

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISERTACION PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE
MASTER EN INGENIERÍA VIAL**

**“ESTUDIO DEL MODELO DE GESTION PARA EL MANTENIMIENTO DE CALLES Y
AVENIDAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”**

**NOMBRES: ING. SEGUNDO VICTOR GONZALEZ ÑATO
ING. VICTOR LUIS LASSO PEÑAFIEL**

DIRECTOR: ING. GUSTAVO YANEZ CAJAS

QUITO, 2014

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	I
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
CAPITULO I GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes.	1
1.1.1 Desarrollo de la pavimentación en el Ecuador	4
1.1.2 Desarrollo y conservación de carreteras	9
1.1.3 Desarrollo y conservación de las carreteras en el Ecuador	11
1.2 Planteamiento del problema	12
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Alcances y limitaciones	13
1.4.1 Alcances	13
1.4.2 Limitaciones	14
1.5. Justificación	14
CAPITULO II GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS	15
2.1. Definición actual de pavimento	15
2.1.1. Elementos que conforman la estructura del pavimento	15
2.1.2. Funciones de los pavimentos	17
2.1.3. Tipos de pavimentos	18
2.1.4. Comportamiento de los pavimentos	21
2.2. Gestión de pavimentos	23
2.2.1. Niveles de gestión de pavimentos	24
2.2.2 Estructura típica de un sistema de gestión de pavimentos (SGP)	26
2.3. Nivel de serviciabilidad	31
2.4. Deterioro de los pavimentos	31
2.4.1 Métodos de auscultación	32
CAPITULO III EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE LOS PAVIMENTOS	38
3.1. Evaluación técnica de pavimentos	38
3.1.1. Introducción	38
3.1.2. Descripción actual del estado del pavimento	38
3.2. Requerimientos de información	39
3.2.1. Clases de datos utilizados	39
3.2.2. Requerimiento de datos de inventario	41
3.2.3. Identificación de los tramos y sectores	42

3.3. Solicitaciones de tránsito	46
3.3.1. Efectos de las cargas en los pavimentos	46
3.3.2. Características del tránsito	47
3.3.3. Cálculo del TPDA	48
3.4. Solicitaciones de medio ambiente	50
3.4.1. Efectos de la temperatura	50
3.4.2. Efectos de la humedad (Precipitaciones)	50
3.5. Evaluación estructural	51
3.5.1. Métodos de evaluación estructural	53
3.5.2. Rugosímetro: medición y datos del IRI	54
3.5.3. Deflectómetro de impacto	85
3.6. Retrocálculo	126
3.7. Modelo de deterioro de pavimento	129
3.7.1. Deterioro de la carpeta	130
3.7.2. Parámetros principales de modelización	132
3.7.3. Procedimiento de cálculo	133
3.8. Técnicas de conservación de pavimentos	134
3.8.1. Tratamientos de mantenimiento preventivo	137
3.8.2. Estándares de mantenimiento	140
3.9. Evaluación económica	141
3.9.1. Costos de operación vehicular	141
3.9.2. Parámetros de evaluación económica	143
CAPITULO IV SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS	144
4.1. Sistemas de gestión de pavimentos	144
4.1.1. Generación del sistema de gestión de pavimentos	144
Sistema de Referencia	157
Información Requerida por el Sistema	157
Manejador de Bases de Datos	158
Herramientas de análisis	158
4.2. Sistema de gestión de pavimentos del distrito metropolitano de quito SGP-DMQ	159
4.2.1. Definición de objetivos	159
4.2.2. Recolección de datos	160
4.2.3. Análisis de datos	160
4.2.4. Categorización del proyecto	161
4.2.5. Evaluación de estrategias	161
4.2.6. Programación de actividades rutinarias	161
4.2.7. Programación de actividades periódicas y rehabilitaciones	162
4.3. Uso de programa hdm4	166
4.3.1. Ingreso de datos de vías a modelar	166
4.3.2. Ingreso de datos del parque vehicular	171
4.3.3. Ingreso de datos para estándares de trabajo	172
4.3.4. Ingreso de datos para configuración	174

CAPITULO V	177
5.1. Conclusiones	177
5.2 Recomendación	178
5.2.1 Recomendaciones generales	178
5.2.2 Recomendaciones con respecto a la realidad del distrito metropolitano de quito	179
BIBLIOGRAFÍA	181
ANEXOS	182

RESUMEN

Con el desarrollo de la presente tesis Estudio del Modelo de Gestión para el mantenimiento de calles y avenidas del Distrito Metropolitano de Quito se lleva a cabo un estudio del estado actual de las vías principales del Distrito para de una manera objetiva tener una idea de cómo se encuentran realizando el mantenimiento. Para realizar estos estudio se utilizó tanto los métodos tradicionales como son los datos de inventario visual , identificaciones de tramos , características de tránsito, efectos de humedad, de temperatura etc., así como el uso de los nuevos métodos que con la compra de los equipos de última tecnología que el Distrito Metropolitano viene hacienda uso como son

Deflectómetro de Impacto para obtener el las deflexiones y el Rugosímetro para obtener datos del IRI información que conlleva a la evaluación el pavimento para ver la necesidad oportuna de mantenimiento o rehabilitación en el caso de ser necesaria, de esta manera se logra incrementar el tiempo de vida útil del pavimento, garantizando una mejora del nivel de servicio para los usuarios del Distrito Metropolitano.

DESCRIPTORES:

ESTUDIOS DE TRÁFICO / EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO / MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS DE PAVIMENTOS / REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO / ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

ABSTRACT

With the development of this thesis Study of Management Model for the maintenance of streets and avenues of the Metropolitan District of Quito carried out a study of the current state of the main streets of the District to objectively get an idea of how are undergoing maintenance. To perform these studies are both used traditional methods such as visual inventory data, identifications sections, traffic characteristics, effects of humidity, temperature etc., and the use of new methods with the purchase of equipment latest technology that comes Metropolitan District finances are use as Deflectometer for the deflections and Roughness IRI data for information that leads to the pavement evaluation for timely maintenance or rehabilitation in the case of necessary, thus achieved increase the useful life of the pavement, ensuring an improved level of service for users of the Metropolitan District.

DESCRIPTORS:

TRAFFIC STUDY / EVALUATION OF PAVEMENT / DESTRUCTIVE METHODS
PAVEMENT / PAVEMENT REHABILITATION / ALTERNATIVE PAVEMENT
REHABILITATION

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.

Desde los inicios de los tiempos el hombre siempre busco como poder transportar de un sitio a otro tanto la carga como a el mismo, superando tanto las condiciones climáticas como todos los obstáculos naturales cada vez buscando mayor rapidez y seguridad.

Si bien es cierto al inicio de los tiempos el transporte se lo hacía principalmente caminando y con la utilización de los animales, realizando en muchos de los casos migraciones muy largas, por lo que vieron la necesidad de realizar caminos más o menos regulares para facilitar dichas movilizaciones, estos lugares de transito con el transcurso del tiempo y el constante paso de la gente sirvió para compactar los terrenos y zonificar los sitios de paso que fue considerado como el primer paso para la evolución de los pavimentos.

Luego con la llegada de la rueda la transformación fue total, debido a que los animales que realizaban la trasportación debían tener sitios adecuados donde no tuvieran problemas tanto de tracción como de accidentes, por lo que se vieron en la necesidad de crear una capa de rodadura más resistente. Se cree que los primeros caminos pavimentados surgieron en Mesopotamia hace unos 5500 años, posteriormente los pueblos Asirio y Egipcio construyeron una ruta entre Asia y Egipto alrededor del año 3500 A.C. Los Cartagineses por su parte construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo por el año 500 A.C.

Según el historiador griego Heródoto (484-425 A.C.), los primeros caminos de piedra fueron contruidos en Egipto durante el reinado de Keops, y sirvieron para transportar los inmensos bloques de piedra que se utilizaron en la construcción de las pirámides.

Como puede verse, el desarrollo de las grandes civilizaciones estuvo fuertemente ligado a la facilidad con que sus habitantes podían comunicarse unos con otros y establecer relaciones económico-sociales. Además, el mejoramiento sostenido de sus caminos significó durante mucho tiempo el dominio de sus territorios y la posibilidad de expandirse cada vez más.

Los romanos por ejemplo, se destacaron por la calidad de sus caminos, los cuales se consideran como los primeros contruidos científicamente, gracias al desarrollo de técnicas sumamente

efectivas para la estabilización de los suelos, llegando hasta la construcción de capas de rodaje conformadas por piedras labradas pegadas entre sí mediante la utilización de mortero de cemento natural. Con éstos métodos se lograron mantener en buen estado los caminos hasta la edad media, cuando cayeron en desuso debido a su alto costo. Algunos de los caminos construidos con dichas técnicas aún pueden apreciarse, como es el caso de la famosa Vía Apia que iba de Roma a Hidruntum y cuya construcción se inició en el año 312 A.C. Por otra parte, en el continente Americano la civilización Maya, Tolteca, Azteca e Inca desarrollaron también una avanzada técnica de construcción de caminos en sus territorios.

Los mayas construyeron los llamados Caminos Blancos, formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación que eran cubiertos con una superficie de piedra caliza, y cuyos vestigios aún se encuentran en Yucatán, México. La capital azteca según las crónicas españolas estaba situada al centro de un lago y se comunicaba con tierra firme por medio de grandes calzadas.

Con el paso del tiempo, las actividades del ser humano se fueron diversificando y volviéndose más complejas; lo que obligó a mantener un estudio constante para el mejoramiento de las técnicas de construcción de caminos y carreteras, ya que estas obras fueron cada vez mayormente exigidas desde el punto de vista estructural y funcional, representando un reto diario para los Ingenieros de carreteras el lograr mejores vías con los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

En Inglaterra a la par de la era Napoleónica, Thomas Telford y John L. McAdam, desarrollaron técnicas parecidas para la construcción de caminos. McAdam (1756 – 1836) formuló las primeras consideraciones acerca de la importancia del drenaje para conservar la estructura del pavimento, así como de la combinación de agregados de diferentes tamaños para mejorar la capacidad de transmisión de las cargas en las bases granulares. Como base para los caminos, McAdam utilizaba una piedra más pequeña que la utilizada por Telford, lo cual se constituyó como el principio fundamental para los pavimentos y bases de macadam.

Alrededor del año 1800, con la llegada de los automóviles y los neumáticos, el empedrado dejó de ser una opción viable desde los puntos de vista estructural y funcional, así como también de seguridad, debido a que se acrecentaron las fuerzas horizontales provocadas por el arranque, la

aceleración y el frenado de los vehículos, de igual manera sucedió con el fenómeno de succión que degradaba rápidamente la superficie de las vías.

Como alternativa surgieron los pavimentos adoquinados, sin embargo, el auge automotriz demandaba grandes cantidades de adoquines para pavimentar y al no dar abasto se tuvo la necesidad de buscar nuevas técnicas, llegando hasta el pavimento actual; el cual necesita de la utilización de materiales ligantes como el asfalto o el cemento Portland.

La primera aplicación de asfalto en la construcción de vías para tránsito de vehículos se remonta a 1852, en la carretera que une a París con Perpignan, y dos años después se utilizó el primer sistema para compactar el concreto asfáltico.

La construcción moderna de caminos se inició en 1869 en Estados Unidos, donde se usó por primera vez una máquina que permitía una compactación más rápida, fácil y de mejor calidad que con el método manual. En 1870 se construyó un pavimento asfáltico en Newark, al año siguiente se construyó en Washington un pavimento compuesto de roca triturada, arena, alquitrán y aceite de creosota. Los pavimentos de concreto de cemento Portland se desarrollaron a partir de 1865 en Inverness (Escocia), posteriormente en 1866 y 1872 se llevaron a cabo trabajos de pavimentación en Edimburgo (Escocia).

En América, la primera experiencia en la construcción de pavimentos de concreto se remonta a 1891 cuando en Bellfontaine (Ohio – Estados Unidos), se construyó una franja de 80 m. de largo y 2.4 m. de ancho que aún hoy subsiste. Dos años después se construyó allí mismo el primer pavimento con el ancho de una vía, siendo éste la primera muestra de los que conocemos hoy en día.

El tratamiento de suelos naturales con cemento (suelo – cemento) en el uso de vías se empezó a desarrollar a partir de 1930. En los Estados Unidos se construyeron bases mejoradas, que eran poco sensibles a las condiciones climáticas y facilitaban la construcción de las capas superiores en vías de moderado y alto tráfico. A partir de 1933, se inicia realmente la era industrial de los pavimentos de concreto, fenómeno que se dio primero en Alemania, como una lucha contra el desempleo y a la vez para permitir el desplazamiento rápido y seguro de las unidades militares.

1.1.1 Desarrollo de la pavimentación en el Ecuador

El aumento de tamaño y densidad de las poblaciones en las ciudades de las primeras civilizaciones y la necesidad de comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores, es allí donde surgen las carreteras. Las carreteras fueron los primeros signos de una civilización avanzada, los incas de Sudamérica construyeron una avanzada red de caminos que no se consideran estrictamente carreteras, ya que la rueda no era conocida por los incas. Estas llamadas carreteras que recorrían los Andes e incluían galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo XX se inicia un programa de construcción de carreteras a consecuencia de la popularidad de la bicicleta en la década de 1880 y la aparición del automóvil una década más tarde. En el Ecuador la llegada del primer vehículo hizo su llegada en 1901, fue el inicio de las carreteras en nuestro país sin dejar que mencionar que antes, existían ya las calles, plazas e iglesias. En aquellos días las calles eran únicamente de tierra, y sólo las principales eran reforzadas con piedras debido a que el transporte utilizado eran los carretones y los caballos.



FIGURA 1.1 Primer vehículo en llegar al Ecuador año 1901
Fuente: Diario El Comercio

Cabe recalcar que hasta 1925, época de la transformación política del país, solo se hicieron varios estudios, rectificaciones y mejoramientos de ciertas vías, con el propósito de que poco a poco se convierta en una vía carrozable, para lo cual el 21 de Mayo de 1926, se emitió el decreto de creación de fondos para la carretera Guaranda - Babahoyo, construcción que se la concluyó en la administración del Dr. Isidro Ayora que fue ejecutada en forma patriótica, aprovechando la contribución entusiasta y desinteresada de los pobladores a lo largo de la vía, mediante las llamadas mingas.

Posteriormente los gobiernos de turno, pusieron todo su interés con el fin de ejecutar por tramos la carretera Rumichaca - Babahoyo, disponiendo como base, los ingresos que iban generando las exportaciones de cacao.

El primero de los tramos que se ejecutó fue el de la carretera Quito - Ibarra, gracias al apoyo que dieron las administraciones de Antonio Flores, Freile Zaldumbide, Leónidas Flores, Eloy Alfaro e Isidro Ayora, quiénes dictaron varios decretos, en orden a conseguir fondos para la construcción de esta vía, pero los que dieron mayor impulso fueron:

Galo Plaza, con el decreto del 24 de Febrero de 1904, que decide la construcción de esta carretera de tipo nacional, pero a condición de que pase por Cayambe, trazado que por muchos años, fue solicitado por los pobladores de Cayambe.

En agosto de 1929 el Dr. Ayora, decretó la construcción de variantes en el sector de Guayllabamba, Otón y Cusubamba, teniendo la cooperación del Batallón Constitución en Guayllabamba y del Regimiento Bolívar en Cusubamba. Las características técnicas con las que se construyeron fueron, con gradientes mínimas 6% y máximas 12%, ancho promedio de 2 metros y 133.4 km de longitud con el siguiente itinerario:

Ibarra - Guayaquil	92.2 km
Guayllabamba - Quito	41.2 km
TOTAL	133.4 km

El segundo de los tramos en construirse fue el de la carretera Ibarra - Rumichaca, vía que venía estudiándose desde 1917, pero que desgraciadamente se tradujeron en simples informes; pero el 7 de noviembre de 1925 la Junta de gobierno Provisional, dictó un decreto de constitución, por lo que dicha vía tenía que pasar por la ciudad de Tulcán. Los estudios preliminares de esta vía se iniciaron en diciembre de 1925 y a cargo del señor Alberto Suarez y en colaboración de los ingenieros militares, capitán Carlos Latorre, Capitán Federico Struve y teniente Luis Sierra P., para luego proseguir a cargo de la Dirección General de Obras públicas quienes realizaron los estudios definitivos de las 3 alternativas y concluyéndose el 29 de noviembre de 1926. Para su ejecución se escogió la vía más corta y económica que hace pocos años atrás, todavía se utilizaba y que tuvo como su gestor principal el Dr. Ayora, quien realizó la construcción total de dicho tramo, gracias al apoyo del gobierno central, aporte de las unidades militares acantonadas en el norte y la cooperación decidida del sistema de mingas. Las características técnicas de esta vía eran las siguientes: gradiente

mínima 6 % y máxima 8%, ancho promedio de 2 m y 132 km de longitud y a un costo total de \$1'428.268 equivalente a \$ 10.820 el kilómetro.

En este período, cabe destacar que, mientras se daba relativo interés a las obras de construcción, que eran controladas por las "Juntas de Caminos" (conformado por los hijos más ilustres de cada localidad o provincia), no había interés en labores de mantenimiento, que inclusive se suspendieron en aproximadamente 17 años, desde 1908 a 1925. Pero en el gobierno del Dr. Córdova, en consideración a que la vía Quito - Riobamba se encontraba intransitable, se procedió a celebrar un contrato de trabajo de reparación con la firma The Tesalia Spring Co., obra que fue financiada a través de una Contribución voluntaria de 20 centavos para cada litro de gas carbónico, que se embarcaba en el ferrocarril por la estación de Machachi, impuesto que producía mensualmente alrededor de 300 sucres, a lo que había de agregar el aporte de 6.000 sucres que se obligó al gobierno a contribuir para las reparaciones y que posteriormente estas obras se prolongaron hasta Guamote.

Podría decirse que la contribución anteriormente enunciada, podría constituirse en el primer impuesto destinado al mantenimiento vial en el País.

Finalmente, la carretera Rumichaca - Babahoyo de 605.9 km de longitud luego de los avatares socio-políticos, se puso al servicio del público en su totalidad en 1930, apreciándose que para esa época esta obra constituyó un orgullo para el país, por cuanto se podía realizar un viaje cómodamente a caballo, autobús, automóvil y a precios reducidos y en tiempos verdaderamente cortos, dando inicio en esta oportunidad al desarrollo, agrícola, pecuario, industrial, comercial y turístico del Ecuador.

Según informes del Ministerio de Obras Públicas de 1936 - 1940, se desprende que las carreteras se encontraban en franco deterioro y que no ofrecían la seguridad del caso y además constituían una verdadera odisea la movilización de personas y productos hacia los distintos centros de consumo, situación que fue aún más visible en las provincias del norte. Sin embargo se crean las carreteras Las Palmas - Atacames, que comprendían 40 km. Aproximadamente, y la vía Tachina - Río Verde.

El Ecuador, después de la segunda guerra mundial y en la segunda administración del Dr. José María Velasco Ibarra, experimentó cambios en la economía interna del país, puesto que se presentó un crecimiento de las exportaciones de madera de balsa, caucho y otros, dotándole al estado de

recursos que le permita ejecutar las obras fundamentales y que estaban a cargo del Ministerio de Obras Públicas y que comprendían desarrollo vial, urbanización, trabajos de regadío y otro tipo de labores que en la actualidad están distribuidas en distintos Ministerios.

Al finalizar la década de los 40, aparece la época del auge bananero permitiéndoles al país obtener nuevos recursos, por lo cual, en la tercera administración del Dr. Velasco Ibarra, se da un decidido impulso a la vialidad en el país, a través del "Primer Plan Nacional de Vialidad" que planteaba la construcción de 2.100 km, a un costo de 500 millones de sucres, concebido básicamente para comunicar los principales puertos del país con los centros de producción, consumo y poblaciones entre Costa y Sierra, proyectos que tuvieron el financiamiento, a través de un impuesto al consumo de la gasolina. En 1947 se crea las carreteras Esmeraldas - Muisne; Tachina - La Tola, que unían estas ciudades y en 1948 la vía Santo Domingo - Quinindé. Con respecto a la región oriental, para esa época, la infraestructura vial se encontraba en su fase incipiente; en la administración del Sr. Carlos Julio Arosemena Tola, se creó en 1948 la Junta Nacional Pro Oriente JUNO, con la finalidad de impulsar, fomentar y coordinar las actividades nacionales tendientes a un mejoramiento efectivo de la economía y la cultura de la región oriental, emprendiendo su acción con la construcción de las siguientes carreteras: Puyo - Napo - Paute - Méndez - Morona, Riobamba - Huamboya - Morona, Pun-San Miguel de Sucumbíos y posteriormente se incluyó la ejecución de las vías Latacunga - Salcedo - Napo y Loja - Zamora, programa que tuvo el financiamiento de fondos municipales, fiscales y erogaciones voluntarias, tanto de personas naturales como jurídicas, fondos que eran administrados a través de los Ministerios de Gobierno y Defensa, pero estos recursos comparados con la magnitud de la obra a ejecutarse eran insuficientes. El congreso de 1948, preocupado por la construcción de los caminos de penetración, dictó un decreto que se publicó en el Registro Oficial No 97 de 29 de diciembre de 1948 y luego reformado en 1949, para la creación de la "Cédula Orientalista" que dotaba de fondos que no fueron suficientes para cubrir las necesidades previstas, lo que ha originado el lento proceso de construcción.

En la administración de la Junta Militar de Gobierno, las inversiones en carreteras forman parte del Primer Plan de Desarrollo Económico y Social del Ecuador para 1964 - 73 denominado "Segundo Plan de Vialidad" y que proponía, a nivel nacional, la construcción de 1.048 km de vías nuevas, el mejoramiento de 2.295 km de vías principales y la construcción de 4.000 km de caminos vecinales con una inversión de alrededor de 3.526 millones de sucres. Dentro de este plan encontramos las

vías Sto. Domingo - Quinindé - Esmeraldas y Tena - Puyo construida por la empresa petrolera Shell en 1968.

En la cuarta administración del Dr. Velasco Ibarra, se formula el tercer plan de Vialidad y concebido para un período de 13 años, 1969, 1981 cuyo objetivo estaba orientado a la terminación de las vías ejecución del Segundo Plan Vial y la incorporación de 2.508 km. terminación de 6 puentes y construcción de otros 5 puentes mayores a un costo de 5.020 millones de sucres. Se ejecutan la carretera Latacunga - Quevedo, en 1970.

En el Gobierno de las Fuerzas Armadas, se presenta el "Programa de Carreteras y terminales Terrestres" que es parte del Plan Integral de Transformación y Desarrollo para 1973 - 77, programa que tiene como objetivo conformar un sistema altamente eficiente que coadyuve al desarrollo Económico Social, para lo cual presenta una estrategia con sus principales líneas de acción; propugnar el aprovechamiento de la red principal mediante un adecuado mantenimiento con miras a preservar las inversiones realizadas, construcción de las vías de la red fundamental, Secundaria y Vecinal y la construcción de terminales terrestres en Quito y Guayaquil a un costo de 6.548,4 millones de sucres, financiados con fondos internos, como son: los de FONADE, FONAPRE y de los Consejos Provinciales y con fondos externos, provenientes de Agencias Internacionales con financiamiento.

Con el fin de orientar adecuadamente el programa de inversiones, el Ministerio de Obras Públicas, ejecutó los estudios de factibilidad de las vías programadas, a través del denominado "Plan Maestro de Programación Vial", completándose con los manuales titulados, "Normas para el Diseño de Carreteras" y el "Manual de Diseño de Carreteras" que tienen el propósito de establecer una sistematización, ordenamiento y uniformidad de criterios en materia de estudios y diseños de carreteras para la red fundamental, secundaria y vecinal del país.

La red vial total existente en ese entonces fue de 22.000 km, de carreteras; la cual estaba conformada por 900 puentes. Se sometió a evaluación para posibles mejoramientos 7.300 km, de carreteras existentes.

Se seleccionó 16 áreas que aparecían con el mejor potencial de desarrollo y que cubre aproximadamente 10 millones de hectáreas de tierra aprovechable.

El período de análisis de este plan comprende 23 años desde 1972 hasta 1995.

El desembolso para el mejoramiento de carreteras existentes sería de acuerdo al siguiente programa:

%	Año
5%	1973
40%	1974
55%	1975

El desembolso para la construcción de carreteras de penetración y caminos vecinales sería:

%	Año
50%	1974
50%	1975

Se vio la necesidad de construir 1.800 km, de carreteras de penetración y caminos vecinales de 3 zonas que están ubicadas tanto en el Oriente como en el Noroeste del país; las cuales agregaría alrededor de 700.000 Ha de tierra cultivable a un costo de 3.200 millones de sucres.

El análisis de prioridades de la evaluación económica de proyectos de mejoramiento vial señala que hay: 183 proyectos cuya longitud total aproximada es de 4.800km a un costo de 8.950 millones de sucres.

1.1.2 Desarrollo y conservación de carreteras

La red de carreteras de un país forma la espina dorsal de su economía y representan una inversión enorme en millones de dólares, que permite el movimiento seguro y eficiente de la gente y de mercancías. Las decisiones económicamente factibles y técnicas sanas sobre diseño, la construcción, el mantenimiento, la rehabilitación, y la reconstrucción de los pavimentos de la carretera son cruciales para preservar la red de la carretera en condiciones aceptables.

Las primeras prácticas de la construcción y de mantenimiento del pavimento se efectuaron en la era Pre-cristiana; fueron establecidas primero por los romanos que construyeron una red de caminos impresionantes a través de Europa y el Oriente Medio sobre todo para los militares y el uso comercial.

Por muchos centenares de años, la tecnología de la red del pavimento del camino no mejoró hasta

los pavimentos pioneros construidos a finales del siglo XVI y comienzos del siglo XVII, para los reyes franceses y británicos. La invención del vehículo de motor condujo al diseño y construcción moderna del pavimento de la carretera a fines del siglo XIX.

Históricamente, el diseño y la construcción de pavimentos se han basado en especificaciones metódicas, y las funciones del mantenimiento fueron tratadas sobre todo sobre una base de avisos que reflejaba la experiencia local.

En las épocas modernas el desarrollo económico primario se centra en el público en general y los usuarios comerciales que se benefician de una red bien mantenida de carreteras. El concepto del Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) se desarrolló en los años 60's y años 70's. Desde entonces se ha reconocido a los SGP como la manera más eficaz de seleccionar las estrategias rentables para construir y mantener los pavimentos en condiciones útiles dentro de los apremios de fondos disponibles. Esto es un logro notable, en la década de los años 80's, el concepto de los SGP no era sabido ni fue aceptado extensamente por la mayoría de las agencias de la carretera.

La Primera conferencia principal sobre la Gestión de Pavimentos fue realizada en 1985 en Toronto por el Ministerio del Transporte en Ontario, Canadá, seguido por la Segunda Conferencia en 1987 en la misma ciudad. La Gestión de Pavimentos se convirtió desde entonces en un acontecimiento internacional importante con la Tercera Conferencia en 1994 en San Antonio, Texas, E.E.U.U. organizados por el Consejo de Investigación del Transporte; la Cuarta Conferencia se realizó en Sudáfrica en 1998, la Quinta Conferencia en Seattle, Washington, E.E.U.U. en 2001, y la Sexta Conferencia en Brisbane, Australia en 2004.

Estas conferencias se convierten en lugares excelentes para intercambiar la experiencia de las innovaciones tecnológicas, del desarrollo y de la puesta en práctica de los SGP para los participantes mundiales de todos los sectores de la sociedad. Muchas otras conferencias internacionales y regionales también han contribuido con sesiones sobre la Gestión de Pavimentos.

El trabajo duro de mucha gente a través del mundo ha hecho a los SGP un sistema confiable para las necesidades de cuantificación del mantenimiento, evaluación y funcionamiento del pavimento, mientras que se relaciona con la Gestión rentable de las redes del camino y de la carretera.

1.1.3 Desarrollo y conservación de las carreteras en el Ecuador

A partir de las primeras pavimentaciones que se llevaron a cabo en el país, se pudo apreciar la importancia del mantenimiento de las obras viales, a las que en un principio les dio seguimiento la Dirección General de Obras Públicas mediante la Sección de Caminos, Puentes y Calzadas. En la actualidad los entes encargados de la planificación y conservación de la red vial son el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano a través del Vice- ministerio de Obras Públicas y el Fondo de Conservación Vial, respectivamente.

La expansión y mantenimiento de la red vial de nuestro país se vio reducida durante la década de los 80's, debido a múltiples factores que surgieron en esa época y que provocaron una gran pérdida de la serviciabilidad de nuestros caminos. Posteriormente, en años recientes, las inversiones en infraestructura vial cobraron fuerza debido a la necesidad de nuevas carreteras, además, el aumento de la población y de las actividades productivas, así como la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, ha hecho que muchas de las vías de circulación existentes ya no tengan la suficiente capacidad para prestar sus servicios adecuadamente.

Los recursos económicos del país no son suficientes como para hacer grandes inversiones en proyectos viales costeándolos con las recaudaciones de impuestos, lo que ha hecho que desde 1954 deban negociarse préstamos con instituciones financieras internacionales, como el Banco Mundial; siendo éste hasta la fecha, uno de los bancos que más apoyo ha dado a los gobiernos de países en vías de desarrollo.

En nuestro país, se ha adoptado un sistema de gestión vial creado específicamente para nuestras condiciones, Ha sido implementado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Dicho sistema sirve como herramienta para apoyar la planificación de las intervenciones a realizar en las carreteras para su mantenimiento, rehabilitación y construcción, priorizando las intervenciones sobre una base eminentemente técnica. En cuanto a los caminos administrados por gobiernos municipales, el mantenimiento de éstos se realiza por medio de una metodología de respuesta, en aquellas vías cuya importancia amerite una intervención inmediata, mientras que en caminos de menor categoría el mantenimiento es aplicado en periodos de tiempo muy extensos o no se aplican

1.2 Planteamiento del problema

Desde principios de la década de los 90's, se ha visto un aumento considerable en los proyectos de pavimentación en vías urbanas e interurbanas, a la vez que se le ha dado mayor importancia al mantenimiento adecuado de la red vial existente, esto se debe entre otros factores, al auge vehicular, la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, al crecimiento de los núcleos urbanos, y al cumplimiento del período de vida útil de muchas estructuras de pavimentos. Lo anteriormente expuesto ha llevado a una demanda de mayores niveles de serviciabilidad en los pavimentos de la red vial; lo cual, a su vez vuelve más rigurosos los estándares de mantenimiento que se aplican a las vías según su importancia.

En nuestro país, la planificación, ejecución de proyectos y conservación de la red vial principal, se lleva a cabo de forma coordinada entre el Ministerio Transporte y Obras Públicas (MTO) y los Gobiernos Seccionales o se encargan de la planificación y desarrollo de proyectos nuevos, así como los mejoramientos de vías existentes. Mientras que el segundo, determina estrategias de conservación de los pavimentos de la red y las ejecuta. La red vial municipal corresponde a las alcaldías y consejos.

Es un hecho conocido que las inversiones en la construcción de nuevas carreteras y en el mantenimiento de éstas son cuantiosas, y en el primer caso muchas veces provienen de préstamos internacionales. Por lo anterior, la gestión de pavimentos adquiere cada vez una mayor importancia para los países en desarrollo como el nuestro, donde los proyectos y sus alternativas deben priorizarse sobre la base de estudios precisos para aprovechar al máximo los siempre limitados recursos.

Por lo tanto, se ha decidido elaborar un Sistema de Gestión de Pavimentos, capaz de manejar información de la red vial del Distrito Metropolitano de Quito, el cual permitirá utilizar criterios de decisión y definir alternativas realistas que contribuyen con la eficiencia en la toma de decisiones, de una manera dinámica y flexible, y estableciendo un programa de acción técnica óptimo desde el punto de vista económico, considerando las condiciones de restricción de presupuesto en las que generalmente trabaja la administración pública. Además, el sistema se hará libre de restricciones de propiedad, de tal manera que se puede adelantar cualquier modificación, adaptación o mejora sin necesidad de recurrir a un consultor externo. Esto conducirá a la reducción de costos por

mantenimiento y actualización.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Desarrollar un Sistema para realizar una adecuada Gestión de la infraestructura de Pavimentos del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2. Objetivos específicos

- Encontrar las mejores alternativas de trabajos de mantenimiento y rehabilitación, para mejorar las alternativas y realizar mejores procedimientos para la inversión con esto lograremos tener mejores alternativas que sirvan en un futuro.
- Realizando la evaluación de las condiciones estructurales y funcionales de los pavimentos y mediante estudios encontrar un análisis a futuro de los deterioros que van a sufrir los mismos para poder encontrar soluciones para evitar los mismos.
- Ofrecer a las autoridades del Distrito Metropolitano de Quito una herramienta para poder realizar futuras intervenciones, conociendo de antemano, el estado en que se encuentran las vías y así poder, tanto ganancia en tiempo y abaratamiento de costos para el mantenimiento de la red vial.
- Poder ayudar a otros municipios con este modelo de Gestión de Pavimentos, con su utilización un mayor progreso para los mismos.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1 Alcances

- Desarrollar un Sistema de Gestión de Pavimentos en una sección de la Red Vial de Pavimentos Flexibles administrada por un Gobierno del Distrito Metropolitano de Quito. De tal manera, el ámbito de estudio queda definido por la división política del municipio.

1.4.2 Limitaciones

- En nuestro país son escasas las vías que manejan los municipios en las que llevan un registro cronológico de los deterioros superficiales de los pavimentos, por lo cual la modelación del comportamiento de los pavimentos se hará sustentado en la base de predicciones por medio de ecuaciones y la utilización de información de otras vías con características similares.

1.5. Justificación

Las limitaciones económicas de países como el Ecuador, obligan a priorizar aquellos proyectos viales que se esperan tengan un mayor impacto en la calidad de vida de las personas. Es decir, que cada día se vuelve más importante una adecuada gestión de pavimentos, debiendo utilizar para ello las mejores herramientas disponibles que permitan a los planificadores agilizar su trabajo.

En nuestro país, muchas veces, los trabajos realizados por las municipalidades, en cuanto a construcción y conservación de los pavimentos se refiere, no tienen la efectividad que permita a estas proporcionar el nivel de servicio para la cual fueron diseñadas, de manera que muchos caminos se encuentran por debajo de lo deseable o conveniente. Como consecuencia, se producen pérdidas anuales debido a sobre-costos de operación vehicular y reconstrucciones, la que hubieran podido evitarse con un adecuado diseño de pavimentos, técnicas y procesos constructivos apropiados además de nuevas tecnologías.

CAPITULO II GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS

2.1. Definición actual de pavimento

Un pavimento es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados, capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito, la acción del medio ambiente y de transmitir al suelo de apoyo esfuerzos y deformaciones tolerables por éste. Desde el punto de vista estructural, un pavimento transmite en forma adecuada las cargas hacia el terreno de fundación, es decir, sin rotura de los materiales o deformaciones exageradas para la estructura.

Un pavimento se puede definir como una estructura que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas sobre el suelo de fundación, con la finalidad de ser utilizado como una superficie apta para el libre tránsito de vehículos de tipo liviano, pesado y comercial. El número y el espesor de las diferentes capas que integran un pavimento varía según su tipo de pavimento (rígido o flexible) y los resultados del diseño, pero el principio básico es el mismo.

2.1.1. Elementos que conforman la estructura del pavimento

La estructura de un pavimento se encuentra formada por diferentes capas como son: la sub-rasante, sub-base, base, capa de rodadura y sello; pero es necesario aclarar que no siempre se encontrarán todas las capas que se detallan. En tales casos, la ausencia de una o varias de ellas dependerá de factores como la capacidad de soporte del terreno de fundación, la clase de material a utilizarse, el tipo de pavimento, intensidad de tránsito, carga de diseño, clima, etc.

2.1.1.1. Sub-rasante

Sub rasante es la última capa de los terraplenes, en corte o relleno, de suelo natural o mejorado, sobre la cual se construirá un pavimento. Existen dos condiciones básicas que debe cumplir el suelo de soporte, y son:

- Debe mantener el mayor valor posible de soporte, ya que entre más fuerte se considere esta superficie menor será el costo de las capas superiores.
- El movimiento diferencial vertical debe ser mínimo, de ésta forma las ondulaciones en la superficie serán menores y el rodamiento vehicular será más suave y seguro.

2.1.1.2. Sub-base

Es la primera capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-rasante, tanto en pavimentos rígidos como en flexibles. Las funciones que esta capa debe cumplir son:

- Absorber las cargas de tráfico, sin sufrir deformaciones permanentes.
- Servir como drenaje del agua y evitar la capilaridad
- Disminuir los costos de construcción, los materiales son más fáciles de obtener y de menor costo.
- Servir como superficie de rodadura en forma temporal.
- Reducir al mínimo los efectos del congelamiento.
- Servir de plataforma de trabajo para el equipo de construcción.

2.1.1.3. Base

Es la capa de material seleccionado que se construye sobre la sub-base. La experiencia ha demostrado que la base es la capa más importante del pavimento y deben emplearse materiales de alta calidad y las especificaciones para los mismos son más exigentes que para los materiales de sub-base, en cuanto a los requerimientos de resistencia, plasticidad, granulometría y uniformidad de construcción.

Entre sus funciones tenemos:

- Absorber en la mayor parte los esfuerzos producidos por el tráfico vehicular sobre la capa de rodadura y transmitirlos a la sub-base o sub-rasante de tal manera que no produzca deformaciones o desplazamientos excesivos en las capas.
- Servir como elemento de drenaje de las aguas que, por ascensión capilar hayan atravesado la sub-base o la sub-rasante impidiendo que lleguen a la capa de rodadura.
- Reducir al mínimo los peligrosos efectos del congelamiento.
- Servir como capas de rodadura para tráficos livianos

2.1.1.4. Capa de rodadura

Formada por una o varias capas que se colocan sobre la base, dichas capas consisten en materiales granulares con o sin liga, y por lo general son de concreto asfáltico o hidráulico.

Este es el elemento del pavimento sobre el cual circulan directamente los vehículos y peatones. Las funciones que debe cumplir son:

- Recibir y absorber en primera instancia el peso de los vehículos que circulan sobre la vía.
- Minimizar sensiblemente los esfuerzos que se transmiten hacia la terracería.

- Si la capa de rodadura posee un espesor mayor o igual a cinco centímetros, se considera que trabaja junto al resto de capas para soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.
- Proveer una superficie estable para el tránsito, uniforme, prácticamente impermeable, con una textura y color convenientes y que a la vez sea capaz de resistir los efectos abrasivos del tráfico.

2.1.1.5. Sello

Se coloca en algunas ocasiones sobre la capa de rodadura y está formado por una mezcla bituminosa de asfalto. Sobre esta superficie se coloca a veces, un riego de arena o chispa y su función es la de lograr la impermeabilización de la capa de rodadura, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia.

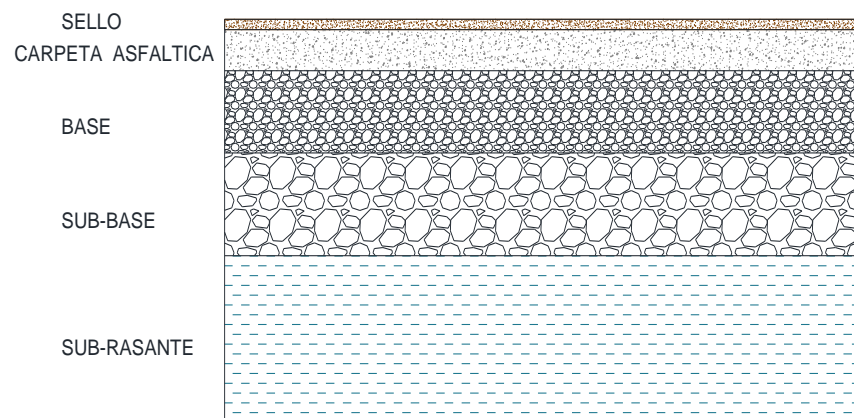


Figura 2.1 Estructura típica de un pavimento
Fuente: Ings. Víctor Lasso y Segundo González

2.1.2. Funciones de los pavimentos

El pavimento es el elemento primordial de la infraestructura vial, y como tal debe cumplir varias funciones para garantizar un servicio adecuado a los usuarios. Dichas funciones se describen a continuación:

- Permitir el tránsito de los vehículos que circulen sobre él, respondiendo en forma adecuada estructuralmente y según como fue previsto en la etapa de diseño; esto es especialmente importante para los organismos de conservación vial, ya que de ello

depende que las labores de conservación durante el período de servicio del pavimento, se lleven a cabo según una planificación elaborada con base en predicciones confiables.

- Mejorar la calidad de la superficie de rodadura, de tal manera que los usuarios se desplacen de forma segura y cómoda, lo cual se logra mediante una adecuada regularidad superficial tanto transversal como longitudinal, así como proporcionando una buena textura que brinde la resistencia al deslizamiento que se requiere para las velocidades de circulación previstas. Otro factor que también debe considerarse para el confort de los usuarios es el ruido producido por la interacción de las llantas de los vehículos y la superficie del pavimento, el cual se percibe tanto en el interior de los vehículos como en el exterior.
- Proteger la sub-rasante de los efectos del clima, evitando así el daño que eventos naturales como la lluvia pueden provocarle, lo cual a la larga puede derivar en asentamientos que lleven incomodidad o inseguridad al tránsito, llegando incluso a producir el colapso total de la estructura.
- Reducir la polución por polvo que se produce ante el paso de vehículos sobre caminos de tierra, lo cual afecta la comodidad y la salud tanto de los usuarios como de las personas que habitan en el sector.
- Delimitar las áreas de circulación de los vehículos con el objetivo de ordenar el tránsito, disminuyendo así la posibilidad de accidentes y retrasos debido a congestionamientos. Para cumplir plenamente con dicha función los pavimentos deben estar debidamente señalizados, y deben contar con una buena reflexión luminosa que ayude a la conducción nocturna minimizando la necesidad de obras de iluminación por efectos de economía.

2.1.3. Tipos de pavimentos

Hoy en día los pavimentos pueden clasificarse de dos formas:

De acuerdo al material que compone su capa de rodadura:

- Pavimentos de tierra
- Pavimentos de piedra
- Pavimentos de adoquines

Según la forma en que la estructura de éstos atiende y transmite las cargas aplicadas sobre su superficie:

- Pavimentos de concreto Hidráulico
- Pavimentos de concreto asfáltico

Por la forma en que la estructura del pavimento transmite las cargas aplicadas sobre él:

- Pavimentos Flexibles.
- Pavimentos Rígidos.
- Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles.

2.1.3.1. Pavimentos flexibles

Una definición de uso común es la siguiente: “Un pavimento flexible es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub-rasante, su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión”. De modo que los pavimentos flexibles comprenden en primer lugar, a aquellos que están formados por una serie de capas granulares, rematadas por una capa de rodamiento asfáltica de alta calidad y relativamente delgada, la cual es capaz de acomodarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. En este tipo de pavimentos la calidad de los materiales utilizados en cada una de las capas aumenta conforme nos acercamos a la superficie, logrando una estructura competente ante las cargas esperadas y que a la vez resulte lo más económica posible.

El espesor de la capa de rodadura de un pavimento asfáltico varia, desde menos de una pulgada en los tratamientos superficiales usados en caminos de tránsito liviano, hasta seis pulgadas o más de concreto asfáltico usado en caminos destinados al tránsito pesado. La carpeta de rodadura asfáltica puede ser:

- Mezcla asfáltica en caliente
- Mezcla asfáltica en frío.
- Tratamiento superficial simple o múltiple.

Mezcla Asfáltica en Caliente

Está compuesta por agregados gruesos y finos unidos mediante un ligante bituminoso, dichos materiales son procesados en plantas de mezclado, donde son calentados, proporcionados y mezclados para lograr una adecuada homogeneidad.

Mezcla Asfáltica en Frío

En su elaboración se emplean los mismos materiales que en las mezclas en caliente, pero en este caso pueden ser procesados a temperatura ambiente. En estas mezclas se pueden utilizar ligantes bituminosos con menor viscosidad que las mezclas en caliente, betunes fluidificados, alquitranes fluidos o emulsiones asfálticas. Las mezclas en frío pueden a su vez clasificarse como:

- Mezclas Abierta
- Mezclas Densas

Tratamiento Superficial

Dentro de ésta categoría se tiene todas las aplicaciones de asfalto, con o sin agregados, que se hacen sobre cualquier camino de tierra o superficie de pavimento, y cuyo espesor por lo general es menor a una pulgada. Los tratamientos superficiales sellan y sirven para prolongar la vida de los caminos, teniendo a la vez propósitos especiales según sea su tipo. Entre los diversos tratamientos existentes podemos mencionar:

- Tratamiento superficial simple y múltiple.
- Tratamiento superficial con aplicación única de asfalto.
- Riego de imprimación.
- Riego anti polvo.
- Lechadas asfálticas.
- Micro aglomerados en frío

2.1.3.2. Pavimentos rígidos

Comúnmente se emplea el término “pavimento rígido” para las superficies de rodamiento construidas con concreto de cemento Portland, posee una considerable resistencia a la flexión, lo cual le permite trabajar como una viga tendiendo un puente sobre las pequeñas irregularidades de la sub-base o sub-rasante sobre la cual se encuentra colocado.

La capa de rodadura de éstos pavimentos la integran una serie de losas que trabajan en conjunto, distribuyendo las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores. Aunque algunas irregularidades menores en las capas de cimentación no se reflejen en la superficie, éstas no son deseables, ya que pueden inducir una falla en el pavimento al ser la causa de cuarteaduras, fracturas, u otros defectos similares.

En teoría, las losas de concreto hidráulico pueden colocarse sobre la sub-rasante, sin embargo, en la práctica es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie.

2.1.3.3. Pavimentos semirrígidos o semiflexibles

Estos son aquellos en los cuales la superficie de rodadura está conformada por dos capas, en el caso de los semirrígidos la inferior está formada por agregados estabilizados con asfalto y la superior con concreto hidráulicos; en cambio en los semiflexibles el orden de las capas se invierte.

2.1.4. Comportamiento de los pavimentos

El comportamiento de los pavimentos a lo largo de su vida útil es regido generalmente por un ciclo, el cual ha llegado a considerarse como normal debido a la frecuencia con que se presenta, los indicadores (deterioros del pavimento) de cada una de las etapas de este ciclo son diferentes según el tipo de pavimento, sin embargo, la tendencia en la evolución de la estructura a través del tiempo es común y puede describirse de la siguiente manera:

2.1.4.1. Etapa de construcción

Un pavimento puede haber tenido una buena construcción o haber presentado algunos defectos durante esta etapa, o bien haber sido claramente deficientes tanto la etapa de diseño como la de ejecución. De cualquier forma, cuando la estructura entra en servicio, esta suele encontrarse en excelentes condiciones, satisfaciendo plenamente las necesidades de los usuarios.

2.1.4.2. Etapa de deterioro lento y poco visible

Durante algunos años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura y en menor medida en el resto de la estructura. Este desgaste es producido por los diversos tipos de vehículos que circulan sobre él, también por la influencia que ejercen otros factores como el clima, la radiación solar, el agua de lluvias, cambios de temperatura, etc.

La calidad de la construcción inicial también incide en la evolución del deterioro. A través de toda esta etapa el pavimento se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste. A pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, la vía sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado.

2.1.4.3. Etapa de deterioro acelerado y de quiebre

Luego de varios años de uso, el pavimento entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito. Al inicio de esta etapa, la estructura básica del pavimento se conserva intacta y las fallas en la superficie son menores, por eso el usuario común tiene la impresión que este se mantiene aún bastante sólido. Sin embargo, no es así, ya que cada vez se pueden observar más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, la cual no es visible. Entonces, podemos asegurar que cuando en la superficie de un pavimento se detectan graves fallas a simple vista, la estructura básica del pavimento está seriamente dañada. Los daños al inicio son puntuales, pero luego se van extendiendo en la mayor parte del pavimento, cuando esto ocurre la destrucción es acelerada; si no se interviene en algún momento durante esta etapa el pavimento llega al punto de quiebre en el cual se produce una falla generalizada, tanto en la superficie como en la estructura básica.

A medida que se desarrolla esta etapa, los vehículos circulan experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie, tales como: grietas, baches, depresiones y deformaciones.

2.1.4.4. Etapa de descomposición total

Constituye la última etapa de la existencia de un pavimento, y puede durar varios años, lo primero que se observa es la pérdida de la capa de rodadura, ya que cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de ésta, por lo que al final la vía termina siendo un camino de grava, y a la larga, de tierra.

El paso de vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida en un gran porcentaje. Los vehículos comienzan a presentar daños en neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis; los costos de operación vehicular suben de manera considerable y se incrementa la cantidad de accidentes graves. En esta última etapa llega un momento en que ya no pueden transitar los automóviles normales, sólo algunos camiones y vehículo todoterreno.

Como ya se dijo anteriormente, los detalles del ciclo de vida de los pavimentos varían dependiendo de su tipo, pero en general, el mensaje que debe atenderse es el mismo y consiste en que las acciones de

conservación de cualquier pavimento deben planificarse debidamente de modo que nunca se permita el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica.

FIGURA 2.2

DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.

