corrección estacional avenida Hartley

#### TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

$$TPDA = TPDS * FC m$$

Expansion a TPD anual

Factor de expansion	0.96	1.03	1.03	0.97	0.89	0.89	0.96	0.86	
TPDA	23.24	890.94	495.06	28.72	101.54	32.33	14.81	0.87	<b>1587.51</b>

$$TPDA = 1587.51 \text{ vehiculos}$$

### 2) Niveles de confianza avenida Hartley

El rango del tránsito promedio diario anual (TPDA) está dado por:

$$TPDA = TPDS \pm z_c \frac{s}{\sqrt{n}} \left[ \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Para  la confiabilidad es  $Z_c =$

Siendo

N	numero de dias del año	365
n	numero de dias de	7
s	desviacion estandar	459

TPDA =	1312.50	+	282.17	1594.67	valores maximos de vehiculos
	1312.50	-	282.17	1030.33	valores minimos de vehiculos

$$TPDA = 1594.67 \text{ vehiculos}$$

El valor del TPDA con buena afinidad para la avenida Hartley se fijara en 1600 vehículos.

## Volúmenes de tránsito para la Avenida Hartley

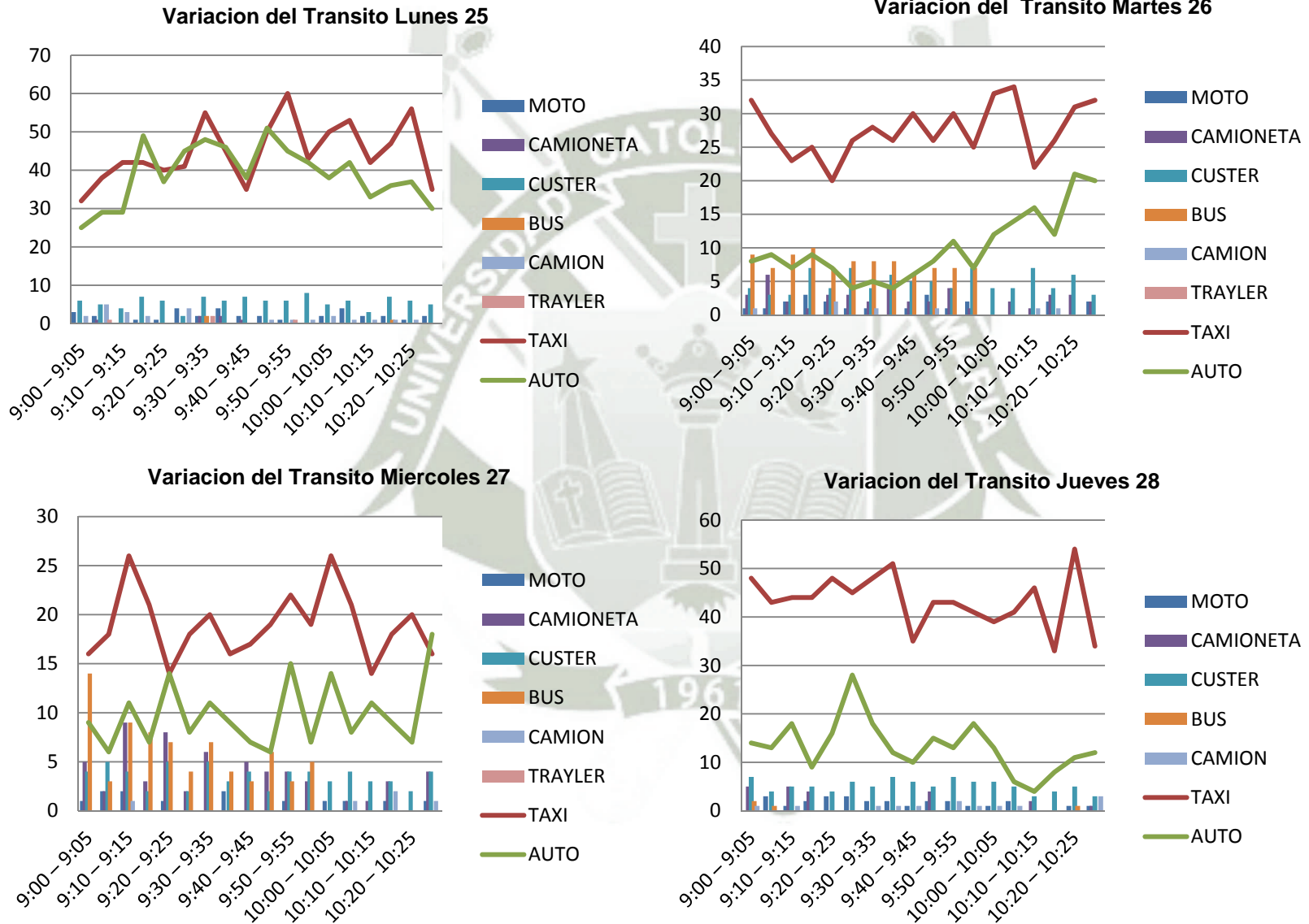
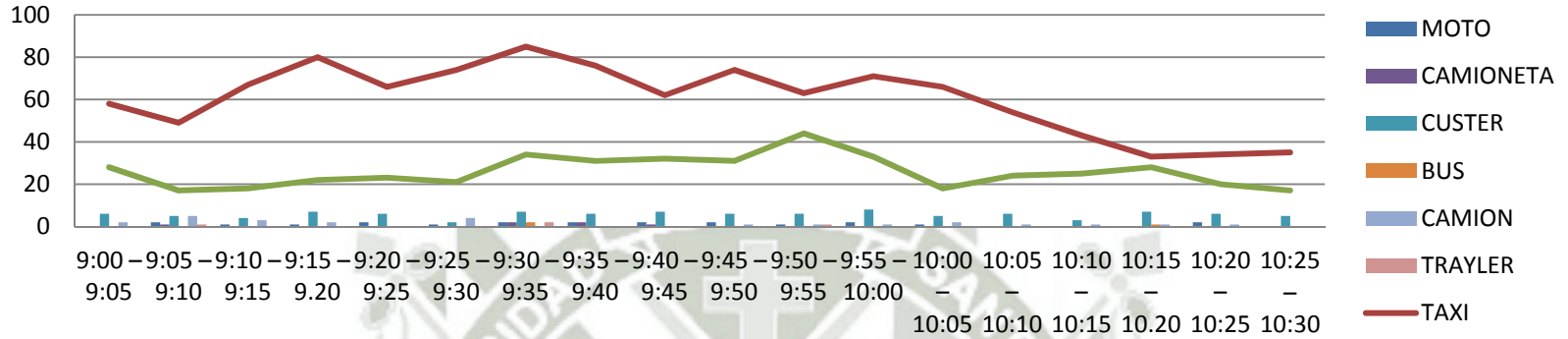
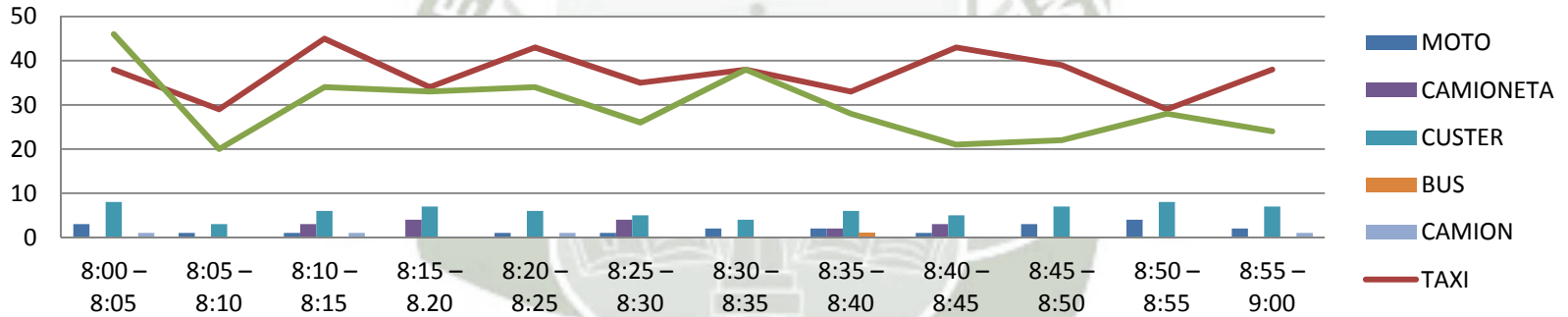


Gráfico 3.1.7.5 Volúmenes del tráfico por tipo de vehículo al día (EP)

Variación del Tránsito Viernes 29



Variación del Tránsito Sábado 30



Variación del Tránsito Domingo 1

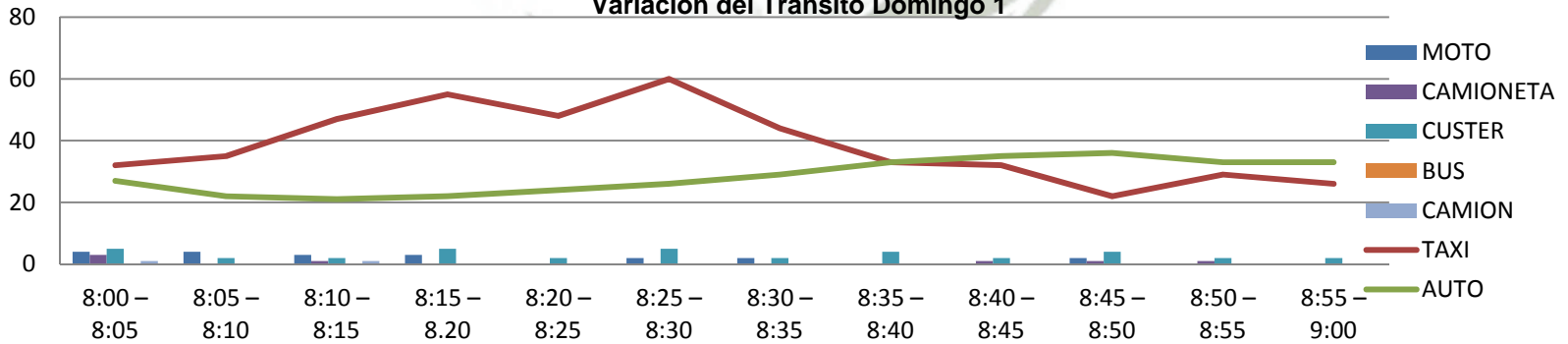


Gráfico 3.1.7.6 Volúmenes de fin de semana (EP)

### Transito promedio diario semanal por el método de los factores de expansión zona avenida Hartley

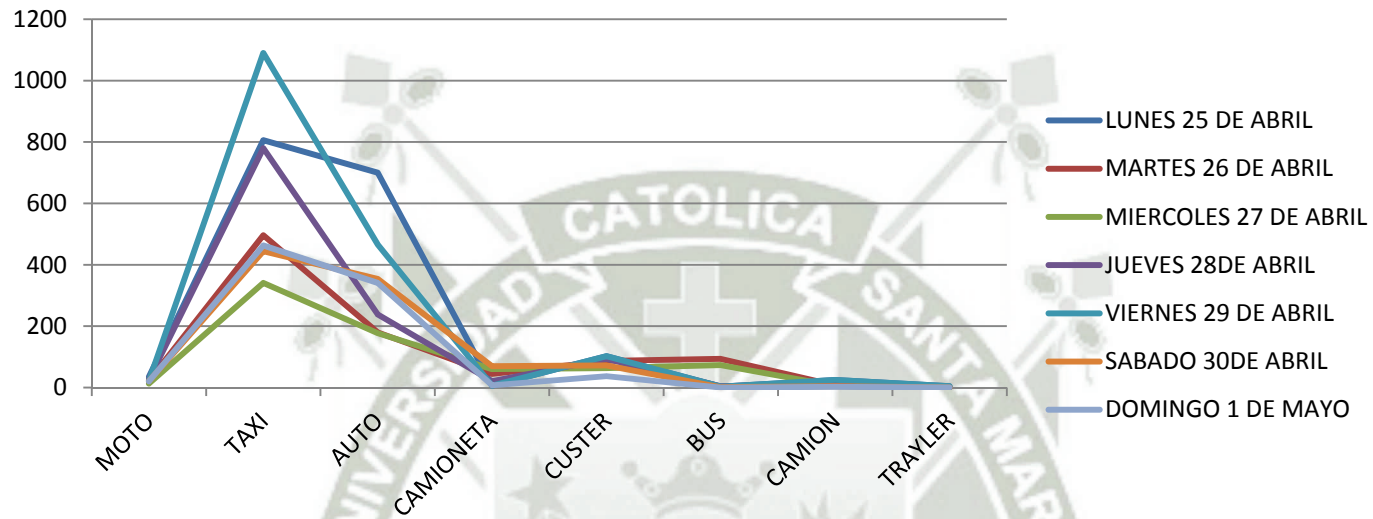
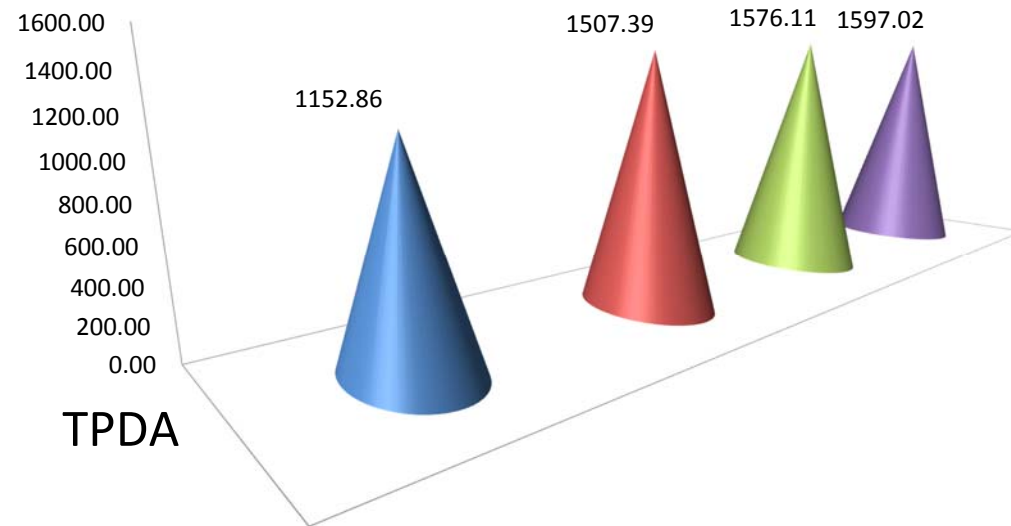


Gráfico 3.1.7.7 Volúmenes totales mixtos avenida Hartley (EP)

Como se afirmó anteriormente para la avenida Hartley la incidencia de vehículos pesados es menos pronunciada que para la prolongación Andrés Avelino Cáceres. La relación de cargas por vehículos pesados y la condición superficial de la vía, no debería ser la principal al jugar su condición, como buena o mala. La pendiente podría ser un factor determinante en estudios futuros sobre su condición deteriorada de la vía.



■ DIARIO ■ SEMANAL ■ MENSUAL ■ ANUAL

Gráfico 3.1.7.8 Transito promedio diario anual avenida Hartley (EP)

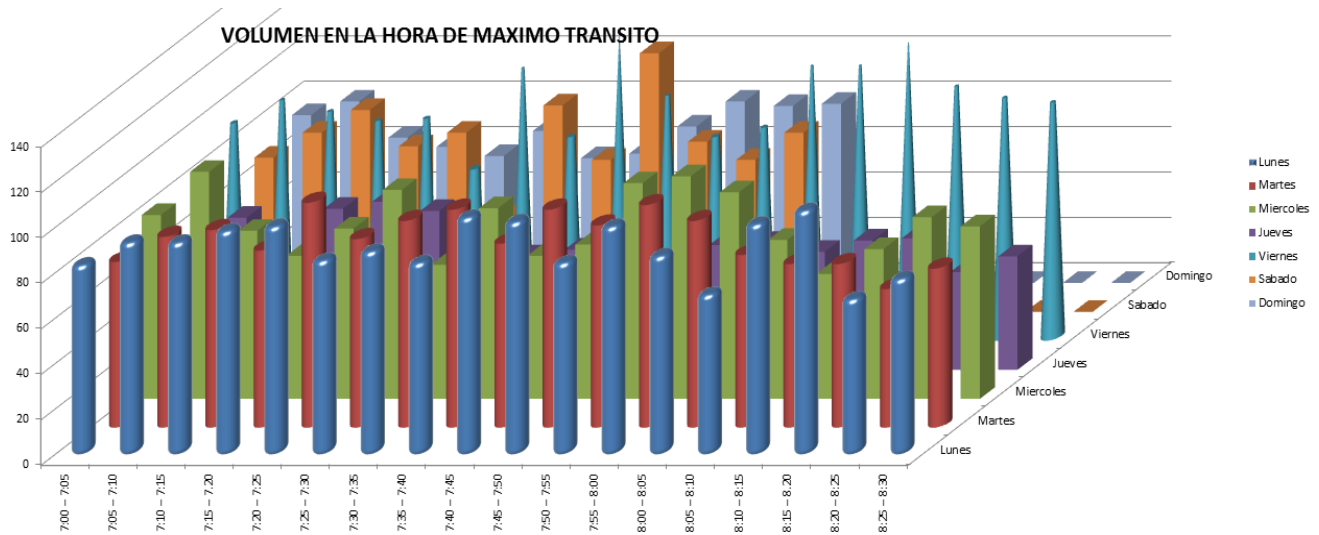


Gráfico 3.1.7.9 Movimiento vehicular semanal Avenida A. Avelino C. (EP)

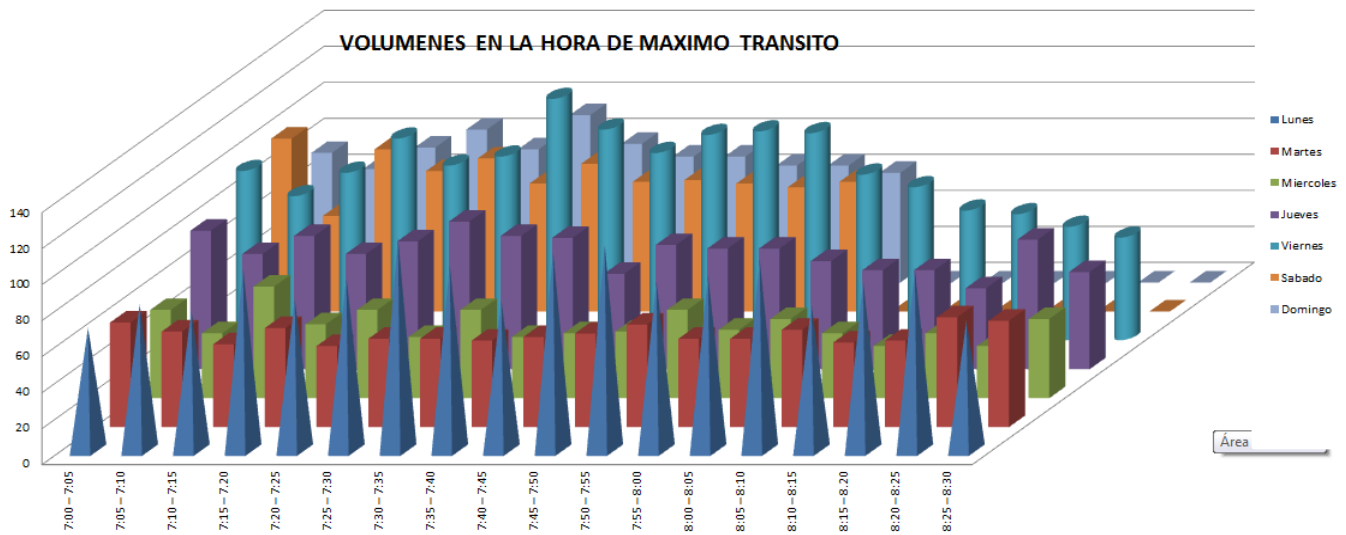


Gráfico 3.1.7.10 Movimiento vehicular semanal Avenida Hartley (EP)

### 3.1.8. Transito futuro: Parque automotor y vehículos ligeros en Av. Prolongación A.A.Caceres

La proyección del tránsito inicia con el estudio de volúmenes y se contrasta con el tránsito actual gráfico 3.1.8.1, para todo el parque automotor buscando el más significativo en cuanto a generación de volúmenes, independientemente que la carga sea destructiva o no. Transito futuro, cuadro 3.1.8.1 para el parque automotor en general.

Cuadro 3.1.8.1 Proyección transito futuro prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

*proyeccion del transito futuro*

tipo vehicular	2016 actual		i	años	CRECIMIENTO	al 2026
	Transito actual avelino	Transito futuro avelino			ANUAL DE TRANSITO	cntf
1 moto	41.51	47.23	1.3	10	5.723	47.23
2 taxi	899.61	1023.64	1.3	10	124.033	1023.64
3 auto	678.89	772.49	1.3	10	93.602	772.49
4 camioneta	43.08	49.02	1.3	10	5.940	49.02
5 custer	70.13	79.80	1.3	10	9.669	79.80
6 bus	9.68	10.48	0.8	10	0.803	10.48
7 camion	48.44	52.46	0.8	10	4.018	52.46
8 trayler	10.36	11.22	0.8	10	0.859	11.22

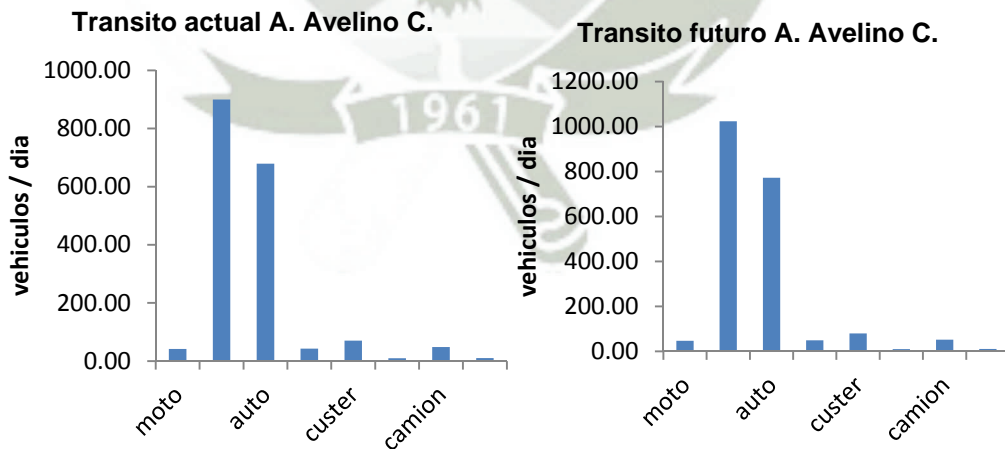


Gráfico 3.1.8.1 Transito actual y futuro en prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

El cuadro 3.1.8.2 muestra el tránsito futuro para la avenida Andrés Avelino Cáceres. Se pasó a trabajar con un grupo representativo que en nuestro caso son los vehículos ligeros: automóviles particulares y vehículos tipo “Tico-Daewoo”. Su desarrollo hacia el futuro será representado en el gráfico 3.1.8.2

Cuadro 3.1.8.2 Proyección transito futuro vehículos livianos, prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

tipo vehicu	2016	al 2036			al 2036
	actual	<i>i</i>	años	<i>cntf</i>	futuro
	<b>Transito actual avelino</b>				<b>Transito futuro avelino</b>
2 años taxi	899.61	1.3	2	23.54	923.15
2 años auto	678.89	1.3	2	17.77	696.66
5 años taxi	899.61	1.3	5	60.01	959.62
5 años auto	678.89	1.3	5	45.29	724.18
10 años taxi	899.61	1.3	10	124.03	1023.64
10 años auto	678.89	1.3	10	93.60	772.49
15 años taxi	899.61	1.3	15	192.32	1091.93
15 años auto	678.89	1.3	15	145.14	824.03
20 años taxi	899.61	1.3	20	265.17	1164.78
20 años auto	678.89	1.3	20	200.11	879.00

**Transito futuro A. Avelino C. para vehiculos ligeros**



Gráfico 3.1.8.2 Transito futuro vehículos ligeros en la avenida Andrés Avelino Cáceres (EP)

### 3.1.9. Transito futuro: Parque automotor y vehículos ligeros en Av. Hartley

- Los volúmenes del tránsito actual y futuro para la avenida Hartley, se hacen a través del cuadro 3.1.9.1. en él se remarca en rojo el tipo de vehículos con ms incidencia del parque automotor.
- Para los vehículos ligeros el cuadro 3.1.9.2 lleva su recuento al 2036
- sus representaciones gráficas se muestra en 3.1.9.1 tanto para el parque automotor general como para los vehículos ligeros solamente.

Cuadro 3.1.9.1 Proyección transito futuro parque automotor avenida Hartley (EP)

**proyeccion del transito futuro**

tipo vehicular	2016 actual		i	años	CRECIMIENTO NORMAL DE TRANSITO	al 2026 futuro
	Transito actual hartley				cntf	Transito futuro hartley
1 moto	23.24		1.3	10	3.204	26.44
2 taxi	890.94		1.3	10	122.838	1013.78
3 auto	495.06		1.3	10	68.256	563.32
4 camioneta	28.72		1.3	10	3.960	32.68
5 custer	101.54		1.3	10	14.000	115.54
6 bus	32.33		0.8	10	2.682	35.01
7 camion	18.81		0.8	10	1.560	20.37
8 trayler	0.87		0.8	10	0.072	0.94

Cuadro 3.1.9.2 Proyección del tránsito ligero para la avenida Hartley (EP)

tipo vehicu	2016 actual	i	años	cntf	al 2036 futuro
	Transito actual hartley				Transito futuro hartley
2 años taxi	890.94	1.3	2	23.32	914.26
2 años auto	495.06	1.3	2	12.96	508.02
5 años taxi	890.94	1.3	5	59.44	950.38
5 años auto	495.06	1.3	5	33.03	528.09
10 años tax.	890.94	1.3	10	122.84	1013.78
10 años aut.	495.06	1.3	10	68.26	563.32
15 años tax.	890.94	1.3	15	190.47	1081.41
15 años aut.	495.06	1.3	15	105.84	600.90
20 años tax.	890.94	1.3	20	262.61	1153.55
20 años aut.	495.06	1.3	20	145.92	640.98

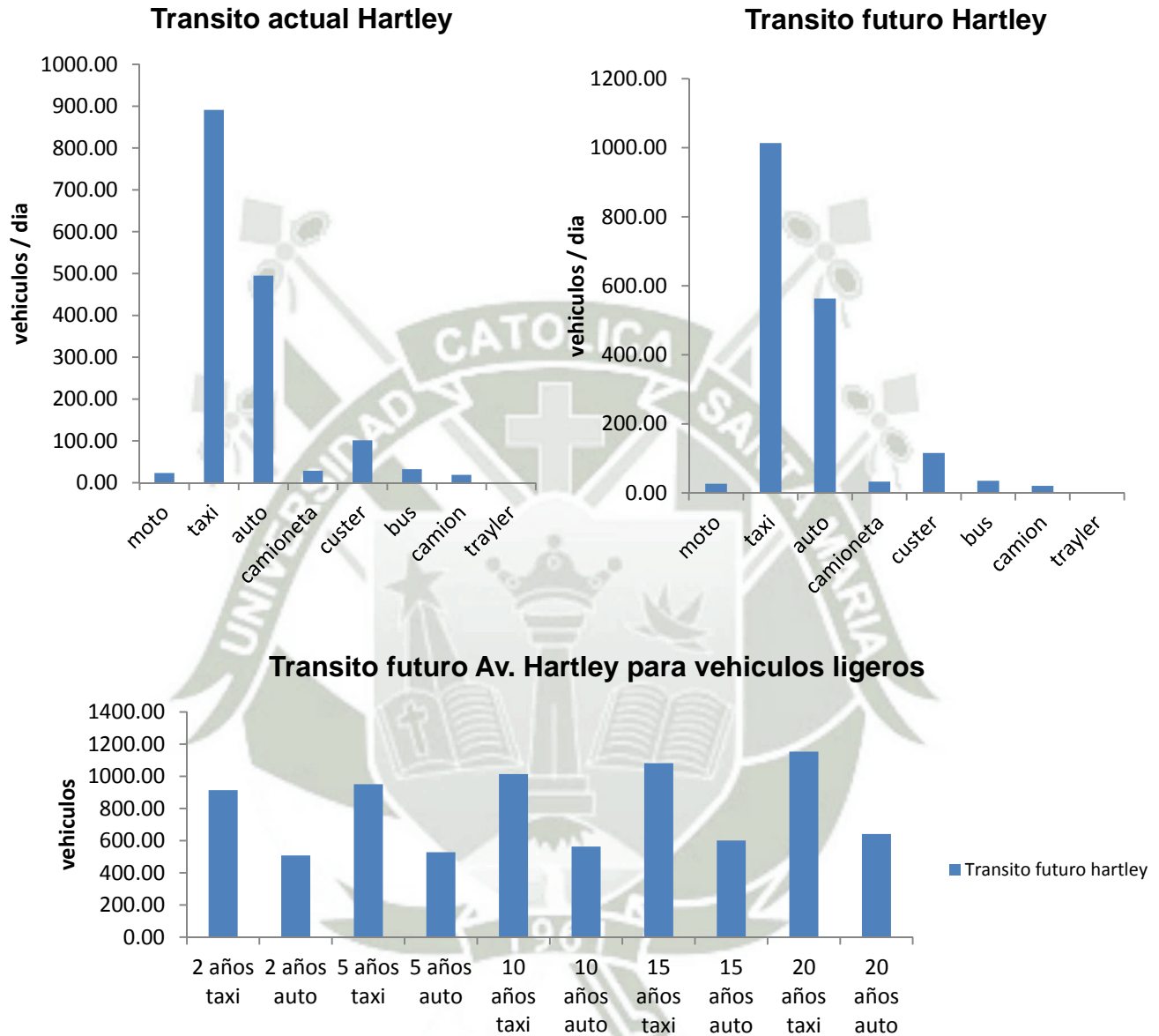


Gráfico 3.1.9.1 Transito actual y futuro para el parque automotor y vehículos ligeros en la avenida Hartley (EP)

### 3.1.10. Cargas en el pavimento flexible urbano

Los pavimentos en estudio ya llevan décadas soportando cargas de vehículos livianos y pesados, en este sentido se considera encontrar el factor que resume sus efectos, el ESAL "carga axial única equivalente". En nuestro caso se mueven volúmenes de tránsito influenciados directa e indirectamente

- Por la economía y la creciente población ambos estacionales.
- El ESAL es un eje estándar compuesto por un eje sencillo, imagen **3.1.10.1**, con dos ruedas en los extremos y que representa el volumen de tránsito en el carril de diseño. El mismo pesa 18,000 lb o 8.2 toneladas o 80 kilonewtons, y se considera que ejerce un efecto dañino sobre el Pavimento (Minaya, 2001).

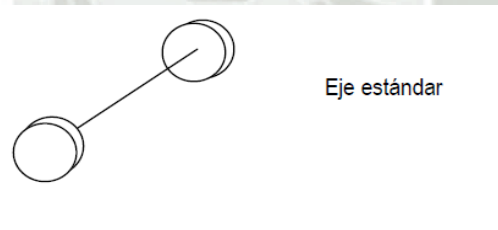


Imagen 3.1.10.1 Eje Simple (EP)

- El peso máximo por eje independiente o grupos de ejes permitidos a los vehículos para su circulación en nuestro país se presenta en la tabla **3.1.10.1** distribuida por D.S. N°034-2001-MTC "Reglamento Nacional De Vehículos" y que será tomada en cuenta para el diseño sintético de la sección patrón.

Eje(s)	Neumático	Gráfico			Kilos
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Simple	2				7,000
Simple	4				11,000
Doble	6				16,000
Doble	8				18,000
Triple	10				23,000
Triple	12				25,000

Tabla 3.1.10.1 Peso por eje de vehículos característicos <sup>20</sup>

Vehículos del parque automotor que circulan por el carril de diseño y que proporcionan cargas por eje, imagen **3.1.10.2**



Imagen 3.1.10.2 Vehículos Livianos y Pesados (EP)

El reglamento excluye a los vehículos de menos de 1200 kg, en la labor de ofrecer carga en el pavimento urbano, siendo los vehículos de carga con ejes Tándem y Tridem, los que llevan a la estructura del pavimento flexible al límite de sus esfuerzos, deformaciones y deflexiones.

<sup>20</sup> (Minaya, 2001)

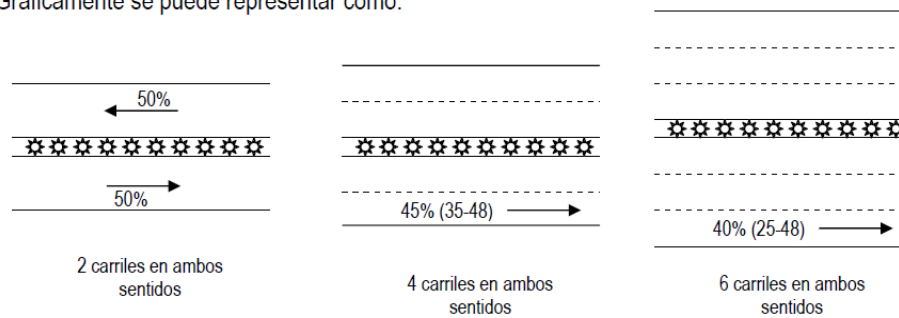
### Carril de diseño

Las recomendaciones del Instituto del Asfalto y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), se presentan a través de la siguiente representación **3.1.10.1**, (Minaya, 2001).

*Instituto del Asfalto*

Nº carriles (2 direcciones)	%de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35-48)
6 ó más	40 (25-48)

Gráficamente se puede representar como:



Representación 3.1.10.1 Carril de Diseño

AASHTO Parte del conteo en ambas direcciones, el factor direccional recomendado es de 50%, aunque este valor puede variar entre 30 a 70%. El tráfico en un sentido se separa para el carril de diseño según la recomendación, Cuadro **3.1.10.1** (Minaya, 2001).

Cuadro 3.1.10.1 Carril de Diseño AASTHO

Nº carriles en 1 dirección	%ESAL en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

ESAL Equivalent Single Axle Load

### Factor de equivalencia de carga

Con el objeto de evaluar el efecto dañino, en un pavimento flexible, de las cargas diferentes a un eje estándar, se han considerado factores de equivalencia de carga por eje “FEC”.

La tabla 3.1.10.2 indican los factores de equivalencia de carga para los vehículos

Tabla 3.1.10.2 Factores de equivalencia de carga considerada (Minaya, 2001)

Carga bruta por eje		Factores de equivalencia de Carga		
KN	lb	Ejes Simples	Ejes Tandem	Ejes Tridem
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043		0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.0	7.45
364.7	82,000		32.0	8.20
373.6	84,000		35.3	8.90
382.5	86,000		38.8	9.80
391.4	88,000		42.6	10.6
400.3	90,000		46.8	11.6

### Factor camión FC

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes estándar de 80 kn correspondiente al paso de un vehículo. El factor camión se puede obtener por pesaje.

### Alternativas para la elección del factor camión

- a) Asumir el "FC" conocido de una vía cuyas características sean similares.
- b) Estimar el F.C. por algún método empírico.
  - Se puede emplear el D.S. N°034-2001-MTC del 25 de julio del 2001. En el peruano en el capítulo VIII de la mencionada norma se publican las dimensiones y pesos por eje de vehículos pesados.
  - Para el presente estudio se desarrolló una cuadro **3.1.10.2** donde se encuentran los factores camión para distintos vehículos que se utilizaran para la evaluación del ESAL de diseño

Cuadro 3.1.10.2 Factores camión considerados para el parque automotor urbano (EP)

Autos menores	Camioneta	b2		c2-c3				t3-p2			
		coaster	bus grande	Camión 2E		Camión 3E		Semi trailer 2S3			
											
los autos no se consideran por no representar un daño significativo en el pavimento. Peso aprox 2 Tn	peso aproximado	peso aproximado**	carga por eje		carga por eje*		carga por eje*		carga por eje*		
	2.8 Tn	7.0 Tn	delantero Tn	traseros tandem Tn	delantero Tn	traseros Tn	delantero Tn	traseros Tn	delantero Tn	primer eje	segundo eje
	0.0087	0.0124	0.5479	7	16	7	11	7	18	7	11
			0.5479	1.2794	0.5479	3.03	0.5479	2.02	0.5479	3.03	1.77
			1.8273		3.5779		2.5679		5.3479		

### 3.1.11. Determinación del número de ejes simples equivalentes ESAL

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitarán en el carril de diseño y durante el período de diseño, es posible convertir ésta cantidad de vehículos a ejes simples equivalentes de 8.2 ton. Mediante el factor camión. El ESAL es el siguiente:

$$ESAL := \sum_{x=1}^n (\eta \cdot FCv)$$

Donde:

n = Numero de vehiculos

FCv = Factor camion por tipo de vehiculo

#### 3.1.11.1. Vehículos diarios para el ESAL de diseño

- Para el cálculo del ESAL necesitamos la proporción de vehículos diarios con más alta incidencia, tal medida se pudo ver los lunes y viernes, siendo este último el elegido para el desarrollo del ESAL. Según el instituto del asfalto el carril de diseño transportara el 45% de vehículos diarios por lo tanto el registro de los volúmenes diarios se verá afecta por ese porcentaje. Tabla 3.1.11.1.1 y 2

Tabla 3.1.11.1.1 Vehículos por día en el carril de diseño para prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular Prolongacion A.A.Caceres-carril de diseño 45%							TOTAL SEMANA	IMD <sub>s</sub>
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Autos menores	647.55	581.4	546.75	366.3	717.75	349.2	280.35	3489.3	498
Camioneta	9.9	23.85	11.25	8.1	25.2	11.25	18.45	108	15
custe	27.9	27.9	26.1	18.45	34.2	19.35	18.9	172.8	25
bus grande	4.95	1.8	2.25	2.25	4.95	5.85	1.8	23.85	3
Camión 2E	8.1	7.65	11.25	3.6	17.1	5.4	21.15	74.25	11
Camión 3E	6.75	7.2	4.95	2.7	11.25	2.7	9.45	45	6
Semí trailer 2S3	9.45	8.55	7.2	2.25	6.75	5.85	2.7	42.75	6
<b>TOTAL</b>	<b>714.6</b>	<b>658.35</b>	<b>609.75</b>	<b>403.65</b>	<b>817.2</b>	<b>399.6</b>	<b>352.8</b>	<b>3955.95</b>	<b>565</b>

Tabla 3.1.11.1.2 Vehículos por día en el carril de diseño para Hartley (EP)

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular avenida Hartley-carril de diseño 45%							TOTAL SEMANA	IMD <sub>s</sub>
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Autos menores	677.7	304.2	233.1	458.1	700.2	359.1	361.8	3094.2	442
Camioneta	2.7	19.8	27	9.45	2.7	9.45	3.15	74.25	11
custe	45.9	39.15	28.35	41.85	45.9	32.4	16.65	250.2	36
bus grande	1.35	41.85	32.85	1.8	1.35	0.45	0	79.65	11
Camión 2E	8.1	1.8	1.35	4.05	8.55	1.35	0.9	26.1	4
Camión 3E	3.15	1.35	0.9	1.8	2.7	0.45	0	10.35	1
Semi trailer 2S3	1.8	0	0	0	1.8	0	0	3.6	1
<b>TOTAL</b>	<b>740.7</b>	<b>408.15</b>	<b>323.55</b>	<b>517.05</b>	<b>763.2</b>	<b>403.2</b>	<b>382.5</b>	<b>3538.35</b>	<b>505</b>

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución Fija(%)
Autos menores	718	87.83
Camioneta	25	3.08
custe	34	4.19
bus grande	5	0.61
Camión 2E	17	2.09
Camión 3E	11	1.38
Semi trailer 2S3	7	0.83
<b>IMD</b>	<b>817</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 3.1.11.1.1 Proporción de vehículos para el día viernes en prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Autos menores	700	91.75
Camioneta	3	0.35
custe	46	6.01
bus grande	1	0.18
Camión 2E	9	1.12
Camión 3E	3	0.35
Semi trailer 2S3	2	0.24
<b>IMD</b>	<b>763</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 3.1.11.1.2 Proporción de vehículos para el día viernes en Hartley (EP)

- Luego de registrar por día los vehículos que circulan por el parque automotor para la prolongación Andrés Avelino Cáceres, se maneja los vehículos por día para el día viernes y su distribución en porcentajes se puede ver en los cuadros 3.1.11.1.1 y 2.

Tabla 3.1.11.1.3 Cantidad de vehículos por día proyectados para el periodo de diseño prolongación A.A.Caceres (EP)

cantidad de vehículos por día proyectados en 10 años sin mejoras en la vía											
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
vehículos	porcentaje	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Autos menores	717.75	718.00	727.00	737.00	746.00	756.00	766.00	776.00	786.00	796.00	806.00
Camioneta	25.20	25.00	26.00	26.00	26.00	27.00	27.00	27.00	28.00	28.00	28.00
custer	34.20	34.00	35.00	35.00	36.00	36.00	36.00	37.00	37.00	38.00	38.00
bus grande	4.95	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00
Camión 2E	17.10	17.00	17.00	18.00	18.00	18.00	18.00	19.00	19.00	19.00	19.00
Camión 3E	11.25	11.00	11.00	11.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Semi trailer 2S3	6.75	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00

cantidad de vehículos por día proyectados en 10 años con mejoras el parque automor se reestructura											
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
vehículos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Autos menores	717.75	862.00	872.00	884.00	895.00	907.00	919.00	931.00	943.00	955.00	967.00
Camioneta	25.20	30.00	31.00	31.00	31.00	32.00	32.00	32.00	34.00	34.00	34.00
custer	34.20	41.00	42.00	42.00	43.00	43.00	43.00	44.00	44.00	46.00	46.00
bus grande	4.95	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
Camión 2E	17.10	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Camión 3E	11.25	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Semi trailer 2S3	6.75	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00

Tabla 3.1.11.1.4 Cantidad de vehículos por día proyectados para el periodo de diseño Hartley (EP)

cantidad de vehículos por día proyectados en 10 años sin mejoras en la vía											
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
vehículos	porcentaje	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Autos menores	700.20	700.00	709.00	719.00	728.00	737.00	747.00	757.00	766.00	776.00	787.00
Camioneta	2.70	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
custer	45.90	46.00	46.00	47.00	48.00	48.00	49.00	50.00	50.00	51.00	52.00
bus grande	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00
Camión 2E	8.55	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00
Camión 3E	2.70	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Semi trailer 2S3	1.80	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

cantidad de vehículos por día proyectados en 10 años con mejoras el parque automor se reestructura											
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
vehículos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Autos menores	840.00	851.00	863.00	874.00	884.00	896.00	908.00	919.00	931.00	944.00	967.00
Camioneta	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	34.00
custer	55.00	55.00	56.00	58.00	58.00	59.00	60.00	60.00	61.00	62.00	46.00
bus grande	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	7.00
Camión 2E	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	12.00	20.00
Camión 3E	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	14.00
Semi trailer 2S3	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	8.00

- Las tablas 3.1.11.1.3 y 4 que se aprecian, representan la proyección de los vehículos por día para un periodo de 10 años. Necesarios para ver su condición en el futuro. Para eso se consideró una tasa

anual de crecimiento para los vehículos ligeros y de carga en 1.3 y 0.8 respectivamente con la ecuación.

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)}$$

$T_n$ =	Tránsito proyectado al año en vehículo por día
$T_0$ =	Tránsito actual (año base) en vehículo por día
$n$ =	año futuro de proyección
$r$ =	tasa anual de crecimiento de tránsito

- Las tablas **3.1.11.1.3** y **4** sugieren una cantidad de vehículos para una condición actual (sin mejoras en la vía) y otra con mejoras en la misma, generando un 20% más del tráfico actual.
- El afán de comparar los tipos de vehículos por día en las tablas **3.1.11.1.3** y **4** tiene como fin ver como sería el ESAL actual versus un ESAL sobre una vía en mejores condiciones. Si se le aplica trabajos de conservación y mantenimiento rutinario, esta debería generar un aumento en el tráfico actual.

### 3.1.11.2. ESAL de diseño actual y ESAL con proyecto de conservación

Las siguientes tablas **3.1.11.2.1** y **2** muestran las consideraciones que se tomaron en cuenta para el cálculo del ESAL, como son el número de vehículos por día, el factor camión y el crecimiento del tránsito que estará en función de la ecuación propuesta por el instituto del asfalto.

$$FC =: \frac{((1+r)^{n-1})}{r}$$

Dónde

$r$  = tasa de crecimiento anual % para el cálculo del ESAL

$n$  = periodo de diseño en años

Las tablas 3.1.11.2.1 y 2 señalan para ambas zonas puntualmente el valor del ESAL en el año 2016 (año base). Las gráficas del ESAL mostraran su proyección en un periodo de 10 años.

Tabla 3.1.11.2.1 Ejemplo ESAL de diseño para la avenida Hartley para el año base (EP)

tipo de vehiculo	n° vehiculos por dia	n° vehiculos por año	factor camion	ESAL en el carril de diseño	factor de crecimiento (instituto del asfalto)	ESAL de diseño
Autos menores	700	255573.00	0.0087	2223.4851	12.00	26681.82
Camioneta	3	985.50	0.0124	12.2202	12.00	146.64
custe	46	16753.50	0.5479	9179.2427	12.00	110150.91
bus grande	1	492.75	1.8273	900.4021	12.00	10804.82
Camión 2E	9	3120.75	3.5779	11165.7314	12.00	133988.78
Camión 3E	3	985.50	2.5679	2530.6655	12.00	30367.99
Semi trailer 2S3	2	657.00	5.3479	3513.5703	12.00	42162.84
total	763.20	278568.00				354303.8

Tabla 3.1.11.2.2 Ejemplo ESAL de diseño para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres para el año base (EP)

tipo de vehiculo	n° vehiculos por dia	n° vehiculos por año	factor camion	ESAL en el carril de diseño	factor de crecimiento (instituto del asfalto)	ESAL de diseño
Autos menores	718	261978.75	0.0087	2279.2151	12.00	27350.58
Camioneta	25	9198.00	0.0124	114.0552	12.00	1368.66
custe	34	12483.00	0.5479	6839.4357	12.00	82073.23
bus grande	5	1806.75	1.8273	3301.4743	12.00	39617.69
Camión 2E	17	6241.50	3.5779	22331.4629	12.00	267977.55
Camión 3E	11	4106.25	2.5679	10544.4394	12.00	126533.27
Semi trailer 2S3	7	2463.75	5.3479	13175.8886	12.00	158110.66
total	817.20	298278.00				703031.7

La representaciones gráficas 3.1.11.2.1 y 2 del ESAL de diseño en los diez años del proyecto para avenida Hartley y prolongación Andrés Avelino Cáceres respectivamente comparan el efecto destructivo del ESAL para el:

- Parque automotor en 10 años sin ningún proyecto “SP” de mejora, por lo tanto no hay un tráfico nuevo generado (color azul).
- Parque automotor en 10 años con proyecto “CP” de mejora, por lo tanto habrá un aumento en el tráfico ese aumento se fijó en 20% (rojo).

### ESAL Hartley

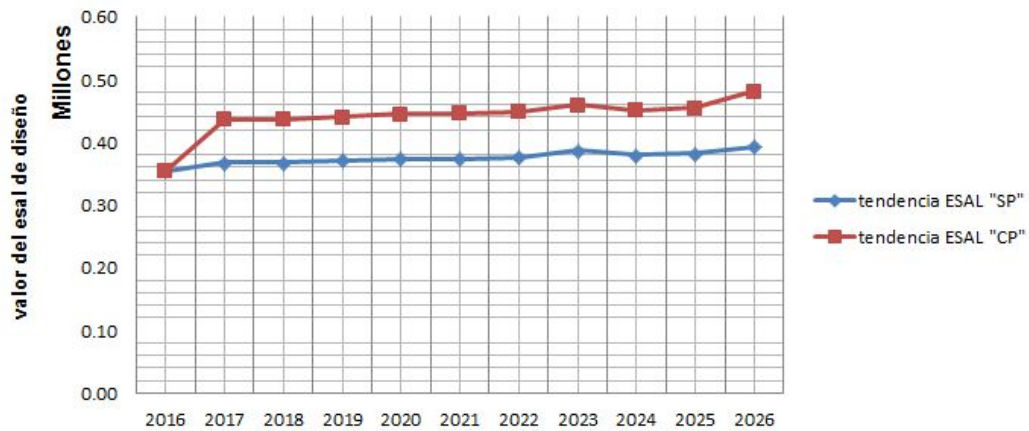


Gráfico 3.1.11.2.1 Tendencia del esal de diseño Hartley (EP)

### ESAL prolongacion Andres Avelino Caceres

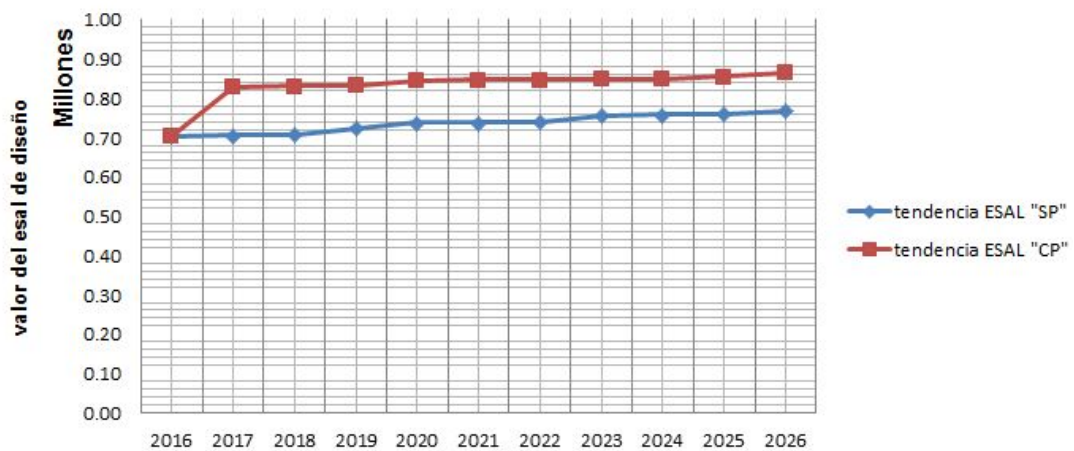


Gráfico 3.1.11.2.2 Tendencia del esal de diseño prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

- El contraste de los ESAL para ambas zonas me indica que el flujo vehicular en volumen y carga sera mayores para la prolongación Andrés Avelino Cáceres que para la avenida hartley.
- El nivel de significancia de los espesores minimos en funcion de los ejes equivalentes se presenta en la tabla **3.1.11.2.3** en la misma podemos demostrar nuestros espesores en funcion del ESAL

Tabla 3.1.11.2.3 Espesores mínimos en pulgadas para el ESAL de diseño<sup>21</sup>

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpetas De Concreto Asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

T.S. = Tratamiento superficial

- Para hartley el espesor de la carpeta y base seran de 2.5" y 4.0" respectivamente. Para prolongacion A.A.Caceres de 3.0" y 6.0".
- Es importante registrar el valor de los posibles espesores a partir del ESAL. Ya que se compararan con los espesores encontrados en la carpeta asfaltica y base granular por la seccion patron y diseño sintetico en el capitulo 4.
- El instituto del asfalto establece un ESAL de 150000 en vias urbanas colectoras menores. Este dato servira para concluir nuestros resultados encontrados para la avenida hartley.

<sup>21</sup> <http://www.cuevadelcivil.com/2010/05/ejes-equivalentes.html>

### 3.2. REGISTRO Y EVALUACIÓN: MÉTODO VIZIR DE AUSCULTACIÓN VISUAL

#### 3.2.1. Clasificación y cuantificación de los deterioros del pavimento flexible

Los Deterioros del Tipo A, caracterizan la condición estructural del pavimento, debido a que ella está ligada a las condiciones de las diversas capas del pavimento como el suelo de sub rasante o simplemente a las capas asfálticas.

La Tabla 3.2.1.1, sirve para reconocer los niveles de deterioro del pavimento. La imagen 3.2.1.1 presenta las formas en las que se llevara el registro y su lectura en la recolección de datos sobre el pavimento flexible. Siendo la auscultación presencial sobre la vía en evaluación.

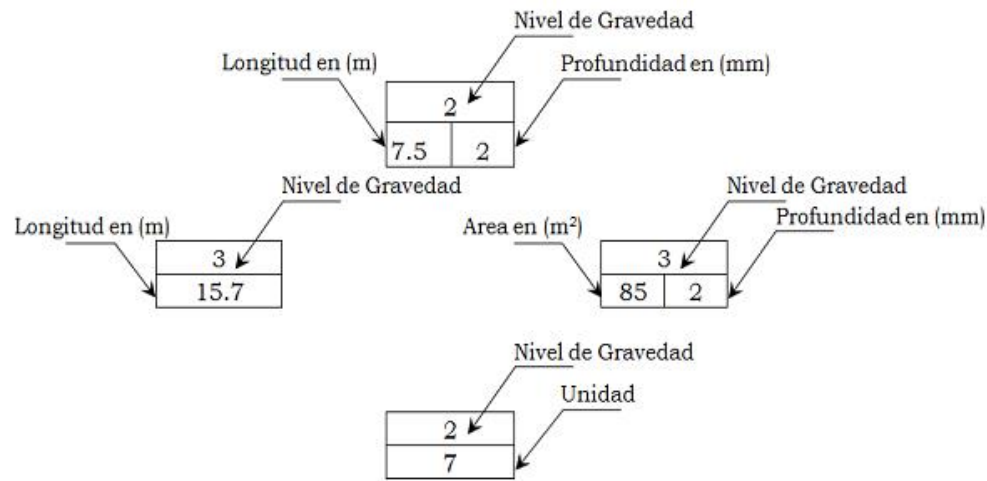


Imagen 5.1.1.1 Ejemplo de las medidas que se desarrollan en la recopilacion de datos de campo (EP)

Tabla 3.2.1.1 Nivel de gravedad de los deterioros tipo A<sup>22</sup>

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	①	②	③
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Prof ≤ 40 ≤ mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof > 40 mm
Fisuras longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la huella de rodamiento. <6 mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (<500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A Comportamiento satisfactorio de la reparación.	
			Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

- ❖ Los Deterioros del Tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas o en condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia.

