UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la
carretera Central (tramo: la Oroya – Concepción
“PE003-S”)**

TESIS

Para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

AUTOR

Matos Bendezu, Darwin Raul ([0000-0001-8102-2567](#))

Núñez Tolentino, Franck Boris ([0000-0002-7878-252X](#))

ASESOR DE TESIS

Llerena Cano, Donald Gustavo ([0000-0002-6719-700X](#))

Lima, 18 de Junio de 2018

*Dedicamos esta investigación a nuestras familias, especialmente a
nuestros padres por todo el esfuerzo que tuvieron que realizar para
nuestra formación profesional.*

Agradecimientos

Queda grabado por siempre en estas líneas, nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres, familiares e ingenieros especialistas en el área de transporte que hicieron posible el desarrollo de la presente investigación.

RESUMEN

La presente Tesis tiene como objetivo la realización de la “Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera central (tramo: La Oroya – Concepción PE003-S)”. Dicho tema se realiza ante una problemática de ámbito nacional como es la situación de la carretera Central, la cual fue diseñada para un tráfico aproximado de 4,000 vehículos por día; sin embargo, hoy por hoy se presenta un tráfico calculado entre 6,000 y 7,000 vehículos por día. Este incremento de vehículos genera una mayor congestión vehicular, lo cual origina un mayor número de ejes equivalentes que deterioran en gran proporción el pavimento.

Por ello, en la presente investigación, se aplica evaluación del sistema de gestión de pavimentos en el tramo: La Oroya – Concepción obteniendo una planificación adecuada sobre los tiempos y costos de conservación y mantenimiento de la vía. Para dicha evaluación se ha empleado una metodología que consta de cuatro partes: La primera, que consta en la recopilación de datos de campo e información de estudios anteriores, es importante conocer los datos sobre la geometría de la carretera, el número de vehículos que circulan por la vía y las características físicas del pavimento. La segunda, consta de analizar los datos recolectados y así obtener las proyecciones de vehículos, el IRI, PSI y número estructural de pavimento. La tercera, se realiza mediante la herramienta HDM-4. Y finalmente obtener el programa de conservación con el cual se determinará los años en los cuales se harán las intervenciones para mantenimiento y los costos asociados a estos.

Palabras Claves:

Conservación y Mantenimiento Vial, Sistema de gestión de pavimentos, Herramienta HDM -4.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to carry out the "Evaluation of the pavement management system of the central highway (section: La Oroya - Concepción PE003-S)". This issue is addressed to a problem of national scope such as the situation of the Central Highway, which was designed for an approximate traffic of 4,000 vehicles per day; however, today there is traffic calculated between 6,000 and 7,000 vehicles per day. This increase in vehicles generates greater traffic congestion, which results in a greater number of equivalent axes that deteriorate the pavement in a large proportion.

For this reason, in the present investigation, an evaluation of the pavement management system is applied in the section: La Oroya - Concepción obtaining an adequate planning on the times and costs of conservation and maintenance of the road. For this evaluation a methodology has been used that consists of four parts: The first, which consists of the collection of field data and information from previous studies, it is important to know the data on the geometry of the road, the number of vehicles that circulate by the road and the physical characteristics of the pavement. The second consists of analyzing the data collected and thus obtaining the projections of vehicles, the IRI, PSI and structural number of pavements. The third is done using the HDM-4 tool. And finally, obtain the conservation program that will determine the years in which maintenance interventions will be made and the costs associated with them.

Keywords:

Conservation and Road Maintenance, Pavement Management System, HDM -4 Tool.