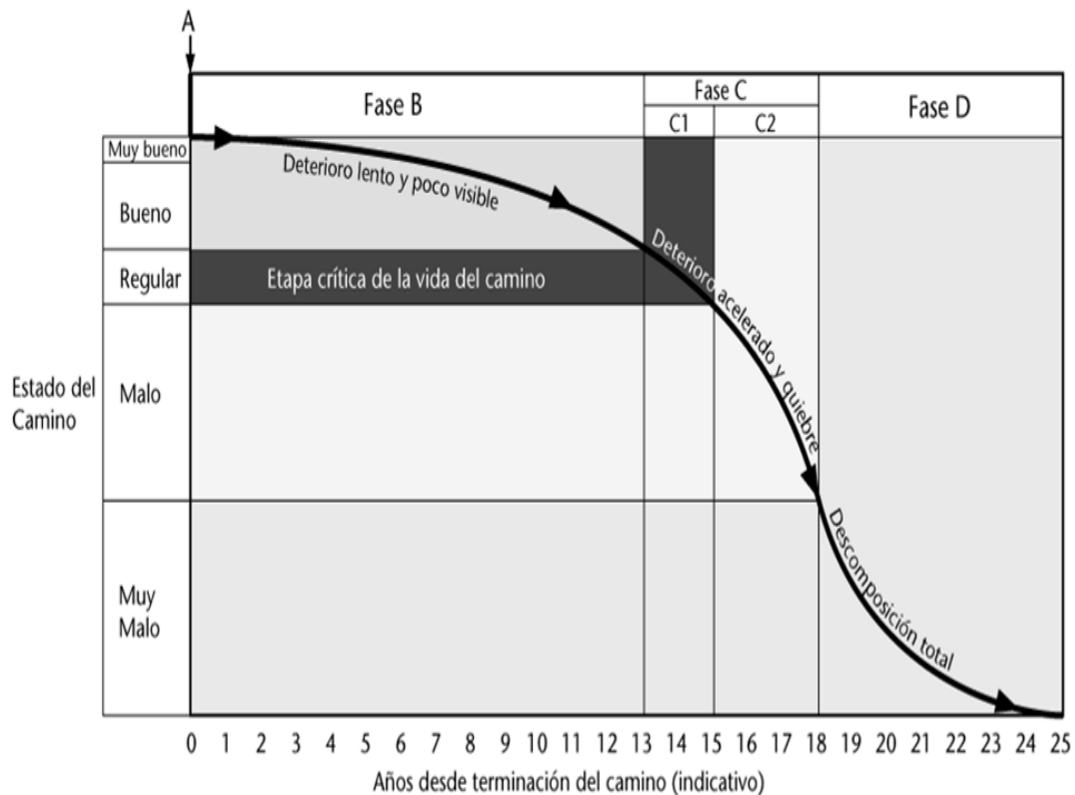


FIGURA 2.2 Deterioro de los Pavimentos A través del Tiempo.

Fuente: Caminos CEPAL

2.2. Gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos y los sistemas de gestión de pavimentos han sido definidos de varias maneras, pero ha sido la “American Association of State Highway and Transportation officials (AASHTO) quien ha publicado una definición muy adecuada.

La American Association of State Highway and Transportation officials, ha definido un sistema de gestión de pavimentos (SGP), como una serie de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones, a encontrar estrategias costo-efectivas para evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad en un período determinado de tiempo.

El uso del término “Conjunto de herramientas” para describir un sistema de gestión, es importante para entender el rol de este sistema.

La gestión de pavimentos en su sentido más amplio, se relaciona con todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación y rehabilitación de una porción de pavimento de un programa público de trabajo.

Podemos apreciar entonces que la gestión de pavimentos como tal, es de suma importancia para impulsar el desarrollo de las actividades económicas de un país o de una región, ya que, además de ser indispensable una selección adecuada del tipo de actividad a realizar para la construcción y/o mantenimiento de una vía, el ejecutar labores de conservación demasiado anticipadas o postergarlas a un tiempo diferente del óptimo tiene un costo. Si se hace antes de tiempo se pierde la posibilidad de utilizar los recursos en algo más rentable durante el periodo del adelanto, pero la situación es más grave si se deja pasar el momento oportuno para intervenir, y como consecuencia los daños llegan hasta la estructura básica del pavimento. En este caso, el tipo de intervención necesaria será una rehabilitación, con un costo mucho más alto que el de los trabajos que pudieron haberse efectuado de manera oportuna. Es más, existe otro efecto perjudicial de postergar la conservación, y es el incremento de los costos de operación de los usuarios; esto se traduce en un aumento de los costos de transporte, lo que significa una presión inflacionaria de carácter estructural. Vemos entonces que el realizar una adecuada gestión de pavimentos representa, especialmente para los países en desarrollo, la posibilidad de ahorrar valiosos recursos que pueden ser utilizados en otros rubros.

Un sistema de gestión de pavimentos debe permitir un uso sencillo, de manera que el ingreso de datos y actualización de la información sea fácil. Además, debe ser capaz de analizar diversas estrategias al efectuar una evaluación, identificando la alternativa económicamente más conveniente. Debe utilizar procesos racionales con criterios cuantificables sobre los cuales se tomen las decisiones, y finalmente debe ejecutar una evaluación permanente de la eficacia de las actividades realizadas mediante retroalimentaciones del sistema.

2.2.1. Niveles de gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos se realiza en dos niveles principales, los cuales están definidos según el área que debe ser analizada, y el tipo de datos que son necesarios para generar los modelos de

predicción del deterioro de las estructuras a lo largo del tiempo. Estos niveles de la gestión de pavimentos son la Gestión a Nivel de Proyecto y la Gestión a Nivel de Red.

2.2.1.1. Gestión de pavimentos a nivel de proyecto

En este nivel, la gestión lo que pretende es analizar el pavimento de una vía en particular, de manera que se pueda determinar la alternativa óptima para la construcción de una nueva estructura, o bien el tipo de acciones de mantenimiento necesarias, y los momentos en que éstas han de aplicarse a un pavimento existente.

Para realizar una gestión a nivel de proyecto se necesitan datos específicos de secciones del pavimento, como por ejemplo:

- Cargas que recibe (o recibirá) el pavimento.
- Factores ambientales que lo afectan (o lo afectarán).
- Características de los materiales que lo constituyen (o constituirán).
- Variables de construcción y mantenimiento.
- Costos.

El análisis a nivel de proyecto debe generar una serie de alternativas de construcción y/o mantenimiento, las cuales han de evaluarse técnica y económicamente, de forma que al final se pueda seleccionar aquella que sea de menor costo total del ciclo de vida del pavimento, tomando en cuenta los de construcción así como los de operación de los usuarios, fijando una serie de estándares que han de satisfacerse y que tienen que ver con el comportamiento estructural y funcional del pavimento a través del tiempo.

2.2.1.2. Gestión de pavimentos a nivel de red

A nivel de red la gestión de pavimentos busca desarrollar un programa organizado para el mantenimiento, rehabilitación y construcción de los pavimentos, en base a la disponibilidad presupuestaria de la entidad administradora de la red vial de una región o país, para un período determinado.

Dentro de esta gestión pueden distinguirse dos sub-niveles que comprenden: la selección de proyectos, en la cual se toman decisiones de asignación de fondos para proyectos o grupos de ellos; y

el sub-nivel de programa, en el cual se cuenta con un presupuesto establecido que debe repartirse en una red determinada.

La gestión a nivel de red involucra decisiones para la rehabilitación o mantenimiento de la red como un todo, por lo cual los modelos deben ser diseñados con el fin de optimizar el uso de los fondos disponibles. Debe considerarse para este propósito la serviciabilidad de los pavimentos existentes o el porcentaje de pavimentos deficientes, datos que deben ser recolectados en campo usando metodologías adecuadas. Entre las actividades que comprende la gestión a nivel de red tenemos:

- Identificación de aquellas vías en las que debido a su estado actual, las actividades de mantenimiento o mejora podrían ser consideradas como prioritarias dentro de la red de caminos.
- Generación de diferentes alternativas de tratamiento en aquellas vías que serán intervenidas, de manera que se pueda realizar un conveniente análisis técnico-económico en base al cual han de tomarse las decisiones.
- Desarrollo de un programa de largo plazo para el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos de la red, así como de nuevas construcciones.

2.2.2 Estructura típica de un sistema de gestión de pavimentos (SGP)

La noción de gestión va asociada en cualquier ámbito a la administración de recursos para alcanzar objetivos determinados. Cuando las actividades que se realizan para la consecución de esos objetivos están sistematizadas y por tanto se desarrollan de acuerdo con un plan preestablecido en el cual las distintas fases están interrelacionadas se habla entonces de Sistemas de gestión.

Se define el sistema de gestión de la conservación como el procedimiento consistente en coordinar y controlar todas las actividades encaminadas a conservar los pavimentos, asegurando la mejor utilización posible de los recursos disponibles, es decir, haciendo máximo el beneficio para la sociedad.

Dentro del objetivo global señalado, se pueden definir objetivos específicos de diverso tipo: técnicos, económicos y administrativos.

Desde el punto de vista técnico un sistema de gestión de la conservación debe dirigirse al establecimiento de estrategias. Es preciso por tanto disponer de modelos de comportamiento de los firmes, con datos sobre la evolución real de los mismos y su estado en un momento dado.

2.2.2.1 Base de datos

La forma operativa para conseguir el aprovechamiento de la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de gestión, es la creación de Base de datos. Son conjuntos de ficheros informativos interrelacionados, accesibles a numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizados permanentemente. Si estos bancos de datos están organizados con una determinada lógica interna que permita su acceso informativo son denominados bases de datos.

Con relación a los pavimentos, las fuentes de una base de datos son por un lado la inspección visual y la auscultación con aparatos y por otro el propio proyecto de construcción y los informes del control de calidad, así como los de todas las actuaciones de conservación llevadas a cabo durante la vida del firme.

La información mínima disponible en una base de datos debe estar constituida por:

- Inventario de la red, con datos geométricos y puntos singulares existentes.
- Datos del tráfico.
- Secciones estructurales de los firmes.
- Deterioros superficiales.

2.2.2.2 Inventario Vial

El primer paso para efectuar la evaluación de una red vial consiste en conocer las características de las vías de dicha red.

El que nos permite evaluar es el inventario vial cuyo propósito es suministrar una completa, exacta y actualizada información respecto de la ubicación y descripción física de todas las rutas que integran el sistema de vías a evaluar. Un inventario vial correctamente ejecutado permite conocer, entre otras cosas, las rutas que integran la red, la longitud que ellas poseen, su tipo y ancho de pavimento, el ancho de la vía, las alcantarillas, los puentes y todo aquel dato que se desee obtener de acuerdo a los fines del estudio.

Básicamente existen dos métodos para concretar un inventario vial:

Uno de ellos se basa en la recopilación, en la oficina, de la documentación de obra existente a fin de darle una forma que la haga más manejable. Este método tiene el grave problema de que normalmente esa documentación o bien no existe en su totalidad o no está actualizada.

Resulta asimismo difícil de manejar pues extraer información de un expediente de obra es una tarea larga y costosa, corriéndose el riesgo de cometer errores en la transcripción de la información.

El otro método consiste en efectuar dicho trabajo en campo recorriendo las rutas con unidades apropiadas y recogiendo la información correspondiente.

Es necesario definir perfectamente la envergadura que se le desea dar al trabajo con el fin de no recopilar información que no va a ser utilizada. Este es el método que en realidad se utiliza pues es poco probable que un ente vial disponga de archivos de obra actualizados.

Por tal razón se recomienda optar por el segundo método, debido a que normalmente esa documentación o bien no existe en su totalidad o no está actualizada, en nuestra ciudad no existe información.

Un procedimiento que puede adaptarse fácilmente a nuestro medio es el siguiente:

- El método de trabajo está basado en la plena utilización del equipo de computación de datos que posee la municipalidad, con lo cual se agilizarán las tareas se obviarán las anotaciones hechas en campo en registros en la oficina, eliminándose así en los diferentes pasos posibles errores de transcripción. Por otra parte, el volumen de información que presumiblemente se iba a manejar obliga a la utilización de la sistematización electrónica de datos.
- Se recogerán sólo aquellos datos de los cuales hubiera una necesidad aceptada y bien definida.
- El tipo de inventario a realizar debe ser tal que permita resolver los problemas presentes y futuros sin caer en una sofisticación documental.
- El tiempo para la realización del relevamiento debería ser tal que hiciera contemporáneo al primer y último dato que se levantara.

Con estas pautas fundamentales la información que se deberá recoger es:

Longitud de las rutas; tipo y ancho de pavimento; señales de tránsito; estructuras, alcantarillas, puentes, túneles con una completa descripción de cada una de ellas.

La información es recogida por personal entrenado en planillas especiales donde las mismas se ordenan en forma codificada, facilitándose las tareas de revisión.

Con el apoyo de programas computacionales y de actualización de datos se procesa la información obtenida, disponiéndose finalmente del inventario vial, el cual nos permite, conocer la red que vamos a evaluar.

Sin embargo es habitual que en estas bases de datos estén también disponibles lo relativo a medidas de regularidad superficial, medidas de resistencia al deslizamiento, características del drenaje y señalización. Finalmente puede haber también datos de accidentes, medida de deflexiones.

Debe aclararse que si bien la medida de deflexiones no constituye una información fundamental para el funcionamiento del sistema de gestión, si lo es cuando han de proyectarse actuaciones concretas de rehabilitación estructural, al menos en firmes flexibles.

2.2.2.3 Estrategias de conservación

La conservación no puede dejarse al azar ni a una coyuntura favorable en las disponibilidades presupuestarias ni a la existencia de situaciones irreversibles que incluso hayan podido provocar accidentes. Desde el momento mismo del proyecto debe contarse con una estrategia de conservación de la carretera destinada a mantener su calidad técnica por encima de unos mínimos.

La estrategia de conservación de una carretera o de un tramo con características homogéneas se puede definir como el conjunto de actuaciones a desarrollar durante la vida de la carretera o del tramo para que el índice de comportamiento no baje del mínimo admisible. Su elaboración está vinculada a numerosos factores, tanto de índole técnica como económica: tráfico, disponibilidades de materiales, tipología de la sección estructural del pavimento, medios humanos y materiales disponibles, asignaciones presupuestarias anuales o plurianuales, etc.

El objetivo de la estrategia de conservación debe ser, con las restricciones existentes, lograr la vida más larga del pavimento con el menor costo. Esto lleva lógicamente a que no todas las estrategias que pudieran plantearse técnicamente sean económicamente adecuadas, pero todas ellas pueden incluirse en dos grandes grupos.

El primer grupo de estrategias en las que se prevén fundamentalmente grandes operaciones de conservación a realizarse en momentos concretos y muy separados en el tiempo, de manera que con esas operaciones se intenten restituir prácticamente las condiciones iniciales del pavimento.

El otro grupo comprende las estrategias en las que se prevén principalmente operaciones frecuentes, de manera que las características iniciales del pavimento se vayan perdiendo con la mayor lentitud posible.

La comparación económica entre estrategias de conservación técnicamente viables se lleva a cabo considerando los costos de construcción de las secciones del pavimento (en caso de que se evalúen diversas posibilidades) y los costos de conservación previstos en la estrategia correspondiente para un determinado período de análisis económico. Entre estos últimos hay que considerar tanto los de la conservación ordinaria como los de las posibles rehabilitaciones.

Por otro lado, habría que incluir los costos adicionales que las operaciones de conservación producen en los usuarios, pero sobre este aspecto apenas se dispone de datos ni tan siquiera de metodologías apropiadas, aunque ya se han iniciado algunos trabajos al respecto. Así mismo, con signo contrario, hay que tener en cuenta el valor residual de sección al final del período considerado.

De entre las posibles técnicas de análisis económico la más adecuada en este caso resulta ser la del valor actualizado neto (VAN), consiste en establecer la diferencia entre los ingresos y los costos, unos y otros convenientemente actualizados o de descuento. Normalmente se consideran períodos de análisis económicos de 30 o 40 años y en el caso de países europeos tasa de actualización que se sitúan en torno al 6%.

2.2.2.4 Criterios de actuación

La fase final de la aplicación de un sistema de gestión consiste en la determinación de la actuación prioritaria en cada momento, tanto en el conjunto de una red como en un tramo en concreto. Paralelamente hay que determinar el modo y el momento de llevar a cabo esas actuaciones.

Existen dos grupos de métodos para la selección de prioridades. Por un lado están los métodos de clasificación que se basan en la información sobre el estado de la red en su conjunto como elemento

de comparación entre tramos que se encuentran en peores condiciones. Por otro lado están los métodos de optimización (en períodos anuales o en tiempo real) en los que se plantean unos determinados objetivos globales (accesibilidad, por ejemplo) con restricciones de aplicación.

2.3. Nivel de serviciabilidad

Se entiende como nivel de serviciabilidad el grado en el cual un pavimento logra cumplir con su función de permitir la circulación de vehículos de una forma fácil, cómoda, rápida y segura. El nivel de serviciabilidad disminuye a través del tiempo una vez puesto en servicio el pavimento, debido a las sollicitaciones sobre éste, ya sea de las cargas circulantes como de los agentes meteorológicos.

Aunque en un principio la apreciación de la serviciabilidad del pavimento es subjetiva y depende de la opinión de los usuarios, ha sido posible establecer una relación entre la calidad del servicio del pavimento y una serie de indicadores del deterioro de éstos, los cuales sí pueden ser cuantificados de manera objetiva. De esta forma, actualmente la serviciabilidad de un pavimento está expresada por el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual se obtiene de las medidas de rugosidad y distintos tipos de deterioro para un período determinado. El rango de variación del PSI va de 5.0 (muy bueno) a 0.0 (muy malo), y es por eso que para realizar el diseño estructural de un pavimento es necesario seleccionar un índice inicial y final dentro de este rango, tomando en cuenta las condiciones particulares del lugar de la obra, así como los procesos constructivos y sollicitaciones a que estará sometida la estructura.

En la práctica, generalmente el Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) para los pavimentos flexibles toma un valor de 4.2, mientras que el Índice de Serviciabilidad Final (P_f) conserva un valor de 2.5. Estos valores son los recomendados por la AASHTO para el diseño de pavimentos.

2.4. Deterioro de los pavimentos

Los pavimentos fallan en modos diversos y por causas variadas, los daños más frecuentes dependen del tipo de estructura del pavimento, de los materiales empleados en su construcción y de las condiciones climáticas en las que la estructura se encuentra sometida. El agrietamiento por fatiga, la deformación longitudinal permanente que causa el aumento sostenido del IRI, y el agrietamiento térmico, son los modos de fallo más frecuentes. En los pavimentos flexibles, donde la capa asfáltica se apoya directamente sobre la base compactada, se observan con frecuencia el agrietamiento por

fatiga, producido por la aplicación repetida de cargas que supone el tráfico de vehículos pesados, principalmente.

Para cualquier tipo de daño que manifiesten los pavimentos deben analizarse las siguientes causas probables:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra.
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Inadecuado mantenimiento.

2.4.1 Métodos de auscultación

Existen dos métodos de auscultación:

- Visual
- Con aparatos

2.4.1.1 Método de auscultación visual

La forma tradicional de detección e identificación de deterioros se basa en la inspección visual realizada directamente sobre el terreno por técnicos calificados que recorren la carretera a pie o en vehículo a marcha lenta, con objeto de detectar e incluso cuantificar los deterioros existentes siguiendo criterios preestablecidos. Para que una inspección visual sea eficaz debe responder a unos criterios que a la vez sean sencillos y no introduzcan una subjetividad grande.

En cualquier caso, un apoyo fundamental para la inspección visual es la existencia de catálogos de deterioros. Se trata de colecciones de fichas en cada una de las cuales se incluye la denominación del deterioro correspondiente, una descripción del mismo, una explicación de sus posibles causas.

El Manual de Mantenimiento de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) de 1987, describen una serie de deterioros de los pavimentos. Los principales se muestran en las tablas 2.1:

Tabla 2.1 Deterioros en la Textura Superficial

FALLAS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL	
NOMBRE DEL DETERIORO	DESCRIPCIÓN
FISURA EN BLOQUE	Gran cantidad de leves fisuras interconectadas que se asemejan a una red de caminos en un mapa, cuando son lo suficientemente anchas como para que el agua penetre en ellas pueden ocasionar daños adicionales en los ciclos de hielo-deshielo y facilitar la corrosión del acero de refuerzo.
DESGASTE SUPERFICIAL O PULIMIENTO DEL AGREGADO	Pulimiento de la superficie que resulta a partir de un intenso tráfico y que se manifiesta con la aparición del agregado grueso sin efectos estructurales dañinos.
AHUELLAMIENTO	Es la formación de depresiones longitudinales sobre la capa de rodamiento, usualmente tienen el ancho de la zona donde pasan las ruedas de los vehículos. Este efecto es generalmente causado por el paso del tráfico y el
BACHES	Son huecos de tamaño variable en la capa de rodamiento, causados por la desintegración del concreto asfáltico, que es producida por un mal drenaje y agravado por las cargas del tráfico.
GRIETAS DE REFLEXIÓN	Aparecen en una sobre capa debido a la presencia de juntas o grietas en una capa inferior, pueden ocurrir longitudinal o transversalmente en relación con la línea central de la rodadura.

Fuente: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

DETERIOROS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL (CONTINUACION)

FALLAS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL	
NOMBRE DEL DETERIORO	DESCRIPCIÓN
GRIETAS DE BORDE	Aparecen en forma paralela a los bordes del pavimento y usualmente a 30 ó 60 cm dentro de los hombros. Se producen por un inadecuado soporte de los hombros.
PIEL DE COCODRILO	Grietas interconectadas formando una serie de pequeños polígonos que asemejan la piel de un lagarto. Son causadas por fatiga y un soporte inadecuado.
CORRUGACIÓN	Son ondulaciones transversales a intervalos regulares sobre la superficie del pavimento, afecta el confort de los usuarios y pueden ser peligrosas en estado severo. Usualmente se
EXUDACIÓN	Condición causada por una concentración de asfalto sobre la superficie del pavimento a partir de una mezcla demasiado rica.
PULIMIENTO DEL AGREGADO	Este deterioro viene asociado a la circulación del tráfico pesado durante largo tiempo, debido al tipo de agregado usado en la mezcla.
DESINTEGRACIÓN	Pérdida de pequeñas partículas de agregado de la superficie de rodadura. Es provocada por una compactación inadecuada, una mezcla demasiado pobre, condiciones inadecuadas durante la

Fuente: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

2.4.1.2 Auscultación con aparatos

La auscultación con aparatos del pavimento de una carretera es un paso más sobre la inspección visual, aunque en ningún caso puede prescindirse de ésta en la determinación del estado de dicho pavimento. Gracias a la auscultación con aparatos es posible proceder a cuantificaciones, absolutamente imprescindibles por ejemplo en el caso de rehabilitaciones, y llegar a rendimientos elevados en la obtención de datos, lo que permite el seguimiento de una red de carreteras.

La auscultación debe basarse en trabajos desarrollados de una manera continua en el espacio y con una periodicidad preestablecida. Es lo que se denomina auscultación sistemática, que se lleva a cabo con aparatos que permiten elevados rendimientos. Seguidamente, en las zonas o tramos en que dicha auscultación sistemática o la propia inspección visual han detectado singularidades se procede a una auscultación puntual de menor rendimiento, pero que proporciona mayor precisión.

La auscultación de la sección estructural se suele realizar con equipos que aplican una sollicitación tipo y miden la respuesta de la estructura del pavimento. Salvo para pavimentos rígidos, se suele tratar de medir la deformación vertical elástica recuperada o deflexión que produce una carga tipo en la superficie del pavimento: un par de ruedas gemelas, una placa circular cargada, etc.

Entre los equipos que miden la deflexión como parámetro de la capacidad resistente del pavimento se puede citar los siguientes: vigas Benkelman, deflectógrafos, deflectómetros de impacto, curvímetros, etc.

El equipo cuya medida se ha utilizado tradicionalmente como deflexión patrón para la determinación de las necesidades de rehabilitación estructural de pavimentos flexibles es la viga Benkelman. No es más que un brazo de palanca en cuyo extremo final existe un comparador en el que se realiza la medida de la deflexión producida en el extremo inicial, que se sitúa entre las dos ruedas gemelas de un eje tipo de 13 tn.

2.4.1.3 Programa de evaluación y seguimiento

Para que un sistema de gestión resulte operativo requiere la actualización permanente de la información contenida en su base de datos. Pero independientemente de una valoración individual de éstos, es necesario un análisis integral de los mismos que permita en su caso corregir los modelos de

comportamiento, modificar los criterios generales de elaboración de estrategias de conservación, pudiendo a su vez incidir estos cambios en los criterios de proyecto.

Por tanto, para poder llevar a cabo dicho análisis integral hay que desarrollar programas específicos de evaluación y seguimiento de las vías, a fin de obtener conclusiones sobre su comportamiento en unas determinadas condiciones de tráfico y de clima. Se puede citar por ejemplo el programa COPES (Portland Cement Concrete Pavement Evaluation Systems), promovido por Estados Unidos para el seguimiento específico de los pavimentos de hormigón.

Dentro del programa SHRP se ha desarrollado un programa de evaluación y seguimiento denominado LTPP (Long-Term Pavement Performance.) Los objetivos establecidos en este programa han sido los siguientes:

- Evaluación de los métodos existentes.
- Mejora de las estrategias de conservación y de los procedimientos de proyecto de rehabilitación de firmes.
- Desarrollo de nuevos algoritmos para el cálculo de pavimentos nuevos.
- Determinación de cómo influyen en el comportamiento y en el deterioro de los firmes las cargas, las condiciones ambientales, las propiedades de los materiales, la calidad de la construcción y el nivel de conservación.
- Establecimiento de procedimientos específicos de proyecto para mejorar el comportamiento de las vías.
- Creación de una base de datos como apoyo a la consecución de los objetivos anteriores y al conocimiento de las necesidades futuras.

En varios países, los trabajos de evaluación y seguimiento de vías que se están desarrollando por parte de las direcciones generales de carreteras de los ministerios de obras públicas se refieren a los siguientes aspectos:

- Características superficiales: regularidad superficial (determinación del IRI, calculado a partir de las medidas de equipos APL o de perfilómetros láser), perfil transversal (profundidad de roderas determinadas con perfilómetros láser), medida del coeficiente de rozamiento transversal con el SCRIM) y textura (profundidad de arena, determinada por el método de la mancha de arena o mediante texturómetros láser).

- Capacidad estructural: medida de deflexiones (con viga benkelman, deflectògrafos Lacroix, curviómetro y deflectómetros de impacto) y análisis de espesores y características mecánicas de las capas de la vía (empleo de equipos de radar).
- Análisis de deterioros: inspección visual y obtención automática de imágenes (sistemas de video).

CAPITULO III EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE LOS PAVIMENTOS

3.1. Evaluación técnica de pavimentos

3.1.1. Introducción

La evaluación técnica del estado del pavimento, tanto desde el punto de vista del nivel de servicio que otorga al usuario, como de la capacidad de resistir las sollicitaciones de cargas durante un periodo de su vida útil, es el paso fundamental para asignar las acciones de conservación más adecuadas que deben ser aplicadas en el pavimento a evaluar. El diagnóstico de las condiciones del pavimento comprende básicamente una evaluación del estado funcional del pavimento y una evaluación de las condiciones estructurales de pavimentos; estas dos evaluaciones sintetizan la evaluación técnica de pavimentos

3.1.2. Descripción actual del estado del pavimento

Existen diferentes formas de expresar el estado de un pavimento a nivel de red, dentro de las cuales, la “Auscultación” se vuelve el método más detallado para llevar a cabo la evaluación técnica de los pavimentos. El llevar a cabo una auscultación de los pavimentos en forma sistemática puede producir múltiples beneficios, entre los que destacan:

- Determinación de la capacidad estructural.
- Índices de la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Identificación de cambios en la condición y comportamiento año a año.
- Distribución de fondos de mantenimiento y rehabilitación en forma más acertada.

Existen diversos tipos de información de auscultación de pavimentos, los cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos, auscultación estructural y auscultación funcional. A continuación se muestra un esquema genérico de auscultación de pavimentos¹.

Auscultación estructural

- Medida de deflexiones
- Relevamiento de deterioros (Inspección Visual): Baches, Grietas u otros deterioros

¹ Asociación Técnica de carreteras. *Manual de Conservación de Carreteras*. Madrid, 2009. Página 24

Auscultación funcional

- Medida de regularidad superficial: Present Serviciability Rating (PSR)
- Present Serviciability Index (PSI)
- International Roughness Index (IRI).
- Relevamiento de deterioros: Pavement Condition Index (PCI)

3.2. Requerimientos de información

Para una adecuada evaluación de un pavimento, es necesario contar con la suficiente información, misma que servirá para determinar las prioridades de intervención mantenimiento y/o rehabilitación de las Avenidas y calles.

3.2.1. Clases de datos utilizados

Las clases de datos que son utilizados por un sistema de gestión de pavimentos, son básicamente los siguientes²:

- Datos de Inventario
- Datos de Auscultación
- Datos Históricos (de construcción, de mantenimiento).
- Datos de Políticas
- Datos de Medio Ambiente
- Datos de Tránsito
- Datos de Costos (construcción, mantenimiento, rehabilitación y usuarios)

Con estos datos podemos analizar y modelar el comportamiento del pavimento y de esta forma poder determinar el tipo de actuación a realizar, y el momento en el que se debe hacer, por lo que es necesario que los datos sean rápidamente accesibles.

² Asociación Técnica de carreteras. *Manual de Conservación de Carreteras*. Madrid, 2009. Página 274

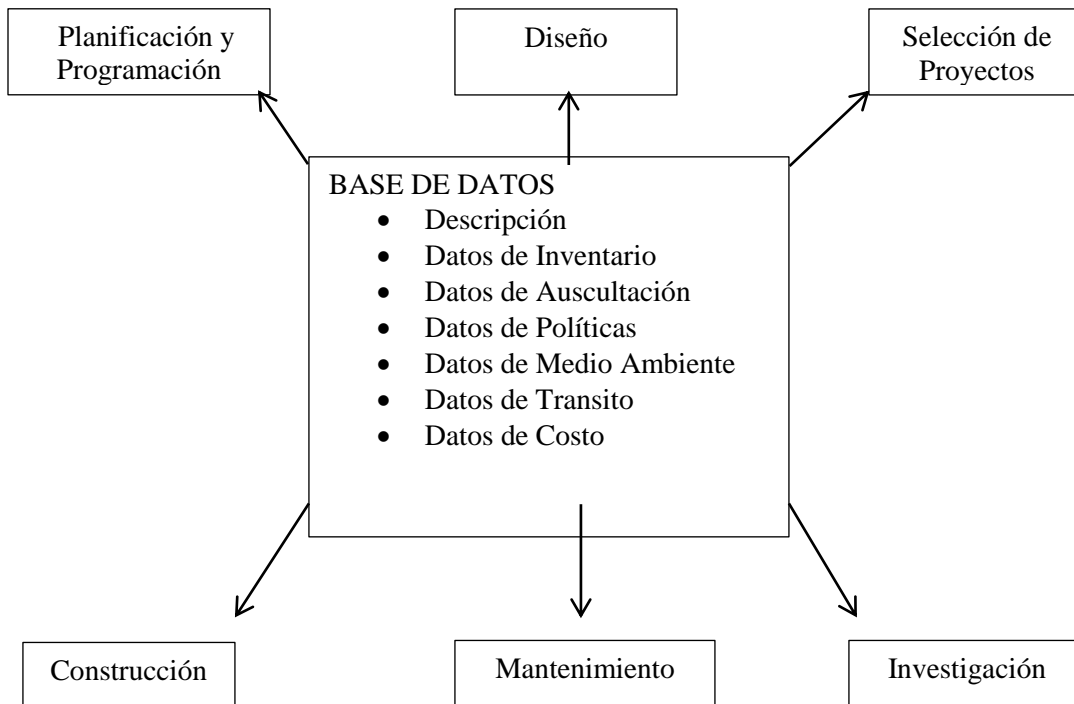


Figura: 3.1 Relaciones entre Datos y base de Datos
Fuente: MANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

3.2.1.1. Datos de inventario

Los datos necesarios del inventario son: Longitud, ancho, sección transversal, radios de curvaturas, pendientes transversales; con estos datos podemos desarrollar políticas estándares de conservación.

3.2.1.2. Datos de auscultación

En la auscultación se toman datos referentes al estado de la vía tales como: Rugosidad, deterioros superficiales, fricción superficial, deflexión, materiales de la estructura del pavimento; sirven para determinar el estado actual del pavimento y predecir el deterioro que se producirá en el transcurso del tiempo, también nos sirve para realizar la priorización de rehabilitación, mantenimiento o reconstrucción.

3.2.1.3. Datos históricos

Los datos históricos de construcción, mantenimiento sirven para evaluar la efectividad de los programas de mantenimiento, también son útiles para evaluar la efectividad de los procedimientos constructivos.

3.2.1.4. Datos de políticas

La información de políticas implementadas son de suma importancia para poder seleccionar las estrategias que se pueden desarrollar a nivel de proyecto o a nivel de red.

3.2.1.5. Datos de medio ambiente

Sobre este aspecto prima la información que pueda obtenerse sobre temperatura y precipitaciones. La temperatura tiene efectos conocidos en el comportamiento y resistencia de las mezclas asfálticas y por ende en el diseño de los espesores de refuerzo. La precipitación definirá las necesidades de mantenimiento o construcción de las estructuras de drenaje de la vía.

Eventualmente, la existencia de obras de drenaje debe ser considerada para deducir algunas causas posibles de los daños observados y formular recomendaciones de rehabilitación vial que van más allá de la determinación de espesores.

3.2.1.6. Datos de tránsito

Las características del tránsito utilizadas son: volumen, composición vehicular y cargas por tipo de vehículo.

3.2.1.7. Datos de costos

Para realizar el análisis de costos se debe tomar en cuenta por una parte, los costos de construcción, mantenimiento, y rehabilitación de los pavimentos, y por otra, los costos relacionados con el uso de la infraestructura por parte de los usuarios, es decir, costos de operación vehicular COV, costos asociados con el valor del tiempo de pasajeros, la demora de mercancías, y costos de accidentes.

3.2.2. Requerimiento de datos de inventario

Todo sistema de gestión de pavimentos requiere de un inventario ya sea de la red vial o del proyecto a analizar. El inventario contiene todas las características del pavimento. Por esto se han definido los distintos tipos de datos a considerarse en la gestión de pavimentos³

- Ubicación geográfica
- Estado del pavimento
- Estructura del pavimento

³ Normas ASTM. 2003 (American Society Testing and Materials)

- Características del suelo
- Características del tránsito
- Datos climatológicos

3.2.3. Identificación de los tramos y sectores

Para lograr conocer y ordenar la información recolectada se necesita subdividir la vía en tramos y éstos a su vez en sectores. Este procedimiento se llama tramificación y es indispensable al momento del análisis y la toma de decisiones. En general, tramificación se refiere a la subdivisión de una vía en base a aquellos parámetros que presentan una cierta constancia en el tiempo, por ejemplo: estructura, tránsito y clima. En cambio, sectorización se refiere a la discriminación de sectores distintos, dentro de cada tramo, debido a condiciones de estado del pavimento, por ejemplo: rugosidad y agrietamiento

La definición de secciones en áreas urbanas se torna bastante difícil, debido al sin número de intersecciones y vías que en ellas existen. Las secciones se definen de acuerdo a la longitud en términos del nombre de la calle y los nombres de las calles que cruzan cada intersección. Además, se definirá como “SECTOR”, al conjunto de “Secciones” de un mismo “Tramo” que comparten características específicas (clima, estructura, tránsito, etc.)

LISTADO DE CALLES Y AVENIDAS ESTUDIADAS				
No	NOMBRE DE LA CALLE	DESDE	HASTA	LONGITUD (m)
1	Gualberto Pérez	Av. Napo	Nariz del Diablo	860.00
2	Napo	Pedro Pinto	Gualberto Pérez	1,681.00
3	Alonso de Angulo	Av. Maldonado	Tnt. Hugo Ortiz	1,317.00
4	Ana Paredes de Alfaro	Gualberto Pérez	Juan B. Aguirre	745.00
5	Nariz del Diablo	Juan Cueva García	Eleodoro Ayala	1,804.00
6	Solanda	Cardenal de la Torre	Tnt. Hugo Ortiz	980.00
7	General Eplacachima	Rodrigo de Chávez	Aushyris	1,359.00
8	Zaruma	Egusquiza	Libertadores	913.00
9	El Canelo	Mariscal Sucre	Enrique Garcés	794.00
10	Angamarca	Mariscal Sucre	Alonso de Bastida	748.00
11	JM Guerrero	Alfonso del Hierro	Ángel Ludeña	1,930.00
12	Bellavista	Domingo Segura	Real Audiencia	1,694.00
13	San Francisco de	Ignacio de Loyola	Av. Mariscal Sucre	484.00
14	Pedro de Alvarado	Rodrigo de Chávez	Alonso de Angulo	1,674.00
15	Antonio de Ulloa	Cristóbal Colon	Atahualpa	1,320.00
16	La Gasca	América	Riter	1,206.00
17	Capitán Ramos	10 De Agosto	Morlan	882.00
18	18 de Septiembre	6 De Diciembre	10 De Agosto	614.00
19	Jorge Washington	10 De Agosto	12 de Octubre	893.00
20	Francisco Robles	12 de Octubre	Pedro de Valdivia	860.00
21	V. Ramón Roca	6 De Diciembre	10 De Agosto	674.00
22	Los Guayacanes	Los Álamos	Molineros	1,082.00
23	Jerónimo Carrión	10 De Agosto	12 de Octubre	1,375.00
24	Pedro Freile	Fernández Salvador	Libertador	1,940.00
25	Sabanilla	Huachi	De los Molles	1,181.00
26	Cristóbal Vaca de Castro	Pedro de Alvarado	Av. La Prensa	840.00
27	Guatemala	Calle Benalcázar	Calle Bombona	857.00
28	La libertad	Cumanda	Aguarico	1,405.00
29	Los Ríos	Don Bosco	Luis Sodiro	1,020.00
30	Pedro Freile	Manuel Coronado	Y de Buenaventura	1,983.00
31	Leónidas Dublés	P. V. Maldonado	E8A	2,333.00
32	Julián Estrella	Luis López	Carlos Freile	1,726.00
33	Patricio Romero	Lucia Albán	P. V. Maldonado	3,086.00
34	El Tránsito	Y del Transito	Carlos Freile	269.00
35	Lucía Albán	Av. Mariscal Sucre	P. V. Maldonado	534.00

Tabla 3.1 Listado de Calles y Avenidas Estudiadas
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

DIVISION DE CALLES EN TRAMOS		
NOMBRE DE LA CALLE	DESDE	HASTA
Gualberto Pérez	Av. Napo	Nariz del Diablo
Napo CD	Pedro Pinto	Gualberto Pérez
Napo CI	Pedro Pinto	Gualberto Pérez
Alonso de Angulo	Av. Maldonado	Tnt. Hugo Ortiz
Ana Paredes de Alfaro	Gualberto Pérez (0+000)	Juan Bautista Aguirre (1+804)
Ana Paredes de Alfaro CD	0+000	0+550
	0+550	1+450
Ana Paredes de Alfaro CI	0+000	0+550
	0+550	1+450
Nariz del Diablo	Juan Cueva García (0+000)	Eleodoro Ayala (1+804)
	0+000	0+240
	0+240	0+700
	0+700	1+804
Solanda	Cardenal de la Torre	Tnt. Hugo Ortiz
General Eplicachima	Rodrigo de Chávez	Aushyris
Zaruma	Egusquiza	Libertadores
El Canelo	Mariscal Sucre (0+000)	Enrique Garcés (0+794)
	0+000	0+250
	0+250	0+550
	0+550	0+794
Angamarca	Mariscal Sucre	Alonso de Bastida
JM Guerrero	Alfonso del Hierro	Ángel Ludeña
Bellavista	Domingo Segura(0+000)	Real Audiencia (1+694)
	0+000	0+420
	0+420	1+309
	1+309	1+694
San Francisco de Rumihurco	Ignacio de Loyola	Av. Mariscal Sucre
Pedro de Alvarado	Rodrigo de Chávez	Alonso de Angulo
Antonio de Ulloa	Cristóbal Colon	Atahualpa
La Gasca CD	América	Riter
La Gasca CI	América	Riter
Capitán Ramos	10 De Agosto	Morlan
18 de Septiembre	6 De Diciembre (0+000)	10 De Agosto (0+614)
	0+000	0+338
	0+338	0+614
Jorge Washington	10 De Agosto (0+000)	12 de Octubre (0+893)
	0+507	0+612

DIVISION DE CALLES EN TRAMOS		
NOMBRE DE LA CALLE	DESDE	HASTA
Francisco Robles	12 de Octubre (0+000)	Ulpiano Páez (0+860)
	0+000	0+389
	0+389	0+565
	0+565	0+860
V. Ramón Roca	10 De Agosto (0+000)	12 de Octubre (0+985)
	0+000	0+314
	0+314	0+985
	0+000	0+700
Jerónimo Carrión	10 De Agosto (0+000)	12 de Octubre (1+ 375)
	0+000	0+328
	0+328	1+063
	1+063	1+375
Pedro Freile	Fernández Salvador	Libertador
Sabanilla	Huachi	De los Molles
Cristóbal Vaca de Castro	Pedro de Alvarado	Av. La Prensa
Guatemala	Calle Benalcazar	Calle Bombona
La libertad	Cumanda(Oe10)	Aguarico
Los Ríos	Don Bosco (0+000)	Luis Sodiro (1+020)
	0+000	0+625
	0+625	1+020
Pedro Freile	Manuel Coronado (0+000)	Y de Buenaventura (1+983)
Leónidas Dublés	P. V. Maldonado (0+000)	E8A (2+333)
	0+000	0+750
	0+750	1+000
	1+000	1+200
	1+200	2+333
Julián Estrella	Luis López (0+000)	Carlos Freile (1+726)
	0+000	1+070
	1+070	1+726
Patricio Romero	Lucia Albán (0+000)	P. V. Maldonado (3+086)
	0+000	1+350
	1+350	1+900
	1+900	3+086
El Tránsito	Y del Transito	Carlos Freile
Lucía Albán	Av. Mariscal Sucre	P. V. Maldonado

Tabla 3.2 División de tramos de Calles y Avenidas Estudiadas

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.3. Solicitaciones de tránsito

El tránsito solicitante es un factor de importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que afectará al pavimento en un período determinado. En los últimos años se aprecia un aumento en el volumen de vehículos, pero ese aumento ha sido aún mayor en términos de la carga que se transporta, por lo que el comportamiento de los pavimentos se han visto afectados significativamente.

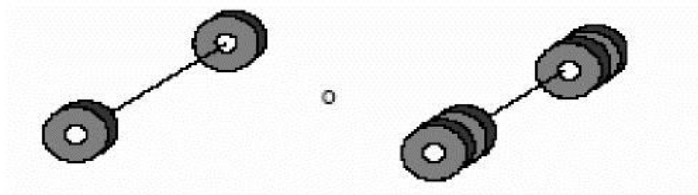
Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas, para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Esto tiene el efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.

3.3.1. Efectos de las cargas en los pavimentos

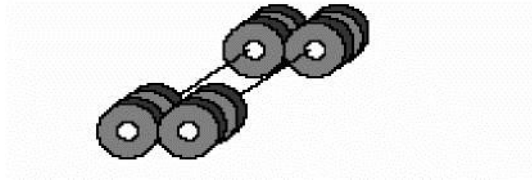
Las solicitaciones de cargas en los pavimentos son las principales causas del deterioro de los caminos, a lo cual se agrega el efecto del clima. Estos dos tipos de solicitaciones se suman para reducir la capacidad del pavimento. Uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones teóricas sobre el efecto destructivo de las cargas del tránsito, es el de decidir cuál es el criterio determinante a utilizar: tensión, deformación o serviciabilidad. Aun definido este problema la dificultad persiste debido a la multiplicidad de factores que intervienen, esto es, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, etc.

En general las cargas no son relevantes si su intensidad no sobrepasa un determinado valor. Es por esto que no se consideran los vehículos livianos, autos y camionetas, y sólo son determinantes en el diseño los vehículos comerciales: camiones y buses. Los tipos de apoyo más usuales de los vehículos comerciales son los siguientes (Figura 3.2):

Eje Sencillo: Es un eje con una o dos ruedas sencillas en sus extremos.



Eje tandem: Son dos ejes sencillos con ruedas dobles en los extremos.



Eje tridem: Son tres ejes sencillos con ruedas dobles en los extremos.

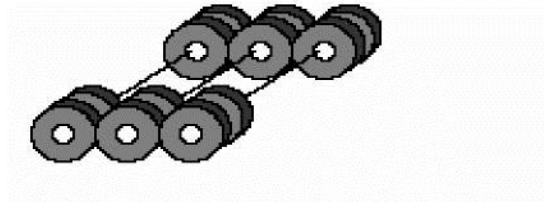


FIGURA: 3.2 Configuración de ejes comunes utilizados.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.3.2. Características del tránsito

Para conocer las características del tráfico es necesario realizar medidas y estudios en las carreteras existentes. Los datos obtenidos se utilizan como base para el planeamiento y exploración de las redes viales, la aplicación de regulaciones del tráfico y la investigación de los efectos de los diferentes elementos de la carretera en la circulación de vehículos.

La circulación en la economía mundial hace preciso el conocimiento de su importancia y de la clasificación del tráfico, los cuales se obtienen y utilizan mediante datos estadísticos cuya utilidad es múltiple.

El parque de vehículos, el consumo de combustible y el peso global transportado por carretera son primordiales para elaborar los planes económicos y financieros de un país.

Para establecer el programa de construcción de caminos es necesario el estudio de la circulación sobre las diferentes arterias, al objeto de elaborar los planes de modificación o transformación de la infraestructura, determinar las dimensiones de los caminos y apreciar la utilidad de los ya proyectados. Esto depende generalmente de la circulación media en el itinerario, ya que las

características de los caminos a proyectar dependen de la intensidad en punta de circulación predecible.

La medición del tráfico se realiza mediante:

- **Volúmenes de tráfico.-** Es el número de vehículos que pasan por una sección de vía determinada, en un tiempo determinado.(veh / hora), (veh / semana) y (veh / año).
- **Densidad del tráfico.-** Es el número de vehículos que localizados en un tramo de vía, conservando el movimiento y desplazamiento vehicular medido, siempre en un periodo de tiempo determinado. (veh / km).
- **Capacidad del tráfico.-** Se considera el volumen máximo de tráfico que puede circular por una vía determinada en condiciones óptimas de seguridad, comodidad y velocidades consideradas en las condiciones de diseño y operación.

3.3.3. Calculo del TPDA

Conocer el tráfico que ha de servir en una vía es dato fundamental para proyectarlo, se necesita saber el número total de vehículos de los distintos tipos y su distribución en el tiempo. Es necesario calcular el tráfico promedio diario anual (TPDA), que es el tráfico que utilizará la vía en condiciones de seguridad durante la vida útil del proyecto.

El análisis del TPDA refleja las características de volúmenes de la vía. Para establecer el volumen del tráfico se toman hipótesis basadas en datos estadísticos y pronósticos que tienen una metodología establecida.

Los conteos de tráfico han sido realizados, durante un periodo de 12 horas, esto es de 7h00 a 19h00. Para la evaluación de los volúmenes de tráfico, se han obtenido promedios simples de las estaciones de conteo, a los cuales se han sumado los datos obtenidos en cada sentido para tener un total por estación, se calculó el TPDA haciendo uso del “Factor de Hora Pico” igual 0.12, que es recomendado por la AASHTO, para transito sin variaciones estacionarias.

Para las calles en estudio se presenta un resumen del TPDA en la tabla 3.3

TRANSITO							
No	CALLE	TPDA POR TIPOS DE VEHÍCULOS					TPDA TOTAL
		AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
1	Gualberto Pérez	14595	2053	915	31	17	17611
2	Napo	20925	4216	649	27	14	25832
3	Alonso de Angulo	40507	2204	1322	160	6	44199
4	Ana Paredes de Alfaro	10227	443	780	19	20	11488
5	Nariz del Diablo	3838	287	118	6	9	4258
6	Solanda	23866	1592	1062	79	97	26697
7	General Epicachima	13845	597	401	6	4	14853
8	Zaruma	7024	98	260	16	1	7400
9	El Canelo	3735	148	131	6	1	4020
10	Angamarca	5208	408	195	31	17	5859
11	JM Guerrero	12795	853	569	119	106	14441
12	Bellavista	5411	191	113	8	1	5724
13	San Francisco de Rumihurco	5030	700	385	35	5	6155
14	Pedro de Alvarado	5227	182	131	4	0	5545
15	Antonio de Ulloa	15929	675	255	135	94	17087
16	La Gasca	52325	1808	822	18	7	54979
17	Capitán Ramos	5227	182	131	4	0	5545
18	18 de Septiembre	2359	200	46	10	7	2623
19	Jorge Washington	3421	230	91	0	0	3742
20	Francisco Robles	5548	108	51	3	0	5710
21	V. Ramón Roca	4066	21	73	4	0	4164
22	Los Guayacanes	3551	81	19	2	1	3654
23	Jerónimo Carrión	2734	12	38	0	0	2784
24	Pedro Freile	12587	975	414	158	20	14153
25	Sabanilla	2777	170	49	28	11	3035
26	Cristóbal Vaca de Castro	5000	215	141	3	4	5364
27	Guatemala	4889	211	159	16	0	5275
28	La libertad	3525	67	48	1	10	3651
29	Los Ríos	6012	128	43	31	15	6230
30	Pedro Freile	14564	893	572	46	92	16167
31	Leónidas Dublés	5707	446	179	48	22	6402
32	Julián Estrella	7201	924	337	6	2	8469
33	Patricio Romero	4091	289	120	44	16	4561
34	El Tránsito	4988	441	189	39	47	5705
35	Lucía Albán	2956	326	176	25	25	3509

Tabla: 3.3 TPDA de Calles y Avenidas Estudiadas
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.4. Solicitaciones de medio ambiente

Una de las principales sollicitaciones a las que se encuentran sometidos los pavimentos es las generadas por las condiciones medioambientales del entorno, las cuales se representan por medio de la temperatura y la lluvia.

3.4.1. Efectos de la temperatura

Entre los principales tenemos los siguientes:

- Producirá envejecimiento superficial de la capa de rodado.
- Altas temperaturas:
 - ✓ Ablandamiento del asfalto reduciendo el espesor.
 - ✓ Reducción de la viscosidad del asfalto.
- A bajas temperaturas:
 - ✓ Pérdida de flexibilidad.
 - ✓ Grietas por contracción.