La tabla 3.2.1.1, resumen el nivel de gravedad, el mismo se hará en relación a las dimensiones que se puedan medir, las mismas se realizaran en campo y su unidad serán los milímetros, tanto para los Tipo A y Tipo B, respectivamente y se leen de la siguiente forma:

- Si en campo hay una tendencia de encontrar muchos valores de 3, significara que el pavimento podría ser muy antiguo o sobre utilizado, habiendo perdido totalmente su vida útil.

<sup>22</sup> (Estrada, 2008b)

- Si no sucediera esa predicción sencillamente su ubicación delataría sus condiciones.
- Los deterioros tipo B, tabla 3.2.1.2 no tendrán influencia en la calificación del pavimento flexible al ser de naturaleza funcional.

Tabla 3.2.1.2 Nivel de gravedad de los deterioros tipo B<sup>23</sup>

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD				
	①	②		③	
Fisura longitudinal de junta de construcción	Fina y única < 6 mm	• Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o • Fina ramificada		Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada	
Fisuras de contracción térmica.	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Fisuras parabólicas.	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Fisuras de borde	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Abultamientos	h < 20 mm	20 mm ≤ h ≤ 40 mm		h > 40 mm.	
Ojos de pescado* (por cada 100m)	Cantidad.	< 5	5 a 10	< 5	> 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	5 a 10
Desprendimientos: • Pérdida de película de ligante. • Pérdida de agregado	Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	

Deterioro	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25
	Área(m <sup>2</sup> )	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8
Descascaramiento					
Pulimento agregados	Long. Comprometida < 10% de la sección (100m).	Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)
Exudación	Puntual, área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo	Continúa y muy marcada, en diversas aéreas	Continúa y muy marcada, en diversas aéreas
Afloramientos: • De mortero • De agua	Localizados y apenas perceptibles.	Intensos	Intensos	Muy intensos	Muy intensos
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración, sectores localizados.	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más	Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento	Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento
Escalonamiento entre calzada y berma.	Desnivel entre 10 mm y 50 mm.	Desnivel entre 50 y 100mm	Desnivel entre 50 y 100mm	Desnivel superior a 100mm.	Desnivel superior a 100mm.
Erosión de las bermas	Erosión incipiente	Erosión pronunciada	Erosión pronunciada	La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios
Segregación	Long. comprometida < 10% de la sección (100m)	Long. comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)	Long. comprometida ≥ 10% a < 50% de la sección (100m)	Long. comprometida > 50% de la sección (100m)	Long. comprometida > 50% de la sección (100m)

<sup>23</sup> (Estrada, 2008b)

### **Cómo es posible que uno o más deterioros se presenten con distintos niveles de gravedad en una sección sometida a inspección**

El nivel representativo de la sección se establece como un promedio ponderado, mediante la expresión.

$$G := \frac{l_1 + 2 l_2 + 3 l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$l_i$  = longitud ocupada por el deterioro con gravedad "i" dentro del tramo bajo evaluación

Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:

Si  $G \leq 1.5$  se toma 1

Si  $1.5 \leq G < 2.5$  se toma 2

Si  $G \geq 2.5$  se toma 3

### **3.2.2. Pasos: Registro y valoración cualitativa en las avenidas prolongación**

#### **A.A.Caceres y Hartley**

Desarrollado para realizar la evaluación de un pavimento flexible urbano, se presenta lo encontrado en las avenidas prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley.

#### **3.2.2.1. Paso no.1: Recolección de Información en campo**

En este paso se busca determinar mediante la auscultación de los pavimentos, los tipos de fallas así como la gravedad y extensión de los mismo, esta información se registra en los "formatos de recolección" del Tipo A en pavimentos asfálticos. Representación **3.2.2.1.1 y 2** para la

avenida prolongación A.A.Caceres y 3.2.2.1.3, 4, 5, 6, 7, y 8 para Hartley.

Avelino tramo 1: 160 metros		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	170 m									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	2	3	2	2	3	3	2	2	3									
	ahuellamiento AH	14	22	6	23	10	23	17	30	5	23	10	21	8	24	4	21		
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	depresiones o hundimientos transversal DT	6	3	8	5	7	8	12	12	18	22	2	22	8	19	8	25	10	28
	fisura longitudinal FLF	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	fisura piel de cocodrilo FPC**	4	2	3	5	3	6	3	6	5	7	4	12	6	22	9	15	15	27
	bacheo y parcheos B**	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		12	22	34	25	39	6	6	7	3	3	12	7	3	12	3	3	3	3
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	20	22	30	38	28	11	22	32	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	28	36	22	34	27	23	26	28	12										

Representación 3.2.2.1.1 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Avelino tramo 1 (EP)

Avelino tramo 2: 220 metros		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	180 m	200 m	220 m												
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	3												
	ahuellamiento AH	5	30	8	40	12	22	26	36	30	20	5	12	14	13	6	30	5	31	10	40	17	14	
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	depresiones o hundimientos transversal DT	12	19	6	12	8	10	20	8	30	22	8	22	6	3	5	5	8	3	12	4	22	2	2
	fisura longitudinal FL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	fisura piel de cocodrilo FPC**	40	12	22	17	70	12	12	12	22	12	12	21	10	34	10	22	8	22	7	30	5	12	2
	bacheo y parcheos B**	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		8	10	12	19	22	23	24	12	10	16	12	12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	30	50	40	60	32	11	33	34	45	22	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	3	2	7	8	5	23	23	45	66	22	17													

Representación 3.2.2.1.2 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Avelino tramo 2 (EP)

Hartley tramo 1 subida: 170 metros		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	170 m									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	3	3	3	3	2	2	2	3	3									
	ahuellamiento AH	11	27	13	24	10	15	3	15	17	30	4	21	10	21	4	39	5	36
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	depresiones o hundimientos transversal DT	5	20	6	31	4.5	27	3	25	7	18	7	22	6	21	7	29	10	30
	fisura longitudinal Fatiga FLF	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	fisura piel de cocodrilo FPC**	2	40	1.7	21	5	19	3	14	2	12	8	16	3	13	9	16	5	27
	bacheo y parcheos B**	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		7	6	12	12	10	9	9	13	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	8	17	13	18	10	17	18	16	15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	17	18	15	12	16	13	6	10	11										

Representación 3.2.2.1.3 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 1 subida (EP)

Ya desde el registro para la avenida prolongación A.A.C. se puede ver que su calificación será la de una vía muy antigua y que ha soportado una elevada carga vehicular

Hartley tramo 1 bajada:		170 metros									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	170 m	
	ahuellamiento AH	3	3	3	3	2	2	3	2	2	
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	17   28	18   31	9   16	3   23	15   35	1   25	12   14	6   19	12   20	
	depresiones o hundimientos transversal DT	2	2	1	1	2	1	2	2	2	
	fisura longitudinal FL	3	3	3	2	3	2	3	3	2	
	fisura piel de cocodrilo FPC**	8	14	6	8	7	7	14	11	13	
	bacheo y parcheos B**	3	2	2	3	3	2	2	3	2	
		7	7	6	14	15	18	11	17	8	
		3	3	2	3	2	2	2	2	3	
		12	17	14	6	6	12	9	18	11	

Representación 3.2.2.1.4 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 1 bajada (EP)

Hartley tramo 2 subida:		158 metros									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m		
	ahuellamiento AH	2	3	3	2	2	2	3	3		
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	10   23	12   23	12   36	13   22	9   32	14   24	16   33	12   20		
	depresiones o hundimientos transversal DT	2	2	2	2	2	2	2	2		
	fisura longitudinal Fatiga FLF	11   21	16   36	13   25	10   27	14   24	11   31	10   32	13   37		
	fisura piel de cocodrilo FPC**	1	1	1	1	1	1	1	1		
	bacheo y parcheos B**	10   32	8   31	10   24	11   19	9   18	8   14	12   27	8   27		
		3	3	3	3	3	3	3	3		
		21	23	13	25	24	13	15	28		
		2	2	2	2	2	2	2	2		
	18	21	19	13	13	20	18	21			
	2	3	2	3	3	2	3	2			
	15	15	11	11	10	16	10	12			

Representación 3.2.2.1.5 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 2 subida (EP)

Hartley tramo 2 bajada:		158 metros									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m = metro)	punto referencia Abscisa (m)	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m		
	ahuellamiento AH	2	3	3	2	2	2	2	3		
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	21   31	18   32	28   20	22   28	24   22	20   19	23   29	17   31		
	depresiones o hundimientos transversal DT	2	2	2	2	2	2	2	2		
	fisura longitudinal FL	9   15	11   17	8   14	10   21	10   16	7   22	7   21	11   17		
	fisura piel de cocodrilo FPC**	1	1	1	2	2	1	2	2		
	bacheo y parcheos B**	4   15	3   27	3   25	3   23	2   12	3   24	2   28	2   24		
		3	3	3	3	3	3	3	3		
		19	31	33	26	18	27	32	19		
		3	3	3	2	3	3	3	3		
	6	8	8	9	8	8	9	9			
	2	2	2	2	3	2	2	2			
	2	4	2	6	2	6	2	2			

Representación 3.2.2.1.6 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 2 bajada (EP)

Para los tramos ascendentes y descendentes en Hartley, se descubrió una tendencia en los niveles de falla para el sentido descendente de la vía, y esto se sucederá en todas las vías que lleven carga vehicular en ese sentido con una pendiente moderada de 2.2%

Hartley tramo 3 subida:		220 metros																			
punto referencia Abscisa (m)		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	180 m	200	220									
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m= metro)	ahuellamiento AH	1 5.00	1 29	2 6.00	2 23	2 5.00	2 21	2 5.00	2 29	2 6.00	2 23	2 4.00	2 27	2 4.00	2 29	2 4.00	2 23	2 5.00	2 24		
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	2 3	1 21	1 4	1 19	1 3	1 22	1 2	1 21	1 3	1 19	1 4	1 22	1 3	1 18	1 4	1 21	1 3	1 19	1 3	1 18
	depresiones o hundimientos transversal DT	1 3	1 18	1 3	1 25	1 1	1 15	1 2	1 29	1 3	1 20	1 1	1 22	1 2	1 15	1 2	1 29	1 1	1 15	1 2	1 22
	fisura longitudinal Fatiga FLF	2 10	2 7	2 7	2 7	2 9	2 9	2 8	2 8	2 7	2 8	2 7	2 8	2 7	2 8	2 11	2 11	2 12	2 12	2 12	2 12
	fisura piel de cocodrilo FPC**	2 7	2 3	2 3	2 2	2 4	2 5	2 3	2 4	2 2	2 4	2 2	2 4	2 2	2 4	2 3	2 3	2 6	2 6	2 6	2 6
	bacheo y parcheos B**	2 4	2 5	2 4	2 4	2 2	2 2	2 2	2 2	2 5	2 4	2 4	2 3	2 4	2 4	2 4	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3

Representación 3.2.2.1.7 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 3 subida (EP)

Hartley tramo 3 bajada:		220 metros																						
punto referencia Abscisa (m)		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	160 m	180 m	200	220												
deterioros Tipo A condicion estructural (u.m= metro)	ahuellamiento AH	3 7.00	3 28	3 5.00	3 27	3 6.00	3 30	3 7.00	3 25	3 5.00	3 26	3 7.00	3 25	3 5.00	3 27	3 7.00	3 27	3 7.00	3 30	3 6.00	3 28	3 5.00	3 27	
	depresiones o hundimientos longitudinales DL	3 2	3 21	3 2	3 22	3 3	3 23	3 2	3 22	3 2	3 18	3 4	3 24	3 3	3 20	3 4	3 19	3 2	3 19	3 3	3 24	3 3	3 24	
	depresiones o hundimientos transversal DT	2 2	2 25	2 3	2 27	2 1	2 26	2 2	2 20	2 3	2 18	2 2	2 22	2 3	2 15	2 2	2 29	2 1	2 19	2 1	2 19	2 3	2 26	
	fisura longitudinal FL	3 22	3 22	3 3	3 27	3 3	3 20	3 22	3 25	3 23	3 25	3 23	3 25	3 23	3 25	3 25	3 25	3 25	3 25	3 25	3 25	3 25	3 21	
	fisura piel de cocodrilo FPC**	3 5	3 8	3 3	3 3	3 3	3 10	3 10	3 3	3 10	3 5	3 10	3 3	3 10	3 8	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 6	
	bacheo y parcheos B**	2 5	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 6

Representación 3.2.2.1.8 Parte de la evaluación en campo para la recolección de información, Hartley tramo 3 bajada (EP)

- El paso 1 nos mostró que en campo se deberán tomar por cada 20 m las medidas por tipo o variedad de deterioro encontrado.

### 3.2.2.2. Paso no.2: Análisis de las fallas de acuerdo a sus índices

En este paso la representación 3.2.2.2.1 y 2, busca ponderar las fallas y establecer las prioridades de reparación mediante el análisis de los índices de fisuración (If), índice de deformación (Id) y el ponderado de índice de deterioro superficial (Is). La representación 3.2.2.2.3, 4 y 5 para la avenida Hartley indican la misma naturaleza de esas incidencias tanto para el sentido ascendente como descendente.

PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad	
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)			
0+0000	0+0020	20	6.50	14.00	6.00	4.00	8.00	8.00	2.00	12.00	12.00	3.00	20.00	20.00	3.00	28.00	28.00	3.00
0+0020	0+0040	20	6.50	6.00	8.00	3.00	5.67	5.67	3.00	22.00	22.00	3.00	22.00	22.00	3.00	36.00	36.00	3.00
0+0040	0+0060	20	6.50	5.00	7.00	3.00	5.00	5.00	2.00	34.00	34.00	3.00	30.00	30.00	3.00	22.00	22.00	3.00
0+0060	0+0080	20	6.50	10.00	12.00	3.00	8.33	8.33	2.00	25.00	25.00	3.00	38.00	38.00	3.00	34.00	34.00	3.00
0+0080	0+0100	20	6.50	17.00	18.00	5.00	13.33	13.33	2.00	39.00	39.00	3.00	28.00	28.00	3.00	27.00	27.00	3.00
0+0100	0+0120	20	6.50	5.00	2.00	4.00	3.67	3.67	3.00	6.00	6.00	3.00	11.00	11.00	3.00	23.00	23.00	3.00
0+0120	0+0140	20	6.50	10.00	8.00	6.00	8.00	8.00	3.00	6.00	6.00	3.00	22.00	22.00	3.00	26.00	26.00	3.00
0+0140	0+0160	20	6.50	8.00	8.00	9.00	8.33	8.33	2.00	7.00	7.00	3.00	32.00	32.00	3.00	28.00	28.00	3.00
0+0160	0+0170	10	6.50	4.00	10.00	15.00	9.67	9.67	2.00	12.00	12.00	3.00	19.00	19.00	3.00	12.00	12.00	3.00

Representación 3.2.2.2.1 Resumen de deterioros para el tramo 1, Andrés Avelino Cáceres (EP)

PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad	
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)			
0+0000	0+0020	20	6.70	5.00	12.00	40.00	19.00	19.00	3.00	8.00	8.00	2.00	30.00	30.00	3.00	3.00	3.00	3.00
0+0020	0+0040	20	6.70	8.00	6.00	22.00	12.00	12.00	2.00	10.00	10.00	2.00	40.00	40.00	3.00	2.00	2.00	3.00
0+0040	0+0060	20	6.70	12.00	8.00	70.00	30.00	30.00	3.00	12.00	12.00	2.00	50.00	50.00	3.00	7.00	7.00	3.00
0+0060	0+0080	20	6.70	26.00	20.00	12.00	19.33	19.33	3.00	19.00	19.00	2.00	60.00	60.00	3.00	8.00	8.00	3.00
0+0080	0+0100	20	6.70	30.00	30.00	22.00	27.33	27.33	2.00	22.00	22.00	2.00	32.00	32.00	3.00	5.00	5.00	3.00
0+0100	0+0120	20	6.70	5.00	8.00	12.00	8.33	8.33	2.00	23.00	23.00	2.00	11.00	11.00	3.00	23.00	23.00	3.00
0+0120	0+0140	20	6.70	14.00	6.00	10.00	10.00	10.00	2.00	24.00	24.00	2.00	33.00	33.00	3.00	23.00	23.00	3.00
0+0140	0+0160	30	6.70	6.00	5.00	10.00	7.00	4.67	3.00	12.00	8.00	2.00	34.00	22.67	3.00	45.00	30.00	3.00
0+0160	0+0180	20	6.70	5.00	5.00	8.00	6.00	6.00	3.00	10.00	10.00	2.00	45.00	45.00	3.00	66.00	66.00	3.00
0+0180	0+0200	20	6.70	10.00	3.00	7.00	6.67	6.67	2.00	16.00	16.00	2.00	22.00	22.00	3.00	22.00	22.00	3.00
0+0200	0+0220	20	6.70	17.00	4.00	5.00	8.67	8.67	2.00	12.00	12.00	2.00	30.00	30.00	3.00	17.00	17.00	3.00

Representación 3.2.2.2.2 Resumen de deterioros para el tramo 2, Andrés Avelino Cáceres (EP)

TRAMO 1 SUBIDA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo Gn	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				
0+0000	0+0020	20	6.45	11.00	5.00	2.00	6.00	6.00	2	7.00	7.00	3.00	8.00	8.00	3.00	17.00	17.00	3.00	2.83
0+0020	0+0040	20	6.45	13.00	6.00	1.70	6.90	6.90	2	6.00	6.00	3.00	17.00	17.00	2.00	18.00	18.00	3.00	2.42
0+0040	0+0060	20	6.45	10.00	4.50	5.00	6.50	6.50	2	12.00	12.00	2.00	13.00	13.00	2.00	15.00	15.00	3.00	2.17
0+0060	0+0080	20	6.45	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2	12.00	12.00	3.00	18.00	18.00	2.00	12.00	12.00	2.00	2.33
0+0080	0+0100	20	6.45	17.00	7.00	2.00	8.67	8.67	2	10.00	10.00	2.00	10.00	10.00	2.00	16.00	16.00	3.00	2.17
0+0100	0+0120	20	6.45	4.00	7.00	8.00	6.33	6.33	2	9.00	9.00	3.00	17.00	17.00	2.00	13.00	13.00	2.00	2.17
0+0120	0+0140	20	6.45	10.00	6.00	3.00	6.33	6.33	1	9.00	9.00	2.00	18.00	18.00	3.00	6.00	6.00	2.00	2.08
0+0140	0+0160	20	6.45	4.00	7.00	3.00	6.67	6.67	2	13.00	13.00	3.00	16.00	16.00	2.00	10.00	10.00	2.00	2.25
0+0160	0+0170	10	6.45	5.00	10.00	5.00	6.67	6.67	2	10.00	10.00	3.00	15.00	15.00	2.00	11.00	11.00	2.00	2.17

TRAMO 1 BAJADA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo Gn	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				
0+0000	0+0020	20	6.45	17.00	5.00	2.00	8.00	8.00	2.00	8.00	8.00	3.00	7.00	7.00	3.00	12.00	12.00	3.00	2.75
0+0020	0+0040	20	6.45	18.00	6.00	1.70	8.57	8.57	2.00	14.00	14.00	3.00	7.00	7.00	2.00	17.00	17.00	3.00	2.50
0+0040	0+0060	20	6.45	9.00	4.50	5.00	6.17	6.17	2.00	6.00	6.00	3.00	6.00	6.00	2.00	14.00	14.00	2.00	2.25
0+0060	0+0080	20	6.45	3.00	8.00	2.00	4.33	4.33	1.67	8.00	8.00	2.00	14.00	14.00	3.00	6.00	6.00	3.00	2.42
0+0080	0+0100	20	6.45	15.00	8.00	3.00	10.67	10.67	2.00	7.00	7.00	3.00	15.00	15.00	3.00	6.00	6.00	2.00	2.50
0+0100	0+0120	20	6.45	1.00	3.00	10.00	6.67	6.67	1.67	7.00	7.00	2.00	18.00	18.00	2.00	12.00	12.00	2.00	1.92
0+0120	0+0140	20	6.45	12.00	3.00	3.00	8.00	8.00	2.00	14.00	14.00	3.00	11.00	11.00	2.00	9.00	9.00	2.00	2.25
0+0140	0+0160	20	6.45	6.00	2.00	2.00	3.33	3.33	1.67	11.00	11.00	3.00	17.00	17.00	3.00	18.00	18.00	2.00	2.42
0+0160	0+0170	10	6.45	12.00	2.00	9.00	7.67	7.67	1.67	13.00	13.00	2.00	8.00	8.00	2.00	11.00	11.00	3.00	2.17

Representación 3.2.2.2.3 Resumen de deterioros para el tramo 1, Hartley sentido subida y bajada (EP)

Estos registros llevarán en su última columna el nivel de gravedad representativo "Gn". Es importante su confección para validar la calificación final del estado superficial del pavimento flexible deteriorado.

TRAMO 2 SUBIDA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo $G_a$	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				Long (m)
0+0000	0+0020	20	6.70	10.00	11.00	10.33	10.33	167	21.00	21.00	3.00	18.00	18.00	2.00	15.00	15.00	2.00	2.17	
0+0020	0+0040	20	6.70	12.00	16.00	8.00	12.00	2.00	23.00	23.00	3.00	21.00	21.00	2.00	15.00	15.00	3.00	2.50	
0+0040	0+0060	20	6.70	12.00	13.00	10.00	11.67	11.67	2.00	13.00	13.00	3.00	19.00	19.00	2.00	11.00	11.00	2.00	2.25
0+0060	0+0080	20	6.70	13.00	10.00	11.00	11.33	11.33	167	25.00	25.00	3.00	13.00	13.00	2.00	11.00	11.00	3.00	2.42
0+0080	0+0100	20	6.70	9.00	14.00	9.00	10.67	10.67	167	24.00	24.00	3.00	13.00	13.00	2.00	10.00	10.00	3.00	2.42
0+0100	0+0120	20	6.70	14.00	11.00	8.00	11.00	11.00	167	13.00	13.00	3.00	20.00	20.00	2.00	16.00	16.00	2.00	2.17
0+0120	0+0140	20	6.70	16.00	10.00	12.00	12.67	12.67	2.00	15.00	15.00	3.00	18.00	18.00	2.00	10.00	10.00	3.00	2.50
0+0140	0+0160	20	6.70	12.00	13.00	8.00	11.00	11.00	2.00	28.00	28.00	3.00	21.00	21.00	2.00	12.00	12.00	2.00	2.25

TRAMO 2 BAJADA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo $G_a$	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				Long (m)
0+0000	0+0020	20	6.70	21.00	9.00	4.00	11.33	11.33	167	19.00	19.00	3.00	6.00	6.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.42
0+0020	0+0040	20	6.70	18.00	11.00	3.00	10.67	10.67	2.00	31.00	31.00	3.00	8.00	8.00	3.00	4.00	4.00	2.00	2.50
0+0040	0+0060	20	6.70	28.00	8.00	3.00	13.00	13.00	2.00	33.00	33.00	3.00	8.00	8.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.50
0+0060	0+0080	20	6.70	22.00	10.00	3.00	11.67	11.67	2.00	26.00	26.00	3.00	9.00	9.00	2.00	6.00	6.00	2.00	2.25
0+0080	0+0100	20	6.70	24.00	10.00	2.00	12.00	12.00	2.00	18.00	18.00	3.00	8.00	8.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.75
0+0100	0+0120	20	6.70	20.00	7.00	3.00	10.00	10.00	167	27.00	27.00	3.00	8.00	8.00	3.00	6.00	6.00	2.00	2.42
0+0120	0+0140	20	6.70	23.00	7.00	2.00	10.67	10.67	2.00	32.00	32.00	3.00	9.00	9.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.50
0+0140	0+0160	20	6.70	17.00	11.00	2.00	10.00	10.00	2.33	19.00	19.00	3.00	9.00	9.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.58

Representación 3.2.2.4 Resumen de deterioros para el tramo 2, Hartley sentido subida y bajada (EP)

TRAMO 3 SUBIDA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo $G_a$	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				Long (m)
0+0000	0+0020	20	6.70	5.00	3.00	3.00	3.67	3.67	1	10.00	10.00	2.00	7.00	7.00	2.00	4.00	4.00	2.00	1.83
0+0020	0+0040	20	6.70	6.00	4.00	3.00	4.33	4.33	1	7.00	7.00	2.00	3.00	3.00	2.00	5.00	5.00	1.00	1.50
0+0040	0+0060	20	6.70	5.00	3.00	1.00	3.00	3.00	2	7.00	7.00	1.00	2.00	2.00	1.00	4.00	4.00	2.00	1.42
0+0060	0+0080	20	6.70	5.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2	9.00	9.00	1.00	4.00	4.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.17
0+0080	0+0100	20	6.70	5.00	3.00	3.00	3.67	3.67	1	9.00	9.00	2.00	5.00	5.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.33
0+0100	0+0120	20	6.70	6.00	4.00	1.00	3.67	3.67	2	8.00	8.00	1.00	3.00	3.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.42
0+0120	0+0140	20	6.70	4.00	4.00	2.00	3.33	3.33	1	8.00	8.00	2.00	4.00	4.00	2.00	5.00	5.00	1.00	1.58
0+0140	0+0160	30	6.70	4.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2	7.00	4.67	1.00	2.00	1.33	2.00	4.00	2.67	1.00	1.42
0+0160	0+0180	20	6.70	4.00	4.00	2.00	3.33	3.33	2	8.00	8.00	2.00	4.00	4.00	1.00	3.00	3.00	2.00	1.67
0+0180	0+0200	20	6.70	4.00	3.00	1.00	2.67	2.67	1	11.00	11.00	1.00	3.00	3.00	2.00	4.00	4.00	2.00	1.58
0+0200	0+0210	10	6.70	5.00	3.00	2.00	3.33	6.67	2	12.00	24.00	2.00	6.00	12.00	2.00	3.00	6.00	1.00	1.67

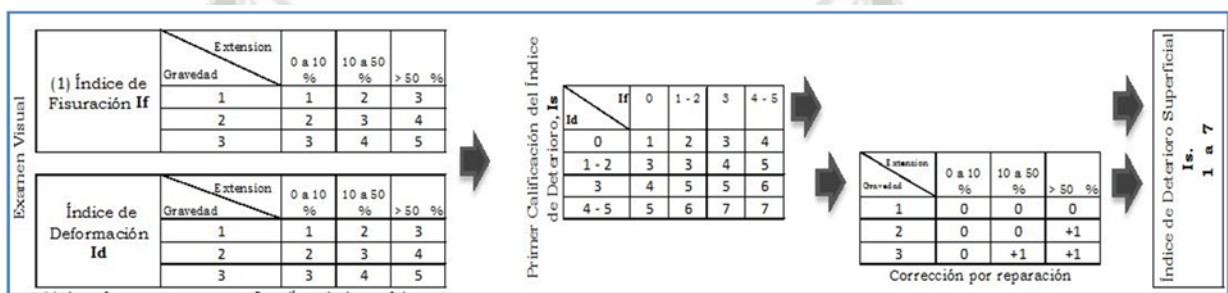
TRAMO 3 BAJADA																			
PR	Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo $G_a$	
			AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad		
			Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)				Long (m)
0+0000	0+0020	20	6.70	7.00	2.00	2.00	3.67	3.67	2.67	22.00	22.00	3.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	2.00	2.67
0+0020	0+0040	20	6.70	5.00	2.00	3.00	3.33	3.33	2.67	22.00	22.00	3.00	8.00	8.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.67
0+0040	0+0060	20	6.70	6.00	3.00	1.00	3.33	3.33	2.67	20.00	20.00	3.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	2.00	2.67
0+0060	0+0080	20	6.70	7.00	2.00	2.00	3.67	3.67	2.67	22.00	22.00	3.00	10.00	10.00	3.00	6.00	6.00	2.00	2.67
0+0080	0+0100	20	6.70	5.00	2.00	3.00	3.33	3.33	2.67	25.00	25.00	3.00	10.00	10.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.67
0+0100	0+0120	20	6.70	7.00	4.00	2.00	4.33	4.33	2.67	23.00	23.00	3.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	2.00	2.67
0+0120	0+0140	20	6.70	5.00	3.00	3.00	3.67	3.67	2.67	25.00	25.00	3.00	10.00	10.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.67
0+0140	0+0160	30	6.70	7.00	4.00	2.00	4.33	2.89	2.67	23.00	15.33	3.00	8.00	5.33	3.00	4.00	2.67	2.00	2.67
0+0160	0+0180	20	6.70	7.00	2.00	1.00	3.33	3.33	2.67	25.00	25.00	3.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	2.00	2.67
0+0180	0+0200	20	6.70	6.00	3.00	1.00	3.33	3.33	2.67	25.00	25.00	3.00	5.00	5.00	3.00	6.00	6.00	2.00	2.67
0+0200	0+0210	10	6.70	5.00	3.00	3.00	3.67	7.33	2.67	21.00	42.00	3.00	6.00	12.00	3.00	6.00	12.00	2.00	2.67

Representación 3.2.2.5 Resumen de deterioros para el tramo 3, Hartley sentido subida y bajada (EP)

La tendencia del nivel de gravedad registrado es > 2.5 o 3 en su defecto. Ya en este paso podemos darnos la idea de la condición final del pavimento, y es la de una pavimento en malas condiciones bien sea por su antigüedad por que no tuvo un rescate oportuno de sus fallas primarias.

### 3.2.2.3. Paso no.3: Evaluación de la gravedad de las fallas de acuerdo al índice de deterioro buscado

En este paso, representación 3.2.2.3.1, se establecen las matrices de evaluación, separadas por tipo de índice de fisuración y deformación, luego pasa a la matriz de clasificación, para luego pasar a la matriz de reparación. Terminando de esa manera en el último índice deterioro superficial buscado para una progresiva en particular.



Representación 3.2.2.3.1 Índices de deterioro superficial Is General (EP)

La representación 3.2.2.3.2 y 3, muestra los resultados del índice deterioro superficial para prolongación Andrés Avelino Cáceres, y nos manifiesta que el tramo se encuentra en un estado “deficiente” para el año 2016 al mes de setiembre.

Como entramos a la representación 3.2.2.3.1:

- **Primero**, observamos que nivel de gravedad tiene nuestro tipo de falla, luego vemos la extensión separada cualitativamente. Donde se junten ambas ese será nuestro índice **If o Id**.
- **Segundo**, teniendo ambos índices en clasificación, buscamos nuestro primer **Is** para esa sección de 20 metros.
- **Tercero**, ese valor de **Is** será corregido por la matriz idónea para

eso. Se buscara e intersectara su gravedad y extensión, eligiendo su valoración adecuada. De nuevo para cada sección de 20 metros.

- **Cuarto**, con el índice “Is” y su corrección podemos obtener finalmente el “Is” requerido como categoría para esa sección.

PR 1 a 2		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos		Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Índice de Fisuración If	Extensión % de longitud	Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad			Corrección
DE	HASTA																
0+0000	0+0020	12.00	3.00	4.00	20.00	3.00	4	4	8.00	2.00	2	5	28.00	3.00	1	6	deficiente
0+0020	0+0040	22.00	3.00	4.00	22.00	3.00	4	4	5.67	3.00	3	6	36.00	3.00	1	7	deficiente
0+0040	0+0060	34.00	3.00	4.00	30.00	3.00	4	4	5.00	2.00	2	5	22.00	3.00	1	6	deficiente
0+0060	0+0080	25.00	3.00	4.00	38.00	3.00	4	4	8.33	2.00	2	5	34.00	3.00	1	6	deficiente
0+0080	0+0100	39.00	3.00	4.00	28.00	3.00	4	4	13.33	2.00	3	6	27.00	3.00	1	7	deficiente
0+0100	0+0120	6.00	3.00	4.00	11.00	3.00	4	4	3.67	3.00	2	5	23.00	3.00	1	6	deficiente
0+0120	0+0140	6.00	3.00	4.00	22.00	3.00	4	4	8.00	3.00	2	5	26.00	3.00	1	6	deficiente
0+0140	0+0160	7.00	3.00	4.00	32.00	3.00	4	4	8.33	2.00	2	5	28.00	3.00	1	6	deficiente
0+0160	0+0170	12.00	3.00	4.00	19.00	3.00	4	4	9.67	2.00	2	5	12.00	3.00	1	6	deficiente

Representación 3.2.2.3.2 Obtención del índice de deterioro superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres tramo 1 (EP)

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos		Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Índice de Fisuración If	Extensión % de longitud	Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad			Corrección
DE	HASTA																
0+0000	0+0020	8.00	2.00	2.00	30.00	3.00	4	4	19.00	3.00	3	6	3.00	3.00	1	7	deficiente
0+0020	0+0040	10.00	2.00	2.00	40.00	3.00	4	4	12.00	2.00	4	7	2.00	3.00	1	7	deficiente
0+0040	0+0060	12.00	2.00	3.00	50.00	3.00	4	4	30.00	3.00	2	5	7.00	3.00	1	6	deficiente
0+0060	0+0080	19.00	2.00	3.00	60.00	3.00	4	4	19.33	3.00	2	5	8.00	3.00	1	6	deficiente
0+0080	0+0100	22.00	2.00	3.00	32.00	3.00	4	4	27.33	2.00	3	6	5.00	3.00	1	7	deficiente
0+0100	0+0120	23.00	2.00	3.00	11.00	3.00	4	3	8.33	2.00	3	5	23.00	3.00	1	6	deficiente
0+0120	0+0140	24.00	2.00	3.00	33.00	3.00	4	3	10.00	2.00	3	5	23.00	3.00	1	6	deficiente
0+0140	0+0160	12.00	2.00	3.00	34.00	3.00	4	4	7.00	3.00	2	5	45.00	3.00	1	6	deficiente
0+0160	0+0180	10.00	2.00	2.00	45.00	3.00	4	3	6.00	3.00	2	4	66.00	3.00	1	5	deficiente
0+0180	0+0200	16.00	2.00	3.00	22.00	3.00	4	4	6.67	2.00	2	5	22.0	3.00	1	6	deficiente
0+0200	0+0220	12.00	2.00	3.00	30.00	3.00	4	4	8.67	2.00	2	5	17.0	3.00	1	6	deficiente

FLF: Fisuras longitudinales por fatiga FPC: Fisuras piel de cocodrilo AH: Ahuellamiento DL: Depresiones o hundimientos longitudinales DT: Depresiones o hundimientos transversales B: Bacheos y parcheos

Representación 3.2.2.3.3 Obtención del índice de deterioro superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres tramo 2 (EP)

Para la avenida Hartley las representaciones 3.2.2.3.4 y 5 evalúan su condición para el tramo 1, en ambos sentidos. RESULTADO=DEFICIENTE

PR 1 a 2		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial				Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)			Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Extensión % de longitud		Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección			
DE	HASTA																	
0+0000	0+0020	7.00	3	3.00	8.00	3.00	3.00	3	6.00	2	2	4	17.00	3.00	1	5	deficiente	
0+0020	0+0040	6.00	3	3.00	17.00	2.00	3.00	3	6.90	2	2	4	18.00	3.00	1	5	deficiente	
0+0040	0+0060	12.00	2	3.00	13.00	2.00	3.00	3	6.50	2	2	4	15.00	3.00	1	5	deficiente	
0+0060	0+0080	12.00	3	4.00	18.00	2.00	3.00	4	3.00	2	2	4	12.00	2.00	1	5	deficiente	
0+0080	0+0100	10.00	2	3.00	10.00	2.00	2.00	3	8.67	2	2	3	16.00	3.00	0	3	marginal	
0+0100	0+0120	9.00	3	3.00	17.00	2.00	3.00	3	6.33	2	2	3	13.00	2.00	0	3	marginal	
0+0120	0+0140	9.00	2	3.00	18.00	3.00	3.00	3	6.33	1	1	4	6.00	2.00	0	4	marginal	
0+0140	0+0160	13.00	3	4.00	16.00	2.00	3.00	4	6.67	2	2	4	10.00	2.00	0	4	marginal	
0+0160	0+0170	10.00	3	4.00	15.00	2.00	3.00	4	6.67	2	2	3	11.00	2.00	0	3	marginal	

Representación 3.2.2.3.4 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 1 sentido subida (EP)

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial				Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)			Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Extensión % de longitud		Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección			
DE	HASTA																	
0+0000	0+0020	8.00	3.00	3.00	7.00	3.00	3	3	8.00	2.00	2	4	12.00	3.00	1	5	deficiente	
0+0020	0+0040	14.00	3.00	3.00	7.00	2.00	2	3	8.57	2.00	2	5	17.00	3.00	1	6	deficiente	
0+0040	0+0060	6.00	3.00	3.00	6.00	2.00	2	3	6.17	2.00	2	4	14.00	2.00	0	4	marginal	
0+0060	0+0080	8.00	2.00	2.00	14.00	3.00	4	2	4.33	1.67	2	3	6.00	3.00	1	4	marginal	
0+0080	0+0100	7.00	3.00	3.00	15.00	3.00	4	3	10.67	2.00	3	5	6.00	2.00	0	5	deficiente	
0+0100	0+0120	7.00	2.00	2.00	18.00	2.00	3	2	6.67	1.67	2	4	12.00	2.00	0	4	marginal	
0+0120	0+0140	14.00	3.00	4.00	11.00	2.00	3	4	8.00	2.00	2	5	9.00	2.00	0	5	deficiente	
0+0140	0+0160	11.00	3.00	4.00	17.00	3.00	4	4	3.33	1.67	2	5	18.00	2.00	0	5	deficiente	
0+0160	0+0170	13.00	2.00	3.00	8.00	2.00	2	3	7.67	1.67	2	4	11.00	3.00	1	5	deficiente	

Representación 3.2.2.3.5 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 1 sentido bajada (EP)

Para la avenida Hartley las representaciones **3.2.2.3.6 y 7** evalúan su condición para el tramo 2, en ambos sentidos. RESULTADO=DEFICIENTE

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial				Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)			Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Extensión % de longitud		Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección			
DE	HASTA																	
0+0000	0+0020	21.00	3	4.00	18.00	2.00	3	4	10.33	2	3	6	15.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0020	0+0040	23.00	3	4.00	21.00	2.00	3	4	12.00	2	3	6	15.00	3.00	1	7	deficiente	
0+0040	0+0060	13.00	3	4.00	19.00	2.00	3	4	11.67	2	3	6	11.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0060	0+0080	25.00	3	4.00	13.00	2.00	3	4	11.33	2	3	6	11.00	3.00	1	7	deficiente	
0+0080	0+0100	24.00	3	4.00	13.00	2.00	3	4	10.67	2	3	6	10.00	3.00	0	6	deficiente	
0+0100	0+0120	13.00	3	4.00	20.00	2.00	3	4	11.00	2	3	6	16.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0120	0+0140	15.00	3	4.00	18.00	2.00	3	4	12.67	2	3	6	10.00	3.00	0	6	deficiente	
0+0140	0+0160	28.00	3	4.00	21.00	2.00	3	4	11.00	2	3	6	12.00	2.00	0	6	deficiente	

Representación 3.2.2.3.6 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 2 sentido subida (EP)

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial				Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)			Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final IS		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Extensión % de longitud		Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección			
DE	HASTA																	
0+0000	0+0020	19.00	3	4.00	6.00	3.00	3	4	11.33	2	3	6	2.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0020	0+0040	31.00	3	4.00	8.00	3.00	3	4	10.67	2	3	6	4.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0040	0+0060	33.00	3	4.00	8.00	3.00	3	4	13.00	2	3	6	2.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0060	0+0080	26.00	3	4.00	9.00	2.00	2	4	11.67	2	3	6	6.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0080	0+0100	18.00	3	4.00	8.00	3.00	3	4	12.00	2	3	6	2.00	3.00	0	6	deficiente	
0+0100	0+0120	27.00	3	4.00	8.00	3.00	3	4	10.00	2	3	6	6.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0120	0+0140	32.00	3	4.00	9.00	3.00	3	4	10.67	2	3	6	2.00	2.00	0	6	deficiente	
0+0140	0+0160	19.00	3	4.00	9.00	3.00	3	4	10.00	2	3	6	2.00	2.00	0	6	deficiente	

Representación 3.2.2.3.7 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 2 sentido bajada (EP)

Para la avenida Hartley las representaciones **3.2.2.3.8 y 9** evalúan su condición para el tramo 3, en ambos sentidos. RESULTADO=DEFICIENTE

La calificación para los dos primeros tramos en la avenida Hartley la califican de muy deficiente con sectores marginales. El paso 4 pondrá de manifiesto este tipo calificación cualitativa.

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos				
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Índice de Fisuración If	Extensión % de longitud	Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección		Índice de Deterioro Superficial Final IS
DE	HASTA																
0+0000	0+0020	10.00	2	2.00	7.00	2.00	2	2.00	3.67	1	2	3	4.00	2.00	0	3	marginal
0+0020	0+0040	7.00	2	3.00	3.00	2.00	2	3.00	4.33	1	2	3	5.00	1.00	0	3	marginal
0+0040	0+0060	7.00	1	1.00	2.00	1.00	1	1.00	3.00	2	2	3	4.00	2.00	0	3	marginal
0+0060	0+0080	9.00	1	1.00	4.00	1.00	1	1.00	3.00	2	2	3	2.00	1.00	0	3	marginal
0+0080	0+0100	9.00	2	2.00	5.00	1.00	1	2.00	3.67	1	2	3	2.00	1.00	0	3	marginal
0+0100	0+0120	8.00	1	1.00	3.00	1.00	1	1.00	3.67	2	2	3	2.00	2.00	0	3	marginal
0+0120	0+0140	8.00	2	2.00	4.00	2.00	2	2.00	3.33	1	2	3	5.00	1.00	0	3	marginal
0+0140	0+0160	7.00	1	1.00	2.00	2.00	2	1.00	3.00	2	2	3	4.00	1.00	0	3	marginal
0+0160	0+0180	8.00	2	2.00	4.00	1.00	1	2.00	3.33	2	2	3	3.00	2.00	0	3	marginal
0+0180	0+0200	11.00	1	2.00	3.00	2.00	2	2.00	2.67	1	2	3	4.00	2.00	0	3	marginal
0+0200	0+0210	12.00	2	3.00	6.00	2.00	2	3.00	3.33	2	2	3	3.00	1.00	0	3	marginal

Representación 3.2.2.3.8 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 3 sentido subida (EP)

PR 3 a 4		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial IS	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoría	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos				
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Índice de Fisuración If	Extensión % de longitud	Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección		Índice de Deterioro Superficial Final IS
DE	HASTA																
0+0000	0+0020	22.00	3	4.00	5.00	3.00	2	4	3.67	3	3	6	5.00	2.00	0	6	deficiente
0+0020	0+0040	22.00	3	4.00	8.00	3.00	2	4	3.33	3	3	6	2.00	2.00	0	7	deficiente
0+0040	0+0060	20.00	3	4.00	5.00	3.00	2	4	3.33	3	3	6	5.00	2.00	0	6	deficiente
0+0060	0+0080	22.00	3	4.00	10.00	3.00	2	4	3.67	3	3	6	6.00	2.00	0	6	deficiente
0+0080	0+0100	25.00	3	4.00	10.00	3.00	2	4	3.33	3	3	6	3.00	2.00	0	6	deficiente
0+0100	0+0120	23.00	3	4.00	5.00	3.00	2	4	4.33	3	3	6	5.00	2.00	0	6	deficiente
0+0120	0+0140	25.00	3	4.00	10.00	3.00	2	4	3.67	3	3	6	2.00	2.00	0	6	deficiente
0+0140	0+0160	23.00	3	4.00	8.00	3.00	2	4	4.33	3	3	6	4.00	2.00	0	6	deficiente
0+0160	0+0180	25.00	3	4.00	5.00	3.00	2	4	3.33	3	3	6	5.00	2.00	0	6	deficiente
0+0180	0+0200	25.00	3	4.00	5.00	3.00	2	4	3.33	3	3	6	6.00	2.00	0	6	deficiente
0+0200	0+0210	21.00	3	4.00	6.00	3.00	2	4	3.67	3	3	6	6.00	2.00	0	6	deficiente

Representación 3.2.2.3.9 Obtención del índice de deterioro superficial Hartley tramo 3 sentido bajada (EP)

### 3.2.2.4. Paso no.4: Valor final del índice de deterioro “Is”

Se debe establecer cuál es el estado actual de las vías, para lo cual nos valdremos de las siguientes categorías cualitativas que dictaminaran su valor en función del Is “índice de deterioro superficial”. Cuadro 3.2.2.4.1

Cuadro 3.2.2.4.1 Valoración cualitativa de la condición final del pavimento urbano (EP)

CATEGORÍA	Is: Índice de deterioro superficial
Condición buena	1 – 2
Condición marginal	3 - 4
Condición deficiente	5 - 6 - 7

## CAPITULO 4

### ANÁLISIS POR SECCIÓN PATRÓN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE URBANO

#### 4.1. VALORACIÓN DEL DRENAJE URBANO COMO PARTE INTEGRAL DEL SISTEMA VIAL

El presente capítulo expresa, un acercamiento al estado deteriorado de las vías, encontrando con la sección patrón sus parámetros y condición. Además de lo que se pueda expresar en progresivas de 20 metros.

- La sección patrón se encuentra en todos los análisis propuestos, y para efectos de esta investigación, la longitud de los tramos en las avenidas consideradas se dividen en secciones de 20 metros.
- La valoración del drenaje buscara identificar 6 parámetros que fueron desarrollados en la sección 2.3.15. por cada 20 metros.

##### 4.1.1. Calificación global para la evaluación del drenaje urbano

- Su calificación, demostrara el riesgo de una combinación de factores desfavorables para la condición del drenaje existente. Esto independientemente del estado global de los pavimentos.
- La calificación global vario ente 0 y 12, de acuerdo con la siguiente escala. Cuadro 4.1.1.1

Cuadro 4.1.1.1 Calificación global para valorar el drenaje de acuerdo a sus niveles de riesgo (Gonzales, 2008)

CALIFICACIÓN GLOBAL	RIESGO
0 – 3	Condiciones no propicias para que se presente daño en la estructura por causa del agua
4 – 7	Condiciones que pueden generar daño en la estructura por efectos del agua
8 – 12	Condiciones determinantes para causar la aparición y rápida degradación de la estructura por presencia de agua

- La calificación final se obtiene mediante la suma de las calificaciones de los seis parámetros, R+A+H+D+S+M, obtenidos según el procedimiento descrito en la sección **2.3.15**
- Se elegirá como calificación final de la sección el tipo de riesgo más alto encontrado entre las sub secciones y se escribirá en el cuadro **4.1.1.2.**
- Valoración N = no hay riesgo de daños, B = bajo riesgo de daños por drenaje, E = alto riesgo de daños por drenaje

Cuadro 4.1.1.2 Calificación final por riesgo de daños (Gonzales, 2008)

CALIFICACIÓN GLOBAL	RIESGO POR DRENAJE
0 – 3	N
4 – 7	B
8 – 12	E

#### 4.1.2. Pasos para la evaluación del drenaje urbano

##### 4.1.2.1. Paso 1: Registro visual del drenaje en campo

- Se deben registrar los factores adversos más importantes, en la representación **4.1.2.1.1 y 2** se aprecian las siglas que van de acuerdo a los 6 parámetros (sección 2.3.15).

- En las representaciones un total de 240 metros serán evaluados tanto para la prolongación A.A.Caceres como para Hartley.
- Se calificara por progresiva tanto en el costado izquierdo y derecho de la vía, anotando su presencia con una “x”, por cada casillero, y se harán observación si son pertinentes para su consideración en el futuro.

Sector No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Tipo de sección transversal (T, terraplén, C, corte, M, mixto)		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
Abs inicial Absc final		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	
Factores adversos observados / Costado izquierdo (I), Costado derecho (D)		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Superficie del pavimento	Fisuras longitudinales FL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fisuras piel de cocodrilo FPC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Segregación S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pérdida de la película de ligante PL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ahuellamientos AH	X	X												
	Depresiones o hundimientos longitudinales del pavimento DL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Depresiones o hundimientos transversales del pavimento DT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Drenaje superficial	Pendiente transversal inadecuada de la calzada PT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pendiente longitudinal inadecuada de la calzada LI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de bermas NB	X	X	X	X	X		X			X				X
	Pendiente inadecuada de la berma BP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Bermas sin revestimiento BR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de cunetas cuando se consideren necesarias NC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Estancamiento o empozamiento de agua sobre la vía CH	X	X	X	X	X				X	X	X	X		X
	Láminas gruesas de agua sobre la vía PA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de sistemas de drenaje subterráneo ASD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pluviosidad (Alta, Media, Baja)* LA, LM, LB	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA

Representación 4.1.2.1.1 Registro de la inspección visual por progresivas de 20 metros, prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

Sector No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Tipo de sección transversal (T, terraplén, C, corte, M, mixto)		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
Abs inicial Absc final		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	
Factores adversos observados / Costado izquierdo (I), Costado derecho (D)		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Superficie del pavimento*	Fisuras longitudinales FL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fisuras piel de cocodrilo FPC	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X
	Pérdida de la película de ligante PL	X	X	X	X				X	X	X	X		X	X
	Ahuellamientos AH	X	X												
	Depresiones o hundimientos longitudinales del pavimento DL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Depresiones o hundimientos transversales del pavimento DT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Drenaje superficial	Pendiente transversal inadecuada de la calzada PT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pendiente longitudinal inadecuada de la calzada LI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de bermas NB														
	Pendiente inadecuada de la berma BP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Bermas sin revestimiento BR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de cunetas cuando se consideren necesarias NC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Estancamiento o empozamiento de agua sobre la vía CH			X	X	X				X	X	X			X
	Láminas gruesas de agua sobre la vía PA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ausencia de sistemas de drenaje subterráneo ASD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pluviosidad (Alta, Media, Baja)* LA, LM, LB	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA

Representación 4.1.2.1.2 Registro de la inspección visual por progresivas de 20 metros, Hartley (EP)

Los factores desfavorables se registran con sus iniciales en mayúscula para cada representación **4.1.2.1.1 y 2**

#### 4.1.2.2. Pasó 2: Calificaciones del drenaje

La calificación se ajustara a los niveles de riesgo propuestos en la sección **2.3.15** que indican la propensión de la estructura al deterioro por causa del agua: **0** para riesgo mínimo o inexistente, **1** para una situación intermedia y **2** para riesgo máximo.