ÍNDICE

Agradecimientos	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
INTRODUCCIÓN.....	12
Antecedentes.....	12
Realidad problemática	12
Formulación del Problema.....	13
Hipótesis	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos	13
Metodología.....	14
Descripción del Contenido	14
CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO	16
1.1 Infraestructura Vial.....	16
1.1.1 Elementos de la infraestructura vial	16
1.2 El pavimento como elemento de análisis para la gestión	17
1.2.1 Definición de pavimento	17
1.2.2 Clasificación de pavimentos.....	18
1.3 Pavimento Flexible.....	19
1.3.1 Terminología, función y características.....	19
1.3.2 Fallas en pavimentos flexibles:	22
1.3.2.1 Fallas comunes en los pavimentos flexibles.....	23
1.4 Ciclo de vida de los Pavimentos.....	42
1.5 Evaluación de Pavimentos.....	42
1.5.1 Evaluación Funcional	43
1.5.1.1 Serviciabilidad de Pavimentos.....	43
1.5.1.2 Índice de Rugosidad Internacional	45
1.5.1.2.1 Equipos para evaluar rugosidad.....	49

1.5.2	Evaluación Estructural.....	50
1.5.2.1	Factores que influyen en la evaluación estructural.....	53
1.5.2.1.1	Temperatura.....	53
1.5.2.1.2	Carga.....	53
1.5.2.2	Deflexiones en pavimentos.....	54
1.5.2.2.1	Área de cuenco de deflexiones	55
1.5.2.2.2	Método de Yonapave.....	56
1.6	Conservación de Pavimentos.....	59
1.7	Renovación y refuerzo de pavimentos flexibles.....	62
CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION		64
2.1	Generalidades del Proyecto	64
2.2	Evaluación técnica del Proyecto.....	65
2.2.1	Demanda Vehicular	65
2.2.1.1	Conteo y Clasificación Vehicular.....	65
2.2.1.2	Factores camión (Destructivos) y ejes equivalentes de carga	69
2.2.2	Evaluación Funcional	71
2.2.2.1	IRI y PSI.....	72
2.2.2.2	Agrietamiento	73
2.2.2.3	Ahuellamiento	74
2.2.2.4	Textura.....	75
2.2.3	Evaluación Estructural.....	76
2.2.3.1	Retrocálculo por Yonapave	77
2.2.3.2	Diseño de Refuerzo Estructural.....	78
2.2.4	Tramificación y sectorización	83
2.2.5	Evaluación del sistema de gestión de pavimentos actual	88
CAPÍTULO 3: MODELACION CON HDM-4		90
3.1.	Ingreso de Datos al HDM-4.....	90
3.1.1.	Ingreso de Datos de la Flota Vehicular	91
3.1.2.	Ingreso de Datos de la Red de carreteras.....	92
3.1.3.	Ingreso de Datos de Estándares de conservación	96
3.2.	Resultados de la modelación en HDM-4.....	97
ANEXOS		109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Serviciabilidad del Pavimento (AASHTO 1962)	44
Tabla 3: Rangos de Serviciabilidad (PSI).....	49
Tabla 4: Clasificación de equipos para medición de Rugosidad	49
Tabla 5: Estado del pavimento y subrasante mediante deflexiones y áreas	55
Tabla 6: Cuadro de valores del área del cuenco de deflexiones asociado al tipo de pavimento	56
Tabla 7: Equivalencia del área del cuenco de deflexiones según tipo de pavimento.....	56
Tabla 8: Coeficientes de ajuste para obtener la longitud característica.....	57
Tabla 9: Coeficientes de ajuste de curva para obtener modulo resiliente de retrocalculo de la subrasante	58
Tabla 10: Factores de ajuste al módulo resiliente retrocalculado (Mrr).....	59
Tabla 11: Niveles de Servicio para Superficie de Rodadura.	63
Tabla 12: Progresivas de inicio y fin del proyecto en estudio.....	64
Tabla 13: Factor de Corrección Estacional.....	66
Tabla 14: Índice Medio Diario Anual E1	67
Tabla 15: Índice Medio Diario Anual E2	68
Tabla 17: Factores camión.....	70
Tabla 18: Cálculo ESAL	71
Tabla 20: Ahuellamiento por sectores	75
Tabla 21: Textura por sectores	76
Gráfico 46: Diagrama para Retrocálculo por Yonapave	77
-Tabla 22: Resultados Obtenidos de Retrocálculo (S _{Neff})	78
Tabla 23: Valores de Modulo Resiliente	79
Tabla 25: Valores de Desviación Estándar Normal (Z _r)	80
Tabla 26: Coeficiente Estructural de la carpeta asfáltica en el pavimento nuevo	81
Tabla 27: Número Estructural Requerido (S _{N req.}).....	82
Tabla 28: Espesor de refuerzo adicional.....	83
Tabla 29: Sectorización por S _{Neff}	85
Tabla 30: Sectorización por IRI	86
Tabla 31: Sectorización del EDI.....	88
Tabla 32: Estrategia para Niveles de Servicio.....	100