Además, el efecto de las bajas temperaturas puede producir congelamiento tanto en la superficie como en las capas granulares y la sub-rasante.

3.4.2. Efectos de la humedad (Precipitaciones)

Dependerá principalmente de:

- Adherencia del asfalto con el agregado.
- Tipo de granulometría (cerrada o abierta).
- Cantidad de huecos.
- Cantidad de asfalto.
- Espesor de la película de asfalto

En general, tendremos las siguientes consecuencias:

- Disgregación de la mezcla.
- Transporte de contaminantes en grietas.
- Reducción de la resistencia y la estabilidad de la base, sub base y sub-rasante.
- Afecta también la resistencia al deslizamiento (fricción).

El agua infiltra en la estructura del pavimento de diferentes formas, como grietas y juntas. Esta situación afectará las características físicas de la estructura ya que reduce la resistencia del material granular de las subcapas debido al efecto de bombeo, el cual arrastra los finos fuera de las capas granulares, perdiendo paulatinamente la capacidad de soporte.

Las condiciones medioambientales del Distrito Metropolitano de Quito son:

CONDICIONES CLIMATICAS	
TEMPERATURA	
Mínima	7 °C
Promedio	16 °C
Máximo	26 °C
PRECIPITACIONES	
Mínima	38 mm.
Promedio	130 mm.
Máximo	264 mm.
ALTITUD	2800 m.s.n.m.

Tabla: 3.4 Condiciones Climáticas
Fuente: INAMHI

3.5. Evaluación estructural

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en trabajos, análisis y resultados, presentados en un informe, en el cual se muestra el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

El pavimento puede ser evaluado mediante 3 distintas formas:

- Inspección Visual
- Ensayos no destructivos
- Ensayos destructivos.

La presente evaluación refiriéndose a la inspección visual se manejara el índice de serviciabilidad (PSI).

En cuanto a los ensayos no destructivos se recopilara los datos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y de deflexiones con el rugosímetro RSP Mark IV producido por la compañía Dynatest y el Deflectómetro De Impacto JILS-20 FWD (Falling Weight Deflectometer)

En lo que respecta a ensayos destructivos se realizaran calicatas para obtener datos de espesores de carpeta, base sub-base además de toma de muestras para realizar límites de Atterberg, CBR, y granulometría en la autopista en estudio cada kilómetro y ensayos de cono dinámico (DCP) en el lugar donde se hicieron las calicatas.

Otras maneras de evaluar pavimentos

- Toma de deflexiones con Viga Benkelman
- Medición del IRI con Perfilometro estático Merlín
- Toma de espesores de capas de base sub-base y subrasante con Geo Radar (procedimiento moderno)

Las dos primeras formas de evaluación son las maneras convencionales y su equivalente moderno y más eficaz son el rugosímetro y el deflectómetro respectivamente.

3.5.1 Métodos de evaluación estructural

3.5.1.1 Ensayos destructivos

Consiste en el análisis de los pavimentos mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorios o in situ, u otros igualmente costosos. La extracción de testigos nos sirve para conocer la estructura del pavimento en el tramo bajo estudio en un punto de las áreas más críticas. Se determina el espesor de cada capa hasta la sub-base y el total de la estructura. Así mismo los materiales componentes y si fue o no estabilizada alguna capa y con qué material o producto (cal, asfalto, cemento)⁴

Los ensayos de laboratorio tienen la finalidad de tratar de reproducir al máximo posible, lo que le ocurre al pavimento cuando se le aplican las cargas, se pueden evaluar deformaciones bajo condiciones de temperatura, humedad, esfuerzos y condiciones generales de los materiales y al final se puede obtener un dictamen en el que se puedan analizar las características y comparar con los requisitos o normas fijadas. Estos ensayos ayudan a que los pavimentos puedan ser previamente analizados antes de su colocación, o bien después de su colocación, existen unos ensayos más aproximados a la realidad que otros.

3.5.1.2 Ensayos no destructivos

La evaluación de la capacidad estructural y funcional de pavimento utilizando ensayos no destructivos permite evaluar el comportamiento de la estructura del pavimento como un conjunto de

⁴ Alarcón García Luis Omar. *Evaluación y Diseño de Rehabilitación de Pavimentos por Métodos no Destructivos para la Vía*: Ambato – Riobamba. Quito – Ecuador. 1996

capas reflejando las propiedades de cada una de ellas y la interacción entre las mismas, además de evaluarlas con sus propiedades en terreno.

La evaluación por capas permitiría corregir eventuales diferencias en la construcción de una capa y mejorar la homogeneidad de la estructura del pavimento.

En este estudio se realizara la evaluación del pavimento, mediante el uso de técnicas no destructivas: Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD) y el Perfilómetro Láser.

3.5.2 Rugosímetro: medición y datos del IRI

El perfilómetro longitudinal láser RSP Mark IV producido por la compañía Dynatest, es un equipo de ensayo de gran rendimiento: usado en la rama de ingeniería civil ya que permite la evaluación del perfil longitudinal de las carreteras a través del índice de rugosidad internacional (IRI).

Índice de Regularidad Internacional (IRI): es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento. Mientras menor sea el valor del IRI mejor es la condición de la superficie del pavimento evaluada. Un valor de IRI de cero representa una superficie completamente lisa y uniforme. Se expresa en unidades de longitud sobre longitud: m/km, mm/m.

Al aumentar el valor del IRI en una vía aumentan de manera directa los costos de operación de los usuarios que transitan sobre ella.

El equipo RSP Mark IV está diseñado para proveer medidas de rugosidad para la gestión de vías, siendo capaz de obtener medidas a velocidad de circulación, de perfiles longitudinales, IRI y RN.

El principio de medida se basa en el método del Sur de Dakota. Un acelerómetro se usa para obtener el movimiento vertical del cuerpo del vehículo, mientras que un sensor láser se usa para medir la distancia entre el cuerpo del vehículo y el pavimento.

Las medidas del pavimento se obtienen al sumar el movimiento del cuerpo del vehículo con los desplazamientos entre la superficie del pavimento y el cuerpo del vehículo.

El IRI se calcula en base a este resultado de acuerdo a las especificaciones del Banco Mundial. El perfil longitudinal cumple con las especificaciones definidas bajo norma ASTM E- 950.

3.5.2.1 Características del rugosímetro

Con el Perfilómetro inercial con sensores láser RSP, se puede recolectar información del estado de la carretera, midiendo con exactitud el perfil longitudinal y transversal de la misma. Este equipo calcula, almacena y despliega automáticamente parámetros como el IRI, RN (Ride Number) y Ahuellamiento (Rutting), además de registrar la velocidad de operación del equipo; todo esto lo realiza en tiempo real y a la velocidad de circulación de la carretera.

Dentro de la viga del RSP se tienen instalados 2 sensores láser y 2 acelerómetros colocados estratégicamente para medir todo el ancho de la pista. Estos dispositivos miden, por triangulación, la distancia entre la barra del RSP y la superficie de la carretera, ubicados según lo indica la Foto 3.1.



Foto: 3.1. Posición de sensores láser y acelerómetros de la viga del RSP.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Para la medición del IRI se utilizan los sensores colocados en los extremos.

El RSP tiene un medidor de distancia (DMI, Distance Measurement Instrument) con resolución de 1 mm, con el que se establecen las mediciones longitudinales o intervalos de medición (por ejemplo a cada 100 m, a cada 200 m, etc.).

Además se debe considerar lo siguiente:

- El equipo utiliza el programa Rsp Win para obtener los datos en campo.
- Los perfiles pueden ser colectados en un rango de velocidad entre 22 km/h y 100 km/h.

3.5.2.2 Partes del rugosímetro

El rugosímetro está conformado por las siguientes partes:

- Unidad de procesamiento electrónico (EPU).
- Barra de dispositivos.
- Laser para medición de distancia.
- Acelerómetros.
- Caja switch
- Encoder para medir distancia

Unidad de procesamiento electrónico (EPU)

Es un computador, que contiene chips para procesamiento en tiempo real de perfiles.

Está equipado con un puerto de ethernet para transmitir los datos al computador de colecta de datos usando protocolo TCP/IP de red.



Foto: 3.2. Panel frontal del EPU.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

La foto 3.3 se muestra el panel frontal del EPU. Contiene:

- Fusible de 3 amp
- Fusible de 2 amp
- Switch encendido
- Conector de corriente de 12 V
- COM1 y COM2 para GPS
- Conectores para laser
- Conectores para acelerómetro
- Conector cable de red
- Conector encoder

Barra de dispositivos



Foto: 3.3 Barra de dispositivos.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

La barra está diseñada para alojar los componentes principales del perfilómetro:

- Alojador EPU
- Brazos telescópicos
- Alojador del láser/acelerómetro
- Dispositivo de montaje

La barra está diseñada para ser instalada y removida fácilmente del vehículo. La barra para su montaje está provista de un dispositivo de acero ajustable especialmente diseñado para alojarse en el receptor cuadrado de 2" x 2". La barra está construida de aluminio por lo que es liviano y fácil de manejar. Cada brazo telescópico tiene una distancia de 25 cm.



Foto: 3.4. Perfilómetro longitudinal laser.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Laser para medición de distancia

El sensor en un perfilómetro mide la distancia vertical del vehículo a la carretera por medio de un punto de luz invisible que es proyectado sobre la superficie de la carretera, este punto es reflejado a través de un lente a un sensor de desplazamiento sensible a la luz. La distancia al pavimento es obtenida por triangulación. El punto de luz láser es llamado marca del sensor, y mide normalmente de 1 a 5 mm (0.04 a 0.20 pulgadas) de diámetro.

La resolución de un sensor es la unidad de distancia más pequeña que puede ser medida con precisión. Las investigaciones han mostrado que es necesario que los sensores tengan una resolución de por lo menos 0.5 mm (0.02 pulgadas) para obtener perfiles que sean lo suficientemente exactos para ser usados en el cálculo del IRI y del Ride Number. El equipo RSP utiliza láseres Selcom SLS 500. Los sensores laser tienen elementos electrónicos compactos que simplifican la instalación y permita ahorrar espacio para su instalación.

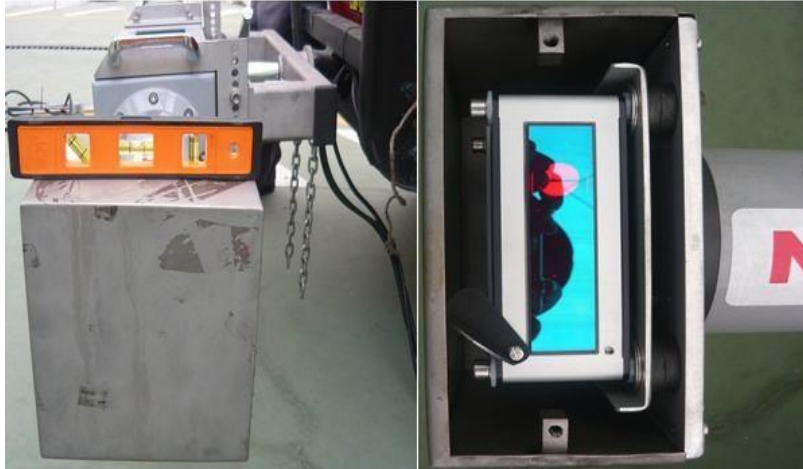


Foto: 3.5 Láser Selcom SLS 500.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Acelerómetros

El acelerómetro es utilizado en un perfilómetro para establecer una referencia inercial de la cual puedan hacerse las medidas de altura. La aceleración vertical medida por el acelerómetro es integrada dos veces para establecer su posición vertical. Los acelerómetros son usualmente colocados sobre los sensores que están alineados con las llantas del vehículo de medición y deben ser orientados verticalmente.

Se utilizan dos acelerómetros con el equipo RSP. Los acelerómetros están colocados con magnetos sobre los sensores láser.

El propósito de los acelerómetros es registrar el movimiento vertical de los láseres a lo largo del movimiento del vehículo. Los movimientos verticales se restan de las elevaciones medidas con los láseres para obtener los perfiles longitudinales.

Estos perfiles se utilizan para obtener IRI y RN. La resolución es $9,81 \times 10^{-6}$ m/s.

Caja switch

La caja switch o switch box incluye múltiples propósitos:

- Permitir al operador encender los equipos de la barra desde el interior del vehículo.
- Provee botones para colecta de eventos.

Además la caja recibe un cable de red desde el EPU y desde la caja se conectan los dispositivos al computador portátil.



Foto: 3.6 Switch Box.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Encoder para medir distancia

El medidor de distancia en el perfilómetro debe ser capaz de medir exactamente la distancia longitudinal de la medición. Al hacer mediciones en construcciones nuevas, la ubicación de los lugares para acciones correctivas es determinada a partir de los datos del perfil. Por lo tanto, la medida exacta de la distancia longitudinal relativa a marcas fijas es muy importante. En la siguiente gráfico se muestra la conexión del medidor de distancia (DMI) en la rueda delantera.

El Encoder mide la distancia viajada por el vehículo y comunica la información al EPU. El Encoder produce 2.000 pulsaciones por revolución, se monta típicamente en la rueda del vehículo.

Un disco de aluminio conectado mediante las tuercas de la llanta permite acomodar el Encoder. Se monta un plástico en dirección vertical y una barra de acero en dirección horizontal.



Gráfico: 3.7. Encoder y su disposición en el vehículo.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.5.2.3 Funcionamiento del rugosímetro

La medición del perfil longitudinal se basa en el método de “South Dakota”. El perfil longitudinal usa tecnología láser para el levantamiento de información, empleando un dispositivo instalado en el bastidor de un vehículo mediante el que se determina de forma continua entre el chasis y la superficie de la carretera (en algunos casos se usa una pequeña quinta rueda como sensor de contacto).

La distancia medida tiene dos componentes:

- 1.- Los desplazamientos verticales de la superficie de la carretera respecto a un valor inicial.
- 2.- Los movimientos verticales propios del vehículo.

Para detectar el segundo componente del movimiento se usa un acelerómetro instalado en el bastidor junto al sistema de medida. Si se resta el desplazamiento del vehículo del movimiento obtenido por el dispositivo de medida (distancia entre el bastidor y el pavimento) la diferencia proporciona los desniveles ó irregularidades de la superficie que definen el perfil longitudinal. El perfil de la superficie del pavimento se obtiene sumando el movimiento vertical del vehículo con la distancia al pavimento.

El perfil se mide de forma independiente para cada rodada usando una cámara láser, un acelerómetro y una tarjeta de procesamiento de señales digitales (especialmente diseñada para este tipo de dispositivo), además se pueden obtener varios indicadores de la regularidad superficial correspondiente al perfil medido. Por último el IRI es calculado de acuerdo con las especificaciones del Banco Mundial.

3.5.2.4 Instalación del rugosímetro y mediciones

Para la instalación del equipo se necesita la provisión de las siguientes características:

- Enganche de 2" x 2"
- Luces de advertencia
- Sistema de poder de 12V que puede provenir de la batería del vehículo o del adaptador de cigarrillo.



Foto 3.8. Enganche delantero 2" x 2".
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Montaje de la barra

La barra se monta en un enganche de 2" x 2" en la parte posterior de vehículo.

Con la finalidad de instalar apropiadamente el equipo RSP, el fondo de los alojadores del láser debe encontrarse aproximadamente 290mm sobre la superficie del pavimento. El dispositivo de montaje está construido para permitir un ajuste a una altura de 300 mm en intervalos de 15 mm.

La barra pesa aproximadamente 70 libras, por lo que se recomienda el manejo adecuado para no producir caídas debido a la sensibilidad del equipo.



Foto 3.9 Montaje del rugosímetro.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Conexiones de los cables

Los componentes que deben ser conectados desde el panel del EPU, incluyendo:

- 1.- Cables del sistema de poder
- 2a, 2b.- Laser (izquierdo y derecho)
- 3a, 3b.- Acelerómetro (izquierdo y derecho) 4.- Cable de red LAN
- 5.- Cable del encoder
- 6.- Cable GPS.

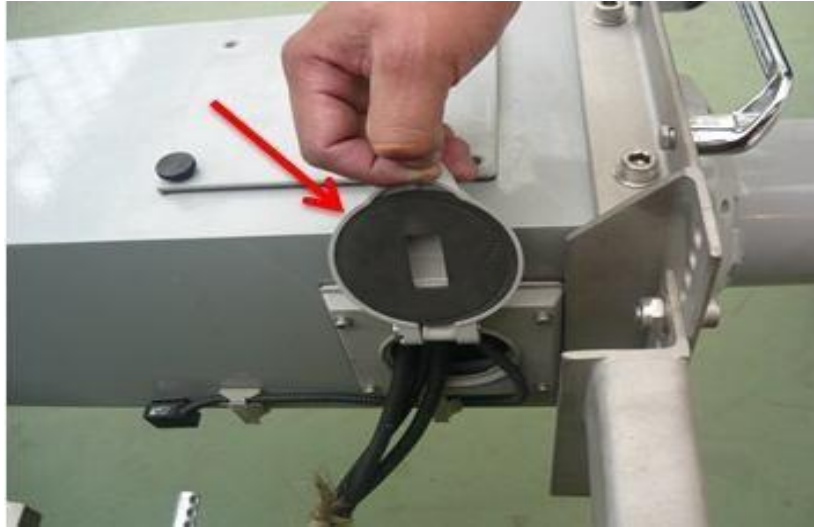


Foto 3.10 Acceso de los cables al EPU.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

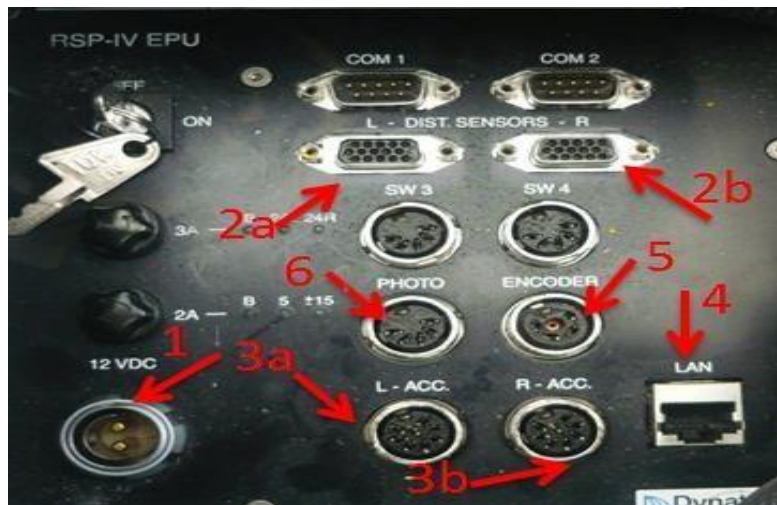


Foto 3.11. Conexiones para los cables.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Montaje del encoder

El encoder consiste en los siguientes componentes:

- 1.- Disco de aluminio
- 2.- Encoder óptico
- 3.- 4 tuercas de sujeción

- 4.- Brazo plástico
- 5.- Soporte lateral de acero
- 6.- Sujetador magnético



Foto 3.12. Montaje del Encoder.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

GPS

La unidad de GPS se conecta al EPU usando un puerto de comunicación COM. El GPS requiere configuración de los canales de comunicación con el computador, en el software de captura de datos.



Foto 3.13. GPS con su antena respectiva.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Esquema de instalación

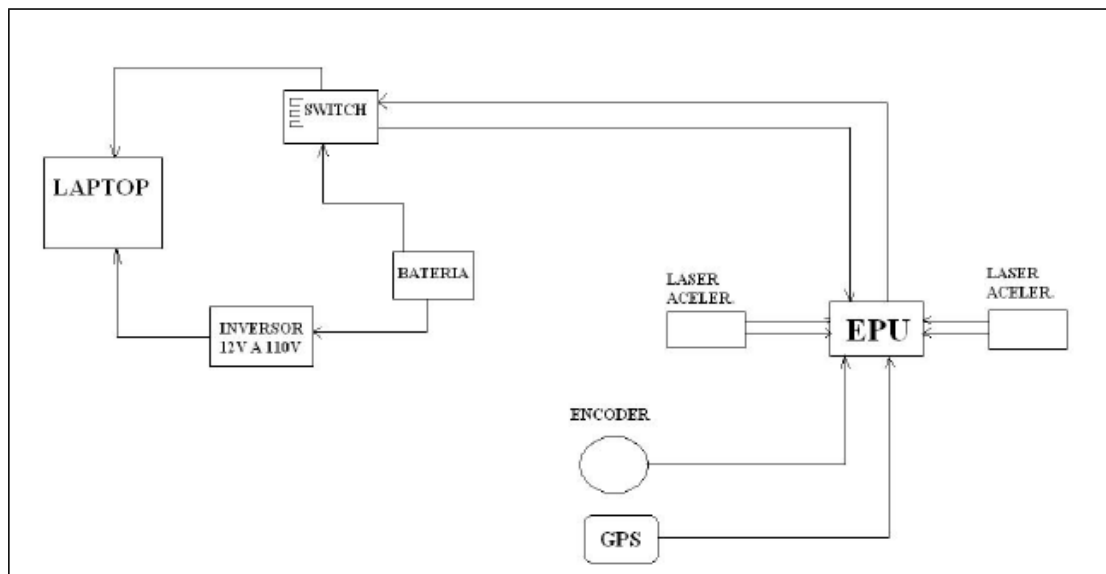


Gráfico 3.1 Esquema de instalación.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Procedimiento de medición

- Chequear la presión de las 4 llantas del vehículo (30 PSI).



Foto 3.14 Medición de presión en llantas (30 PSI).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Colocar el rugosímetro / perfilómetro longitudinal RSP en el frente del vehículo, dentro del tubo rectangular y ajustar con la racha. Verificar que tanto la barra como los láseres estén nivelados.

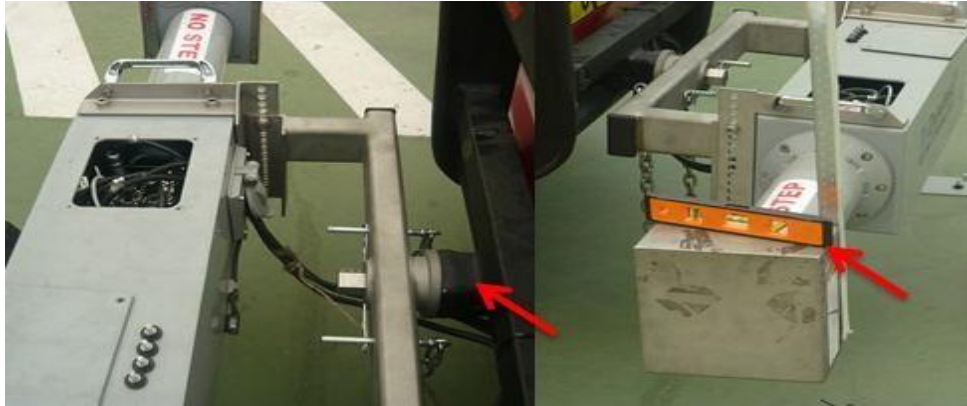


Foto 3.15. Colocación del perfilómetro y nivelación de los laser.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Retirar la placa que esta sobre la caja de conexión del perfilómetro RSP situada al lado izquierdo, desenroscando los cuatro tornillos en su parte superior. Preparar los tres cables que van a ser conectados en la caja de conexión.



Foto 3.16. Extracción de la placa del RSP.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Realizar las siguientes conexiones:

- Conectar el cable de poder (cable liso) en la terminal indicada como "12 VDC".
- Conectar el cable de red que tiene un terminal de color azul en el "LAN".
- Conectar el cable de 4 pines en "ENCODER" y ajustarlo.

NOTA: Detrás de la caja de conexión hay una tapa, la cual se levantará para que ingresen los cables a través de ella.



Foto 3.17 Disposición de los cables en la caja de conexión.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

NOTA: En caso de que no llegase energía al perfilómetro RSP revisar el estado de los fusibles 2A y 3A.

- Una vez que todo esté conectado y revisado, encender el switch (colocarlo en posición ON) dentro de la caja de conexiones y cerrarla con los cuatro tornillos.

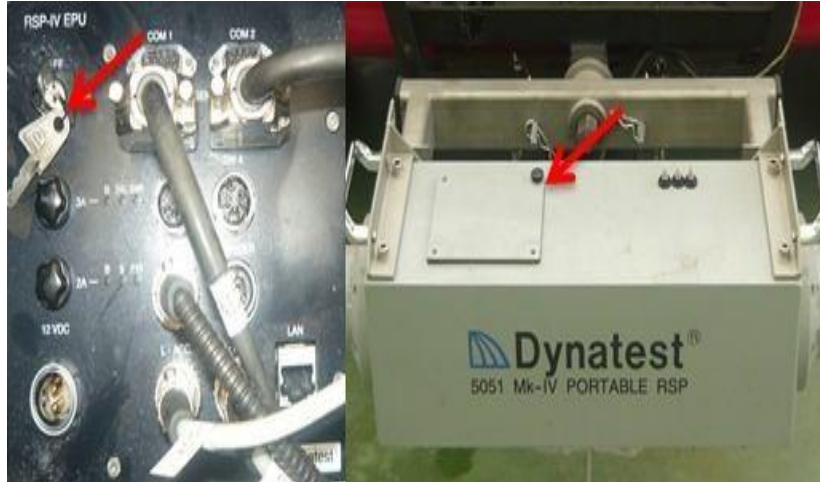


Foto 3.18. Encendido del RSP.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Para realizar la instalación del odómetro o encoder, primeramente colocamos las tres extensiones en las tuercas que sujetan la llanta del vehículo. Las extensiones de las tuercas se ajustan únicamente a presión.



Foto 3.19. Colocación de extensiones para colocar el encoder.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Encajar el plato de aluminio que sostiene el odómetro o encoder, con las tres extensiones de tuercas y ajustar los pernos provistos mediante una hexagonal.



Foto 3.20. Instalación del plato de aluminio.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Colocar la barra de apoyo en la carrocería de tal manera que al ajustar el imán la barra quede en posición horizontal.
- Colocar el cable de datos del odómetro o encoder por detrás de la llanta verificando que no rose con ésta. Conectar con la extensión que se encuentra en la base del vehículo y ajustarlo debidamente.



Foto 3.21. Unión del imán a la carrocería.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.



Foto 3.22. Instalación del cable del encoder.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Colocar el computador con el programa de captura de datos sobre la mesa y conectar el cable de poder al cortapicos.
- Conectar el cable de poder de la caja azul de red al cortapicos.
- Conectar el cable de red de la caja azul al puerto de red ubicado en la parte posterior del computador.



Foto 3.23. Instalación del computador en el vehículo.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Retirar las tapas de las cajas donde se encuentran los rayos laser que están ubicadas debajo de las cajas. Luego retirar el seguro de las luces, siempre asegurándose de que se encuentran boca abajo y cuidando de no observar la luz del láser directamente.

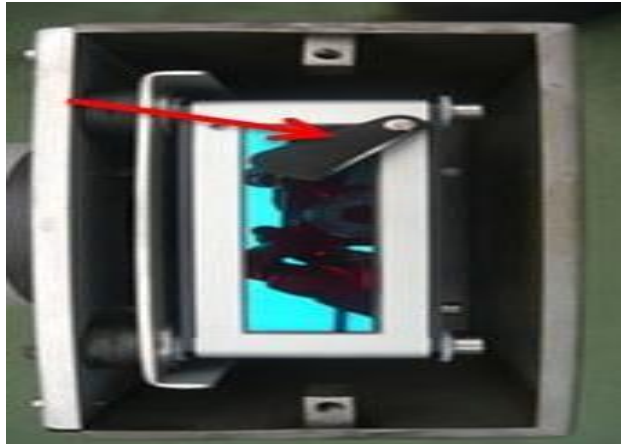


Foto 3.24. Retiro del seguro del láser.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

NOTA: La luz del láser emitida puede dañar el ojo humano si se expone directamente, o si la luz se refleja en un espejo o cualquier superficie como espejo directamente en el ojo. La luz del láser puede ser invisible. Nunca se debe encender el equipo sin asegurarse que alguien está cerca de los láseres.

- Nivelar las cajas que alojan los láseres y ajustar con los mecanismos provistos en la barra.



Foto 3.25. Ajuste y nivelación de los láseres.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Colocar las banderas de protección a cada lado de las cajas de los láseres.



Foto 3.26. Colocación de las banderas de protección.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Conectar las luces giratorias de advertencia (licuadora) en el encendedor de cigarrillos del vehículo.
- Encender el motor del vehículo y prender sus luces.
- Encender el inversor de corriente que se encuentra bajo el asiento posterior del vehículo y verificar que prenda la luz verde.



Foto 3.27. Inversor de corriente.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Prender el cortapicos.
- Encender el computador.

- Encender la caja negra, colocando la llave en posición horizontal.



Foto 3.28. Encendido de la caja negra.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Ingresar al programa de colecta de datos. Aplicar doble clic en el ícono “DINATEST CONTROL CENTER” ubicado en el escritorio.



Gráfico 3.2. Ingreso al programa Dynatest Control Center.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Aparece entonces la ventana “DINATEST CONTROL CENTER 1.4.2” Verificar que los datos del vehículo y operador sean los correctos, mantener en el texto frente al ícono en forma de escritorio el término “ADMINISTRADOR”.

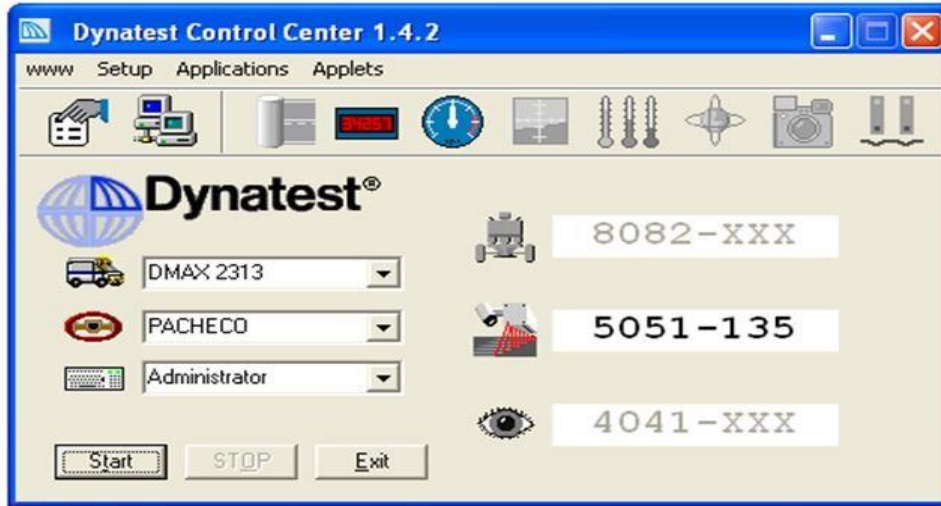


Gráfico 3. 3. Ventana del programa, Dynatest Control Center.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Aplicar un clic en “START”
- Aparece la ventana “DINATEST SURVEY”. Minimizarla.

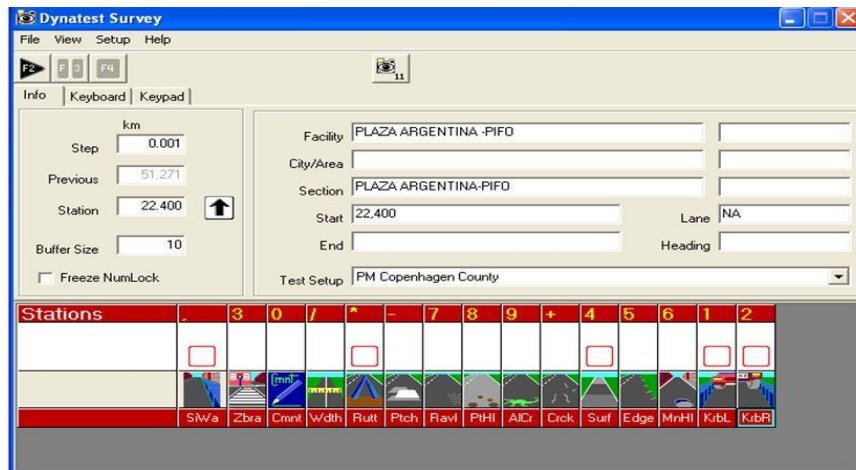


Gráfico 3.4 Ventana del programa, Dynatest Survey.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Crear un archivo nuevo en el menú FILE opción NEW.

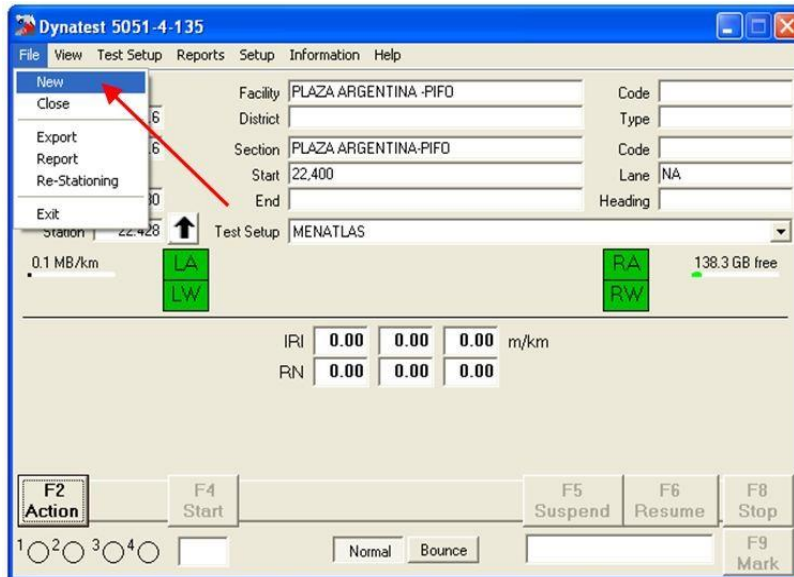


Gráfico 3.5. Ventana del programa, Dynatest 5051-4-135.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- En la ventana “CREATE NEW DATA FILE” colocar lo siguiente:
- En “File Name” el nombre del archivo que se va a crear Ej. Prueba.
- En “Facility” colocar el nombre del proyecto.
- En “Section” colocar el nombre del tramo a realizar.
- En “Start / End” colocar las abscisas referenciales de inicio y fin de tramo.

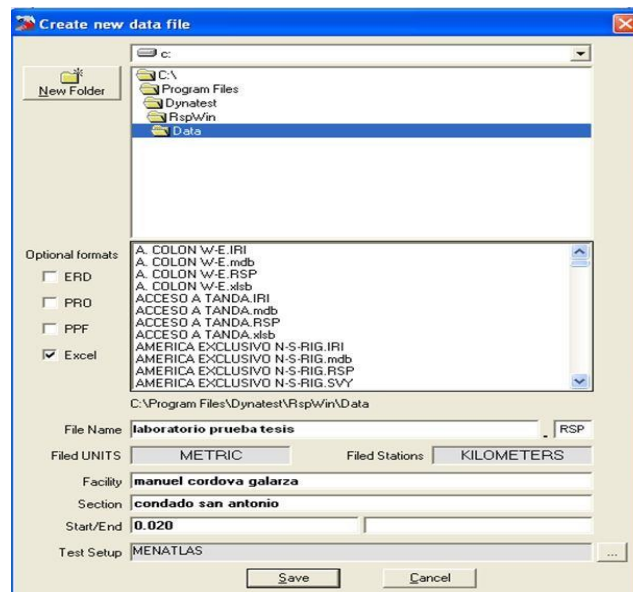


Gráfico 3.6. Ventana del programa, Create New Data File.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

NOTA: Chequear que las siguientes opciones estén activadas: EXCEL; FILE; UNITS; METRIC.

- Clic en “SAVE”.
- Aparece la ventana “DYNATEST 5051-4-135”. Revisar la posición de la flecha que se muestra. La flecha apuntando hacia arriba indica que las abscisas van a ir en incremento durante el ensayo. Mientras que si la flecha apunta hacia abajo significa que las abscisas van a retroceder durante el ensayo.

Para cambiar la dirección donde apunta la flecha basta con dar un clic sobre la flecha que se muestra.

- Para iniciar el ensayo dar un clic en la tecla F2 o en el botón “ACTION” que está en la pantalla.

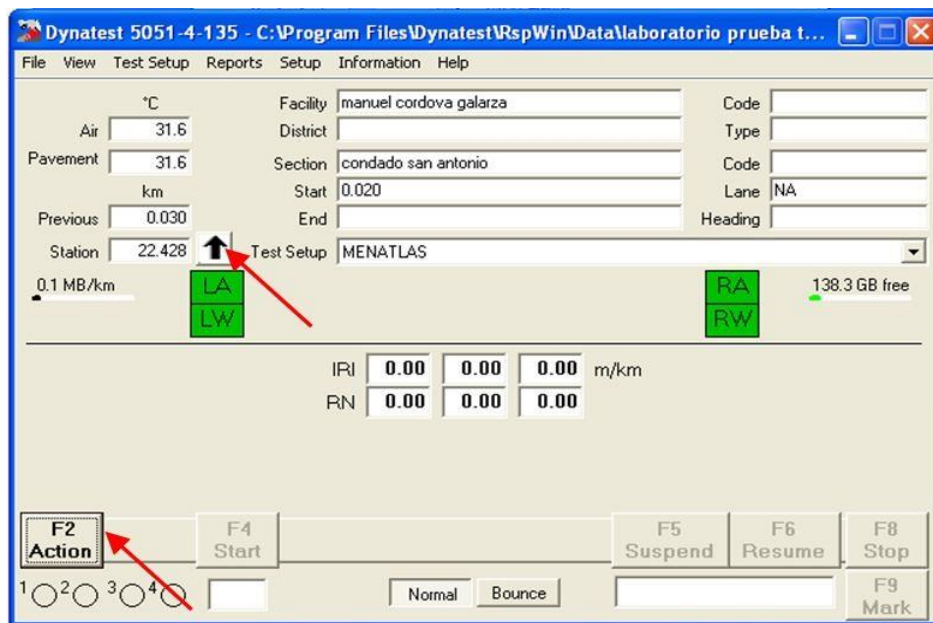


Gráfico 3.7. Ventana del programa, Dynatest 5051-4-135.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Se procede a definir en las abscisas.
- En “DMI” se coloca la abscisa actual donde se encuentra el vehículo (la referencia tiene que estar ubicada en el perfilómetro “RSP”).

- En “Start” define la abscisa donde se va a iniciar la captura de datos.
- En "Stop" define la abscisa donde se va a finalizar la captura de datos.

NOTA: Se puede definir varias maneras tanto de iniciar como de finalizar el estudio: manual (manual), automática (automatic) o con detector de luz (photo detector), es decir utilizando la cinta.

- Frente al cuadro “Start” se define la forma como se va a iniciar el ensayo. Se ha definido por norma general, por facilidad, escoger la opción “automatic”. Por ende se debe colocar la abscisa donde se va a comenzar el estudio.
- Frente al cuadro “Stop” se define la forma como se va a detener el ensayo. Se ha definido por norma general, por facilidad, escoger “manual key F8”.

Por ende a F8 se debe presionar la tecla F8 cuando se vaya a finalizar el ensayo. Una vez escogida la configuración para el ensayo, verificar y dar un clic en “OK”.



Gráfico. 3.8. Ventana del programa, Preparing To Collect Data.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

NOTA: La velocidad del vehículo durante el ensayo es mínima de 20km/h, y la máxima 100km/h.

No se puede realizar el ensayo en lluvia o cuando existen espejos de agua sobre la superficie del pavimento.

De ser el caso que los láseres no se encuentren correctamente nivelados el programa solicitará al operador realizar una recalibración. Seguir el procedimiento descrito en la pantalla de presentarse esta situación.

- El ensayo debe iniciar automáticamente cuando el vehículo llegue a la abscisa definida previamente. El programa emite un sonido cuando inicia la captura de datos.

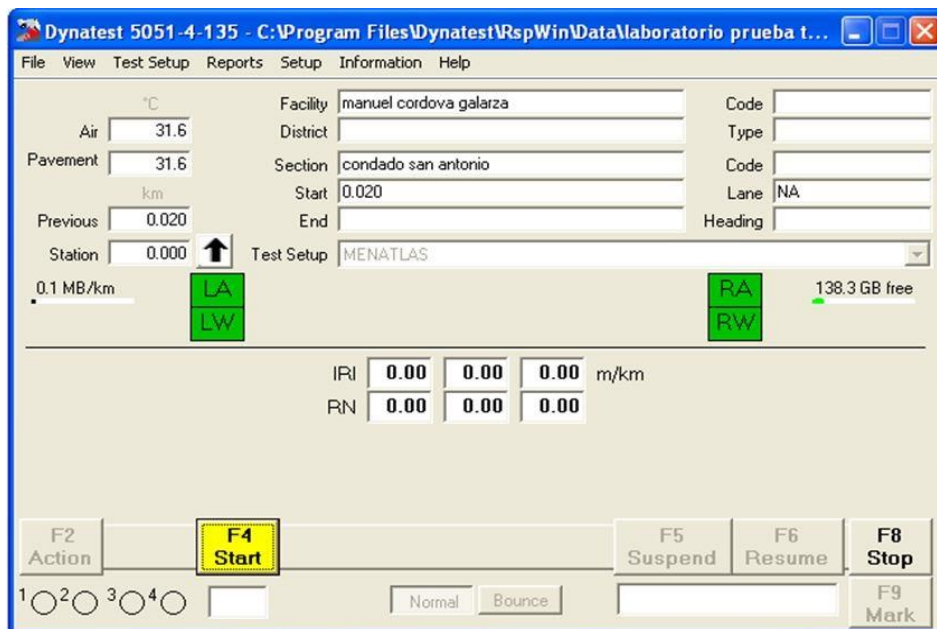


Gráfico 3.9. Ventana del programa, Dynatest 5051-4-135 (Start).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Una vez finalizado el ensayo, en el menú file escoger la opción “EXIT”.

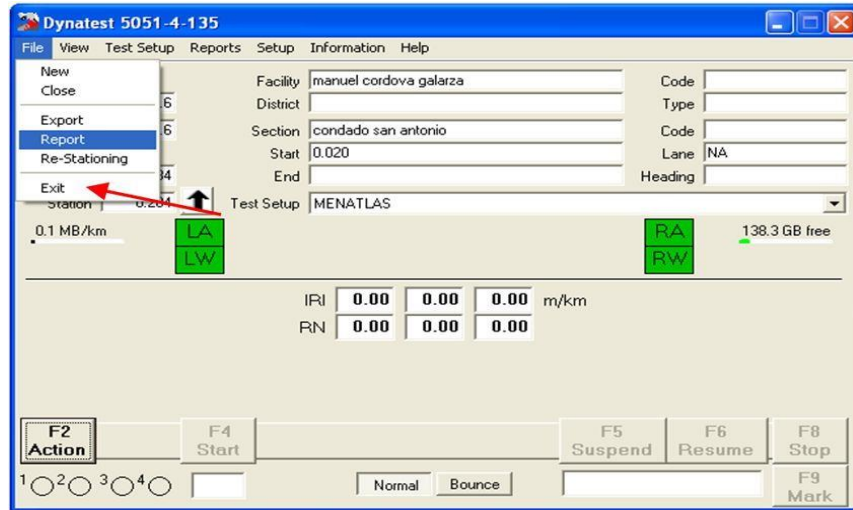


Gráfico 3.10. Ventana del programa, Dynatest 5051-4-135 (Exit).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

En la ventana “DINATEST CONTROL CENTER 1.4.2” dar click en “EXIT”.

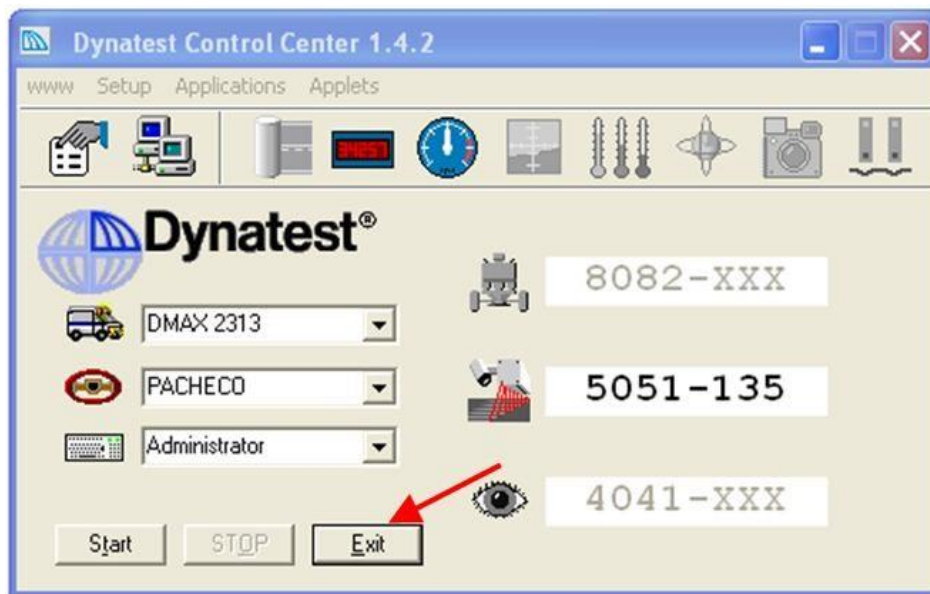


Gráfico 3.11. Ventana del programa, Dynatest Control Center (Exit).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Una vez finalizado el ensayo colocar los seguros de los láseres retirados en el paso # 12 y ajustar las tapas respectivas.

3.5.2.5 Toma de datos y tabulaciones

Medición del índice de rugosidad internacional – IRI

La calidad de la superficie de rodadura es un factor muy importante para el usuario de la carretera, ya que influye en la comodidad, seguridad y en el costo de operación vehicular. El Índice de Rugosidad Internacional de la superficie conocida como IRI, es una medida de referencia de las irregularidades superficiales de la carretera; es decir, de la influencia del perfil longitudinal en la calidad de la rodadura, expresada por la respuesta dinámica de un vehículo en movimiento.

El IRI, se define mediante un tratamiento matemático del perfil longitudinal de la calzada en la huella por simulación, de los desplazamientos verticales de una rueda al circular a 80 km/h, es decir que representa la media de los desplazamientos o ascensos y descensos por unidad de distancia (m/km o dm/Hm). La evaluación del IRI se llevó a cabo con un Rugosímetro, fabricado por la empresa DYNATEST de los Estados Unidos de Norteamérica. Con este rugosímetro se obtiene básicamente una lectura continua de las oscilaciones de la superficie del pavimento a intervalos de distancia predeterminadas, en unidades de metros acumulados por kilómetro recorrido (m/Km), en el caso específico del proyecto 100 m aproximadamente. La evaluación se realizó en los dos carriles de las vías tanto para vehículos livianos y para vehículos pesados.

El Cuadro No. 3.5, presenta los criterios de evaluación del IRI, establecidos para los proyectos de Concesión por parte del Instituto Nacional de Concesiones – INCO, modificados mediante la adición del intervalo de 3.5 a 4.5 m/km, por considerar que el de 3,5 a 5,5, propuesto por el INCO es muy amplio. La respectiva evaluación del IRI para los todos los kilómetros y para cada carril tanto de vehículos livianos y pesados en los dos sentidos se detalla a continuación.

Intervalos de Calificación del IRI				
IRI (m/Km)				
< 2,5	2,5 – 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	> 5,5
Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo

Tabla 3.5. Intervalos de Calificación del IRI

Nota: Clasificación con base en los términos de referencia de concesiones de tercera generación del INCO, dividiendo el intervalo de 3.5 a 5.5. En el siguiente cuadro se califica a la Avenida Alonso de Angulo en estudio en función del IRI para todos los carriles.

ENSAYO DEL PERFIL LONGITUDINAL					
Índice de Rugosidad Internacional					
AVENIDA ALONSO DE ANGULO CARRIL DERECHO					
EQUIPO UTILIZADO		TRAMO	LONGITUD	FECHA	
Perfilometro Laser		0+000 - 1+200	1,200.00	14/08/2013	
SENTIDO: Av. Pedro Vicente Aldonado - Av. Tnte. Hugo Ortiz					
INICIO	DESDE	HASTA	VELOCIDAD (Km/h)	IRI (m/Km)	OBSERVACION
0+000			16.4	9.3	MUY MALO
0+100	0+000	0+100	23.3	9.32	MUY MALO
0+200	0+100	0+200	26.3	6.64	MUY MALO
0+300	0+200	0+300	26.8	6.87	MUY MALO
0+400	0+300	0+400	26.4	6.26	MUY MALO
0+500	0+400	0+500	26.9	6.48	MUY MALO
0+600	0+500	0+600	26.5	5.49	MALO
0+700	0+600	0+700	28.5	6.21	MUY MALO
0+800	0+700	0+800	28.1	4.14	REGULAR
0+900	0+800	0+900	26.6	6.43	MUY MALO
1+000	0+900	1+000	25.5	8.84	MUY MALO
1+100	1+000	1+100	20.9	10.86	MUY MALO
1+200	1+100	1+200	15.4	8.72	MUY MALO

PROMEDIO:	22,97	7,42
PERCENTIL 85:	26,96	9,30

Tabla 3.6. Índice de Rugosidad Internacional
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

GRAFICO DE IRI VS ABSCISADO

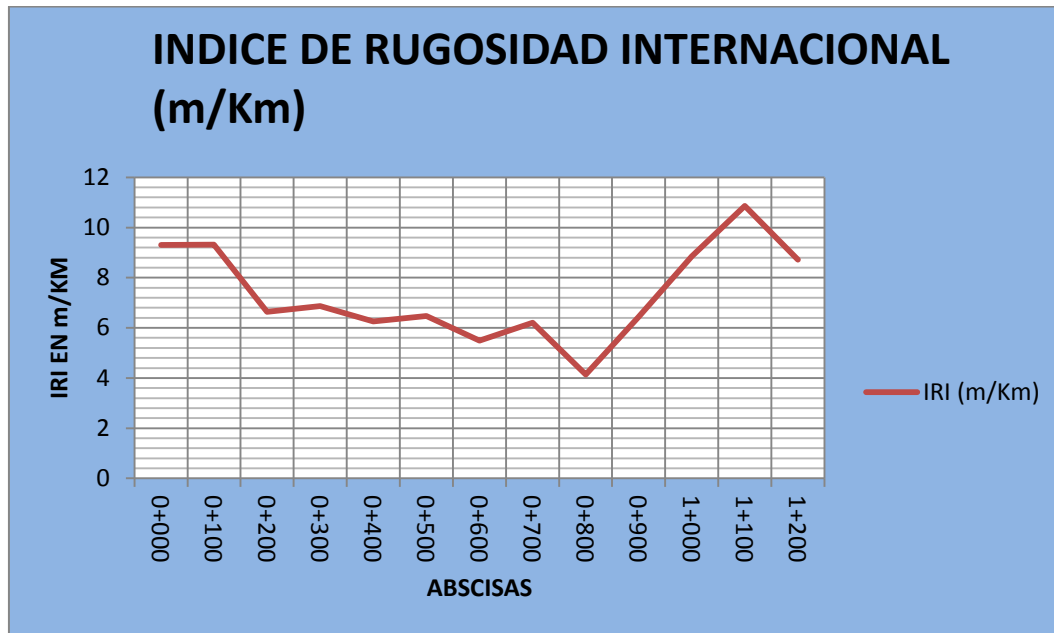


Grafico 3.12. Grafico IRI VS Abscisado
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.5.2.6 Análisis de datos (Software)

Hoja electrónica para el cálculo de secciones homogéneas

Introducción

En este Numeral se describe el cuaderno de cálculo elaborado para facilitar la evaluación del IRI.