Subsección No.	Tipo de sección	PR inicial	PR final	Factores adversos observados	Parámetros en evaluación - Calificación						Calificación global	Tipo de riesgo	Observaciones
					R	A	H	D	S	M			
1	LL	0	20	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
2	LL	20	40	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
3	LL	40	60	PT, LI, NB, BP, BR, NC, CH, PA, ASD, LA	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
4	LL	60	80	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
5	LL	80	100	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
6	LL	100	120	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
7	LL	120	140	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
8	LL	140	160	PT, LI, NB, BP, BR, NC, CH, PA, ASD, LA	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
9	LL	160	180	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
10	LL	180	200	PT, LI, NB, BP, BR, NC, CH, PA, ASD, LA	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
12	LL	200	220	PT, LI, NB, BP, BR, NC, CH, PA, ASD, LA	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
13	LL	220	240	FL, FPC, S, PL, AH, DL, DT	2	2	0	2	1	2	9	E	Suelo arenoso, limoso muy blando, sin tratamiento
<b>CALIFICACION FINAL DE LA SECCION</b>											<b>E</b>		
R: Impermeabilidad de la capa superficial o revestimiento de la estructura del pavimento						Calificación Global: R+A+H+D+S+M						Tipo de sección: Terraplén (LL)	
A: Drenaje superficial						Clase de riesgo:						Media ladera o mixto (M)	
H: Ambiente hidrogeológico del pavimento						0 - 3 No hay riesgo de daños por drenaje, N						Corte en cajón ©	
D: Drenaje subsuperficial						4 - 7 Bajo riesgo de daños por drenaje, B						Tipo de vía:	
S: Sensibilidad al agua y capacidad de drenaje de la subrasante						8 - 12 Alto riesgo de daños por drenaje, E							
M: Sensibilidad al agua y capacidad de drenaje de las capas que conforman la estructura del pavimento													

Representación 4.1.2.2.1 Registró final de la condición del drenaje superficial prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

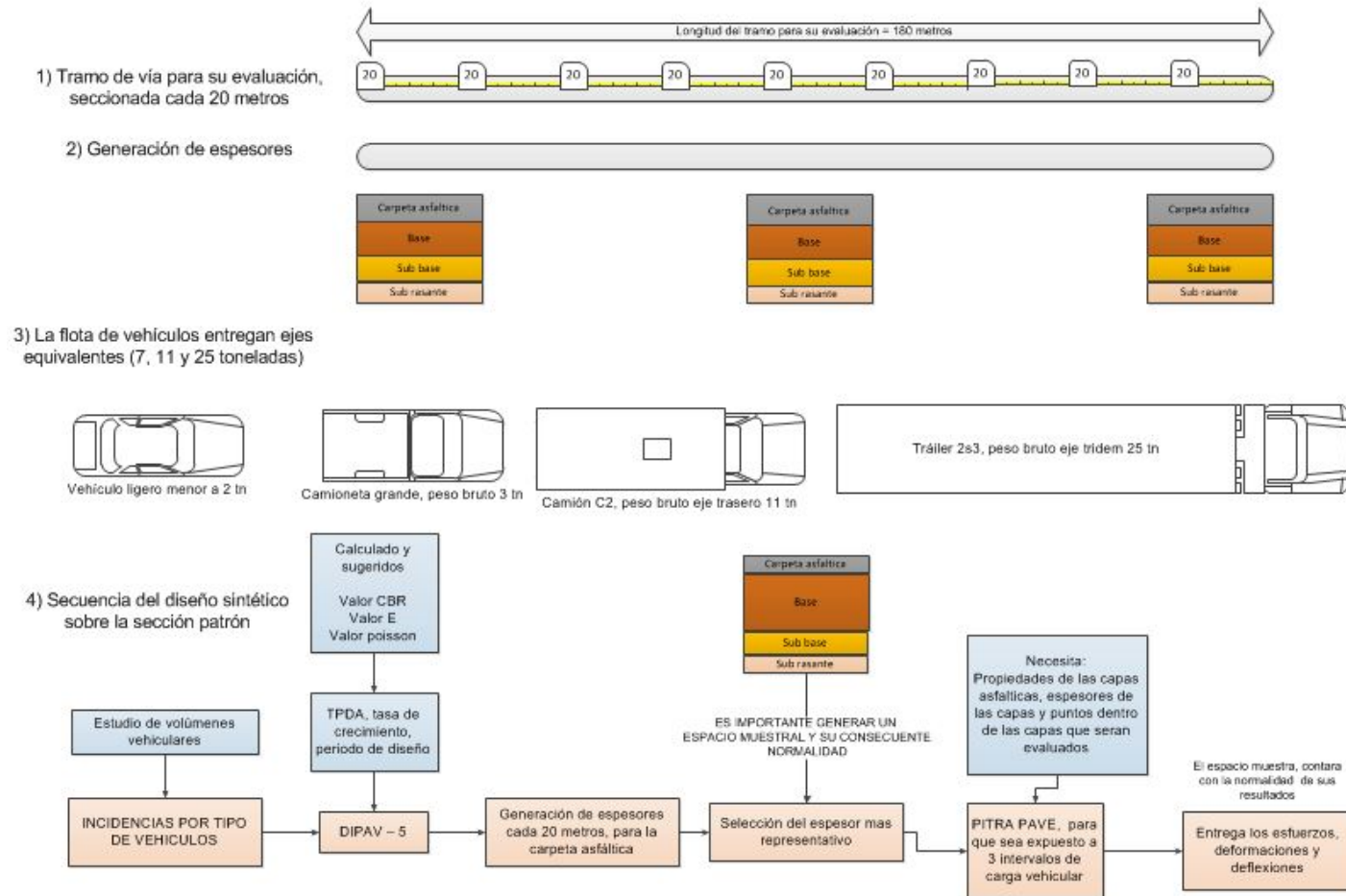
Subsección No.	Tipo de sección	PR inicial	PR final	Factores adversos observados	Parámetros en evaluación - Calificación						Calificación global	Tipo de riesgo	Observaciones
					R	A	H	D	S	M			
1	LL	0	20	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
2	LL	20	40	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
3	LL	40	60	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
4	LL	60	80	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
5	LL	80	100	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
6	LL	100	120	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
7	LL	120	140	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
8	LL	140	160	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
9	LL	160	180	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
10	LL	180	200	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
12	LL	200	220	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
13	LL	220	240	FL, FPC, PL, AH, DL, DT, PT, LI, NB	1	2	0	2	1	2	8	E	Suelo clasificado como SP-SM suelo pobremente gradado y limoso
<b>CALIFICACION FINAL DE LA SECCION</b>											<b>E</b>		
R Impermeabilidad de la capa superficial o revestimiento de la estructura del pavimento						Calificación Global: R+A+H+D+S+M				Tipo de sección:			
A Drenaje superficial						Clase de riesgo:				Terraplén (LL)			
H Ambiente hidrogeológico del pavimento						0 - 3 No hay riesgo de daños por drenaje, Media ladera o mixto (M)							
D Drenaje subsuperficial						4 - 7 Bajo riesgo de daños por drenaje, B Corte en cajón ©							
S Sensibilidad al agua y capacidad de drenaje de la subrasante						8 - 12 Alto riesgo de daños por drenaje, E Tipo de vía:							
M Sensibilidad al agua y capacidad de drenaje de las capas que conforman la estructura del pavimento													

Representación 4.1.2.2.2 Registró final de la condición del drenaje superficial Hartley (EP)

- Con los factores adversos valorados sobre el pavimento urbano representación **4.1.2.2.1 y 2**, se pasara a clasificarlas en función del nivel de riesgo de deterioro de las obras de drenaje.
- La calificación global se obtiene en función del cuadro niveles de riesgo **4.1.1.2**, para luego denominarla con la letra E, que indica en nuestro caso *alto riesgo de daños por drenaje* para ambas zonas evaluadas.
- Lo importante será tener en su consideración su condición actual. La condición de los pavimentos en función de los drenajes para el tramo 1 en la prolongación Andrés Avelino careces están en un valor de 9, lo que significa en un estado de alto riesgo.
- La habilidad para detectar dónde existen o se pueden presentar problemas por humedad excesiva y cuáles son los materiales del pavimento susceptibles de mayor afectación por el agua, se hará a través de la inspección visual.
- En nuestro caso, sobre las área de estudio que son dos avenidas principales para el tránsito de vehículos desde motocicletas hasta camiones articulados.

## 4.2 APLICACIÓN DE LA SECCIÓN PATRÓN: Prolongación A. Avelino Cáceres y Hartley

### 4.2.1. Esquema metodológico para el desarrollo de la sección patrón y diseño sintético



Esquema 4.2.1.1 Metodología para el desarrollo de la sección patrón y diseño sintético (EP)

## 4.2.2. Pasos para la evaluación del pavimento urbano con la sección patrón

### 4.2.2.1. Primer paso: Progresivas y propiedades de los materiales

Al evaluar una avenida, calle o carretera se la tratara como un continuo uniforme, seccionándola a cada 20 metros por ser una vía urbana. Si fuera una carretera la metodología VIZIR sugiere que sea en intervalos de 100 metros.

- Bajo la idea anterior es preciso definir los rangos de los módulos de elasticidad y Poisson para las diferentes capas de la estructura que serán resueltas por el software DISPAV-5 y PITRA PAVE. Registro **4.2.2.1.1 y 2**. Para la prolongación A.A.C. y **4.2.2.1.3, 4 y 5** para la avenida Hartley.

	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
CARPETA	23000	20502	22045	20294	22637	21614	20266	21462	20000	kg/cm2
BASE	2793	5755	5679	5693	4787	3148	4738	4980	5790	kg/cm2
SUB BASE	1406	1442	1459	1430	1474	1418	1421	1480	1406	kg/cm2
SUB RASAN	1058	1699	1021	1373	1340	1272	1167	983	1058	kg/cm2

	POISON dispav	POISON pitra
CARPETA	0.35	0.3
BASE	0.35	0.35
SUB BASE	0.45	0.4
SUB RASAN	0.45	0.3

Registro 4.2.2.1.1 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 1 (EP)

	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
CARPETA	23440	24145	23481	24177	24150	24895	24051	24731	24329	24713	25000	kg/cm2
BASE	2914	3145	3181	3231	3238	3223	3257	3194	2985	3015	3265	kg/cm2
SUBBASE	2010	2123	2145	2345	2147	2189	2099	2313	2219	2091	2415	kg/cm2
SUBRASAN	1597	1656	1613	1609	1644	1598	1645	1611	1607	1623	1659	kg/cm2

	POISON dispav	POISON pitra
CARPETA	0.35	0.3
BASE	0.35	0.35
SUBBASE	0.45	0.4
SUBRASAN	0.45	0.3

Registro 4.2.2.1.2 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, prolongación Andrés Avelino Cáceres, tramo 2 (EP)

	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
CARPETA	22000	<b>22517</b>	23201	23513	24513	25076	22301	22984	25400	kg/cm2
BASE	2842	<b>2480</b>	2831	2290	2154	2072	2360	2299	2033	kg/cm2
SUB BASE	1471	<b>1567</b>	1503	1603	1488	1476	1483	1528	1659	kg/cm2
SUB RASAN	1131	<b>1274</b>	1359	1141	1381	1179	1334	1142	1406	kg/cm2

	POISON dispav	POISON pitra
CARPETA	0.35	0.3
BASE	0.35	0.35
SUB BASE	0.45	0.4
SUB RASAN	0.45	0.3

Registró 4.2.2.1.3 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 1 (EP)

	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
CARPETA	<b>20000</b>	21959	22368	24543	23827	22805	27626	28000	28000	kg/cm2
BASE	<b>4000</b>	3267	3850	3089	2864	3278	3914	2842	2842	kg/cm2
SUB BASE	<b>2010</b>	1993	1576	1456	1746	1531	1902	1438	1438	kg/cm2
SUB RASAN	<b>1406</b>	1291	1250	1232	1271	1338	1222	1131	1131	kg/cm2

	POISON dispav	POISON pitra	
CARPETA	0.35	0.3	
BASE	0.35	0.35	
SUB BASE	0.45	0.4	
SUB RASAN	0.45	0.3	14.2233

Registro 4.2.2.1.4 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 2 (EP)

	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
CARPETA	23440	24145	23481	24177	24150	24895	24051	24731	24329	24713	<b>25000</b>	kg/cm2
BASE	2914	3145	3181	3231	3238	3223	3257	3194	2985	3015	<b>3265</b>	kg/cm2
SUB BASE	2010	2123	2145	2345	2147	2189	2099	2313	2219	2091	<b>2415</b>	kg/cm2
SUB RASAN	1597	1656	1613	1609	1644	1598	1645	1611	1607	1623	<b>1659</b>	kg/cm2

	POISON dispav	POISON pitra	
CARPETA	0.35	0.3	
BASE	0.35	0.35	
SUB BASE	0.45	0.4	
SUB RASAN	0.45	0.3	14.2233

Registro 4.2.2.1.5 Módulo de elasticidad para las capas del pavimento urbano, Hartley, tramo 3 (EP)

Para contrastar los valores que propone DISPAV-5 en la generación de espesores, el “E” módulo de elasticidad para la carpeta asfáltica, lo fija entre 25000 y 30000 kg/cm2.

Se elaboró un valor teórico para (E = 22433 kg/cm2) Nomogramas **4.2.2.1-1,2 y 3**. Que se pondrá a prueba. Siendo una variable con más altas tasas

de variación. El modelo dinámico de acoplamiento índico que E es una variable muy sensible al cambio por temperatura y carga.

1) Determinamos el índice de penetración y la temperatura T800 del asfalto

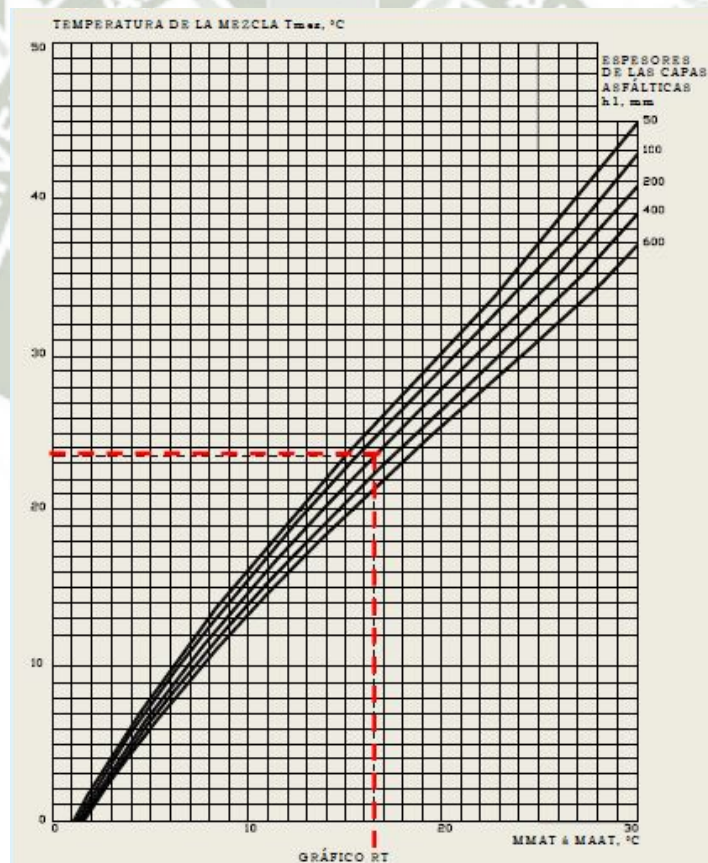
Con ayuda del nomograma de Heukelom

Temperatura	20	25	30
Penetración	35	50	70

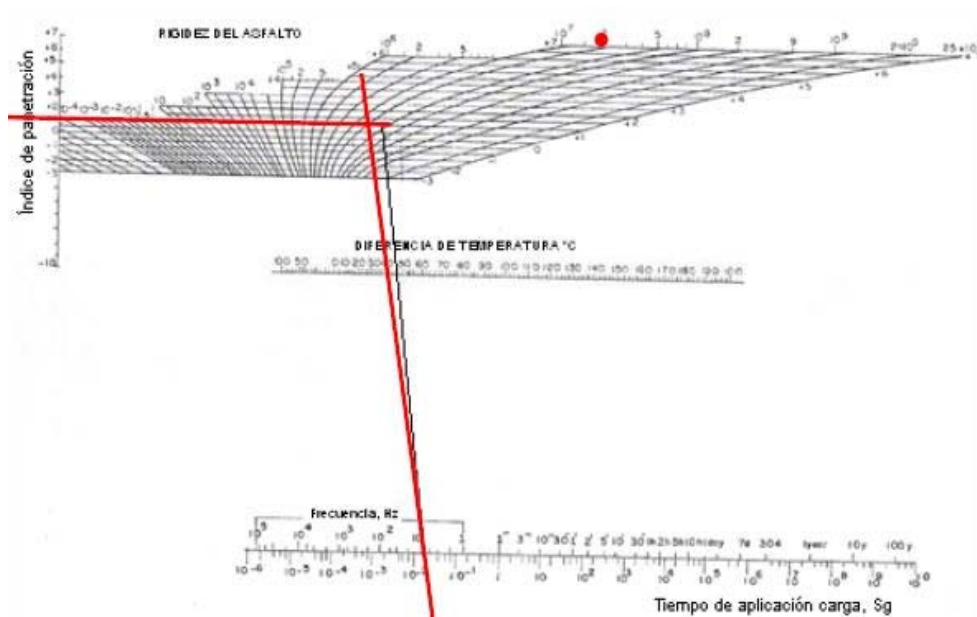
Con las temperaturas de penetración localizamos:

T800: 64°C

IP: 1



Nomograma 4.2.2.1-1 Determinación de la temperatura de la mezcla (Suarez, 2010)



Nomograma 4.2.2.1-2 Van Der Poel para determinación del módulo dinámico del asfalto (Suarez, 2010)

## 2) Rigidez del asfalto a la temperatura de trabajo

Necesitamos:

IP

Tiempo de aplicación de la carga: 0.02 para vehículos entre 50 y 60 Km/h

Diferencia de temperatura:  $T_{800} - T_{mezcla}$  en función de la temperatura anual

Del monograma: temperatura anual de 12 a 20 °c, temperatura: 16.5°c y  $T_{mezcla}$ : 23.5°c

Diferencia temperatura:  $64 - 23.5 = 40.5^{\circ}\text{c}$

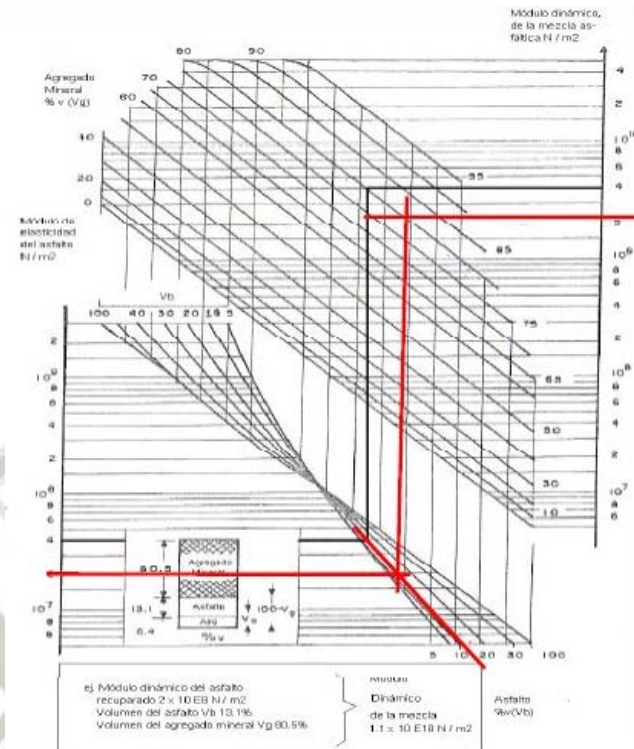
Con los datos, entramos:

Valor de la carga: 0.02

Diferencia de temperatura: 40.5

IP: 1

Rigidez del asfalto: 2.00E+07 N/m<sup>2</sup>



Nomograma 4.2.2.1-3 Cálculo del módulo dinámico de las mezclas asfálticas (Suarez, 2010)

3) Determinamos el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica

Necesitamos:

3.1) rigidez del asfalto

3.2) composición volumétrica de la mezcla (diseño de laboratorio, Marshall)

Agregado 81%

Asfalto 10%

Aire 9%

Entramos al monograma:

Con el valor de la rigidez del asfalto  $2.00E+07$  N/m<sup>2</sup> se prolonga horizontalmente hasta interceptar las curvas del porcentaje de asfalto 10%, a partir de ese punto, se sube hasta interceptar las curvas de agregados 81%, desde ese punto se hace una horizontal interceptando la vertical, módulo de elasticidad de la mezcla:  $2.24E+04$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.2.2.2. Segundo paso: Generación de espesores con DISPAV-5

La generación de espesores obedecerá a una incidencia de vehículos sobre las zonas en evaluación, y el manejo del software DISPAV – 5 que nos proporcionara sus espesores. Además de necesitar datos como el IMD o TPDA, la tasa de crecimiento y el periodo de diseño. La evaluación con DISPAV – 5 está en sección la 4.2.4 y las tablas 4.2.2.2.1, 2, 3, 4 y 5 muestran los espesores encontrados en las 2 zonas evaluadas.

Tabla 4.2.2.2.1 Espesores finales para el tramo 1 A.A.Caceres (EP)

*longitud del tramo 1 = 160 m*

	ESPEORES FINALES EN CENTIMETROS								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
CARPETA	12	8	9	8	9	12	11	10	8
BASE	20	23	24	25	23	25	21	20	20
SUB BASE	25	23	21	23	24	21	21	25	20
SUB RASAN	40	37	32	35	40	38	34	31	40
TOTAL ESPESOR	97	91	86	91	96	96	87	86	88

Tabla 4.2.2.2.2 Espesores finales para el tramo 2 A.A.Caceres (EP)

*longitud del tramo 2 = 220 m*

	ESPEORES FINALES EN CENTIMETROS										
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
CARPETA	10	7	7	10	7	9	9	9	6	7	6
BASE	19.5	22	29	23	30	29	23	20	20	21	30
SUB BASE	23	23	25	24	24	25	23	25	25	24	25
SUB RASAN	35	35	33	35	33	31	32	33	35	33	31
TOTAL ESPESOR	87.5	87	94	92	94	94	87	87	86	85	92

- La última fila para cada tabla representara el espesor total de la estructura
- Los espesores para los tres tramos en la avenida Hartley guardan las siguientes relaciones.

Tabla 4.2.2.2.3 Espesores finales para el tramo 1 Hartley (EP)

*longitud del tramo 1 = 174 m*

	<b>ESPEORES FINALES EN CENTIMETROS</b>								
	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>
CARPETA	10	15	12	14	12	15	12	10	15
BASE	19	21	27	28	25	22	23	26	28
SUB BASE	22	22	23	21	22	22	21	22	22
SUB RASAN	40	40	33	34	35	31	32	31	31
<b>TOTAL ESPESOR</b>	91	<b>98</b>	95	97	94	90	88	89	96

Tabla 4.2.2.2.4 Espesores finales para el tramo 2 Hartley (EP)

*longitud del tramo 2 = 155 m*

	<b>ESPEORES FINALES EN CENTIMETROS</b>							
	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>160</b>
CARPETA	10	10	10	10	8	8	10	10
BASE	35	35	28	33	30	30	23	19
SUB BASE	26	26	25	26	24	26	26	23
SUB RASAN	49	44	49	42	47	49	41	31
<b>TOTAL ESPESOR</b>	<b>120</b>	115	112	111	109	113	100	83

Tabla 4.2.2.2.5 Espesores finales para el tramo 3 Hartley (EP)

*longitud del tramo 3 = 220 m*

	<b>ESPEORES FINALES EN CENTIMETROS</b>										
	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>
CARPETA	12	12	9	10	12	12	10	12	10	8	<b>8</b>
BASE	30	32	33	34	33	35	30	33	31	33	<b>40</b>
SUB BASE	30	36	32	40	35	38	32	38	38	38	<b>40</b>
SUB RASAN	30	32	32	30	31	30	32	31	32	30	<b>32</b>
<b>TOTAL ESPESOR</b>	102	112	106	114	111	115	104	114	111	109	<b>120</b>

Las columnas resaltadas en negro para cada sección de 20 metros, representan las elegidas para la evaluación de un juego de cargas; que se llevara a cabo en los pasos siguientes. Esto representara una expansión, al ser un dato verídico, a partir de una muestra representativa de espesores.

#### 4.2.2.3. Tercer paso: Juego de cargas del parque automotor

La norma peruana considera un eje equivalente simple de 8.2 toneladas y una presión de inflado en los neumáticos de 80 psi. Nuestra síntesis propone pesos en ejes de 7, 11 y 25 toneladas como más representativas. Se busca demostrar una respuesta a través de la distribución normal o no normal de los datos. Las distribuciones se verán en la sección **4.2.3**

#### 4.2.2.4. Cuarto paso: Respuesta de los parámetros físicos

El *diseño sintético* se remarca como el último paso en el esquema **4.2.1.1**, y menciona al software PITRA PAVE como gestor de esfuerzos, deformaciones y deflexiones. Necesitando los espesores de la carpeta asfáltica, así como cargas puntuales que entreguen los neumáticos “paso 3”. Su evaluación se verá en las secciones **4.2.8**, **4.2.9** y **4.2.10**

#### 4.2.3. Distribución de normalidad con la prueba de bondad K-S

- Las acotaciones que se hacen al espacio muestral son resultados a partir de un experimento, el mismo comprende la observación y desarrollo de tráfico vehicular urbano. Ya que el volumen de vehículos registrados funcionara como una muestra representativa a partir de una población más grande.
- Los resultados no son más que la generación de espesores, al existir un espesores representativo por cada sección de 20 metros en la extensión de las vías analizadas, todas estas representaran nuestro espacio muestral.

- Es conveniente mostrar la uniformidad que desarrollen los datos de las variables espesor, esfuerzos, deformaciones y deflexiones del pavimento urbano, a través de una distribución normal.
- Para esto último nos valdremos de un método que gestione la normalidad de los datos. La prueba K-S, cuadro 4.2.3.1 es una prueba estadística que busca mostrar la normalidad de un grupo de datos, y no es el único métodos, los histogramas también buscan esa tendencia. Los datos para validar esto se registran en sección 4.2.5.
- Para nuestro caso la alinearemos con los espesores encontrados, esfuerzos, deformaciones y deflexiones de los pavimentos flexibles urbanos, buscando la normalidad o no de la muestra aleatoria, que es generada por el tráfico, a través de las cargas sobre el pavimento.
- Las gráficas 4.2.3.1 y 2 muestran la distribución de normalidad de los datos a través de los histogramas.
- El cuadro 4.2.3.1. muestra la prueba estadística de bondad K-S.

Cuadro 4.2.3.1 Resultados de la prueba K-S para la distribución de datos (EP)

<i>Prueba de Kolmogorov - Smirnov</i>				
<i>Andrés Avelino Cáceres</i>	<i>espesores</i>	<i>esfuerzos</i>	<i>deformaciones</i>	<i>deflexiones</i>
<i>estadístico de prueba</i>	0.212	0.209	0.154	0.162
<i>significancia lateral</i>	0.019	0.023	<b>0.2</b>	<b>0.177</b>

<i>prueba de kolmogorov - smirnov</i>				
<i>Hartley</i>	<i>espesores</i>	<i>esfuerzos</i>	<i>deformaciones</i>	<i>deflexiones</i>
<i>estadístico de prueba</i>	0.174	0.204	0.15	0.214
<i>significancia lateral</i>	0.03	0.004	<b>0.109</b>	0.002

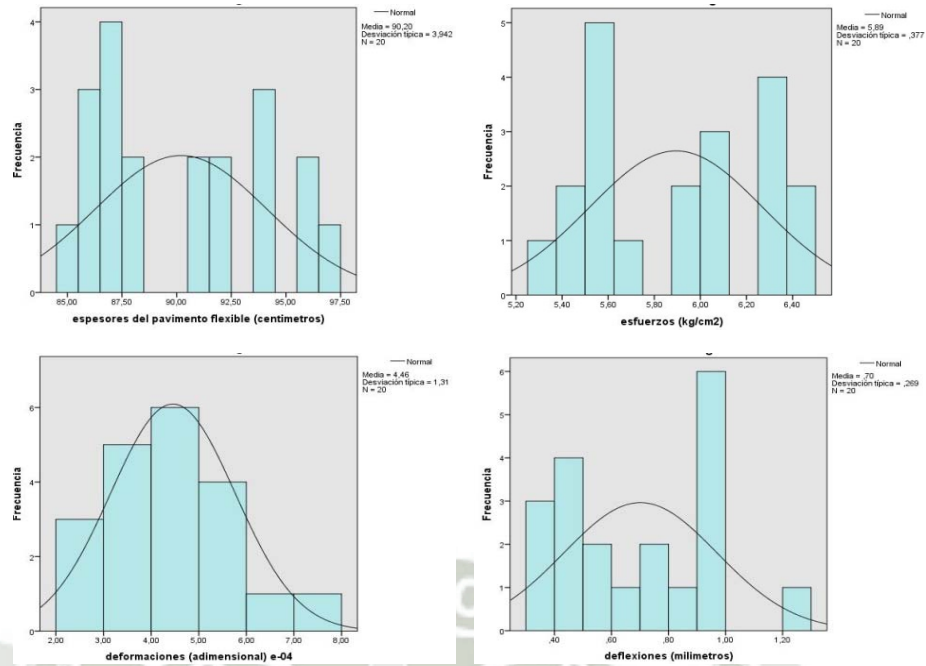


Gráfico 4.2.3.1 Distribución de normalidad de datos esfuerzos, deformaciones, deflexiones y espesores con histogramas, Andrés Avelino Cáceres (EP)

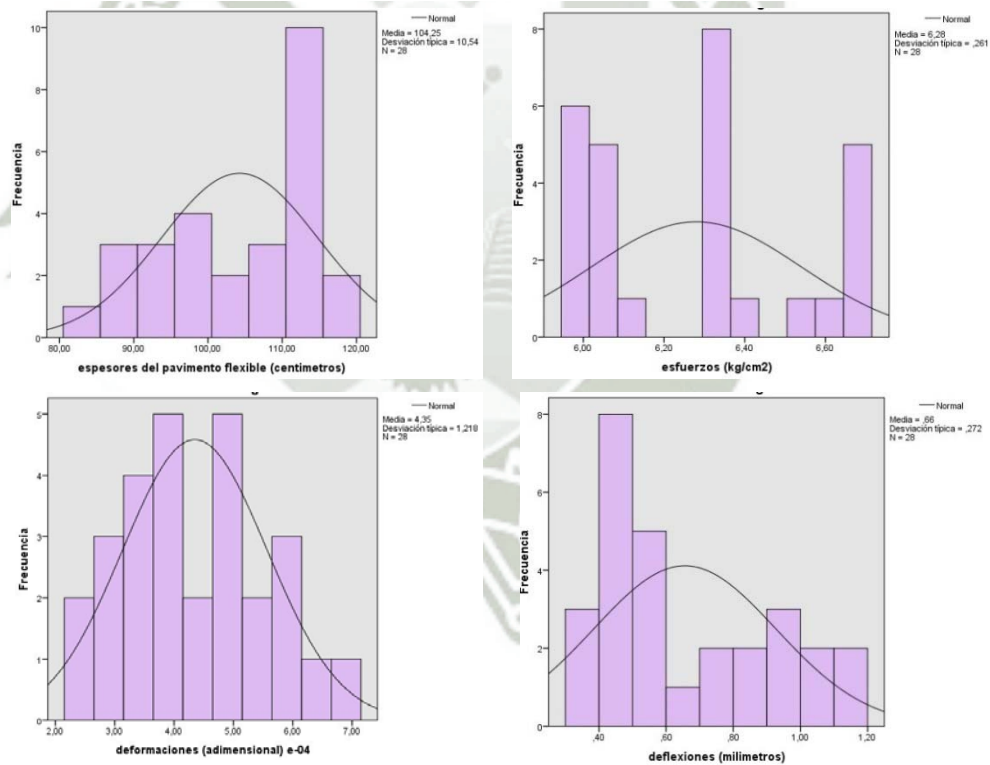


Gráfico 4.2.3.2 Distribución de normalidad de datos esfuerzos, deformaciones, deflexiones y espesores con histogramas, Hartley (EP)

#### 4.2.4. Proceso de evaluación del pavimento urbano con DISPAV - 5

Los espesores encontrados en esta investigación se desprenden de un análisis desarrollado con el TPDA, la tasa de crecimiento y el periodo del proyecto. La incidencia de los vehículos para analizar los espesores, se gesta de los volúmenes diarios del parque automotor, cuadro 4.2.4.1 y 2

Cuadro 4.2.4.1 Incidencia en porcentaje por tipo de vehículo para la evaluación con DISPAV - 5, las incidencias se extrajeron del conteo de volúmenes diarios A.A.Caceres (EP)

lunes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		90.9	5.8	2.0
martes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		88.6	7.9	2.2
miercoles	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		89.9	6.3	2.6
jueves	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		91.7	6.4	1.4
viernes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		88.2	7.6	3.4
sabado	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		87.9	8.8	2.0
domingo	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		80.3	10.6	8.3

Cuadro 4.2.4.2 Incidencia en porcentaje por tipo de vehículo para la evaluación con DISPAV - 5, las incidencias se extrajeron del conteo de volúmenes diarios Hartley (EP)

lunes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		91.7	6.6	1.5
martes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		75.1	24.1	0.8
miercoles	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		72.5	26.8	0.7
jueves	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		88.9	10.0	1.1
viernes	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		91.8	6.5	1.5
sabado	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		89.8	9.8	0.4
domingo	<i>autos menores mixtos</i>	<i>autobus b2</i>	<i>camion c2</i>	<i>trailer t3 s2</i>
		94.7	5.1	0.2

Los pasos para evaluar los espesores con DISPAV-5, son los siguientes:

**Primero:** Se definen los valores para el TPDA, la tasa de crecimiento anual del tránsito (%) y el periodo de proyecto en años. Imagen 4.2.4.1

**TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA**

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) :	1800
Tasa de crecimiento anual del tránsito en % :	4
Periodo de proyecto, en años :	10

Imagen 4.2.4.1 Datos de entrada para la evaluación en el software DISPAV - 5

**Segundo:** Se define la composición vehicular imagen 4.2.4.2 de acuerdo al estudio de volúmenes y a los cuadros 4.2.4.1 y 2 para obtener la incidencia de los espesores encontrado sobre las áreas en estudio. La suma total deberá ser igual a 100.

Rev. 5.0

**COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO**

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

<p><b>Auto</b></p> <p>A: <input style="width: 50px;" type="text" value="89"/></p> <p><b>Autobús</b></p> <p>B2: <input style="width: 50px;" type="text" value="9"/></p> <p>B3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>B4: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p><b>Camión</b></p> <p>C2: <input style="width: 50px;" type="text" value="1.5"/></p> <p>C3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>C2-R2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>C3-R2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>C2-R3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>C3-R3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	<p><b>Tractocamión articulado</b></p> <p>T2-S1: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T2-S2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S2: <input style="width: 50px;" type="text" value="0.5"/></p> <p>T3-S3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p><b>Tractocamión doblemente articulado</b></p> <p>T2-S1-R2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S1-R2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S2-R2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S2-R3: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S2-R4: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>T3-S3-S2: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Imagen 4.2.4.2 Composición vehicular para el software DISPAV - 5

**Tercero:** Para la tasa de crecimiento imagen 4.2.4.3, DISPAV – 5 sugiere emplear un porcentaje de vehículos cargados, aplicado a los vehículos comerciales para nuestro caso. Como son dos áreas muy diferenciadas por

el tipo de tráfico que soportan, prolongación A.A.Caceres tiene una incidencia más alta de vehículos comerciales que la avenida Hartley

Rev. 5.0

### TASA DE CRECIMIENTO

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

- Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.
- Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

Se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%

Introduzca una proporción de camiones cargados que juzgue correcta (en%):

Imagen 4.2.4.3 Porcentaje de vehículos cargados para el software DISPAV - 5

**Cuarto:** DISPAV -5 sugiere las capas del pavimento imagen 4.2.4.4, que deseamos analizar, ya en la etapa de resultados en función de las cargas vehiculares y las propiedades de los materiales, me indicara que una capa en particular no cumple una función estructural y permitirá sacarla del análisis.



Imagen 4.2.4.4 Representación del software DISPAV – 5 para la evaluación de los posibles espesores

**Quinto:** Definición del nivel de confianza imagen 4.2.4.5, para el análisis de espesores del pavimento urbano

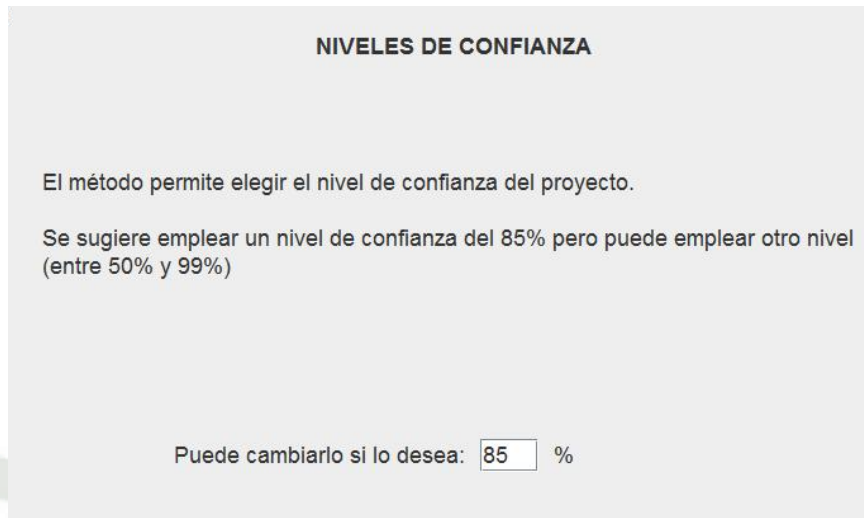


Imagen 4.2.4.5 Niveles de confianza del proyecto con DISPAV - 5

**Sexto:** Después de introducir la proporción de vehículos “segundo paso” y las propiedades de los materiales, se muestra el resumen de los datos imagen 4.2.4.6 que serán analizados por DISPAV-5 y su posterior evaluación.

**RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS**

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.  
 Presión de contacto: 5.8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Tránsito de proyecto: 2.1 millones de ejes estándar  
 Nivel de confianza: 85.0%

	Módulo	Espesor cm
<b>Carpeta</b>	30000	9
<b>Base granular</b>	3057	30.7
<b>Subrasante</b>	1237	50.3
<b>Terracería</b>	401	Semi-inf.

Imagen 4.2.4.6 Resumen de datos para el análisis con DISPAV - 5

**Séptimo:** Resultados finales del proyecto imagen 4.2.4.7 indica que la vida es cercana o mayor que la vida del proyecto, y que la tolerancia es más menos 10% del tránsito del proyecto, sugiere que hay un equilibrio óptimo de los valores en materiales como el efecto de las cargas.

tev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO						
Camino de altas especificaciones.				Nivel de confianza en el diseño: 85.0%		
Para un tránsito de	3.3	millones de ejes estándar			Vida Previsible	
Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	12.0		23000	0.3		2
Base granular	20	80.0	2793	0.35	21.8	
Sub-base	25	30.0	1406	0.4	19.2	
Subrasante	40	20.0	1058	0.45	> 150	
Terracería	Semi-inf.	10.0	652	0.45	> 150	
		Vida Previsible	Transito Proyecto			
		Deformación	19.2	3.3		
		Fatiga	2	2		

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.  
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Imagen 4.2.4.7 Resultados de los espesores para la estructura del pavimento DISPAV - 5

#### 4.2.5. Registro de variables por tramos y secciones patrón de 20 metros

En las tablas 4.2.5.1 y 2 se puede apreciar los datos tabulados de los valores más representativos como la sección, espesor (centímetros), esfuerzos, deformaciones y deflexiones en kg/cm2, adimensional y milímetros respectivamente. Para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley.

- Todos estos datos se desprenden del análisis y evaluación desarrollada en los pasos de la sección 4.2.2
- En las tablas se pueden apreciar datos relevantes como: ubicación de la vía, ancho de la calzada, longitud considerada y las pendientes por tramo.

Tabla 4.2.5.1 Variables para la confección de las gráficas de espesores factores físicos y condición del pavimento metodología VIZIR avenida Andrés Avelino Cáceres (EP)

<b><i>Diseño Sintetico-Avelino</i></b>							
<b>Ubicación</b>	desde el ovalo plataforma andres avelino caceres, hasta la calle guatemala, el direccion ascendente al transito vehicular						
<b>Longitud</b>	longitud teorica o real de 0.4 km					<b>Ancho</b>	6.5 metros
<b>Pendientes</b>	tramo 1: 4.00%		tramo 2: 2.60%				
	seccion patron 20 metros	Espesores Carpeta *cm*	Deflexiones Carpeta P1 *mm*	Esfuerzo Carpeta P1 *kg/cm2*	Deformacion Punto 5 (adimensional)	"Indice Deterioro" calificacion 5-6-7	Condicion Drenaje calificacion
TRAMO 1 "subida"	20	97.00	0.42	5.62	2.65E-04	7	9
	40	91.00	0.46	5.34	5.50E-04	5	12
	60	86.00	0.48	5.41	7.30E-04	5	10
	80	91.00	0.56	5.41	6.70E-04	7	9
	100	96.00	0.61	5.62	4.90E-04	6	12
	120	96.00	0.71	5.55	5.80E-04	5	10
	140	87.00	0.79	5.55	3.60E-04	5	11
	160	86.00	0.99	5.55	2.90E-04	5	8
TRAMO 2 "subida"	180	88.00	1.23	5.63	4.20E-04	7	9
	200	88.00	0.35	5.89	2.90E-04	5	11
	220	87.00	0.38	6.4	3.80E-04	5	11
	240	94.00	0.38	5.98	4.70E-04	5	11
	260	92.00	0.48	6.12	3.60E-04	6	10
	280	94.00	0.51	6.33	5.40E-04	5	8
	300	94.00	0.84	6.4	3.20E-04	5	8
	320	87.00	0.97	6.12	4.00E-04	6	12
	340	87.00	0.94	6.05	5.60E-04	5	11
	360	86.00	0.98	6.33	4.80E-04	7	12
	380	85.00	0.97	6.26	4.60E-04	5	12
	400	92.00	0.98	6.33	3.00E-04	5	10

La tabla 4.2.5.1 representa el rostro del diseño sintético, ya que al ser variables y datos dinámicos; estos últimos se deben a la naturaleza que los produce "cargas vehiculares". Su representación es una síntesis de su uso, el diseño sintético lleva una secuencia en el último paso del esquema 4.2.1.1, y en él, un propósito, poder ver los límites de los datos: espesores, esfuerzos, deformaciones y deflexiones. Mientras que los índices de deterioro VIZIR, y la condición del drenaje urbano, se derivaron de la inspección realizada en campo.

Tabla 4.2.5.2 Variables para la confección de las gráficas de espesores factores físicos y condición del pavimento metodología VIZIR avenida Hartley (EP)

<b>Diseño Dintetico-Hartley</b>							
<b>Ubicación:</b> desde el grifo monterrey (inicio avenida HARTLEY), hasta la tercera cuadra (fin ovalo paseo de la cultura)							
<b>Longitud:</b> longitud teorica o real de 0.56 km						<b>Ancho</b> 6.5 metros	
<b>Pendiente:</b> tramo 1		2.50%	tramo 2	1.40%	tramo 3	2.70%	
	seccion patron 20 metros	Espesores Carpeta "cm"	Deflexiones Carpeta P1 "mm"	Esfuerzo Carpeta P1 "kg/cm2"	Deformacion Punto 5 (adimensional)	"Indice Deterioro" calificacion 5-6-7	Condicion Drenaje calificacion
TRAMO 1 "subida"	20	91.0	0.36	5.98	2.70E-04	6	11
	40	98.0	0.41	5.98	5.10E-04	5	9
	60	95.0	0.48	5.98	3.70E-04	5	11
	80	97.0	0.46	6.05	5.60E-04	6	12
	100	94.0	0.52	6.33	6.80E-04	6	12
	120	90.0	0.97	6.54	5.80E-04	5	12
	140	88.0	0.79	6.33	5.90E-04	5	12
	160	89.0	1.02	6.68	6.20E-04	5	12
TRAMO 2 "subida"	180	96.0	1.06	6.68	3.50E-04	5	11
	200	120.0	0.42	5.98	4.80E-04	5	12
	220	115.0	0.48	6.12	5.00E-04	6	9
	240	112.0	0.51	6.33	4.80E-04	5	9
	260	111.0	0.56	6.05	4.90E-04	6	9
	280	109.0	0.60	6.05	6.10E-04	5	12
	300	113.0	1.14	5.98	3.70E-04	5	10
	320	100.0	0.99	6.33	5.50E-04	5	10
TRAMO 3 "subida"	340	83.0	1.19	6.33	3.20E-04	6	11
	360	102.0	0.31	5.98	3.10E-04	5	11
	380	112.0	0.43	6.33	2.40E-04	5	11
	400	106.0	0.36	6.05	2.90E-04	6	12
	420	114.0	0.41	6.05	3.60E-04	5	10
	440	111.0	0.44	6.33	4.10E-04	5	12
	460	115.0	0.86	6.4	4.00E-04	5	10
	480	104.0	0.51	6.33	3.60E-04	5	10
	500	114.0	0.71	6.68	3.80E-04	6	9
	520	111.0	0.53	6.68	2.40E-04	6	11
540	109.0	0.79	6.61	4.30E-04	6	10	
560	120.0	0.87	6.68	4.30E-04	5	9	

Las tablas 4.2.5.1 y 2 para el diseño sintético se describen así: en filas el tramo evaluado, este contendrá todas sus secciones de 20 metros. En columnas las variables espesores, esfuerzos y deformaciones. Su interceptación marca los datos y limites encontrados sobre las zonas evaluadas.

#### 4.2.6. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a sus espesores encontrados

- En este bloque de gráficos las unidades que se mueven en forma horizontal representan las longitudes totales en las zonas evaluadas, ubicando a 20 m cada progresiva.
- Las siguientes gráficas sobre el comportamiento, “concentran” la prueba buscada sobre su naturaleza estructural o el deterioro del pavimento urbano. Poder leer el comportamiento del pavimento urbano, nos servirá en el futuro para plantearnos un modelo matemático del mismo.
- La sección patrón, demuestra que si existe una forma de representar los efectos del “parque automotor”, es a través de variables y datos sujetos a la medición e interpretación física.

Los gráficos **4.2.6.1 y 2**, buscan que podamos ver dentro de una muestra representativa en secciones de 20 metros, un patrón de normalidad o ausencia del mismo, para este caso son sus espesores. En lo sucesivo encontraremos otras graficas de comportamiento, que buscan ese mismo patrón en sus resultados.

- Los gráficos que sugieren la relación con el comportamiento, son el resultado más cercano del estado actual de las vías evaluadas, y propósito de esta investigación. Su lectura podrá ser contrastada con estudios futuros, convirtiendo nuestras hipótesis a una teoría demostrable.

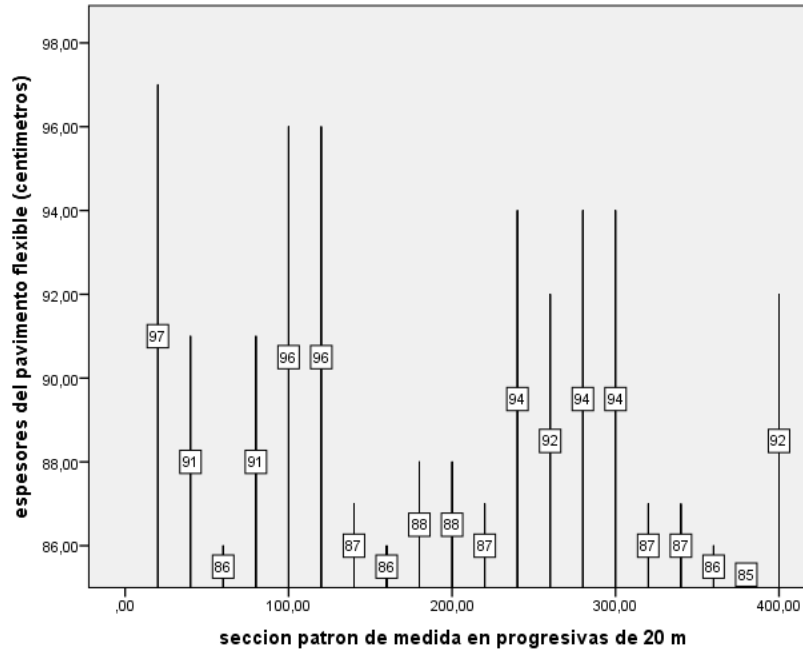


Gráfico 4.2.6.1 Espesores del pavimento flexible actual de acuerdo a la sección patrón Avelino (EP)

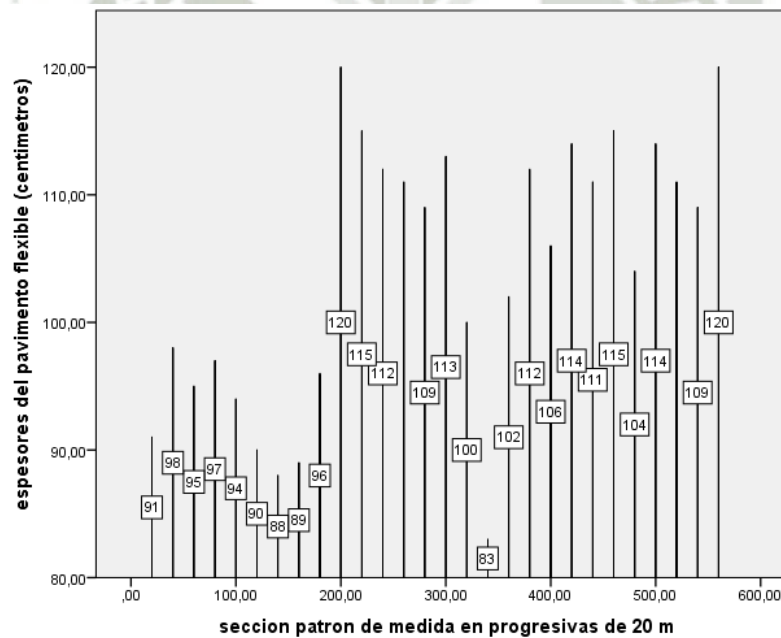


Gráfico 4.2.6.2 Espesores del pavimento flexible actual de acuerdo a la sección patrón Hartley (EP)

El contraste que se encontró con la prueba K-S me indica que la distribución de los espesores en las vías es no normal (<5%). Siendo esa la expresión de los gráficos en relación a los espesores.

#### 4.2.7. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a su nivel de deterioro diagnosticado por VIZIR

Los gráficos 4.2.7.1 y 2, muestran la realidad que se vive en la actualidad, estas graficas son la respuesta a la condición actual del pavimento. Sus valores se pueden apreciar en las tablas de la sección 4.2.5.

La lectura de los gráficos se confecciono para que sean lo más intuitiva y fácil de leer por cualquier persona, alejándonos de esquemas rígidos.

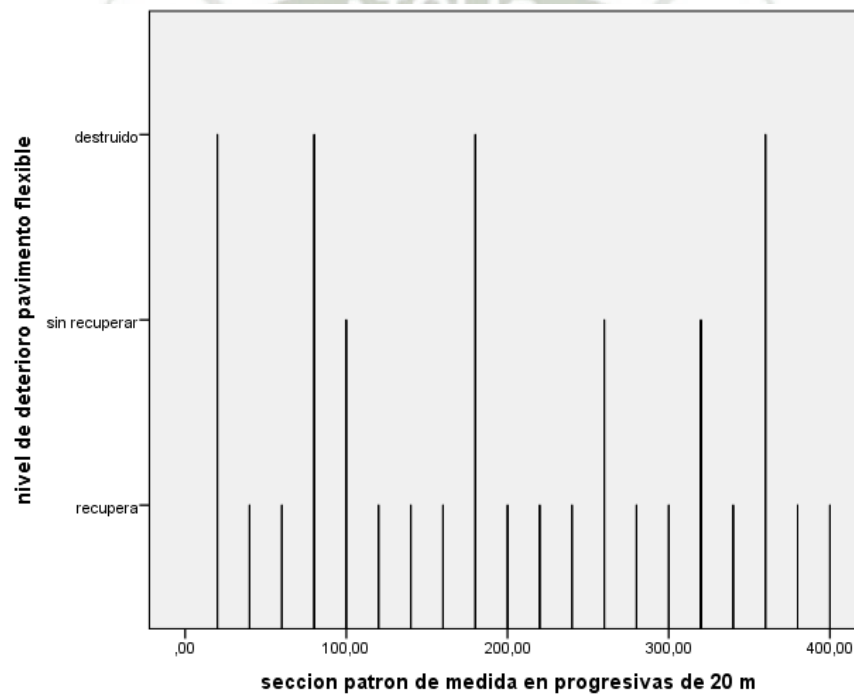


Gráfico 4.2.7.1 Evolución en apariencia del deterioro actual de acuerdo a su índice, A. Avelino (EP)

El valor cualitativo que se le dio al grafico fue el de 3 estados: recuperable, sin recuperación y destruido. Esto se debe a que la valoración en las tablas fue de 5,6 y 7. Los gráficos 4.2.7.1 y 2 son la representación gráfica de la valoración VIZIR ya desarrollada en el capítulo 3.

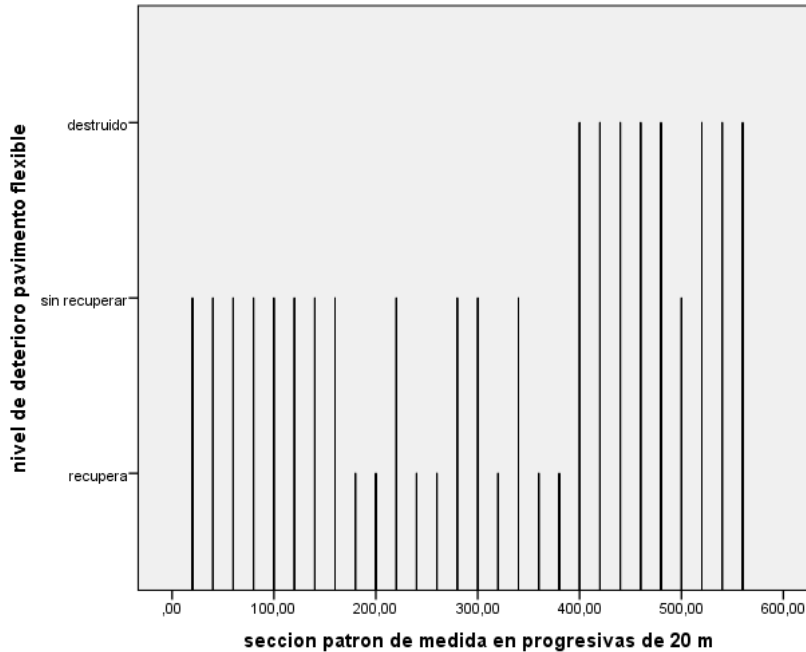


Gráfico 4.2.7.2 Evolución en apariencia del deterioro actual de acuerdo a su índice, Hartley (EP)

El significado de los valores presentados no busca la normalidad, los mismos solo expresan la condición del pavimento flexible a lo largo de los tramos para las vías urbanas, y que para muchos de ellos es deficiente.

#### 4.2.8. Evaluación de la estructura multicapa con PITRA PAVE

Para el cálculo de esfuerzos, deflexiones y deformaciones con el software PITRA PAVE, sección 2.3.6, es necesario conocer primero:

- Las propiedades en los materiales como: E módulos de elasticidad y Poisson, sección 4.2.9 y 10
- Declarar la magnitud de las cargas y presión de inflado en neumáticos sección 4.2.9 y 10
- Su aplicación es en puntos estratégicos del pavimento y sus capas, como se aprecia en la imagen 4.2.8.1

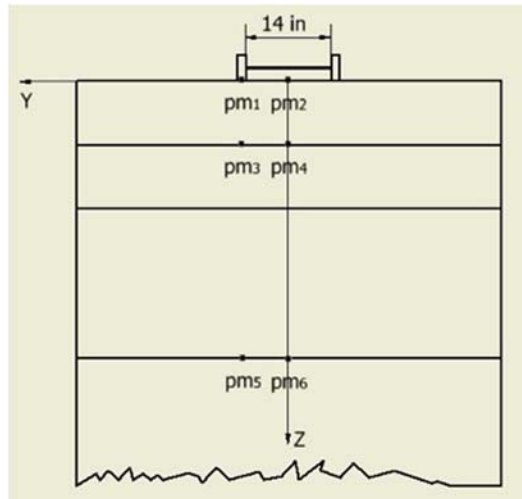


Imagen 4.2.8.1 Disposición referencial de los puntos en las capas del pavimento para el software (PITRA PAVE)

### Descripción de los puntos dentro de las capas del pavimento flexible

La imagen 4.2.8.1 retrata su condición dentro de las capas del pavimento.

Pm1: Punto ubicado en la superficie debajo de la carga.

Pm2: Punto ubicado en la superficie en medio de las dos cargas.

Pm3: Punto ubicado en la parte inferior de la primera capa debajo de la carga.

Pm4: Punto ubicado en la parte inferior de la primera capa en el medio de las dos cargas.

Pm5: Punto ubicado en la parte superior de la última capa debajo de la carga.

Pm6: Punto ubicado en la parte superior de la última capa en el medio de las dos cargas.

#### 4.2.9. Aplicación de las cargas sobre el pavimento urbano Andrés A.

##### Cáceres

Se debe especificar las características y propiedades de las capas de la estructura del pavimento flexible, como lo indican los cuadros 4.2.9.1 y 2.

Cuadro 4.2.9.1 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 1 prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

para un eje equivalente de 7 toneladas					para un eje equivalente de 11 toneladas					para un eje equivalente de 25 toneladas				
metros		libras			metros		libras			metros		libras		
ancho vehiculo	2.1	1 kilo	2.2046		ancho vehiculo	2.4	libras		ancho vehiculo	2.6	libras			
kilos	7000	3500	7716		kilos	11000	5500	12125.3	kilos	25000	12500	27558		
espesores "inches"		poisson	E "psi"		espesores "inches"		poisson	E "psi"		espesores "inches"		poisson	E "psi"	
1 CARPETA	5.0	0.3	327136		1 CARPETA	5.0	0.3	327136		1 CARPETA	5.0	0.3	327136	
2 BASE	9.0	0.35	39726		2 BASE	9.0	0.35	39726		2 BASE	9.0	0.35	39726	
3 SUB BASE	10.0	0.4	19998		3 SUB BASE	10.0	0.4	19998		3 SUB BASE	10.0	0.4	19998	
4 SUB RASAN	-	0.3	15048		4 SUB RASAN	-	0.3	15048		4 SUB RASA	-	0.3	15048	
CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi		x "inches"	y "inches"	CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi		x "inches"	y "inches"	CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi		x "inches"	y "inches"
1	7716	80	0	-41.0	1	12125	80	0	-51.0	1	27558	80	0	-51.0
2	7716	80	0	41.0	2	12125	80	0	51.0	2	27558	80	0	51.0
posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular				
x	y	z			x	y	z			x	y	z		
1	0.0	-41.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0	
2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0	
3	0.0	-41.0	5.0		3	0.0	-51.0	5.0		3	0.0	-51.0	5.0	
4	0.0	0.0	5.0		4	0.0	0.0	5.0		4	0.0	0.0	5.0	
5	0.0	-41.0	24.0001		5	0.0	-51.0	24.0001		5	0.0	-51.0	24.0001	
6	0.0	0.0	24.0001		6	0.0	0.0	24.0001		6	0.0	0.0	24.0001	

- Como se indicó anteriormente se trabajaran con los siguientes juegos de cargas: 7, 11 y 25 toneladas sobre un espesor maestro “paso 2, sección 4.2.2.2.” por cada tramo y zona a evaluar.
- Como simplificaciones se considera que el material de cada capa es homogéneo e isotrópico, con relación lineal entre el esfuerzo y la deformación.
- la descripción para los bloques de 7, 11 y 25 toneladas es la siguiente Bloque 1: Describe las propiedades de los materiales. Bloque 2: Indica la presión de inflado, la carga aplicada y su ubicación. Bloque 3: Ubicación de los puntos en las capas.

Cuadro 4.2.9.2 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 2 prolongaciones Andrés Avelino Cáceres (EP)

para un eje equivalente de 7 toneladas					para un eje equivalente de 11 toneladas					para un eje equivalente de 25 toneladas								
metros		libras			metros		libras			metros		libras						
ancho vehiculo	2.1	1 kilo	2.2046		ancho vehiculo	2.4				ancho vehiculo	2.6							
kilos	7000	3500	7716		kilos	11000	5500	12125.3		kilos	25000	12500	27558					
		espesorres "inches"	poisson	E "psi"			espesorres "inches"	poisson	E "psi"			espesorres "inches"	poisson	E "psi"				
1	CARPETA	4.0	0.3	354089	1	CARPETA	4.0	0.3	354089	1	CARPETA	4.0	0.3	354089				
2	BASE	11.0	0.35	45842	2	BASE	11.0	0.35	45842	2	BASE	11.0	0.35	45842				
3	SUB BASE	10.0	0.4	31135	3	SUB BASE	10.0	0.4	31135	3	SUB BASE	10.0	0.4	31135				
4	SUB RASAN	-	0.3	22729	4	SUB RASAN	-	0.3	22729	4	SUB RASA	-	0.3	22729				
		CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"			CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"			CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"	
1		7716	85	0	-41.0	1		12125	90	0	-51.0	1		27558	100	0	-51.0	
2		7716	85	0	41.0	2		12125	90	0	51.0	2		27558	100	0	51.0	
posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular								
	x	y	z			x	y	z			x	y	z			x	y	z
1	0.0	-41.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0
3	0.0	-41.0	4.0		3	0.0	-51.0	4.0		3	0.0	-51.0	4.0		3	0.0	-51.0	4.0
4	0.0	0.0	4.0		4	0.0	0.0	4.0		4	0.0	0.0	4.0		4	0.0	0.0	4.0
5	0.0	-41.0	25.0001		5	0.0	-51.0	25.0001		5	0.0	-51.0	25.0001		5	0.0	-51.0	25.0001
6	0.0	0.0	25.0001		6	0.0	0.0	25.0001		6	0.0	0.0	25.0001		6	0.0	0.0	25.0001

- PITRA PAVE utiliza métodos diferentes a los propuestos por el FEM (método de elementos finitos o MB (métodos de limites), para sus cálculos y esto se debe a que el análisis de capas superpuestas se disponen en forma horizontal y solo necesitan las respuestas mecánicas en alguno puntos.

#### 4.2.10. Aplicación de las cargas sobre el pavimento urbano Hartley

Se debe especificar las características y propiedades de las capas de la estructura del pavimento flexible, como lo indican los siguientes cuadros 4.2.10.1, 2, y 3. Que representan los 3 tramos en evaluación para la avenida Hartley.

Cuadro 4.2.10.1 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 1 Hartley (EP)

para un eje equivalente de 7 toneladas					para un eje equivalente de 11 toneladas					para un eje equivalente de 25 toneladas								
metros		libras			metros		libras			metros		libras						
ancho vehiculo	2.1	1 kilo	2.2046		ancho vehiculo	2.4	libras			ancho vehiculo	2.6	libras						
kilos	7000	3500	7716		kilos	11000	5500	12125.3		kilos	25000	12500	27558					
	espesorres "inches"		poisson		E "psi"		espesorres "inches"		poisson		E "psi"		espesorres "inches"		poisson		E "psi"	
1 CARPETA	6.0	0.3	361272		1 CARPETA	6.0	0.3	361272		1 CARPETA	6.0	0.3	361272		1 CARPETA	6.0	0.3	361272
2 BASE	8.0	0.35	28916		2 BASE	8.0	0.35	28916		2 BASE	8.0	0.35	28916		2 BASE	8.0	0.35	28916
3 SUB BASE	9.0	0.4	23596		3 SUB BASE	9.0	0.4	23596		3 SUB BASE	9.0	0.4	23596		3 SUB BASE	9.0	0.4	23596
4 SUB RASAN	-	0.3	19998		4 SUB RASAN	-	0.3	19998		4 SUB RASAN	-	0.3	19998		4 SUB RASAN	-	0.3	19998
	CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"		CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"		CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"				
1	7716	85	0	-41.0	1	12125	90	0	-51.0	1	27558	95	0	-51.0				
2	7716	85	0	41.0	2	12125	90	0	51.0	2	27558	95	0	51.0				
	posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular							
	x	y	z			x	y	z			x	y	z					
1	0.0	-41.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0					
2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0					
3	0.0	-41.0	6.0		3	0.0	-51.0	6.0		3	0.0	-51.0	6.0					
4	0.0	0.0	6.0		4	0.0	0.0	6.0		4	0.0	0.0	6.0					
5	0.0	-41.0	23.0001		5	0.0	-51.0	23.0001		5	0.0	-51.0	23.0001					
6	0.0	0.0	23.0001		6	0.0	0.0	23.0001		6	0.0	0.0	23.0001					

Cuadro 4.2.10.2 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 2 Hartley (EP)

para un eje equivalente de 7 toneladas					para un eje equivalente de 11 toneladas					para un eje equivalente de 25 toneladas								
metros		libras			metros		libras			metros		libras						
ancho vehiculo	2.1	1 kilo	2.2046		ancho vehiculo	2.4	libras			ancho vehiculo	2.6	libras						
kilos	7000	3500	7716		kilos	11000	5500	12125.3		kilos	25000	12500	27558					
	espesorres "inches"		poisson		E "psi"		espesorres "inches"		poisson		E "psi"		espesorres "inches"		poisson		E "psi"	
1 CARPETA	4.0	0.3	398252		1 CARPETA	4.0	0.3	398252		1 CARPETA	4.0	0.3	398252		1 CARPETA	4.0	0.3	398252
2 BASE	14.0	0.35	40423		2 BASE	14.0	0.35	40423		2 BASE	14.0	0.35	40423		2 BASE	14.0	0.35	40423
3 SUB BASE	10.0	0.4	20453		3 SUB BASE	10.0	0.4	20453		3 SUB BASE	10.0	0.4	20453		3 SUB BASE	10.0	0.4	20453
4 SUB RASAN	-	0.3	16087		4 SUB RASAN	-	0.3	16087		4 SUB RASAN	-	0.3	16087		4 SUB RASAN	-	0.3	16087
	CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"		CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"		CARGA "P" libras	PRESION "q" Psi	x "inches"	y "inches"				
1	7716	85	0	-41.0	1	12125	90	0	-51.0	1	27558	95	0	-51.0				
2	7716	85	0	41.0	2	12125	90	0	51.0	2	27558	95	0	51.0				
	posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular					posicion de puntos bajo los estratos a calcular							
	x	y	z			x	y	z			x	y	z					
1	0.0	-41.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0		1	0.0	-51.0	0.0					
2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0		2	0.0	0.0	0.0					
3	0.0	-41.0	4.0		3	0.0	-51.0	4.0		3	0.0	-51.0	4.0					
4	0.0	0.0	4.0		4	0.0	0.0	4.0		4	0.0	0.0	4.0					
5	0.0	-41.0	28.0001		5	0.0	-51.0	28.0001		5	0.0	-51.0	28.0001					
6	0.0	0.0	28.0001		6	0.0	0.0	28.0001		6	0.0	0.0	28.0001					

Cada tramo de la vía se evaluara con el juego de cargas y el espesor maestro, este último considera las siguientes capas: carpeta asfáltica, base granular y sub-base. La sub-rasante se la supone de espesor constante.

Cuadro 4.2.10.3 Características y propiedades de las capas del pavimento flexible para PITRA PAVE, tramo 3 Hartley (EP)

para un eje equivalente de 7 toneladas				para un eje equivalente de 11 toneladas				para un eje equivalente de 25 toneladas							
metros		libras		metros		libras		metros		libras					
ancho vehiculo	2.1	1 kilo	2.2046	ancho vehiculo	2.4	5500	12125.3	ancho vehiculo	2.6	12500	27558				
kilos	7000	3500	7716	kilos	11000	5500	12125.3	kilos	25000	12500	27558				
espesores "inches"		poisson		E "psi"		espesores "inches"		poisson		E "psi"					
1 CARPETA	5.0	0.3	355583	1 CARPETA	5.0	0.3	355583	1 CARPETA	5.0	0.3	355583				
2 BASE	12.0	0.35	46439	2 BASE	12.0	0.35	46439	2 BASE	12.0	0.35	46439				
3 SUB BASE	12.0	0.4	34349	3 SUB BASE	12.0	0.4	34349	3 SUB BASE	12.0	0.4	34349				
4 SUB RASAN	-	0.3	23596	4 SUB RASAN	-	0.3	23596	4 SUB RASAN	-	0.3	23596				
CARGA "P" libras		PRESION "q" Psi		x "inches"		y "inches"		CARGA "P" libras		PRESION "q" Psi		x "inches"		y "inches"	
1	7716	85	0	-41.0	1	12125	90	0	-51.0	1	27558	95	0	-51.0	
2	7716	85	0	41.0	2	12125	90	0	51.0	2	27558	95	0	51.0	
posicion de puntos bajo los estratos a calcular				posicion de puntos bajo los estratos a calcular				posicion de puntos bajo los estratos a calcular							
x	y	z		x	y	z		x	y	z					
1	0.0	-41.0	0.0	1	0.0	-51.0	0.0	1	0.0	-51.0	0.0				
2	0.0	0.0	0.0	2	0.0	0.0	0.0	2	0.0	0.0	0.0				
3	0.0	-41.0	5.0	3	0.0	-51.0	5.0	3	0.0	-51.0	5.0				
4	0.0	0.0	5.0	4	0.0	0.0	5.0	4	0.0	0.0	5.0				
5	0.0	-41.0	29.0001	5	0.0	-51.0	29.0001	5	0.0	-51.0	29.0001				
6	0.0	0.0	29.0001	6	0.0	0.0	29.0001	6	0.0	0.0	29.0001				

#### 4.2.11. Valores de esfuerzos, deformaciones y deflexiones debido a las cargas dinámicas

Los resultados de esfuerzos, deformaciones y deflexiones se evaluaron por cada tramo. Se buscó en cada uno, los valores más altos dentro de cada interfaz de capa, en función de los puntos ubicados de acuerdo a la imagen

##### 4.2.8.1.

- Cabe indicar que los resultados encontrados obedecen a una componente del tensor de esfuerzos "Szz", a una componente del tensor de deformaciones "Ezz" y una componente vertical del vector desplazamiento "Dz" (deflexión).
- Pretendemos analizar solo las componentes normales de los tensores por cada tramo evaluado en las avenidas Hartley y prolongación Andrés Avelino Cáceres, por ser las principales dentro

de un punto o partícula que experimenta modificaciones sustanciales en sus propiedades.

- Para convertir las unidades PSI a kg/cm<sup>2</sup> se multiplicara por 0.070307 y de pulgadas (Inches) a milímetros por 25.4
- Para visualizar por completo las componentes de los tensores en los 6 puntos, se presentaran las siguientes gráficas 4.2.11.1 a 4.2.11.15 para ambas áreas en evaluación.
- En el eje de las abscisas se registran los puntos (dentro de la estructura del pavimento urbano), para sus análisis y de acuerdo a la imagen 4.2.8.1.
- En el eje de las ordenadas se registran los parámetros de esfuerzos en PSI (libras por pulgada cuadrada), deformaciones y deflexiones en pulgadas.

**Esfuerzos en el primer tramo "Andres Avelino Caceres"**

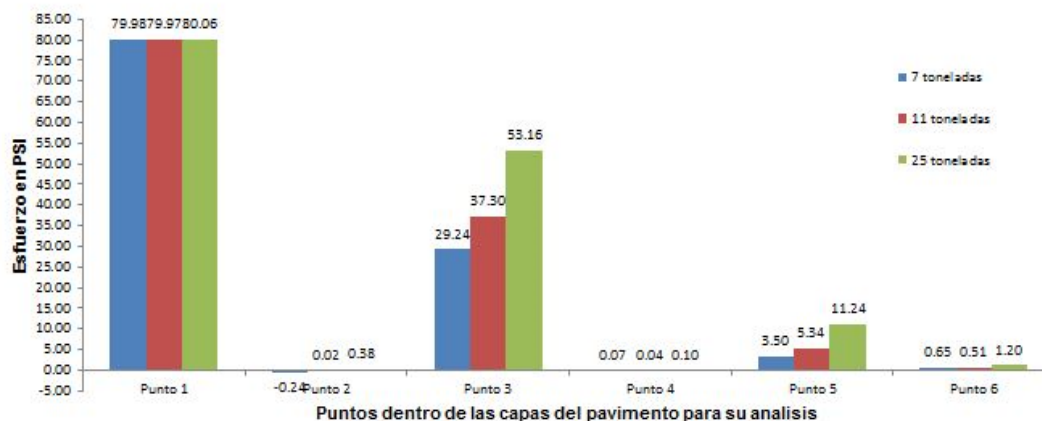


Gráfico 4.2.11.1 Esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

**Esfuerzos en el segundo tramo "Andres Avelino Caceres"**

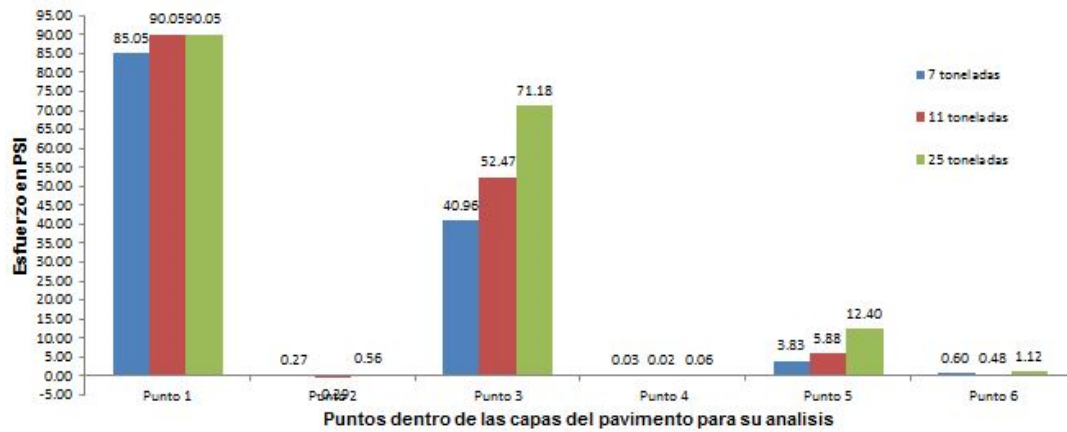


Gráfico 4.2.11.2 Esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)

**Deformaciones en el primer tramo "Andres Avelino Caceres"**

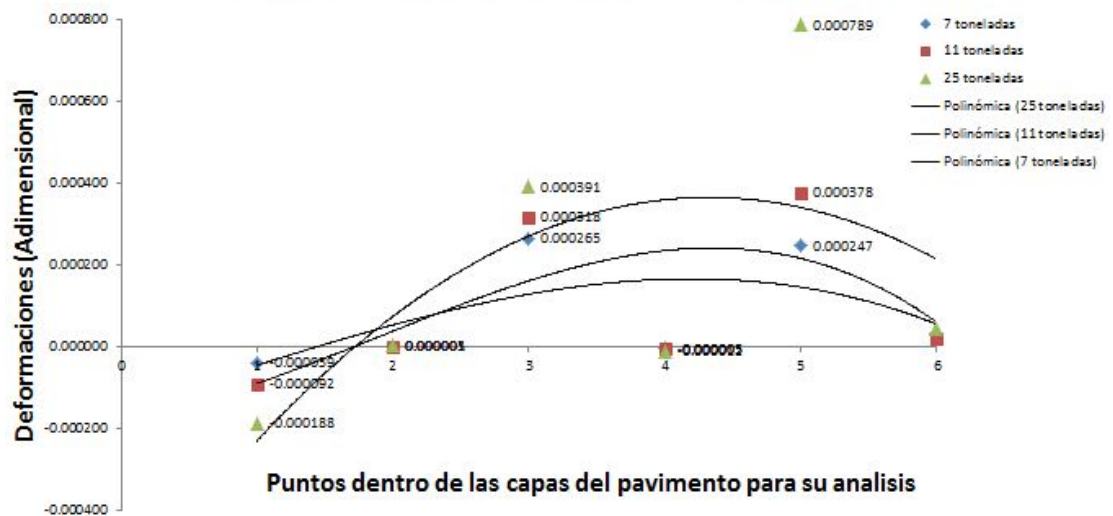
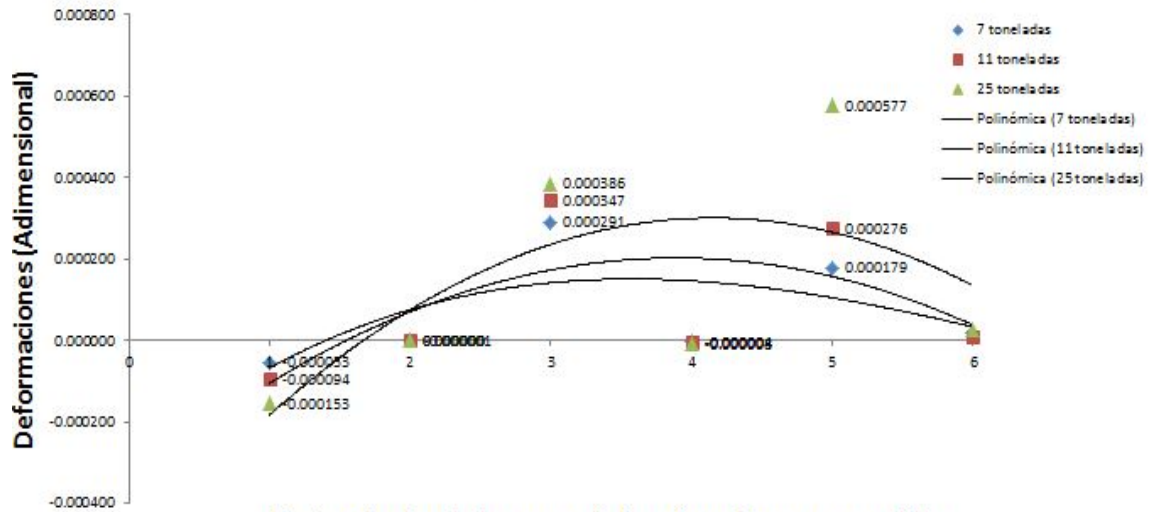


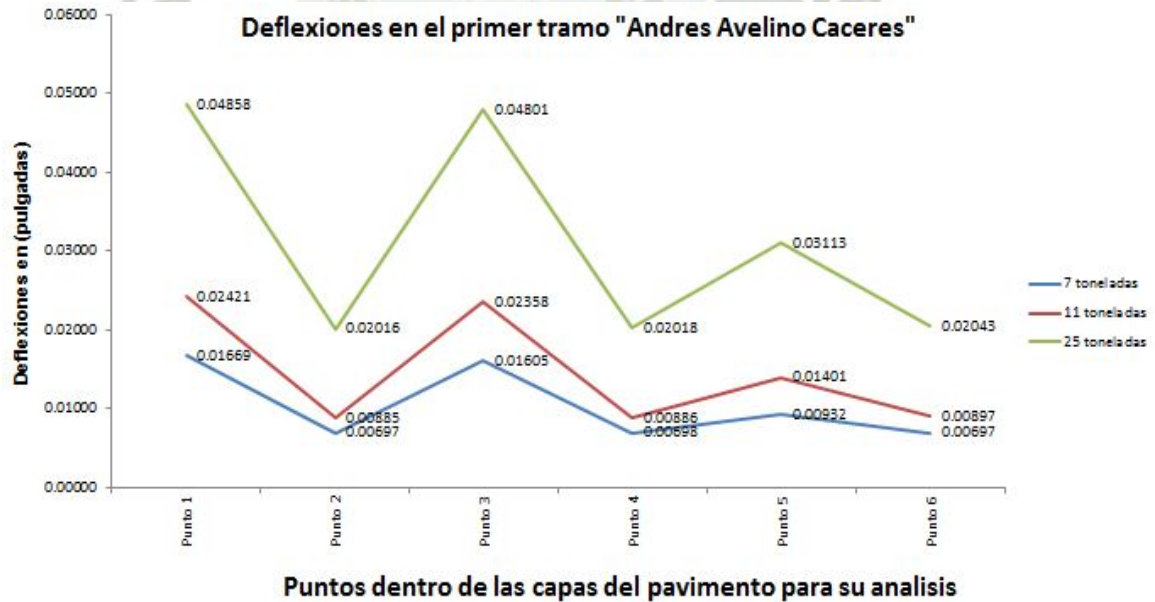
Gráfico 4.2.11.3 Deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

**Deformaciones en el segundo tramo "Andres Avelino Caceres"**



**Puntos dentro de las capas del pavimento para su analisis**

Gráfico 4.2.11.4 Deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)



**Puntos dentro de las capas del pavimento para su analisis**

Gráfico 4.2.11.5 Deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

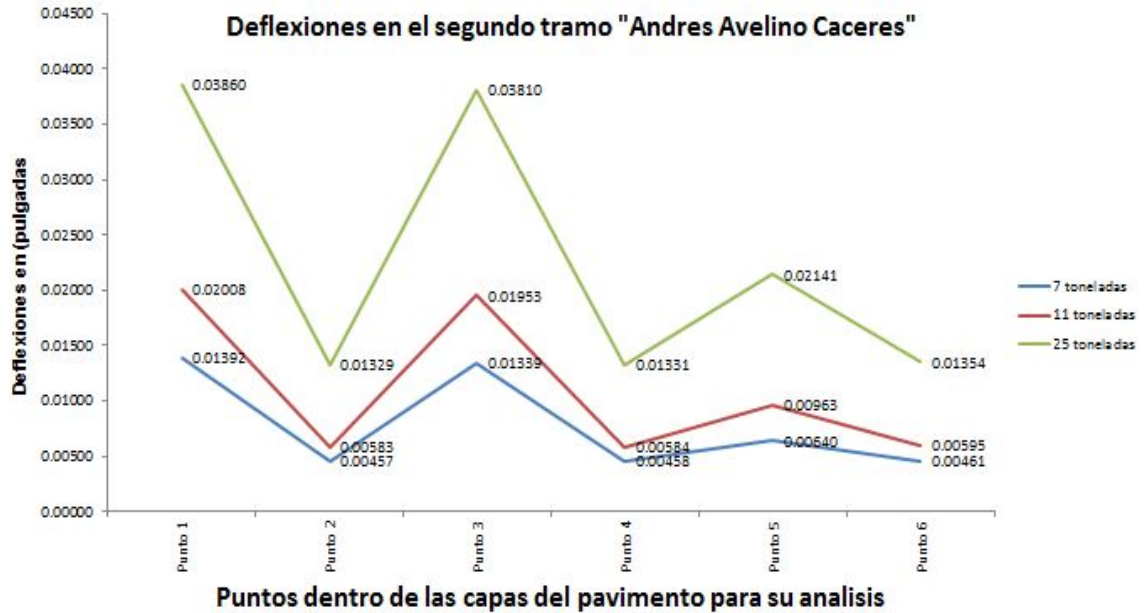


Gráfico 4.2.11.6 Deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)

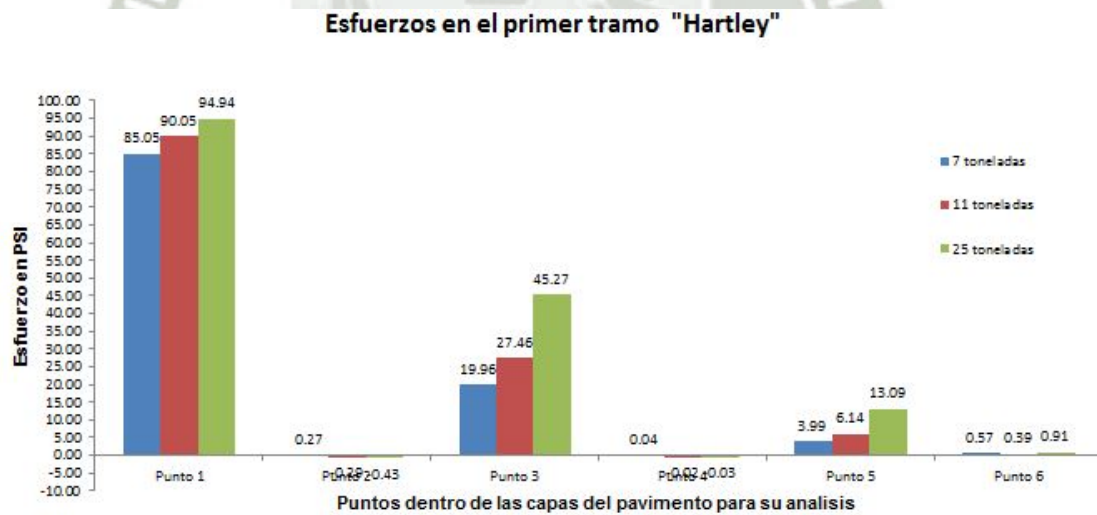


Gráfico 4.2.11.7 Esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

### Esfuerzos en el segundo tramo "Hartley"

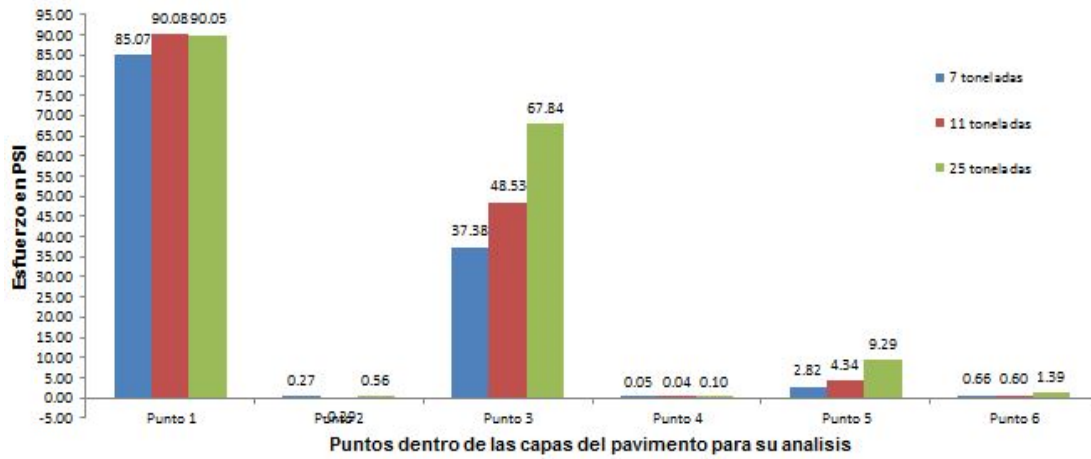


Gráfico 4.2.11.8 Esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)

### Esfuerzos en el tercer tramo "Hartley"

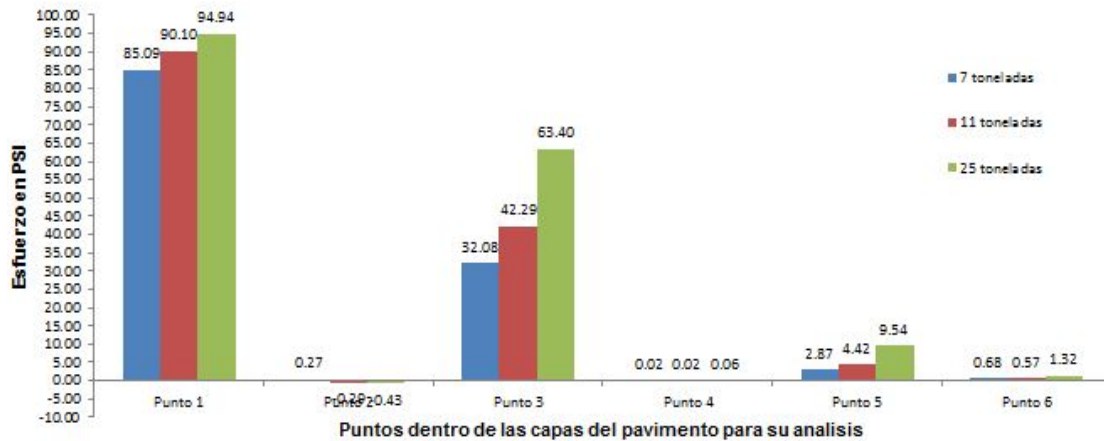


Gráfico 4.2.11.9 Esfuerzos dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP)

**Deformaciones en el primer tramo "Hartley"**

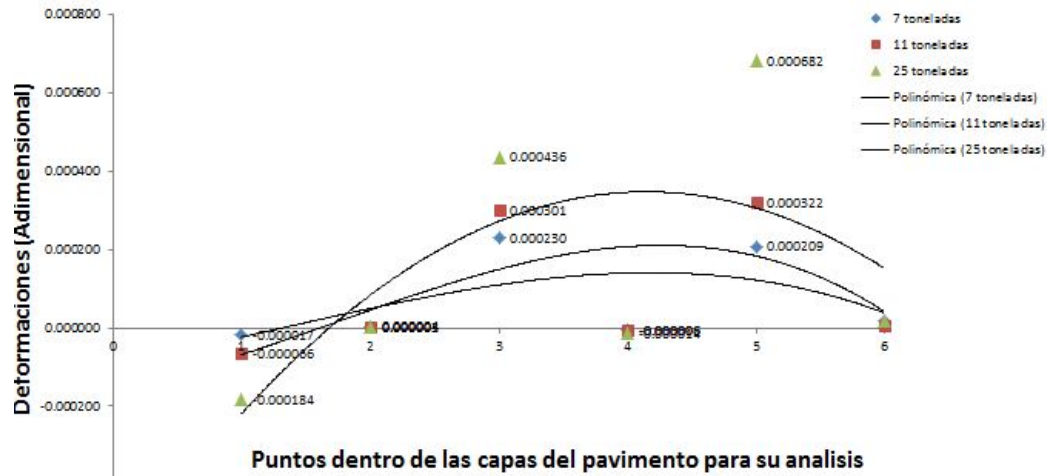


Gráfico 4.2.11.10 Deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

**Deformaciones en el segundo tramo "Hartley"**

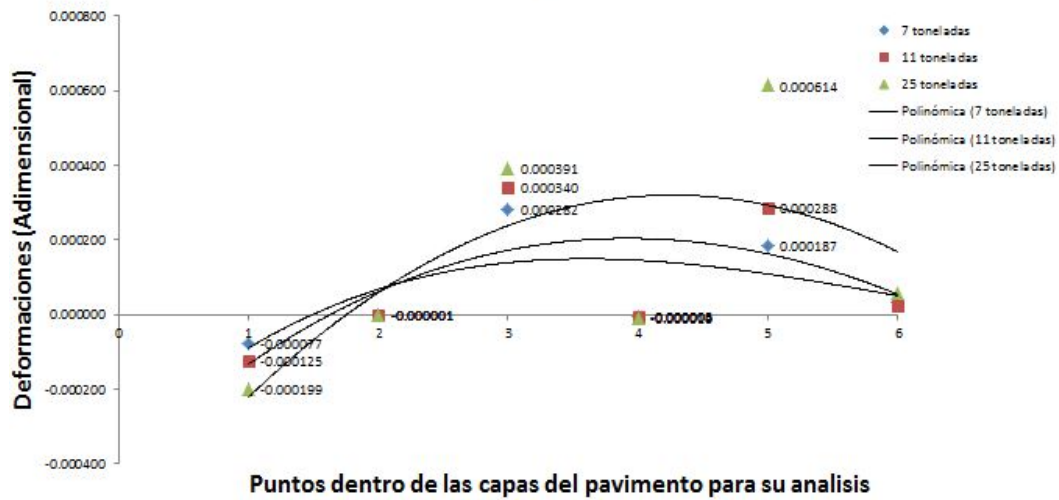
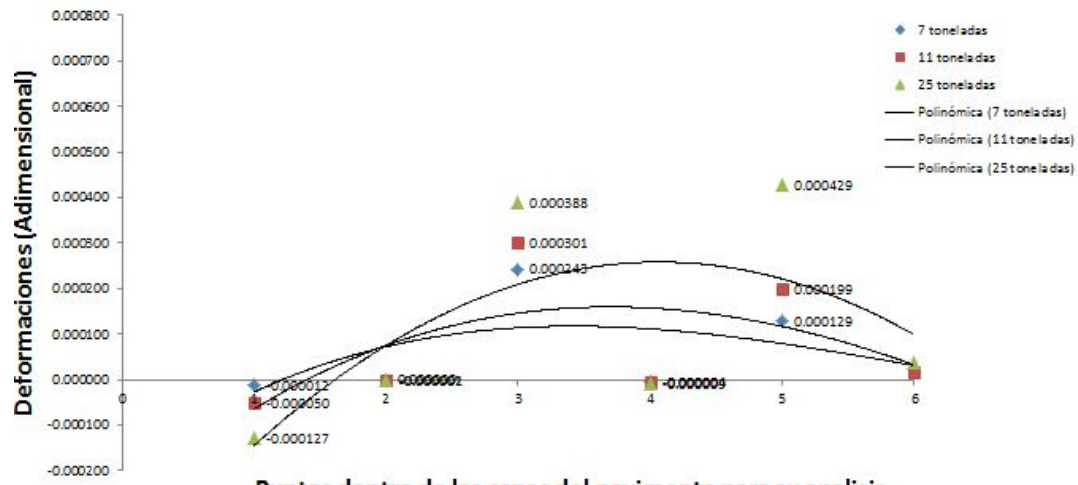


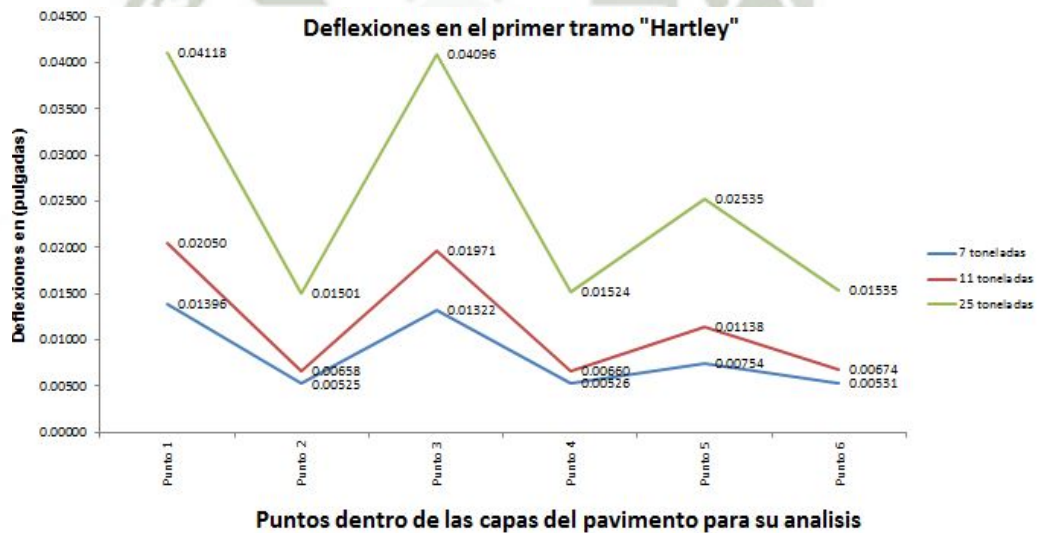
Gráfico 4.2.11.11 Deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)

**Deformaciones en el tercer tramo "Hartley"**



**Puntos dentro de las capas del pavimento para su analisis**

Gráfico 4.2.11.12 Deformaciones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP)



**Puntos dentro de las capas del pavimento para su analisis**

Gráfico 4.2.11.13 Deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 1, (EP)

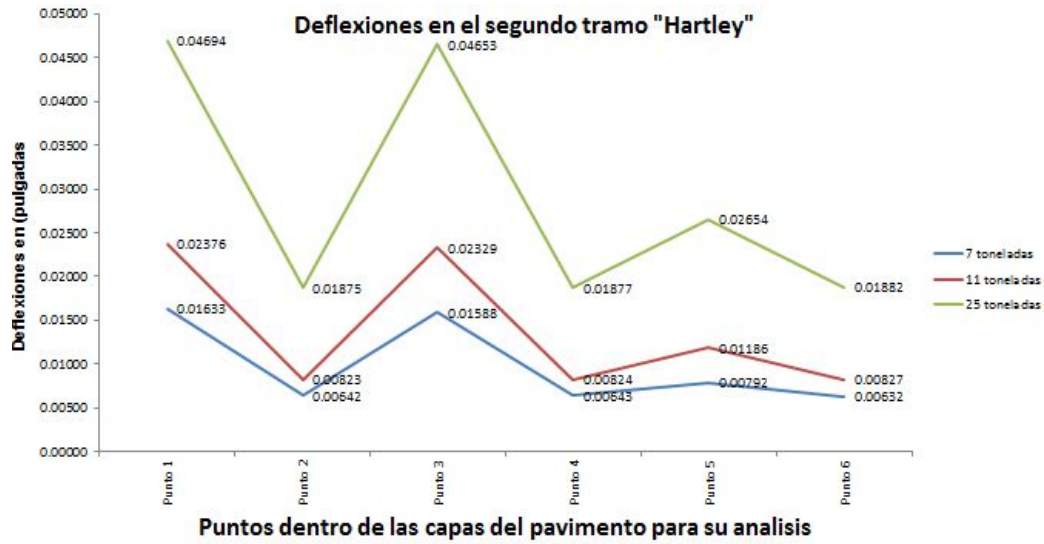


Gráfico 4.2.11.14 Deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 2, (EP)

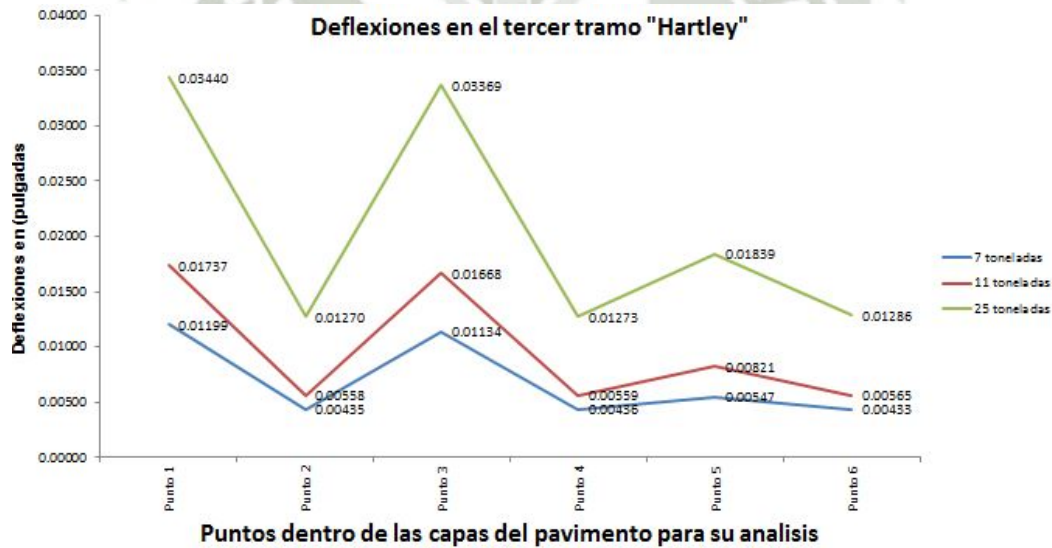


Gráfico 4.2.11.15 Deflexiones dentro de las capas del pavimento de acuerdo a sus puntos, tramo 3, (EP)

Los resultados que se presentan en la tabla **4.2.11.1 y 2**, muestran la distribución de esfuerzos en “Libras por pulgada cuadrada” sobre puntos ya especificados de las capas del pavimento flexible urbano.

Tabla 4.2.11.1 Resultados para los esfuerzos en libras por pulgada cuadrada con el software PITRA PAVE, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo 1 (EP)

<i>Valor de los esfuerzos, deformaciones y deflexiones para la seccion patron</i>									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
<i>esfuerzo (psi)</i>	79.981	76.000	78.000	77.000	79.968	80.000	79.000	80.000	80.060
<i>deformacion</i>	0.000265	0.00055	0.00073	0.00067	0.00049	0.00058	0.00036	0.00029	0.000420
<i>deflexion (inches)</i>	0.017	0.018	0.019	0.022	0.024	0.028	0.031	0.039	0.049

Tabla 4.2.11.2 Resultados para los esfuerzos en libras por pulgada cuadrada con el software PITRA PAVE, avenida Hartley tramo 1 (EP)

<i>valor de los esfuerzos deformaciones y deflexiones para la seccion patron</i>									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
<i>esfuerzo (psi)</i>	85.050	85.000	85.000	86.000	90.046	93.000	90.000	95.000	94.944
<i>deformacion</i>	0.000270	0.00051	0.00037	0.00056	0.00068	0.00058	0.00059	0.00062	0.00035
<i>deflexion (inches)</i>	0.0140	0.016	0.019	0.018	0.020	0.038	0.031	0.040	0.042

- De esta forma se elaboran los cálculos dentro del método de la sección patrón y diseño sintético, que lleva esa denominación por ser puntual y variable en el tiempo.
- Este tipo de datos solo se logran mirando más de cerca, evaluando en tiempo real su comportamiento. Lo expuesto formara parte de un registro futuro sobre su condición y características.

#### 4.2.12. Valores significativos dentro de la estructura asfáltica

En la evaluación desarrollada con PITRA PAVE se encontró que la carpeta asfáltica (punto 1) y su interfaz (punto 5) tienden a experimentar mayor demanda que sus pares, y se pueden apreciar en los registros **4.2.12.1, 2, 3, 4 y 5** siguientes

<i>Valor mas altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible</i>								
7 toneladas			11 toneladas			25 toneladas		
esfuerzo (psi)	79.981	punto 1	esfuerzo (psi)	79.968	punto 1	esfuerzo (psi)	80.06	punto 1
deformacion	0.000265	punto 5	deformacion	0.000378	punto 5	deformacion	0.000789	punto 5
deflexion (inches)	0.016689	punto 1	deflexion (inches)	0.02421	punto 1	deflexion (inches)	0.048575	punto 1

Registro 4.2.12.1 Valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 1 A.A.Caceres (EP)

<i>Valor mas altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible</i>								
7 toneladas			11 toneladas			25 toneladas		
esfuerzo (psi)	85.05	punto 1	esfuerzo (psi)	90.046	punto 1	esfuerzo (psi)	90.051	punto 1
deformacion	0.000291	punto 5	deformacion	0.000347	punto 5	deformacion	0.000577	punto 5
deflexion (inches)	0.013918	punto 1	deflexion (inches)	0.02008	punto 1	deflexion (inches)	0.038599	punto 1

Registro 4.2.12.2 Valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 2 A.A.Caceres (EP)

<i>Valor mas altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible</i>								
7 toneladas			11 toneladas			25 toneladas		
esfuerzo (psi)	85.05	punto 1	esfuerzo (psi)	90.05	punto 1	esfuerzo (psi)	94.94	punto 1
deformacion	0.000230	punto 5	deformacion	0.000322	punto 5	deformacion	0.000682	punto 5
deflexion (inches)	0.0140	punto 1	deflexion (inches)	0.0205	punto 1	deflexion (inches)	0.0412	punto 1

Registro 4.2.12.3 Valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 1 Hartley (EP)

<i>Valor mas altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible</i>								
7 toneladas			11 toneladas			25 toneladas		
esfuerzo (psi)	85.05	punto 1	esfuerzo (psi)	90.08	punto 1	esfuerzo (psi)	90.05	punto 1
deformacion	0.000282	punto 5	deformacion	0.000340	punto 5	deformacion	0.000614	punto 5
deflexion (inches)	0.0163	punto 1	deflexion (inches)	0.0238	punto 1	deflexion (inches)	0.0469	punto 1

Registro 4.2.12.4 Valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 2 Hartley (EP)

<i>Valor mas altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible</i>								
7 toneladas			11 toneladas			25 toneladas		
esfuerzo (psi)	85.09	punto 1	esfuerzo (psi)	90.10	punto 1	esfuerzo (psi)	94.94	punto 1
deformacion	0.00024	punto 5	deformacion	0.000301	punto 5	deformacion	0.00043	punto 5
deflexion (inches)	0.0120	punto 1	deflexion (inches)	0.0174	punto 1	deflexion (inches)	0.0344	punto 1

Registro 4.2.12.5 Valores más altos en puntos dentro de las capas del pavimento flexible, tramo 3 Hartley (EP)

#### 4.2.13. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación a sus parámetros físicos esfuerzo, deformación y deflexión

- El éxito de un análisis enfocado en el comportamiento de las capas asfálticas, se consigue recolectando datos observables que se puedan medir de una forma relacionada.

- Por lo cual el diseño sintético “paso 4” pagina 153, nos facilita reconocer la respuesta que tienen las capas del pavimento ante la acción de cargas dinámicas, difíciles de medir por su naturaleza variacional.
- Las cargas sobre el pavimento obedecen a una distribución dentro de sus capas, midiendo su posición exacta.

#### 4.2.13.1. Hipótesis de correlación con la prueba estadística de Pearson

La imagen 4.2.13.1.1 muestra a un vehículo de tres ejes transitando en el término del segundo tramo, sobre la prolongación Andrés Avelino Cáceres:




- Se interpretó en campo que las cargas sobre el pavimento pueden tener valores altos en la capa de rodadura, de esta forma el esfuerzo, deformaciones y deflexiones experimentaran interacción, llámese relaciones esperadas, por ser de esa forma su naturaleza.
- Los cuadros 4.2.13.1.1 y 2 verifican el nivel de relación entre los parámetros físicos con la prueba estadística de Pearson.

Cuadro 4.2.13.1.1 Significación asintótica prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

<i>Significancia asintótica Avenida Prolongación Andrés Avelino Cáceres</i>			
	<i>Esfuerzos (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Deformaciones (Adimensional)</i>	<i>Deflexiones (milímetros)</i>
<i>Esfuerzos (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>			
<i>Deformaciones (Adimensional)</i>	● 12%		
<i>Deflexiones (milímetros)</i>	● 47%	● 53%	

No se encontró un nivel de correlación aceptable dentro de los parámetros físico, los mismos superaron el 5% fijado

Cuadro 4.2.13.1.2 Significación asintótica Hartley (EP)

<i>Significancia asintótica Avenida Hartley</i>			
	<i>Esfuerzos (Kg/cm2)</i>	<i>Deformaciones (Adimensional)</i>	<i>Deflexiones (milímetros)</i>
<i>Esfuerzos (Kg/cm2)</i>			
<i>Deformaciones (Adimensional)</i>	 89%		
<i>Deflexiones (milímetros)</i>	 0.4%	 28%	

Se encontró un buen nivel de significancia para la relación de los esfuerzos versus deflexiones, por debajo del 5%



Imagen 4.2.13.1.1 Camión entrega carga, deformación y esfuerzos al pavimento flexible avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

- Particularmente en la avenida Andrés Avelino Cáceres sobre el tramo estudiado, los camiones se hacen de la vía pudiendo acelerar, y tomar velocidades de 30 a 40 km/hora<sup>24</sup> en intersecciones, fomentando la concentración puntual de esfuerzos horizontales.

Los gráficos **4.2.13.1.1** y **2** representa la distribución de los parámetros físicos (esfuerzo, deformación y deflexiones) sobre los tramos en evaluación, prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley.

<sup>24</sup> Speed gun, aplicación de celular para medir la velocidad de vehículos en marcha

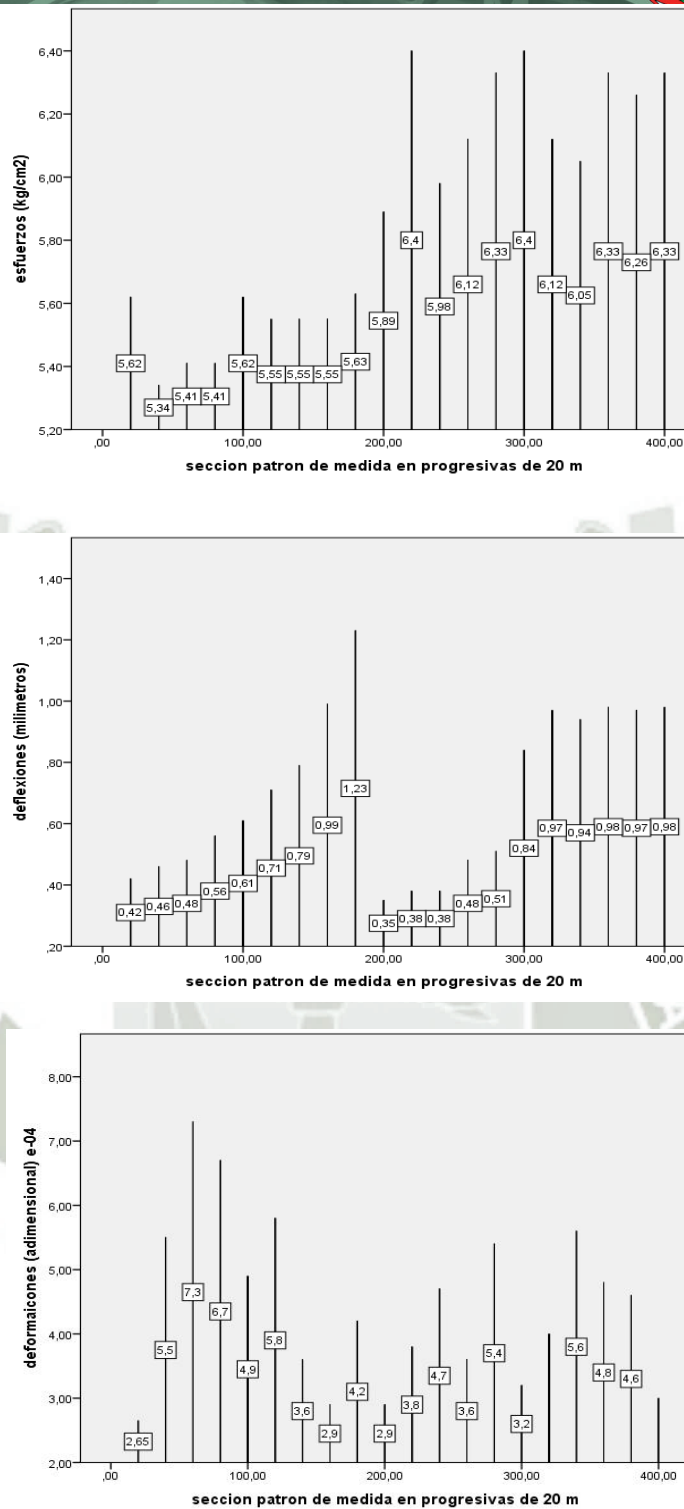


Gráfico 4.2.13.1.1 Esfuerzos, deformación y deflexiones en la actualidad del pavimento flexible en la avenida A. Avelino Cáceres (EP)

Los gráficos de comportamiento son los buscados por la investigación.