El cuaderno consta de varias hojas electrónicas, cuyo contenido y funcionamiento se describe a continuación.

La primera hoja del cuaderno de cálculo permite ingresar datos para el sector vial en estudio. Esta hoja tiene dos zonas de entradas de datos:

- Datos generales del abscisado (Abscisa desde, Abscisa hasta).
- Datos particulares del Índice de Rugosidad (IRI derecho, IRI izquierdo).

La hoja calcula todas las distancias parciales y el Índice de Rugosidad Promedio de los dos sensores. Este último término se califica en función del Instituto Nacional de Concesiones INCO establecidos para el IRI (cuadro 3.5)

Interpretación de resultados

Los valores de rugosidad obtenidos, a través de una evaluación subjetiva de los tramos de las vías pavimentadas están comprendidos entre 3,3 Y 6,6 m/Km lo que significa que existen tramos desde regulares hasta muy malos dando lugar a que no haya un viaje cómodo en toda la longitud de las mismas produciéndose un frenado brusco en algunos tramos por el estado muy deteriorado del pavimento.

Este deterioro se debe principalmente a la fatiga producida por la acción del tráfico y a la falta de mantenimiento que se pudo constatar el gran flujo de vehículos pesados (buses) que circulan en la ciudad de Quito.

De acuerdo al análisis de secciones homogéneas propuesto anteriormente se observa algunos tramos homogéneos muy cortos que no se pueden unificar a otros sectores puesto que presentan valores de rugosidad muy diferentes, pudiendo necesitar una rehabilitación distinta a los tramos más largos dado el estado actual del pavimento en estos sectores críticos.

3.5.3 Deflectómetro de impacto

El deflectómetro de impacto es un equipo utilizado para la evaluación del estado estructural de firmes flexibles, semirrígidos y rígidos. El operador controla todas las funciones del deflectómetro desde el computador que se instala en el vehículo remolcador (en caso de ser con remolque). Este proceso permite a un solo operador realizar el trabajo de medición de manera fácil y sencilla.

Los parámetros que se obtienen son:

- Deflexión máxima
- Cuenco de deflexiones

Estos equipos están dotados de la tecnología más avanzada. Poseen programas que incorporan alarmas que aparecen en la pantalla del ordenador. Si el operador ignora advertencias vitales, no puede efectuar algunas funciones con el FWD, por ejemplo, en conexión con la medición de la temperatura del pavimento: Después de introducir el sensor de temperatura del asfalto, el sensor detecta cuando la temperatura es estable.

Se mide la temperatura mientras la placa de carga está apoyada sobre el pavimento y no se puede elevar antes de que el sensor de temperatura se haya colocado en su receptáculo. El equipo no se puede conducir a otra ubicación cuando la placa de carga está abajo y los interruptores de emergencia, colocados estratégicamente, permiten al operador detener el equipo en cualquier momento por medio del accionamiento manual.

La principal aportación del deflectómetro de impacto frente a los equipos clásicos de deflectometría, es el análisis de la capacidad de soporte mediante el cálculo inverso de los módulos de rigidez de las capas de firme a partir de los cuencos de deflexión registrados.

3.5.3.1 Características del deflectómetro de impacto

El JILS-20 FWD (Falling Weight Deflectometer), está montado en un tráiler de doble eje que puede ser remolcado por una camioneta, camión o vehículo similar. El JILS-20 FWD, solamente se necesita una persona para operar y utiliza una conexión de cable de PC, el conductor puede operar el FWD, sus características son:

- Peso 970kg (2,600libras).
- Longitud 4,064mm (160 pulgadas).
- Ancho 1,829mm (72 pulgadas).
- Altura 1,829mm (72 pulgadas).
- Tráiler de Doble Eje.
- Frenos Hidráulicos.
- Motor de gasolina de 2 cilindros con 18 - caballos de potencia común alternador de 12 voltios permite alta velocidad y operación independiente del vehículo de remolque.

- Secuencia de 4 caídas automatizadas en 30 segundos, la información se captura desde 1-35 caídas en cada ubicación con hasta 35 fuerzas



Foto 3.28 Deflectómetro de impacto Jils -20- fwd.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.5.3.2 Partes del deflectómetro de impacto

Equipo de carga.- el cual está encargado de provocar un impacto, al dejar caer desde cierta altura una masa sobre un plato de carga de diámetro conocido, el cual, está en total contacto con la superficie del pavimento.

Equipo de medición.- este tiene la función de medir deflexiones a diferentes distancias del plato de carga y la magnitud de la carga aplicada.

Equipo computacional.- este tiene la función de recolectar, procesar y transmitir la información obtenida por el equipo de medición. Posteriormente, son almacenados todos los datos recolectados, además de la información necesaria para el proyecto.

Dentro de esta división denotan los componentes siguientes:

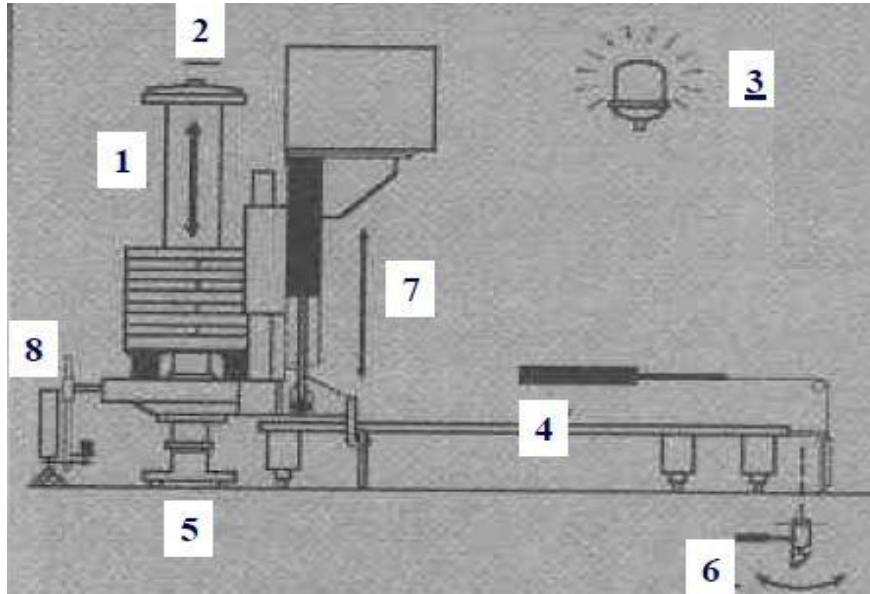


Gráfico 3.13. Partes del defleómetro de impacto.
Fuente: EPMMOP.

- 1.- Pesas
- 2.- Imán
- 3.- Luces de emergencia
- 4.- Geófonos
- 5.- Plato de carga
- 6.- Cierres de seguridad
- 7.- Pie
- 8.- Marcador

Pesas

Las pesas son el componente del sistema que permite simular la carga real del eje estándar de los camiones. Las pesas son elevadas generalmente por imanes, activados electrónicamente, que luego de llegar a una altura determinada caen por gravedad libre sobre la placa de carga. La altura de caída de las pesas se regula generalmente desde el software de captura de información.



Foto 3.30. Pesas.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Imanes

Generalmente el sistema de elevación de pesas del FWD consta de imanes que se activan electrónicamente mediante sensores.

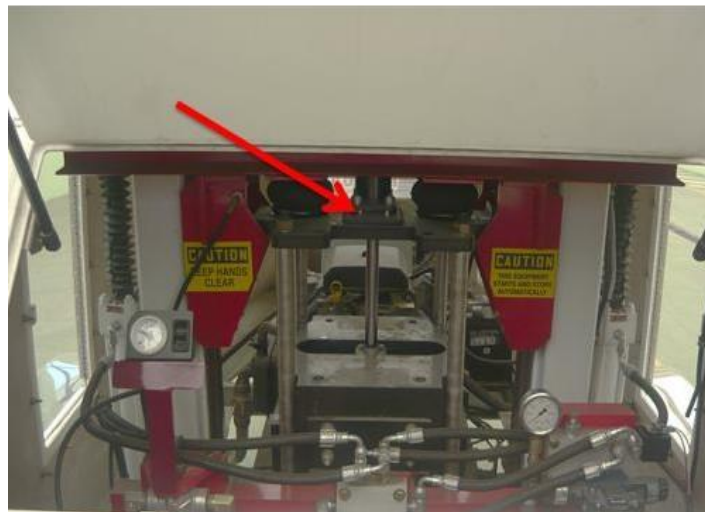


Foto 3.31. Imanes.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Geófonos

Los geófonos son los sensores que traducen las velocidades de respuesta del pavimento a la carga solicitada en deflexiones, medidas en mm. Los geófonos están ubicados sobre una barra que se asienta sobre la superficie de pavimento y que se toman sus lecturas automáticamente, los geófonos son uno de los componentes más sensibles del deflectómetro FWD y necesitan ser calibrados periódicamente, según recomendación del fabricante.



Foto 3.32. Ubicación geófonos y geófono a detalle.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Odómetro

El dispositivo de medición de la trayectoria del FWD, es el DMI = Instrumento de Medición de Distancia, el odómetro se encuentra generalmente instalado en las ruedas del FWD.

Las abscisas son colectadas por medio del software y vinculadas con los ensayos realizados, este equipo necesita calibración previa al levantamiento de información.

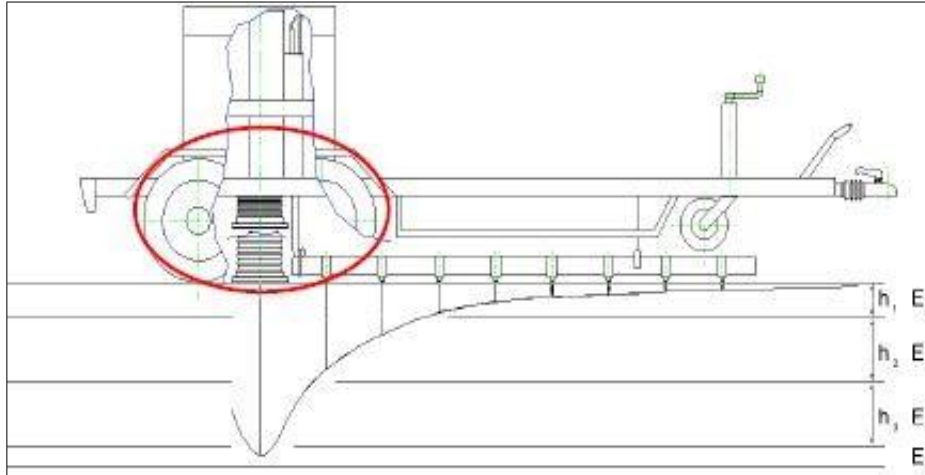


Grafico 3.14. Ubicación odómetros.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Sistema de carga

El componente más delicado del sistema de carga es la celda de carga o traductor de carga. Este dispositivo se encuentra instalado al interior del FWD sobre el plato de carga y permite determinar la fuerza que es aplicada por la combinación de pesas y altura de caída sobre el pavimento.

Ya que es un componente sensible es muy importante su calibración de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones de fabricante.



Foto 3.33. Traductor de carga.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Instrumento de medición de distancia (DMI)

Permite grabar distancias (pie, millas, km) durante el ensayo, la información se escribe automáticamente en el archivo de datos de prueba.

Exactitud: +/- 1 pie/milla (+/- 0.20 m /1 km)

Funciones Especiales: Cambiar unidades, establecer una Distancia previa y cambiar direcciones.



Foto 3.34. Instrumento de medición de distancia (DMI).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

GPS.

Mejor conocido como Sistema de Posicionamiento Global el GPS es un sistema de coordenadas (longitud, latitud y altitud) con el que se referencia los datos obtenidos en diversos ensayos como por ejemplo el de inventario vial y el de Fisuramiento. El GPS consta de tres partes principales:

- Antena
- Receptor
- Visualizador



Foto 3.35. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Sistema de monitoreo en video

Para posicionamiento del vehículo y la prueba de conjunto, un sistema de monitoreo de video a color de Accele Vision.



Foto 3.36. Cámara de video integrada.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Computadora

Es una computadora portátil con el Software JTEST pre-instalado. Las computadoras portátiles se remueven fácilmente de la montura del vehículo.



Foto 3.37. Computadora portátil con software JTEST.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Medida de temperatura del pavimento

Un dispositivo que se utiliza para medir la temperatura del pavimento. Esta información se graba automáticamente dentro del archivo de datos.

Exactitud: lectura +/- 2 %. Rango: 0-750°F (- 7°C - 398°C).



Foto 3.38. Instrumento para medición de temperatura.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Componentes adicionales

Sistema de cierres de seguridad.- El FWD consta de cierres automáticos de seguridad para evitar daños tanto al equipo como a los operadores. El fabricante debe indicar donde se encuentran estos cierres y cuando son activados.

Sistema de luces de seguridad.- El FWD típicamente está provisto con un juego de luces intermitentes que le permiten ser visualizado por los vehículos que circulan a su alrededor para de esta manera evitar accidentes. El fabricante deberá indicar donde se encuentran estas luces y como es su funcionamiento. En caso de que el FWD JILS no cuente con éstas luces se recomienda sus instalaciones.

Sistema de uso manual en caso de emergencia.- Al ocurrir cualquier tipo de daño sobre el equipo que impida su funcionamiento automático mediante el software provisto por el fabricante, los FWD vienen con dispositivos que permiten su manejo manual que permita al equipo salir del campo y transportarlo al taller para su reparación. El fabricante deberá indicar donde se encuentra y su funcionamiento.

3.5.3.3 Funcionamiento del deflectómetro de impacto

El Deflectómetro de Impacto está constituido por una masa que, al caer, provoca un impacto sobre un sistema de amortiguamiento elástico. Dicho sistema está constituido por un conjunto de tacos de goma, cuyo número y características elásticas modulan la forma del impulso de carga producido, junto con el tiempo de contacto. Este sistema, que se encuentra montado sobre una placa, permite generar una onda de carga sobre el firme que simula el paso de un eje pesado en movimiento.

Este equipo cuenta con una serie de sensores encargados de medir las deflexiones verticales que produce en el firme la onda de carga generada, tanto en el centro de la placa de carga como en diversas posiciones radiales a distintas distancias del centro de la misma.

Procesamiento para la determinación de deflexiones en sitio

- Coloque el dispositivo de prueba y la placa de carga sobre el punto que se desee probar. El lugar de prueba debe estar libre, en lo posible, de gravas, gravillas y escombros para

asegurar que la placa quede apoyada completamente. Las superficies de grava o suelo tienen que estar lo más niveladas posible, y remover todo el material suelto para asegurar que la placa de carga haga contacto perfecto con la superficie del pavimento que se pretende evaluar.

- Mida la temperatura ambiente y la del pavimento. Si la prueba se desarrolla por un periodo largo de tiempo, tome temperaturas del pavimento cada hora para establecer una correlación directa entre la temperatura ambiente y la de la superficie del pavimento.
- Registre la siguiente información para cada pavimento evaluado: nombre del operador; fecha y hora; factores de calibración; inicio y fin de la estación o localización física del tramo evaluado; localización de cortes o terraplenes; ubicación de alcantarillas, puentes y otras características de control vertical; límites y extensión de los deterioros superficiales; condiciones ambientales, y descripción del tipo de pavimento.
- Inicie el programa de adquisición de datos, e introduzca la información que requiera la configuración del equipo de deflexión al momento del ensaye. La configuración del equipo se almacena en un archivo de salida, y constituye un insumo para el programa de análisis. Esta información, normalmente incluye el diámetro de la placa de carga, número y posición de los transductores de deflexión y la orientación de los transductores de deflexión con respecto a la placa de carga. Seleccione el formato de archivo de datos adecuado; existen diferentes formatos.
- Baje la placa de carga y los transductores para asegurarse de que se encuentran en una superficie estable y firme.
- Levante el dispositivo generador de impacto a la altura deseada, y deje caer el peso. Registre la deflexión máxima de la superficie y la carga máxima.
- En caso de que ocurra una deformación permanente bajo la placa de carga, mueva el aparato, y reduzca el impacto aplicado hasta que la deformación permanente no sea significativa para el primer ensayo en campo.
- Ejecute como mínimo dos secuencias de carga (c), y compare los resultados. Si las diferencias son mayores del 3 % en cualquier transductor, registre la variabilidad en el reporte. Los ensayos adicionales se pueden hacer con la misma o diferente carga. Con la finalidad de determinar la no linealidad de un sistema de pavimento es factible desarrollar ensayos para diferentes niveles de carga. El analista puede utilizar cuencas promediadas si se presentan errores aleatorios de importancia.

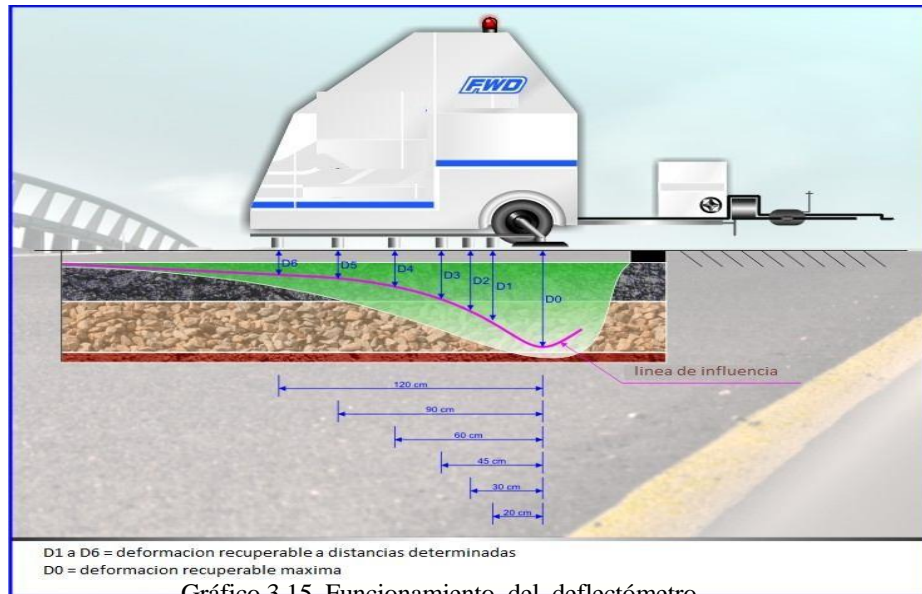


Gráfico 3.15 Funcionamiento del deflectómetro.
Fuente: EPMOP.

3.5.3.4 Instalación del deflectómetro de impacto

- Verificar tener a disposición a vehículo, FWD computador.
- Enganchar FWD a vehículo y levantar la rueda de apoyo.



Foto 3.39. Enganche deflectómetro vehículo.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Levantar el freno de mano



Foto 3.40. Freno de mano.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Conectar el cable del FWD dentro del vehículo (cable plomo con platina), sacándolo por la ventana, con el cable del FWD (plomo con azul) que se encuentra en el remolque.
- Verificar que el acople de ajuste no quede flojo y dejar suficiente cable por fuera.



Foto 3.41. Cable del FWD dentro del vehículo.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Verificar que la cámara de video esté conectada al igual que su respectivo cable.
- Conectar el cable de poder del computador al cortapicos y al computador.



Foto 3.43. Alimentación de energía al computador.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Conectar el cable tipo tarjeta de la caja negra hacia el computador y ajustar.



Foto 3.44. Conexión computador - caja negra. Fuente.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Conectar el cable negro al DMI.



Foto 3.45. Conexión al DMI.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Conectar el cable plomo del DMI hacia el puerto usb del computador.



Foto 3.46. Conexión DMI - computador.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Encender el DMI presionando el botón rojo ON/OFF
- Conectar el GPS.
- Encender el vehículo.
- Encender el transformador de corriente ubicado bajo el asiento.
- Verificar que se encienda la luz verde del transformador de corriente.



Foto 3.47. Transformador de corriente encendido.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Encender el computador.
- Ingresar al programa JTEST haciendo doble clic en el icono de la parte superior media de la pantalla. Aparece una ventana. No realizar ninguna acción.
- Encender el motor del equipo FWD, con la llave localizada en el comando frontal, en la placa color rojo dentro del remolque.

Para permitir el encendido, mover el paso de gasolina en el generador hacia la izquierda y luego regresar hacia la derecha.



Foto 3.48. Encendido del motor del FWD.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Encender el switch de la licuadora (luces de emergencia) localizado al costado de la llave de encendido en el comando frontal.



Foto 3.49. Encendido de luces de emergencia.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Presionar el botón rojo, para encender la cámara de video, localizado en el comando frontal.



Foto 3.50. Encendido de cámara de video.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Levantar manualmente las pesas con el switch elevador del control en RAISE y quitar manualmente el seguro de las pesas por detrás del remolque.



Foto 3.51. Elevación manual de pesas.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- a.- Al finalizar los ensayos del día, repetir este proceso de manera inversa con el fin de asegurar las pesas.
- Luego de retirar el seguro, regresar al vehículo. En la pantalla del computador se encuentra abierta una ventana “THE ENGINE IS ON”, PRESIONAR OK.
 - En la ventana “GENERAL TEST INFO” llenar la siguiente información:
- b.- Operator (Nombre operador de equipos).
- c.- Location (ubicación de los ensayos).
- d- Date File Name (Nombre con el que se guarda el archivo).
- e.- Comment (comentario de ser necesario).
- Una vez completos los datos aceptamos.



Gráfico. 3.16. Ventana del programa JTEST, “THE ENGINE IS ON”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

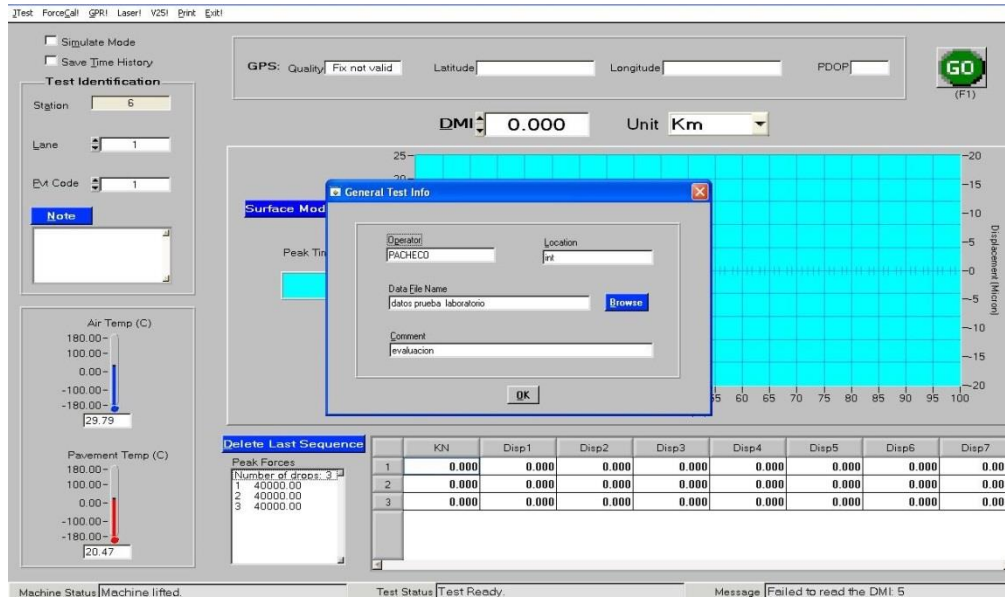


Gráfico. 3.17. Ventana del programa JTEST, “GENERAL TEST”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Dar un click en el menú FORCECAL.

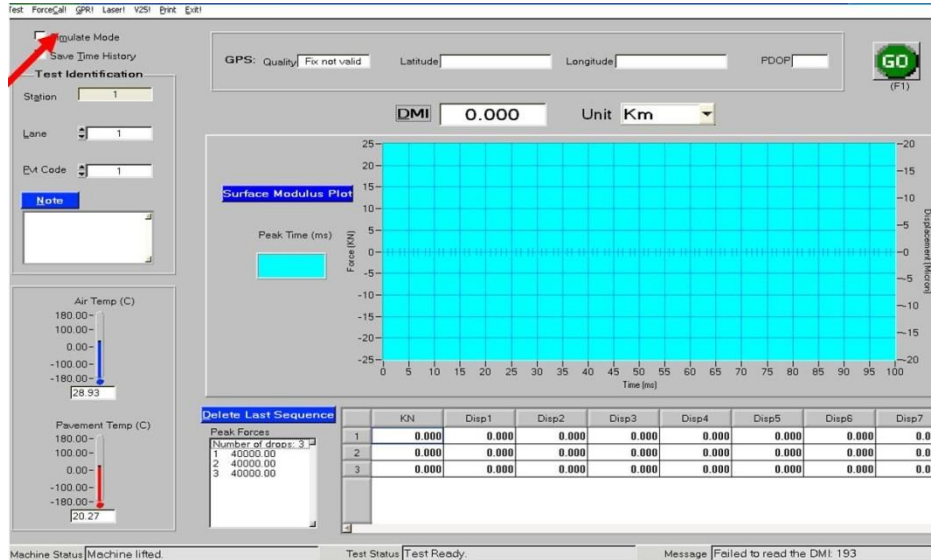


Gráfico 3.18. Ventana del programa JTEST, “FORCECAL”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Dar un clic en start. VERIFICAR EN la parte inferior izquierda de la pantalla “Machine Status” que diga “Machine Lifted”, lo cual significa que la barra de geófonos ya ha subido y se puede continuar.

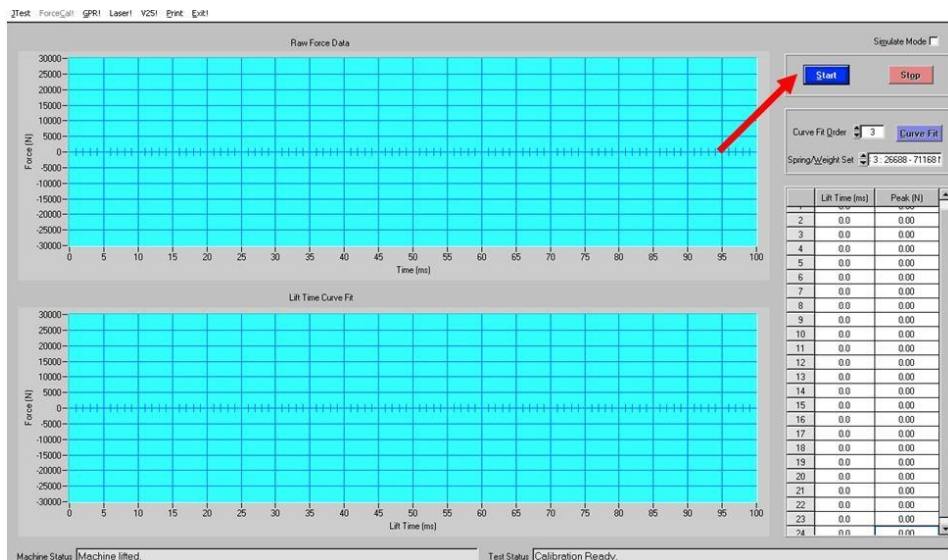


Gráfico 3.19. Ventana del programa JTEST, “START”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Dar un clic en el menú JTEST. Dar un clic en la opción Panel.

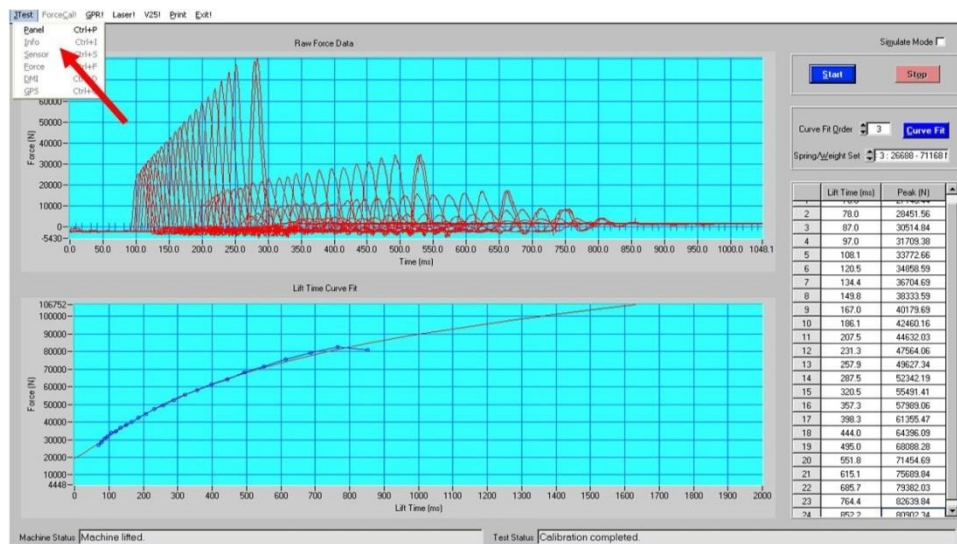


Gráfico 3.20. Ventana del programa JTEST, "PANEL".
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Dar un clic en el menú JTEST. Dar un clic en la opción Force.

Verificar la siguiente configuración para realizar los ensayos:

a.- Total Numbers Of Drops (número total de caídas) = 3 golpes.

b.- Peak Forces, lo siguiente:

- 1 9000
- 2 9000
- 3 9000

c. - Spring/Weight = # 3.

d. - Factor Force = 1.

Una vez verificado dar un clic en **ok**.

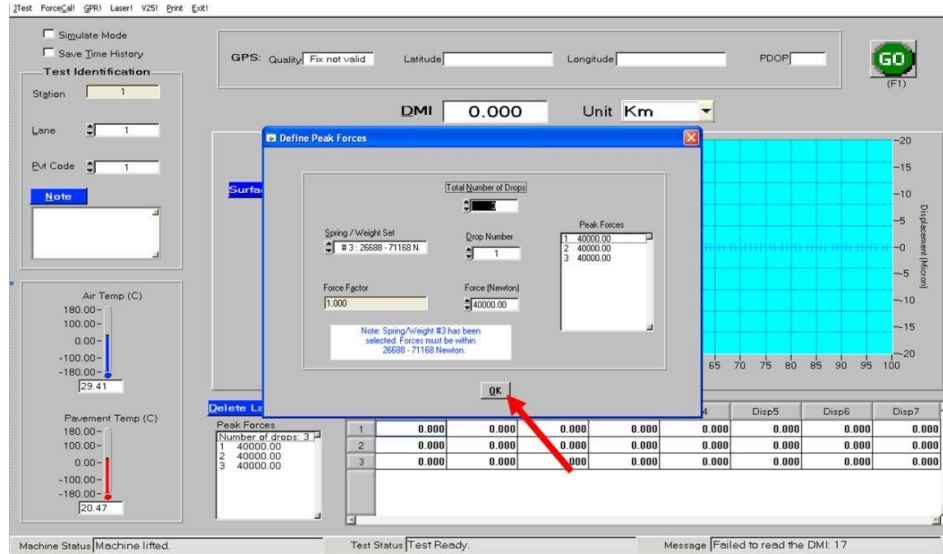


Gráfico 3.21. Ventana del programa JTEST, "FORCE".

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Verificar que en la pantalla principal del programa JTEST, el cuadro "DMI" muestre la abscisa correcta cuando se inicie el ensayo y la unidad en "METERS". Si se desea cambiar la abscisa dar clic en el menú "JTEST" y luego otro clic en "DMI".

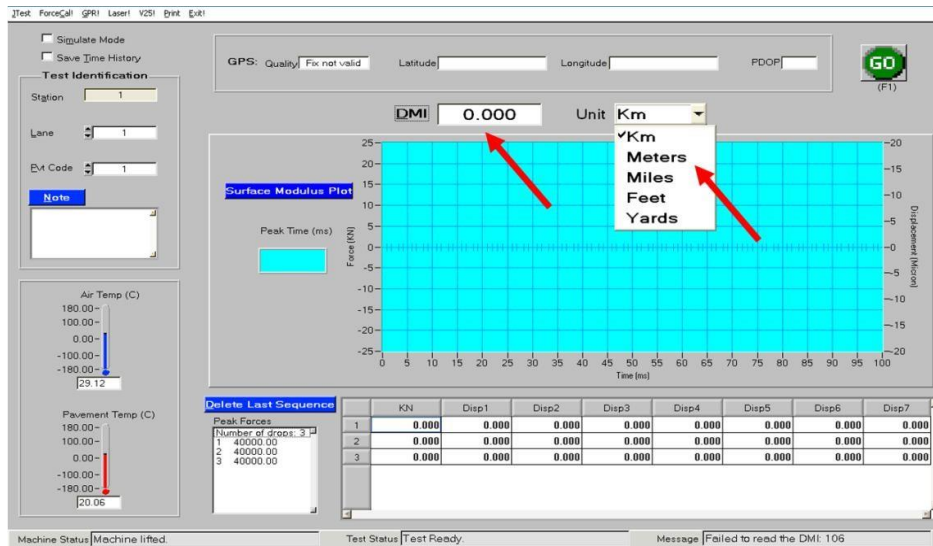


Gráfico 3.22. Ventana del programa JTEST, "DMI".

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

En el cuadro “PREDISTANCE” al lado de “HOLD” se coloca la abscisa requerida, luego se presiona el botón “READ” en azul. Verificar entonces que la nueva abscisa aparezca en el cuadro “CURRENT DISTANCE” y luego se da clic en OK.

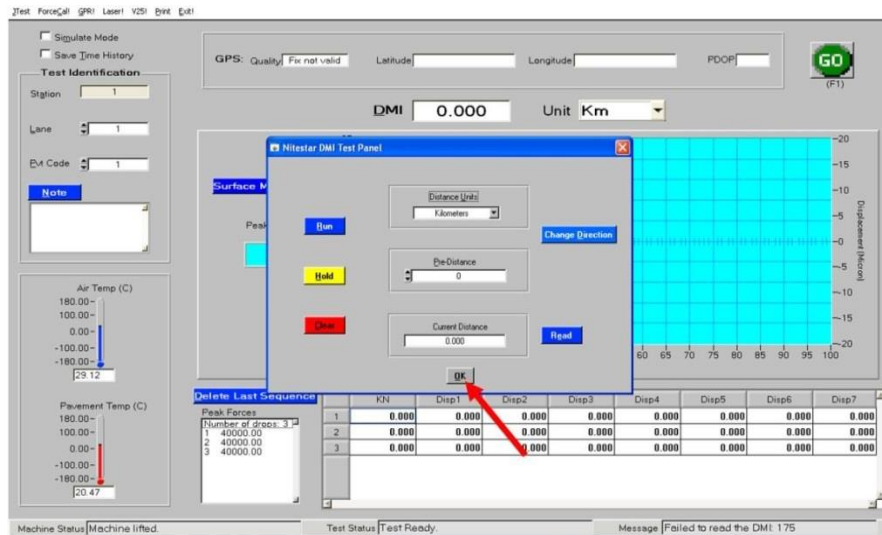


Gráfico 3.23. Ventana del programa JTEST, “DMI”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Presionamos el botón RUN de color amarillo en el DMI para que el DMI empiece a leer distancias.



Foto 3.52. DMI.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

- Para iniciar un ensayo en la pantalla dar clic en “GO” de color verde o presionar la tecla F1.

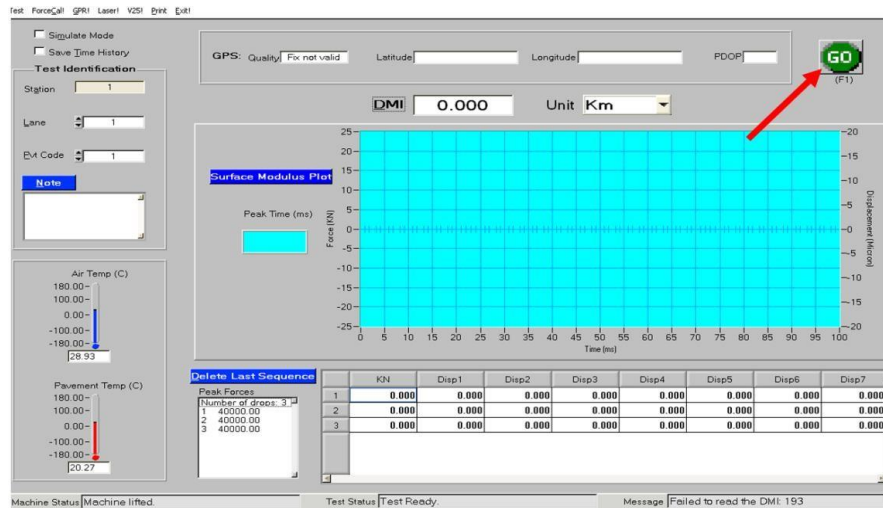


Gráfico 3.24. Ventana del programa JTEST, “GO”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Verificar en la esquina inferior derecha de la pantalla “MESSAGE” que no haya ningún mensaje de error, en el caso de que aparezca un mensaje en ROJO, repetir el ensayo en una ubicación diferente, solo se debe aceptar el ensayo cuando no exista mensaje.

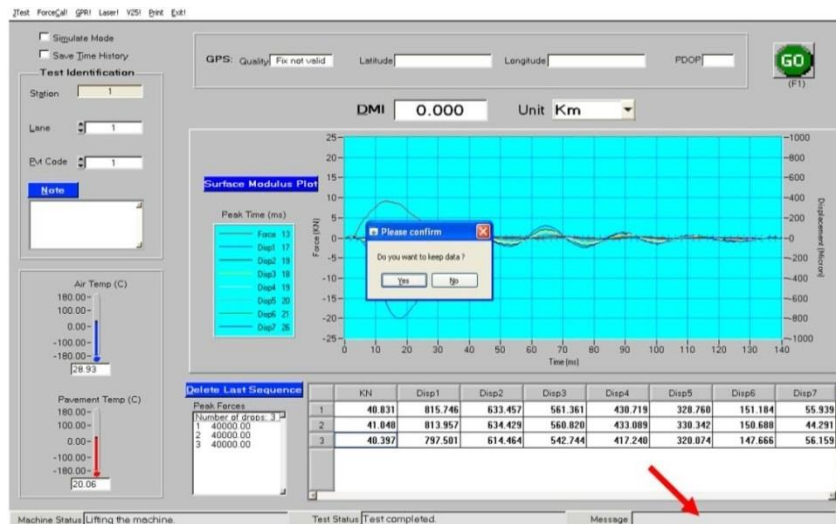


Gráfico 3.25. Ventana del programa JTEST, “MESSAGE”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Una vez realizado el ensayo aparece la ventana “PLEASE CONFIRM”, si no se desea guardar el resultado se presiona “NO”.

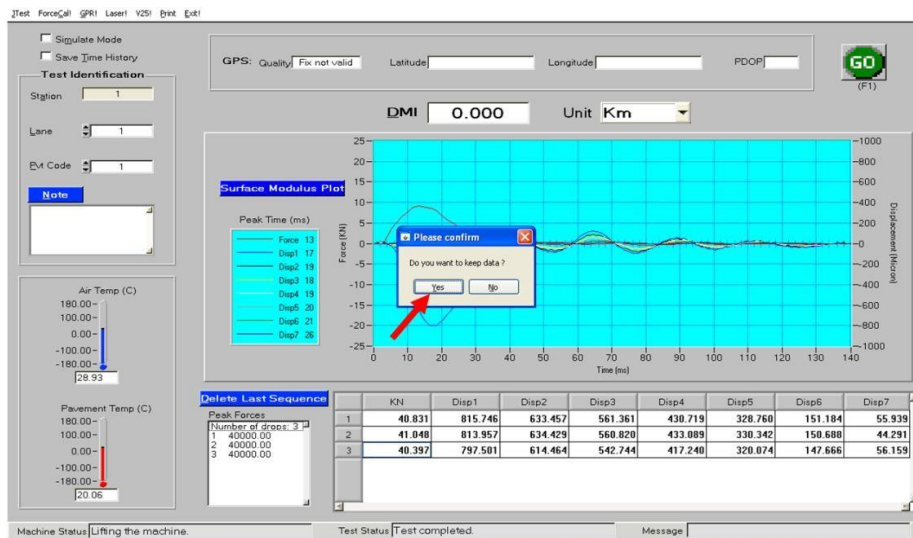


Gráfico 3.26. Ventana del programa JTEST, “CONFIRM”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Aparece otra ventana “NEXT TEST INFO” se da un clic en “OK”.

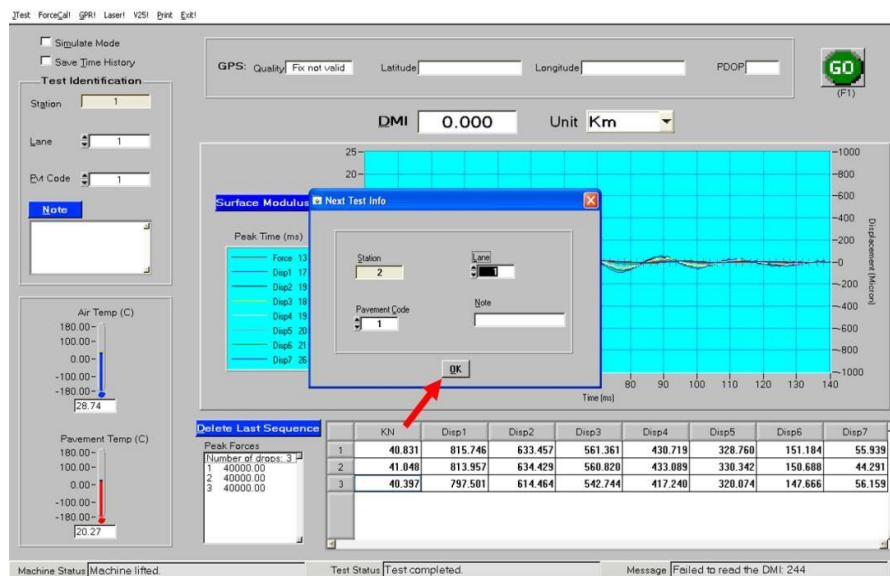


Gráfico 3.27. Ventana del programa JTEST, “OK”.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Verificar en la parte inferior izquierda de la pantalla “Machine Status” que diga “Machine Lifted”. Lo cual significa que la barra de geófonos ya ha subido que se puede continuar.

En el caso de que aparezca una ventana indicando que la fuerza ha variado en más del 10% se debe recalibrar la fuerza siguiendo el paso (Force Cal).

Se repite esta paso para realizar el ensayo en cada lugar deseado.

- Para finalizar los ensayos dar clic en la “X” de la ventana del programa.
- Una vez finalizado el trabajo se deben asegurar las pesas. Para esto se coloca el seguro de las pesas y luego se presiona “LOWER” en el comando frontal del remolque, hasta que el seguro quede a presión.



Foto 3.53. Pesas aseguradas.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Se apaga el FWD con la llave que está ubicada en el comando frontal de color rojo.

Se desconecta el computador y los cables si no se va a continuar trabajando.



Foto 3.54. Apagado del FWD.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Revisión de archivos colectados

Una vez realizados los ensayos, el programa de captura de datos JTEST los graba en un archivo con extensión .dat.

Con el fin de conocer exactamente cuáles son los parámetros obtenidos en la colecta de datos. Se describe a continuación cada uno de los componentes del archivo .dat:

Fecha de colecta:

Date-Time 5/4/2011 9:42:19

Archivos de calibración de geófonos

Sensors: 128-01B 128-02B 128-03B 128-04B 128-05B 128-06B 128-07B

Configuración de pesas y amortiguadores de neopreno, debe permanecer en 3

Weigth/spring: 3

Ubicación de los ensayos

Location: patio

Nombre del operador del FWD

Operator: STNV

Comentario

Comments: n.

Significado de cada columna

1 1 100.000 1 8.47 46.81 40.05 28.64 16.41 8.80 3.24 2.39 74.0

1 1 100.000 1 8.54 48.39 39.83 28.54 16.37 8.81 3.25 2.40 74.0

1 1 100.000 1 8,54 45.00 40.00 28.59 16.47 8.88 3.23 2.44 74.0

Fila en negrita:

Columna	Significado
1	= No. ensayo
1	= No. carril
100	= Abscisa
1	= Separador
8.47	= Kips (kilo libras sobre pulgada cuadrada)
46.81	= lectura geofono 1 (mils=milesima de pulgada)
40.05	= lectura geofono 2 (mils=milesima de pulgada)
28.64	= lectura geofono 3 (mils=milesima de pulgada)
16.41	= lectura geofono 4 (mils=milesima de pulgada)
8.80	= lectura geofono 5 (mils=milesima de pulgada)
3.24	= lectura geofono 6 (mils=milesima de pulgada)
2.39	= lectura geofono 7 (mils=milesima de pulgada)
74	= Temperatura del pavimento (grados Farenheid)

Tabla 3.6. Significado de la serie de datos entregada por el FWD.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Hora de colecta del ensayo

Drop Sequence Completed Time: 10:45

Así continua para cada ensayo.

3.5.3.5 Levantamiento de datos

Las deflexiones son una medida de la respuesta elástica del conjunto pavimento – sub-rasante frente a una determinada sollicitación (acción de las cargas dinámicas o estáticas de los vehículos). Esta medición se realizó con el equipo dinámico JILS-20–FWD (Falling Weight Deflectometer), perteneciente a la Empresa Pública Metropolitana De Movilidad Y Obras Públicas (EPMMOP). En el sector de estudio definido y en zonas en las que por un lado, el estado aparente fuera representativo de la condición general.

El equipo genera un impacto en la estructura de pavimento que simula el paso de la llanta de un camión en movimiento tanto en carga como en duración. Esta carga es aplicada a través de un plato circular con diámetro de 30 cm, la información es transmitida a un procesador de interface que se encarga de transformar las señales electrónicas en señales digitales para ser almacenadas en el computador. Las medidas obtenidas son función directa de la energía del impacto, de la rigidez del conjunto de las capas estructurales, la temperatura ambiente y la temperatura del pavimento.

En los siguientes cuadros se exponen un ejemplo de las deflexiones y temperatura medidas por el deflectómetro de impacto para la Avenida Alonso de Angulo en los dos sentidos. Los datos para las calles en estudio se encuentran en el Anexo N 3.