Estas muestran un modelo del comportamiento acoplado de carga y clima.

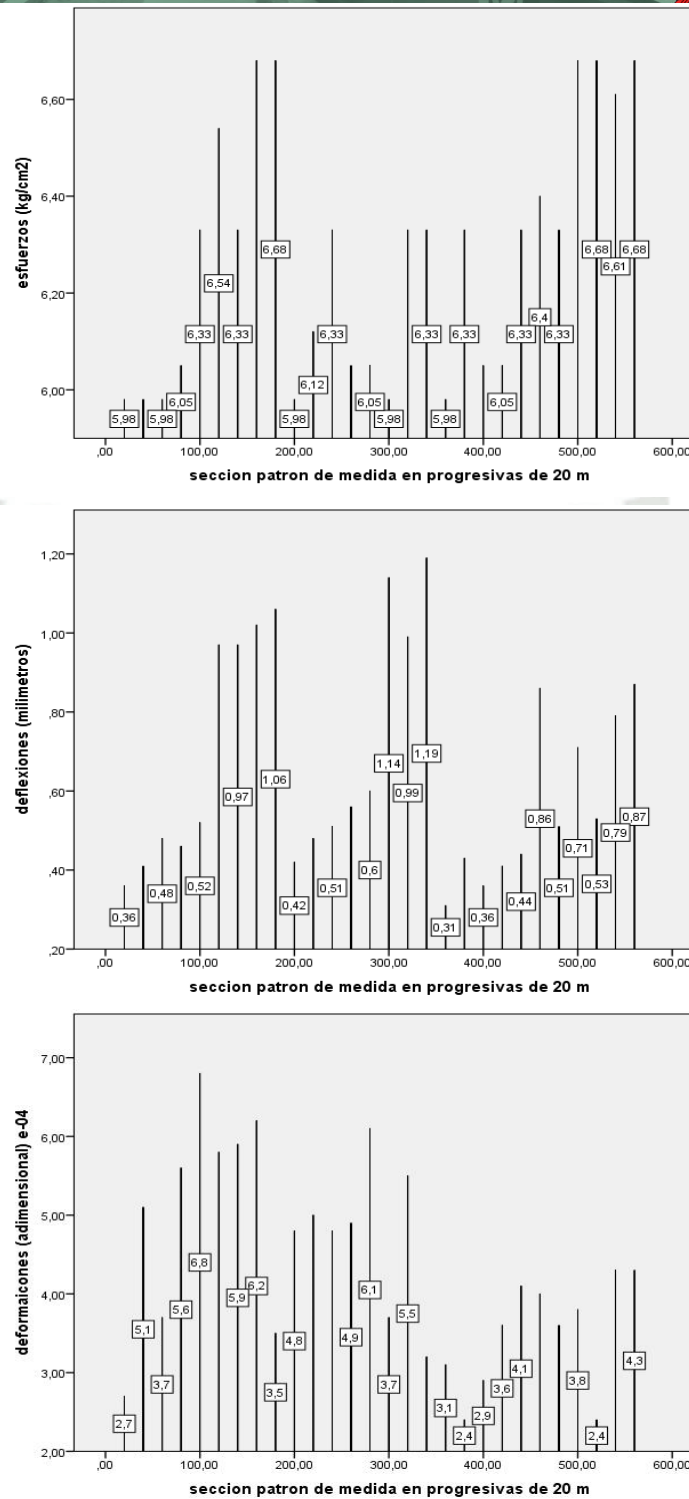


Gráfico 4.2.13.1.2 Esfuerzos, deformación y deflexiones en la actualidad del pavimento flexible en la avenida Hartley (EP)

La distribución de las variables expuestas, gráficos 4.2.13.1.1 y 2. Buscan la normalidad, las mismas solo pueden ser encontradas por medio de la

prueba K-S para A.A.Caceres con una significación  $>5\%$  en su deformación y deflexiones, mientras que para Hartley solo supero el  $5\%$  su deformación.

#### 4.2.14. Evaluación de la Sub Rasante para las avenidas Prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley

Con el afán de registrar las capacidades de los materiales y de contrastar sus resultados con otros estudios, se realizó la evaluación del material de sub rasante a través de ensayos de laboratorio.

- La zona se caracteriza por presentar un clima templado subhúmedo con vientos a  $3.9 \text{ m/s}$  en dirección norte, una temperatura promedio de  $15.7^\circ\text{C}$  y una precipitación pluvial anual de  $45.4 \text{ milímetros}$ .<sup>25</sup>
- Los resultados del estudio de suelos para prolongación A.A.Caceres y Hartley se contrastaron con el informe técnico: “*Evaluación de base granular y sub rasante para el mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular de la avenida Hartley*”, desarrollada en enero del 2016 por la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero.
  - El informe recomienda valores CBR de  $80\%$  para vías Locales y Colectoras. En la avenida Hartley el valor de CBR obtenido fue de  $51.43\%$ , para un espesor de base igual a  $16 \text{ cm}$ .
- La profundidad de excavación para las muestras de sub rasante con el penetrometro estático y análisis granulométrico fueron de  $60 \text{ cm}$  y de  $30 \text{ a } 50 \text{ cm}$  respectivamente.

---

<sup>25</sup> “*Evaluación de base granular para el mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular de la avenida Hartley*”

La tabla **4.2.14.1** hace referencia a lo encontrado por el estudio de suelos desarrollado el mes de agosto del 2015 por la municipalidad de JLB y R.

Tabla 4.2.14.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida Hartley, evaluación de la sub rasante para el mejoramiento de la transitabilidad (EP)

Porcentaje de fracciones			clasificación SUCS	clasificación AASHTO	Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	IP	valor relativo de soporte "encontrado"
% porcentaje de grava	% porcentaje de arena	% porcentaje de finos						
7.8	69.0	23.1	SM	A-2-4	Np	Np	Np	21.42%

se realizó ensayo penetrometro estático a fin de terminar in situ el valor relativo de soporte

- El ensayo CBR que se llevó a cabo para la *evaluación de la sub rasante en la avenida Hartley a través del* penetrometro estático obtuvo un valor in situ de 21.42%.
- La clasificación SUCS indica que es una arena limosa, además de no presentar límites de consistencia.

#### 4.2.14.1. Registro del estudio de suelos: prolongación Andrés Avelino Cáceres

- Los resultados de la evaluación para la sub rasante nos permitirá valorar y comparar los datos obtenidos por el informe técnico de la municipalidad de JLB y R. Sobre vías que superaron su vida útil proyectada.
- La vialidad en esta zona consiste en dos calzadas de 6.5 y 7 metros, con pendientes máximas para el tramo 1: 4% y el tramo 2: 2.6%. considera 4 carriles en sentido ascendente y 4 en sentido descendente.

- La profundidad de excavación para las muestras de sub rasante fue de: 1.5 a 2 metros, sobre el tramo 2 de la vía.
- El registro y sus resultados se presentaran en la tabla **4.2.14.1.1**

Tabla 4.2.14.1.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida A. Avelino Cáceres, evaluación de la sub rasante (EP)

*Evaluación de la Sub Rasante en Avenida Andrés Avelino Cáceres*

porcentaje de fracciones				clasificación SUCS	clasificación AASHTO	Limite liquido (%)	Limite pastico (%)	IP	CBR al 95% de máx. Densidad
% de grava	% de arena gruesa	% de arena fina	% de finos						
29.0	30.0	39.0	2.0	SP	A-1-b	20.94	19.01	NP	26.0%

- El valor de CBR para prolongación Andrés Avelino Cáceres, sobre el tramo 2 en estudio fue de 26.0% con el anillo de carga constante.
- La clasificación SUCS indica que es una arena pobremente graduada, con un indice de plasticidad  $IP < 4$ , plasticidad nula, tabla **4.2.14.1.2**

Tabla 4.2.14.1.2 Características de los suelos en funcion de su IP (Manula de carreteras seccion suelos y pavimentos MTC 2014)

PLASTICIDAD	DESCRIPCION	RANGO IP
Alta	Suelos muy arcillosos: Arcilla limosa	$IP > 20$
Media	Suelos arcillosos: Limo arcilloso, arcilla limosa y limos organicos	$20 > IP > 10$
Baja	Suelos poco arcillosos: Limo con trazas de arcilla	$10 > IP > 4$
Nula	Suelos exentos de arcilla: Limo	$4 > IP$

De acuerdo al manual de carreteras sección suelos y pavimentos MTC2014 la tabla **4.2.14.1.3** de valores CBR para la sub rasante; nuestro valor será S4: sub rasante muy buena.

Tabla 4.2.14.1.3 Tabla de valores CBR para la sub rasante (EP)

Clasificación	CBR diseño
S0: Sub rasante inadecuada	<3%
S1: Sub rasante inadecuada	>= 3% a <6%
S2: Sub rasante regular	>= 6% a <10%
S3: Sub rasante buena	>= 10% a <20%
S4: Sub rasante muy buena	>= 20% a <30%
S5: Sub rasante excelente	>= 30%

#### 4.2.14.2. Registro del estudio de suelos: Avenida Hartley

- La vialidad en esta zona consiste en dos calzadas de 6.5 metros con pendientes máximas para el tramo 1: 2.5 %, el tramo 2: 1.4% y tramo 3: 2.7%. considera 2 carriles en sentido ascendente y 2 en sentido descendente.
- La profundidad de excavación para las muestras de sub rasante fue de: 2 a 2.5 metros.

Tabla 4.2.14.2.1 Valores descriptivos y de soporte del estudio realizado para la avenida Hartley, evaluación de la sub rasante (EP)

#### Evaluación de la Sub Rasante en Avenida Hartley

porcentaje de fracciones				clasificación SUCS	clasificación AASHTO	Limite liquido (%)	Limite pastico (%)	IP	CBR al 95% de máx. Densidad
% de grava	% de arena gruesa	% de arena fina	% de finos						
43.0	26.0	25.0	6.0	SP-SM	A-1-b	16.16	25.63	NP	17.0%

- De acuerdo a los datos evaluados, la avenida Hartley lleva la clasificación SP – SM, de una arena mal graduada con limo, en relación con lo desarrollado por la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero. Esta relación se debe por la coincidencia del lugar de excavación sobre el tramo 3 de la avenida Hartley.

- Los datos evaluados por el estudio de la municipalidad de JLB y R. por el método del penetrometro estático, obtuvo un CBR igual a 21.42% y en nuestro caso con el uso del LRC “anillo de carga constante” el CBR fue igual a 17.0%.
- Su clasificación de acuerdo al MTC2014 es S3: Sub rasante buena.

#### 4.2.15. Gráficos sobre el comportamiento de los pavimentos urbanos en relación al estado del drenaje

La evaluación del drenaje va de la mano con los estudios de deterioros por la metodología VIZIR en el capítulo 3 y la sección 4.1, la misma comprende el análisis por sección patrón. Se le proporciono valores cualitativos de alto y bajo riesgo para su valoración.

- Las gráficas 4.2.15.1 y 2, muestran el riesgo que representan la falta de drenaje para manejar el agua sobre el pavimento.

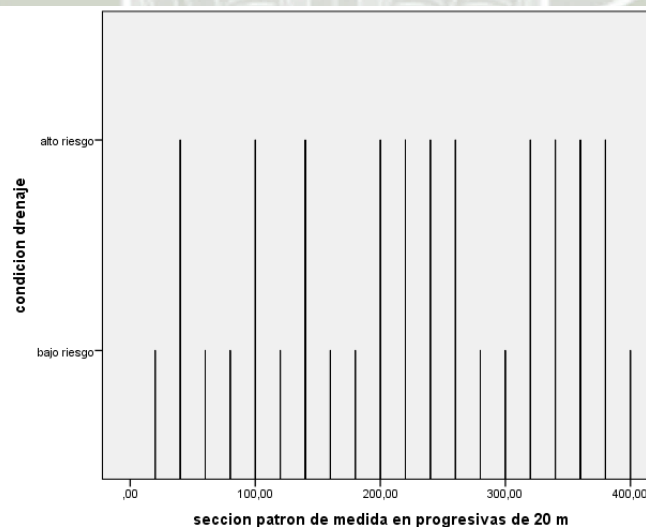


Gráfico 4.2.15.1 Relación de la condición del drenaje actual con la sección patrón Avelino (EP)

La valoración que se le da en la tabla **4.2.5.1 y 2**, son 8 a 12, que implican serios daños por drenaje "E", estos se categorizaron de la siguiente manera: bajo riesgo (de 8 a 10), alto riesgo (11 y 12).

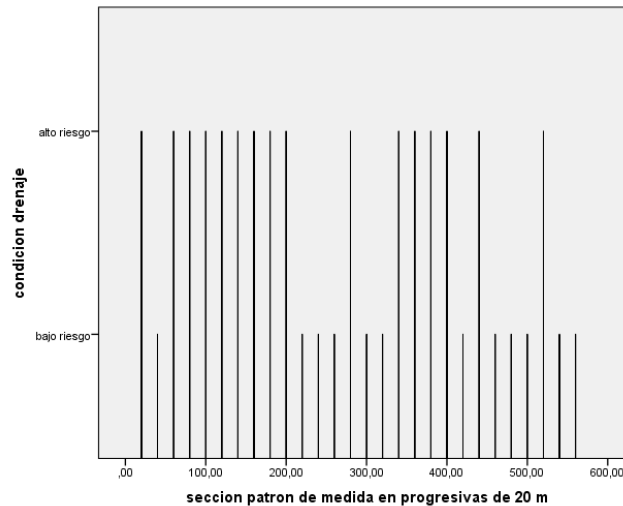


Gráfico 4.2.15.2 Relación de la condición del drenaje actual con la sección patrón Hartley (EP)

- En los primeros 100 metros la condición de **alto riesgo** debido al drenaje es más alta para Hartley que para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres.
- La evaluación del drenaje superficial tiene la intención de ver el efecto destructivo del agua de escorrentía, debido a las lluvias, en los costados de los carriles. En la actualidad la condición de las vías se ve perjudicada por tales efectos.
- El resultado del alto riesgo de "daños por drenaje", se debe a que no se proyectaron estructuras que protejan los pavimentos, y evacuen el agua en temporadas de lluvia, de forma rápida y eficiente.

## CAPÍTULO 5

### VALORACIÓN ECONÓMICA CON EL SOFTWARE HDM - 4

#### 5.1. VALORACIÓN CON EL HDM-4: AVENIDAS PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES Y HARTLEY

En el capítulo presente, se abordaron los aspectos económicos y financieros para las zonas evaluadas, a través de "alternativas" que manejan costos intrínsecos. Se las confecciono con el software elaborado por el banco mundial, HDM-4. Para finalmente considerar la mejor de 6 posibles alternativas de inversión.

##### 5.1.1. Parámetros de inversión fundamentales para el HDM - 4

La evaluación efectuada en términos económicos se realiza para seleccionar la mejor alternativa de conservación del pavimento flexible, en zonas críticas dentro del distrito de José Luis Bustamante y Rivero. Se deberán considerar los siguientes parámetros, cuadro 5.1.1.1:

Cuadro 5.1.1.1 Parámetros iniciales e inversión (EP)

<i>Periodo de Análisis (años) :</i>	10
<i>Tasa de Descuento :</i>	14 % anual <sup>26</sup>
<i>Indicadores de Evaluación:</i>	Valor actual neto, Tasa interna de retorno y relación Beneficio / Costo

Para la evaluación económica se pudo haber tomado una tasa de descuento de 10 a 12 %, ya que son valores que el banco mundial aconseja a países en vías de desarrollo.

<sup>26</sup> (Provias Nacional, 2004b)

### 5.1.2. Características de las vías evaluadas prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley

En la tabla 5.1.2.1 se presenta la información que muestra las características técnicas y geométricas de la superficie del pavimento, como sus demás condiciones. Los datos se desprenden de los estudios de ingeniería como: los efectos vehiculares en volúmenes y carga, parámetros del suelo, índices de condición con el método VIZIR y datos calculados por el HDM-4 como el número estructural, que se desprende de la deflexiones.

Tabla 5.1.2.1 Características físicas de la vía asfáltica existente (EP)

Avenida Andrés Avelino Cáceres		
	Tramo ascendente	Tramo descendente
Clase de carretera	Pavimentada	Pavimentada
Longitud (Km)	0.8	0.78
Ancho de calzada (m)	6.5	6.5
Subidas y Bajadas (m/Km)	1	1
Nº efectivo de carriles	2	2
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2450	2450
Pluviometría (mm)	12 a 25	12 a 25
Tipo de superficie	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica
Espesor de la capa asfáltica nueva (mm)	50	50
Tipo de base	Granular	Granular
CBR Sub rasante (%)	26.0	26.0
Numero estructural	6.34	6.34
Deflexión calculada (mm)	0.34	0.34
Rugosidad (IRI)	8 a 9	8 a 9
IMD motorizado	1800	1850
Total de grietas (%)	70	87
Grietas anchas (%)	60	77
Baches (%)	68	80

Las condiciones físicas cambian significativamente para la avenida Hartley y se aprecian en la tabla 5.1.2.2, al contener un tipo de tráfico distinto con valores del índice de condiciones IRI, variables por los efectos climatológicos y vehiculares cambiantes cada año.

Tabla 5.1.2.2 Características físicas de la vía asfáltica existente (EP)

<b>Avenida Hartley</b>		
	<b>Tramo ascendente</b>	<b>Tramo descendente</b>
Clase de carretera	Pavimentada	Pavimentada
Longitud (Km)	0.588	0.551
Ancho de calzada (m)	6.5	6.5
Subidas y Bajadas (m/Km)	1	1
N° efectivo de carriles	2	2
Altitud promedio (m.s.n.m.)	2450	2450
Pluviometría (mm)	12 a 25	12 a 25
Tipo de superficie	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica
Espesor de la capa asfáltica nueva (mm)	50	50
Tipo de base	Granular	Granular
CBR Sub rasante (%)	17.0	17.0
Numero estructural	6.40	6.40
Deflexión calculada (mm)	0.33	0.33
Rugosidad (IRI)	9	9
IMD motorizado	1580	1590
Total de grietas (%)	55	60
Grietas anchas (%)	40	50
Baches (%)	38	44

### 5.1.3. Registro técnico del parque automotor para la evaluación del proyecto con el HDM – 4

Los vehículos que circulan por los tramos en evaluación de las avenidas Andrés Avelino Cáceres y Hartley, obedecen a lo visto en análisis de volúmenes de tráfico desarrollado, encontrando que los tipos de vehículos

en su mayoría livianos se repiten para ambas zonas, y se remarca la diferencia de TPDA o IMD entre ambas.

- Una gran ventaja del HDM-4, es que nos permitió analizar tanto el tramo ascendente como descendente en ambas vías evaluadas.
- También la diferencia principal es el aforo por tipo de vehículo que puedan tener la avenida Andrés Avelino Cáceres, por encontrarse en muy cerca de la plataforma ferial Andrés Avelino Cáceres, lo cual incita la circulación de vehículos mayores a 8.2 toneladas de ejes equivalentes.

Las imágenes 5.1.3.1 y 2 corresponden a vehículos y pesos evaluados para el estudio de cargas, los mismos se calibraran para efectos de análisis con el software HDM – 4 para su evaluación y efectos





Autos menores		Camioneta	custar
			
los autos no se consideran por no representar un daño significativo en el pavimento. Peso aprox 2 Tn		peso aproximado 2.8 Tn	peso aproximado 3.2 Tn

Imagen 5.1.3.1 Vehículos evaluados del parque automotor 1 (EP)

bus grande		Camión 2E		Camión 3E		Semi trailer 2S3		
								
carga por eje		carga por eje		carga por eje		carga por eje		
delantero Tn	traseros tandem Tn	delantero Tn	traseros Tn	delantero Tn	traseros Tn	delantero Tn	primer eje	segundo eje
7	16	7	11	7	18	7	11	25

Imagen 5.1.3.2 Vehículos evaluados del parque automotor 2 (EP)

Los vehículos evaluados dentro del análisis económico se calibran de acuerdo al cuadro 5.1.3.1 como vehículos equivalentes en peso y rendimientos

Cuadro 5.1.3.1 Vehículos y equivalencias para HDM – 4 (EP)

<b>vehículo</b>	<b>vehículo típico</b>	<b>vehículo HDM equivalente</b>
1 <i>automóvil</i>	<i>Toyota - Daewoo</i>	<i>carro pequeño</i>
2 <i>camioneta</i>	<i>Toyota</i>	<i>utilitario</i>
3 <i>bus</i>	<i>volvo</i>	<i>bus</i>
4 <i>camión 2 ejes medio</i>	<i>volvo</i>	<i>camión medio</i>
5 <i>camión 3 ejes</i>	<i>volvo</i>	<i>camión grande</i>
6 <i>camión tráiler</i>	<i>volvo</i>	<i>camión articulado</i>

*\*excepciones: camión ligero y coaster*

Características técnicas de los vehículos que para efectos de resultados se calibraron con la realidad local en las zonas evaluadas, tabla 5.1.3.1.

Tabla 5.1.3.1 Características técnicas del parque automotor (EP)

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS VEHICULOS</b>						
	<b>auto</b>	<b>camioneta</b>	<b>bus</b>	<b>camión 2 ejes</b>	<b>camión 3 ejes</b>	<b>articulado</b>
<b>CARACTERISTICAS BASICAS</b>						
<i>peso bruto vehicular* (toneladas)</i>	1.37	2.18	13.63	15.4	23	38.35
<i>numero ejes equivalentes</i>	0.0	0.002	3.8	3.2	3.9	6.8
<i>numero de ejes</i>	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	5.0
<i>numero de neumáticos</i>	4.0	4.0	6.0	6.0	10.0	18.0
<i>número de pasajeros</i>	3.0	3.0	40.0	1.0	1.0	1.0
<b>UTILIZACION DE VEHICULO</b>						
<i>vida útil (años)</i>	8.0	8.0	10.0	12.0	12.0	12.0
<i>horas conducidas por año</i>	500.0	960.0	2500.0	1400.0	2400.0	2400.0
<i>Kilómetros conducidos por año</i>	25000.0	40000.0	120000.0	60000.0	90000.0	100000.0
<i>Tasa de interés anual (%)</i>	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0

*\*Peso vehicular en movimiento*

#### 5.1.4. Costos económicos y financieros considerados para los proyecto de conservación a nivel urbano

Para convertir los costos financieros de mantenimiento a costos económicos para el presente proyecto se dedujeron las transferencias al Gobierno en la forma de impuestos, aranceles y subsidios.

En cuanto a los equipos y materiales de origen nacional, se dedujo de los precios pagados el impuesto general a las ventas IGV. De los equipos y materiales importados, la tasa arancelaria correspondiente y el IGV (Provias Nacional, 2004b).

- Los factores de corrección aplicados en la estimación de los costos económicos, de acuerdo a lo explicado, son los siguientes Cuadro

##### 5.1.4.1

Cuadro 5.1.4.1 Indicadores y factores de reducción de costos (Provias Nacional, 2004b)

RUBROS	ARANCELES	IGV (%)	FACTOR
(1)Material y equipo nacional, (2)Material y equipo importado, (3)Mano de obra calificada (4)Mano de obra no calificada	11%	(1) y (2) = 18%	(1) 0.64 (2) 0.73 (3) 1.00 (4) 0.60

- Promediados estos factores, el elegido para corregir los costos financieros a costos económicos es alrededor de 0.75

#### 5.1.5. Alternativas de conservación para prolongación A.A.Caceres y Hartley

El cálculo de los costos de conservación, se efectúa cubriendo diferentes alternativas, y combinándolas con actividades de carácter rutinario.

- Se definieron 5 alternativas de conservación para la situación "Con Proyecto" para ser aplicadas en forma diferenciada a los sectores evaluados y 1 alternativa para la situación "Sin Proyecto".

Hay que aclarar que la situación con y sin proyecto:

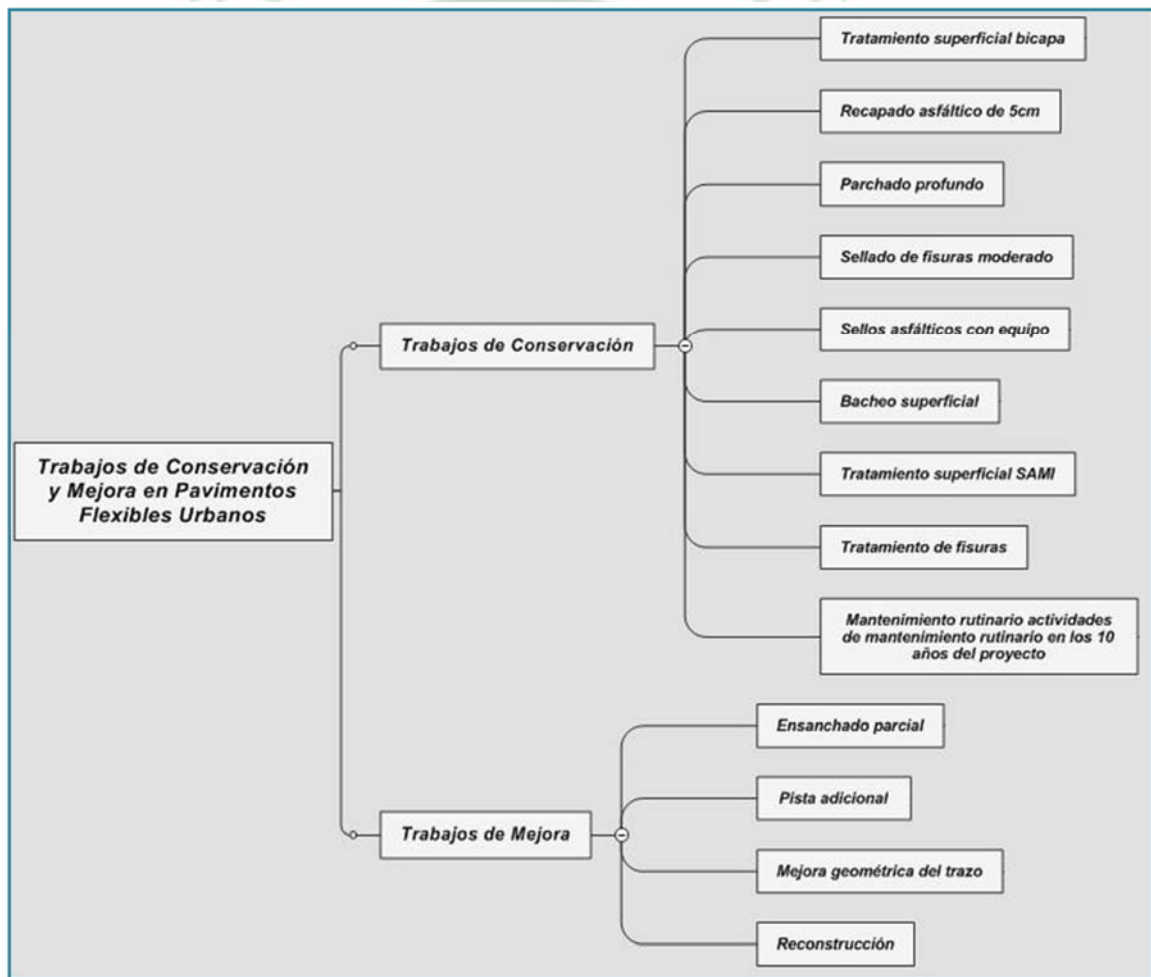
- **Con proyecto:** cuando se invierte dinero a través de trabajos de conservación importantes y específicos en las zonas evaluadas.
- **Sin proyecto:** cuando se invierte lo mínimo o casi nada con trabajos de conservación poco influyentes, que cubren partes puntuales.

#### 5.1.5.1. División de los trabajos para el HDM-4

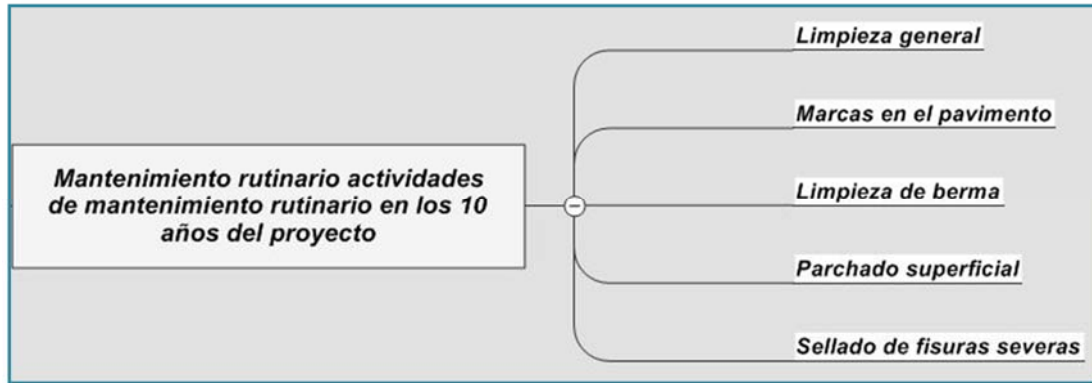
- **Trabajos de conservación,** esquema 5.1.5.1.1, representan los descritos en la sección 2.3.11 y nos servirán para armar las alternativas de conservación que serán evaluadas como propuesta económicas.
- **Trabajos de mejoras,** esquema 5.1.5.1.1, se desarrollan como un gran paquete de trabajos que encierran sus dependencias, al ser mayores, no buscan implementar la visión de los trabajos de conservación o mantenimiento, sino de trabajos desde cero, por lo cual se les cataloga como opciones importantes a la hora de ver su viabilidad. Pueden considerar el cambio total de la geometría y diseño de una vía asfaltada alterna.
- Dentro de los trabajos de conservación el esquema 5.1.5.1.2, muestra los trabajos que constituyen el paquete de mantenimiento rutinario, este es importante ya que cada alternativa llevara este

paquete, es una propuesta que aplican las entidades en el desarrollo de proyectos de conservación de pavimentos, y a su vez representa un costo a invertir anualmente. En él se detallan trabajos como limpieza y cuidado para la superficie del pavimento asfáltico.

- El costo de cada trabajo de conservación se confecciona con un análisis desarrollado en la sección 5.1.8. para después contrastar los precios analizados con sus pares Latinoamericanos.



Esquema 5.1.5.1.1 Esquema general para los trabajos de conservación en pavimentos flexibles (EP)

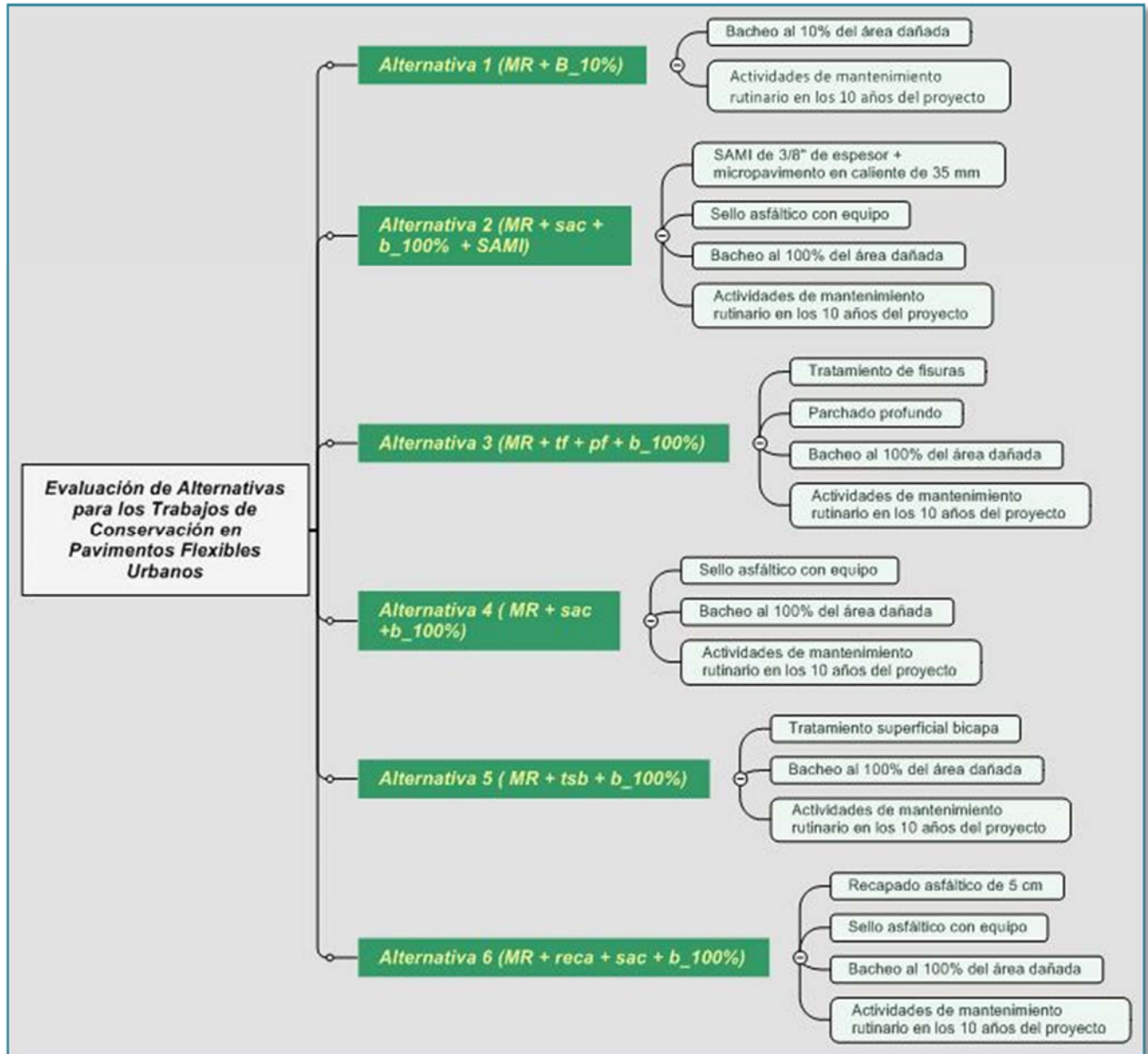


Esquema 5.1.5.1.2 Esquema para el mantenimiento rutinario (EP)

### 5.1.5.2. Esquema principal para el desarrollo de las alternativas con el HDM-4

El esquema 5.1.5.2.1 es el principal en el desarrollo de alternativas, explica los trabajos que contendrán cada alternativa, y se refrendan bajo un precio unitario en las secciones 5.1.6, 7 y 8.

- La viabilidad de la alternativa base se contrastará con las demás, buscando que una del resto de alternativas 2, 3, 4, 5 o 6 genere mejores oportunidades de inversión a largo plazo.
- La alternativa base, hay que recalcarla como la que ofrece menos gastos en su aplicación, y para la evaluación económica presente consta de un bacheo al 10% de toda el área dañada de las vías y un mantenimiento rutinario de 10 años.
- La mejor alternativa para cada zona en evaluación deberá satisfacer los indicadores económicos VAN, TIR y relación beneficio costo.
- Las 6 alternativas se utilizarán para evaluar económicamente a las avenidas prolongación Andrés Avelino Cáceres como Hartley.



Esquema 5.1.5.2.1 Composición de las alternativas "trabajos diferenciados por alternativas" (EP)

El análisis económico, encuentra su fundamento en la elección de los posibles trabajos que pueda encerrar una alternativa, idónea a sus necesidades. El esquema 5.1.5.2.1. Muestra un número de trabajos por cada alternativa propuesta.

### 5.1.6. Batería de trabajos de conservación por proyecto con costos económicos y financieros en Latinoamérica

Representan los costos económicos y financieros para diferentes proyectos de mejoramiento vial en Perú y Latinoamérica. Tabla 5.1.6.1

Tabla 5.1.6.1 Batería de diferentes proyectos para la conservación de pavimento flexible y sus costos (EP)

		factor de reducción <b>0.75</b> tipo de cambio <b>3.366</b>	
		<b>costos financieros (dólares)</b>	<b>costos económicos (dólares)</b>
<b>1) Proyecto de conservación en la Panamericana sur<sup>27</sup></b>	<i>bacheo (m2)</i>	14.56	10.92
	<i>sello convencional (m2)</i>	1.27	0.95
	<i>sello con polímeros (m2)</i>	1.38	1.03
	<i>Sami + micro pavimentado de 35 mm (m2)</i>	9.49	7.12
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	1871.66	1403.74
<b>2) Proyecto de conservación de la red vial nacional INVIAS Colombia<sup>28</sup></b>	<i>bacheo (m2)</i>	39	29.25
	<i>sello convencional (m2)</i>	2.3	1.725
	<i>sobre carpeta de 5 cm (m2)</i>	20	15
	<i>tratamiento superficial doble (m2)</i>	7.8	5.85
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	4200	3150
<b>3) Proyecto de mejoramiento carretera Churin- Oyon (lima)<sup>29</sup></b>	<i>bacheo (m2)</i>	24.06	18.05
	<i>sello convencional (m2)</i>	1.76	1.32
	<i>refuerzo de 4cm (m2)</i>	5.76	4.32
	<i>tratamiento superficial doble (m2)</i>	-	-
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	4765	3573.75

<sup>27</sup> (Provias Nacional, 2004b)

<sup>28</sup> (Fernando, 2008)

<sup>29</sup> (Marroquin, 2012)

<b>4) Modelo de mantenimiento propuesto por el Ing. Abram, conferencia del uso del HDM - 4<sup>30</sup></b>	<i>bacheo (m2)</i>	14.82	11.12
	<i>sello convencional (m2)</i>	2	1.50
	<i>refuerzo de 4cm (m2)</i>	7.1	5.33
	<i>tratamiento superficial simple (m2)</i>	3.35	2.51
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	1500	1275

<b>5) Análisis del Beneficio Social del Mantenimiento Vial de Obras Públicas-Chile<sup>31</sup></b>	<i>bacheo (m2)</i>	13.26	9.95
	<i>sello convencional (m2)</i>	1.93	1.45
	<i>Recapado 8 cm a IRI&gt;8 (m2)</i>	10.43	7.82
	<i>tratamiento superficial simple (m2)</i>	-	-
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	3485	2613.75

<b>6) Carreteras Tarapoto-Yurimaguas (pro inversión - precios referenciales)<sup>32</sup></b>	<i>bacheo superficial (m2)</i>	19	14.25
	<i>bacheo profundo (m2)</i>	23	17.25
	<i>Tratamiento superficial bicapa, e=2.5 cm, (m2)</i>	2.35	1.7625
	<i>tratamiento superficial simple (m)</i>	2.85	2.1375
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	72000	54000

<b>7) Conservación de pavimentos flexibles Av. Prolongación A.A.Caceres y Hartley en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero 2017</b>	<i>bacheo superficial (m2)</i>	9.57	7.18
	<i>parchado profundo (m2)</i>	15.81	11.86
	<i>Tratamiento superficial SAMI (m2)</i>	1.09	0.82
	<i>sellado asfáltico con equipo (m2)</i>	1.32	0.99
	<i>tratamiento de fisuras (m)</i>	0.87	0.65
	<i>Recapado asfáltico (m3)</i>	24.13	18.10
	<i>tratamiento superficial bicapa (m2)</i>	1.49	1.12
	<i>Mantenimiento rutinario de la carpeta asfáltica (km-año)</i>	1114.08	835.56

<sup>30</sup> (Abraham, 2012)

<sup>31</sup> (De, Asociados, & S.A, 2001)

<sup>32</sup> (Norte, 2011)

### 5.1.7. Resultados comparativos de la batería de trabajos: sección 5.1.6 versus el proyecto propuesto # 7

Con el fin de contrastar la variación de los costos económicos y financieros en el tiempo, se desarrolló y evaluó en la tabla 5.1.7.1 con sus expresiones gráficas 5.1.7.1 y 2. Me indicaran la posición del proyecto propuesto número 7, tabla 5.1.6.1 en evaluación, con sus pares Latinoamericanos.

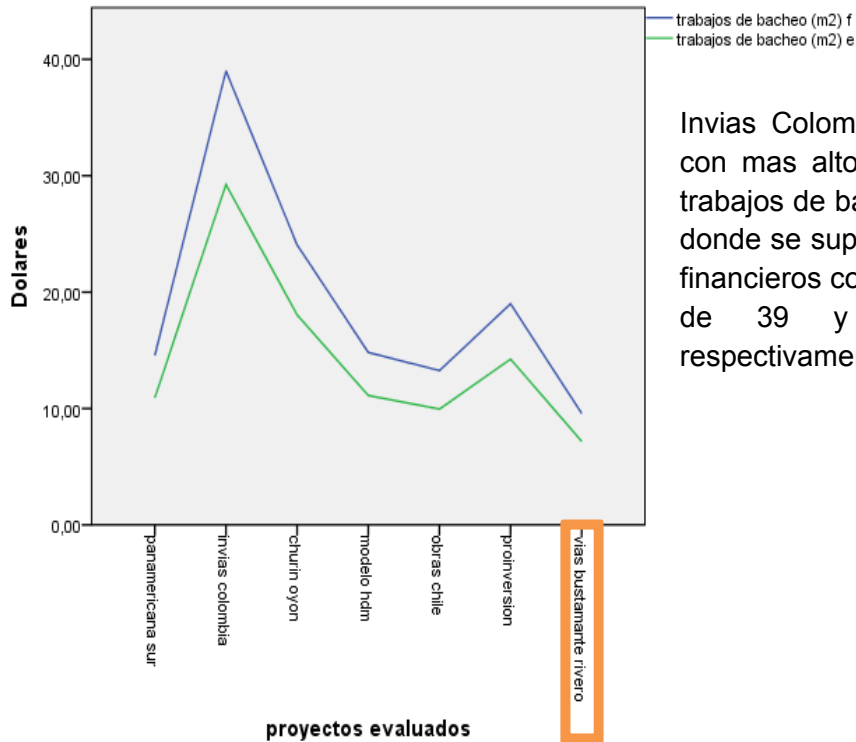
Los datos que se desprenden de la tabla 5.1.6.1 y para nuestro proyecto exclusivamente, “Conservación de pavimentos flexibles Av. A.A.Caceres y Hartley, en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero 2017”.

Tabla 5.1.7.1 Contraste de costos económicos y financieros con más demanda en Latinoamérica (EP)

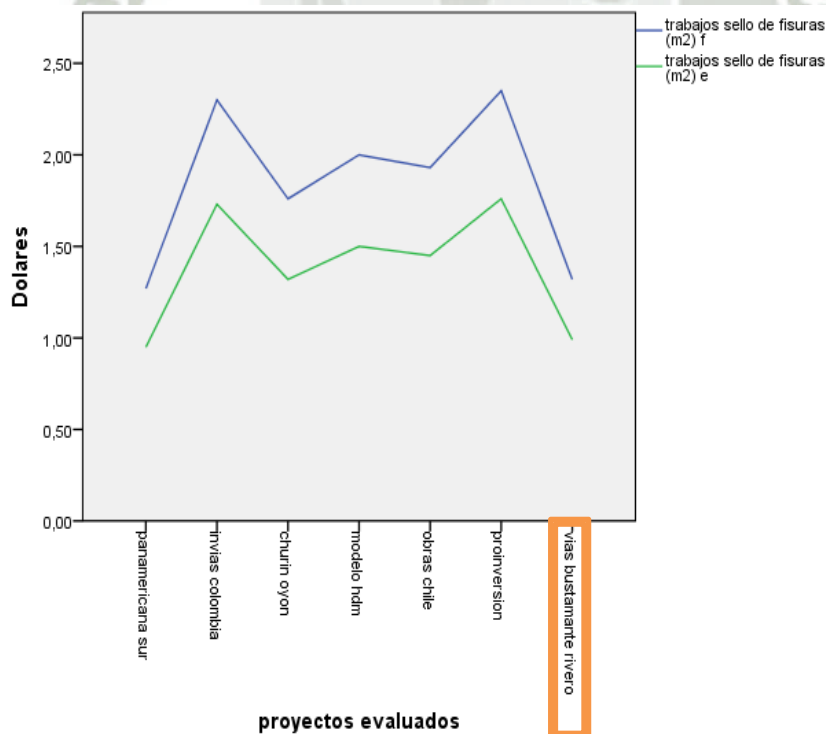
	año del proyecto	tipo de trabajo desarrollado y sus costos financieros				tipo de trabajo desarrollado y sus costos economicos			
		batcheo (m2)	sello de fisuras (m2)	tratamiento superficial (m2)	mantenimient o rutinario (km-año)	batcheo (m2)	sello de fisuras (m2)	tratamiento superficial (m2)	mantenimient o rutinario (km-año)
proyecto de conservación en la panamericana sur*	2005	14.56	1.27	9.49	1872.00	10.92	0.95	7.12	1404.00
proyecto de conservación de la red vial nacional INVIAS Colombia	2006	39.00	2.30	7.80	4200.00	29.25	1.73	5.85	3150.00
proyecto de mejoramiento carretera churin- oyon (lima)**	2009	24.06	1.76	5.76	4765.00	18.05	1.32	4.32	3574.00
modelo de mantenimiento propuesto por el Ing. Abram, conferencia del uso del HDM-4	2005	14.82	2.00	3.35	1500.00	11.12	1.50	2.51	1275.00
Análisis del Beneficio Social del Mantenimiento Vial de Obras Públicas-chile***	2002	13.26	1.93	10.43	3485.00	9.95	1.45	7.82	2614.00
carreteras Tarapoto-Yurimaguas (pro inversión- precios referenciales)****	2009	19.00	2.35	2.85	72000.00	14.25	1.76	2.13	54000.00
conservación de pavimentos flexibles Av. A.A.Caceres y Hartley en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero 2017	2017	9.57	1.32	0.87	1114.00	7.18	0.99	0.65	836.00

\* Sami + micro pavimentado de 35 mm (m2)  
 \*\* refuerzo de 4cm (m2)  
 \*\*\* Recapado 8 cm a IRI>8 (m2)  
 \*\*\*\* tratamiento superficial simple (m)

En color anaranjado se remarca la ubicación del presente proyecto.

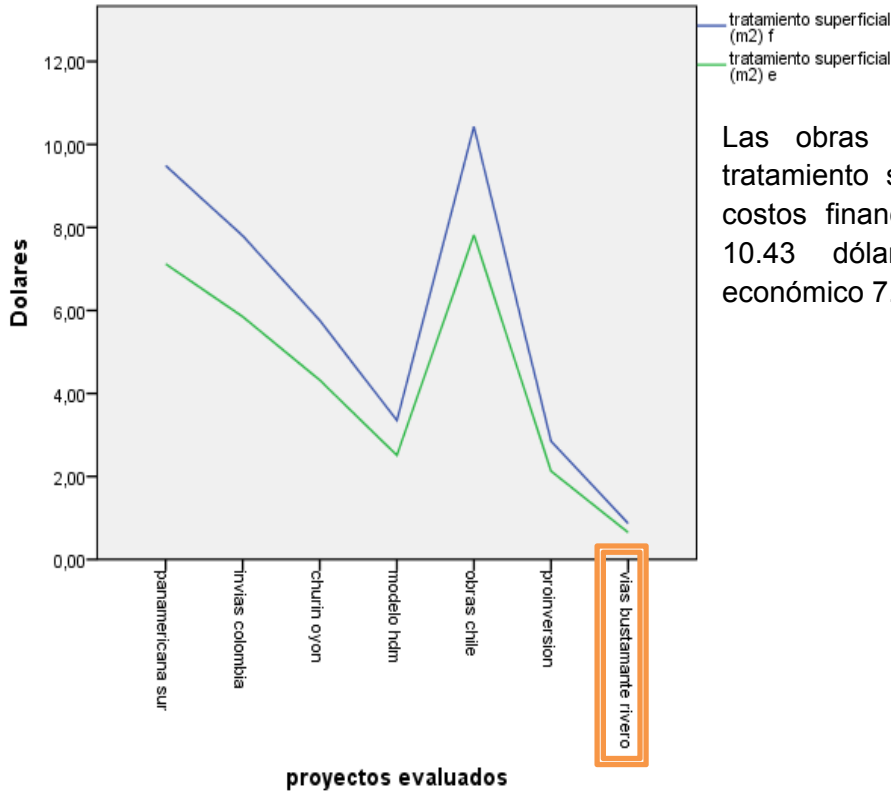


Invias Colombia es el proyecto con mas altos costos, para los trabajos de bacheo (m2). El pico donde se superponen los costos financieros como económicos es de 39 y 29.25 dólares respectivamente.

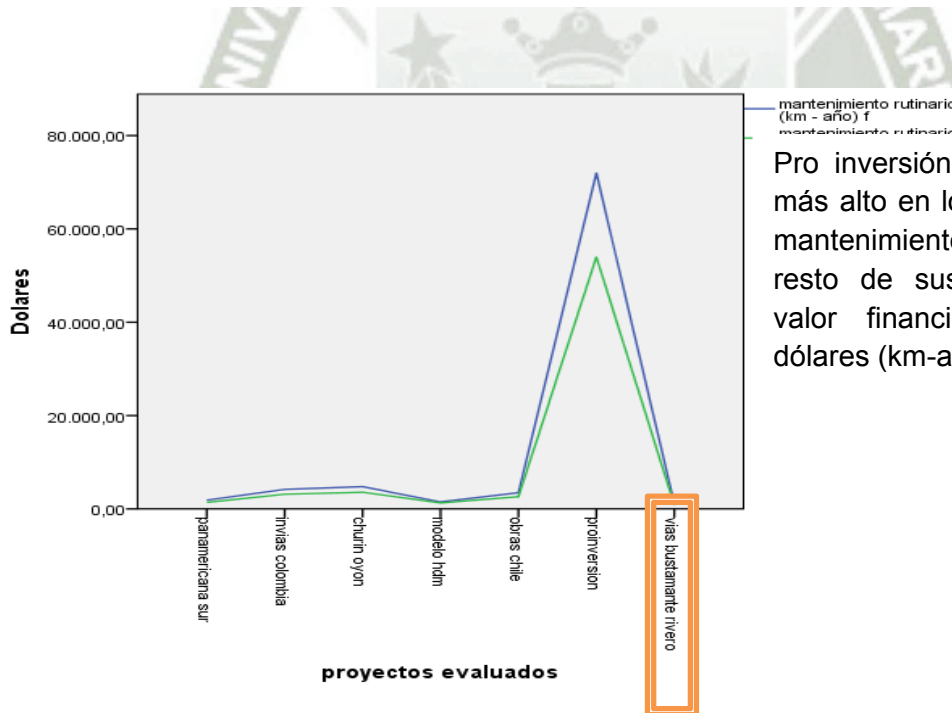


Pro inversión y pro inversión con mas altos los trabajos de fisuras (m2). Con 2.35

Gráfico 5.1.7.1 Bacheo y sello de fisuras en contraste para costos económicos y financieros (EP)



Las obras en Chile para el tratamiento superficial para los costos financieros superan los 10.43 dólares y el costo económico 7.8 dólares.



Pro inversión maneja el costo más alto en lo que se refiere a mantenimiento de rutina que el resto de sus pares, con un valor financiero de 72 mil dólares (km-año).

Gráfico 5.1.7.2 Tratamiento superficial y mantenimiento rutinario en contraste para costos económicos y financieros (EP)

### 5.1.8. Presupuesto para los trabajos de conservación: Prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley

Se desarrolló un presupuesto con los trabajos con más demanda en la conservación de pavimentos flexibles, para esto los costes de los recursos están actualizados al 2017, imágenes 5.1.8.1 y 2.

**Presupuesto**

Presupuesto      0201004      ESTANDARES DE CONSERVACION Y MEJORA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES URBANOS DENTRO DEL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO

Subpresupuesto      001      ESTANDARES DE CONSERVACION, MEJORA Y RUTINAS

Cliente      ENTIDAD CONSERVADORA DEL PATRIMONIO NACIONAL      Costo al      18/01/2017

Lugar      AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS DE CONSERVACION EN PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>				464,620.58
01.01	<b>TRABAJOS DE CONSERVACION</b>				464,620.58
01.01.01	SELLO ASFALTICO CON EQUIPO	m2	6,466.00	4.43	28,644.38
01.01.02	TRATAMIENTO DE FISURAS	m	1,163.00	2.94	3,419.22
01.01.03	SELLO DE FISURAS MODERADAS	m	1,163.00	4.41	5,128.83
01.01.04	SELLO DE FISURAS SEVERAS	m	1,163.00	6.17	7,175.71
01.01.05	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SAMI	m2	6,466.00	3.67	23,730.22
01.01.06	RECAPADO ASFALTICO	m3	323.00	81.23	26,237.29
01.01.07	PARCHADO PROFUNDO	m2	5,000.00	53.23	266,150.00
01.01.08	BACHEO SUPERFICIAL CONSERVACION	m2	3,233.00	32.21	104,134.93

Imagen 5.1.8.1 Presupuesto obras de conservación en pavimentos flexibles urbanos (EP)

- Se puede apreciar que el trabajo con más costo es el Recapado asfáltico con 81.23 soles, esto por sus características técnicas como: rendimientos diarios, mano de obra, equipos y materiales. Los precios en soles se llevaran a dólares al ser la moneda con mayor circulación a nivel mundial.

03		MANTENIMIENTO RUTINARIO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES				219,298.08
03.01		BATERIA DE TRABAJOS GENERALES				219,298.08
03.01.01	LIMPIEZA GENERAL	m2	4,000.00	0.62	2,480.00	
03.01.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	528.00	8.24	4,350.72	
03.01.03	LIMPIEZA DE BERMAS	m2	908.00	1.17	1,062.36	
03.01.04	PARCHADO	m2	3,500.00	53.23	186,305.00	
03.01.05	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	m2	5,000.00	5.02	25,100.00	

Imagen 5.1.8.2 Mantenimiento rutinario en pavimentos flexibles urbanos (EP)

- Los trabajos de conservación son utilizados para medir las alternativas económicas del presente proyecto, mientras que el mantenimiento rutinario se considerara para cada año de los 10 proyectados.
- Todos los costos elaborados tienen como propósito la elaboración de los trabajos de conservación, encapsulados en alternativas que el HDM-4 pueda contrastar con otras.
- Todos los costos en soles se trasladaron a dólares con su tipo de cambio especificado en la tabla 5.1.6.1.

El análisis de precios unitarios se desarrolló para los trabajos con más demanda y que se pudieron apreciar en la tabla 5.1.7.1. Y se muestran de la siguiente manera con el uso del software S10, para la elaboración y confección de presupuestos.

Partida	01.01.08	BACHEO SUPERFICIAL CONSERVACION					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m2			32.21
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Subpartidas</b>						
909901030103	PREPAR.MEZC.PARA PARCHES(INC.INSUMOS)	m3		0.1200	54.35	6.52	
909901030104	REMOCION DE CARPETA	m2		1.0000	4.74	4.74	
909901030106	PERFILADO Y COMPACTACION MANUAL	m2		1.0000	6.00	6.00	
909901030108	IMPRIMACION DE PARCHES	m2		1.0000	7.08	7.08	
909901030109	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA PARCHADOS	m3		0.1200	40.98	4.92	
909901030110	EXTENDIDO Y COMPACTACION DE MEZCLA A MANO	m2		1.0000	2.95	2.95	
							<b>32.21</b>

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto	<b>0201004</b>	<b>ESTANDARES DE CONSERVACION Y MEJORA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES URBANOS DENTRO DEL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO</b>			Fecha presupuesto	<b>18/01/2017</b>	
Subpresupuesto	<b>001</b>	<b>ESTANDARES DE CONSERVACION, MEJORA Y RUTINAS</b>					
Partida	<b>01.01.01</b>	<b>SELLO ASFALTICO CON EQUIPO</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO. <b>6,150.0000</b>	EQ. <b>6,150.0000</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>4.43</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0013	24.00	0.03	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0078	14.30	0.11	
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0013	15.21	0.02	
						<b>0.16</b>	
<b>Materiales</b>							
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0120	21.00	0.25	
0205010008	CONFITILLO	m3		0.0080	35.29	0.28	
0213000006	ASFALTO RC-250	gal		0.4000	8.55	3.42	
						<b>3.95</b>	
<b>Equipos</b>							
0349030041	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 5-8 ton	hm	1.0000	0.0013	100.00	0.13	
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0013	149.25	0.19	
						<b>0.32</b>	

Partida	<b>01.01.02</b>	<b>TRATAMIENTO DE FISURAS</b>					
Rendimiento	<b>m/DIA</b>	MO. <b>200.0000</b>	EQ. <b>200.0000</b>	Costo unitario directo por : m			<b>2.94</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	24.00	0.10	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	15.90	0.64	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0400	14.30	0.57	
						<b>1.31</b>	
<b>Materiales</b>							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0015	21.00	0.03	
0213710006	EMULSIÓN ASFÁLTICA CSE (INCLUYE FLETE)	gal		0.0700	15.00	1.05	
						<b>1.08</b>	
<b>Equipos</b>							
0349020007	COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	hm	0.2500	0.0100	50.00	0.50	
0349120012	CAMIONETA SIMPLE TRACCION	gib		0.0025	20.00	0.05	
						<b>0.55</b>	

Partida	<b>01.01.03</b>	<b>SELLO DE FISURAS MODERADAS</b>					
Rendimiento	<b>m/DIA</b>	MO. <b>1,500.0000</b>	EQ. <b>1,500.0000</b>	Costo unitario directo por : m			<b>4.41</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0053	24.00	0.13	
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.0213	19.18	0.41	
0147010003	OFICIAL	hh	3.0000	0.0160	15.90	0.25	
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0427	14.30	0.61	
						<b>1.40</b>	
<b>Materiales</b>							
0254610054	SELLADOR ELASTOMERICO PARA FISURAS	kg		0.2200	5.46	1.20	
						<b>1.20</b>	
<b>Equipos</b>							
0349020093	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM, 87HP	hm	1.0000	0.0053	70.41	0.37	
0349050033	SELLADOR DE FISURAS	hm	1.0000	0.0053	153.40	0.81	
0349080092	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0053	65.36	0.35	
0349120000	CAMIONETA PICK UP 4 X 2 107 HP 1 ton	hm	1.0000	0.0053	52.59	0.28	
						<b>1.81</b>	

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto	<b>0201004 ESTANDARES DE CONSERVACION Y MEJORA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES URBANOS DENTRO DEL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO</b>					
Subpresupuesto	<b>001 ESTANDARES DE CONSERVACION, MEJORA Y RUTINAS</b>				Fecha presupuesto	<b>18/01/2017</b>
Partida	<b>01.01.04 SELLO DE FISURAS SEVERAS</b>					
Rendimiento	<b>m/DIA</b>	MO. <b>900.0000</b>	EQ. <b>900.0000</b>	Costo unitario directo por : m		<b>6.17</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0089	24.00	0.21
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.0356	19.18	0.68
0147010003	OFICIAL	hh	3.0000	0.0267	15.90	0.42
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0711	14.30	1.02
<b>2.33</b>						
<b>Equipos</b>						
0348830005	RUTEADOR	hm	1.0000	0.0089	88.50	0.79
0349020093	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM, 87HP	hm	1.0000	0.0089	70.41	0.63
0349050033	SELLADOR DE FISURAS	hm	1.0000	0.0089	153.40	1.37
0349080092	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0089	65.36	0.58
0349120000	CAMIONETA PICK UP 4 X 2 107 HP 1 ton	hm	1.0000	0.0089	52.59	0.47
<b>3.84</b>						

Partida	<b>01.01.05 TRATAMIENTO SUPERFICIAL SAMI</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO. <b>2,000.0000</b>	EQ. <b>2,000.0000</b>	Costo unitario directo por : m2		<b>3.67</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	24.00	0.10
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	15.90	0.06
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.0160	14.30	0.23
<b>0.39</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.39	0.02
0349020093	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM, 87HP	hm	1.0000	0.0040	70.41	0.28
0349050030	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	1.0000	0.0040	150.00	0.60
0349080092	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0040	65.36	0.26
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0040	149.25	0.60
<b>1.76</b>						
<b>Subpartidas</b>						
909901030111	GRAVILLA P/TRAT.SUPERFICIAL SAMI	m3		0.0114	133.42	1.52
<b>1.52</b>						

Partida	<b>01.01.06 RECAPADO ASFALTICO</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	MO. <b>360.0000</b>	EQ. <b>360.0000</b>	Costo unitario directo por : m3		<b>81.23</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0111	24.00	0.27
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0222	19.18	0.43
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.1333	14.30	1.91
<b>2.61</b>						
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.61	0.13
0349030025	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton	hm	1.0000	0.0222	110.63	2.46
0349030043	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10hm ton	hm	1.0000	0.0222	110.37	2.45
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	1.0000	0.0222	131.41	2.92
<b>7.96</b>						
<b>Subpartidas</b>						
909901030112	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		1.3000	54.35	70.66
<b>70.66</b>						

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0201004 ESTANDARES DE CONSERVACION Y MEJORA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES URBANOS DENTRO DEL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					Fecha presupuesto	18/01/2017
Subpresupuesto	001 ESTANDARES DE CONSERVACION, MEJORA Y RUTINAS						
Partida	01.01.07 PARCHADO PROFUNDO						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000		Costo unitario directo por : m2	53.23	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Subpartidas</b>						
909901030101	TRANS. AGREGADO/OBRA	m3		0.3600	10.93	3.93	
909901030102	MATERIAL CHANCADO DE CANTERA (D <sub>MAX</sub> =2")	m3		0.3000	28.70	8.61	
909901030103	PREPAR.MEZC.PARA PARCHES(INC.INSUMOS)	m3		0.1200	54.35	6.52	
909901030104	REMOCION DE CARPETA	m2		1.0000	4.74	4.74	
909901030105	EXCAVACION EN ZONA DE PARCHES	m3		0.3000	7.78	2.33	
909901030106	PERFILADO Y COMPACTACION MANUAL	m2		1.0000	6.00	6.00	
909901030107	CONFORMACION DE BASE GRAN (EN ZONA DE PARCHES)	m3		0.3000	20.51	6.15	
909901030108	IMPRIMACION DE PARCHE	m2		1.0000	7.08	7.08	
909901030109	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA PARCHADOS	m3		0.1200	40.98	4.92	
909901030110	EXTENDIDO Y COMPACTACION DE MEZCLA A MANO	m2		1.0000	2.95	2.95	
						<b>53.23</b>	

### 5.1.9. Resultados por alternativa evaluada para el presente proyecto

Para el presente trabajo de investigación los resultados obtenidos con la evaluación de alternativas, encierran trabajos de conservación, y se muestran en las tablas 5.1.9.1 y 2 relación beneficio costo. Ponemos de manifiesto la importancia de tener la posibilidad de elegir la mejor propuesta económica entre varias alternativas.

- La alternativa de acuerdo al software HDM-4 es puntual ya que el contraste permite ver y comparar la mejor entre las 6 alternativas
- La evaluación comparará el valor actual de retorno VAN para la elección de la alternativa más atractiva.
- En cuanto al retorno del dinero en el tiempo, los indicadores de inversión sugieren que: el proyecto devolverá ganancias, sea para una entidad privada o en nuestro caso beneficios a los usuarios.

La relación beneficio costo para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley muestran los resultados de la evaluación económica a una tasa de 14%

Tabla 5.1.9.1 Relación beneficio costo para el proyecto en prolongación Andrés Avelino Cáceres (HDM-4)

Valor actual de los costos totales de la administración (R/C)	Valor actual de los costos de capital de la administración (C/P)	Incremento en Costes de la Administración (Q)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.597	0.575	0.588	0.889	0.000	0.081	0.135	0.140	20.5 (1)
0.073	0.051	0.065	0.399	0.000	0.334	4.562	6.495	98.8 (1)
0.084	0.064	0.075	0.544	0.000	0.488	5.574	7.388	137.7 (1)
0.090	0.068	0.081	0.394	0.000	0.313	3.495	4.619	84.0 (1)
1.111	1.090	1.103	0.889	0.000	-0.434	-0.390	-0.398	-13.9 (1)

- Estos resultados son fruto del análisis desarrollado con los datos de ingeniería como son el efecto de los vehículos sobre el pavimento deteriorado, así como la evaluación con la metodología Vizir que muestra sus condiciones deterioradas en la actualidad.
- El software HDM-4 opera en 3 áreas de investigación: proyectos, programas y estrategias. La evaluación presente está bajo el perfil de proyectos, esto implica conocer los indicadores de inversión y saber si el proyecto es o no viable.
- El resto de perfiles tienen un fin más a largo plazo; fijando fechas y presupuesto que se deben cumplir, para que los resultados al final de sus periodos se puedan ver satisfactoriamente.

Tabla 5.1.9.2 Relación beneficio costo para el proyecto en la avenida Hartley (HDM-4)

Valor actual de los costos totales de la administración (R/C)	Valor actual de los costos de capital de la administración (C/P)	Incremento en Costes de la Administración (Q)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.431	0.418	0.425	0.238	0.000	-0.187	-0.435	-0.448	-19.6 (1)
0.051	0.037	0.045	0.128	0.000	0.083	1.641	2.222	55.4 (1)
0.059	0.046	0.053	0.181	0.000	0.128	2.172	2.772	77.3 (1)
0.063	0.049	0.056	0.127	0.000	0.070	1.124	1.426	45.5 (1)
0.805	0.792	0.799	0.238	0.000	-0.562	-0.697	-0.709	No Solution

### 5.1.9.1. Mejor alternativa: Avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres

Los indicadores de inversión como el VAN, TIR Y B/C sugieren que la mejor alternativa de inversión es la numero 4, ya que encierra valores netos VAN: 0.468, TIR: 137.7% y relación beneficio costo B/C: 8.8. Tabla 5.1.9.1.1.

- Hay que mencionar que la Alternativa Base, que no implementa trabajos o hace lo mínimo necesario, es la Numero 1, la misma no se muestra debido a que la evaluación contempla que el resto de alternativas 2, 3,4,5 y 6 una a una, se comparen con la numero 1.
- Cualquier proyecto que en sus alternativas devuelva en sus indicadores de inversión valores negativos, sugerirán que la inversión solo acarreará más gastos que ganancias posibles, además de deudas.
- VOC, significan los costos de operación por vehículos, en el TM, que hace mención al tránsito motorizado implantado para el proyecto.
- TNM, hace mención al tránsito no motorizado que para un análisis mucho más profundo tendría en consideración sus incidencias que se remarcan como nulas.
- Primero presentaremos los resultados comparativos de acuerdo al software HDM-4. Para prolongación Andrés Avelino Cáceres.

Alternativa: Alternativa 2 vs Alternativa: Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.97	0.01	0.00	1.20	0.27	0.00	0.00	0.00	0.48
Descontados	0.58	0.01	0.00	0.55	0.12	0.00	0.00	0.00	0.08

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 20.5% (No. de soluciones = 1)

Alternativa: Alternativa 3 vs Alternativa: Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.09	0.01	0.00	0.67	0.24	0.00	0.00	0.00	0.82
Descontados	0.05	0.01	0.00	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.33

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 96.8% (No. de soluciones = 1)

Registro 5.1.9.1.1 Comparación de alternativas 2 y 3 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4)

El HDM-4 en sus resúmenes presenta las alternativas comparadas todas contra la alternativa base, y evalúa el TIR, o tasa interna de retorno como indicador de inversión. Recordemos que para todos los casos la alternativa base, considera un bacheo al 10% del área total dañada y un mantenimiento rutinario de 10 años.

Alternativa: Alternativa 4 vs Alternativa: Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.11	0.01	0.00	0.94	0.26	0.00	0.00	0.00	1.09
Descontados	0.06	0.01	0.00	0.43	0.12	0.00	0.00	0.00	0.47

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 137.7% (No. de soluciones = 1)

Alternativa: Alternativa 5 vs Alternativa: Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.11	0.01	0.00	0.67	0.24	0.00	0.00	0.00	0.78
Descontados	0.07	0.01	0.00	0.29	0.10	0.00	0.00	0.00	0.31

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 84.0% (No. de soluciones = 1)

Registro 5.1.9.1.2 Comparación de alternativas 4 y 5 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4)

Alternativa: Alternativa 6 vs Alternativa: Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TMM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exogenos neto	Beneficio Economico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1.83	0.01	0.00	1.20	0.27	0.00	0.00	0.00	-0.38
Descontados	1.09	0.01	0.00	0.55	0.12	0.00	0.00	0.00	-0.43

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = -13.9% (No. de soluciones = 1)

Registro 5.1.9.1.3 Comparación de alternativas 6 versus alternativa base, Andrés Avelino Cáceres (HDM-4)

Ahora presentaremos el resumen de los resultados finales para la elección económica en las zonas en evaluación para la avenida prolongación A.A.C.

Tabla 5.1.9.1.1 Resultados finales para elección de la mejor propuesta económica avenida A. Avelino Cáceres (EP)

INDICADORES ECONOMICOS DEL PROYECTO AVENIDA A.A.CACERES						
TRAMO	LONGITUD (KM)	ALTERNATIVA DE EVALUACION	C (COSTOS DESCONTADOS DE LA INVERSION)	TIR %	VAN (MILL. DOLARES)	Beneficio costo B/C
Mixto						
proyecto	0.8	2	0.58	20.5	0.081	1.14
proyecto	0.8	3	0.05	96.8	0.334	7.68
proyecto	0.8	4	0.06	137.7	0.468	8.80
proyecto	0.8	5	0.07	84	0.313	5.47
proyecto	0.8	6	1.09	-13.9	-0.434	0.60

### 5.1.9.2. Mejor alternativa: Avenida Hartley

Estos son los resultados de la comparación de alternativas de acuerdo al software HDM-4. Para la avenida Hartley.

- La avenida Hartley guarda resultados económicos distintos a los de la avenida prolongación A.A.C. tanto en el IMD y condición deteriorada que hace que sus 6 alternativas manejen valores únicos.
- Lo que deberemos buscar en cada comparación es el valor alto del TIR que es en definitiva un indicador que se destaca por su confiabilidad.

Alternativa: Alternativa 2 vs Alternativa: Alternativa base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.70	0.01	0.00	0.46	0.06	0.00	0.00	0.00	-0.19
Descontados	0.42	0.01	0.00	0.21	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.19

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = -19.6% (No. de soluciones = 1)

Alternativa: Alternativa 3 vs Alternativa: Alternativa base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.06	0.01	0.00	0.24	0.06	0.00	0.00	0.00	0.23
Descontados	0.04	0.01	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 55.4% (No. de soluciones = 1)

Registro 5.1.9.2.1 Comparación de alternativas 2 y 3 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4)

El software HDM-4 tiene la facilidad de comparar una a una cada alternativa e indicar que la inversión no guarda buenas ganancias. Como es el caso del contraste de la alternativa 6 versus la alternativa base.

Alternativa: Alternativa 4 vs Alternativa: Alternativa base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.08	0.01	0.00	0.34	0.06	0.00	0.00	0.00	0.32
Descontados	0.05	0.01	0.00	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.13

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 77.3% (No. de soluciones = 1)

Alternativa: Alternativa 5 vs Alternativa: Alternativa base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0.08	0.01	0.00	0.24	0.06	0.00	0.00	0.00	0.21
Descontados	0.05	0.01	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 45.5% (No. de soluciones = 1)

Registro 5.1.9.2.2 Comparación de alternativas 4 y 5 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4)

Alternativa: Alternativa 6 vs Alternativa: Alternativa base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1.33	0.01	0.00	0.46	0.06	0.00	0.00	0.00	-0.82
Descontados	0.79	0.01	0.00	0.21	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.56

Sin solución TIR

Registro 5.1.9.2.3 Comparación de alternativas 6 versus alternativa base, avenida Hartley (HDM-4)

Mientras que para la avenida Hartley el VAN es: 0.128, TIR: 77.3% y B/C: 3.56. Todos sugieren al igual que para la otra zona en evaluación, es la alternativa 4 como más rentable. Tabla 5.1.9.2.1.

Tabla 5.1.9.2.1 Resultados finales para elección de la mejor propuesta económica avenida Hartley (EP)

INDICADORES ECONOMICOS DEL PROYECTO AVENIDA HARTLEY						
TRAMO	LONGITUD (KM)	ALTERNATIVA DE EVALUACION	C (COSTOS DESCONTADOS DE LA INVERSION)	TIR %	VAN (MILL. DOLARES)	Beneficio costo B/C
Mixto						
proyecto	0.6	2	0.42	-19.6	-0.187	0.55
proyecto	0.6	3	0.04	55.4	0.083	3.08
proyecto	0.6	4	0.05	77.3	0.128	3.56
proyecto	0.6	5	0.05	45.5	0.07	2.40
proyecto	0.6	6	0.79	ns	-0.56	0.29

Al término de la evaluación se encontró que bajo distintas posibilidades de inversión, siempre la mejor opción entrega valor de VAN, TIR Y B/C altos: para ambas avenidas. La mejor alternativa contempla:

- Alternativa 4: Sellado de fisuras, con un bacheo al 100% del área dañada y un mantenimiento periódico a lo largo de 10 años. Los valores encontrados resultan satisfactorios para esta evaluación general del proyecto.
- La estrategia 1 o “base” no aparecerá en la tabla debido a que es la elegida para compararla con el resto.
- La relación beneficio costo se calculara como el valor actual neto y los costos descontados:  $(VAN / C) + 1$ .

## CAPÍTULO 6

### APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DEL AASTHO 93 PARA LA EVALUACIÓN NO ECONÓMICA

#### 6.1 PASOS PARA LA CONFECCIÓN DE LA TABLA “ESCALAFÓN DE DECISIÓN”

- El presente capítulo busca a través de la metodología del AASTHO 93, en su sección **2.3.4** y en el apartado “Non Monetary Considerations”, evaluar las estrategias (alternativas) vistas en el capítulo 5, con el uso de criterios de carácter no económico. Y que de esta forma el presente proyecto, cuente con la mejor estrategia no monetaria.
- Es importante hacer la aclaración, para la presente investigación se desarrolló una simulación en la elección final, como estrategia no económica preferida, ya que la misma deberá ser desarrollada por las Gerencias o personal que administre una Entidad Pública y Privada. Con el fin, de que al final no este influenciada con recomendaciones técnicas.
- Aclarar también que cualquier simulacro de toma de decisiones, el AASTHO 93, tiene como unidad principal una puntuación dentro de un escalafón final.

- Seguidamente, presentaremos los pasos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de nuestro escalafón de decisión, para las avenidas prolongación A.A.C y Hartley en el distrito de J.L.B. y R.

#### **6.1.1. Paso 1: Selección de criterios**

Se seleccionan los factores de decisión “criterios”, como son por ejemplo: El costo o ganancia inicial, la duración de la construcción, la vida de servicio etc. Estos últimos deberán estar indicados como una elección en el término de referencia de los estudios.

#### **6.1.2. Paso 2: Ponderación**

Como algunos criterios tienen más peso que otros, se los deberá ponderar entre 0% a 100%. Además la valoración debe ser hecha por los funcionarios (directivos en lugar de diseñadores) de la entidad administradora, que propondrán el peso de la ponderación. Lo recolectado en la ponderación de todos los criterios al final deberá sumar 100%.

#### **6.1.3. Paso 3: Suministrar información**

Se analizará cada criterio, para poder suministrar información adecuada a las estrategias, en relación con los factores de decisión determinados.

#### **6.1.4. Paso 4: Valoración de las estrategias**

Cada estrategia se califica de manera separada con respecto de los criterios, además el análisis de cada estrategia se hará por filas en vez que por columnas, esa calificación para cada estrategia se valorará entre 0 y

100, y se colocara en la parte superior izquierda del recuadro dividido diagonalmente, sección 6.3.1 escalafón desarrollado.

#### 6.1.5. Paso 5: Calificación de los criterios

La calificación de cada criterio de acuerdo a cada estrategia se hará de la manera siguiente, se tomara como ejemplo el costo inicial, tabla 2.3.13.2.1

- La importancia relativa del criterio costo inicial es del 20% y la calificación de la estrategia 1 es de 60, entonces desarrollamos la siguiente expresión:

$$\text{Calificación de criterio} = \frac{(20\% * 60)}{100} = 12$$

- Tengo entonces la calificación para mi criterio de costo inicial, cabe indicar nuevamente que el análisis es por filas, y se seguirá los mismos pasos para cada estrategia. El valor de 12 encontrado para costo inicial se colocara en la parte inferior derecha de la tabla.

#### 6.1.6. Paso 6: Resultado de la calificación

Se colocara al costado de los criterios un encabezado y que como columna contendrá el nombre “calificación total de la estrategia” y otro encabezado con nombre “escalafón”.

- El primero en mención es la suma de los parciales de las calificaciones hechas para toda la fila ejemplo del 12.0 al 15.0 da como suma un 80.5 ese será la calificación total de la estrategia.

- Para el escalafón se hará en orden de puntaje total, de mayor a menor, para la tabla **2.3.13.2.1** capítulo 2, que es un ejemplo, las alternativas 1 y 2 son las más preferidas, finalmente una de ellas o ambas deberán ser recomendadas por el consultor.

## 6.2 RESULTADOS DE LOS CRITERIOS EVALUADOS PARA EL PROYECTO

### 6.2.1. La ganancia inicial

- Las gráficas **6.2.1.1 y 2** que se desprenden de los resultados del HDM-4, para el análisis de este proyecto en la avenida A.A.Caceres nos permiten conocer los beneficios netos anuales descontados, un indicador de confianza sobre la inversión.
- En las tablas se puede apreciar la distribución por años de los beneficios netos.
- Cada alternativa se evaluara por año, buscando la que mejor represente la ganancia en los 10 años propuestos.

#### 6.2.1.1. Los beneficios netos anuales para el tramo ascendente y descendente en la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres

- El dato más significativo se ubicara en la última fila, etiqueta “total” con la intersección de la columna “total beneficios netos”.
- Por ejemplo para la alternativa 2, su valor marca un -0.116 millones de dólares para el total de los 10 años del proyecto, y que significan una pérdida significativa si se la llega a implementar.

- El dato significativo se enmarca en un cuadrado color rojo para el sentido ascendente y azul en descendente.

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 a												
Alternativa: Alternativa 2												
ID: AACa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.79 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.049	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.056
2018	0.043	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.035
2019	0.037	0.000	0.000	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.023
2020	0.033	0.000	0.000	0.018	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.014
2021	0.029	0.000	0.000	0.019	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
2022	0.025	0.000	0.000	0.020	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
2023	0.022	0.000	0.000	0.020	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2024	0.019	0.000	0.000	0.020	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
2025	0.017	0.000	0.000	0.021	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2026	0.015	0.000	0.000	0.021	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
<b>Total:</b>	0.289	0.008	0.000	0.158	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.118

Registro 6.2.1.1.1 Beneficios netos anuales, alternativa 2, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 a												
Alternativa: Alternativa 3												
ID: AACa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.79 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.012
2018	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2019	0.003	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2020	0.003	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2021	0.003	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2022	0.002	0.000	0.000	0.010	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2023	0.002	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2024	0.002	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2025	0.002	0.000	0.000	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2026	0.001	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
<b>Total:</b>	0.026	0.008	0.000	0.087	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075

Registro 6.2.1.1.2 Beneficios netos anuales, alternativa 3, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 a												
Alternativa: Alternativa 4												
ID: AACa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.79 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.012
2018	0.005	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2019	0.004	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
2020	0.004	0.000	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2021	0.003	0.000	0.000	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2022	0.003	0.000	0.000	0.013	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2023	0.002	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2024	0.002	0.000	0.000	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2025	0.002	0.000	0.000	0.016	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2026	0.002	0.000	0.000	0.017	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
<b>Total:</b>	<b>0.032</b>	<b>0.007</b>	<b>0.000</b>	<b>0.111</b>	<b>0.022</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.094</b>

Registro 6.2.1.1.3 Beneficios netos anuales, alternativa 4, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 a												
Alternativa: Alternativa 5												
ID: AACa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.79 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.013
2018	0.005	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
2019	0.004	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2020	0.004	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2021	0.003	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2022	0.003	0.000	0.000	0.010	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2023	0.003	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2024	0.002	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2025	0.002	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2026	0.002	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
<b>Total:</b>	<b>0.034</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.086</b>	<b>0.021</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.065</b>

Registro 6.2.1.1.4 Beneficios netos anuales, alternativa 5, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 a												
Alternativa: Alternativa 6												
ID: AACa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.79 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km		Curvatura: 0.00 %/km						
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.092	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.100
2018	0.081	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.073
2019	0.071	0.000	0.000	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.057
2020	0.062	0.000	0.000	0.018	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.043
2021	0.055	0.000	0.000	0.019	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.034
2022	0.048	0.000	0.000	0.020	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.026
2023	0.042	0.000	0.000	0.020	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.019
2024	0.037	0.000	0.000	0.020	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.013
2025	0.032	0.000	0.000	0.021	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
2026	0.028	0.000	0.000	0.021	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
<b>Total:</b>	<b>0.548</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.158</b>	<b>0.023</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.374</b>

Registro 6.2.1.1.5 Beneficios netos anuales, alternativa 6, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 d												
Alternativa: Alternativa 2												
ID: AACd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.78 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km		Curvatura: 0.00 %/km						
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.048	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2018	0.042	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.025
2019	0.037	0.000	0.000	0.027	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
2020	0.033	0.000	0.000	0.038	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2021	0.029	0.000	0.000	0.049	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
2022	0.025	0.000	0.000	0.057	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
2023	0.022	0.000	0.000	0.057	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049
2024	0.019	0.000	0.000	0.053	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2025	0.017	0.000	0.000	0.050	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046
2026	0.015	0.000	0.000	0.047	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
<b>Total:</b>	<b>0.286</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.393</b>	<b>0.095</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.196</b>

Registro 6.2.1.1.6 Beneficios netos anuales, alternativa 2, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 d												
Alternativa: Alternativa 3												
ID: AACd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.78 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.009
2018	0.004	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2019	0.003	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2020	0.003	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2021	0.003	0.000	0.000	0.024	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
2022	0.002	0.000	0.000	0.030	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
2023	0.002	0.000	0.000	0.032	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044
2024	0.002	0.000	0.000	0.031	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042
2025	0.002	0.000	0.000	0.030	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2026	0.001	0.000	0.000	0.029	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
<b>Total:</b>	<b>0.026</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.208</b>	<b>0.082</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.260</b>

Registro 6.2.1.1.7 Beneficios netos anuales, alternativa 3, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 d												
Alternativa: Alternativa 4												
ID: AACd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.78 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
2018	0.005	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2019	0.004	0.000	0.000	0.022	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2020	0.004	0.000	0.000	0.030	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034
2021	0.003	0.000	0.000	0.038	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
2022	0.003	0.000	0.000	0.044	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055
2023	0.002	0.000	0.000	0.046	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
2024	0.002	0.000	0.000	0.044	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056
2025	0.002	0.000	0.000	0.042	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053
2026	0.002	0.000	0.000	0.040	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051
<b>Total:</b>	<b>0.032</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.317</b>	<b>0.094</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.375</b>

Registro 6.2.1.1.8 Beneficios netos anuales, alternativa 4, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 d												
Alternativa: Alternativa 5												
ID: AACd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.78 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.006	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.011
2018	0.005	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2019	0.004	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2020	0.004	0.000	0.000	0.016	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
2021	0.003	0.000	0.000	0.024	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
2022	0.003	0.000	0.000	0.030	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
2023	0.003	0.000	0.000	0.032	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043
2024	0.002	0.000	0.000	0.031	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2025	0.002	0.000	0.000	0.030	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
2026	0.002	0.000	0.000	0.029	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
<b>Total:</b>	<b>0.034</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.206</b>	<b>0.082</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.249</b>

Registro 6.2.1.1.9 Beneficios netos anuales, alternativa 5, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avelino tramo combinado 1 y 2 d												
Alternativa: Alternativa 6												
ID: AACd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.78 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.091	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.096
2018	0.080	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.062
2019	0.070	0.000	0.000	0.027	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.038
2020	0.062	0.000	0.000	0.038	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.016
2021	0.054	0.000	0.000	0.049	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2022	0.047	0.000	0.000	0.057	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2023	0.042	0.000	0.000	0.057	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
2024	0.036	0.000	0.000	0.053	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031
2025	0.032	0.000	0.000	0.050	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031
2026	0.028	0.000	0.000	0.047	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
<b>Total:</b>	<b>0.543</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.393</b>	<b>0.095</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.060</b>

Registro 6.2.1.1.10 Beneficios netos anuales, alternativa 6, prolongación Andrés Avelino Cáceres, sentido descendente (HDM-4)

### 6.2.1.2. Los beneficios netos anuales para el tramo ascendente y descendente en la avenida Hartley

Tramo: avenida hartley ascendente												
Alternativa: Alternativa 2												
ID: AHa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.59 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 3.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.038	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.038
2018	0.032	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.027
2019	0.028	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.020
2020	0.025	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.014
2021	0.021	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
2022	0.019	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
2023	0.017	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2024	0.015	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2025	0.013	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2026	0.011	0.000	0.000	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
<b>Total:</b>	<b>0.216</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.093</b>	<b>0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.119</b>

Registro 6.2.1.2.1 Beneficios netos anuales, alternativa 2, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley ascendente												
Alternativa: Alternativa 3												
ID: AHa			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.59 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 3.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
2018	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2019	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2020	0.002	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2021	0.002	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2022	0.002	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
2023	0.001	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2024	0.001	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2025	0.001	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2026	0.001	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
<b>Total:</b>	<b>0.019</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.047</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.031</b>

Registro 6.2.1.2.2 Beneficios netos anuales, alternativa 3, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley ascendente Alternativa: Alternativa 4												
ID: AHa Longitud: 0.59 km    Ancho: 6.50 m			Clase de carretera: Terciaria o local Rampa + Pendiente: 1.00 m/km    Curvatura: 3.00 %/km									
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
2018	0.004	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2019	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2020	0.003	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2021	0.002	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2022	0.002	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2023	0.002	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2024	0.002	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2025	0.001	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2026	0.001	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
<b>Total:</b>	<b>0.024</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.062</b>	<b>0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.042</b>

Registro 6.2.1.2.3 Beneficios netos anuales, alternativa 4, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley ascendente Alternativa: Alternativa 5												
ID: AHa Longitud: 0.59 km    Ancho: 6.50 m			Clase de carretera: Terciaria o local Rampa + Pendiente: 1.00 m/km    Curvatura: 3.00 %/km									
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
2018	0.004	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
2019	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2020	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2021	0.003	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2022	0.002	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
2023	0.002	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2024	0.002	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2025	0.002	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2026	0.001	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
<b>Total:</b>	<b>0.025</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.047</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.025</b>

Registro 6.2.1.2.4 Beneficios netos anuales, alternativa 5, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley ascendente Alternativa: Alternativa 6												
ID: AHa Longitud: 0.59 km    Ancho: 6.50 m			Clase de carretera: Terciaria o local Rampa + Pendiente: 1.00 m/km    Curvatura: 3.00 %/km									
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios						Reducción Costes Accidentes	Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado					
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.089	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.070
2018	0.080	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.056
2019	0.053	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.045
2020	0.046	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.036
2021	0.041	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.029
2022	0.036	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.024
2023	0.031	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.019
2024	0.027	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.015
2025	0.024	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.011
2026	0.021	0.000	0.000	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
<b>Total:</b>	<b>0.409</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.093</b>	<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.312</b>

Registro 6.2.1.2.5 Beneficios netos anuales, alternativa 6, avenida Hartley, sentido ascendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley descendente Alternativa: Alternativa 2												
ID: AHd Longitud: 0.55 km    Ancho: 6.50 m			Clase de carretera: Terciaria o local Rampa + Pendiente: 1.00 m/km    Curvatura: 0.00 %/km									
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios						Reducción Costes Accidentes	Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado					
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.034	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.039
2018	0.030	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.024
2019	0.026	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.016
2020	0.023	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
2021	0.020	0.000	0.000	0.015	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.018	0.000	0.000	0.016	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2023	0.016	0.000	0.000	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
2024	0.014	0.000	0.000	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2025	0.012	0.000	0.000	0.016	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2026	0.010	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
<b>Total:</b>	<b>0.202</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.119</b>	<b>0.020</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.068</b>

Registro 6.2.1.2.6 Beneficios netos anuales, alternativa 2, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley descendente												
Alternativa: Alternativa 3												
ID: AHd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.55 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
2018	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2019	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2020	0.002	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2021	0.002	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2022	0.002	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2023	0.001	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2024	0.001	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2025	0.001	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2026	0.001	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
<b>Total:</b>	0.018	0.005	0.000	0.057	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052

Registro 6.2.1.2.7 Beneficios netos anuales, alternativa 3, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley descendente												
Alternativa: Alternativa 4												
ID: AHd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.55 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.009
2018	0.003	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2019	0.003	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2020	0.003	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2021	0.002	0.000	0.000	0.011	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2022	0.002	0.000	0.000	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2023	0.002	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2024	0.002	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2025	0.001	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2026	0.001	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
<b>Total:</b>	0.022	0.005	0.000	0.093	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086

Registro 6.2.1.2.8 Beneficios netos anuales, alternativa 4, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley descendente												
Alternativa: Alternativa 5												
ID: AHd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.55 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.009
2018	0.004	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2019	0.003	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2020	0.003	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2021	0.002	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2022	0.002	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2023	0.002	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2024	0.002	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2025	0.001	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2026	0.001	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
<b>Total:</b>	0.024	0.005	0.000	0.056	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045

Registro 6.2.1.2.9 Beneficios netos anuales, alternativa 5, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4)

Tramo: avenida hartley descendente												
Alternativa: Alternativa 6												
ID: AHd			Clase de carretera: Terciaria o local									
Longitud: 0.55 km		Ancho: 6.50 m		Rampa + Pendiente: 1.00 m/km			Curvatura: 0.00 %/km					
Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2017	0.064	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.070
2018	0.057	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.051
2019	0.050	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.040
2020	0.044	0.000	0.000	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.030
2021	0.038	0.000	0.000	0.015	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.022
2022	0.033	0.000	0.000	0.016	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.015
2023	0.029	0.000	0.000	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
2024	0.026	0.000	0.000	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.006
2025	0.023	0.000	0.000	0.016	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2026	0.020	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
<b>Total:</b>	0.383	0.005	0.000	0.119	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.249

Registro 6.2.1.2.10 Beneficios netos anuales, alternativa 6, avenida Hartley, sentido descendente (HDM-4)

- El software HDM-4 nos proporciona la ganancia en un año en particular, dentro de los 10 años considerados, y se puede ver que en la mayoría de inversiones, una tendencia, los primeros años

siempre existirá más pérdida que ganancia. Y así lo pone de manifiesto los cuadros arriba desarrollados.

- Las tablas de beneficios netos anuales tendrán su representación más clara en los siguientes gráficos **6.2.1.2.1 y 2**
- La línea de color más alta entre el grupo será la que mejor represente el criterio de ganancia inicial.

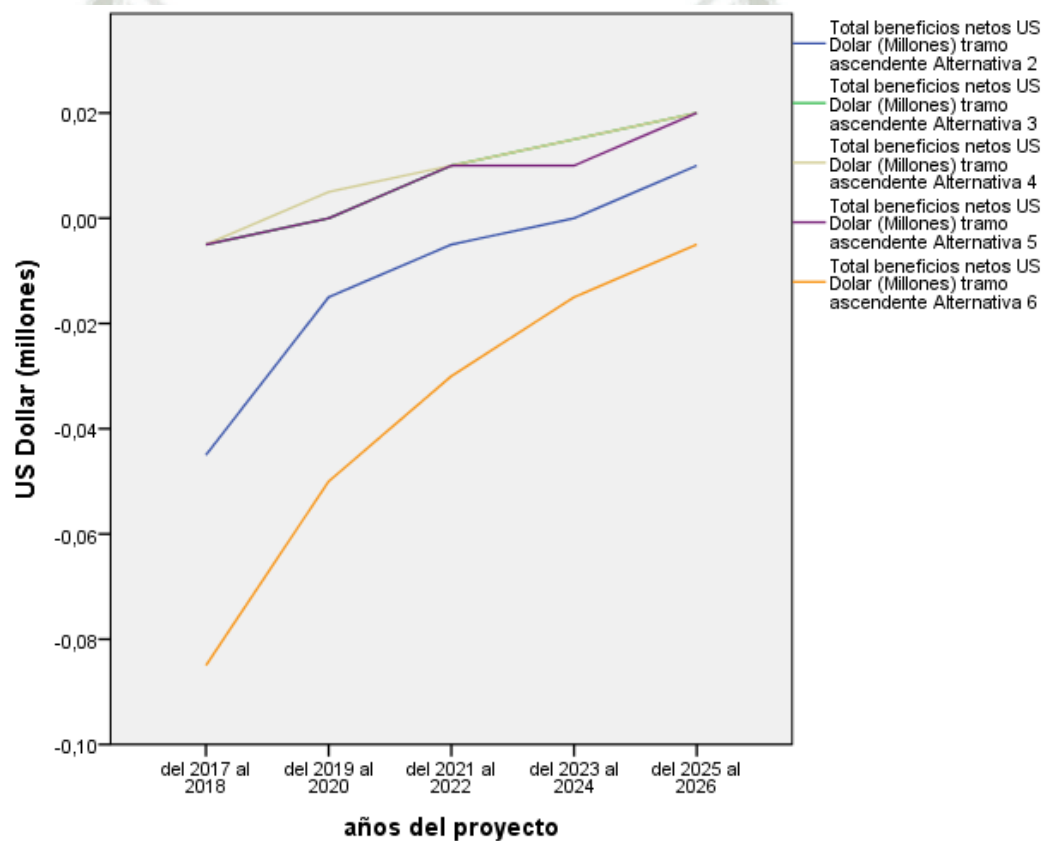


Gráfico 6.2.1.2.1 Beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo ascendente (EP)

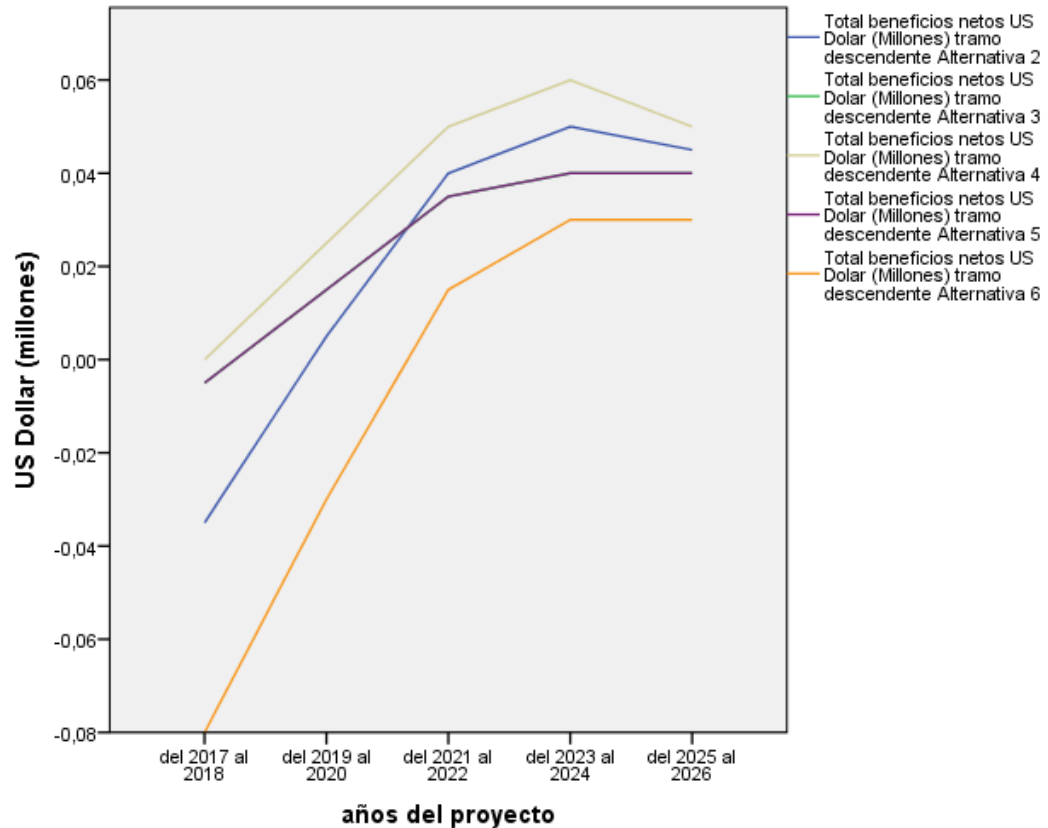


Gráfico 6.2.1.2.2 Beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Andrés Avelino Cáceres tramo descendente (EP)

- Las gráficas dejan observar y confirmar que la Alternativa 4 para la avenida prolongación A.A.C., es la que presenta beneficios netos por año mejor que cualquiera de sus pares. Debido a esto las ganancias después de los primeros años es positivo.
- Esta evaluación se desarrolló en un periodo de 10 años. El resto de alternativas tanto para el tramo descendente como ascendente, muestran que al inicio del periodo de 10 años, los primeros años existirá perdida en la inversión de acuerdo a la estrategia numerada.

- Acotar que la línea con mejor tendencia es la que por sus beneficios se ubica arriba del resto.
- Se aprecia que a partir del 2017 todas las alternativas encierran perdidas.

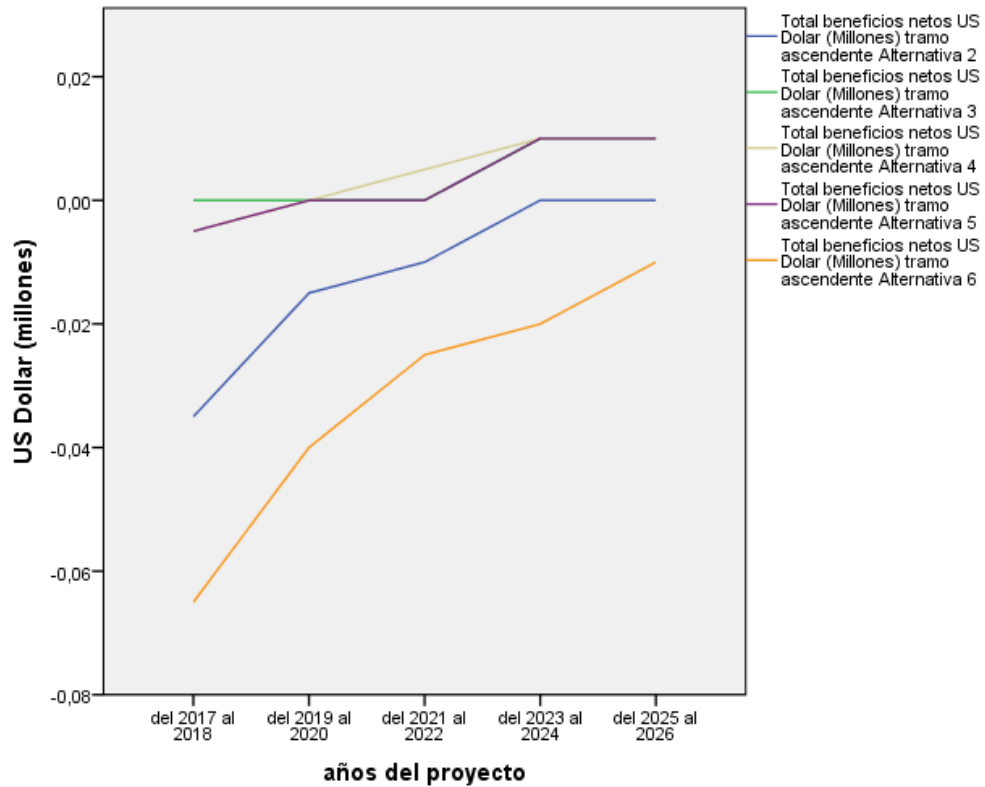


Gráfico 6.2.1.2.3 Beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Hartley tramo ascendente (EP)

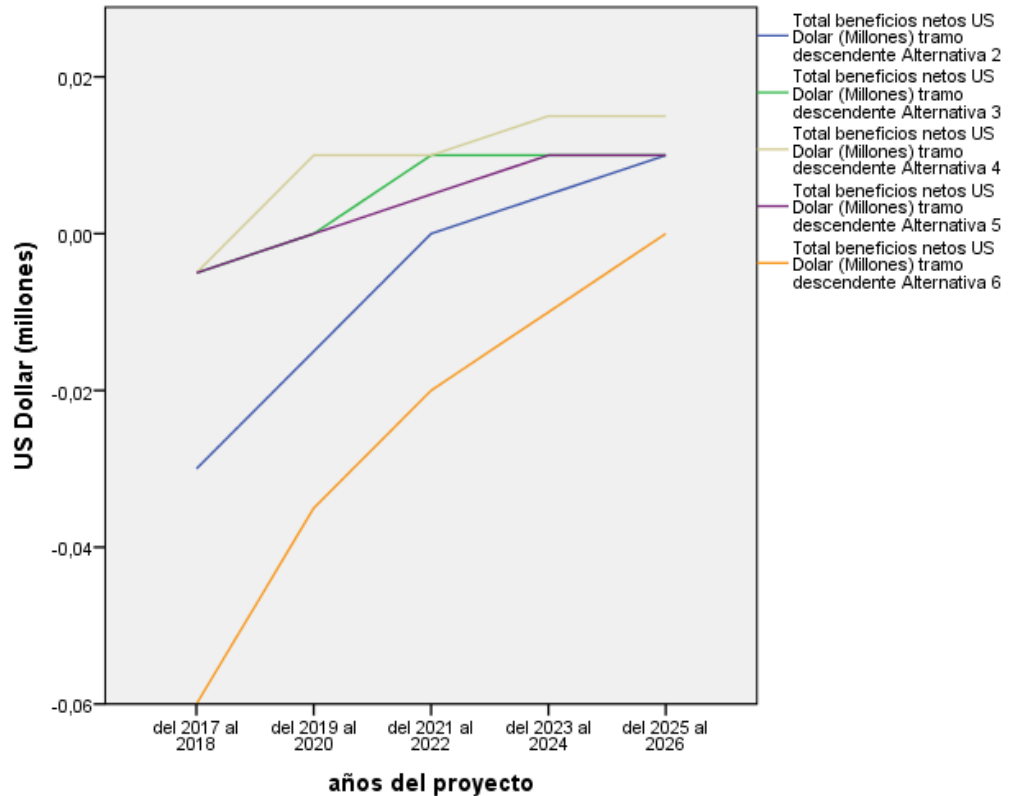


Gráfico 6.2.1.2.4 Beneficios netos por año para cada alternativa, avenida Hartley tramo descendente (EP)

- Las gráficas **6.2.1.3 y 4** para la avenida Hartley, poseen un patrón distinto a los de la avenida Andrés Avelino Cáceres, al ser proyectos distintos en sus características físicas como de volúmenes, devuelven beneficios netos acumulados variados.
- Hay que recalcar que la misma batería de estrategias se expone tanto para ambos proyectos. Los valores US Dollar (millones) en la escala vertical ponen de manifiesto el valor en el tiempo de cada estrategia.

- La alternativa 6 presenta pérdidas durante los 10 años del proyecto, y esto no implica que sea una mala alternativa, sino que no se ajusta a la tasa de descuento que se fijó en 14%.
- De lo anterior, si se hubieran usado tasas entre 10 a 12%, muchas de las otras alternativas resultarían satisfactorias, previo análisis.

### 6.2.2. Duración de la construcción de los posibles trabajos de conservación

- La tabla 6.2.2.1, pone de manifiesto conocer esta variable que tiene como condicionante a cualquier alternativa.

Tabla 6.2.2.1 Duración de las estrategias y los estándares en su tratamiento de acuerdo a su duración teórica y real<sup>33</sup>

	Sellado de fisuras severa (m)	Bacheo superficial (m <sup>2</sup> )	Recapado asfáltico (m <sup>2</sup> )	Reconstrucción parcial pavimento flexible	Drenaje conservado <sup>34</sup>
<b>Duración teórica</b>	2 - 3 días	2 meses	5 meses	6 meses	5 meses

- Las cantidades tanto en días como en meses son sencillamente referenciales, ya que cada proyecto encierra contratiempos intrínsecos a su necesidad y metas a cumplir, no es una recomendación en su uso, debiendo desarrollar un análisis situacional detallado sobre cada escenario posible.
- Los valores propuestos se desprenden de los rendimientos para los trabajos analizados en el presupuesto y análisis de costos unitarios.

<sup>33</sup> <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/453882>

<sup>34</sup> (Council, 2013)

### 6.2.3. Vida de servicio de los diferentes trabajos

- En la tabla **6.2.3.1**, se puede apreciar los años que en promedio puede durar un tratamiento, vemos que el bacheo y tratamientos superficiales, son dos de los trabajos encontrados en las zonas de estudio. Teniendo como máximo 5 años de vida útil.
- La evaluación no económica no sugiere los valores para un diseño en particular, lo que propone es considerar a la vida de servicio como un criterio que se valorara por su importancia.

Tabla 6.2.3.1 Rangos típicos de vidas de servicio para tratamientos de rehabilitación en pavimentos asfálticos (EP)

TRATAMIENTO	RANGO TÍPICO (AÑOS)
Bacheo sin sobre capas	4 a 8
Tratamiento superficial	5 a 7
Lechada asfáltica	3 a 5
Capa drenante	8 a 10
Reciclado frío y caliente	4 a 8
Sobre capa asfáltica	4 a 15
Reconstrucción asfáltica	10 a 20

### 6.2.4. Necesidades de mantenimiento futuro

- El indicador que se utiliza para ver su condición, y a su vez la necesidad de mantenimiento es por medio del IRI, índice de rugosidad internacional, índice que al igual que el PCI y PSI, fueron desarrollados por el FHWA “Federal Highway Administration”.

- Los gráficos **6.2.4.1, 2, 3 y 4** para las avenidas Andrés Avelino Cáceres y Hartley, confirman la tendencia futura de los pavimentos flexibles urbanos y su necesidad de mantenimiento.
- La necesidad de mantenimiento futuro para el capítulo 6, se presenta exclusivamente como un criterio que encerrara una valoración, y que se debe considerar en la evaluación no económica.