ENSAYOS DE DEFLEXION (MEDIDA, CARGA, TEMPERATURA Y TIEMPO DE ENSAYO)																								
AV. ALONSO DE ANGULO																	CARRIL			DERECHO				
EQUIPO UTILIZADO											TRAMO						LONGITUD			FECHA				
DEFLECTOMETRO DE IMPACTO											0+000		a		1+300		1,300.00			14/08/2013				
Abscisa	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(8)	D(9)	D(10)	D(11)	D(12)	D(13)	D(14)	D(15)	D(16)	D(17)	D(18)	kPa	kN	Air	Sur.	M an.	Pulse time
0+000	937	694	541	416	320	239	182	134	100	77	62	48	43	37	34	689	557	437	703	50	17	20	24	28
0+050	824	708	614	527	451	381	324	270	225	189	158	112	84	57	44	680	600	519	674	48	18	21	24	28
0+100	766	614	496	393	308	238	185	143	112	90	76	57	50	43	41	585	486	391	711	50	19	23	24	28
0+150	696	567	471	383	309	245	195	154	121	97	80	56	46	37	33	554	474	393	702	50	19	24	24	27
0+200	609	483	392	315	256	208	172	143	120	103	91	70	58	45	40	465	389	320	703	50	19	25	24	28
0+250	793	636	523	399	306	246	196	153	127	108	95	74	66	53	49	622	491	388	692	49	20	25	24	28
0+300	663	519	423	341	277	226	189	157	133	115	102	80	69	55	48	525	440	359	702	50	20	25	24	28
0+350	984	755	573	401	326	261	206	164	142	119	108	85	72	58	51	708	546	425	722	51	19	24	24	29
0+400	841	649	512	401	318	253	207	172	146	128	116	94	81	65	57	634	529	431	698	49	19	24	24	28
0+450	731	602	510	430	368	314	271	235	205	182	164	135	116	94	80	581	497	418	705	50	20	24	24	28
0+500	645	530	445	370	307	253	212	175	146	125	108	81	68	52	46	518	450	380	702	50	20	25	24	28
0+550	737	586	488	403	333	271	220	176	138	122	109	88	75	59	51	612	533	342	703	50	20	25	24	29
0+600	604	489	407	333	273	221	179	144	117	98	84	63	52	40	35	485	417	349	682	48	20	25	24	28
0+650	658	515	420	337	273	220	181	149	126	108	96	76	66	53	47	500	416	340	707	50	20	25	24	28
0+700	687	539	434	354	289	237	196	161	133	113	96	73	60	44	38	501	422	348	709	50	19	24	24	28
0+750	612	509	431	360	299	245	204	169	141	122	107	86	75	60	50	484	414	346	698	49	19	24	24	27
0+800	442	364	309	259	219	183	155	129	109	93	81	61	50	39	34	363	317	272	695	49	19	27	24	27
0+850	460	376	319	268	227	190	161	134	113	96	83	62	52	41	37	371	321	272	715	51	19	26	24	27
0+900	576	450	368	295	238	189	152	122	99	82	70	54	47	40	38	450	379	311	716	51	20	26	24	28
0+950	559	455	371	295	229	177	138	106	83	68	58	46	43	39	35	401	327	258	711	50	20	25	24	28
1+000	973	705	537	394	288	204	145	103	76	61	54	48	47	41	39	697	561	432	700	49	20	26	24	28
1+050	1459	1192	1023	864	726	587	470	363	272	203	152	99	81	81	63	1127	981	813	663	47	21	28	24	31
1+100	1247	989	794	631	494	383	319	258	213	182	160	122	99	76	61	987	815	655	711	50	21	27	24	30
1+150	1165	980	822	686	566	468	393	324	269	228	194	142	110	79	68	916	768	643	684	48	21	27	24	29
1+200	1066	875	726	601	492	390	382	249	198	160	133	94	79	66	60	814	685	567	695	49	21	27	24	29
1+250	855	651	518	420	342	280	234	190	159	133	114	84	67	49	43	603	484	398	717	51	21	28	24	30
1+300	1717	1302	956	698	569	454	375	310	261	224	193	143	116	83	67	1170	893	699	696	49	22	26	24	31
PROMEDIO D(1) um			826																					
PERCENTIL 85 D(1) um			1076																					

Tabla 3.7. Deflectometria Avenida Alonso de Angulo
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González

Corrección por temperatura

Debido a los cambios de temperatura y el contenido de humedad del pavimento, la medición de las deflexiones puede variar de una hora a otra. Para pavimentos que se encuentren a baja temperatura, su comportamiento se vuelve frágil, lo que en cambio en altas temperaturas su comportamiento es dúctil. Motivo por el cual, para estandarizar las medidas de las deflexiones se las corrige llevando a una sola temperatura que es de 20° C multiplicando por un factor de corrección:

$$F_t = \frac{1}{1 - 0.0008 * h_1 * (20 - t)} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Dónde:

F_t = Factor de corrección por temperatura

h_1 = Espesor de la carpeta asfáltica del pavimento existente en cm.

t = Temperatura aplicada para realizar la respectiva lectura de la deflexión en el campo en °C.

El factor de corrección solo es aplicable en los pavimentos bituminosos ya que los rígidos por las propiedades que presenta el concreto hidráulico no tiene mayor modificación. La norma española restringe la temperatura en la que se debe realizar el ensayo esto es no menor a 5 y no mayor a 40, por lo que el Ingeniero encargado de la auscultación debe realizar una debida planificación antes de ejecutar el ensayo.

Corrección por carga

La corrección por carga se realiza para estandarizar la medida de las deflexiones para 40 KN, ya que no en todas las mediciones la carga es la indicada. La ecuación que nos ofrece el factor de corrección por carga es la siguiente:

$$F_C = \frac{C_t}{C_r} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Dónde:

Ct = Carga teórica a aplicar

Cr = Carga real aplicada para registrar la deflexión

La deflexión ajustada para una carga de 40 KN se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$D_{carga} = Fc * Dt \quad \text{Ecuacion 5.3}$$

Dónde:

Dt = La deflexión medida a cualquier temperatura

La tabla 3.8 presenta las correcciones por carga y temperatura para la Avenida Alonso de Angulo en los dos sentidos las otra calles se pueden encontrar en el Anexo N 3

AV. ALONSO DE ANGULO												CARRIL DERECHO						
VALORES DE DEFLEXION CORREGIDA SEGUN AASHTO 93 (CARGA: 40.9 KN; TEMPERATURA: 20 °C)																		
Abscisa	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(8)	D(9)	D(10)	D(11)	D(12)	D(13)	D(14)	D(15)	D(16)	D(17)	D(18)
0+013	739	572	446	343	264	197	150	110	82	63	51	40	35	30	28	567	459	360
0+050	678	608	528	452	387	327	278	232	193	163	135	96	72	49	38	584	515	446
0+100	597	500	404	319	251	193	151	116	91	74	62	47	41	35	33	476	395	318
0+150	549	467	388	316	255	202	161	127	100	80	66	46	38	30	27	456	391	324
0+200	480	397	322	259	210	171	141	117	99	85	75	57	48	37	33	382	320	263
0+250	635	531	437	333	256	206	164	128	106	91	80	62	55	44	41	520	410	324
0+303	523	428	348	281	228	186	155	130	110	95	84	66	56	45	40	433	362	296
0+350	756	605	459	322	262	209	165	131	114	96	87	68	58	47	41	568	438	341
0+400	668	538	424	333	264	210	171	143	121	106	96	78	67	54	47	526	438	358
0+450	575	494	419	353	302	258	223	193	168	149	135	111	96	77	66	477	408	343
0+505	509	436	367	305	253	209	175	144	120	103	89	67	56	43	38	427	370	313
0+553	581	482	402	332	274	223	181	145	113	100	90	72	62	49	42	504	438	281
0+600	491	415	346	283	232	187	152	122	99	83	71	53	44	34	29	412	354	297
0+650	516	421	344	276	224	180	148	122	103	88	78	62	54	44	39	409	341	278
0+700	537	440	355	289	236	194	160	132	108	92	78	59	49	36	31	409	344	284
0+742	486	422	357	298	248	203	169	140	117	101	89	71	62	50	42	401	343	287
0+800	352	303	258	216	182	153	129	108	91	78	67	51	42	32	28	303	264	226
0+850	357	305	258	217	184	154	130	109	91	78	68	50	42	33	30	300	260	220
0+900	446	364	297	238	192	153	123	98	80	66	57	43	38	32	31	364	306	251
0+950	435	370	302	240	187	144	112	87	68	55	48	37	35	32	29	326	266	210
1+003	771	582	444	326	238	169	120	85	63	51	44	40	39	34	32	576	464	358
1+052	1220	1041	893	754	634	512	411	317	238	177	133	86	71	70	55	984	857	710
1+100	972	805	647	514	402	312	260	210	173	148	130	99	81	62	49	804	663	533
1+150	944	830	696	581	479	396	332	274	227	193	164	121	93	67	58	776	650	544
1+200	850	728	604	501	410	325	318	207	165	133	111	78	65	55	50	677	570	472
1+250	661	526	418	340	276	226	189	153	129	107	92	68	54	40	35	487	391	321
1+300	1367	1082	795	580	473	377	312	258	217	186	160	119	96	69	56	972	742	581
PROMEDIO D(1) um			655	544	443	356	289	232	192	153	125	105	90					
PERCENTIL 85 D(1) um			859															

Tabla 3.8. Corrección por carga y temperatura (S-N) pesados.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Gráfico de las deflectometrias

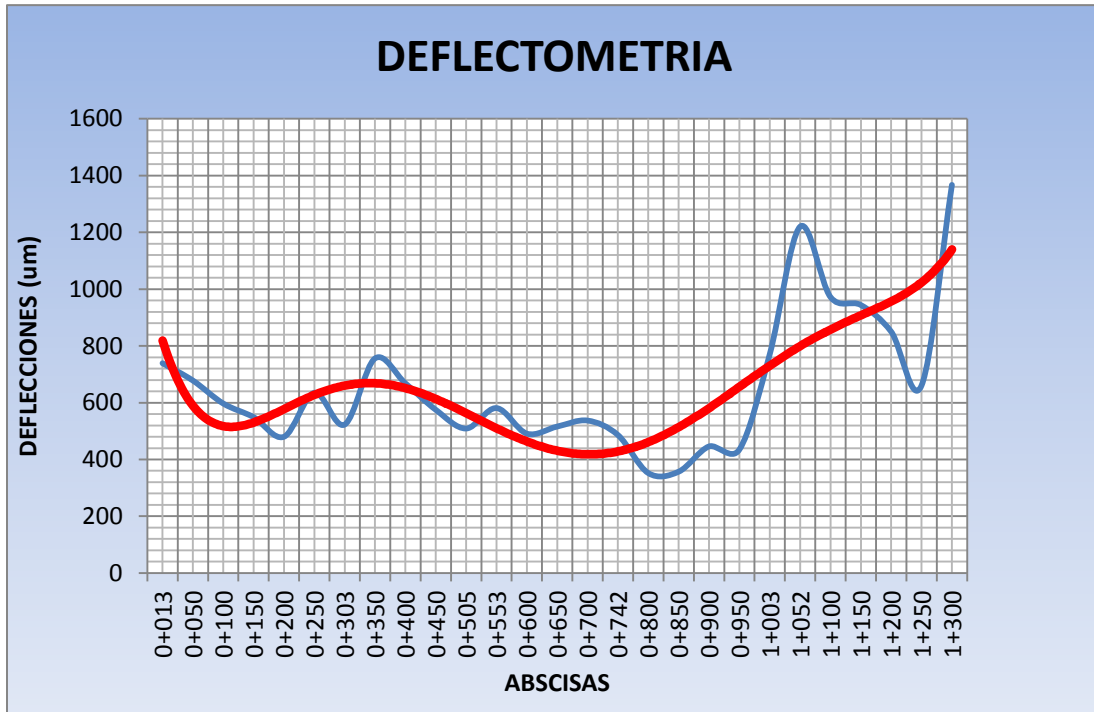


Gráfico 3.28. Deflectometría.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Método de las diferencias acumuladas para delimitación de secciones homogéneas

El método utilizado es el mismo que se aplica para los cálculos del rugosímetro, la única diferencia es que se ingresa los datos de la deflexión central corregida por carga y temperatura, en lugar de la del IRI.

DETERMINACION DE SECCIONES HOMOGENEAS POR DEFLEXIONES							
NORMA APLICADA		PROYECTO			CARRIL	LONGITUD	
ASSHTO 1993		AV. ALONSO DE ANGULO			DERECHO	1,300.00	
ABS.	DIST. INTER. Δx_i	DISTANCIA ACUMULATIVA $\Sigma \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (um)		AREA INTERVA-LO. a_i	AREA ACUMULA-TIVA Σa_i	DIFERENCIA ACUMULADA Z_x
			ENSAYADA	PROMEDIO			
0+013	0	0	739	739	0	0	0
0+050	37	37	678	709	26222	26222	2629
0+100	50	87	597	638	31881	58103	2628
0+150	50	137	549	573	28654	86757	-600
0+200	50	187	480	515	25729	112486	-6753
0+250	50	237	635	558	27882	140368	-10753
0+303	53	290	523	579	30701	171069	-13847
0+350	47	337	756	639	30054	201123	-13762
0+400	50	387	668	712	35584	236707	-10060
0+450	50	437	575	621	31068	267775	-10874
0+505	55	492	509	542	29821	297596	-16123
0+553	48	540	581	545	26168	323764	-20562
0+600	47	587	491	536	25192	348956	-25339
0+650	50	637	516	503	25163	374119	-32058
0+700	50	687	537	526	26314	400433	-37626
0+742	42	729	486	511	21481	421914	-42926
0+800	58	787	352	419	24307	446221	-55602
0+850	50	837	357	355	17728	463949	-69756
0+900	50	887	446	402	20077	484026	-81561
0+950	50	937	435	441	22039	506065	-91404
1+003	53	990	771	603	31959	538024	-93240
1+052	49	1039	1220	995	48770	586794	-75714
1+100	48	1087	972	1096	52605	639399	-53716
1+150	50	1137	944	958	47909	687308	-37689
1+200	50	1187	850	897	44850	732158	-24721
1+250	50	1237	661	755	37771	769929	-18832
1+300	50	1287	1367	1014	50714	820643	0

F=	638
----	-----

Tabla 3.9. Soluciones tabuladas de las diferencias acumuladas con su calificación por deflexión.

Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Gráfico de las secciones homogéneas por deflexiones

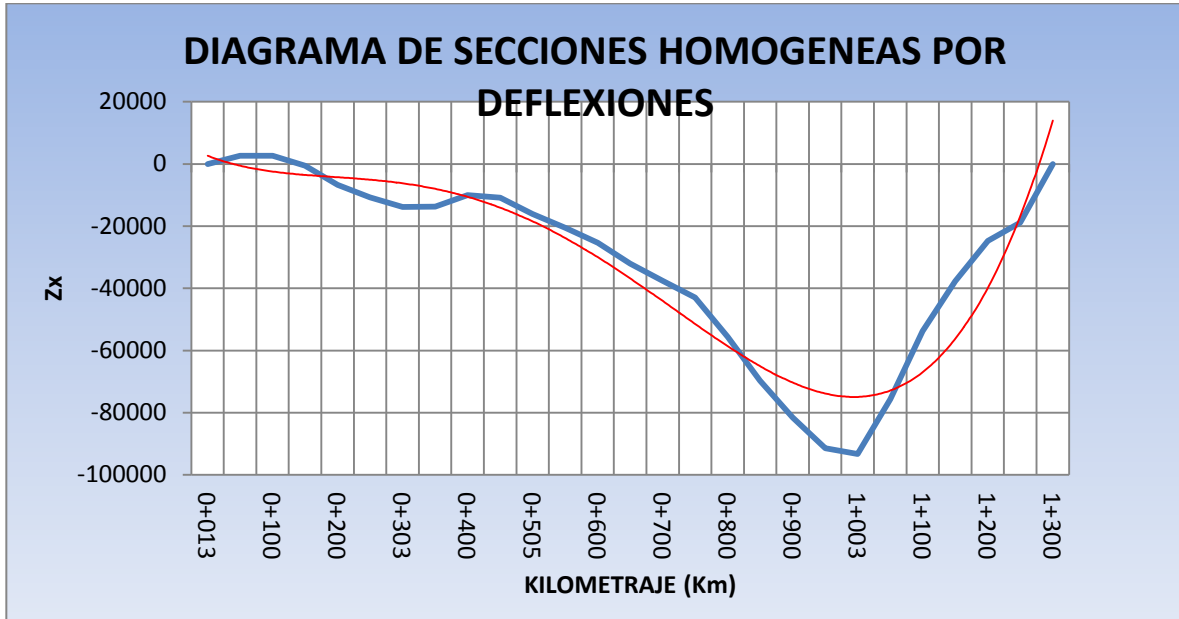


Grafico 3.29. Diagrama de secciones Homogéneas.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Las soluciones tabuladas para la totalidad de las otras calles se pueden encontrar en el Anexo 3

Para los sectores de estudio definidos se estableció la deflexión característica como el promedio aritmético más la desviación estándar, a la cual se le proporcionó la calificación del cuadro siguiente.

<200	200 - 350	350 - 500	500 -600	> 600
Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo

Tabla 3.10. Calificación según la deflexión máxima - D0.
Fuente:(Euroestudios “RUTA DEL SOL ESTUDIO PREFACTIBILIDAD TÉCNICA”, pág. 46).

DEFLEXION CARACTERISTICA, MAXIMA, PERCENTIL 85 Y MEDIA								
NORMA APLICADA	PROYECTO				CARRIL	LONGITUD		
NORMA ESPAÑOLA	AV. ALONSO DE ANGULO				DERECHO	1,300.00		
ABS.	DEFLEXIONES D1 (10 ⁻² mm)					RANGO	DESVIACION ESTANDAR	s/m
	ENSAYADA	CARACTERISTICA	MAXIMA	PERCENTIL 85	MEDIA			
0+013	74	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+050	68	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+100	60	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+150	55	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+200	48	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+250	64	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+303	52	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+350	76	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+400	67	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+450	58	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+505	51	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+553	58	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+600	49	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+650	52	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+700	54	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+742	49	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+800	35	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+850	36	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+900	45	80	77	68	56	1	11.93	0.2
0+950	44	80	77	68	56	1	11.93	0.2
1+003	77	80	77	68	56	1	11.93	0.2
1+052	122	151	137	126	100	1.22	25.48	0.3
1+100	97	151	137	126	100	0.97	25.48	0.3
1+150	94	151	137	126	100	0.94	25.48	0.3
1+200	85	151	137	126	100	0.85	25.48	0.3
1+250	66	151	137	126	100	0.66	25.48	0.3
1+300	137	151	137	126	100	1.36	25.48	0.3

Tabla 3.10 Cálculo de la Deflexión Característica.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

Grafico del deflectograma representativo de la defección característica

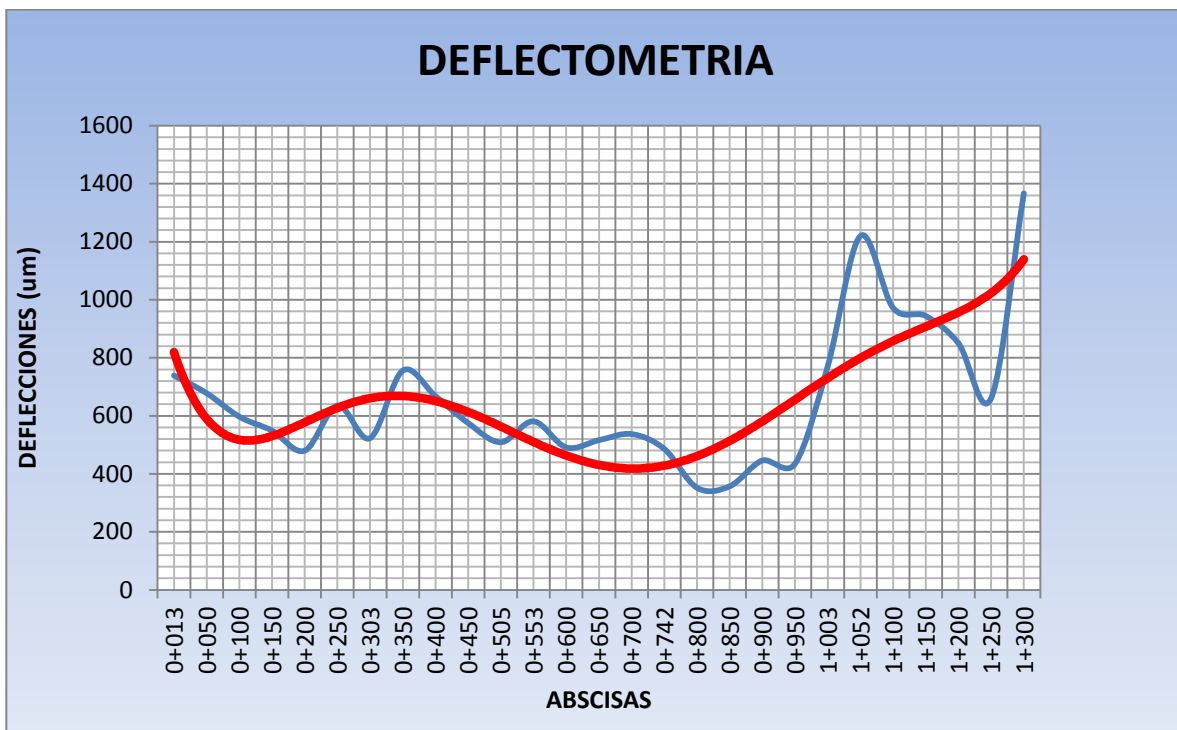


Gráfico 3.30. Secciones homogéneas por Deflexiones.
Fuente: Ing. Víctor Lasso e Ing. Segundo González.

3.5.3.6 Análisis de datos (Software)

Hoja electrónica para el cálculo de secciones homogéneas

Introducción

En este numeral se describe el cuaderno de cálculo elaborado para facilitar la aplicación del método AASHTO de cálculo de refuerzos. Este cuaderno aplica los procedimientos y expresiones descritos anteriormente.

El cuaderno consta de varias hojas electrónicas, cuyo contenido y funcionamiento se describe a continuación.

Hoja 1 – Estructura de pavimento

La primera hoja del cuaderno de cálculo permite definir las estructuras de pavimento para el sector vial en estudio. Esta hoja tiene dos zonas de entradas de datos:

- Datos generales de la capas del pavimento, en la parte superior del cuadro.
- Datos particulares de localización y espesores, en el cuerpo del cuadro.
- Datos generales de las capas del pavimento.

Los datos que se deben introducir en ella son los siguientes:

Nombres particulares de las diferentes capas del pavimento. Esta información se escribe en la fila que está debajo del título: “ESTRUCTURA DE PAVIMENTO: espesores (h), mm y Coeficientes AASHTO Estimados por Condición Pavimento.

Hoja 2 – Deflexiones medidas y corregidas

En esta hoja se introducen los valores de las deflexiones medidas y las condiciones de ensayo asociadas, como son: carga y temperatura del pavimento. También se introducen las condiciones de referencia para la interpretación de los resultados de estas mediciones.

La hoja calcula todas las deflexiones corregidas por carga. Una vez corregida por carga, la deflexión central es corregida también por temperatura.

Condición de referencia

Las condiciones de referencia se introducen en la esquina superior derecha; son ellas:

- Carga de referencia (kN)
- Radio del plato de carga (mm).
- Temperatura de referencia (20° C).
- Número de capas asfálticas: 1, 2 ó 3.
- Presencia de base estabilizada con ligante hidráulico (S/N).

Deflexiones medidas y condiciones de ensayo asociadas

En las dieciocho y diez primeras columnas dependiendo del caso se introduce la información correspondiente a las deflexiones medidas y a las condiciones de ensayo asociadas, así:

- Abscisa del sitio ensayado.
- Carga aplicada (kN)
- Temperatura del pavimento, (°C).
- Localización de los sensores de medida en términos de distancia al eje de la carga (mm)
- Deflexiones medidas en cada sitio y para cada uno de los sensores (m).

En las siguientes ocho columnas, la hoja calcula las deflexiones corregidas y las presenta de la siguiente manera:

- Deflexiones corregidas por carga en cada sitio y para cada uno de los sensores
- Deflexión central, corregida por carga y temperatura (°C).

Hoja 3 – Método AASHTO para aproximación de diferencias acumuladas

En esta hoja se introducen los valores de las abscisas y las deflexiones corregidas.

La hoja calcula todas las distancias del intervalo (Δx_i), distancias acumuladas ($\sum \Delta x_i$), respuesta promedio (\bar{r}), Áreas para los intervalos (a_i), Áreas acumuladas ($\sum a_i$) y por último las Diferencias Acumuladas (Z_x).

Hoja 4 – Graficas de las secciones homogéneas

La gráfica es el resultado de relacionar los valores de Diferencias Acumuladas en el eje de las ordenadas Versus Abscisado (Km) en el eje de las abscisas.

Las hojas 1, 2, 3 y 4 se utilizan de forma general para el carril de pesados y en ambos sentidos (Norte – Sur y Sur – Norte).

Resumen de resultados

Esta hoja describe los siguientes aspectos:

- Sectorización según las deflexiones
- Calificación de las deflexiones a lo largo de la autopista.

La sectorización lo realizamos para cada sentido en la totalidad de su longitud en función de las hojas 1, 2, 3 y 4, obteniéndose la calificación por IRI, como representativo de todo el tramo

analizado. Este análisis se obtuvo en función del valor de deflexión promedio y la desviación estándar del tramo.

Interpretación de resultados

En la evaluación estructural no destructiva en base al análisis de las deflexiones medidas en el pavimento con el Deflectómetro de Impacto, obtuvimos valores de deflexión que varían entre 320 y 1370 μmm lo que representa que la condición estructural de la avenida varía de buena a muy mala predominando el estado malo en la mayoría de la avenida.

Esta Avenida no fue diseñada para el volumen de tráfico pesado que hoy soporta, debido al alto crecimiento del parque automotriz y que su diseño ya cumplió con la vida útil.

A continuación se presenta la sectorización de la Avenida Alonso de Angulo según las medidas de deflexiones e IRI, necesarias para el cálculo del diseño de la rehabilitación del pavimento.

3.6 Retrocálculo

Con los datos obtenidos entramos a las hojas de cálculo de la ASSHTO 93 y con las deflexiones promedios corregidos tanto por temperatura y por carga calculamos los números estructurales de la Av. Alonso de Angulo para el próximo capítulo analiza el tipo de rehabilitación a ejecutar las demás calles se encuentran en el ANEXO 3.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEFLECTOMÉTRICO SEGÚN CRITERIOS DE AASHTO 93.

CALLE: ALONSO DE ANGULO

TRAMO: 0+000-1+300

LADO: DERECHO

DATOS DEFLECTOMÉTRICOS:

DEFLEXIÓN N	DEFLEXIONES									CARGA KN
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	
	655	544	443	232	125	90	57	46	39	40.90

1.- Módulo resiliente de la

subrasante, Mr. $Mr = 0.33 \times (0.24 \times$

P: carga aplicada, libras.

dr: deflexión a una distancia r del centro de la carga, pulgadas.

r: distancia del centro de carga, pulgadas.

$r > \delta = 0.7 \times a_e$

a_e (pulg)= función (a, D, E_p y

D: espesor total del pavimento, pulg.

E_p : módulo efectivo del pavimento sobre la subrasante, psi.

E_p se calcula por un proceso de tanteos =>

d_0 (μ m)= 655 d_0 (pulg)=0.0258

P (KN)= 40.90 P (libras)= 9,000

dr (μ m)= 39 dr (pulg)= 0.0016

r (cm)= 208 r (pulg)= 81.9

Mr(kg/cm²)= **392** Mr (psi)= 5,602

a (cm)= 15.00 a (pulg)=

D (cm)= 55.3 D (pulg)= 21.8

E_p (kg/cm²)= 3,920 E_p (psi)= 56,000

MODELACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE:

Ecuación comprobación: 0.0258

ae (pulg)= 47.3

0.7 x ae= 33.1

r (pulg)= 81.9 Por lo que: $r > 0.7 \times ae$

2.a- Número Estructural Efectivo, SN eff. (NDT).

SN eff = 0.0045 x D x

(Ep^{1/3})

NDT: Nondestructive Deflection Test

SN eff = 3.7

2.b- Número Estructural Efectivo, SN eff. (CS).

SN eff = 3.7

CS: Condition Survey

CAPAS:	hi, cm	ai estimado	mi
CA (cm):	9.9	0.25	x
CG (cm):	45.4	0.13	1.1
Total, D (cm):	55.3		

CA: Capas asfálticas.
CG: Capas granulares.

3.7 Modelo de deterioro de pavimento

El modelo de Deterioro es quizá uno de las principales necesidades del Sistema de Gestión de Pavimentos, al cual se le atribuye ser el vínculo de relación entre el Sistema de Gestión y el HDM-4.

Los pavimentos se deterioran a través del tiempo bajo los efectos combinados del tránsito y factores climáticos. Las cargas vehiculares, transmitidas a través de los ejes, inducen esfuerzos en las capas estructurales del pavimento que son función de la rigidez y espesor de dichas capas; la repetición de las cargas causa fatiga en los materiales e inicia el agrietamiento en la superficie y la deformación del paquete estructural. Los factores climáticos debilitan la película asfáltica superficial, volviéndola más susceptible de agrietarse y desintegrarse.

En el HDM-4 los modelos de deterioro están estructurados empíricamente, y modeladas en forma secuencial hacia la Rugosidad. Deterioros individuales como la Textura y la Fricción han sido modelados por separado. Una vez iniciado, el agrietamiento se extiende en superficie, intensidad y severidad (ancho de fisuras), hasta el punto que aparece el desprendimiento y luego los baches.

Las grietas abiertas en la superficie y el deficiente mantenimiento de la superficie y el deficiente mantenimiento de los sistemas de drenaje permiten que excesiva cantidad de agua penetre en la estructura del pavimento, con lo que se reduce la resistencia a los esfuerzos de corte de los materiales no ligados (base y sub base) y se incrementa el deterioro provocado por el tránsito, acelerando así el proceso de desintegración.

La deformación acumulada en el pavimento se manifiesta mediante el ahuellamiento bajo las zonas de rodado de los vehículos y, como concepto más general, a través de la distorsión del perfil de la carretera, que denominamos rugosidad. Por lo tanto, la rugosidad de los pavimentos es el resultado de un encadenamiento y combinación interactiva de varios mecanismos de deterioro.

Los deterioros son modelados en el orden siguiente:

- Fisuración
- Desprendimiento del Árido
- Baches

- Roturas de Borde
- Ahuellamiento
- Rugosidad
- Profundidad de la Textura
- Coeficiente de Rozamiento

Existe una serie de interdependencias en la modelización de la evolución del deterioro.

Estos deterioros pueden ser clasificados en tres categorías: Deterioro de la carpeta, deformación y textura de la capa de rodadura.

3.7.1 Deterioro de la carpeta

Esta categoría comprende:

- Fisuración
- Desprendimiento del árido
- Bacheo
- Rotura del borde

Los primeros tres modelos se caracterizan por dos fases que tienen inicio y progreso. La fase de inicio es el período anterior al comienzo del deterioro de la carpeta de un modelo definido. La fase de progreso se entiende como el período durante el cual el área comienza a sufrir un deterioro severo. La rotura del borde, en su modelización, solamente incluye una progresión continua.

3.7.1.2. Deformación

Esta categoría comprende:

- Rodadura
- Regularidad

Los modelos de deformación son continuos, y se representan solo por ecuaciones progresivas. Como son parte dependiente del deterioro del perfilado, se calculan a partir del cambio del deterioro del perfilado en el año analizado.

3.7.1.3. Textura de la capa de rodadura

Esta categoría comprende:

- Profundidad de la textura
- Coeficiente de rozamiento

Estos modelos son continuos y, al igual que los modelos de deformación, se modelizan solamente a través de su progreso.

Estos parámetros resumen su definición dentro de la tabla siguiente:

MEDIDA	DEFINICION
Área del deterioro	Suma de las áreas rectangulares adyacentes que manifiestan deterioro (a las líneas de fisuración se le asignan un ancho de 0.05 m) expresada como un porcentaje del área de la calzada
Fisuración total	Fisuración estructural a lo largo y a lo ancho
Fisuración estrecha	Líneas con fisuración de 1-3 mm de ancho o interconectadas (equivalente a AASHTO clase 2)
Fisuración ancha	Líneas con fisuración de 3 mm o mas de ancho con desconchado o interconectadas (equivalente a AASHTO clase 4)
Fisuración indexada	Suma de AASHTO clases 2 a 4 de fisuración medida por clase
Fisuración termal transversal	Fisuras no conectadas a través del firme
Desprendimiento del árido	Perdida del material del perfilado
Bacheo	Hoyos abiertos en el perfilado con 150 mm de diámetro mínimo y al menos 25 mm de profundidad
Rotura del borde	Perdida de material bituminoso del perfilado (y posibles materiales de la base) del borde del firme
Rodera	Permanente o irre recuperable deformación asociada al tráfico a través de las capas del firme en las cuales, si se canalizan en rodada, aumentan con el tiempo convirtiéndose en roderas
Profundidad de la rodera	Profundidad máxima por debajo de los 2 m que cruza transversalmente una rodada
Regularidad	Desviaciones del perfilado a partir de una superficie totalmente plana con dimensiones características que afectan a la dinámica de los vehículos, la calidad de la rodada, la dinámica del peso y del drenaje (ASTME-867-82A) típicamente en la escala de 0.1 a 100 mm de arqueamiento y ente 1 y 100 mm de amplitud
IRI	Índice internacional de regularidad, medida que expresa la regularidad como un promedio sin medida de declive rectificado del perfil longitudinal.
Profundidad media de la textura	Profundidad promediada del perfilado expresado como el cociente de un volumen de material estandarizado (arena prueba de mancha de arena, esferas de cristal) entre el área en la que el material se expande en manchas circulares sobre la superficie estudiada
Coefficiente de rozamiento	Resistencia al deslizamiento expresada por el coeficiente de rozamiento (CTR) medido usando el Sideways Force Coeficient Routine Investigation Machine (SCRIM)

Tabla3.12 Definición de las Medidas de Deterioro.
Fuente: Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles.

3.7.2 Parámetros principales de modelización

Las variables principales, que se utilizan en el análisis de un año a otro, se pueden agrupar y se detallan más abajo. Las características de la carretera, al comienzo del año analizado se inicializan, bien a partir de sus datos de entrada, si es el primer año del análisis o el primer año después de la construcción o, de otro modo, a partir de los resultados de los trabajos de conservación y mejora realizados el año anterior.

3.7.2.1. Características estructurales del pavimento

Incluye medidas de la resistencia del pavimento, del espesor de la capa, de los tipos de materiales, de la calidad de la construcción y de la rigidez de la explanada.

3.7.2.2. Condición de la carretera

Se requieren los datos de la condición de la carretera y del drenaje lateral al comienzo de año analizado o del primer año después de la construcción.

La condición del pavimento al final del año, es decir, antes de los trabajos, se pronostica de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Condición Nb} &= \text{Condición Na} - \Delta \text{Condición} \\ \text{Condición Nav} &= 0.5 * (\text{Condición Na} + \text{Condición Nb}) \end{aligned}$$

Dónde:

Condición Na: condición al comienzo del año

Condición Nb: condición al final del año

Δ Condición: cambios en la condición durante el año

Condición Nav: promedio de la condición para el año

3.7.2.3. Historial del pavimento

Son los datos requeridos que hacen referencia a la edad del pavimento y que están relacionados a las conservaciones anteriores y a los trabajos de rehabilitación y construcción realizados.

Existen cuatro variables que definen la edad del pavimento y que se utilizan en los modelos: Edad 1, Edad 2, Edad 3 y Edad 4, las cuales se definen de la siguiente manera:

Edad 1 es la edad del tratamiento preventivo. Se define como el tiempo, en número de años, desde el último tratamiento preventivo, resellado, refuerzo (o rehabilitación), reconstrucción del pavimento o nueva construcción.

Edad 2 es la edad del perfilado. Se define como el tiempo, en número de años, desde el último resellado, refuerzo, reconstrucción del pavimento o nueva construcción.

Edad 3 es la edad de la rehabilitación. Se define como el tiempo, en número de años, desde el último refuerzo, reconstrucción del pavimento o nueva construcción.

Edad 4 es la edad de la construcción básica. Se define como el tiempo, en número de años, desde la última reconstrucción que incluyó la construcción de una nueva capa de la base o nueva construcción.

3.7.2.4. Geometría de la vía y de medio ambiente

Esto incluye la anchura de la calzada y de las bermas, el alineamiento vertical y la precipitación media mensual.

Los datos requeridos del tráfico son el flujo de todos los ejes de los vehículos (YAX) y el de los ejes equivalentes (YE4), ambos expresados en una base anual de millones por carril. Estos datos se calculan, para cada año analizado, a partir de las características del tráfico y de los vehículos definidas por el usuario. El promedio anual de velocidades del tráfico así como el promedio de velocidades de los vehículos pesados son requisito del modelo de deterioro.

3.7.3. Procedimiento de cálculo

La lógica general de cómputo de la modelización del deterioro de cada tramo de la carretera, en cada año analizado, se puede resumir en los siguientes pasos:

- Inicio de entrada de datos y condiciones al comienzo del año
- Cálculo de los parámetros de resistencia del pavimento
- Cálculo de la cantidad de cambios de cada modelo de deterioro durante el año analizado, en el siguiente orden:
 - Fisuración
 - Desprendimiento del árido
 - Áreas con baches
 - Rotura del borde
- Verificación de que el total de la calzada, con o sin deterioro, sea igual al 100% a partir de los límites definidos para cada forma de deterioro y determinación de la cantidad de cada uno al final del año y del valor promedio de cada año.
- Cálculo del cambio en cada forma de deterioro durante el año y determinación de la cantidad de cada uno al final del año y del valor promedio de cada año.

- Cálculo del cambio en cada forma de deterioro de textura superficial durante el año y determinación de la cantidad de cada uno al final del año y del valor promedio de cada año.
- Almacenamiento de los resultados para su uso en subsecuentes módulos (RUE, WE, SEE,) y en el siguiente año analizado, así como para propósitos de obtener informes.

3.8 Técnicas de conservación de pavimentos

En un Sistema de Gestión de Pavimentos, es crítico que el tratamiento de mantenimiento adecuado sea aplicado en el momento preciso para que el pavimento funcione según se diseñó y que el programa de mantenimiento sea efectivo desde el punto de vista de su costo. Una limitación de todos los SGP, es su incapacidad para analizar de forma comprensiva los proyectos individuales y determinar el momento adecuado y el costo del tratamiento.

Generalmente están reconocidos dos tipos de mantenimiento de pavimentos preventivo y correctivo (o reactivo). El mantenimiento preventivo se utiliza para detener deterioros menores, retardar las fallas progresivas y reducir la necesidad de mantenimiento correctivo. Se lleva a cabo antes de que el pavimento presente fatiga significativa, para proporcionar un sistema de pavimento con un comportamiento más uniforme. El mantenimiento correctivo se ejecuta cuando ocurre una deficiencia en el pavimento; por ejemplo pérdida de fricción, ahuellamiento moderado o severo o agrietamiento generalizado.

Aunque cada tipo de mantenimiento es necesario en un extenso programa de preservación de pavimentos, el énfasis debe ponerse en prevenir que el pavimento alcance la condición en la que se requiere el mantenimiento correctivo, ya que el costo asociado a esta aproximación puede ser sustancial. Esta situación es frecuentemente representada como se muestra en la grafico 3.31, donde se comparan diferentes tratamientos en momentos diferentes. Lo que realmente se necesita es una determinación del costo/efectividad del mantenimiento preventivo comparado con la práctica estándar de reparar el pavimento cuando este se deteriora (Grafico 3.31).

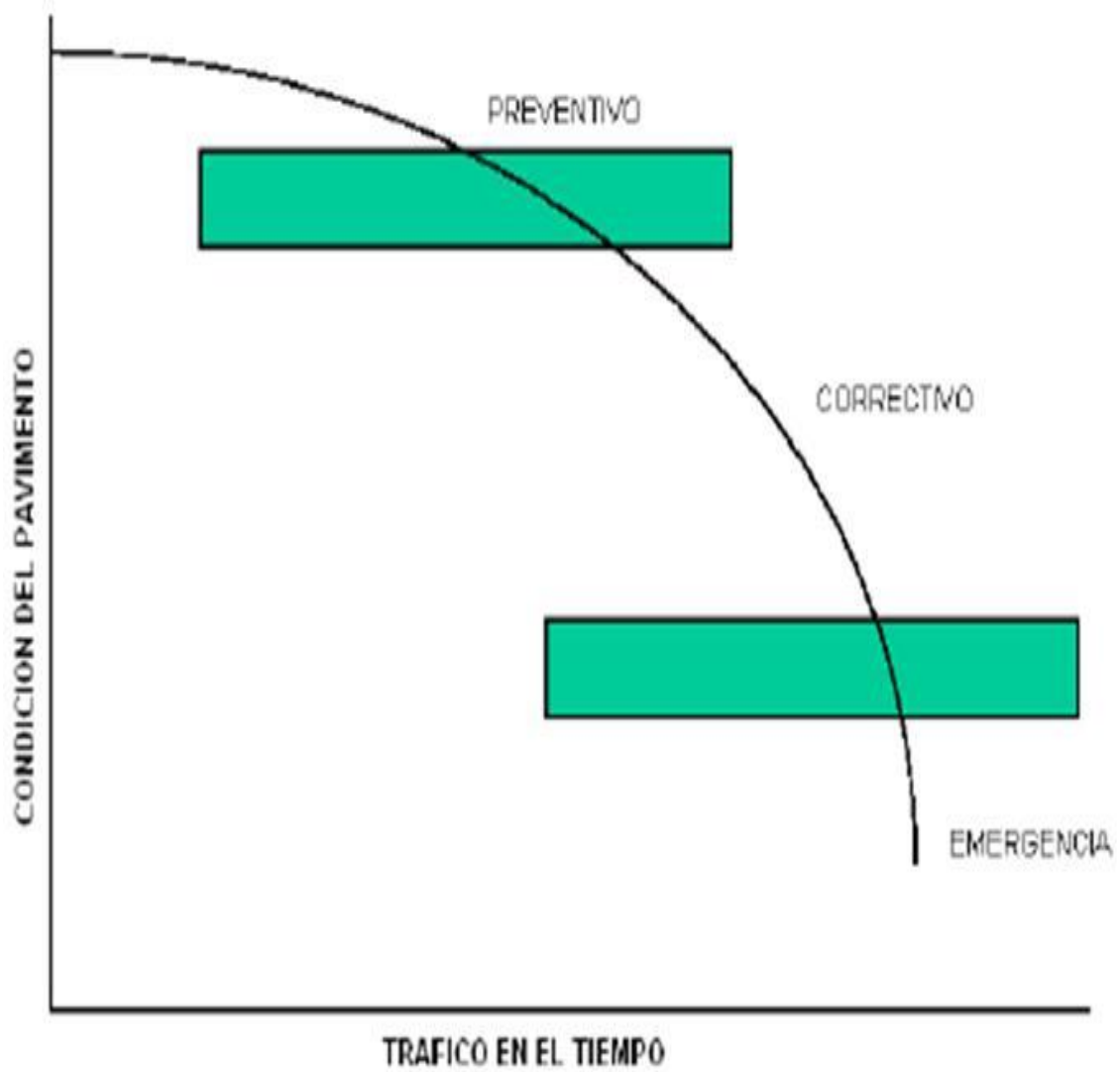


Grafico 3.31. Categorías de Mantenimiento de Pavimentos

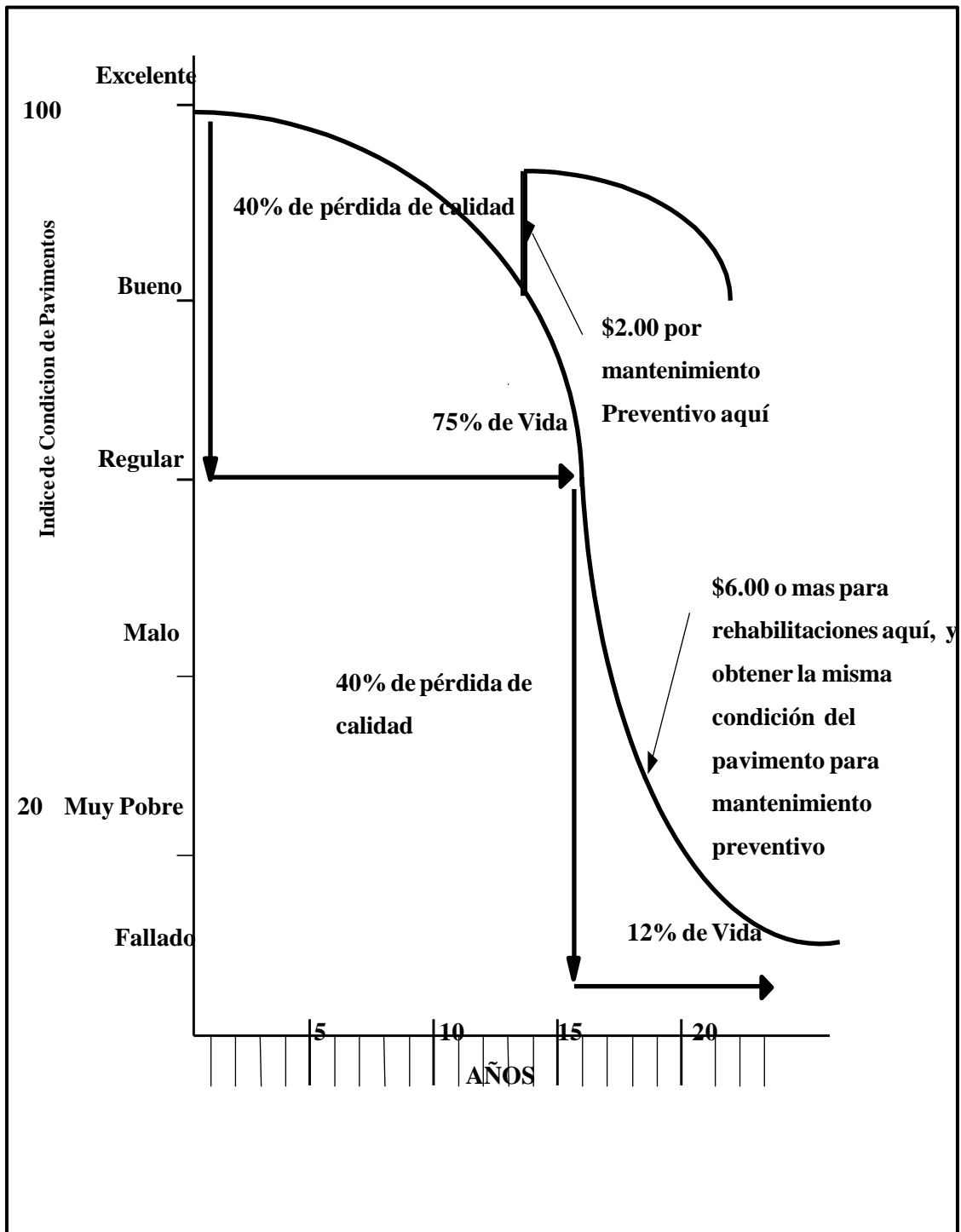


Gráfico 3.32. Variación Típica de las Condiciones del Pavimento en Función del tiempo

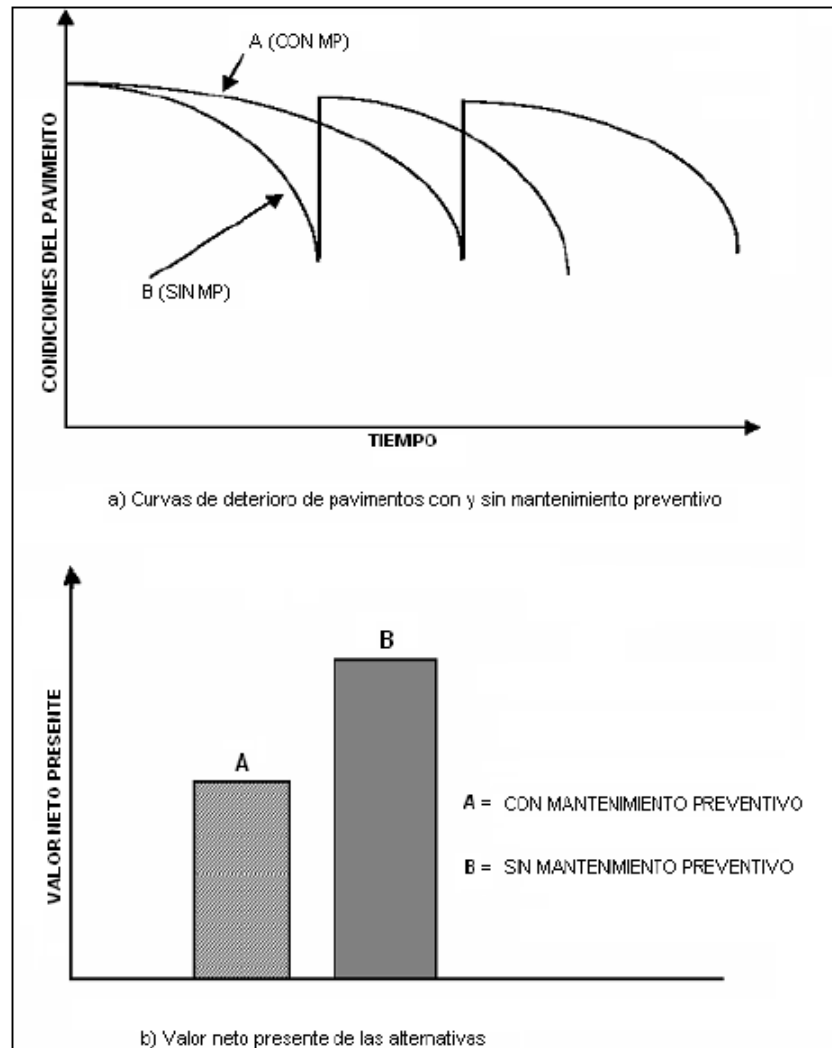


Gráfico 3.33. Costo Efectividad de Varias estrategias de Mantenimiento en un Periodo de Análisis

3.8.1. Tratamientos de mantenimiento preventivo

Existen diferentes tratamientos preventivos para el mantenimiento de los pavimentos flexibles. Una discusión comprensible de cada tratamiento se puede encontrar en el Manual básico de las emulsiones asfálticas, incluyendo las condiciones en las que cada tratamiento puede ser efectivo y los daños del pavimento a los que está dirigido. La periodicidad con la que se aplican determina si estos son preventivos o correctivos.

La tabla 3.13 muestra posibles tratamientos para determinados tipos de problemas. Si los problemas identificados en el estudio sobre la condición del pavimento están relacionados con deficiencias

estructurales, el pavimento no es candidato para un tratamiento de mantenimiento preventivo y debería ser programado para rehabilitación o reconstrucción.

POSIBLES TRATAMIENTOS PARA VARIOS TIPOS DE DETERIORO							
Deterioros en Pavimentos	Sellado Grietas	Fog Seal	Micro-Surfacing	Slurry Seal	Doble Tratamiento	Sobre-capas	Reciclado
Grietas por Fatiga		X	X	X	X		
Exudación			X		X		X
Grietas Longitudinales y Transversales	X	X		X	X		
Abultamientos y Hundimientos						X	X
Desintegración del Pavimento		X	X	X	X		
Ahuellamiento y Depresiones			X			X	X
Estabilidad Relativa						X	
Inestabilidad Relativa			X			X	X

Tabla3.13 Posibles Tratamientos para Varios Tipos de deterioro. Fuente selección de un Tratamiento Preventivo para Pavimentos Flexibles

Los diferentes tipos de mantenimiento considerados en este reporte son:

Sellado de Grietas:

Este tratamiento es utilizado para prevenir que el agua y basura entren en las grietas del pavimento. El tratamiento puede incluir el rebajado para limpiar la grieta y crear un espacio para el sellante.