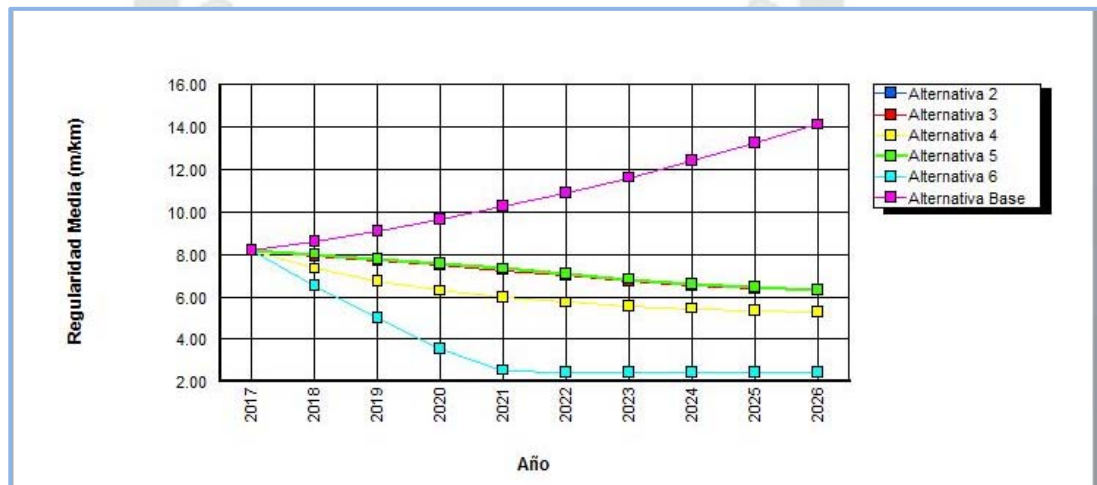


Gráfico 6.2.4.1 Regularidad media por tramo A.A.Caceres ascendente (HDM-4)

- En el gráfico **6.2.4.1** se aprecian las curvas que tomara el IRI índice de rugosidad internacional en un periodo de 10 años. Cada estrategia aplicada gesta una disminución del IRI, por tanto mejores condiciones en la superficie del pavimento urbano.
- Mientras que sin ninguna alternativa de conservación como por ejemplo la alternativa base, hará que el IRI aumente en los 10 años próximos.
- La alternativa base nos servirá para medir la tendencia de los efectos del IRI, cuando no se implementan trabajos de conservación.

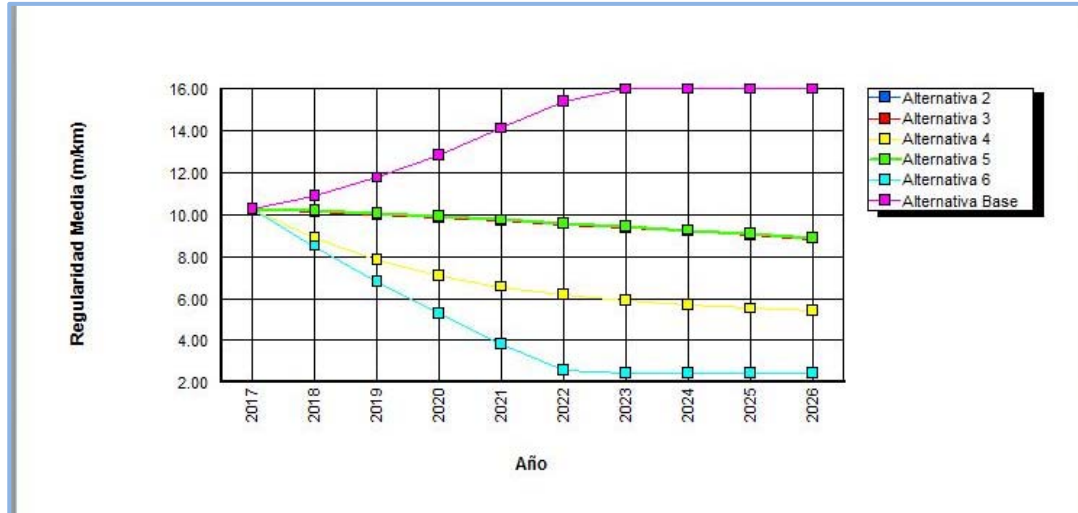


Gráfico 6.2.4.2 Regularidad media por tramo A.A.Caceres descendente (HDM-4)

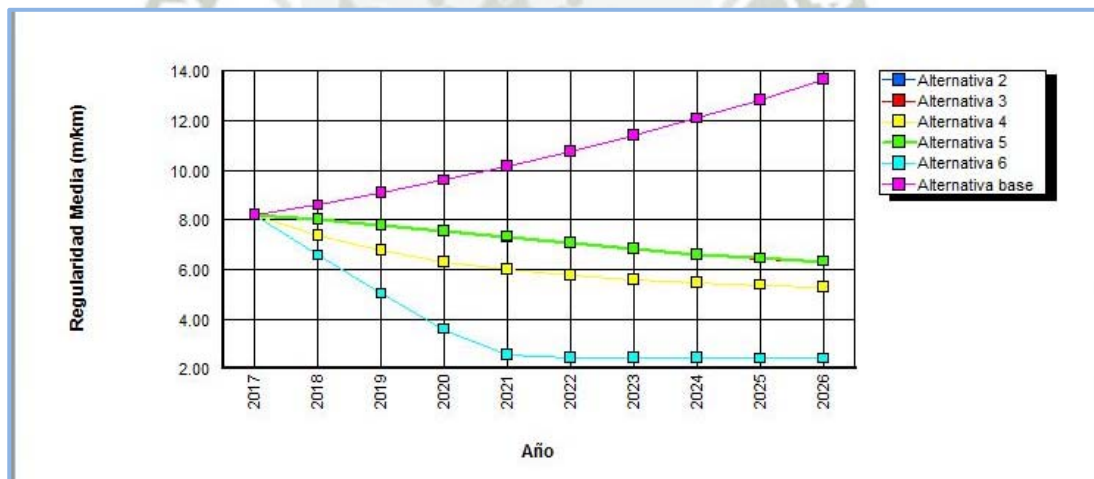


Gráfico 6.2.4.3 Regularidad media por tramo Hartley ascendente (HDM-4)

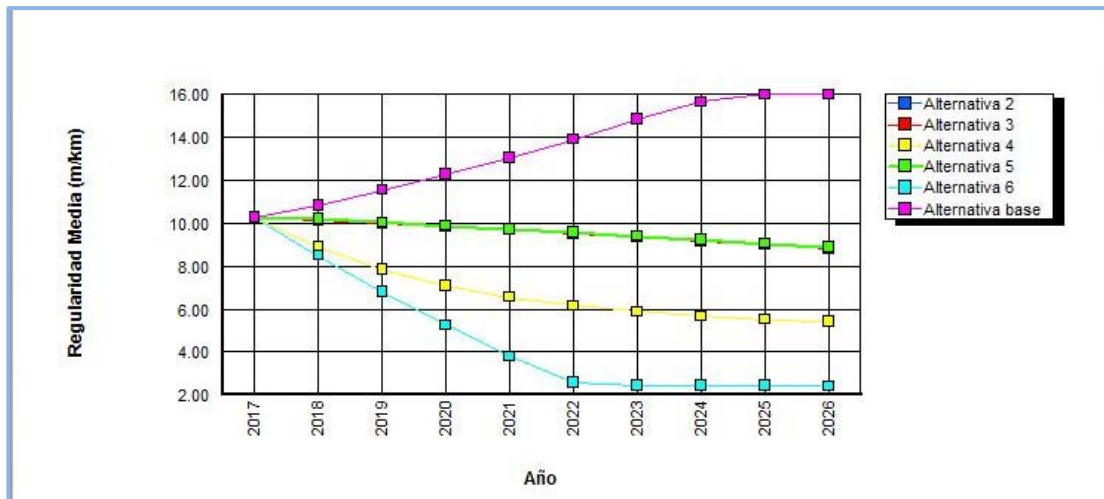


Gráfico 6.2.4.4 Regularidad media por tramo Hartley descendente (HDM-4)

### 6.2.5. Molestias al tránsito durante la ejecución de las obras

- El IMD es una variable que indicara el gradiente de vehículos en el futuro, para nuestro caso la línea roja indica el sentido descendente del tráfico y en azul el ascendente.
- Es el sentido descendente que más probabilidades de aumento experimentara. Esto “confirma algo crucial” y fue ver que todas las vías con tráfico en ese sentido experimentan altos niveles de deterioro.
- El índice medio diario anual posee una tendencia creciente, tanto para el carril ascendente como descendente, más marcado que el primero. Los gráficos **6.2.5.1 y 2** no son indicadores finales en la toma de decisiones ya que el movimiento vehicular maneja muchos parámetros sensibles.

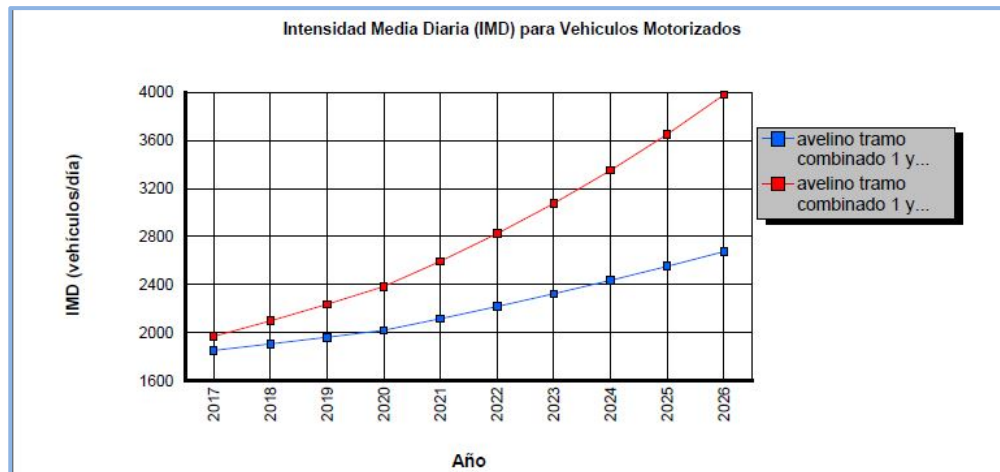


Gráfico 6.2.5.1 Intensidad media diaria Andrés Avelino Cáceres (HDM-4)

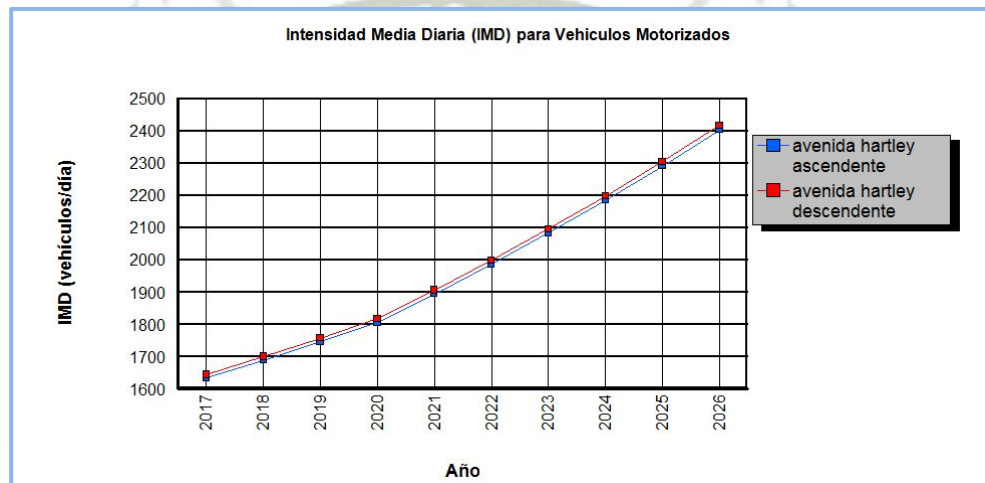


Gráfico 6.2.5.2 Intensidad media diaria Hartley (HDM-4)

- Mientras que para Hartley gráfico 6.2.5.2 el IMD tanto el sentido ascendente como descendente tendrá una tendencia creciente en el periodo de años establecido para el proyecto.

### 6.3 ELECCIÓN FINAL DE LA ESTRATEGIA NO ECONÓMICA

Se presenta los escalafones en las tablas 6.3.1.1 y 2, para nuestros requerimientos y criterios que consideran los proyectos en: prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley.

### 6.3.1. Escalafones de decisión para prolongación Andrés Avelino Cáceres y Hartley

Tabla 6.3.1.1 Escalafón de puntuación para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres (EP)

	GANANCIAS	DURACION DE LA CONSTRUCCION	VIDA DE SERVICIO con alta esperanza	NECESIDAD DE MANTENIMIENTO	MOLESTIAS AL TRANSITO	CALIFICACION TOTAL DE LA ESTRATEGIA	ESCALAFON					
IMPORTANCIA %	41	15	24	15	5	100						
estrategia avelino 1 (base)	80	33	70	11	30	7	60	4				
estrategia avelino 2	87	36	35	5	32	8	75	11	31	2	61.4	3
estrategia avelino 3	95	39	60	9	76	18	55	8	32	2	76	1
estrategia avelino 4	97	40	77	12	65	16	40	6	35	2	75	2
estrategia avelino 5	70	29	60	9	60	14	50	8	22	1	60.7	5
estrategia avelino 6	67	27	64	10	33	8	50	8	15	1	53	6

Tabla 6.3.1.2 Escalafón de puntuación para la avenida Hartley (EP)

estrategia hartley 1 (base)	38	16	20	3	40	10	20	3	15	1	32	6
estrategia hartley 2	50	21	60	9	47	11	57	9	18	1	50	2
estrategia hartley 3	60	25	20	3	40	10	20	3	12	1	41	4
estrategia hartley 4	70	29	66	10	50	12	25	4	20	1	55	1
estrategia hartley 5	23	9	45	7	60	14	55	8	30	2	40	5
estrategia hartley 6	41	17	34	5	60	14	66	10	24	1	47	3

- Se recomienda ver el proceso de elección no económica como un proceso muy flexible, y que en su fuente, se condicionara de aspectos no técnicos para su solución, como son sus criterios.
- Ya que la toma de decisiones en este punto, no debe ser hecha por los diseñadores de los proyectos, sino por los gerentes y directivos de los departamentos más importantes de la administración.
- Al final de todo este estudio realizado sobre las avenidas, la elección va por actuar de la mano con la alternativa número 4 para cada zona

evaluada, pero esta vez de forma más sostenida y programada en el tiempo, mejorando las técnicas en sus prácticas; que en la actualidad son incipientes y casi inexistentes por su falta de funcionalidad.

- *Ya en la fase de toma de decisión, el mismo deberá pasar por diferentes matices situacionales para su final aplicación como programa de conservación y rehabilitación de pavimentos flexibles.*

### **6.3.2. Lectura de los resultados finales "sección 6.3.1"**

- Las gráficas que se presentan en esta sección se ajustan en sus resultados, variables que no encierran una magnitud física, en realidad es una ponderación magnificada por puntos.
- Al final cada estrategia acumula un grupo de puntos, para esto es necesario un gerente o administrador que dirija un departamento en una entidad privada o estatal, este emitirá su puntuación valorada.
  - *Terminado este proceso la estrategia con la calificación más alta será la mejor dentro de nuestra evaluación no económica.*

### **6.3.3. Resultado final de la elección no económica: avenida Prolongación**

#### **Andrés Avelino Cáceres**

- La simulación de la elección no económica se puede ver en la gráfica **6.3.3.1** que se desprende de la tabla **6.3.1.1**.
- Para el caso de la avenida Andrés Avelino Cáceres en realidad existen 3 posibles escenarios que se pueden llevar a cabo, pero el estudio económico respalda el hecho que la mejor opción siempre

será aquella que garantice buenas ganancias al final del proyecto (alternativa 4 = 75 puntos) y no una inversión inicial austera.

- La recomendación de los resultados se inclina por la alternativa 4 en el espectro no monetario.

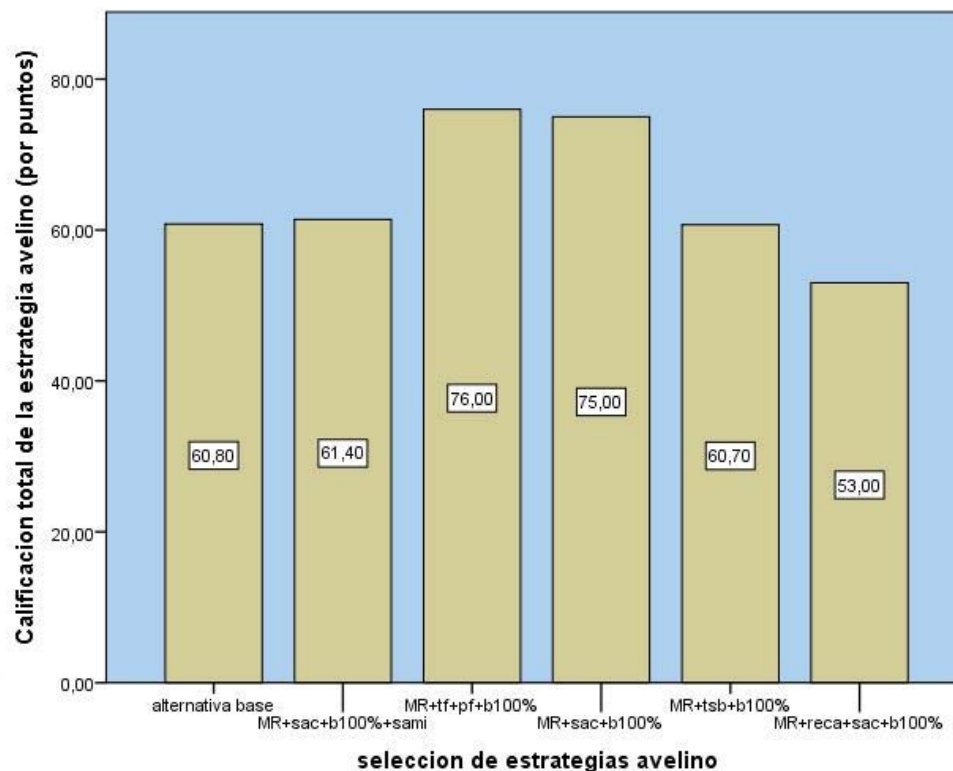


Gráfico 6.3.3.1 Calificación total como estrategia a implementar en la avenida Andrés Avelino Cáceres (EP)

#### 6.3.4. Resultado final de la elección no económica: avenida Hartley

- Sobre el gráfico 6.3.4.1 que representa la elección para la avenida Hartley es marcada la opción como mejor, entre las alternativas 2 y 4 que califican con 50 y 55 respectivamente.
- La diferencia con cualquier sistema de conservación de este tipo, no es mejorar su técnica, que es muy importante. Es motivar que sea más constantes y oportuna, así se evitara la evolución de las fallas a

partir de una simple fisura como: el desprendimiento de material o la piel de cocodrilo sobre el pavimento flexible urbano.

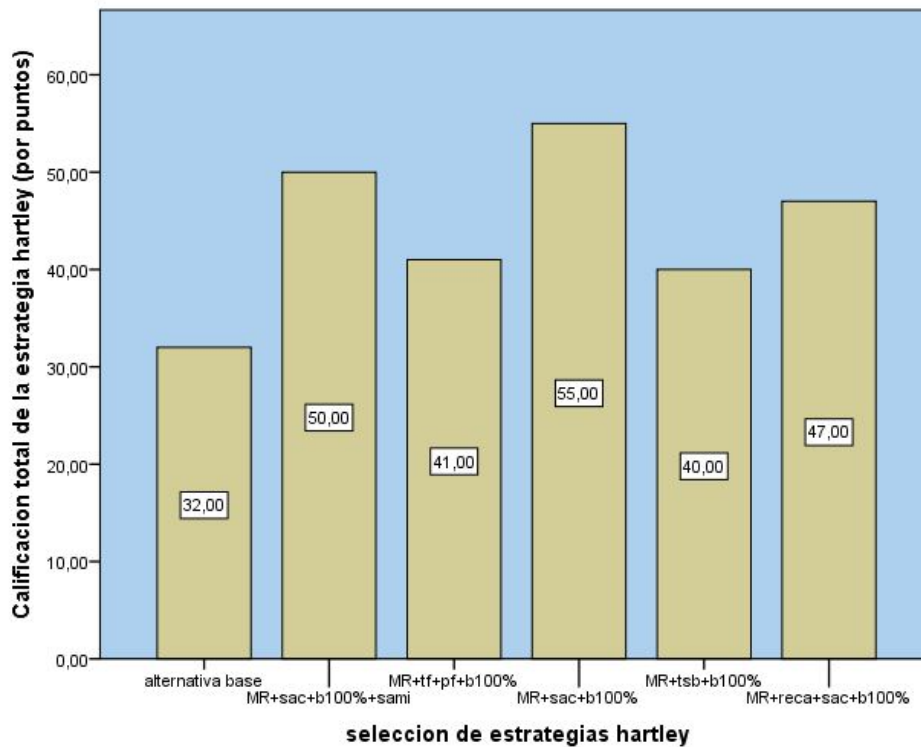


Gráfico 6.3.4.1 Calificación total como estrategia a implementar en la avenida Hartley (EP)

- Lo que se puede resolver después de la elección no económica por la metodología del AASTHO 93, supone una ponderación de las alternativas afectadas, por factores como: ganancias, duración de los trabajos, vida de servicio estimada y la necesidad de mantenimientos futuro.
- Los gráficos 6.3.3.1 y 6.3.4.1, revelan que en un simulacro la toma de decisiones para la elección de cualquier alternativa, no deberá ser afectada por recomendaciones técnicas, por tal razón esta evaluación es por puntos acumulados.

- Por ejemplo en el simulacro desarrollado para la avenida Andrés Avelino Cáceres, la mejor opción como estrategia final la tienen las alternativas 3 y 4, con 76 y 75 respectivamente de calificación final.

#### **6.3.5. Observaciones finales de la investigación económica y no económica**

- “Al término de la investigación, hay que agregar que todos los datos y variables reflejados en imágenes, tablas, cuadros y esquemas, se proponen al igual que en otras latitudes y países, con el único fin de manejar información que nos permita tomar decisiones”.
- No se hace un estudio sobre el análisis y conservación de pavimentos flexibles urbanos para dar un veredicto final. El tránsito vehicular y el pavimento son dos sistemas que se superponen dentro de una ciudad, los datos cada años varían, tanto en volumen como espacio urbano; por lo cual todos los resultados solo reflejan un instante en el tiempo que hay que saber manejar y leer.

## CAPÍTULO 7

### 7.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1.1. Análisis del pavimento flexible deteriorado

##### Conclusiones

1. Los deterioros en números para las avenidas Hartley y prolongación Andrés Avelino Cáceres, de acuerdo al análisis de esta investigación; se deben al efecto acoplado de las cargas  $> 700000$  ESAL, temperaturas  $> 32^{\circ}\text{C}$  y pendientes de 2.7 a 4%. En vías que ya superaron su vida útil.
2. La relación de comportamiento, que guardan los parámetros físicos esfuerzos y deflexión, dentro del análisis con la prueba de correlación de Pearson, para el nivel de significancia son: en la avenida Hartley de 0.4% muy por debajo del 5% fijado. Caso contrario sucede para la avenida prolongación Andrés Avelino Cáceres, donde no se encontró significancia para sus parámetros físicos. Esto último nos sugiere un alto nivel de dispersión de parámetros no considerados y que juegan un papel importante en su modelamiento.
3. Los posibles espesores de un pavimento flexible, en el desarrollo de su vida útil encontrados por el método de la “sección patrón”, se contrastaran con los que el ESAL pronosticaba para prolongación Andrés Avelino Cáceres, una carpeta de 3” y base de 6” con un espesor total de 22.86 cm. Para Hartley una carpeta de 2.5” y base de 4” con un espesor total de 15.24 cm.
4. La sección patrón y diseño sintético sugieren que para Andrés Avelino Cáceres, la carpeta y base llevaran un espesor de: 32 cm. Mientras que

para Hartley llevaran una carpeta y base de: 40 cm. *Este primer experimento señala a las cargas vehiculares como, no uniformes, con sus espesores dentro de un tramo con longitud patrón.*

5. El instituto del asfalto establece un ESAL de 150000 ejes equivalentes de 8.2 Tn en vías urbanas colectoras menores. En la avenida Hartley se encontro un ESAL de 354304 y en prolongacion Andres Avelino Caceres un ESAL de 703032. Lo encontrado, marca un indicador buscado en la presente investigacion, apoyar la relacion entre las vías > 20 años en evaluacion, y su grave condicion actual deteriorada.
6. La calificación global del drenaje es “E” *alto riesgo de daños por drenaje* para las avenidas Hartley y prolongación Andrés Avelino Cáceres.
7. El contraste que se encontró con la prueba K-S, indica que la distribución de los espesores en las dos vías evaluadas es, “*no normal*”, al llevar una distribución menor al 5 por ciento.
8. La distribución de las variables expuestas buscan la normalidad, la misma solo pudo ser encontrada por medio de la prueba K-S para Andrés Avelino Cáceres con una significación >5% en deformaciones y deflexiones, mientras que para Hartley solo supero el 5% sus deformaciones.
9. El modelo dinámico acoplado sugiere asentamientos de 0.40 mm a una temperatura de 30.5°C en la carpeta asfáltica, considerando que la vías evaluadas marcan asentamientos de 0.7 mm y 0.65 mm para la Av. Andrés Avelino Cáceres y Hartley respectivamente, retratando solo un espectro de la variable temperatura, mayores a 48°C a la intemperie para la carpeta.

10. La metodología Vizir manifestó un estado “*deficiente*” de las dos vías. Que obedece a la auscultación desarrollada el 19 de setiembre del 2016. En enero y febrero del 2017, se observaron las condiciones de las vías por las lluvias intensas, encontrándolas “*irrecuperables*”. Esto marca un punto de inflexión, en los pavimentos flexibles urbanos mayores a 20 años.
11. El valor relativo de soporte con el ensayo del penetrometro estático para la avenida Hartley, consiguió un CBR de 21.42% para la sub rasante. Mientras que con el LRC, anillo de carga constante, para la avenida Hartley fue de 17.0% y prolongación Andrés Avelino Cáceres de 26.0%.
12. Los proyectos de inversión evaluados, bajo diferentes alternativas de conservación de pavimentos flexibles, en un periodo de 10 años, nos brindan resultados buenos, siempre para la alternativa *número 4*, tanto para la avenida Hartley como prolongación Andrés Avelino Cáceres, con un valor actual neto de 0.128 y 0.468 respectivamente. Además de tasas internas de retorno, en ambas avenidas, mayores a la tasa de descuento fijada en 14%.

### **Recomendaciones**

1. La aplicación de la “sección patrón”, para visualizar la condición de los espesores, esfuerzos, deformaciones y deflexiones es una buena opción, que a futuro competirá con los trabajos desarrollados en campo, costosos, por mano de obra y equipos necesarios.
2. Es bueno entender al pavimento flexible como un medio continuo, que trabaja como sistema no lineal, adaptativo al entorno. Con autocorrección, ajustando longitudinalmente sus espesores dentro de su estructura.

3. Es importante ver el marco general, y en él, elegir el mejor factor de reducción de costos, en nuestro caso, se fijó en 0.75 considerando los costos económicos y financieros.
4. Toda buena práctica de conservación de pavimentos flexibles urbanos debe considerar, el efecto de los deterioros, que se deriven de la ausencia o mal funcionamiento de los dispositivos de evacuación del agua de lluvia, por lo tanto las vías evaluadas deberán considerar un sistema de drenaje, acorde al sistema vehicular de la época, así como los meses con más incidencia de precipitaciones.
5. Si bien es marcada la decisión económica, la alternativa no económica, se presta a la necesidad particular que la entidad desee resolver, ya en la etapa de valoración, de acuerdo a un escalafón, se podrá elegir la más idónea.
6. Se recomienda un calendario de actuaciones anuales, 2016-2026, los costos económicos en dólares a gastar, están de acuerdo a la alternativa número 4, que propone un total de 133 mil y 95 mil dólares para la Av. Andrés Avelino Cáceres y Hartley respectivamente. En los 10 años del proyecto.
7. Se recomienda tomar en cuenta el efecto de la pendiente sobre las vías evaluadas. Al encontrar que para Hartley fue de 2.7% para su tramo 3 y para prolongación Andrés Avelino Cáceres de 4% en su tramo 1. Se pudo constatar su efecto sobre los carriles con sentido descendente, una mayor incidencia de fallas y deterioros sobre la carpeta, que su par en el sentido ascendente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, F. (2012). capacitación en el manejo del HDM IV para evaluación de proyectos de infraestructura vial. *Ministerio de Economía Y Finanzas, Peru*, 1, 389.
- Aguirre, M. E. R. (2016). GUIA METODOLOGICA PARA ELABORACION DEL PLAN MUNICIPAL. *Plan de Desarrollo Municipal, Primera ed*, 39.
- Ángel, M. (2016). Estrategias de rehabilitación y mejora de firmes en redes locales, 12.
- Anguas, P. G., & Correa, A. (2004). Conceptos mecanicistas en pavimentos. *Publicacion Tecnica*, (258), 71.
- Chardon, A.-C., & González, J. L. (2002). Programa De Información E Indicadores De Gestión De Riesgos. *Gestión de Riesgos Naturales, Volumen 1*(riesgos naturales), 38. Retrieved from <http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/Anne-Catherine fase I.pdf>
- Council, H. shire. (2013). Stormwater Drainage Asset Management Plan, (February).
- De, D., Asociados, P. del M. de O. P. a la empresa consultora C., & S.A, C. en T. (2001). Analisis de Bneficio Social del Mantenimiento Vial de Obras Publicas, IV Region chile, 1–14.
- Estrada, F. S. (2008a). Guías para la elección de la estrategia de rehabilitación. *Guia Metodologica Para La Rehabilitacion de Pavimentos INVIAS-Colombia, Parte 7*, 12.
- Estrada, F. S. (2008b). Instructivo para la Inspeccion Visual y la Evaluacion de los Deterioros de los Pavimentos Asfalticos de Carreteras. *Guia Metodologica Paara La Rehabilitacion de Pavimentos INVIAS Colombia, Metodologia Vizir, Anexo B*, 46.
- Estrada, F. S. (2008c). Selección de técnicas de rehabilitación. *Guia Metodologica Paara La Rehabilitacion de Pavimentos INVIAS Colombia, parte 4*, 70.
- Fernando, S. S. (2008). Análisis económico. *Guia Metodologica Para La Rehabilitacion de Pavimentos INVIAS Colombia, parte 6*, 50.
- Gonzales, R. A. (2008). Instructivo para la inspección y la calificación del sistema de drenaje. *Guia Metodologica Para La Rehabilitacion de Pavimentos INVIAS-Colombia, ANEXO D*, 18.
- Hern, C., Ram, E., & Fabi, B. (2012). Generacion de numeros aleatorios. *Presentacion*, 17.
- Ibarra, J. A. (2009). Firmes Asfalticos Composicion, deterioro y Rehabilitacion.

- Firmes Asfálticos Composición, Deterioro Y Rehabilitación, primera ed, 36.*
- Kerali, H. G. R. (2005). *Visión General de HDM-4*.
- Kisbye, P. (2010). Test de Kolmogorov-Smirnov, 27.
- Marroquin, M. A. B. (2012). análisis comportamiento entre el proyecto en ejecución y plan de destino propuesta de la obra rehabilitación y mejoramiento carretera churin-oyon tramo km. 131-oyon, 394.
- Mayor, cal y. (1994). ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones.
- Minaya, S. (2001). Estudio de tránsito para el diseño de pavimentos, 19.
- Norte, P. P.-I. E. A. (2011). Mantenimiento del 100% del afirmado de la carretera Tarapoto - Yurimaguas, 238–245.
- Officials, A. association of state highway and transportation. (2001). aashto guide for DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES.
- Percy Condori Rodríguez, Victor Diban Rojas, J. E. Z. O. (2005). Plan Urbano Distrital 2005-2015, Jose Luis Bustamante y Rivero, Arequipa Peru, 313.
- Peru, ministerio de transportes y comunicaciones republica del. (2007). especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, 1, 368.
- Peru, ministerio de transportes y comunicaciones republica del. (2014). Manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial. Peru.
- Provias Nacional, consorcio geoconsult-cpa. (2004a). estudio definitivo para el mantenimiento periódico de la carretera panamericana sur tramo: puente montalvo-puente camira, 2, 298.
- Provias Nacional, consorcio geoconsult-cpa. (2004b). Evaluación económica. *Informe Final*, 17.
- Rico Rodríguez, A. T. G. R. G. A. P. (1998). Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías De Diseño Y Tendencias. *Publicación Técnica*, 104, 132. Retrieved from <https://trid.trb.org/view.aspx?id=963113>
- Ronald E. Walpole, R. H. M., & YE, S. L. M. y K. (2012). Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias, *novena ed*, 171–200.
- Sánchez Aguilar, A. (2004). Construcción e Interpretación de Indicadores Estadísticos. *Documento de Trabajo*, 231.
- Santiago Corro, G. P. (1999). Diseño estructural de pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones. *Artículo Científico*, *CI-8*, 112.
- Suarez, A. Z. (2010). Diseño de pavimentos flexibles método shell, 36.

Thom, N. (2014). *Principles of Pavement Engineering, 2nd Edition*.

Valdivieso, W. (2008). "MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE GRABIEL CONDORCANQUI DEL DISTRITO DE LA ESPERANZA – TRUJILLO - LA LIBERTAD, 6.

Valera, L. R. V. (2015). Inspección Visual y Evaluación de Deterioros en Pavimentos Asfálticos de Carreteras con la Metodología VIZIR ., 1–41.

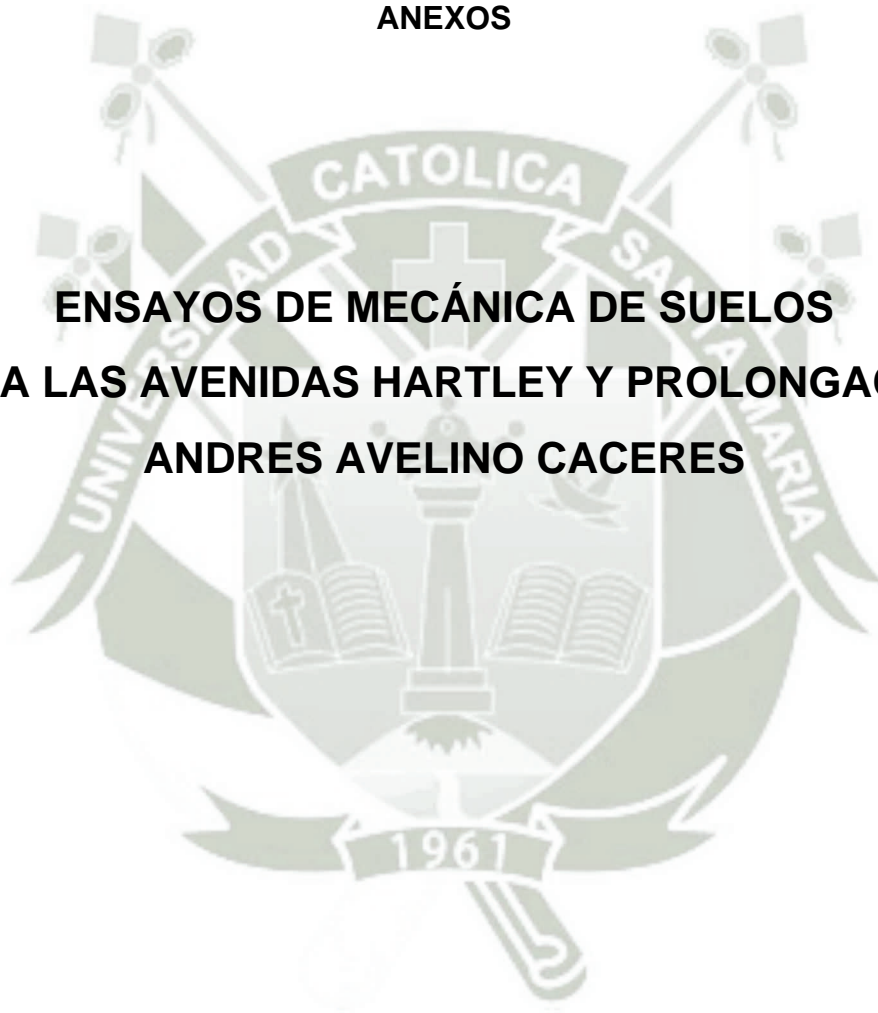
Vasquez Cordano Arturo, B. M. L. (2008). *ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú*. (B. Armando, Ed.). Peru.

Xue, Q., Liu, L., Zhao, Y., Chen, Y., & Li, J. (2013). Dynamic behavior of asphalt pavement structure under temperature- stress coupled loading. *Applied Thermal Engineering*, 53(1), 1–7.  
<http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.10.055>



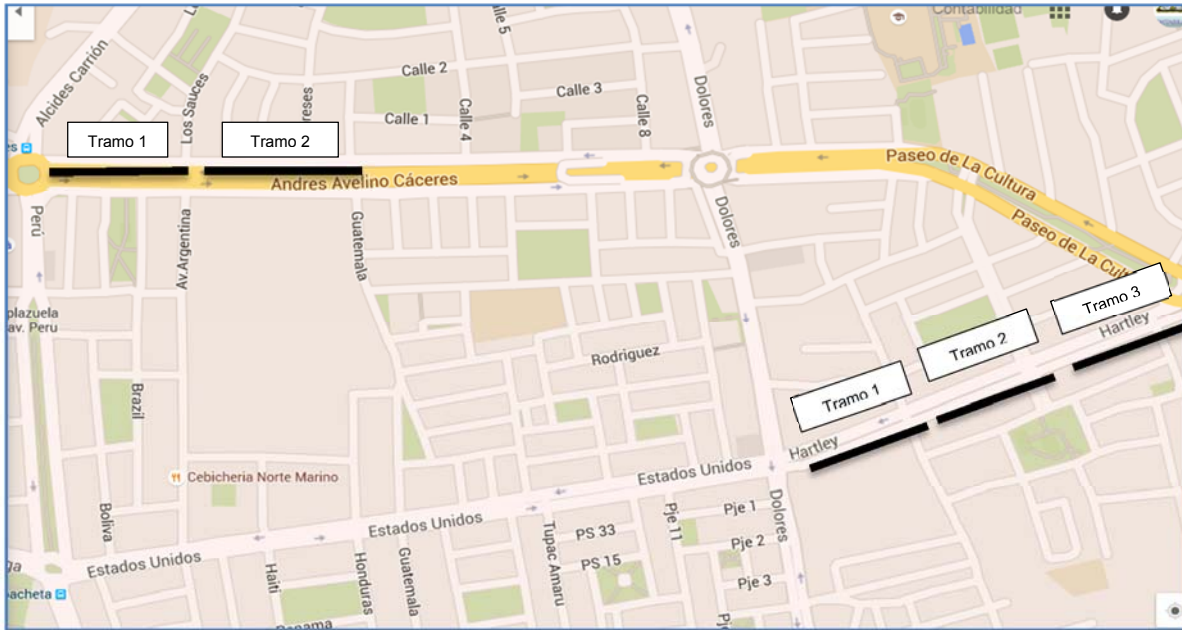
**ANEXOS**

**ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS  
PARA LAS AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACION  
ANDRES AVELINO CACERES**



## UBICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES

### Planimetría general de los tramos evaluados para ambas zonas en estudio



### Avenida Prolongación Andrés Avelino Cáceres, Tramo 2



### Avenida Hartley, Tramo 3





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

AREQUIPA-PERU

**CONSTANCIA**

La que suscribe, **Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

**HACE CONSTAR**

Que los Señores Bachilleres en Ingeniería Civil:  
**GANDY VLADIMIR ROJAS GAHONA**

Código N° 2002801111

Han realizado los ensayos de Laboratorio de Concreto y Materiales de Construcción para complementar su trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo Título es: **"ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACION ANDRES AVELINO CACERES EN EL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO"**.

Los ensayos efectuados por el señor tesista fueron los siguientes:

- 02 Análisis Granulométrico
- 02 Limite líquido
- 02 Limite plástico
- 02 Gravedad Especifica
- 02 Proctor Estándar
- 02 Ensayo de CBR
- 02 Análisis Granulométrico (Hidrómetro)

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, han sido realizados entre el 09/08/16 y el 07/09/16.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

Arequipa, 05 de Junio del 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

*Alejandro Hidalgo Valdivia*  
Ing. **ALEJANDRO HIDALGO VALDIVIA**  
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL  
EPIG - PARQUE INDUSTRIAL



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

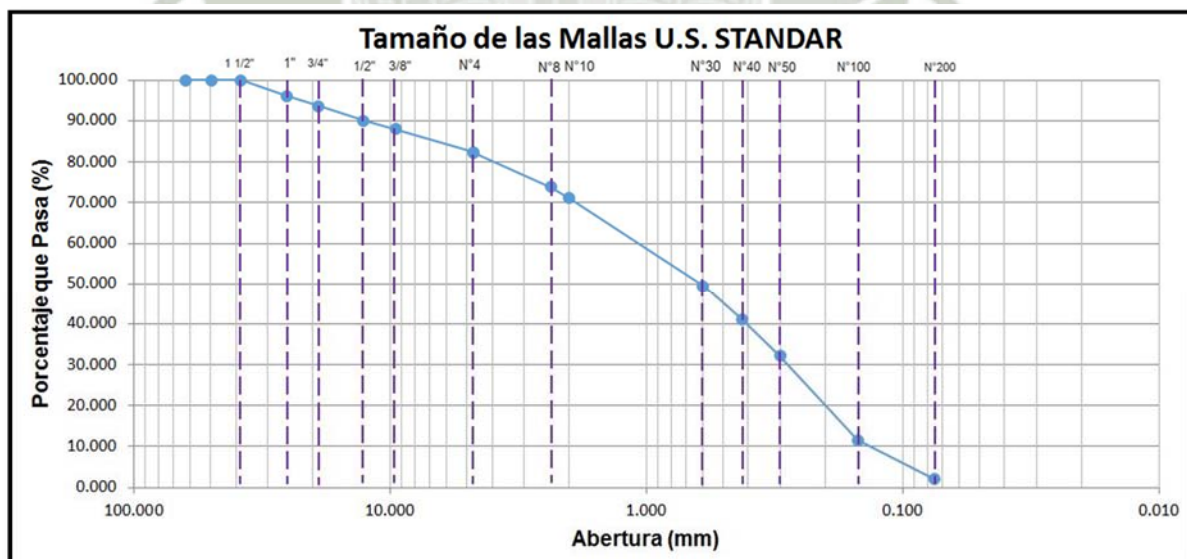
**GRANULOMETRIA: NORMA ASTM D-442**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres**

GRANULOMETRIA "A. A. C."						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
Malla	Abertura (mm.)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	% Que pasa		
2 1/2"	63	0	0	0	100	Peso Original (gr)	1727.00
2"	50	0	0	0	100		
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	Grava	29.00%
1"	25.4	65	3.76	3.76	96.2	Arena	69.00%
3/4"	19.05	46	2.66	6.43	93.6	Finos	2.00%
1/2"	12.7	62.5	3.62	10.05	90	D10	0.14
3/8"	9.525	33.5	1.94	11.99	88	D30	0.28
N°4	4.75	99.5	5.76	17.75	82.3	D60	1.03
N°8	2.36	145	8.40	26.14	73.9	Cu	7.31
N°10	2	46.5	2.69	28.84	71.2	Cc	0.54
N°30	0.6	376.5	21.80	50.64	49.4	clasificacion SUCS	SP
N°40	0.425	141.5	8.19	58.83	41.2	clasificacion AASTHO	A-1-b
N°50	0.3	154.5	8.95	67.78	32.2		
N°100	0.15	358.5	20.76	88.54	11.5		
N°200	0.075	162.5	9.41	97.94	2.1		
Fondo		35	2.03	99.97	0		

**CURVA GRANULOMETRICA**





Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS  
FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS  
HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO  
CÁCERES

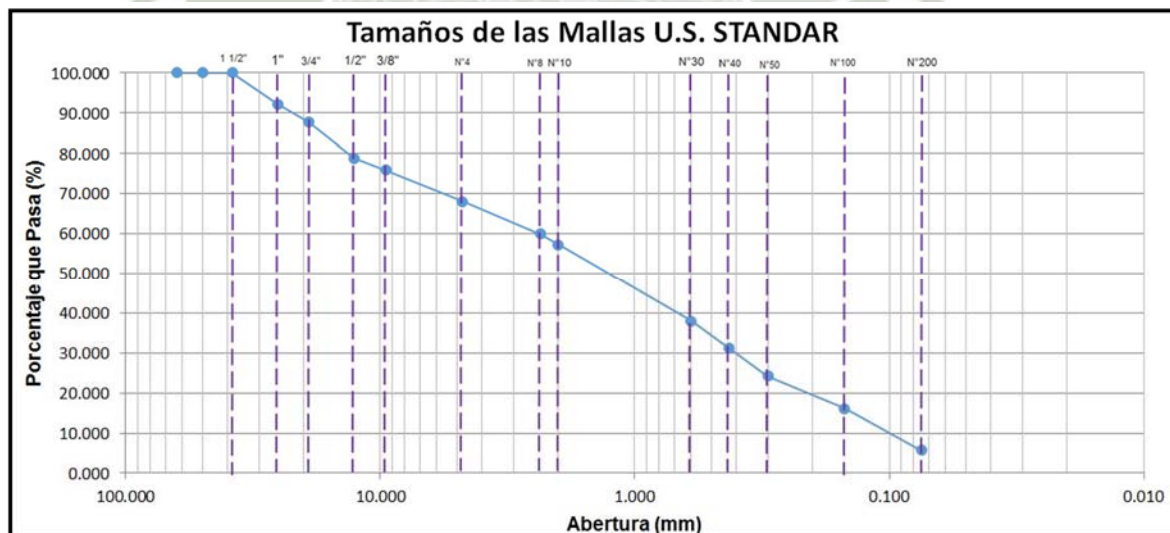
**GRANULOMETRIA: NORMA ASTM D-442**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley**

GRANULOMETRIA "Hartley"						DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
Malla	Abertura (mm.)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	% Que pasa		
2 1/2"	63	0	0	0	100	Peso Original (gr)	1793.00
2"	50	0	0	0	100		
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	Grava	43.00%
1"	25.4	140	7.81	7.81	92.2	Arena	51.00%
3/4"	19.05	80	4.46	12.27	87.7	Finos	6.00%
1/2"	12.7	159	8.87	21.14	78.9	D10	0.10
3/8"	9.525	53.5	2.98	24.12	75.9	D30	0.40
N°4	4.75	139.5	7.78	31.90	68.1	D60	2.38
N°8	2.36	147.5	8.23	40.13	59.9	Cu	24.47
N°10	2	46.5	2.59	42.72	57.3	Cc	0.69
N°30	0.6	346.5	19.33	62.05	38	clasificacion SUCS	SP-SM
N°40	0.425	120.5	6.72	68.77	31.2	clasificacion AASTHO	A-1-b
N°50	0.3	126.5	7.06	75.82	24.2		
N°100	0.15	144.5	8.06	83.88	16.1		
N°200	0.075	187	10.43	94.31	5.7		
Fondo		99.5	5.55	99.86	0.1		

**CURVA GRANULOMETRICA**





Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

### LIMITES DE ATTERBERG: NORMA ASTM D 4318

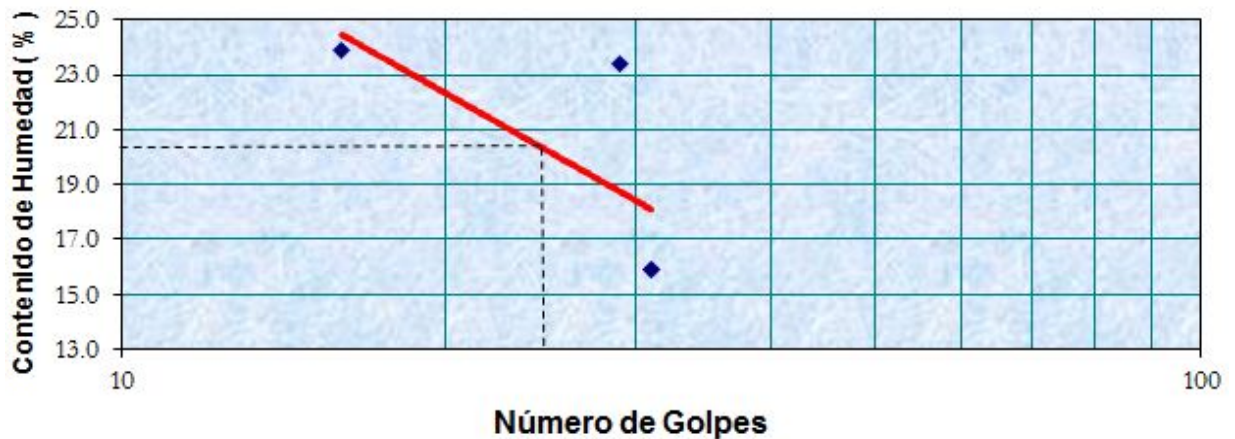
Muestra: Sub Rasante

Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres

Tara Número	Unidades	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	gf	48.60	47.30	38.80	42.80	44.50	45.00
Peso Tara + Muestra Seca	gf	45.00	44.01	36.90	40.08	41.07	42.00
Peso de la Tara	gf	30.00	30.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Peso de la Muestra Seca	gf	15.00	14.01	11.90	15.08	16.07	17.00
Peso del Agua	gf	3.60	3.29	1.90	2.72	3.43	3.00
Contenido de Humedad	%	24.00	23.48	15.97	18.04	21.34	17.65
Número de Golpes		16	29	31	Promedio :		19.01

Límites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	20.94%
Límite Plástico:	LP =	19.01%
Índice de Plasticidad :	IP =	1.93%

#### LÍMITE LIQUIDO



Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	24.00
29	23.48
31	15.97
<b>25</b>	<b>20.94</b>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

**LIMITES DE ATTERBERG: NORMA ASTM D 4318**

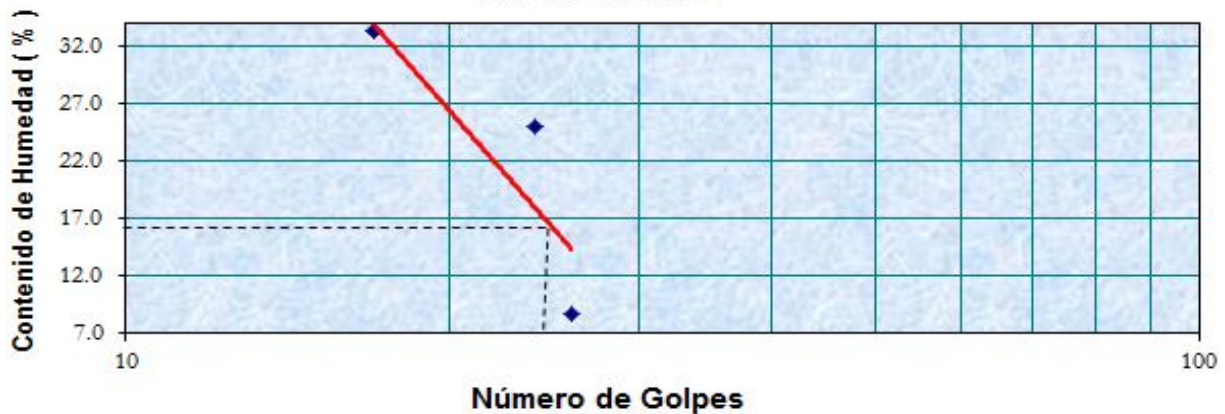
Muestra: Sub Rasante

Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley

Tara Número	Unidades	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	gf	40.00	40.00	40.00	40.00	44.00	40.20
Peso Tara + Muestra Seca	gf	37.50	38.00	38.80	36.30	40.50	39.40
Peso de la Tara	gf	30.00	30.00	25.00	25.00	30.00	32.00
Peso de la Muestra Seca	gf	7.50	8.00	13.80	11.30	10.50	7.40
Peso del Agua	gf	2.50	2.00	1.20	3.70	3.50	0.80
Contenido de Humedad	%	33.33	25.00	8.70	32.74	33.33	10.81
Número de Golpes		17	24	26	Promedio :		25.63

Límites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	16.16%
Límite Plástico:	LP =	25.63%
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

**LÍMITE LIQUIDO**



Número de Golpes	Contenido de Humedad ( % )
17	33.33
24	25.00
26	8.70
<b>25</b>	<b>16.16</b>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

**GRAVEDAD ESPECIFICA: NORMA ASTM D-854**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres**

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
PICNÓMETRO N°		1
CAPACIDAD PICNÓMETRO	cm <sup>3</sup>	500
PESO PICNÓMETRO	gf	155
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO	gf	280
PESO SUELO SECO	gf	<b>125</b>
PESO PICN. + AGUA + SUELO	gf	729.8
PESO PICN. + AGUA (A TEMP. ENSAYO)	gf	<b>652.00</b>
TEMPERATURA DE ENSAYO	° C	21.2
FACTOR DE CORRECCION	(K)	0.9998
GS		<b>2.65</b>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

**GRAVEDAD ESPECIFICA: NORMA ASTM D-854**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley**

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
PICNÓMETRO N°		1
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	cm3	500
PESO PICNÓMETRO	gf	155
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO	gf	275
PESO SUELO SECO	gf	<b>120</b>
PESO PICN. + AGUA + SUELO	gf	724
PESO PICN. + AGUA (A TEMP. ENSAYO)	gf	<b>652.00</b>
TEMPERATURA DE ENSAYO	° C	22
FACTOR DE CORRECCION	(K)	0.9996
GS		<b>2.50</b>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS  
FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS  
HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO  
CÁCERES

## ENSAYO PROCTOR ESTANDAR: NORMA ASTM D-689-00

Muestra: Sub Rasante

Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres

+

Tipo de prueba: ASTM D 698-00 Metodo Estandar      Peso del Martillo: 5.5 Lb      Altura de caída: 12 pulgadas  
Numero de Capas: 3      Numero de Golpes por Capa: 25