Fog Seal (Riego de Niebla):

Aplicación de un riego de emulsión asfáltica diluida (normalmente 1^a) para enriquecer la superficie del pavimento e impedirle desmoronamiento y la oxidación. Se considera como una aplicación temporal.

Sellos con mezclas frías delgadas:

Estos tratamientos incluyen slurry-seal y micro-surfacing que son utilizados en todo tipo de pavimentos para llenar grietas, mejorar la fricción y mejorar el confort al circular. Generalmente son de 15.00 mm de espesor.

Sobre- capas delgadas:

Estas incluyen mezclas densas, abiertas y de granulometría truncada (así como reciclado de la superficie) que son empleadas para mejorar el confort al circular, proveer drenaje y la fricción de la superficie y corregir irregularidades superficiales. Generalmente son de 30.00 mm de espesor.

La tabla 3.13. Resume los costos unitarios proporcionados por la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Publica (EPMOP), y la vida esperada de los diferentes tratamientos. Estos valores pueden variar dependiendo de la ubicación, las cantidades aplicadas y las condiciones ambientales.

COSTOS UNITARIOS Y ESPECTATIVAS DE VIDA DE UN TRATAMIENTO TÍPICO DE MANTENIMIENTO					
TRATAMIENTO	COSTO EN DOLARES	UNIDAD	DURACION ESPERADA DEL TRATAMIENTO		
			MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
Sello de Grietas	0.90	ml	1	1.5	2
Bacheo	154.46	m3	1	1.5	2
Riego de niebla o Fog Seal	0.50	m2	1	1.5	2
Lechada asfáltica o Slurry Seal (1.5 cm)	1.95	m2	2	3	4
Lechada asfáltica modificada (1.5 cm)	2.20	m2	3	4	5
Doble Tratamiento (2.5 cm)	2.35	m2	2	4.5	7
Sobre capa con carpeta asfáltica en caliente 2.5 cm	3.98	m2	2	4.5	7
Sobre capa con carpeta asfáltica en caliente 5.0 cm	7.97	m2	2	4.5	7

TABLA 3.13 Costos Unitarios Tratamiento Típico de Mantenimiento
Fuente: EPMMOP

NOTA: Los costos pueden variar de acuerdo al tamaño de la obra.

La duración puede variar de acuerdo al tráfico y condiciones climáticas

3.8.2. Estándares de mantenimiento

Se define “Estándar de Mantenimiento” a un determinado conjunto de actividades de mantenimiento y rehabilitación, sumado a un criterio de decisión para su aplicación. Establecer “Estándares de Mantenimiento” consiste en definir los límites a partir de los cuales se debe materializar alguna acción de conservación. Llevar a la práctica una política de conservación supone la capacidad de relacionar los objetos de ésta con un determinado número de características del estado del pavimento. Es fundamental establecer un sistema de prioridades para las decisiones de intervención. Todo esto tiende a minimizar las inversiones que hay que comprometer para mantener las características del pavimento por encima del nivel requerido. Por lo tanto, el ente encargado de la conservación de la red vial debe

definir las condiciones en la cual operará el camino junto con chequear que estas condiciones se cumplan. Para ello se han establecido los siguientes indicadores como los “Estándares de Mantenimiento” de la Red Vial del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito, estos valores son los utilizados en Chile para el mantenimiento de sus caminos urbanos:

PARAMETRO	ESTANDAR DE MANTENIMIENTO
Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	4.50 m/Km.
Ahuellamiento Máximo	15.00 mm.
Agrietamiento Generales	15.0% por Km.
Baches	0.15% por Km.
Exudación	No se aceptara
Peladura de Agregados	20.0% por Km.

Tabla 3.14 Estándares de Mantenimiento
Fuente: Fuente Ministerio de Obras Publicas

3.9. Evaluación económica

Cada vez se hace mayor hincapié en los estudios de costos de caminos, debido a las reducidas sumas que se disponen tanto para construcción, mantención y rehabilitación. También ha sido creciente el consenso entre los administradores de caminos, economistas e ingenieros, el principio general de minimizar el costo total de transporte, como base para determinar las políticas de construcción y de mantenimiento de caminos. En un análisis económico se deben evaluar y considerar todos los costos asociados a cada alternativa propuesta. Los análisis económicos en caminos pueden realizarse en dos momentos bien definidos. Tanto para determinar factibilidades, como para elegir entre distintas alternativas de un proyecto, se deben tener en cuenta todos los costos, o flujos de dinero, involucrados a lo largo de toda su vida útil. Los análisis de evaluación económica estudian el movimiento de estos flujos de dinero, y ayudan a seleccionar el plan de inversiones más conveniente, ya sea a nivel de red o de proyecto de un camino.

3.9.1 Costos de operación vehicular

La función de un modelo de costos de operación de los vehículos es simular los efectos de las características físicas y la condición del camino sobre la velocidad de operación de los diversos tipos de vehículos, sobre sus consumos de combustible, lubricantes, requerimientos de mantención y además determinar el total de costos de operación. La cantidad de recursos consumidos, tal como los

galones de combustible, número de neumáticos, horas de trabajo en mantención, etc., son determinados junto con la velocidad de los vehículos como función de la característica de cada tipo de vehículo y la geometría, tipo de superficie y condición actual de camino.

Los costos se encuentran multiplicando las cantidades de recursos consumidos por sus costos unitarios, los que son especificados por el usuario y agregando los costos correspondientes por depreciación, interés, gastos generales y además los correspondientes a los valores del tiempo de demora de pasajeros y de retención de cargas. Se presenta a continuación, los costos de operación vehicular, para los distintos tipos de vehículos que circulan por la Red Vial, esta información fue recolectada por medio de encuestas y especificaciones técnicas de concesionarios de vehículos:

Nombre	Auto	Camionetas	Bus	Buseta	Camion 2 ejes	Camion 3 ejes
COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR						
EN DOLARES						
Vehículo Nuevo	18,000.00	25,000.00	188,000.00	40,000.00	60,000.00	98,000.00
Neumático de Repuesto	95.00	135.00	180.00	150.00	200.00	450.00
Combustible (lt.)	0.39	0.39	0.26	0.26	0.26	0.26
Aceite Lubricante (lt.)	4.00	4.00	3.80	3.80	3.80	3.80
Mantenimiento (hr.)	3.00	3.00	3.00	3.50	3.50	3.50
Chofer salario (hr.)	-	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Gastos Generales (año)	70.00	70.00	280.00	220.00	500.00	550.00
Interés Anual (%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Pasajero: Tiempo de Trabajo (hr.)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Pasajero: Tiempo de Ocio (hr.) 25%	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Retraso de carga (hr.)	-	-	-	-	3.00	3.00

Tabla 3.15 Costo de Operación Vehicular
Fuente: EPMMOP

3.9.2 Parámetros de evaluación económica

3.9.2.1 Periodo de diseño

La evaluación requiere que el análisis se realice para los mismos periodos de tiempo. Para nuestro análisis utilizaremos un periodo de diseño de 5 AÑOS, con motivo de que no se cuenta con suficiente información para poder hacer un análisis más extenso.

3.9.2.2 Tasa de crecimiento

Es la tasa usada para calcular los gastos futuros en términos de dinero actual. Esta sirve para comparar distintas alternativas de uso de dinero. El valor de la tasa de crecimiento a aplicar para nuestro proyecto será de 4.5% basado en el informe de crecimiento económico proporcionado por el Ministerio de Economía de El Ecuador para el año 2,014.

3.9.2.3 Restricciones presupuestarias

Como toda organización ejecutora de proyectos, la Empresa Metropolitana de Obras Públicas, deben enfrentar, además de las dificultades técnicas y de planificación que imponen sus actividades, la siempre presente escasez de recursos. En tal sentido, el análisis de las técnicas de conservación a ejecutar se hará tomando en cuenta dichas restricciones, por lo cual se utilizará una base presupuestaria de 20,000.000.00 de dólares.

CAPITULO IV SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS

4.1. Sistemas de gestión de pavimentos

La selección de alternativas de conservación en la gestión de pavimentos es el paso que corona el estudio y los análisis realizados. Los programas de conservación corresponden a la planificación ordenada, resumida y justificada de todas las actividades necesarias para gestionar en forma adecuada la infraestructura en todo el periodo de análisis.

Se considera normalmente que un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y del entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetario, social y ecológico.

Antiguamente el estado del pavimento se apreciaba visualmente, las técnicas de refuerzo eran primarias y limitadas (bacheo o tratamientos superficiales simples básicamente) y los problemas ecológicos sólo eran tomados en cuenta de acuerdo a la conciencia de los ingenieros (que se sintieran más o menos comprometidos con la causa). En la actualidad la situación ha cambiado, el estado de la carretera se mide a través de una multitud de parámetros específicos, las posibilidades técnicas de reparación y conservación son múltiples y el tema ecológico ha cobrado una relevancia fundamental, de aquí que los sistemas de gestión de pavimentos hayan evolucionado en una medida similar.

4.1.1 Generación del sistema de gestión de pavimentos

4.1.1.1 Conceptos básicos

El concepto de "gestión de pavimentos" ha evolucionado en forma acelerada en los últimos veinte años combinando todas las actividades para proveer y administrar pavimentos. Su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad. Se puede agregar que gente experimentada puede generar programas racionales pero para una red extensa se hace imprescindible organizar la información. En caso de no existir un programa de gestión, se cuenta sólo con decisiones aproximadas

producto de soluciones limitadas para el mantenimiento, lo cual es de dudosa efectividad en las condiciones de restricción de presupuesto en que generalmente se trabaja.

La planificación de la gestión de pavimentos otorga beneficios, tales como:

- Recopila un conjunto de información, la cual puede ser compartida dentro de la organización, entre instituciones o el público en general.
- Logra los mejores beneficios con el dinero disponible.
- Puede dar a conocer las consecuencias de una u otra medida de conservación en base a experiencias similares anteriores.

Además la gestión de pavimentos es un proceso global que incluye todas aquellas actividades involucradas en proporcionar caminos, entre las que se cuentan: adquisición de información inicial, planificación y programación de mantenimiento, rehabilitación y nueva construcción, diseño de detalles de proyectos individuales y de seguimiento periódico de pavimentos existentes.

La gestión identifica las mejores estrategias priorizándolas para su implementación.

En la Figura 4.1, se presentan las principales actividades de un sistema de gestión de pavimentos.

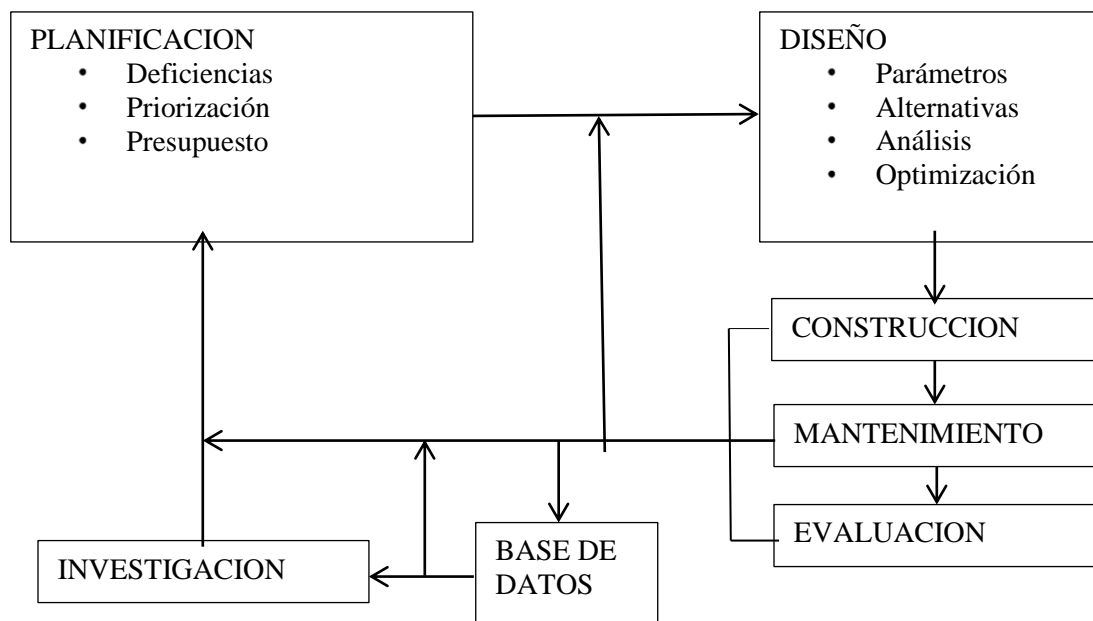


Fig. 4.1: Principales actividades que componen un sistema de gestión de pavimentos
Fuente: Manual de Conservación de Carreteras.

4.1.1.2 Características de un sistema de gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos debe ser capaz de ser usada por el organismo a cargo de los distintos niveles y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales y de la red en que se encuentran insertos dichos proyectos. Por otra parte, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto a los diversos costos involucrados. Para conseguir un adecuado sistema de gestión es útil conocer algunos de sus requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información sin mayor complicación.
- Capacidad de considerar estrategias alternativas dentro de la evaluación.
- Capacidad de identificar la estrategia o alternativa óptima.
- Capacidad de basar sus decisiones en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Capacidad de usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones.

Los pavimentos son estructuras complejas que involucran muchas variables: combinaciones de cargas que soportan, solicitudes de medio ambiente, materiales y formas de construcción, mantenimiento, etc. Y es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y mantenimiento para poder hacer una apropiada gestión de los pavimentos.

4.1.1.3 Metodología de los sistemas de gestión

La metodología de sistemas comprende un conjunto de conocimientos que han sido desarrollados para la planificación eficiente, para el diseño e implementación de nuevos sistemas y para estructurar el estado del conocimiento de un sistema existente o modelo de una operación. Es un proceso amplio de solución de problemas que fue desarrollado a partir de la observación de conductas de proyectos eficientes y sistemáticos.

Hay dos usos de metodología de sistemas principales e interrelacionados:

- 1.- La estructuración de un problema, o cuerpo de conocimiento.
- 2.- El uso de herramientas analíticas para modelar y resolver el problema.

La estructura de cualquier proceso de solución de problemas debe incluir una incorporación sistemática de todos los factores técnicos, sociales y económicos que lo comprenden; más aún, debe ser una

simulación lógica de la progresión de actividades involucradas en la eficiente solución de problemas. El proceso continuo e iterativo se presenta en la Figura 4.2, este proceso es aplicable tanto al problema global como a sus componentes o "sub problemas". Básicamente en tres niveles principales:

1.- El acercamiento al sistema, que comprende una aproximación inicial y que con respecto a la Fig. 4.2 involucra las fases de reconocimiento del problema y de definición inicial del mismo, con una mirada parcial a la generación de alternativas de solución.

2.- El análisis del sistema, que extiende el nivel anterior a un desarrollo más completo de las estrategias alternativas y provee una metodología para analizar y optimizar dichas alternativas.

3.-La ingeniería del sistema, que es la más completa manifestación del método de sistemas que comprende el diseño, implementación y evaluación de desempeño de la resolución de problemas.

La solución de problemas aplicando el método sistemático de la figura puede ser eficiente pero hay que reconocer ciertas limitaciones en su uso:

- Una aplicación exitosa depende de las capacidades del personal que las efectúa: el método no es sustituto de una ingeniería de pobre desarrollo.
- El punto de vista de los individuos o la agencia; involucrada en el estudio del sistema debe ser claramente reconocido e identificado.
- Los componentes o la extensión del sistema bajo estudio deben ser claramente identificados.
- El exceso de simplificación de muchos problemas mediante la consideración de ellos como una caja negra.
- El peligro de generar soluciones específicas basándose en un problema mal entendido; es decir, generar soluciones erradas respecto de la realidad.

Como se dijo anteriormente, cualquier sistema está inserto en un medio externo, con cierto nivel técnico, social, económico y político. Por lo tanto, un determinado problema tiene una cierta definición, análisis y conclusión en un escenario específico; cualquier cambio en dicho escenario en cuanto a lo técnico, social, económico o político puede implicar que el problema desaparezca, disminuya o aumente, y que la forma de solución supuesta originalmente no tenga aplicación en este nuevo

escenario. Es por ello que el proceso de retroalimentación en el cual se analiza si el problema ha sido solucionado o si han cambiado las condiciones que motivaran dicho problema es fundamental.

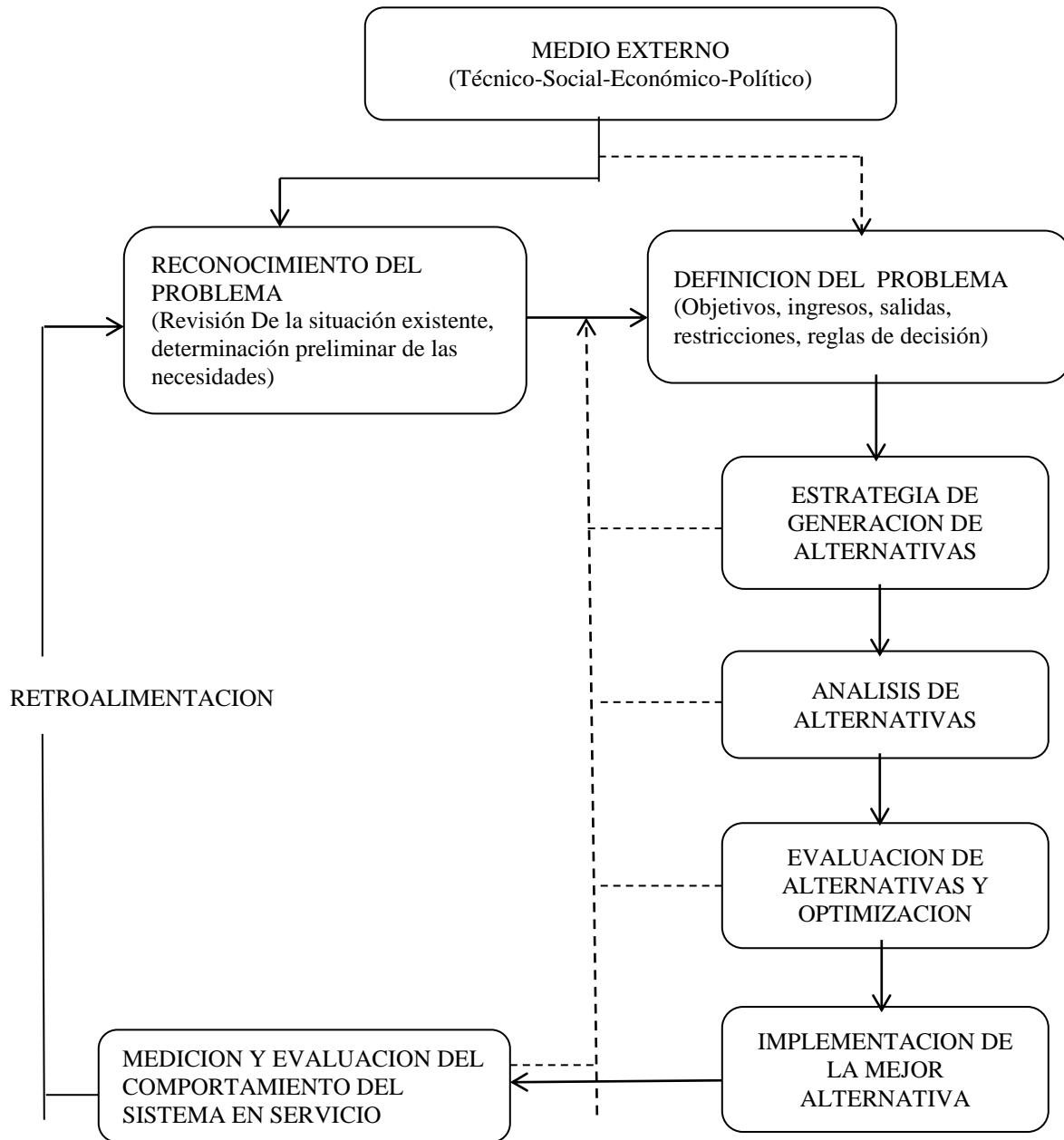


Fig. 4.2: Principales fases y componentes de método de sistemas
FUENTE: LIBRO DE HASS MODERN PAVEMENT MANAGEMENT

4.1.1.4 Aplicación del concepto de sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial. Su principal objetivo es establecer la metodología para el seguimiento y continua evaluación del estado de los pavimentos, para proporcionar así seguridad, confort y economía al transporte, obteniendo la mayor rentabilidad posible por el dinero invertido sujeto a las restricciones económicas, técnicas, políticas y ambientales. Para tales efectos, el sistema debe ser actualizable, permitir comparación de alternativas e identificar la óptima, basando sus decisiones en atributos, criterios y restricciones cuantificables, además de usar información de retroalimentación para evaluar las consecuencias de decisiones tomadas.

La gestión de pavimentos se puede aplicar a una red vial o a un proyecto en particular. En la Fig. 4.3 se presentan esquemáticamente estos dos conceptos.



Fig. 4.3: Comparación de sistemas a Nivel de Red y de Proyecto
FUENTE: LIBRO DE HASS MODERN PAVEMENT MANAGEMENT

En general la gestión a nivel de red permite determinar las necesidades de las obras requeridas en un conjunto de vías; en cambio, la gestión a nivel de proyecto define claramente los requerimientos de un proyecto en particular, las principales diferencias se muestran en la Fig. 4.4.

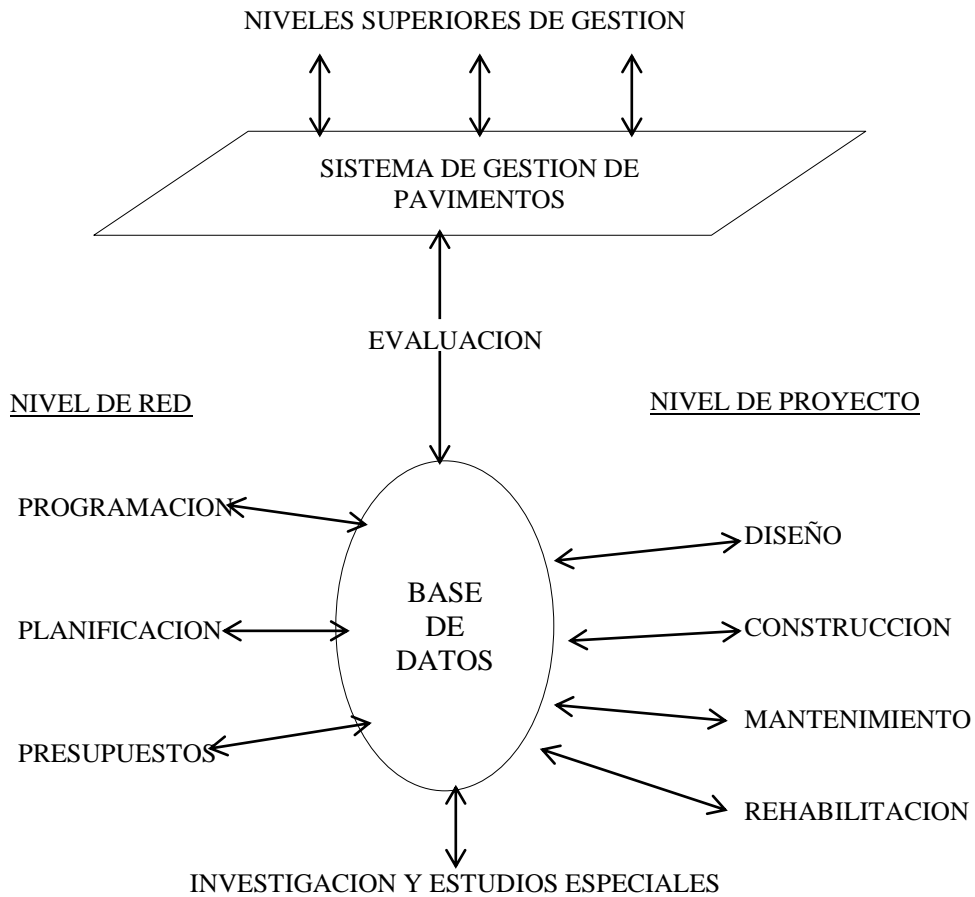


Fig. 4.4. Principales Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos
FUENTE: LIBRO DE HASS MODERN PAVEMENT MANAGEMENT

Los elementos básicos que configuran un sistema de gestión de pavimentos se pueden sintetizar en:

- Información de inventario de red.
- Información del estado funcional y estructural de los elementos de la vía.
- Modelos de predicción del comportamiento durante la vida útil.
- Estándares de conservación para el deterioro actual y futuro.
- Evaluación económica para las distintas alternativas de conservación y/o rehabilitación.
- Configuración de un programa de actuación en el periodo de análisis.

4.1.1.5 Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de Pavimentos es simplemente la combinación de procedimientos de análisis, formularios detallados para la adquisición de datos, mediciones, criterios de decisión y herramientas, entre las cuales una básica son los programas computacionales, los que proveen métodos sistemáticos y óptimos para llevar a cabo una buena gestión. El grado de complejidad de un sistema puede ser muy variado e ir desde una base de datos hasta una optimización total, y está generalmente definido por los objetivos que posee el sistema en su conjunto.

Al planificar el desarrollo de un sistema de gestión se deben tener en cuenta varios factores de importancia, tales como: disponibilidad de recursos, requisitos de información, nivel de sofisticación, manejo de datos, informes y gestión. Para ello se requiere contar con una estructura de datos actualizable que permita administrar los datos, junto con proveer de las herramientas necesarias para análisis y modelación del comportamiento de la infraestructura. Por otro lado, dentro de un sistema de gestión de Pavimentos pueden distinguirse tres módulos típicos: Base de datos, Métodos de análisis y Retroalimentación.

La Figura 4.5 ilustra los módulos que conforman un SGP genérico. Esta figura corresponde a una adaptación de la presentada en el capítulo 2 del AASHTO Guidelines for Pavement Management System de 1990.

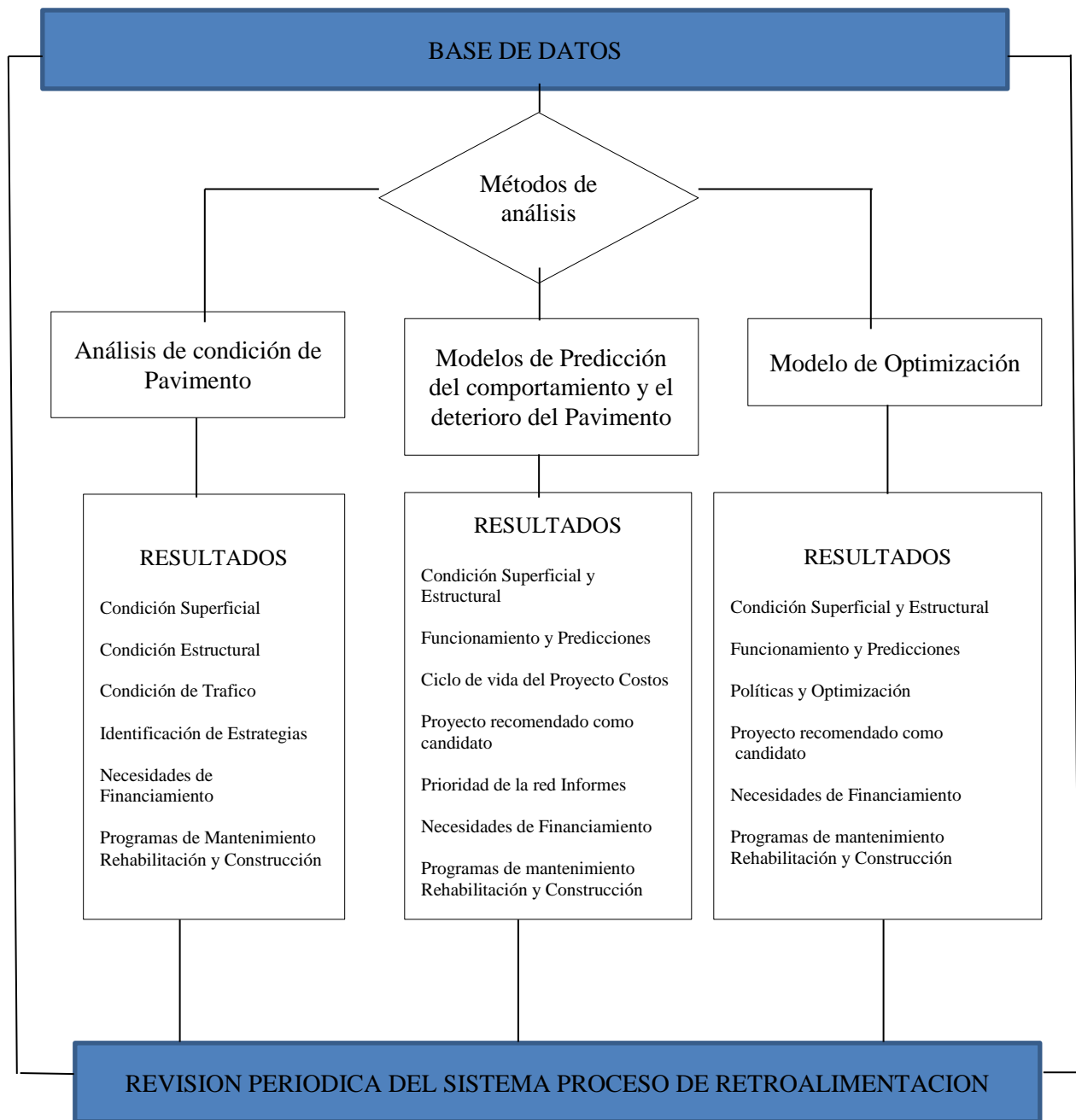


Fig. 4.5: Elementos Básicos de un Sistema de Gestión de Pavimentos
FUENTE: AASHTO 1990

El uso de sistemas de ingeniería no conduce a una solución del problema de los pavimentos, sino a alternativas de solución aptas para ser seleccionadas por el encargado de la gestión de acuerdo a los criterios especificados.

El sistema se encuentra estructurado en base a la relación existente entre la y las solicitaciones a que se ve sometido a lo largo de su vida útil, que son básicamente tránsito y clima. Las solicitaciones y las características de diseño y construcción determinan el modo de respuesta de ellos, las cuales se miden por determinadas características funcionales y estructurales, tales como:

- Irregularidad superficial
- Resistencia al deslizamiento
- Deterioro superficial
- Comportamiento estructural

De acuerdo a las solicitaciones, la infraestructura vial sufre un deterioro, que debe ser evitado o corregido oportunamente mediante la aplicación de conservaciones, las que dentro del sistema se presentan como opciones a ser seleccionadas de acuerdo al presupuesto y al nivel de mejoramiento que otorgan al pavimento, así como el control de costos asociados que generan. Para cada acción posible de conservación se determina un costo total distinto, el que es comparado para seleccionar el menor y que corresponderá a la alternativa seleccionada.

La Fig. 4.6 representa la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos, en la cual se puede identificar la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la evaluación, la base de datos y la investigación.

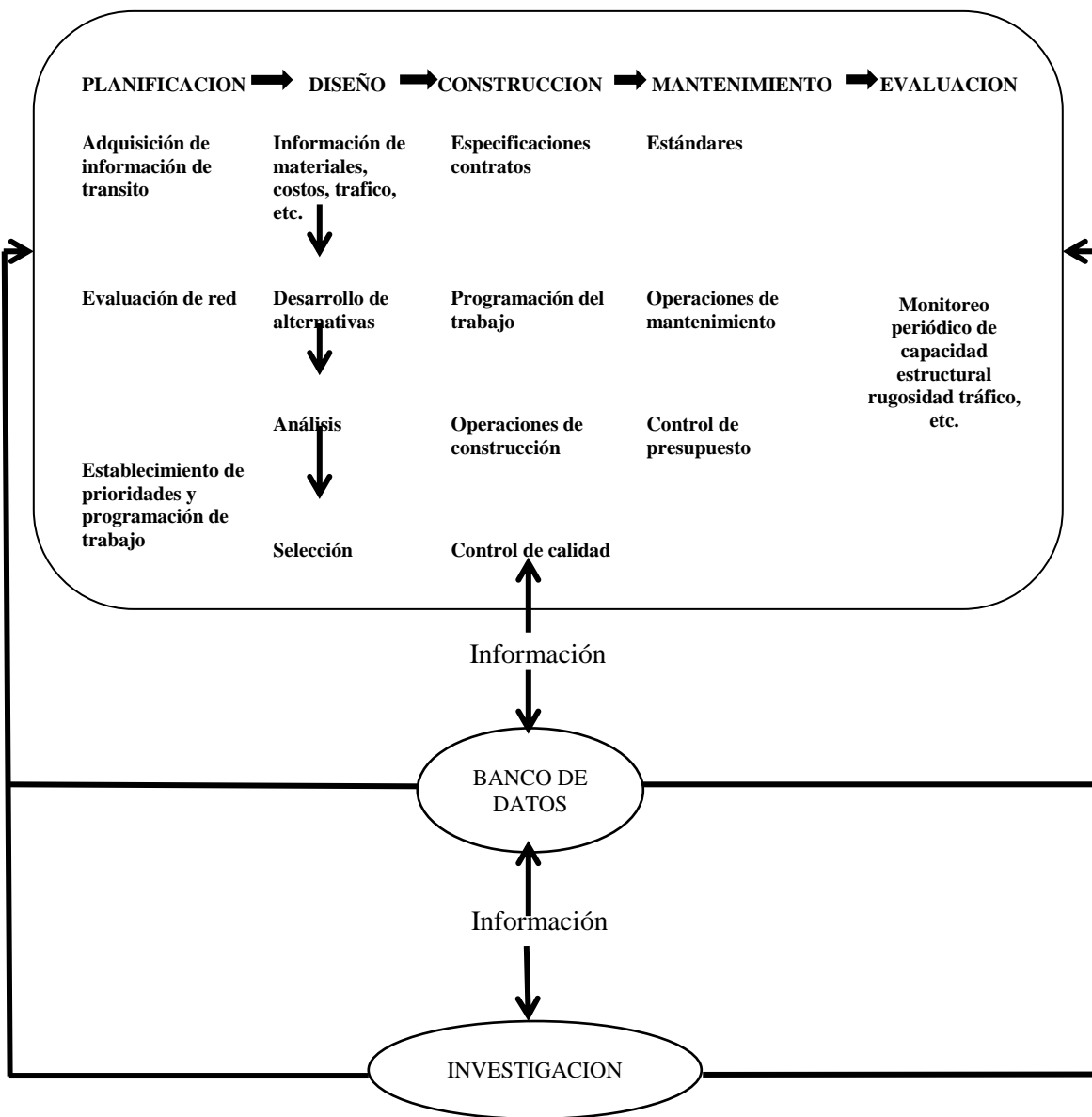


Fig. 4.6: Estructura General de un sistema de Gestión de Pavimentos
FUENTE: AASHTO 1990

1.- Planificación: comprende las etapas de adquisición de información de tráfico, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades y programación para realizar los trabajos

necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones de presupuesto.

2.- Diseño: adquisición de información sobre materiales, tránsito, costo, etc. y posterior desarrollo de alternativas de diseño, análisis y comparación de sus características para la selección de Una de ellas.

3.- Construcción: comprende actividades como programación del trabajo, desarrollo de operaciones de construcción y control de calidad de las obras.

4.- Mantenimiento: se establece un programa de trabajo de mantenimiento en base al presupuesto y los niveles de deterioro.

5.- Evaluación: se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales ya mencionados anteriormente.

También destacan:

- **Base de datos:** destaca como punto fundamental, que contiene la recopilación de la información para las distintas fases, y
- **Labores de investigación y desarrollo:** que deben ser permanentes para actualizar y mejorar el sistema.

4.1.1.6 Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos

La condición principal para establecer un sistema de gestión de infraestructura es la voluntad de las autoridades correspondientes de financiarlo; por ejemplo en el caso estatal, el Ministro de Obras Públicas; en el caso de la ciudades, el alcalde y en el caso de una concesión, el administrador o gerente del proyecto, y de crear la organización necesaria para su funcionamiento; un país que desee establecer un sistema de gestión de pavimentos debe considerar al menos los siguientes aspectos:

Estrategia: Disposición de un plan maestro que involucre a todos los elementos del sistema tanto en la implementación como en la operación a lo largo del tiempo.

Organización: que cubra todas las actividades del sistema incluyendo el personal y estructura organizacional, desde la toma de datos en campo hasta la toma de decisiones de alto nivel, sin omitir las instancias de investigación a aplicar, muy importante para poder actualizar el sistema permanentemente.

Equipamiento: debe ser el apropiado para llevar a cabo los diferentes procesos que implica la gestión de pavimentos, debe estar dotado de computadores, programas apropiados y los equipos de auscultación de caminos, etc.

Investigación: es un aspecto fundamental para la fase inicial y el desarrollo global del sistema.

Además, el sistema de gestión debe articularse alrededor de las siguientes actuaciones básicas:

1.- Elaborar un banco de datos donde queden inventariadas las características de la red o proyecto que se desea gestionar. Proceder a una recolección sistematizada y periódica de información cuantitativa del estado del pavimento y de los restantes elementos de la carretera.

2.- Establecer los índices y parámetros para la cuantificación global del nivel de servicio de las vías, con la posibilidad de fijación de umbrales de intervención.

3.- Definir un método de elección de prioridades para establecer un orden de aplicación de los recursos disponibles.

4.- Elegir las técnicas de conservación que deben aplicarse en cada caso en función de la información recogida y proceder a su evaluación.

4.1.1.7 Parámetros del sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos bien entendido cuenta con un conjunto de parámetros invariables que lo definen, de ellos los que deben ser considerados y que dependen directamente del "estado del arte"(actualización del conocimiento con respecto a alguna materia) son:

- El modelo o modelos de comportamiento a ser usado.
- La experiencia pasada en que se basa el conocimiento de la conducta de los pavimentos y los factores principales que éste contempla.
- La calidad de la instrumentación y las técnicas para efectuar las mediciones que determinen los parámetros.
- La calidad y extensión de la base de datos disponible.
- La variabilidad en el conjunto de datos requeridos para determinar los parámetros adecuados.

Para representar el estado actual del pavimento es necesario elegir los parámetros apropiados al propósito de la propia gestión, los índices más utilizados son los que se relacionan directamente con algunas de las funciones que se exigen al pavimento. En general estas funciones son referidas a la estructura del pavimento, la seguridad y el confort que este otorga.

4.1.1.8 Reglamentación para la implementación del sistema de gestión

De acuerdo con las recomendaciones de la Norma ASTM 1166-00 del 2003, la adopción de un Sistema de Gestión de Pavimentos involucra la integración de los siguientes componentes:

Sistema de Referencia

Se refiere a un método único y estable para la identificación y referencia espacial de los tramos que constituyen la red de carreteras, así como la información sobre las características y el estado físico de los mismos. Entre los métodos más utilizados pueden mencionarse el sistema arco nodo, el cadenamiento y las coordenadas geográficas.

Información Requerida por el Sistema

Normalmente, los sistemas de gestión utilizan datos pertenecientes a las siguientes categorías:

Inventario de la Red: el cual comprende la clasificación funcional, longitud, número de carriles, ancho de carril y acotamientos, pendiente y curvatura de cada uno de los tramos; diseño estructural de la sección, incluyendo espesores y propiedades de los materiales de las capas constitutivas; características del drenaje e historial de reparaciones.

Estado del Pavimento: expresado en términos de la irregularidad de la superficie de rodamiento; presencia y magnitud de los deterioros; deflexiones y otros factores de la capacidad estructural del pavimento; espesores y propiedades reales de las capas constitutivas; resistencia al deslizamiento y textura y estado del drenaje.

Características del Tránsito: volumen, composición vehicular y cargas por tipo de vehículo.

Datos Climatológicos: entre los cuales pueden mencionarse precipitación, humedad, promedios de temperatura y rangos de variación de la misma.

Costos, incluyendo por una parte, los costos de construcción, mantenimiento, rehabilitación y modernización de los pavimentos, y por otra, los costos relacionados con el uso de la infraestructura por parte de los usuarios, es decir, costos de operación vehicular, costos asociados con el valor del tiempo de pasajeros y la demora de mercancías, y costos de accidentes.

Manejador de Bases de Datos

Dependiendo del tamaño de la red por analizar, el volumen de información requerido por los Sistemas de Gestión de Pavimentos puede llegar a tener una magnitud considerable, por lo que en la mayoría de los casos, implica el uso de un manejador de bases de datos y de procedimientos computarizados para el almacenamiento, consulta y análisis de la información. Como consecuencia de la vinculación de las carreteras con el entorno y el desarrollo de tecnologías, como los sistemas de posicionamiento global y los sistemas de información geográfica, en los últimos años se ha observado una tendencia mundial hacia el uso de bases de datos georeferenciadas como respaldo para el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos.

Herramientas de análisis

Se refieren a un conjunto de modelos matemáticos que se utilizan como apoyo a las siguientes tareas:

- 1.- Predicción del deterioro del pavimento a lo largo de su vida útil y estimación de los efectos de las acciones de conservación.
- 2.- Evaluación económica de proyectos de conservación y mejoramiento para tramos específicos, así como de políticas aplicables a toda la red o partes de ella. Para este propósito se utilizan métodos como el análisis del ciclo de vida o el del costo-beneficio.
- 3.- Definición de prioridades con respecto a los requerimientos de conservación y mejoramiento de la Red, a través de análisis de proyectos candidatos, y la programación de los trabajos.
- 4.- Usualmente, los algoritmos para definir prioridades utilizan criterios como el estado del pavimento, tasa de deterioro del mismo y volumen del tránsito, entre otros.

5.- Optimización de los programas de conservación con objeto de maximizar los niveles de desempeño del pavimento o la rentabilidad de las inversiones correspondientes. En la mayoría de los casos, los modelos de optimización utilizan técnicas de programación matemática.

6.- Evaluación del impacto de distintas estrategias de conservación y niveles de disponibilidad de recursos en el desempeño de red.

De acuerdo con la Norma ASTM 1166-00, la puesta en operación de un sistema de gestión de pavimentos requiere un estudio previo en el que se evalúe su compatibilidad con otros procesos institucionales existentes; su utilidad real en la planeación y programación de los trabajos de conservación y desarrollo de la Red; y su aceptación por parte de los responsables de la gestión de pavimentos al interior de la organización operadora.

Asimismo, se requiere un plan en el que se definan el equipo y programas de computo; equipo de medición, personal y estructura organizacional necesarios para la operación del sistema, así como un programa para su implantación por etapas. El plan debe incluir también, procedimientos para la recopilación; ingreso; validación y actualización de información, generación de informes; y la revisión, calibración y mejoramiento de los modelos del sistema.

4.2. Sistema de gestión de pavimentos del distrito metropolitano de quito SGP-DMQ

El Sistema de gestión de Pavimentos del Distrito Metropolitano de Quito le denominaremos **SGP-DMQ**, se la presenta con dos actividades fáciles de modelar, de acuerdo a la forma de trabajar de la institución encargada de realizar estos trabajos que es la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas EPMMOPQ así analizaremos los siguientes puntos.

4.2.1 Definición de objetivos

Esta etapa es una de las importantes, ya que su buena ejecución significa considerables reducciones de tiempo y dinero. Para ello, se deben definir los “Estándares de Mantenimiento”, para los caminos, además de los Alcances que se pretenden conseguir con el Sistema para el Distrito Metropolitano de Quito.

Estándares de mantenimiento

PARAMETRO	ESTANDAR DE MANTENIMIENTO
Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Máximo	4.50 m/Km.
Ahuellamiento Máximo	15.00 mm.
Agrietamiento Generales	15.0% por Km.
Baches	0.15% por Km.
Exudación	No se aceptara
Peladura de Agregados	20.0% por Km.

FIGURA: 4.7 Estándares de mantenimiento
FUENTE: MOP DE Chile

4.2.2. Recolección de datos

La base de todo Sistema de Gestión de Pavimentos son los datos con los cuales se modelará el comportamiento de la infraestructura bajo las condiciones de sollicitación proyectadas. Dentro de los Datos que se deben de recolectar tenemos:

- Cantidad y Severidad de Deterioros
- Capacidad Estructural
- Sollicitaciones de Tránsito
- Sollicitaciones de Medio Ambientes

4.2.3. Análisis de datos

El análisis consiste en determinar la condición actual y comportamiento futuro de la infraestructura. Este análisis es representado por diversos indicadores que representan a las distintas secciones del pavimento, entre estos indicadores tenemos:

- Índice de Condición de Pavimento (PCI)
- Numero Estructural (SN)

4.2.4. Categorización del proyecto

Dado que a lo largo de la generación de los Sistemas de Gestión de Pavimentos para el Distrito Metropolitano de Quito, se encuentran un sin número de estructuras diferentes, ya sea por características del estado de las calles, prioridad de ejecución de las mismas, estudios realizados, etc., por lo que se debe lograr que la Red Vial del distrito metropolitano de Quito, sea dividida en sectores homogéneos, que pueden ser modelados bajo las mismas condiciones, cuyo fin es utilizar modelos de deterioros en forma más ordenada y eficiente.

4.2.5. Evaluación de estrategias

La preparación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para varios años de una red urbana de caminos en la cual las opciones de conservación candidatas están identificadas y seleccionadas, están sujetas a condiciones presupuestales. Por tanto, las redes se analizaron tramo a tramo, y las estimaciones se produjeron a partir de los trabajos y los requisitos de inversión para cada tramo, por año de duración del programa.

Las alternativas que se generarán en el presente trabajo se realizaron usando exclusivamente el análisis a nivel de RED, pues se pretende abordar con detalle las características reales de la red de caminos incluyendo sus restricciones presupuestales.

4.2.6 Programación de actividades rutinarias

Existe en la Institución se claramente determinado dos departamentos, uno que se encarga de realizar el mantenimiento diario de las vías en lo que se refiere al bacheo, sello de fisuras, colocación de Slurry Seal etc., las mismas que analizaremos económicamente a continuación:

ACTIVIDAD A EJECUTAR	COSTO
SELLO DE FISURAS	0.90 DOLARES POR ML
BACHEO	154.46 DOLARES POR M3
SLURRY SEAL	1.95 DOLARES POR M2

Estos valores tendrán un costo de 3'200.000,00 dólares al año.

4.2.7. Programación de actividades periódicas y rehabilitaciones

Para poder realizar una programación de las actividades a ejecutar de debe realizar primero el análisis de cómo se encuentran hoy estas vías y luego de la rehabilitación el tipo de trabajo a ejecutar de esta manera:

- a) Cálculo de los espesores de refuerzo (Método AASHTO 1993)
- b) Modelación de las Actividades de Conservación (HDM 4)

4.2.7.1 Calculo de espesores de refuerzo

Para cada calle objeto de estudio de la presente tesis debemos realizar el cálculo de la rehabilitación que se debe realizar para esto usamos los valores de Número estructural calculado con el Retrocálculo en el capítulo tres usando el método AASHTO 1993 con las siguientes ecuaciones :

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Ecuación No. 4.1 FORMULA DE DISEÑO DE ESPESORES DEL METODO AASHTO 1,993

Dónde:

W8.2 - ejes acumulados equivalentes de 8.2 ton en el período de diseño

ZR - desviación estándar normal, relacionada con la confiabilidad

So - desviación estándar general, relacionada con el tráfico y el comportamiento

SN - número estructural requerido (SNfut)

ΔPSI - pérdida esperada en el nivel de servicio

Mr - Módulo elástico (resiliente) de la sub-rasante (psi)

Se utilizó una hoja de cálculo desarrollada para la solución de esta expresión se calcula inicialmente el logaritmo de los ejes acumulados y luego se varía (por tanteos) el número estructural (SN) hasta lograr

que el resultado de la ecuación coincida con logaritmo de los ejes. De esta forma se obtiene el SN futuro.

El S_{Nef} puede calcularse conociendo la calidad y el espesor de los materiales que conforman las capas (condition survey, CS) según:

$$S_{Nef} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Ecuación No. 4.2 Fórmula para calcular numero estructural futuro método AASHTO 1,993

Donde:

a₁, a₂, a₃: Coeficientes estructurales existentes, por ejemplo: capa asfáltica, base y sub-base respectivamente.

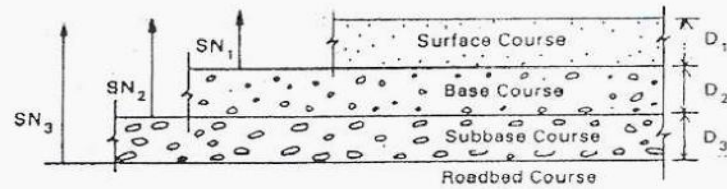
D₁, D₂, D₃: Espesores de las capas.

m₂, m₃: Coeficientes de drenaje de las capas granulares.

Los índices pueden variar de acuerdo al número y tipo de capas que se empleen.

En las alternativas de diseño, ya sean refuerzos o fresados más nuevas capas, se debe lograr que el nuevo S_{Nef} sea igual o mayor que el SN futuro. Pueden existir tramos donde el nivel de deterioro de la capa asfáltica sea tan elevado, donde lo preferible técnica y económicamente sea retirar toda la capa asfáltica antigua, eliminar zonas de blandones, reconformar la superficie y restituir la carpeta.

En el diseño de pavimentos flexibles se debe respetar la estructuración por capas que se muestra en la Figura 4.1 de AASHTO 93, más allá de cumplir con el SN futuro sobre la subrasante.



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

- 1) a, D, m and SN are as defined in the text and are minimum required values.
- 2) An asterisk with D or SN indicates that it represents the value actually used, which must be equal to or greater than the required value.

En la hoja electrónica se toma en cuenta también las siguientes consideraciones:

Confiabilidad:	R = 50%	(Se desconocen los procesos constructivos utilizados)
Desviación Estándar:	So = 0.45	(Para Pavimentos Flexibles)
Serviciabilidad Inicial:	Po = 4.20	(Para Pavimentos Flexibles)
Serviciabilidad Final:	Pt = 2.50	(Para caminos Principales)
CBR de la Sub-rasante:	CBR = 12%	(Valor mínimo recomendado por AASHTO)

A continuación presentamos una muestra de la Avenida Alonso de Angulo en la cual la hoja electrónica muestra el cálculo con los datos antes mencionados.

DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO.										
CALLE:		ALONSO DE ANGULO			CARRILES:		AMBOS		TRAMO: 0+000-0+300	
MODELO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE:										
CAPAS:		hi, cm	ai estimado	mi						
CA (cm):		10.6	0.20	x	CA: Capa asfáltica					
CG1 (cm):		20.6	0.12	1.1	CG: Capas granulares					
CG2 (cm):		41.0	0.12	1.1						
Total, D (cm):		72.2								
SN eff =		4.1								
Diseño de la rehabilitación:					Diseño de la rehabilitación:					
PERÍODO (AÑOS): 5					PERÍODO (AÑOS): 10					
EAL :		3,519,225			EAL :		7,800,901			
R, %		90			R, %		90			
Zr:		-1.282			Zr:		-1.282			
So:		0.49			So:		0.49			
MÓD. SUBRASANTE (kg/cm2) :		303	i	a i:	m i:					
MÓD. GRANULAR (kg/cm2) :		1,200	4	0.12	1.0					
MÓD. CAPA RECICLADA (kg/cm2) :		7,700	3	0.20	X					
MOD. BASE ASF (kg/cm2) :		28,000	2	0.42	x					
MOD. CARPETA (kg/cm2) :		32,000	1	0.44	x					
PERDIDA P.S.I. :		2.2			PERDIDA P.S.I. :		2.2			
AJUSTE DEL:		SN4 (SR):	SN3 (CG1):	SN2 (CG2):	SN1 (BAs):					
SN REQUERIDO :		4.8	3.0	1.5	0.8					
LOG (EAL) :		6.5	6.5	6.5	6.5					
COMPROBACION :		6.5	6.5	6.5	6.5					
Espesores de capa (cm)					Espesores de capa (cm)					
DISEÑO					DISEÑO					
CARPETA :		D1* :		4.6	7.5					
(nueva)		SN1 calc :	1.3							
BASE ASFÁLTICA :		D2* :		1.1	10.0					
(nueva)		SN2 calc :	3.0							
CAPA ASFÁLTICA		D3* :		0.0	0.0					
(existente)		SN3 calc :	3.0		(residual)					
CAPA GRANULAR :		D4* :		38.1	54.7					
(existente)		SN4 calc :	5.6		(existente)					
RECOMENDACIONES:					RECOMENDACIONES:					
72.2					72.2					
1-Fresar y desalojar la capa asfáltica existente en su totalidad, excavacion sin clasificar de la base granular hasta que llegue a 17.5 cm					1-Fresar y desalojar la capa asfáltica existente en su totalidad. excavacion sin clasificar de la base granular hasta que que llegue a 20 cm					
2- Riego de imprimación.					2- Riego de imprimación.					
3- Construir capa de base asfáltica (BA nueva) con "h" de 10 cm.					3- Construir capa de base asfáltica (BA nueva) con "h" de 10 cm.					
4- Riego de adherencia.					4- Riego de adherencia.					
5- Colocar carpeta asfáltica nueva (CA nueva) con "h" de 7.5 cm.					5- Colocar carpeta asfáltica nueva (CA nueva) con "h" de 12.5 cm.					
NOTA: La rasante actual no varía con esta solución.					NOTA: La rasante actual no varía con esta solución.					

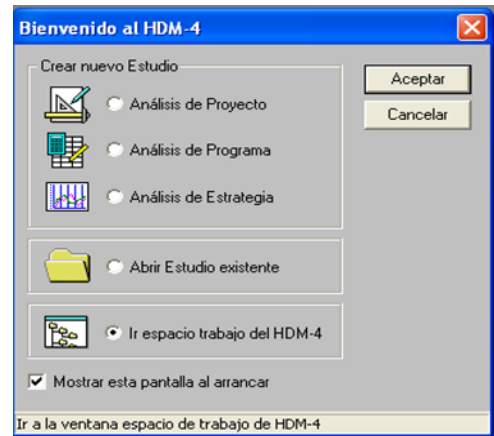
4.2.7.2 Modelaje de las actividades de mantenimiento

En esta etapa se ha realizado el modelaje y el análisis económico de las diferentes alternativas de conservación utilizando HDM-4, dicho software, desarrollado por el Banco Mundial, es de distribución libre y puede ser encontrado en la página WEB: <http://www.worldbank.org>

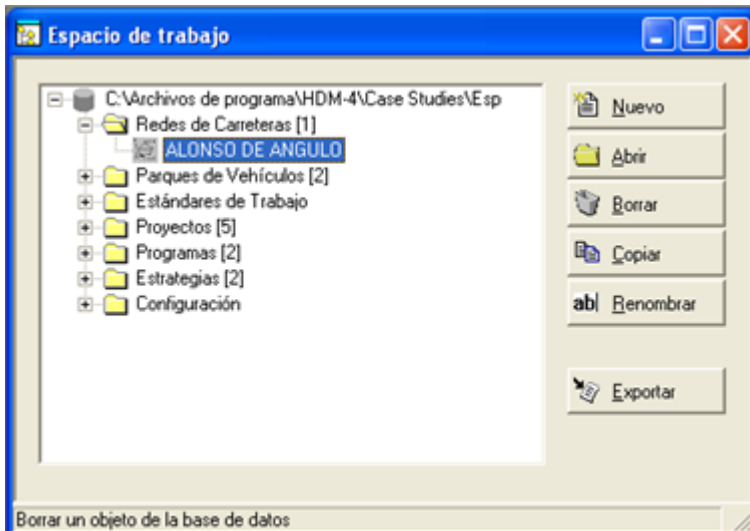
4.3 Uso de programa hdm4

4.3.1 Ingreso de datos de vías a modelar

Para ingresar al programa HDM-4 se debe dar doble clic al acceso directo mostrado en la pantalla, este mostrará el cuadro del lado derecho, es recomendable elegir la opción “ir espacio de trabajo HDM-4” que envía directamente a una base de datos existente.



Esta opción nos envía al Espacio de Trabajo que utiliza una Base de Datos existente, en esta pantalla se pueden observar y manejar los módulos que manejan la información para las modelaciones.



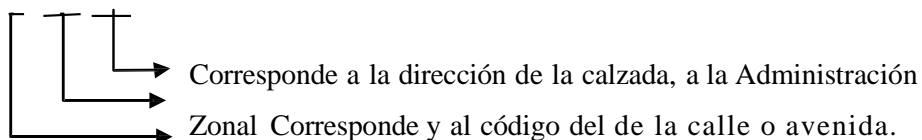
Finalizado los últimos procesos anteriormente descritos, se empieza por ingresar los datos de calles del Distrito metropolitano de Quito, de acuerdo al listado que se antes anotado comenzando por Avenida Alonso de Angulo, zonificando Norte, Sur y Centro. Cada una de estas será ingresada como una Red

independiente; el motivo es sencillo, simple manejo de las calles y fácil acceso a las mismas. A continuación la codificación ID asignada a cada sector:

CALLE O AVENIDA	CODIFICACION ID
Alonso de Angulo	AA01SN
Gualberto Pérez	GP01SN
Napo	NP01NS
Ana Paredes de Alfaro	AP01SN
Naris del Diablo	ND01SN
General Eplicachima	GE01NS
Zaruma	ZA01NS
El Canelo	EC01NS
José Maria Guerrero	JG03SN
Bellavista	BE03EO
De los Eucaliptos	LE03EO
San Francisco de Rumihurco	FR03SN
Pedro Freire	PF03SN
Ulloa	UL02SN
Capitán Ramos	CR02EO
18 de Septiembre	SP02EO
Jorge Washington	JW02EO
Robles	FR02EO
Roca	RR02EO
Los Guayacanes	LG02SN
Carrión	CC02EO
Guatemala	CG04EO
La libertad	LL04EO
Los Ríos	LR04SN
Carlos Freile	CF05SN
Julián Estrella	JE05SN
El Tránsito	ET05SN
Patricio Romero	PR05SN
Leonidas Dubles	LD05EO
Lucía Albán	LA05EO

La explicación a continuación:

VV##SN



Los códigos de las administraciones zonales son de la siguiente manera:

ADMINISTRACION	##
ADMINISTRACION ZONAL ELOY ALFARO	01
ADMINISTRACION EUGENIO ESPEJO	02
ADMINISTRACION ZONAL EQUINOCCIAL LA DELICIA	03
ADMINISTRACION ZONAL MANUELA SAENZ	04
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE	05

En el código de calzada se le asignará SN (Norte – Sur) y OE (Oeste – Este) para facilitar la adaptación de la codificación del Sistema. Lo anterior encabeza los datos generales solicitados para cada tramo dentro de la ventana de definición.

Datos globales del nuevo tramo

Nombre: 0+000 a 1+300

ID tramo: AA01SN

Nombre ruta: AV ALONSO DE ANGULO

ID ruta: 01AA

Tipo vel/cap.: Wide 2 Lane Road

Modelo de tráfico: Inter-urban

Zona climática: Semi-arid/Tropical

Clase de carretera: Tertiary or Local

Tráfico: Medium

Geometría: Straight and level

Longitud: 13 km

Ancho de calzada: 9 m

Ancho de arcén: 1 m

Dirección del tráfico: Sentido ascender

Número de carriles: 2

Última renov. superfic.: 2013 año

Tipo capa rodadura: Bituminosa

Tipo de pavimento: Mezcla bituminosa sobre base granular

Calidad rodadura: Fair

Adec. estructural: Poor

Estado capa de rodadura: Fair

Calidad construc.: Fair-brittle

Textura superficial: Fair

Aceptar Cancelar

Sentido del tráfico para el tramo

Fig. 4.8: Ventana de ingreso de datos de Definición, Red de Carreteras

La Fig. 4.8 muestra la manera de cómo se van ingresando los datos para los tramos, este corresponde a la primera Avenida Alonso de Angulo; esta ventana de definición puede ser llenada con identificadores a criterio del usuario. Es por eso que asigno como nombre del tramo a las progresivas de inicio y fin, el ID de tramo que ya fue explicado anteriormente.

El tipo de rodadura y el tipo de firme solicitan la clasificación del pavimento, así como su configuración de sus capas conformantes, como este tramo no había recibido ningún tratamiento de superficie desde su construcción o no se tiene datos, se le asigna la configuración indicada.

A la derecha ingresan los datos de dimensionamiento, la longitud del tramo en kilómetros, el ancho de calzada que en este caso es un promedio Se ingresan también datos de IMD y año estadístico, además del sentido del tráfico.

Respecto a tipo de velocidad y capacidad, modelo de tráfico y clase de carretera, son utilizados con la configuración por defecto a excepción de la zona climática, la que fue clasificada como un solo tipo. No se debe olvidar que en los modelos de deterioro, el clima afecta considerablemente su evolución.

Una vez acabado el ingreso de datos en la definición, se procede a llenar los datos en la ventana de geometría (Fig. 4.9), donde los valores de pendiente y curvatura horizontal, son asignados por defecto, ya que no tiene trascendencia en el análisis del deterioro.

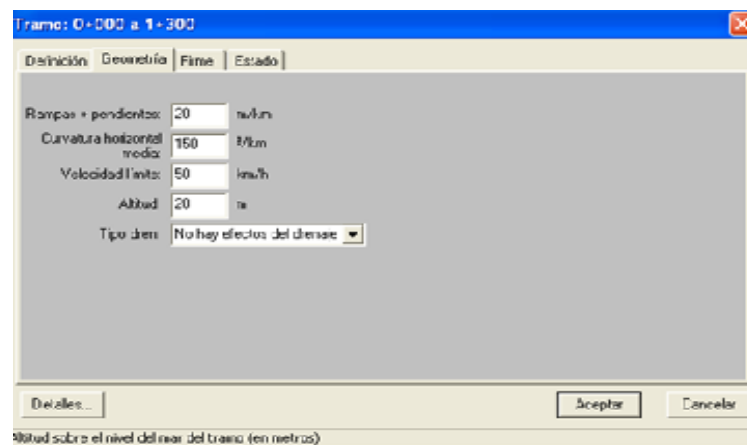


Fig.4.9: Ventana de Geometría

La ventana del firme (Fig. 4.9) es la caracterización de la estructura del pavimento, en ella se ingresa datos sobre el tipo de superficie de rodadura y su espesor, año de intervenciones y resistencia estructural a partir del número estructural; en este sector se obtuvo el SNP (número estructural calculado) a partir de la deflexión FWD representativa del tramo. Debe tenerse cuidado al momento de comparar la suficiencia estructural dada por el SNP del HDM-4 con el SN del tramo dentro del archivo de los anexos adjuntos, en caso no sea del todo satisfactorio, se puede ingresar el Número Estructural de percentil 95 más el CBR de percentil 95 del tramo.

Fig. 4.10: Ventana de caracterización del firme

La ventana del estado del Tramo muestra la condición de la superficie del pavimento en función a parámetros, los que en nuestro caso se obtienen a partir de la evaluación técnica inventariada en los anexos adjuntos. La Fig. 4.11 muestra el estado del tramo S01 en el año 2013, un IRI que sobrepasa el admisible, un área fisurada de 23.37% y ahuellamientos de 40 mm. A simple vista podemos deducir que el tramo necesita una próxima intervención con correcciones de forma.

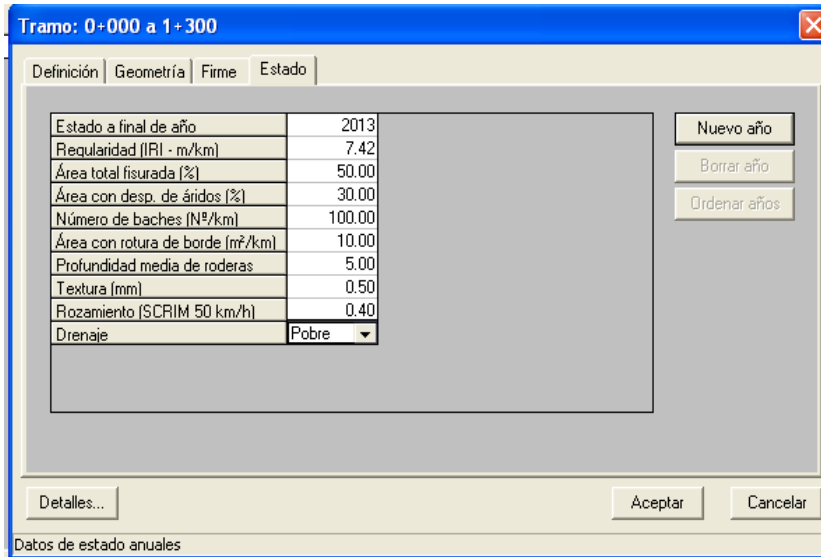


Fig. 4.11: Ventana de Estado del Firme

4.3.2 Ingreso de datos del parque vehicular

Para la concesión, el parque de vehículos fue dividido en 6 tipos: Autos, camionetas (pick up), Bus, Camión 2E (busetas), Camión 3E y Camión Articulado, y las características de los vehículos son los que se especifican dentro del “Informe de Parámetros requeridos y opcionales para uso de HDM” de la dirección de inversiones del MTC, con la excepción de que los costos unitarios económicos han sido actualizados.

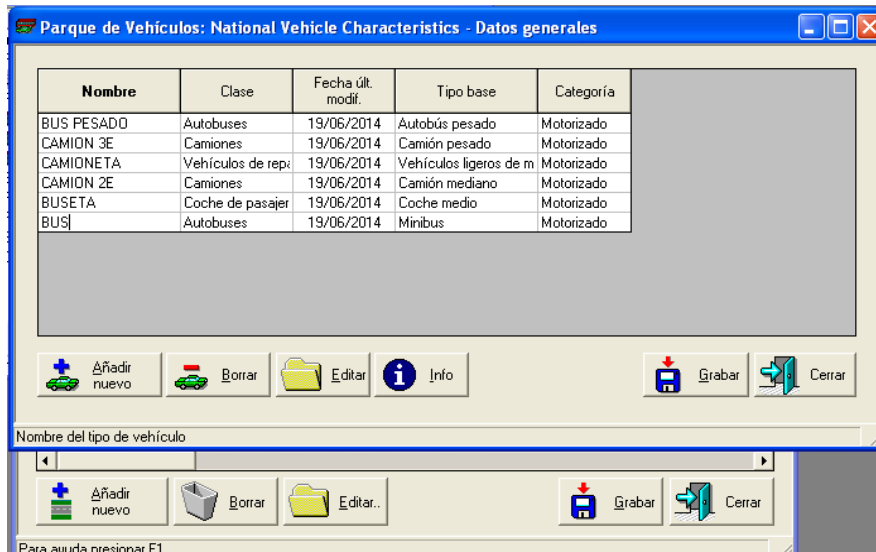


Fig. 4.12: Parque de Vehículos

4.3.3 Ingreso de datos para estándares de trabajo

Los estándares de trabajo se dividen en estándares de conservación y estándares de mejora. Todos estos, aplicados para el manejo del HDM- 4 se conforman de la siguiente relación: Bacheo, Sellado de Fisuras, Fog Seal, Chip Seal 3/8", Slurry Seal Tipo II, Slurry Seal tipo III, Cape Seal, Recapeo de 4cm, y Reciclado de Pavimento con Betún Espumado; este último esta dentro de los estándares de mejora.



Fig. 4.13: Estándar de conservación, las tareas son los trabajos de conservación elaboradas en función al criterio de intervención

Cada técnica es elaborada como un estándar, dentro de ella se preparan elementos de trabajo en función al criterio de intervención. La Fig. 4.14 muestra como el estándar de conservación Slurry tipo III tiene una lista de trabajos de conservación, las que son agrupadas por tener el mismo diseño, pero enmarcadas como tareas debido a que sus criterios de intervención son diferentes. La primera tarea tiene como criterios de intervención el corregir el ahuellamiento cuando este pase el umbral de intervención; y la segunda tarea, el activarse cuando la fricción sobrepase el umbral establecido.

La tarea es llenada de la siguiente manera:



Fig. 4.14: Estándar de conservación, las tareas son los trabajos de conservación elaboradas en función al criterio de intervención

Primeramente llenar los datos generales, codificar el tipo de tarea e indicar el tipo de intervención, si se tiene predefinido un calendario de actuaciones será programada, en caso contrario, será correctiva y por lo tanto, se deberá asignar criterios y umbrales de intervención con los que se indica cuando la tarea debe intervenir.

En la ventana de diseño se especifica las características de la estructura del trabajo de conservación; en el material de capa de rodadura se especifica qué tipo de tratamiento de superficie se va a aplicar en caso se ejecute, su espesor en mm, en el caso de ser un tratamiento de superficie el coeficiente de resistencia deberá ser 0.2 y 0.4 en caso de ser un refuerzo con mezcla asfáltica. El CDS en nuestro caso siempre está en el rango de 1, ya que nuestro propio sistema de control de calidad regula los procedimientos y la calidad de los materiales.

La ventana de criterios de intervención, necesita ser configurada tanto para intervención programa como correctiva.

Cuando es programada, se debe indicar los intervalos de tiempo en los que se debe ejecutar la intervención e inicia a partir del primer año de análisis. Cuando es correctiva, se deberá elegir el criterio en función a que parámetro se necesita indicar la intervención, además de asignarle un umbral de intervención, por el cual el programa reconoce cuando se necesita ejecutar la intervención.

En la ventana de costes, se indican los costos económicos y financieros por unidad de trabajo. Asimismo, se deberá indicar los costos de los trabajos previos. El costo económico es el 79% del costo financiero siendo este último el necesario para realizar la evaluación económica. Para el caso de un Slurry Seal tipo III, el costo financiero asciende a S/. 2.45 y el costo económico S/. 1.95.

La ventana de efectos de trabajo es en donde se configura el estado y las características de la superficie de rodadura después de haberse intervenido. El Slurry tipo III nos da un valor de fricción inicial de 0.66 para el caso de la Rugosidad, puede dejarse por defecto o aplicar una calibración. Puede también definirse por el usuario, pero no es recomendable ya que es un valor estándar que puede complicar las intervenciones al correr el programa.

4.3.4 Ingreso de datos para configuración

Configuración está compuesta por Modelos de Tráfico, Tipo de Velocidad Capacidad y Zona Climática; los dos primeros pueden utilizarse por defecto. Caso contrario con la Zona climática, la cual debe adecuarse a las condiciones reales; porque como fué explicado anteriormente, influyen mucho en los modelos de evolución de deterioro.

La zona climática fue dividida en una sola para la ciudad de Quito, la variación no es muy apreciable en toda la ciudad, así como la precipitación.

Al finalizar el modelaje se ha llegado a los siguientes montos de inversión por año:

TABLA 4.3 COSTOS TOTALES POR AÑO

COSTOS TOTALES POR AÑO					
AÑO	2,014	2,015	2,016	2,017	2,018
COSTO	1,676,258.00	1,898,554.27	2,073,021.02	1,545,544.78	1,933,653.10

A continuación se muestra los resultados obtenidos por medio de HDM-4, además del Sistema de Gestión de Pavimentos diseñado para un periodo de 5 años para alguna de las calles seleccionadas para nuestro estudio las demás se encuentran en los anexos adjuntos.

TABLA 4.4

RESULTADOS DE HDM4 AVENIDA ALONSO DE ANGULO FUENTE GRUPO DE TESIS

AÑO		IRI (m/km)	Grietas Totales %	Grietas anchas %	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (%)
2014	SIN PROYECTO						
	CON PROYECTO						
2015	SIN PROYECTO						
	CON PROYECTO						
2016	SIN PROYECTO						
	CON PROYECTO						
2017	SIN PROYECTO						
	CON PROYECTO						
2018	SIN PROYECTO						
	CON PROYECTO						

Administrador HDM - Flujo de Costos
Moneda : Millones de Dólares

Año	Financiera Agencia Capital	Económico Agencia Recurrente	Económico Operación vehicular	Económico Tiempo de Viaje	Económico costo-benef Exógenos	Económico Sociedad Total	Beneficio Económico neto
2014							
2015							
2016							
2017							
2018							

Administrador HDM - Análisis Económico

Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno
Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dólares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin proyecto
Sociedad		
Agencia		
Capital		
Recurrente		
Usuarios		
Operación Vehicular		
Tiempo de Viaje		
Csto - Benef. Exógenos		
Valor Presente Neto		
Tasa Int. Ret. (%)		

CAPITULO V

5.1. Conclusiones

El Sistema de Gestión de Pavimentos “SGP-ST” es una herramienta que permite:

- Optimizar recursos disponibles, ejecutando en primer lugar las obras cuya postergación demandaría una inversión sustancialmente mayor.
- Proveer información confiable del estado de la infraestructura.
- Proveer herramientas para evaluar diferentes escenarios de presupuesto.

Debemos considerar al HDM-4 como solo una herramienta de apoyo, la última decisión, la tiene el encargado de elaborar los planes de mantenimiento para las diferentes calles; y esto es algo que se debe tener en cuenta porque el afinamiento, que es la última parte, se hace en forma manual.

Asimismo, se debe tomar en cuenta que las actividades de conservación o trabajo, están seriamente limitadas a la prioridad y a la ubicación, por lo tanto estas modificaciones no las puede interpretar el programa, sino que son sometidas a una justa programación por parte del responsable en gestión.

Se deberá iniciar el Modelamiento, con un análisis de estrategia para poder definir cuál es la inversión a grosso modo, cuales son las actividades que mejor se comportan en el modelo, cuales son los parámetros que tiene mayor incidencia y lo más importante, cuales son las calles más próximos a intervenir, a los que se dará mayor prioridad para elaborar su plan de mantenimiento.

La inversión total es un monto que debe presentarse al Gerente de la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas EPMOP, con la finalidad de que incluya en su presupuesto anual el desembolso de estas cantidades.

Posteriormente se realizará un Análisis de Proyecto, este análisis se realizará para cada tramo, y para el cual se plantearán nuevos criterios de intervención y se programará actividades, para encontrar cual es la mejor estrategia de trabajo. Asimismo necesitará de un diseño de Reciclado de Pavimento, en el cual se verá la profundidad de intervención y el Módulo Resiliente de la Base estabilizada.

Una vez elaborado el Plan de Mantenimiento, se deberá pasar a la faceta denominada “Retroalimentación”, el que consiste en afinar los modelos y realizar el seguimiento exhaustivo; de esta manera uno va afinando la calibración de los tramos y actualizando el estado de condición, los efectos de trabajo y la nueva programación de actividades. Este proceso se realiza periódicamente, analizando si es que las acciones recomendadas son las que realmente se realizaron y si los resultados son los realmente esperados.

Basado en el Sistema de Gestión de Pavimentos obtenido, “SGP-DMQ”, se concluye que al utilizar mantenimientos preventivos como “Slurry Seal” o “Microsurfacing”, se espera que los pavimentos no requerirán mantenimientos correctivos durante un periodo de tiempo significativo, lo cual refleja un ahorro en reparaciones futuras.

5.2 Recomendación

5.2.1 Recomendaciones generales

Con respecto a la Base de Datos:

- Es muy necesario descartar cualquier problema que infiera un mal ingreso de datos, puede verificarse exportando los datos y abriéndolos desde el Excel, en éste se presenta un listado codificado, pero es fácil familiarizarse, solo basta con comparar los valores desde el programa HDM-4 con los vistos, para empezar a verificar. Se recomienda seguir estos pasos, porque mediante el programa no se puede comparar paralelamente los tramos.
- La lógica en la nomenclatura de los tramos, es asignarle un nombre y un ID con el que fácilmente pueda reconocerse, en algunos casos este punto es dejado de lado y después al momento de interpretar resultados uno mismo se llega a confundir.
- Es muy importante indicar que dentro de los costos financieros de las actividades de conservación, se incluyan los costos por reposición de señalización horizontal como tachas y la pintura de tráfico, ya que estos llegan a tener una incidencia de casi el 12% del costo directo.

Con Respecto al Análisis de Estrategia

- Por defecto del programa solo se puede ingresar la composición del tráfico y su crecimiento anual una vez se haya elaborado la hoja de análisis de Proyecto, Programa o Estrategia.

- El Análisis de Estrategia no es un Plan de Actividades definido, sino una herramienta que indica de una manera óptima el monto de inversión anual para mantener la carretera en buen estado de acuerdo de condición contractual.
- Para generar un análisis de Estrategia, es necesario trabajar con la Red de Carreteras global, a fin de poder modelar con todos los tramos de la Red.
- Se debe tener mucho cuidado al asignar los estándares de trabajo, la elaboración de estas alternativas deben estar conformadas por actividades económicamente comparables.

Con Respecto al Análisis de Proyecto

- Al igual que el análisis de Estrategia, en el análisis de Proyecto se debe ingresar la composición de tráfico y su crecimiento anual.
- El análisis de Proyecto es el conjunto de iteraciones que tienen por finalidad la optimización de la alternativa que será la elegida para el Plan de Mantenimiento.
- En caso se plantee hacer un reciclado de Pavimento, es necesario realizar un prediseño para conocer los datos requeridos por el software para su modelación.
- Deberá tenerse en cuenta, que las actividades más caras, deberán plantearse para un horizonte más próximo, para poder sacarle provecho a esta inversión.

5.2.2 Recomendaciones con respecto a la realidad del distrito metropolitano de quito

Se sugiere capacitar al personal encargado de la ejecución de los trabajos de mantenimiento dentro de la Red Vial del Distrito Metropolitano de Quito con su ente ejecutor la Empresa Metropolitana de obras Públicas (EPMMOP), en materia de procesos constructivos de los diferentes métodos de conservación de pavimentos, tanto en mantenimientos correctivos y preventivos como en rehabilitaciones o reconstrucciones.

En la EPMMOP, debería crearse una entidad que llevase el historial, de todas las calles desde su año de construcción, su comportamiento y las actividades de mantenimiento realizados, con el fin de conocer y tener parámetros reales del comportamiento de los tratamientos realizados a dichas vías y así hacer una mejor programación de actividades que conlleve a ahorros en reparación.

Aquellas vías que presentan una sobre-capa y estén por encima del nivel de diseño original de la vía, en un futuro se recomienda perfilar el camino, reciclando el material de la carpeta y estabilizándolo con una emulsión para luego colocarle una capa de mezcla asfáltica, la cual deberá de ser diseñada para las solicitaciones a las que se verá sometida, con el propósito de llevar a su nivel de cota original al pavimento.

En aquellos sectores en los que no se tenga conocimiento de las características físicas y mecánicas de las capas que conforman la estructura del pavimento, se recomienda hacer exploraciones por medio de pozos a cielo abierto (calicatas) y extracciones de núcleo, para su posterior análisis en laboratorio.

El mantenimiento rutinario, SLURRY SEAL, se debe de realizar para proteger la integridad de la estructura del pavimento y procurar la seguridad del conductor.

En el mejor de los casos, se aconseja llevar a cabo los mantenimientos preventivos en el menor tiempo posible y no como en el caso de las calles analizadas, esperar la total destrucción de la vía para tomar decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE).
- Alarcón García Luis Omar: Evaluación y Diseño de Rehabilitación de Pavimentos por Métodos no Destructivos para la Vía: Ambato – Riobamba. Quito – Ecuador. 1996
- Puebla Patricio: Evaluación no Destructiva de Pavimentos Utilizando la Viga Benkelman Aplicada a la Vía Pascuales – Chivería
- Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamerica: M5.1. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles. 1996
- Coronado Iturbide Jorge: Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos: 2002
- MOP-001-F-2000: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes: Quito - Ecuador.
- Instituto Mexicano del Transporte. Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. 1998
- Equipos de Evaluación de Pavimentos.- REVISION INSTALACION PERFILOMETRO RSP DYNATEST. 2009.
- Páez Sebastián: Plan de Movilidad para el Quito del Siglo 21: Plan Maestro de Movilidad del DMQ 2009 -2015.
- Fuentes L. Claudio: Uso del Deflectómetro de Impacto Fwd en la Prospección de Suelos: CHILE – 2000.
- Dalimier Gonzalo: Avances en la Rugosidad (Iri) de Pavimentos de Hormigón Construidos con Pavimentadoras de Molde Deslizante: 1999
- YONAPAVE: Método Directo para la Evaluación de las Necesidades Estructurales de Pavimentos Flexibles Basado en Deflexiones con el Deflectómetro de Impacto (Fwd). YONAPE – 2003
- Carrillo Gil Arnaldo: Evaluación de un Modelo Avanzado de Diseño de Pavimentos Flexibles y su Comparación con los Métodos Tradicionales.
- Empresa Pública de Movilidad y Obras Públicas: Unidad de Estudios, Dirección de Conservación de la Vialidad.
- INSTITUTO DEL ASFALTO. Manual M.S-1.

ANEXOS

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Napo

FECHA: 09 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
7:00	8:00	2061	427	40	0	2	2530
8:00	9:00	1750	337	67	1	0	2155
9:00	10:00	1609	317	42	3	0	1971
10:00	11:00	1666	327	57	4	5	2059
11:00	12:00	3665	277	51	2	2	3997
12:00	13:00	1573	287	55	6	2	1923
13:00	14:00	1655	294	36	6	1	1992
14:00	15:00	1571	308	58	2	2	1941
15:00	16:00	1534	340	57	3	2	1936
16:00	17:00	1571	344	47	1	0	1963
17:00	18:00	1581	360	49	1	1	1992
18:00	19:00	1554	382	37	0	1	1974
TOTALES		21790	4000	596	29	18	26433
TOTALES %		82,43%	15,13%	2,25%	0,11%	0,07%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Napo

FECHA: 08 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
7:00	8:00	2038	469	36	0	0	2543
8:00	9:00	1646	401	44	0	0	2091
9:00	10:00	1423	337	64	3	4	1831
10:00	11:00	1455	324	55	1	0	1835
11:00	12:00	1404	325	75	1	1	1806
12:00	13:00	1473	350	71	0	1	1895
13:00	14:00	1455	300	59	5	2	1821
14:00	15:00	1501	339	70	5	1	1916
15:00	16:00	1659	333	60	5	0	2057
16:00	17:00	1436	353	55	2	0	1846
17:00	18:00	1609	347	38	2	0	1996
18:00	19:00	1702	301	35	0	1	2039
TOTALES		18801	4179	662	24	10	23676
TOTALES %		79,41%	17,65%	2,80%	0,10%	0,04%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Napo

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	21790	4000	596	29	18	26433
Viernes	18801	4179	662	24	10	23676
TPO	22731	4580	704	30	16	28061
TPO %	81,01%	16,32%	2,51%	0,11%	0,06%	100,00%
TPDA TOTAL						25832
TPDA POR CLASE	20925	4216	649	27	14	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Alonso de Angulo

FECHA: 13 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Martes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1336	73	44	5	0	1458
7:00	8:00	2147	117	70	9	0	2343
8:00	9:00	2834	154	92	11	0	3091
9:00	10:00	3198	174	104	12	2	3490
10:00	11:00	3291	179	107	13	0	3590
11:00	12:00	3365	183	110	14	0	3672
12:00	13:00	3505	191	114	15	0	3825
13:00	14:00	3385	184	110	14	0	3693
14:00	15:00	3403	185	111	13	0	3712
15:00	16:00	3251	177	106	12	0	3546
16:00	17:00	3330	181	109	14	0	3634
17:00	18:00	3426	186	112	14	1	3739
18:00	19:00	3364	183	110	13	0	3670
19:00	20:00	3672	200	120	15	0	4007
TOTALES		43507	2367	1419	174	3	47470
TOTALES %		91,65%	4,99%	2,99%	0,37%	0,01%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Alonso de Angulo

FECHA: 12 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Lunes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1724	94	56	7	1	1882
7:00	8:00	2253	123	74	9	2	2461
8:00	9:00	2396	130	78	10	2	2616
9:00	10:00	2485	135	81	9	2	2712
10:00	11:00	2617	142	85	11	0	2855
11:00	12:00	2750	150	90	10	0	3000
12:00	13:00	2528	137	82	9	0	2756
13:00	14:00	2441	133	80	10	0	2664
14:00	15:00	2417	131	79	11	0	2638
15:00	16:00	2559	139	84	10	0	2792
16:00	17:00	2621	143	86	9	0	2859
17:00	18:00	2812	153	92	10	1	3068
18:00	19:00	2827	154	93	11	0	3085
19:00	20:00	2641	144	86	10	0	2881
TOTALES		35071	1908	1146	136	8	38269
TOTALES %		91,64%	4,99%	2,99%	0,36%	0,02%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Alonso de Angulo

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Lunes	35071	1908	1146	136	8	38269
Martes	43507	2367	1419	174	3	47470
TPO	44004	2394	1436	174	6	48014
TPO %	91,65%	4,99%	2,99%	0,36%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						44199
TPDA POR CLASE	40507	2204	1322	160	6	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Ana Paredes de Alfaro

FECHA: 16 de Septiembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Lunes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	537	37	52	0	0	626
7:00	8:00	540	32	48	2	0	622
8:00	9:00	589	37	71	1	1	699
9:00	10:00	715	36	73	2	1	827
10:00	11:00	498	34	73	3	3	611
11:00	12:00	622	42	80	1	1	746
12:00	13:00	719	34	72	2	0	827
13:00	14:00	466	26	52	0	2	546
14:00	15:00	786	30	41	1	0	858
15:00	16:00	930	41	51	1	5	1028
16:00	17:00	834	41	35	0	2	912
17:00	18:00	883	39	29	0	1	952
18:00	19:00	857	47	25	1	1	931
19:00	20:00	735	36	28	0	0	799
TOTALES		9711	512	730	14	17	10984
TOTALES %		88,41%	4,66%	6,65%	0,13%	0,15%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Ana Paredes de Alfaro

FECHA: 20 de Septiembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	617	31	66	1	2	717
7:00	8:00	680	34	54	0	0	768
8:00	9:00	584	26	58	0	0	668
9:00	10:00	620	8	76	4	2	710
10:00	11:00	690	7	90	1	2	790
11:00	12:00	648	9	65	2	2	726
12:00	13:00	675	16	70	0	0	761
13:00	14:00	547	12	51	3	3	616
14:00	15:00	770	39	54	2	1	866
15:00	16:00	939	35	53	2	5	1034
16:00	17:00	860	35	36	4	1	936
17:00	18:00	878	36	29	1	1	945
18:00	19:00	795	26	39	2	1	863
19:00	20:00	824	33	43	0	1	901
TOTALES		10127	347	784	22	21	11301
TOTALES %		89,61%	3,07%	6,94%	0,19%	0,19%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Ana Paredes de Alfaro

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Lunes	9711	512	730	14	17	10984
Viernes	10127	347	784	22	21	11301
TPO	11109	481	848	20	21	12480
TPO %	89,02%	3,85%	6,79%	0,16%	0,17%	100,00%
TPDA TOTAL						11488
TPDA POR CLASE	10227	443	780	19	20	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Nariz del Diablo

FECHA: 22 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	355	12	6	0	0	373
7:00	8:00	380	14	7	0	0	401
8:00	9:00	241	11	4	0	0	256
9:00	10:00	287	12	6	0	1	306
10:00	11:00	299	11	5	0	1	316
11:00	12:00	283	13	5	1	0	302
12:00	13:00	289	15	6	0	0	310
13:00	14:00	256	15	5	0	0	276
14:00	15:00	236	15	6	1	0	258
15:00	16:00	273	13	7	1	1	295
16:00	17:00	291	14	7	0	0	312
17:00	18:00	305	11	5	0	1	322
18:00	19:00	315	11	4	0	0	330
19:00	20:00	287	8	3	0	1	299
TOTALES		4097	175	76	3	5	4356
TOTALES %		94,05%	4,02%	1,74%	0,07%	0,11%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Nariz del Diablo

FECHA: 24 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	222	27	12	0	0	261
7:00	8:00	227	30	14	0	2	273
8:00	9:00	167	23	8	0	1	199
9:00	10:00	209	26	12	1	1	249
10:00	11:00	230	23	11	1	1	266
11:00	12:00	232	29	10	1	1	273
12:00	13:00	246	33	12	0	2	293
13:00	14:00	231	32	10	2	1	276
14:00	15:00	207	33	12	1	1	254
15:00	16:00	230	29	14	2	1	276
16:00	17:00	255	31	14	0	0	300
17:00	18:00	291	24	10	0	1	326
18:00	19:00	318	24	8	0	0	350
19:00	20:00	284	17	5	1	1	308
TOTALES		3349	381	152	9	13	3904
TOTALES %		85,78%	9,76%	3,89%	0,23%	0,33%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Nariz del Diablo

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	4097	175	76	3	5	4356
Sábado	3349	381	152	9	13	3904
TPO	4170	311	128	7	10	4626
TPO %	90,15%	6,73%	2,76%	0,15%	0,22%	100,00%
TPDA TOTAL						4258
TPDA POR CLASE	3838	287	118	6	9	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Solanda
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 20 de Julio de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1434	96	64	5	11	1610
7:00	8:00	1961	131	87	7	4	2190
8:00	9:00	1990	133	88	9	11	2231
9:00	10:00	1929	129	86	7	3	2154
10:00	11:00	1466	98	65	4	2	1635
11:00	12:00	1557	104	69	5	3	1738
12:00	13:00	1563	104	70	8	3	1748
13:00	14:00	1418	95	63	5	5	1586
14:00	15:00	1473	98	66	8	4	1649
15:00	16:00	1427	95	63	6	12	1603
16:00	17:00	1426	95	63	1	4	1589
17:00	18:00	1459	97	65	5	10	1636
18:00	19:00	1506	100	67	5	10	1688
19:00	20:00	1706	114	76	3	7	1906
TOTALES		22315	1489	992	78	89	24963
TOTALES %		89,39%	5,96%	3,97%	0,31%	0,36%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Solanda
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 23 de Julio de 2013
DIA: Martes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1428	95	64	6	6	1599
7:00	8:00	1619	108	72	7	5	1811
8:00	9:00	1618	108	72	2	3	1803
9:00	10:00	1547	103	69	5	7	1731
10:00	11:00	1631	109	73	8	13	1834
11:00	12:00	1743	116	78	5	14	1956
12:00	13:00	1932	129	86	7	10	2164
13:00	14:00	1710	114	76	5	7	1912
14:00	15:00	1920	128	85	7	8	2148
15:00	16:00	1876	125	83	12	10	2106
16:00	17:00	1800	120	80	5	5	2010
17:00	18:00	1749	117	78	3	5	1952
18:00	19:00	1710	114	76	0	5	1905
19:00	20:00	1699	113	76	4	1	1893
TOTALES		23982	1599	1068	76	99	26824
TOTALES %		89,41%	5,96%	3,98%	0,28%	0,37%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Solanda

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Sábado	22315	1489	992	78	89	24963
Martes	23982	1599	1068	76	99	26824
TPO	25926	1729	1154	86	105	29001
TPO %	89,40%	5,96%	3,98%	0,30%	0,36%	100,00%
TPDA TOTAL						26697
TPDA POR CLASE	23866	1592	1062	79	97	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Eplicachima
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 28 de Septiembre de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	931	122	25	0	0	1078
7:00	8:00	820	96	18	0	0	934
8:00	9:00	699	30	15	0	0	744
9:00	10:00	756	20	25	1	0	802
10:00	11:00	919	21	33	0	0	973
11:00	12:00	932	25	30	0	0	987
12:00	13:00	964	44	34	0	0	1042
13:00	14:00	859	26	25	0	0	910
14:00	15:00	1081	25	27	0	0	1133
15:00	16:00	1079	24	50	0	3	1156
16:00	17:00	864	22	33	0	0	919
17:00	18:00	1283	38	23	1	0	1345
18:00	19:00	1229	39	35	0	0	1303
19:00	20:00	1346	25	21	0	1	1393
TOTALES		13762	557	394	2	4	14719
TOTALES %		93,50%	3,78%	2,68%	0,01%	0,03%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Eplicachima
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 3 de Octubre de 2013
DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1174	151	32	2	0	1359
7:00	8:00	888	125	16	0	0	1029
8:00	9:00	714	24	18	0	0	756
9:00	10:00	848	23	30	1	0	902
10:00	11:00	902	26	28	1	0	957
11:00	12:00	862	28	49	2	0	941
12:00	13:00	520	35	23	0	0	578
13:00	14:00	869	34	24	0	0	927
14:00	15:00	1149	38	34	1	0	1222
15:00	16:00	1182	28	22	0	1	1233
16:00	17:00	972	22	28	0	0	1022
17:00	18:00	1114	28	16	1	0	1159
18:00	19:00	896	21	38	0	2	957
19:00	20:00	1006	18	26	1	0	1051
TOTALES		13096	601	384	9	3	14093
TOTALES %		92,93%	4,26%	2,72%	0,06%	0,02%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Eplicachima

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Sábado	13762	557	394	2	4	14719
Jueves	13096	601	384	9	3	14093
TPO	15040	648	436	6	4	16135
TPO %	93,22%	4,02%	2,70%	0,04%	0,02%	100,00%
TPDA TOTAL						14853
TPDA POR CLASE	13845	597	401	6	4	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Zaruma
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 28 de Septiembre de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	857	13	12	0	0	882
7:00	8:00	917	3	19	1	0	940
8:00	9:00	516	5	19	1	0	541
9:00	10:00	297	0	11	1	0	309
10:00	11:00	293	2	10	0	0	305
11:00	12:00	363	1	25	1	0	390
12:00	13:00	552	11	18	0	1	582
13:00	14:00	528	17	20	0	0	565
14:00	15:00	372	8	24	1	0	405
15:00	16:00	283	5	21	23	1	333
16:00	17:00	374	2	19	0	0	395
17:00	18:00	557	8	14	0	0	579
18:00	19:00	543	16	19	0	0	578
19:00	20:00	389	8	15	0	0	412
TOTALES		6841	99	246	28	2	7216
TOTALES %		94,80%	1,37%	3,41%	0,39%	0,03%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Zaruma
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 26 de Septiembre de 2013

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
6:00	7:00	686	8	14	0	0	708
7:00	8:00	760	2	9	0	0	771
8:00	9:00	509	7	19	1	0	536
9:00	10:00	446	3	18	0	0	467
10:00	11:00	367	1	20	0	0	388
11:00	12:00	342	2	13	0	0	357
12:00	13:00	448	13	15	0	0	476
13:00	14:00	532	16	22	0	0	570
14:00	15:00	345	6	21	1	0	373
15:00	16:00	345	5	20	0	0	370
16:00	17:00	398	5	23	0	0	426
17:00	18:00	603	8	32	1	0	644
18:00	19:00	576	8	19	0	0	603
19:00	20:00	428	7	14	0	0	449
TOTALES		6785	91	259	3	0	7138
TOTALES %		95,05%	1,27%	3,63%	0,04%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Zaruma

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Sábado	6841	99	246	28	2	7216
Jueves	6785	91	259	3	0	7138
TPO	7631	106	283	17	1	8038
TPO %	94,93%	1,32%	3,52%	0,22%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						7400
TPDA POR CLASE	7024	98	260	16	1	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: El Canelo

FECHA: 4 de Octubre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	200	12	4	0	0	216
7:00	8:00	374	7	6	0	0	387
8:00	9:00	279	10	7	0	0	296
9:00	10:00	203	5	9	0	0	217
10:00	11:00	223	8	6	0	0	237
11:00	12:00	261	11	8	0	0	280
12:00	13:00	271	14	9	0	0	294
13:00	14:00	212	12	10	1	0	235
14:00	15:00	235	12	8	0	0	255
15:00	16:00	231	9	15	0	0	255
16:00	17:00	219	14	17	2	0	252
17:00	18:00	250	10	11	0	0	271
18:00	19:00	233	12	9	0	0	254
19:00	20:00	230	12	11	2	0	255
TOTALES		3421	148	130	5	0	3704
TOTALES %		92,36%	4,00%	3,51%	0,13%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: El Canelo
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 5 de Octubre de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	220	12	6	0	0	238
7:00	8:00	419	5	3	0	0	427
8:00	9:00	335	8	11	0	0	354
9:00	10:00	203	4	12	0	0	219
10:00	11:00	257	8	8	0	0	273
11:00	12:00	276	12	8	0	1	297
12:00	13:00	260	10	11	1	0	282
13:00	14:00	232	10	9	0	0	251
14:00	15:00	264	14	12	0	0	290
15:00	16:00	288	12	8	3	0	311
16:00	17:00	207	6	5	0	0	218
17:00	18:00	250	13	10	0	0	273
18:00	19:00	288	12	9	1	0	310
19:00	20:00	325	13	13	1	0	352
TOTALES		3824	139	125	6	1	4095
TOTALES %		93,38%	3,39%	3,05%	0,15%	0,02%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: El Canelo

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	3421	148	130	5	0	3704
Sábado	3824	139	125	6	1	4095
TPO	4057	161	143	6	1	4367
TPO %	92,90%	3,68%	3,27%	0,14%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						4020
TPDA POR CLASE	3735	148	131	6	1	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Angamarca
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 9 de Noviembre de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	427	25	14	4	1	471
7:00	8:00	401	18	9	2	2	432
8:00	9:00	411	29	18	3	1	462
9:00	10:00	371	33	14	2	1	421
10:00	11:00	369	28	16	2	1	416
11:00	12:00	366	31	18	2	1	418
12:00	13:00	381	34	18	2	2	437
13:00	14:00	357	35	16	1	2	411
14:00	15:00	315	27	15	2	1	360
15:00	16:00	364	32	12	2	2	412
16:00	17:00	317	17	8	2	1	345
17:00	18:00	301	13	7	3	1	325
18:00	19:00	287	14	6	2	1	310
19:00	20:00	309	15	10	2	1	337
TOTALES		4976	351	181	31	18	5557
TOTALES %		89,54%	6,32%	3,26%	0,56%	0,32%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Angamarca
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 13 de Noviembre de 2013
DIA: Miércoles

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	561	36	21	4	2	624
7:00	8:00	549	42	13	3	3	610
8:00	9:00	430	23	16	2	2	473
9:00	10:00	288	19	13	2	0	322
10:00	11:00	291	14	14	3	1	323
11:00	12:00	289	16	13	3	0	321
12:00	13:00	309	25	14	2	1	351
13:00	14:00	300	43	21	1	0	365
14:00	15:00	281	29	22	2	1	335
15:00	16:00	256	54	14	1	1	326
16:00	17:00	378	32	11	3	1	425
17:00	18:00	405	36	8	1	1	451
18:00	19:00	404	34	9	2	1	450
19:00	20:00	385	38	8	1	1	433
TOTALES		5126	441	197	30	15	5809
TOTALES %		88,24%	7,59%	3,39%	0,52%	0,26%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Angamarca

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Sábado	4976	351	181	31	18	5557
Miércoles	5126	441	197	30	15	5809
TPO	5657	444	212	34	18	6365
TPO %	88,88%	6,97%	3,33%	0,54%	0,29%	100,00%
TPDA TOTAL						5859
TPDA POR CLASE	5208	408	195	31	17	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: J.M. Guerrero

FECHA: 19 de Julio de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	314	21	14	2	1	352
7:00	8:00	745	50	33	5	9	842
8:00	9:00	653	44	29	4	5	735
9:00	10:00	824	55	37	3	6	924
10:00	11:00	906	60	40	5	12	1024
11:00	12:00	944	63	42	0	6	1055
12:00	13:00	1040	69	46	0	5	1161
13:00	14:00	980	65	44	2	8	1099
14:00	15:00	887	59	39	2	4	992
15:00	16:00	910	61	40	4	12	1027
16:00	17:00	922	61	41	2	11	1037
17:00	18:00	1047	70	47	4	13	1180
18:00	19:00	1166	78	52	7	12	1315
19:00	20:00	1092	73	49	6	7	1226
TOTALES		12431	829	552	46	111	13969
TOTALES %		88,99%	5,93%	3,95%	0,33%	0,79%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: J.M. Guerrero