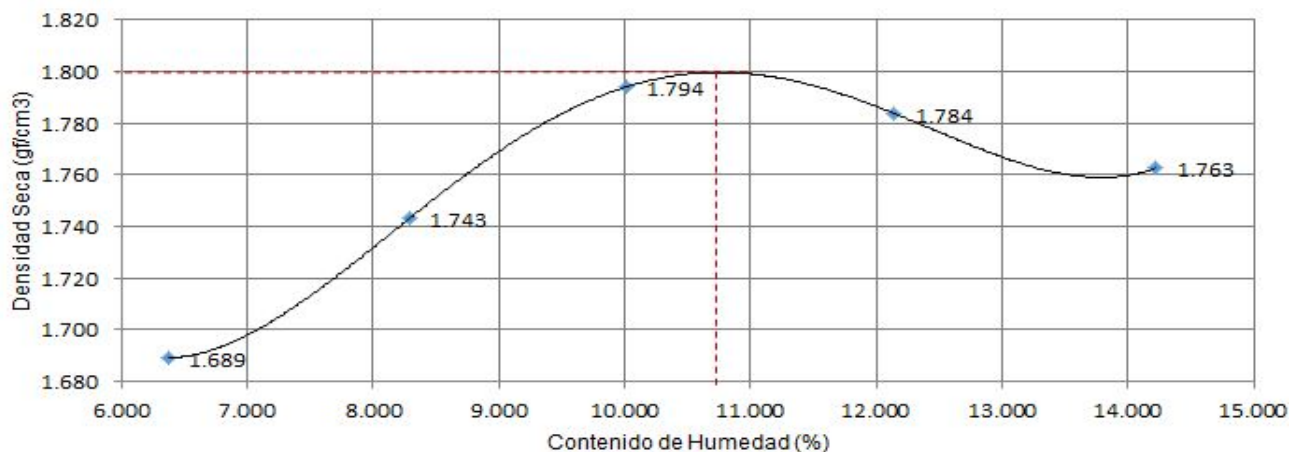
### DENSIDAD SECA

DATOS	especimen 1	especimen 2	especimen 3	especimen 4	especimen 5
Volumen Molde (cm <sup>3</sup> )	932.34	932.34	932.34	932.34	932.34
Peso del molde (gf)	4225	4225	4225	4225	4225
Peso del molde + muestra (gf)	5900	5985	6065	6090	6102
Peso de la muestra (gf)	1675.00	1760.00	1840.00	1865.00	1877.00
Densidad humeda (gf/cm <sup>3</sup> )	1.797	1.888	1.974	2.000	2.013

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

	especimen 1 (6%)		especimen 2 (8%)		especimen 3 (10%)		especimen 4 (12%)		especimen 5 (14%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peso de la tara (gf)	19.3	19.6	19.9	19.4	19.4	19.4	19.3	19.4	19.4	19.3
Peso de la tara + suelo humedo (gf)	122.4	130.2	123.4	127.4	134.4	136.6	150.6	141	144.3	135.3
Peso tara + suelo seco (gf)	116.3	123.5	115.6	119	124.1	125.8	136.2	128	128.7	120.9
Peso del agua (gf)	6.1	6.7	7.8	8.4	10.3	10.83	14.4	13	15.6	14.4
Peso suelo seco (gf)	97	103.9	95.7	99.6	104.7	106.37	116.9	108.6	109.3	101.6
Contenidos de humedad (%)	6.29	6.45	8.15	8.43	9.84	10.18	12.32	11.97	14.27	14.17
Contenido de humedad (%)	6.369		8.292		10.01		12.144		14.223	
Densidades secas (gf/cm <sup>3</sup> )	1.690	1.688	1.745	1.741	1.797	1.791	1.781	1.786	1.762	1.763
Densidad seca (gf/cm <sup>3</sup> )	1.689		1.743		1.794		1.784		1.763	

### Curva de Compactacion Avelino



% Humedad Óptima: 10.7% Densidad Seca: 1.8 gf/cm<sup>3</sup>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS  
FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS  
HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO  
CÁCERES

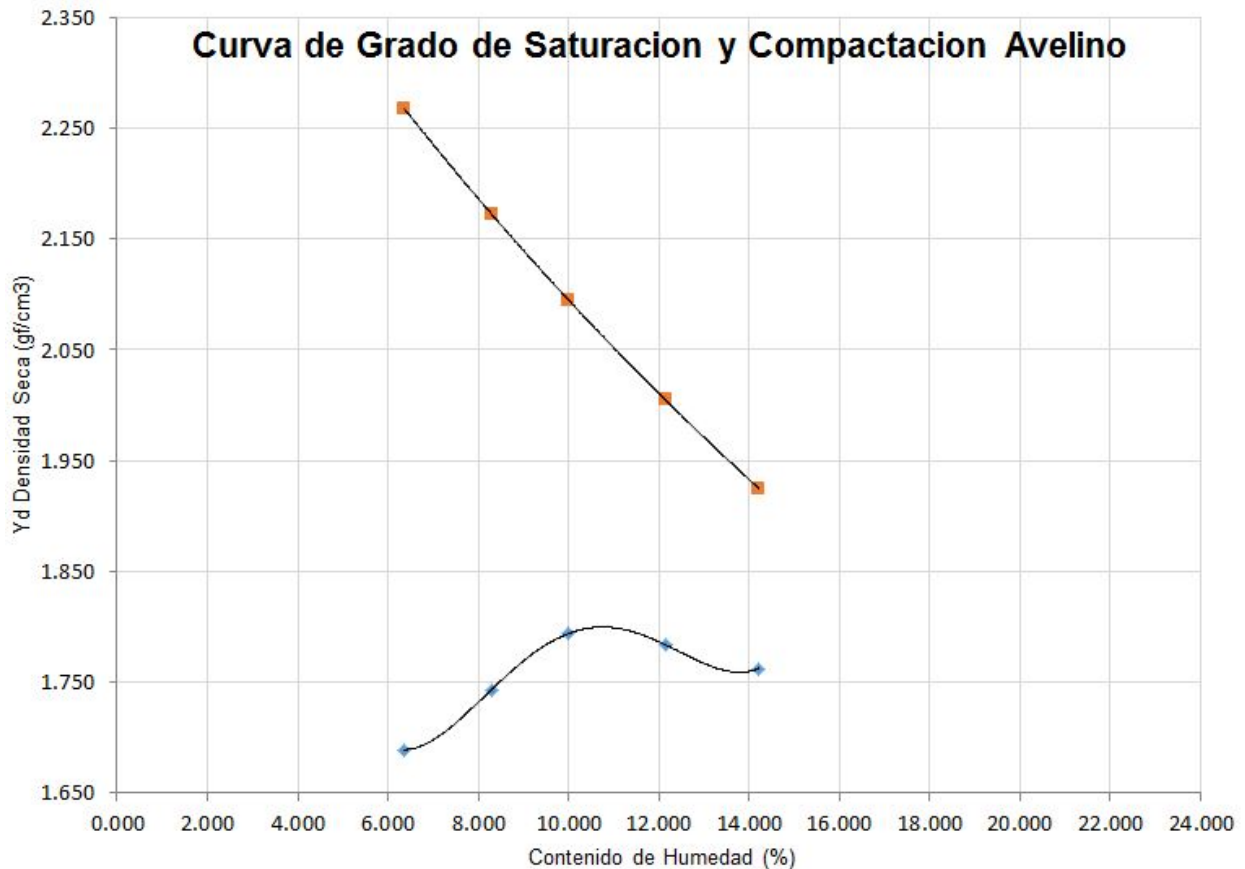
### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR: NORMA ASTM D-689-00

Muestra: Sub Rasante

Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres

Yw	1	(g/cm <sup>3</sup> )
GS	2.65	adimensional
S ( de 0 a 100)	100	%

	especimen 1	especimen 2	especimen 3	especimen 4	especimen 5 (12%)
Contenido de humedad (%)	6.369	8.292	10.010	12.144	14.223
Yd (S=100%)	2.2673	2.1726	2.0944	2.0048	1.9246





Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR: NORMA ASTM D-689-00

Muestra: Sub Rasante

Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley

Tipo de prueba: ASTM D 698-00 Metodo Estandar  
Numero de Capas: 3

Peso del Martillo: 5.5 Lb  
Numero de Golpes por Capa: 25

Altura de caída: 12 pulgadas

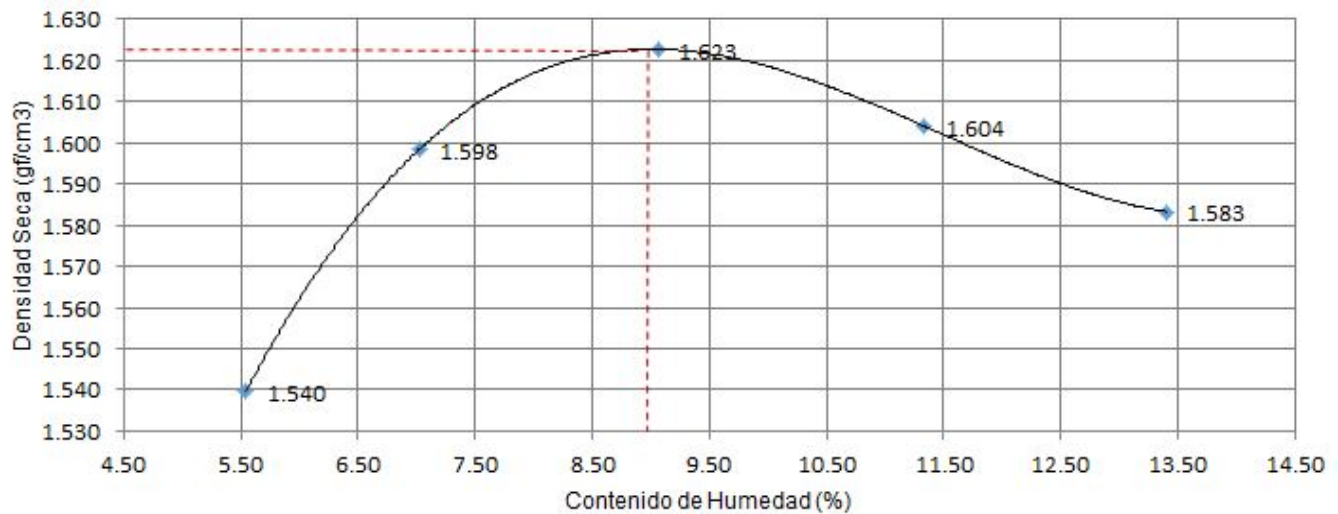
#### DENSIDAD HUMEDA

DATOS	especimen 1	especimen 2	especimen 3	especimen 4	especimen 5
Volumen Molde (cm <sup>3</sup> )	932.34	932.34	932.34	932.34	932.34
Peso del molde (gf)	4225	4225	4225	4225	4225
Peso del molde + muestra (gf)	5740	5820	5875	5890	5899
Peso de la muestra (gf)	1515.00	1595.00	1650.00	1665.00	1674.00
Densidad humeda (gf/cm <sup>3</sup> )	1.625	1.711	1.770	1.786	1.795

#### CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

	especimen 1 (4%)		especimen 2 (6%)		especimen 3 (8%)		especimen 4 (10%)		especimen 5 (12%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peso de la tara (gf)	19.3	19.6	19.9	19.4	19.5	19.4	19.3	19.4	19.5	19.3
Peso de la tara + suelo humedo (gf)	103.2	103.3	110.7	108.4	114.8	104.5	125.3	122.6	119.9	122
Peso tara + suelo seco (gf)	98.4	99.3	104.9	102.4	106.8	97.5	114.3	112.3	108	109.9
Peso del agua (gf)	4.8	4	5.8	6	8	7	11	10.3	11.9	12.1
Peso suelo seco (gf)	79.1	79.7	85	83	87.3	78.1	95	92.9	88.5	90.6
Contenidos de humedad (%)	6.07	5.02	6.82	7.23	9.16	8.96	11.58	11.09	13.45	13.36
Contenido de humedad (%)	5.54		7.03		9.06		11.33		13.40	
Densidades secas (gf/cm <sup>3</sup> )	1.532	1.547	1.601	1.595	1.621	1.624	1.601	1.608	1.583	1.584
Densidad seca (gf/cm <sup>3</sup> )	1.540		1.598		1.623		1.604		1.583	

### Curva de Compactacion Hartley



% Humedad Óptima: 8.9 % Densidad Seca: 1.623 gf/cm<sup>3</sup>



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

SOLICITA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES  
DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y  
PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

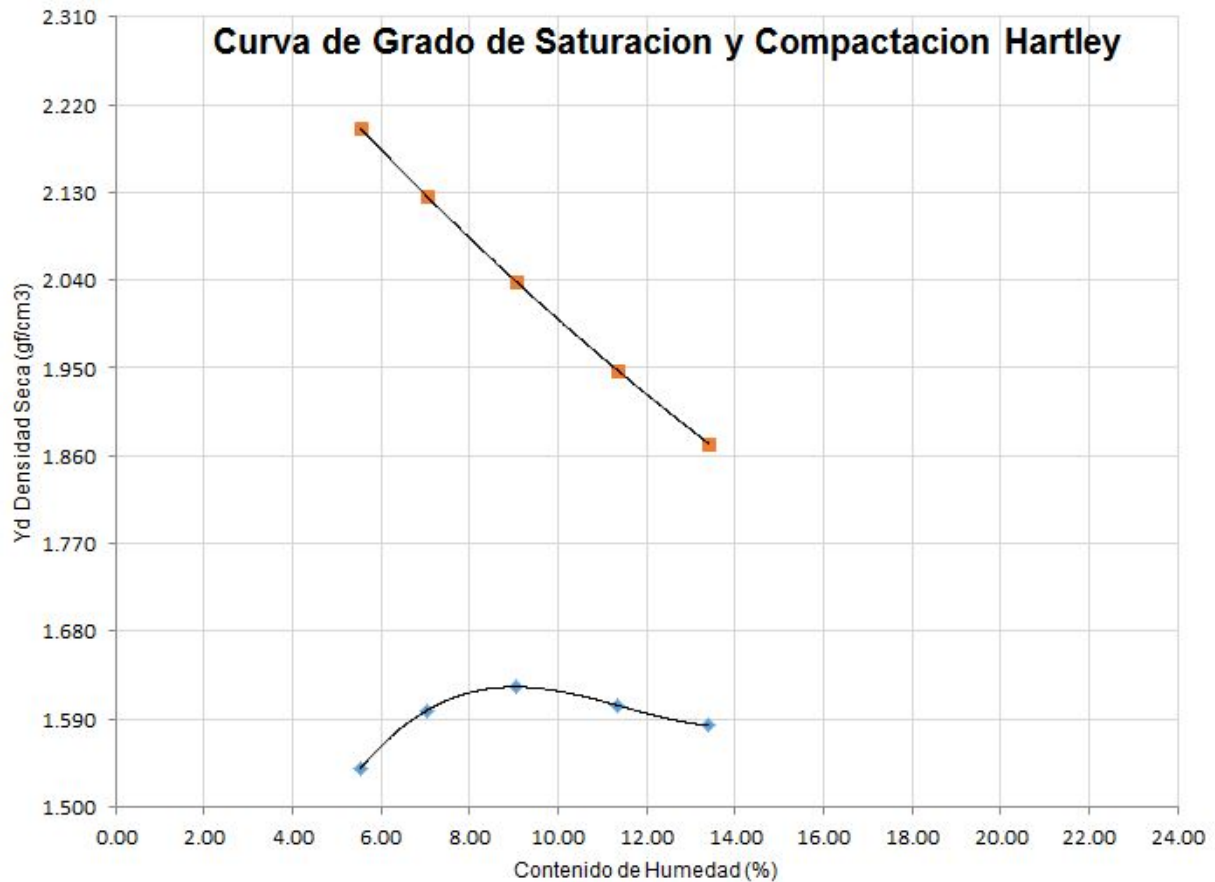
**ENSAYO PROCTOR ESTANDAR: NORMA ASTM D-689-00**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley**

Yw	1	(g/cm <sup>3</sup> )
GS	2.5	adimensional
S ( de 0 a 100)	100	%

	especimen 1	especimen 2	especimen 3	especimen 4	especimen 5 (12%)
Contenido de humedad (%)	5.544	7.026	9.063	11.333	13.401
Yd (S=100%)	2.1957	2.1265	2.0382	1.9481	1.8726



 <p>Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p>	<p>SOLICITA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTAMARIA</p> <p>PROYECTO: ANALISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACION ANDRÉS AVELINO CÁCERES</p>
	<p><b>ENSAYO CBR: NORMA ASTM D-1883</b></p>
<p>Muestra: Sub Rasante      Ubicación: Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres</p>	

**Muestra Uno (56 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	330.00
peso muestra + tara (gr):	309.00
peso tara (gr):	115.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8405.00
peso molde (gr):	4110.00

**Volumen Molde (cm3)**

2150.00

<b><u>Humedad (%)</u></b>	10.80	<b><u>Densidad seca (gr/cm3)</u></b>	1.803
---------------------------	-------	--------------------------------------	-------

**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	435.00	395.00	125.00	14.80
Parte Inferior	405.00	375.00	115.00	11.50

**Datos de la Prueba de Penetracion**

Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
0	0	0.00	
0.025	50	0.57	
0.05	96	1.10	
0.08	140	1.61	
0.10	165	1.90	27.50
0.125	245	2.82	
0.15	329	3.78	
0.20	450	5.17	50.00
0.25	489	5.62	

**Muestra Dos (25 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	265.00
peso muestra + tara (gr):	250.50
peso tara (gr):	115.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8200.00
peso molde (gr):	4150.00

**Volumen Molde (cm3)**

2150.00

<b><u>Humedad (%)</u></b>	10.70	<b><u>Densidad Seca (gr/cm3)</u></b>	1.702
---------------------------	-------	--------------------------------------	-------

**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	465.00	425.00	120.00	13.10
Parte Inferior	475.00	430.00	115.00	14.30

**Datos de la Prueba de Penetracion**

	Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
	0.00	0	0.00	
	0.025	36	0.41	
	0.05	80	0.92	
	0.08	120	1.38	
	0.10	150	1.72	25.00
	0.125	229	3.33	
	0.15	325	3.73	
	0.20	395	4.53	43.90
	0.25	425	4.88	

**Muestra Tres (12 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	425.00
peso muestra + tara (gr):	395.40
peso tara (gr):	120.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8075.00
peso molde (gr):	4140.00

**Volumen Molde (cm3)**

2149

<b><u>Humedad (%)</u></b>	10.70	<b><u>Densidad Seca (gr/cm3)</u></b>	1.652
---------------------------	-------	--------------------------------------	-------

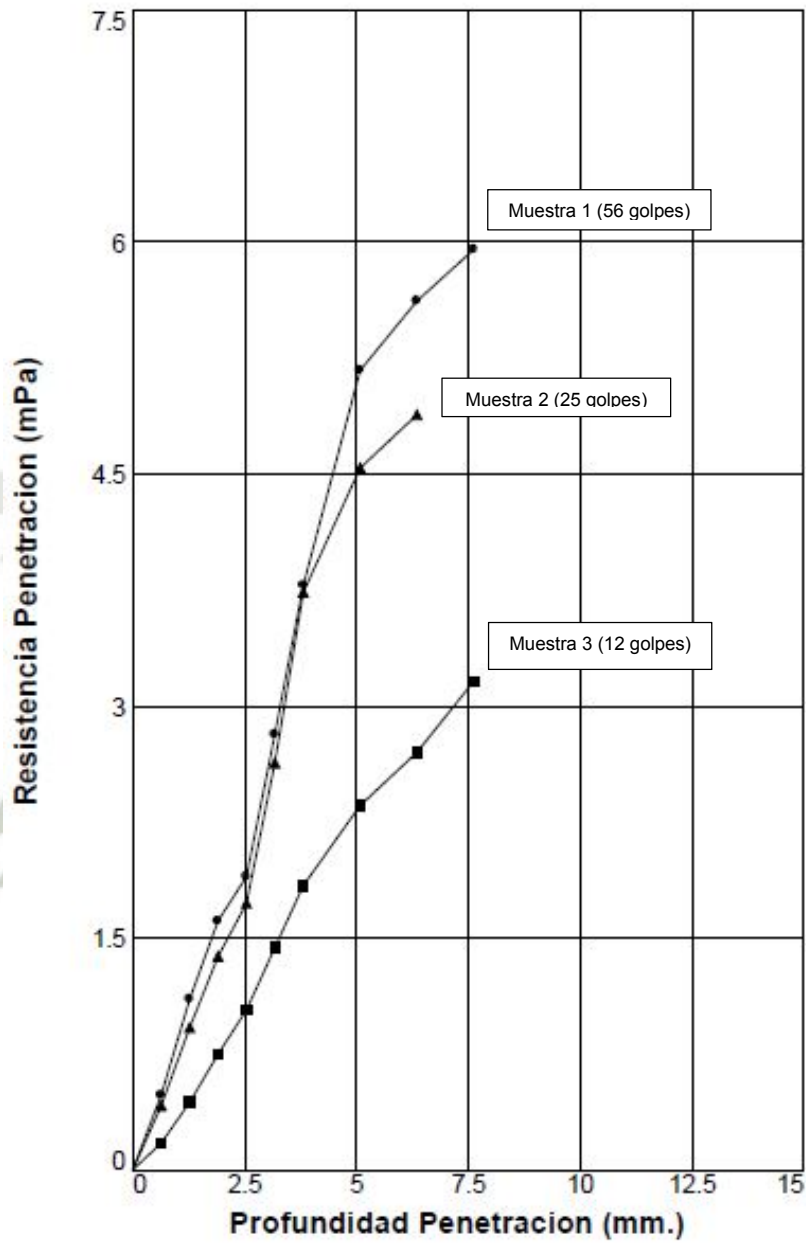
**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	475.00	425.00	115.00	16.10
Parte Inferior	395.00	355.00	115.00	16.70

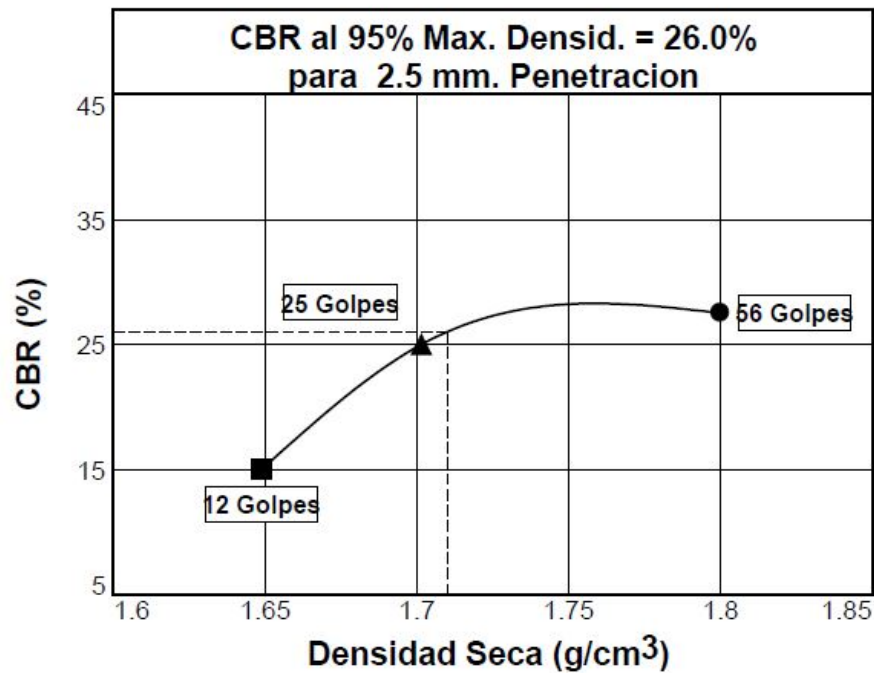
**Datos de la Prueba de Penetracion**

	Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
	0.00	0	0.00	
	0.025	15	0.17	
	0.05	38	0.44	
	0.08	65	0.75	
	0.10	90	1.03	15.00
	0.125	125	1.44	
	0.15	160	1.84	
	0.20	205	2.36	22.80
	0.25	235	2.70	

### Curvas de Resistencia vs. Profundidad de Penetración



### Curva CBR



Moldes	CBR (%)	
	0.1"	0.2"
Molde 1 (56 golpes)	27.50	50.00
Molde 2 (25 golpes)	25.00	43.90
Molde 3 (12 golpes)	15.00	22.80

CBR al 95% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 99% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 98% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 95% Max Densidad para 5.08 mm de Penetración
26.0%	27.9%	28.2%	46.1%
Densidad de Diseño	Densidad de Diseño	Densidad de Diseño	Densidad de Diseño
1.71 g/cm <sup>3</sup>	1.78 g/cm <sup>3</sup>	1.76 g/cm <sup>3</sup>	1.71 g/cm <sup>3</sup>

 <p>Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p>	<p>SOLICITA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARÍA</p> <p>PROYECTO: ANALISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACION ANDRES AVELINO CÁCERES</p>
	<p><b>ENSAYO CBR: NORMA ASTM D-1883</b></p>
<p>Muestra: Sub Rasante      Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley</p>	

**Muestra Uno      (56 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	380.00
peso muestra + tara (gr):	358.20
peso tara (gr):	115.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8686.00
peso molde (gr):	4930.00

**Volumen Molde (cm3)**

2150.00

<b><u>Humedad (%)</u></b>	9.00	<b><u>Densidad Seca (gr/cm3)</u></b>	1.603
---------------------------	------	--------------------------------------	-------

**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	430.00	393.30	125.00	13.70
Parte Inferior	445.00	405.30	115.00	13.70

**Datos de la Prueba de Penetracion**

Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
0	0	0.00	
0.025	28	0.32	
0.05	78	0.90	
0.08	125	1.44	
0.10	188	2.16	31.30
0.125	258	2.97	
0.15	310	3.56	
0.20	440	5.06	48.90
0.30	600	6.89	

**Muestra Dos (25 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	320.00
peso muestra + tara (gr):	303.40
peso tara (gr):	115.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8517.00
peso molde (gr):	4885.00

**Volumen Molde (cm3)**

2150.00

<b><u>Humedad (%)</u></b>	8.80	<b><u>Densidad Seca (gr/cm3)</u></b>	1.553
---------------------------	------	--------------------------------------	-------

**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	420.00	378.40	120.00	16.10
Parte Inferior	495.00	443.00	115.00	15.90

**Datos de la Prueba de Penetracion**

	Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
	0.00	0	0.00	
	0.025	15	0.17	
	0.05	40	0.46	
	0.08	75	0.86	
	0.10	119	1.37	19.80
	0.125	176	2.01	
	0.15	222	2.55	
	0.20	300	3.45	33.30
	0.30	450	5.17	

**Muestra Tres (12 Golpes; Sobrecarga: 4.54 kg)**

**Contenido de Humedad**

peso muestra humeda + tara (gr):	315.00
peso muestra + tara (gr):	299.10
peso tara (gr):	120.00

**Peso Unitario**

peso molde + muestra (gr):	8450.00
peso molde (gr):	4935.00

**Volumen Molde (cm3)**

2148

-

<b><u>Humedad (%)</u></b>	8.90	<b><u>Densidad Seca (gr/cm3)</u></b>	1.501
---------------------------	------	--------------------------------------	-------

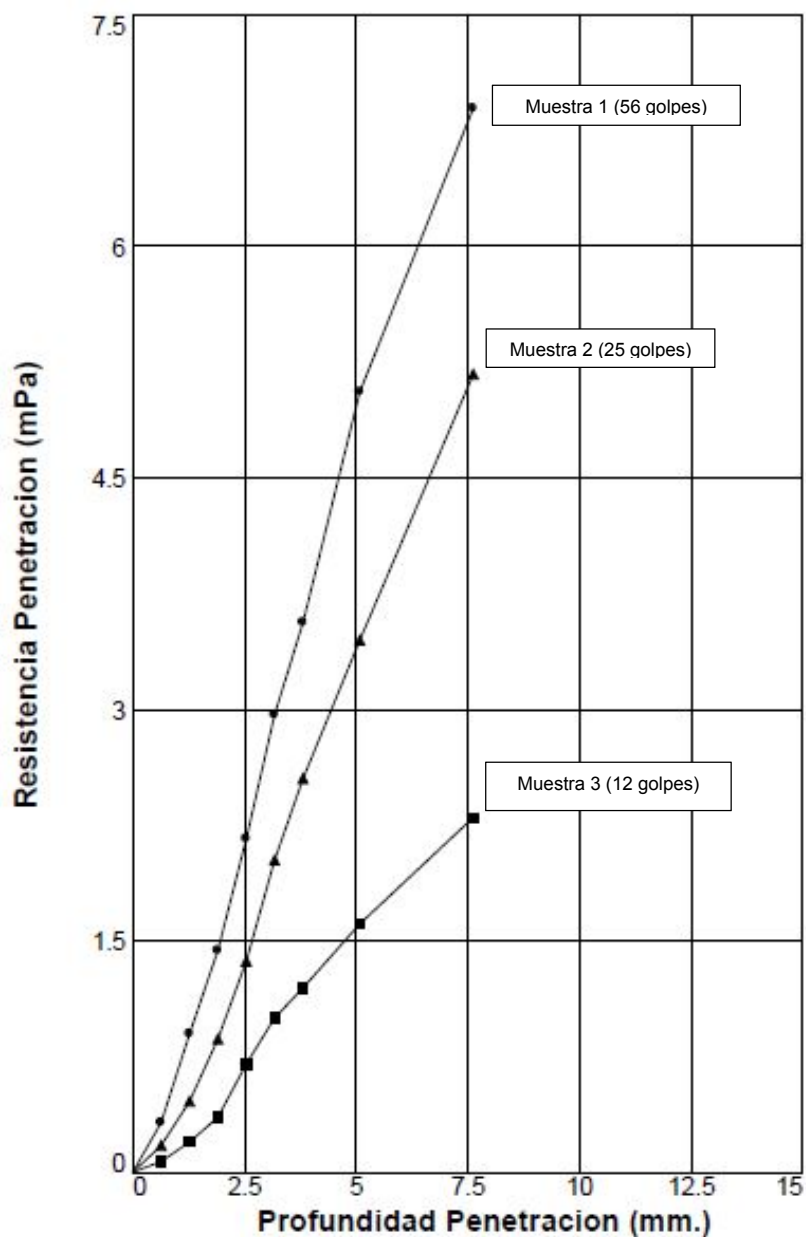
**Contenido Final de Agua**

	Peso del Suelo Humedo + Tara	Peso del Suelo Seco + Tara	Tara	Humedad
Parte Superior	450.00	403.90	115.00	16.00
Parte Inferior	495.00	441.70	115.00	16.30

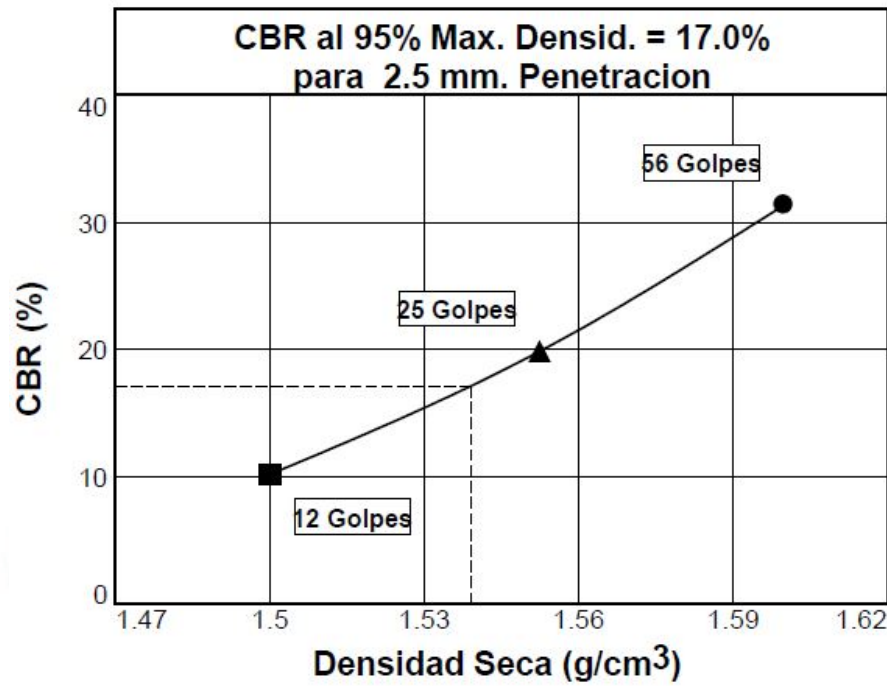
**Datos de la Prueba de Penetracion**

	Penetracion (pulg.)	Lectura Dial	Esfuerzo (Mpas)	CBR %
	0.00	0	0.00	
	0.025	6	0.07	
	0.05	17	0.20	
	0.08	31	0.36	
	0.10	61	0.70	10.20
	0.125	87	1.00	
	0.15	104	1.20	
	0.20	140	1.61	15.60
	0.30	200	2.30	

### Curvas de Resistencia vs. Profundidad de Penetración



**Curva CBR**



	CBR (%)	
	0.1"	0.2"
Molde 1 (56 golpes)	31.30	48.90
Molde 2 (25 golpes)	19.80	33.30
Molde 3 (12 golpes)	10.20	15.60

CBR al 95% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 98% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 97% Max Densidad para 2.5 mm de Penetración	CBR al 95% Max Densidad para 5.08 mm de Penetración
17.0%	28.0%	24.0%	29.0%
Densidad de Diseño	Densidad de Diseño	Densidad de Diseño	Densidad de Diseño
1.54 g/cm3	1.59 g/cm3	1.57 g/cm3	1.54 g/cm3



Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**SOLICITA:** UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO CÁCERES

**ANALISIS GRANULOMETRICO (HIDROMETRO): NORMA ASTM D422**

**Muestra:** Sub Rasante

**Ubicación:** Tramo 2 - Prolongación Andrés Avelino Cáceres

**DATOS PARA LA PRUEBA DEL HIDROMETRO**

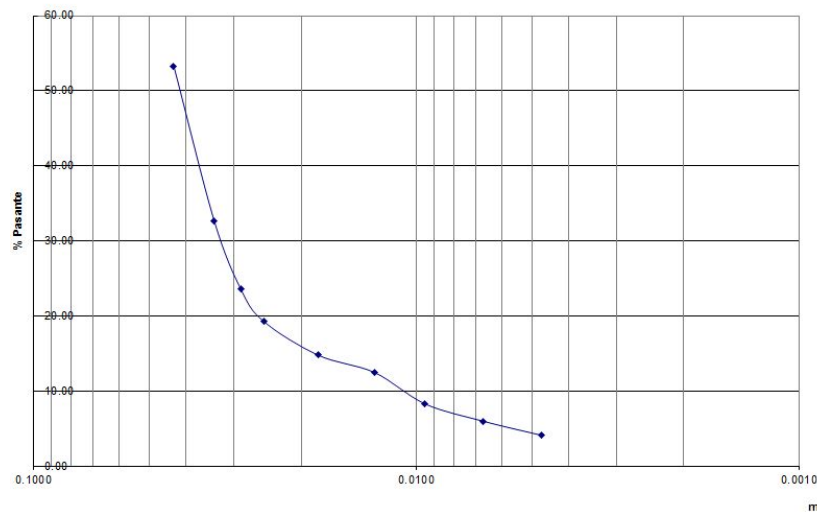
Peso de muestra : 50 gramos  
Correccion de temperatura : 0.2  
Gravedad especifica : 2.647  
Tipo de hidrometro : 151H

Ecuacion para profundidad efectiva :  $L = 16.294964 - 0.2645 \times R_m$

Tiempo transcurrido	Temperatura (Grados C°)	Lectura Actual	Lectura Corregida	k	Rm	Profundidad Efectiva	Diametro (mm)	Porcentaje Finos
1.0	21.0	1.0230	1.0233	0.0135	23.0	10.2	0.0431	53.3
2.0	21.0	1.0140	1.0143	0.0135	14.0	12.6	0.0338	32.7
3.0	21.0	1.0100	1.0103	0.0135	10.0	13.6	0.0288	23.6
4.0	22.0	1.0080	1.0085	0.0133	8.0	14.2	0.0251	19.3
8.0	22.0	1.0060	1.0065	0.0133	6.0	14.7	0.0181	14.8
16.0	22.0	1.0050	1.0055	0.0133	5.0	15.0	0.0129	12.5
30.0	23.0	1.0030	1.0036	0.0132	3.0	15.5	0.0095	8.3
60.0	23.0	1.0020	1.0026	0.0132	2.0	15.8	0.0067	6.0
125.0	24.0	1.0010	1.0018	0.0130	1.0	16.0	0.0047	4.1

Modulo de fineza : 3.07

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA





Universidad Católica de Santa María  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**SOLICITA:** UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS  
FLEXIBLES DETERIORADOS EN LAS AVENIDAS  
HARTLEY Y PROLONGACIÓN ANDRÉS AVELINO  
CÁCERES

**ANALISIS GRANULOMETRICO (HIDROMETRO): NORMA ASTM D422**

**Muestra: Sub Rasante**

**Ubicación: Tramo 3 – Avenida Hartley**

**DATOS PARA LA PRUEBA DEL HIDROMETRO**

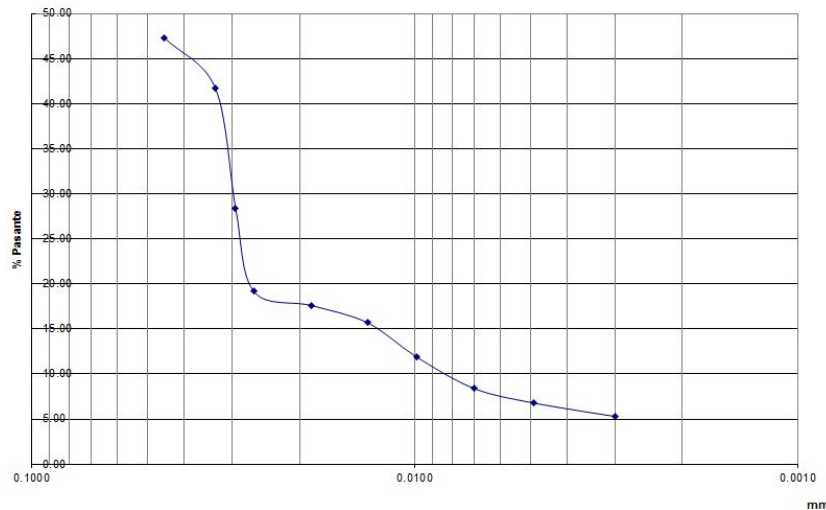
Peso de muestra : 50.5 gramos  
Correccion de temperatura : 0.2  
Gravedad especifica : 2.5  
Tipo de hidrometro : 151H

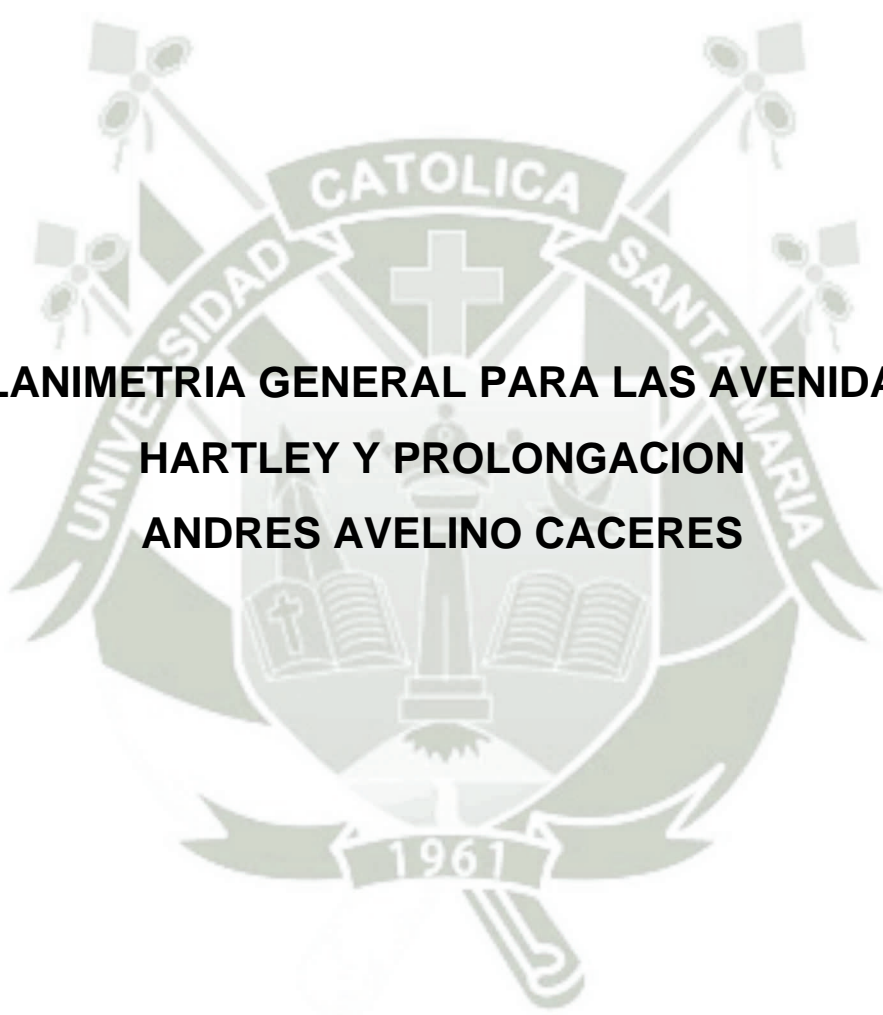
Ecuacion para profundidad efectiva :  $L = 16.294964 - 0.2645 \times R_m$

Tiempo transcurrido	Temperatura (Grados C°)	Lectura Actual	Lectura Corregida	k	Rm	Profundidad Efectiva	Diametro (mm)	Porcentaje Finos
1.0	19.0	1.0250	1.0250	0.0145	25.0	9.7	0.0451	47.3
2.0	19.0	1.0220	1.0220	0.0145	22.0	10.5	0.0332	41.7
3.0	19.0	1.0150	1.0150	0.0145	15.0	12.3	0.0294	28.4
4.0	20.0	1.0100	1.0102	0.0143	10.0	13.6	0.0264	19.2
8.0	21.0	1.0090	1.0093	0.0141	9.0	13.9	0.0186	17.6
16.0	21.0	1.0080	1.0083	0.0141	8.0	14.2	0.0133	15.7
30.0	21.0	1.0060	1.0063	0.0141	6.0	14.7	0.0099	11.9
60.0	22.0	1.0040	1.0045	0.0140	4.0	15.2	0.0070	8.4
125.0	23.0	1.0030	1.0036	0.0138	3.0	15.5	0.0049	6.8
330.0	24.0	1.0020	1.0028	0.0136	2.0	15.8	0.0030	5.3

Modulo de fineza : 3.81

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA





**PLANIMETRIA GENERAL PARA LAS AVENIDAS  
HARTLEY Y PROLONGACION  
ANDRES AVELINO CACERES**

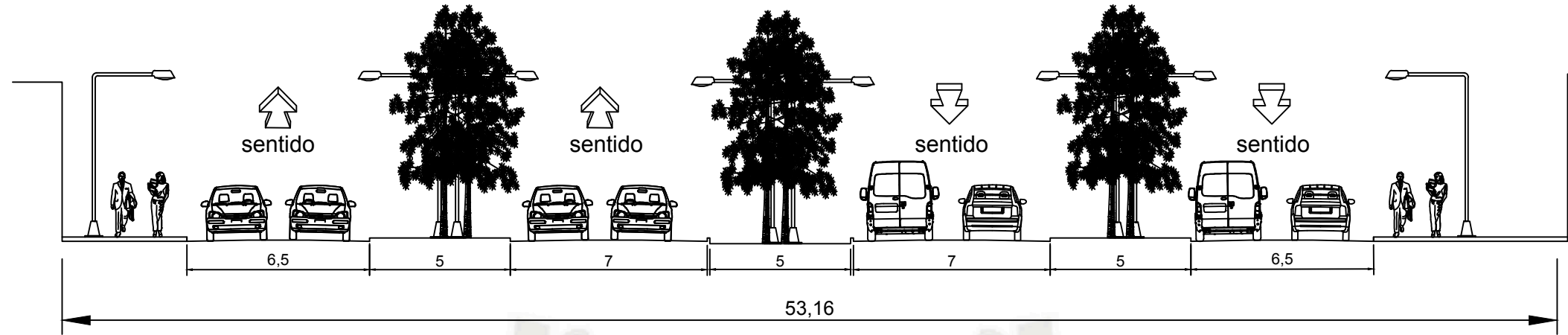
# Referencia general para la ubicacion de las zonas en evaluacion en el distrito de Jose Luis Bustamante y Rivero



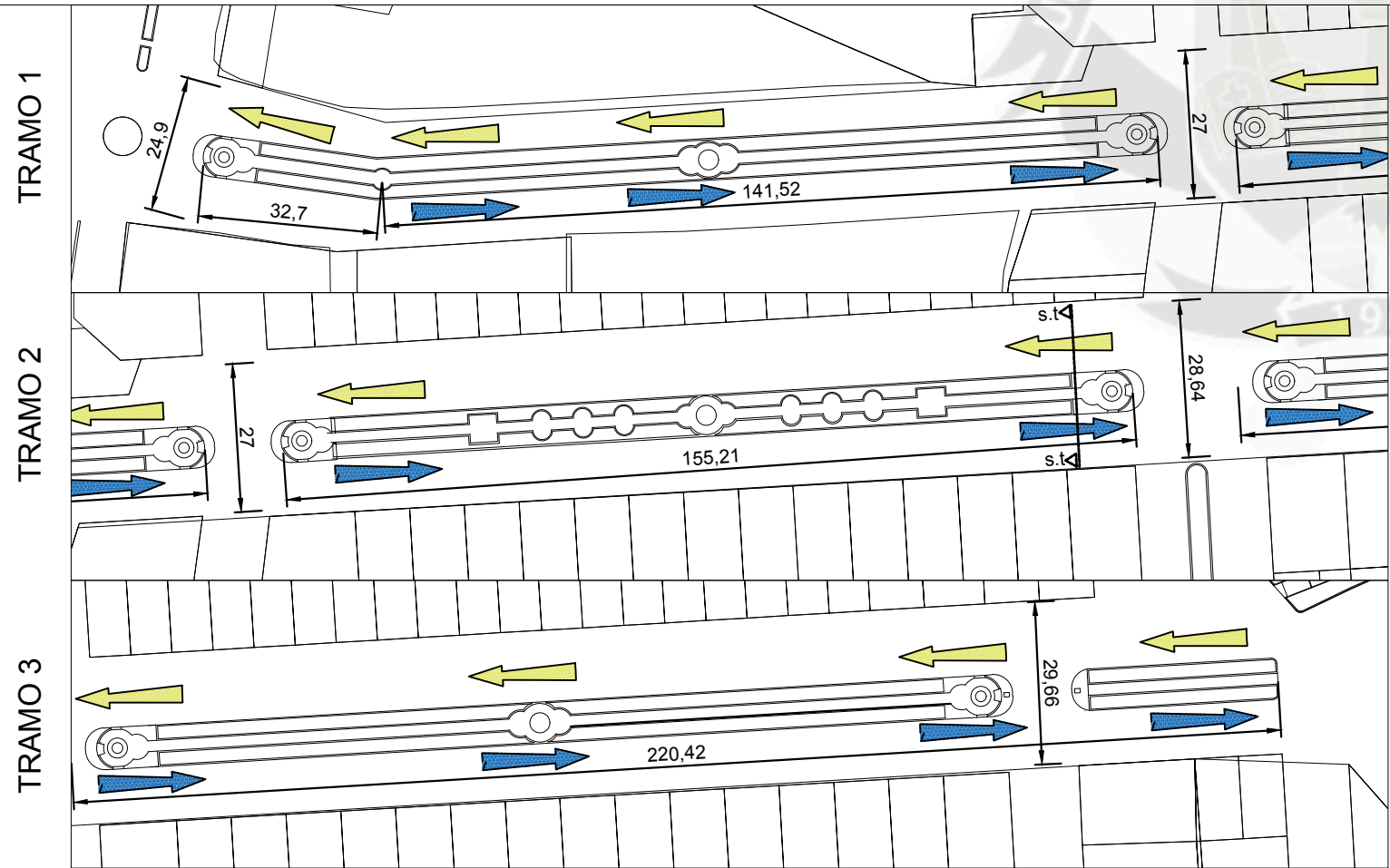
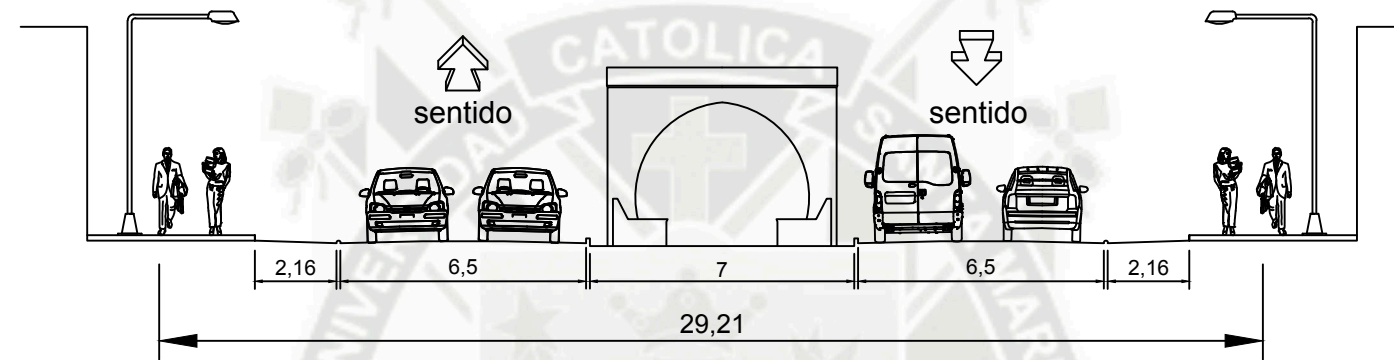
## Tramos para las Avenidas Hartley y Andres Avelino Caceres



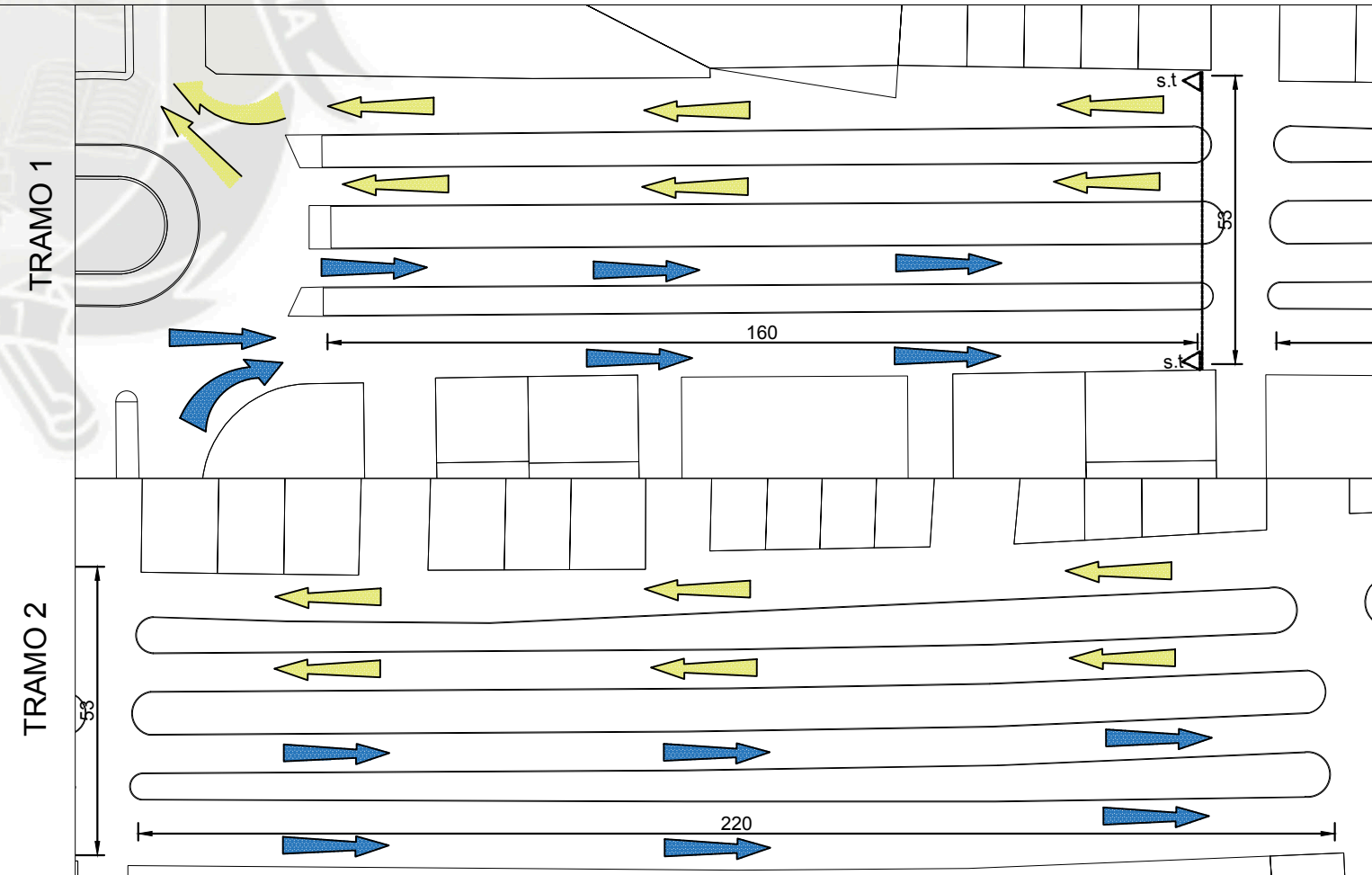
# SECCION TIPICA AVENIDA ANDRES AVELINO CACERES



# SECCION TIPICA AVENIDA HARTLEY



DIMENSIONES Y SENTIDO EN LA VIALIDAD PARA AVENIDA HARTLEY, TRAMOS 1, 2 Y 3



DIMENSIONES Y SENTIDO EN LA VIALIDAD PARA AVENIDA A.A.CACERES, TRAMO 1 Y 2

Recoleccion de informacion - Avenidas Evaluadas	
Secciones y Dimensiones de las Avenidas Evaluadas	fecha : 10-1-17
Elaborado por: Rojas Gahona Gandy Vladimir	Escala Secciones 1:200 Escala Secciones 1:1250