FECHA: 20 de Julio de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	685	46	30	7	3	771
7:00	8:00	1503	100	67	22	12	1704
8:00	9:00	939	63	42	9	7	1060
9:00	10:00	917	61	41	11	3	1033
10:00	11:00	951	63	42	8	7	1071
11:00	12:00	896	60	40	19	6	1021
12:00	13:00	843	56	38	8	8	953
13:00	14:00	820	55	36	13	14	938
14:00	15:00	801	53	36	15	8	913
15:00	16:00	850	57	38	15	8	968
16:00	17:00	817	55	36	12	5	925
17:00	18:00	783	52	35	12	4	886
18:00	19:00	814	54	36	22	3	929
19:00	20:00	771	51	34	11	6	873
TOTALES		12390	826	551	184	94	14045
TOTALES %		88,22%	5,88%	3,92%	1,31%	0,67%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: J.M. Guerrero

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	12431	829	552	46	111	13969
Sábado	12390	826	551	184	94	14045
TPO	13900	927	618	129	115	15688
TPO %	88,60%	5,91%	3,94%	0,82%	0,73%	100,00%
TPDA TOTAL						14441
TPDA POR CLASE	12795	853	569	119	106	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Bellavista
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 5 de Septiembre de 2013
DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	342	13	9	1	0	365
7:00	8:00	399	18	11	1	0	429
8:00	9:00	372	13	8	0	0	393
9:00	10:00	378	12	7	1	0	398
10:00	11:00	395	12	7	0	0	414
11:00	12:00	401	12	8	1	1	423
12:00	13:00	393	17	10	1	0	421
13:00	14:00	373	11	8	0	0	392
14:00	15:00	382	13	7	1	0	403
15:00	16:00	348	13	8	1	0	370
16:00	17:00	350	11	7	0	0	368
17:00	18:00	365	15	8	1	0	389
18:00	19:00	347	10	6	0	0	363
19:00	20:00	332	7	3	1	0	343
TOTALES		5177	177	107	9	1	5471
TOTALES %		94,63%	3,24%	1,96%	0,16%	0,02%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Bellavista

FECHA: 6 de Septiembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	352	14	10	1	0	377
7:00	8:00	410	20	12	1	0	443
8:00	9:00	382	14	9	0	0	405
9:00	10:00	388	13	7	0	0	408
10:00	11:00	406	13	7	0	0	426
11:00	12:00	412	14	8	1	0	435
12:00	13:00	404	19	10	1	0	434
13:00	14:00	383	12	8	0	0	403
14:00	15:00	393	14	8	1	0	416
15:00	16:00	357	14	8	0	0	379
16:00	17:00	360	12	7	0	0	379
17:00	18:00	375	16	9	1	0	401
18:00	19:00	356	11	7	0	0	374
19:00	20:00	341	8	3	1	0	353
TOTALES		5319	194	113	7	0	5633
TOTALES %		94,43%	3,44%	2,01%	0,12%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Bellavista

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	5177	177	107	9	1	5471
Viernes	5319	194	113	7	0	5633
TPO	5878	208	123	9	1	6218
TPO %	94,52%	3,34%	1,98%	0,14%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						5724
TPDA POR CLASE	5411	191	113	8	1	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: San Francisco de Rumihurco

FECHA: 14 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Miércoles

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	184	0	22	0	1	207
7:00	8:00	327	0	29	0	0	356
8:00	9:00	444	2	30	1	0	477
9:00	10:00	447	0	48	2	1	498
10:00	11:00	465	0	12	25	3	505
11:00	12:00	449	0	17	31	3	500
12:00	13:00	377	0	42	2	0	421
13:00	14:00	396	0	33	0	0	429
14:00	15:00	463	0	39	1	0	503
15:00	16:00	469	0	37	0	0	506
16:00	17:00	284	0	37	0	1	322
17:00	18:00	314	1	30	1	0	346
18:00	19:00	206	0	22	0	0	228
19:00	20:00	209	1	19	2	0	231
TOTALES		5034	4	417	65	9	5529
TOTALES %		91,05%	0,07%	7,54%	1,18%	0,16%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: San Francisco de Rumihurco

FECHA: 16 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	256	105	15			376
7:00	8:00	374	115	16	1		506
8:00	9:00	334	100	22			456
9:00	10:00	372	100	26	2	1	501
10:00	11:00	394	95	21			510
11:00	12:00	329	107	52			488
12:00	13:00	309	92	33			434
13:00	14:00	337	104	26			467
14:00	15:00	323	88	27			438
15:00	16:00	353	100	27			480
16:00	17:00	308	101	29			438
17:00	18:00	361	97	14			472
18:00	19:00	360	71	10			441
19:00	20:00	314	78	11			403
TOTALES		4724	1353	329	3	1	6410
TOTALES %		73,70%	21,11%	5,13%	0,05%	0,02%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: San Francisco de Rumihurco

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Miércoles	5034	1205	417	65	9	5529
Viernes	4724	1353	329	3	1	6410
TPO	5464	760	418	38	6	6686
TPO %	81,73%	11,37%	6,25%	0,57%	0,08%	100,00%
TPDA TOTAL						6155
TPDA POR CLASE	5030	700	385	35	5	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro de Alvarado

FECHA: 19 de Diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	396	21	3	1	0	421
7:00	8:00	462	16	7	0	0	485
8:00	9:00	403	10	10	0	0	423
9:00	10:00	278	7	15	0	0	300
10:00	11:00	300	5	12	0	0	317
11:00	12:00	283	6	6	0	0	295
12:00	13:00	277	7	12	1	0	297
13:00	14:00	338	11	12	0	0	361
14:00	15:00	285	21	20	0	0	326
15:00	16:00	267	26	12	0	0	305
16:00	17:00	335	14	12	0	0	361
17:00	18:00	412	19	7	1	0	439
18:00	19:00	415	22	4	0	0	441
19:00	20:00	399	18	10	0	0	427
TOTALES		4850	203	142	3	0	5198
TOTALES %		93,31%	3,91%	2,73%	0,06%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro de Alvarado

FECHA: 20 de Diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	443	23	4	0	0	470
7:00	8:00	494	16	9	0	0	519
8:00	9:00	345	8	12	0	0	365
9:00	10:00	328	5	14	2	0	349
10:00	11:00	365	7	14	0	0	386
11:00	12:00	340	4	9	0	0	353
12:00	13:00	413	7	11	1	0	432
13:00	14:00	354	15	9	0	0	378
14:00	15:00	262	21	9	2	0	294
15:00	16:00	289	14	8	0	0	311
16:00	17:00	349	13	3	0	0	365
17:00	18:00	386	5	0	0	0	391
18:00	19:00	429	6	3	0	0	438
19:00	20:00	492	7	8	0	0	507
TOTALES		5289	151	113	5	0	5558
TOTALES %		95,16%	2,72%	2,03%	0,09%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Pedro de Alvarado

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	4850	203	142	3	0	5198
Viernes	5289	151	113	5	0	5558
TPO	5678	198	143	4	0	6023
TPO %	94,26%	3,29%	2,37%	0,07%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						5545
TPDA POR CLASE	5227	182	131	4	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Antonio de Ulloa

FECHA: 5 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Lunes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	463	20	7	2	1	493
7:00	8:00	748	32	12	6	5	803
8:00	9:00	950	40	15	12	9	1026
9:00	10:00	1084	46	17	6	14	1167
10:00	11:00	1112	47	18	7	5	1189
11:00	12:00	1129	48	18	7	5	1207
12:00	13:00	1229	52	20	9	7	1317
13:00	14:00	1237	52	20	7	3	1319
14:00	15:00	1116	47	18	9	0	1190
15:00	16:00	1094	46	17	7	1	1165
16:00	17:00	1066	45	17	7	2	1137
17:00	18:00	1195	51	19	9	4	1278
18:00	19:00	740	31	12	7	2	792
19:00	20:00	1244	53	20	10	5	1332
TOTALES		14407	610	230	105	63	15415
TOTALES %		93,46%	3,96%	1,49%	0,68%	0,41%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Antonio de Ulloa

FECHA: 8 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	613	26	10	7	2	658
7:00	8:00	1421	60	23	24	10	1538
8:00	9:00	1456	62	23	18	20	1579
9:00	10:00	1344	57	21	9	5	1436
10:00	11:00	1353	57	22	11	12	1455
11:00	12:00	1307	55	21	9	8	1400
12:00	13:00	1229	52	20	5	4	1310
13:00	14:00	1196	51	19	14	7	1287
14:00	15:00	1214	51	19	9	5	1298
15:00	16:00	1129	48	18	6	5	1206
16:00	17:00	1101	47	18	4	12	1182
17:00	18:00	1103	47	18	13	16	1197
18:00	19:00	1030	44	16	10	1	1101
19:00	20:00	996	42	16	18	12	1084
TOTALES		16492	699	264	157	119	17731
TOTALES %		93,01%	3,94%	1,49%	0,89%	0,67%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Antonio de Ulloa

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Lunes	14407	610	230	105	63	15415
Jueves	16492	699	264	157	119	17731
TPO	17303	733	277	147	102	18562
TPO %	93,22%	3,95%	1,49%	0,79%	0,55%	100,00%
TPDA TOTAL						17087
TPDA POR CLASE	15929	675	255	135	94	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: La Gasca
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 16 de Agosto de 2013
DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1141	40	18	0	0	1199
7:00	8:00	2536	88	40	1	0	2665
8:00	9:00	3634	126	57	1	0	3818
9:00	10:00	3462	120	55	1	0	3638
10:00	11:00	3659	127	58	1	0	3845
11:00	12:00	3997	139	63	1	1	4201
12:00	13:00	4478	155	71	2	1	4707
13:00	14:00	4351	151	69	2	1	4574
14:00	15:00	3847	133	61	1	1	4043
15:00	16:00	3965	138	63	2	1	4169
16:00	17:00	4129	143	65	2	0	4339
17:00	18:00	4475	155	71	2	1	4704
18:00	19:00	4085	142	64	1	0	4292
19:00	20:00	2981	103	47	0	0	3131
TOTALES		50740	1760	802	17	6	53325
TOTALES %		95,15%	3,30%	1,50%	0,03%	0,01%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: La Gasca
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 17 de Agosto de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1120	38	16	0	0	1174
7:00	8:00	2580	86	41	1	1	2709
8:00	9:00	3634	120	58	1	0	3813
9:00	10:00	3462	119	50	1	0	3632
10:00	11:00	3659	127	58	1	0	3845
11:00	12:00	3997	139	63	1	1	4201
12:00	13:00	4478	155	71	2	1	4707
13:00	14:00	4351	140	65	2	1	4559
14:00	15:00	3847	130	61	1	1	4040
15:00	16:00	3965	138	60	2	1	4166
16:00	17:00	4129	143	63	2	0	4337
17:00	18:00	4475	160	73	2	1	4711
18:00	19:00	4085	142	65	1	0	4293
19:00	20:00	2981	110	48	0	0	3139
TOTALES		50763	1747	792	17	7	53326
TOTALES %		95,19%	3,28%	1,49%	0,03%	0,01%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: La Gasca

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	50740	1760	802	17	6	53325
Sábado	50763	1747	792	17	7	53326
TPO	56842	1964	893	19	7	59725
TPO %	95,17%	3,29%	1,49%	0,03%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						54979
TPDA POR CLASE	52325	1808	822	18	7	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Capitán Rafael Ramos

FECHA: 19 de Diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	396	21	3	1	0	421
7:00	8:00	462	16	7	0	0	485
8:00	9:00	403	10	10	0	0	423
9:00	10:00	278	7	15	0	0	300
10:00	11:00	300	5	12	0	0	317
11:00	12:00	283	6	6	0	0	295
12:00	13:00	277	7	12	1	0	297
13:00	14:00	338	11	12	0	0	361
14:00	15:00	285	21	20	0	0	326
15:00	16:00	267	26	12	0	0	305
16:00	17:00	335	14	12	0	0	361
17:00	18:00	412	19	7	1	0	439
18:00	19:00	415	22	4	0	0	441
19:00	20:00	399	18	10	0	0	427
TOTALES		4850	203	142	3	0	5198
TOTALES %		93,31%	3,91%	2,73%	0,06%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Capitán Rafael Ramos

FECHA: 20 de Diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	443	23	4	0	0	470
7:00	8:00	494	16	9	0	0	519
8:00	9:00	345	8	12	0	0	365
9:00	10:00	328	5	14	2	0	349
10:00	11:00	365	7	14	0	0	386
11:00	12:00	340	4	9	0	0	353
12:00	13:00	413	7	11	1	0	432
13:00	14:00	354	15	9	0	0	378
14:00	15:00	262	21	9	2	0	294
15:00	16:00	289	14	8	0	0	311
16:00	17:00	349	13	3	0	0	365
17:00	18:00	386	5	0	0	0	391
18:00	19:00	429	6	3	0	0	438
19:00	20:00	492	7	8	0	0	507
TOTALES		5289	151	113	5	0	5558
TOTALES %		95,16%	2,72%	2,03%	0,09%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Capitán Rafael Ramos

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	4850	203	142	3	0	5198
Viernes	5289	151	113	5	0	5558
TPO	5678	198	143	4	0	6023
TPO %	94,26%	3,29%	2,37%	0,07%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						5545
TPDA POR CLASE	5227	182	131	4	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: 18 de Septiembre

FECHA: 12 de Julio de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	24	2	0	0	0	26
7:00	8:00	53	7	1	0	0	61
8:00	9:00	132	15	3	1	0	151
9:00	10:00	175	13	3	1	0	192
10:00	11:00	201	21	4	1	0	227
11:00	12:00	218	18	5	1	1	243
12:00	13:00	197	17	4	1	1	220
13:00	14:00	164	13	4	1	1	183
14:00	15:00	190	15	3	0	0	208
15:00	16:00	222	17	4	0	0	243
16:00	17:00	194	16	4	1	1	216
17:00	18:00	248	19	5	1	2	275
18:00	19:00	153	13	3	1	1	171
19:00	20:00	138	9	2	1	0	150
TOTALES		2309	195	45	10	7	2566
TOTALES %		89,98%	7,60%	1,75%	0,39%	0,27%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: 18 de Septiembre

FECHA: 13 de Julio de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	24	2	0	0	0	26
7:00	8:00	55	8	1	0	0	64
8:00	9:00	132	15	3	1	0	151
9:00	10:00	170	12	3	1	0	186
10:00	11:00	198	19	4	1	0	222
11:00	12:00	210	18	5	1	1	235
12:00	13:00	195	16	4	1	1	217
13:00	14:00	164	14	4	1	1	184
14:00	15:00	183	13	3	0	0	199
15:00	16:00	215	19	4	0	0	238
16:00	17:00	190	17	4	1	1	213
17:00	18:00	240	20	5	1	2	268
18:00	19:00	151	12	3	1	1	168
19:00	20:00	140	8	2	1	0	151
TOTALES		2267	193	45	10	7	2522
TOTALES %		89,89%	7,65%	1,78%	0,40%	0,28%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE:18 de Septiembre

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	2309	195	45	10	7	2566
Sábado	2267	193	45	10	7	2522
TPO	2563	217	50	11	8	2849
TPO %	89,94%	7,63%	1,77%	0,39%	0,28%	100,00%
TPDA TOTAL						2623
TPDA POR CLASE	2359	200	46	10	7	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Jorge Washington

FECHA: 14 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	46	2	1	0	0	49
7:00	8:00	130	10	5	0	0	145
8:00	9:00	268	14	8	0	0	290
9:00	10:00	263	22	7	0	0	292
10:00	11:00	240	29	10	0	0	279
11:00	12:00	315	26	9	0	0	350
12:00	13:00	341	15	7	0	0	363
13:00	14:00	256	14	6	0	0	276
14:00	15:00	330	8	5	0	0	343
15:00	16:00	287	16	6	0	0	309
16:00	17:00	262	12	7	0	0	281
17:00	18:00	273	21	8	0	0	302
18:00	19:00	219	17	5	0	0	241
19:00	20:00	153	13	3	0	0	169
TOTALES		3383	219	87	0	0	3689
TOTALES %		91,71%	5,94%	2,36%	0,00%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Jorge Washington

FECHA: 16 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	48	1	1	0	0	50
7:00	8:00	135	12	6	0	0	153
8:00	9:00	270	13	9	0	0	292
9:00	10:00	268	25	8	0	0	301
10:00	11:00	245	28	9	0	0	282
11:00	12:00	320	24	9	0	0	353
12:00	13:00	360	17	7	0	0	384
13:00	14:00	265	15	6	0	0	286
14:00	15:00	128	7	5	0	0	140
15:00	16:00	290	18	6	0	0	314
16:00	17:00	270	14	7	0	0	291
17:00	18:00	269	22	8	0	0	299
18:00	19:00	225	19	5	0	0	249
19:00	20:00	160	12	3	0	0	175
TOTALES		3253	227	89	0	0	3569
TOTALES %		91,15%	6,36%	2,49%	0,00%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Jorge Washington

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	3383	219	87	0	0	3689
Sábado	3253	227	89	0	0	3569
TPO	3716	250	99	0	0	4064
TPO %	91,43%	6,14%	2,42%	0,00%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						3742
TPDA POR CLASE	3421	230	91	0	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Francisco Robles

FECHA: 19 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Martes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	162	13	0	1	0	176
7:00	8:00	292	10	0	0	0	302
8:00	9:00	373	11	3	0	0	387
9:00	10:00	378	4	3	0	0	385
10:00	11:00	337	4	2	0	0	343
11:00	12:00	430	3	12	0	0	445
12:00	13:00	536	4	7	1	0	548
13:00	14:00	482	3	14	0	0	499
14:00	15:00	418	15	0	0	0	433
15:00	16:00	307	7	3	0	0	317
16:00	17:00	389	15	5	0	0	409
17:00	18:00	396	7	2	1	0	406
18:00	19:00	435	6	0	0	0	441
19:00	20:00	400	3	0	0	0	403
TOTALES		5335	105	51	3	0	5494
TOTALES %		97,11%	1,91%	0,93%	0,05%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Francisco Robles

FECHA: 22 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	170	12	0	1	0	183
7:00	8:00	300	11	0	0	0	311
8:00	9:00	380	12	3	0	0	395
9:00	10:00	390	5	3	0	0	398
10:00	11:00	340	4	2	0	0	346
11:00	12:00	438	2	10	0	0	450
12:00	13:00	550	3	7	1	0	561
13:00	14:00	480	3	12	0	0	495
14:00	15:00	415	16	0	0	0	431
15:00	16:00	318	8	3	0	0	329
16:00	17:00	395	14	5	0	0	414
17:00	18:00	402	6	2	1	0	411
18:00	19:00	440	5	0	0	0	445
19:00	20:00	410	3	0	0	0	413
TOTALES		5428	104	47	3	0	5582
TOTALES %		97,24%	1,86%	0,84%	0,05%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Francisco Robles

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Martes	5335	105	51	3	0	5494
Viernes	5428	104	47	3	0	5582
TPO	6027	117	55	3	0	6203
TPO %	97,17%	1,89%	0,88%	0,05%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						5710
TPDA POR CLASE	5548	108	51	3	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Vicente Ramon Roca

FECHA: 20 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Miércoles

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	103	0	2	1	0	106
7:00	8:00	179	2	2	0	0	183
8:00	9:00	320	3	2	0	0	325
9:00	10:00	276	0	4	0	0	280
10:00	11:00	394	0	7	0	0	401
11:00	12:00	380	0	9	0	0	389
12:00	13:00	385	0	13	1	0	399
13:00	14:00	373	0	4	0	0	377
14:00	15:00	269	0	6	0	0	275
15:00	16:00	235	1	6	0	0	242
16:00	17:00	255	3	4	0	0	262
17:00	18:00	261	4	4	1	0	270
18:00	19:00	244	3	5	0	0	252
19:00	20:00	228	5	3	0	0	236
TOTALES		3902	21	71	3	0	3997
TOTALES %		97,62%	0,53%	1,78%	0,08%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Vicente Ramon Roca

FECHA: 23 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	120	1	2	1	0	124
7:00	8:00	180	1	2	0	0	183
8:00	9:00	340	2	2	0	0	344
9:00	10:00	290	0	4	0	0	294
10:00	11:00	390	0	8	1	0	399
11:00	12:00	385	0	7	1	0	393
12:00	13:00	390	0	11	1	0	402
13:00	14:00	380	0	4	0	0	384
14:00	15:00	273	0	8	0	0	281
15:00	16:00	238	1	6	0	0	245
16:00	17:00	259	3	3	0	0	265
17:00	18:00	260	5	4	1	0	270
18:00	19:00	247	3	6	0	0	256
19:00	20:00	233	4	3	0	0	240
TOTALES		3985	20	70	5	0	4080
TOTALES %		97,67%	0,49%	1,72%	0,12%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Vicente Ramon Roca

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Miércoles	3902	21	71	3	0	3997
Sábado	3985	20	70	5	0	4080
TPO	4417	23	79	4	0	4523
TPO %	97,65%	0,51%	1,75%	0,10%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						4164
TPDA POR CLASE	4066	21	73	4	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: De Los Guayacanes

FECHA: 20 de Febrero de 2014

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	173	4	1	0	0	178
7:00	8:00	339	19	2	0	1	361
8:00	9:00	280	6	2	0	0	288
9:00	10:00	162	3	1	0	0	166
10:00	11:00	158	1	1	0	0	160
11:00	12:00	156	3	1	0	0	160
12:00	13:00	222	5	1	0	0	228
13:00	14:00	256	10	2	0	0	268
14:00	15:00	248	9	2	0	0	259
15:00	16:00	288	11	2	0	0	301
16:00	17:00	247	5	1	0	0	253
17:00	18:00	246	5	1	0	0	252
18:00	19:00	265	6	1	0	0	272
19:00	20:00	207	2	1	0	0	210
TOTALES		3247	89	19	0	1	3356
TOTALES %		96,75%	2,65%	0,57%	0,00%	0,03%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: De Los Guayacanes

FECHA: 21 de Febrero de 2014

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	253	6	2	0	0	261
7:00	8:00	370	11	2	0	0	383
8:00	9:00	322	4	1	0	0	327
9:00	10:00	254	1	0	0	0	255
10:00	11:00	234	1	0	0	0	235
11:00	12:00	229	3	1	0	0	233
12:00	13:00	257	4	1	0	0	262
13:00	14:00	248	8	2	1	0	259
14:00	15:00	268	6	2	0	0	276
15:00	16:00	280	6	2	0	0	288
16:00	17:00	262	6	2	1	0	271
17:00	18:00	243	4	1	1	0	249
18:00	19:00	218	3	1	1	0	223
19:00	20:00	204	5	1	0	0	210
TOTALES		3642	68	18	4	0	3732
TOTALES %		97,59%	1,82%	0,48%	0,11%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: De los Guayacanes

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	3247	89	19	0	1	3356
Viernes	3642	68	18	4	0	3732
TPO	3858	88	21	2	1	3969
TPO %	97,19%	2,22%	0,52%	0,06%	0,01%	100,00%
TPDA TOTAL						3654
TPDA POR CLASE	3551	81	19	2	1	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Jerónimo Carrión

FECHA: 29 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	37	0	0	0	0	37
7:00	8:00	92	0	1	0	0	93
8:00	9:00	205	2	2	0	0	209
9:00	10:00	194	2	3	0	0	199
10:00	11:00	200	0	3	0	0	203
11:00	12:00	204	0	4	0	0	208
12:00	13:00	290	1	4	0	0	295
13:00	14:00	287	0	6	0	0	293
14:00	15:00	107	0	3	0	0	110
15:00	16:00	153	0	4	0	0	157
16:00	17:00	83	0	2	0	0	85
17:00	18:00	112	1	1	0	0	114
18:00	19:00	183	3	2	0	0	188
19:00	20:00	505	2	1	0	0	508
TOTALES		2652	11	36	0	0	2699
TOTALES %		98,26%	0,41%	1,33%	0,00%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: jerónimo Carrión

FECHA: 30 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	35	0	0	0	0	35
7:00	8:00	88	0	1	0	0	89
8:00	9:00	200	3	1	0	0	204
9:00	10:00	196	2	3	0	0	201
10:00	11:00	210	0	5	0	0	215
11:00	12:00	207	1	3	0	0	211
12:00	13:00	296	1	4	0	0	301
13:00	14:00	284	0	9	0	0	293
14:00	15:00	106	0	3	0	0	109
15:00	16:00	160	1	2	0	0	163
16:00	17:00	88	0	2	0	0	90
17:00	18:00	110	1	1	0	0	112
18:00	19:00	184	2	2	0	0	188
19:00	20:00	488	2	1	0	0	491
TOTALES		2652	13	37	0	0	2702
TOTALES %		98,15%	0,48%	1,37%	0,00%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: jerónimo Carrión

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	2652	11	36	0	0	2699
Sábado	2652	13	37	0	0	2702
TPO	2970	13	41	0	0	3025
TPO %	98,20%	0,44%	1,35%	0,00%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						2784
TPDA POR CLASE	2734	12	38	0	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro Freile

FECHA: 23 de Octubre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Miércoles

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1168	91	39	9	1	1308
7:00	8:00	1295	101	43	22	2	1463
8:00	9:00	998	78	33	11	0	1120
9:00	10:00	924	72	31	9	1	1037
10:00	11:00	880	69	29	6	0	984
11:00	12:00	806	63	27	2	1	899
12:00	13:00	818	64	27	5	1	915
13:00	14:00	755	59	25	5	3	847
14:00	15:00	864	67	29	30	5	995
15:00	16:00	840	65	28	20	1	954
16:00	17:00	789	61	26	11	3	890
17:00	18:00	677	53	23	13	0	766
18:00	19:00	691	54	23	10	0	778
19:00	20:00	664	52	22	5	1	744
TOTALES		12169	949	405	158	19	13700
TOTALES %		88,82%	6,93%	2,96%	1,15%	0,14%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro Freile

FECHA: 25 de Octubre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1200	90	39	9	1	1339
7:00	8:00	1300	105	41	20	2	1468
8:00	9:00	1000	72	30	11	0	1113
9:00	10:00	950	70	31	9	1	1061
10:00	11:00	885	69	29	6	0	989
11:00	12:00	806	63	27	2	1	899
12:00	13:00	818	64	27	5	1	915
13:00	14:00	755	59	25	5	3	847
14:00	15:00	870	65	28	28	5	996
15:00	16:00	840	65	27	21	1	954
16:00	17:00	790	61	26	10	3	890
17:00	18:00	677	53	23	9	0	762
18:00	19:00	692	54	23	8	0	777
19:00	20:00	664	52	22	5	1	744
TOTALES		12247	942	398	148	19	13754
TOTALES %		89,04%	6,85%	2,89%	1,08%	0,14%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Pedro Freile

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Miércoles	12169	949	405	158	19	13700
Viernes	12247	942	398	148	19	13754
TPO	13673	1059	450	171	21	15374
TPO %	88,93%	6,89%	2,92%	1,11%	0,14%	100,00%
TPDA TOTAL						14153
TPDA POR CLASE	12587	975	414	158	20	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Sabanilla
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 24 de Octubre de 2013
DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	70	4	1	0	0	75
7:00	8:00	96	2	1	1	0	100
8:00	9:00	107	3	2	1	0	113
9:00	10:00	124	5	2	3	1	135
10:00	11:00	156	7	1	2	1	167
11:00	12:00	152	8	3	2	2	167
12:00	13:00	186	11	2	2	1	202
13:00	14:00	161	5	2	0	1	169
14:00	15:00	146	3	1	2	0	152
15:00	16:00	166	8	2	3	1	180
16:00	17:00	143	8	2	1	3	157
17:00	18:00	162	8	1	2	0	173
18:00	19:00	156	6	2	1	0	165
19:00	20:00	134	7	3	1	0	145
TOTALES		1959	85	25	21	10	2100
TOTALES %		93,29%	4,05%	1,19%	1,00%	0,48%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Sabanilla
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 26 de Octubre de 2013
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	199	11	3	0	0	213
7:00	8:00	243	14	5	1	0	263
8:00	9:00	220	16	3	2	0	241
9:00	10:00	189	8	2	3	2	204
10:00	11:00	193	13	4	2	1	213
11:00	12:00	173	17	6	4	1	201
12:00	13:00	163	18	6	1	0	188
13:00	14:00	188	16	5	4	0	213
14:00	15:00	199	11	3	1	0	214
15:00	16:00	211	18	4	2	2	237
16:00	17:00	210	17	5	3	1	236
17:00	18:00	196	19	5	3	3	226
18:00	19:00	196	20	5	1	0	222
19:00	20:00	184	16	6	3	0	209
TOTALES		2764	214	62	30	10	3080
TOTALES %		89,74%	6,95%	2,01%	0,97%	0,32%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Sabanilla

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	2069	86	25	22	11	2213
Sábado	3318	243	70	33	11	3675
TPO	3017	184	53	31	12	3297
TPO %	91,49%	5,59%	1,61%	0,93%	0,37%	100,00%
TPDA TOTAL						3035
TPDA POR CLASE	2777	170	49	28	11	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Cristóbal Vaca de Castro

FECHA: 23 de Enero de 2014

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	396	21	3	1	0	421
7:00	8:00	462	16	7	0	0	485
8:00	9:00	403	10	10	0	0	423
9:00	10:00	278	8	15	0	1	302
10:00	11:00	300	7	10	0	0	317
11:00	12:00	283	6	6	0	0	295
12:00	13:00	277	10	11	1	0	299
13:00	14:00	338	11	12	0	0	361
14:00	15:00	285	21	18	0	2	326
15:00	16:00	267	26	12	0	0	305
16:00	17:00	335	14	12	0	0	361
17:00	18:00	412	19	7	1	1	440
18:00	19:00	415	22	4	0	0	441
19:00	20:00	399	18	10	0	0	427
TOTALES		4850	209	137	3	4	5203
TOTALES %		93,22%	4,02%	2,63%	0,06%	0,08%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Veracruz

FECHA: 24 de Enero de 2014

SENTIDO: Cristóbal Vaca de Castro

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	443	23	4	0	0	470
7:00	8:00	494	16	9	0	0	519
8:00	9:00	345	8	12	0	1	366
9:00	10:00	342	9	14	2	0	367
10:00	11:00	365	7	10	0	0	382
11:00	12:00	380	6	9	0	2	397
12:00	13:00	413	8	11	1	0	433
13:00	14:00	354	15	12	0	0	381
14:00	15:00	282	21	9	3	0	315
15:00	16:00	289	14	8	0	0	311
16:00	17:00	349	13	3	0	0	365
17:00	18:00	386	5	0	0	0	391
18:00	19:00	429	6	3	0	0	438
19:00	20:00	492	7	8	0	0	507
TOTALES		5363	158	112	6	3	5642
TOTALES %		95,05%	2,80%	1,99%	0,11%	0,05%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Cristóbal Vaca de Castro

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	4850	209	137	3	4	5203
Viernes	4850	209	137	3	4	5203
TPO	5432	234	153	3	4	5827
TPO %	93,22%	4,02%	2,63%	0,06%	0,08%	100,00%
TPDA TOTAL						5364
TPDA POR CLASE	5000	215	141	3	4	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Guatemala
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 6 de Junio de 2013
DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	472	20	15	2	0	509
7:00	8:00	560	24	18	2	0	604
8:00	9:00	422	18	14	1	0	455
9:00	10:00	384	17	12	1	0	414
10:00	11:00	302	13	10	1	0	326
11:00	12:00	335	14	11	1	0	361
12:00	13:00	308	13	10	1	0	332
13:00	14:00	334	14	11	1	0	360
14:00	15:00	300	13	10	1	0	324
15:00	16:00	287	12	10	1	0	310
16:00	17:00	249	11	8	1	0	269
17:00	18:00	267	12	8	1	0	288
18:00	19:00	306	13	10	1	0	330
19:00	20:00	268	12	9	1	0	290
TOTALES		4794	206	156	16	0	5172
TOTALES %		92,69%	3,98%	3,02%	0,31%	0,00%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Guatemala
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 7 de Junio de 2013
DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	475	21	15	2	0	513
7:00	8:00	513	22	17	2	0	554
8:00	9:00	420	18	14	1	0	453
9:00	10:00	362	16	12	1	0	391
10:00	11:00	295	13	9	1	0	318
11:00	12:00	339	15	11	1	0	366
12:00	13:00	296	12	10	1	0	319
13:00	14:00	331	14	11	1	0	357
14:00	15:00	314	14	10	1	0	339
15:00	16:00	274	12	9	1	0	296
16:00	17:00	246	11	7	1	0	265
17:00	18:00	239	10	8	1	0	258
18:00	19:00	300	13	10	1	0	324
19:00	20:00	285	12	9	1	0	307
TOTALES		4689	203	152	16	0	5060
TOTALES %		92,67%	4,01%	3,00%	0,32%	0,00%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Guatemala

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	4794	206	156	16	0	5172
Viernes	4689	203	152	16	0	5060
TPO	5310	229	172	18	0	5730
TPO %	92,68%	4,00%	3,01%	0,31%	0,00%	100,00%
TPDA TOTAL						5275
TPDA POR CLASE	4889	211	159	16	0	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: La Libertad
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 22 de Octubre de 2013
DIA: Martes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	600	22	14	0	2	638
7:00	8:00	438	12	8	0	1	459
8:00	9:00	314	7	5	0	0	326
9:00	10:00	249	5	4	0	1	259
10:00	11:00	197	5	4	0	0	206
11:00	12:00	143	4	2	0	1	150
12:00	13:00	169	1	1	0	0	171
13:00	14:00	183	1	1	0	2	187
14:00	15:00	162	2	1	0	0	165
15:00	16:00	156	2	1	0	1	160
16:00	17:00	139	0	0	1	0	140
17:00	18:00	187	1	1	0	0	189
18:00	19:00	233	3	2	0	1	239
19:00	20:00	286	4	3	0	1	294
TOTALES		3456	69	47	1	10	3583
TOTALES %		96,46%	1,93%	1,31%	0,03%	0,28%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: La Libertad
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 24 de Octubre de 2013
DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	520	18	13	0	2	553
7:00	8:00	440	11	8	0	1	460
8:00	9:00	320	6	5	0	0	331
9:00	10:00	256	5	4	0	1	266
10:00	11:00	201	3	4	0	0	208
11:00	12:00	150	4	2	0	1	157
12:00	13:00	170	1	1	0	0	172
13:00	14:00	192	1	1	0	2	196
14:00	15:00	172	2	1	0	0	175
15:00	16:00	161	2	1	0	1	165
16:00	17:00	142	0	0	1	0	143
17:00	18:00	167	1	1	0	0	169
18:00	19:00	220	3	2	0	1	226
19:00	20:00	270	4	3	0	1	278
TOTALES		3381	61	46	1	10	3499
TOTALES %		96,63%	1,74%	1,31%	0,03%	0,29%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: La Libertad

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Martes	3456	69	47	1	10	3583
Jueves	3381	61	46	1	10	3499
TPO	3829	73	52	1	11	3966
TPO %	96,54%	1,84%	1,31%	0,03%	0,28%	100,00%
TPDA TOTAL						3651
TPDA POR CLASE	3525	67	48	1	10	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Los Ríos

FECHA: 12 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Martes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	664	16	6	8	4	698
7:00	8:00	562	8	3	3	2	578
8:00	9:00	710	10	3	4	1	728
9:00	10:00	524	10	3	4	3	544
10:00	11:00	447	7	2	2	1	459
11:00	12:00	383	7	2	2	1	395
12:00	13:00	378	10	4	1	1	394
13:00	14:00	361	8	3	0	0	372
14:00	15:00	401	13	4	2	1	421
15:00	16:00	364	10	4	2	0	380
16:00	17:00	322	10	4	2	1	339
17:00	18:00	274	5	2	1	0	282
18:00	19:00	241	5	1	0	0	247
19:00	20:00	224	4	2	1	0	231
TOTALES		5855	123	43	32	15	6068
TOTALES %		96,49%	2,03%	0,71%	0,53%	0,25%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Los Ríos

FECHA: 14 de Agosto de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	650	18	4	6	4	682
7:00	8:00	562	9	3	3	2	579
8:00	9:00	702	11	3	4	1	721
9:00	10:00	496	10	2	3	3	514
10:00	11:00	423	7	1	2	1	434
11:00	12:00	356	7	2	2	1	368
12:00	13:00	361	9	5	1	1	377
13:00	14:00	355	8	3	0	0	366
14:00	15:00	406	14	4	2	1	427
15:00	16:00	374	11	4	2	0	391
16:00	17:00	355	10	4	2	1	372
17:00	18:00	285	5	2	1	0	293
18:00	19:00	251	4	1	0	0	256
19:00	20:00	232	3	2	1	0	238
TOTALES		5808	126	40	29	15	6018
TOTALES %		96,51%	2,09%	0,66%	0,48%	0,25%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Los Ríos

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Martes	5855	123	43	32	15	6068
Jueves	5808	126	40	29	15	6018
TPO	6531	139	46	34	17	6768
TPO %	96,50%	2,06%	0,69%	0,50%	0,25%	100,00%
TPDA TOTAL						6230
TPDA POR CLASE	6012	128	43	31	15	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro Freile

FECHA: 28 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1168	91	39	9	1	1308
7:00	8:00	1295	101	43	22	2	1463
8:00	9:00	998	78	33	11	0	1120
9:00	10:00	924	72	31	9	1	1037
10:00	11:00	880	69	29	6	0	984
11:00	12:00	806	63	27	2	1	899
12:00	13:00	818	64	27	5	1	915
13:00	14:00	755	59	25	5	3	847
14:00	15:00	864	67	29	30	5	995
15:00	16:00	840	65	28	20	1	954
16:00	17:00	789	61	26	11	3	890
17:00	18:00	677	53	23	13	0	766
18:00	19:00	691	54	23	10	0	778
19:00	20:00	664	52	22	5	1	744
TOTALES		12169	949	405	158	19	13700
TOTALES %		88,82%	6,93%	2,96%	1,15%	0,14%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Pedro Freile

FECHA: 29 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	1002	55	34	2	9	1102
7:00	8:00	1045	52	34	3	5	1139
8:00	9:00	1056	50	32	2	5	1145
9:00	10:00	1038	73	47	6	5	1169
10:00	11:00	1049	71	48	4	4	1176
11:00	12:00	998	68	43	3	6	1118
12:00	13:00	1054	64	40	4	6	1168
13:00	14:00	1015	73	41	3	8	1140
14:00	15:00	994	87	39	5	9	1134
15:00	16:00	998	83	42	4	11	1138
16:00	17:00	1002	61	45	3	5	1116
17:00	18:00	1048	55	42	2	4	1151
18:00	19:00	958	52	36	3	8	1057
19:00	20:00	951	45	32	2	4	1034
TOTALES		14208	889	555	46	89	15787
TOTALES %		90,00%	5,63%	3,52%	0,29%	0,56%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Juan Bautista Aguirre

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	14034	862	556	44	89	15585
Sábado	14218	871	553	46	89	15777
TPO	15821	970	621	50	100	17563
TPO %	90,08%	5,53%	3,54%	0,29%	0,57%	100,00%
TPDA TOTAL						16167
TPDA POR CLASE	14564	893	572	46	92	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Leónidas Doublés

FECHA: 12 de diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	455	40	13	4	2	514
7:00	8:00	457	33	12	4	3	509
8:00	9:00	335	22	8	4	2	371
9:00	10:00	364	31	15	4	1	415
10:00	11:00	308	30	15	2	1	356
11:00	12:00	319	32	13	3	1	368
12:00	13:00	376	26	11	3	1	417
13:00	14:00	370	27	9	5	2	413
14:00	15:00	362	27	12	2	1	404
15:00	16:00	355	23	11	2	2	393
16:00	17:00	396	37	15	3	1	452
17:00	18:00	426	30	14	3	2	475
18:00	19:00	519	32	13	4	1	569
19:00	20:00	469	36	15	3	1	524
TOTALES		5511	426	176	46	21	6180
TOTALES %		89,17%	6,89%	2,85%	0,74%	0,34%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Leónidas Doublés

FECHA: 13 de diciembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	460	38	12	5	2	517
7:00	8:00	455	34	11	4	3	507
8:00	9:00	338	26	9	6	2	381
9:00	10:00	369	33	14	4	1	421
10:00	11:00	315	31	16	3	1	366
11:00	12:00	321	35	14	3	1	374
12:00	13:00	380	28	13	2	1	424
13:00	14:00	372	29	8	4	2	415
14:00	15:00	369	27	11	2	1	410
15:00	16:00	359	25	11	1	2	398
16:00	17:00	397	36	13	3	1	450
17:00	18:00	431	32	14	4	2	483
18:00	19:00	521	31	12	3	1	568
19:00	20:00	472	35	14	3	1	525
TOTALES		5559	440	172	47	21	6239
TOTALES %		89,10%	7,05%	2,76%	0,75%	0,34%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Leónidas Doublés

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	5511	426	176	46	21	6180
Viernes	5559	440	172	47	21	6239
TPO	6199	485	195	52	24	6955
TPO %	89,14%	6,97%	2,80%	0,75%	0,34%	100,00%
TPDA TOTAL						6402
TPDA POR CLASE	5707	446	179	48	22	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Julián Estrella

FECHA: 24 de Octubre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Jueves

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	591	69	9	0	0	669
7:00	8:00	567	66	16	0	0	649
8:00	9:00	449	64	20	1	0	534
9:00	10:00	368	64	19	1	0	452
10:00	11:00	370	67	34	0	0	471
11:00	12:00	417	70	20	0	0	507
12:00	13:00	452	74	21	1	0	548
13:00	14:00	478	71	21	0	1	571
14:00	15:00	449	53	48	1	0	551
15:00	16:00	528	56	40	1	0	625
16:00	17:00	508	56	28	0	0	592
17:00	18:00	635	54	23	1	0	713
18:00	19:00	549	60	10	0	0	619
19:00	20:00	554	60	9	0	0	623
TOTALES		6915	884	318	6	1	8124
TOTALES %		85,12%	10,88%	3,91%	0,07%	0,01%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Julián Estrella

FECHA: 26 de Octubre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	650	77	13	0	1	741
7:00	8:00	576	57	21	0	1	655
8:00	9:00	461	64	23	1	0	549
9:00	10:00	431	65	24	1	0	521
10:00	11:00	372	63	23	0	0	458
11:00	12:00	458	67	31	0	0	556
12:00	13:00	447	60	33	0	0	540
13:00	14:00	446	62	27	0	1	536
14:00	15:00	472	71	39	0	0	582
15:00	16:00	504	73	31	1	0	609
16:00	17:00	578	59	27	2	0	666
17:00	18:00	527	60	15	0	0	602
18:00	19:00	563	67	16	0	0	646
19:00	20:00	568	64	12	0	0	644
TOTALES		7053	909	335	5	3	8305
TOTALES %		84,92%	10,95%	4,03%	0,06%	0,04%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Julián Estrella

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Jueves	6915	884	318	6	1	8124
Sábado	7053	909	335	5	3	8305
TPO	7822	1004	366	6	2	9200
TPO %	85,02%	10,91%	3,97%	0,07%	0,02%	100,00%
TPDA TOTAL						8469
TPDA POR CLASE	7201	924	337	6	2	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Patricio Romero

FECHA: 29 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	214	11	6	5	1	237
7:00	8:00	274	9	4	4	1	292
8:00	9:00	197	8	4	2	1	212
9:00	10:00	184	10	5	1	1	201
10:00	11:00	137	8	4	3	0	152
11:00	12:00	101	9	4	2	0	116
12:00	13:00	118	6	4	3	1	132
13:00	14:00	162	6	3	3	1	175
14:00	15:00	172	13	7	2	0	194
15:00	16:00	169	8	4	4	1	186
16:00	17:00	179	9	5	3	1	197
17:00	18:00	170	10	4	4	1	189
18:00	19:00	164	8	4	2	1	179
19:00	20:00	136	6	3	1	0	146
TOTALES		2377	121	61	39	10	2608
TOTALES %		91,14%	4,64%	2,34%	1,50%	0,38%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Patricio Romero

FECHA: 30 de Noviembre de 2013

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	460	38	12	5	2	517
7:00	8:00	455	34	11	4	3	507
8:00	9:00	338	26	9	6	2	381
9:00	10:00	369	33	14	4	1	421
10:00	11:00	315	31	16	3	1	366
11:00	12:00	321	35	14	3	1	374
12:00	13:00	380	28	13	2	1	424
13:00	14:00	372	29	8	4	2	415
14:00	15:00	369	27	11	2	1	410
15:00	16:00	359	25	11	1	2	398
16:00	17:00	397	36	13	3	1	450
17:00	18:00	431	32	14	4	2	483
18:00	19:00	521	31	12	3	1	568
19:00	20:00	472	35	14	3	1	525
TOTALES		5559	440	172	47	21	6239
TOTALES %		89,10%	7,05%	2,76%	0,75%	0,34%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Patricio Romero

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	2377	121	61	39	10	2608
Sábado	5559	440	172	47	21	6239
TPO	4444	314	130	48	17	4954
TPO %	89,70%	6,34%	2,63%	0,97%	0,35%	100,00%
TPDA TOTAL						4561
TPDA POR CLASE	4091	289	120	44	16	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: El Transito
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 10 de Enero de 2014
DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	333	13	8	2	2	358
7:00	8:00	413	14	8	4	1	440
8:00	9:00	324	16	8	2	1	351
9:00	10:00	292	18	9	2	2	323
10:00	11:00	288	21	9	1	1	320
11:00	12:00	280	19	11	1	1	312
12:00	13:00	308	19	10	2	2	341
13:00	14:00	312	30	14	2	3	361
14:00	15:00	273	17	11	1	1	303
15:00	16:00	264	14	8	1	1	288
16:00	17:00	275	16	8	1	1	301
17:00	18:00	287	18	8	2	2	317
18:00	19:00	314	16	7	0	1	338
19:00	20:00	345	22	10	1	3	381
TOTALES		4308	253	129	22	22	4734
TOTALES %		91,00%	5,34%	2,72%	0,46%	0,46%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: El Transito

FECHA: 11 de Enero de 2014

SENTIDO: Dos Sentidos

DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
5:00	6:00	298	49	17	2	4	370
6:00	7:00	543	68	27	9	11	658
7:00	8:00	551	54	21	7	11	644
8:00	9:00	398	54	21	4	5	482
9:00	10:00	387	39	14	2	4	446
10:00	11:00	333	46	21	4	3	407
11:00	12:00	340	37	16	3	6	402
12:00	13:00	379	39	15	2	7	442
13:00	14:00	347	34	15	3	4	403
14:00	15:00	311	33	13	3	2	362
15:00	16:00	297	31	13	4	3	348
16:00	17:00	296	41	13	2	2	354
17:00	18:00	301	30	11	2	4	348
18:00	19:00	300	22	10	4	2	338
19:00	20:00	287	26	11	2	2	328
TOTALES		5368	603	238	53	70	6332
TOTALES %		84,78%	9,52%	3,76%	0,84%	1,11%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: El Transito

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	4308	253	129	22	22	4734
Sábado	5368	603	238	53	70	6332
TPO	5419	479	206	42	52	6197
TPO %	87,44%	7,74%	3,32%	0,68%	0,83%	100,00%
TPDA TOTAL						5705
TPDA POR CLASE	4988	441	189	39	47	

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Lucia Albán
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 31 de Enero de 2014
DIA: Viernes

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	189	17	16	2	3	227
7:00	8:00	196	26	21	2	2	247
8:00	9:00	159	31	25	1	1	217
9:00	10:00	182	25	18	1	1	227
10:00	11:00	206	23	14	1	1	245
11:00	12:00	219	23	14	1	1	258
12:00	13:00	259	24	13	2	1	299
13:00	14:00	189	17	13	2	1	222
14:00	15:00	204	22	13	1	2	242
15:00	16:00	209	22	10	2	2	245
16:00	17:00	227	27	15	2	2	273
17:00	18:00	271	81	18	3	2	375
18:00	19:00	278	42	23	2	2	347
19:00	20:00	250	34	22	3	2	311
TOTALES		3038	414	235	25	23	3735
TOTALES %		81,34%	11,08%	6,29%	0,67%	0,62%	100%

FORMULARIO PARA CONTEOS VEHICULARES

CALLE: Lucía Albán
SENTIDO: Dos Sentidos

FECHA: 1 de Febrero de 2014
DIA: Sábado

HORA DE CONTEOS		TIPOS DE VEHÍCULOS					
INICIO	FIN	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	TOTAL DE VEHICULOS
6:00	7:00	245	19	9	1	3	277
7:00	8:00	245	14	6	3	2	270
8:00	9:00	200	13	7	1	1	222
9:00	10:00	198	13	7	5	1	224
10:00	11:00	203	16	7	1	1	228
11:00	12:00	192	16	8	1	1	218
12:00	13:00	186	17	9	4	2	218
13:00	14:00	197	17	8	1	1	224
14:00	15:00	185	18	9	1	3	216
15:00	16:00	193	18	8	2	2	223
16:00	17:00	188	19	9	1	2	219
17:00	18:00	142	11	6	1	2	162
18:00	19:00	170	14	7	1	2	194
19:00	20:00	153	14	6	1	2	176
TOTALES		2697	219	106	24	25	3071
TOTALES %		87,82%	7,13%	3,45%	0,78%	0,81%	100%

TRAFICO PROMEDIO OBSERVADO

CALLE: Lucia Albán

DIA	TIPOS DE VEHÍCULOS					TOTAL DE VEHICULOS
	AUTOS Y CAMIONETAS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES MAS DE 3 EJES	
Viernes	3038	414	235	25	23	3735
Sábado	2697	219	106	24	25	3071
TPO	3212	354	191	27	27	3811
TPO %	84,26%	9,30%	5,01%	0,72%	0,71%	100,00%
TPDA TOTAL						3509
TPDA POR CLASE	2956	326	176	25	25	