Tabla 33: Resumen del costo económico por sector	101
Tabla 34: Resumen de Sectorización del Proyecto	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Metodología de Investigación	14
Gráfico 2: Sección Transversal típica a media ladera en curva (DG-2018).....	17
Gráfico 3: Estructura de pavimento flexible (Manual Suelos y Pavimentos– (MTC, 2014)	19
Gráfico 4: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Baja (ASTM, 2011)	24
Gráfico 5: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Media (ASTM, 2011)	25
Gráfico 6: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Alta (ASTM, 2011).....	25
Gráfico 7: Grieta de Bloque de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	26
Gráfico 8: Grieta de Bloque de Severidad Media (ASTM, 2011).....	26
Gráfico 9: Grieta en Bloque de Severidad Alta (ASTM, 2011)	27
Gráfico 10: Exudación de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	28
Gráfico 11: Exudación de Severidad Media (ASTM, 2011).....	28
Gráfico 12: Exudación de Severidad Alta (ASTM, 2011)	29
Gráfico 13: Baches y Hundimientos de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	30
Gráfico 14: Baches y Hundimientos de Severidad Media (ASTM, 2011).....	30
Gráfico 15: Baches y Hundimientos de Severidad Alta (ASTM, 2011)	31
Gráfico 16: Corrugaciones de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	31
Gráfico 17: Corrugaciones de Severidad Media (ASTM, 2011).....	32
Gráfico 18: Corrugaciones de Severidad Alta (ASTM, 2011)	32
Gráfico 19: Depresiones de Severidad Baja (ASTM, 2011)	33
Gráfico 20: Depresiones de Severidad Media (ASTM, 2011)	33
Gráfico 21: Depresiones de Severidad Alta (ASTM, 2011).....	34
Gráfico 22: Grietas de borde de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	35
Gráfico 23: Grietas de borde de Severidad Media (ASTM, 2011).....	35
Gráfico 24: Grietas de borde de Severidad Alta (ASTM, 2011).....	36
Gráfico 25: Grietas reflejadas de Severidad Baja (ASTM, 2011).....	37
Gráfico 26: Grietas reflejadas de Severidad Media (ASTM, 2011).....	37

Gráfico 27: Grietas reflejadas de Severidad Alta (ASTM, 2011)	38
Gráfico 28: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Baja (ASTM, 2011)	39
Gráfico 29: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Media (ASTM, 2011)	39
Gráfico 30: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Alta (ASTM, 2011)	40
Gráfico 31: Parches Deteriorados de Severidad Baja (ASTM, 2011)	41
Gráfico 32: Parches Deteriorados de Severidad Media (ASTM, 2011)	41
Gráfico 33: Parches Deteriorados de Severidad Alta (ASTM, 2011)	42
Gráfico 34: Cruva de comportamiento de un pavimento	45
Gráfico 35: Modelo de cuarto de coche (ASTM E1170)	46
Gráfico 36: Escala del pavimento de acuerdo al IRI	47
Gráfico 37: Clasificación de métodos para Evaluación Estructural	51
Gráfico 38: Cuenco de Deflexiones mediante el FWD	54
Gráfico 39: Comportamiento del pavimento al realizar trabajos de mantenimientos (Menéndez, 2013).....	60
Gráfico 40: Concepto de la conservación de pavimentos (Menéndez, 2013)	61
Gráfico 41: Inicio y Fin del tramo en estudio.....	64
Gráfico 42: Ubicación del Sub Tramo en estudio	65
Gráfico 43: Valores de IRI y Media Móvil	72
Gráfico 44: Valores de PSI.....	72
Gráfico 45: Esquema de medición del ahuellamiento	74
Gráfico 46: Diagrama para Retrocálculo por Yonapave	77
Gráfico 47: Coeficiente de aporte estructural de la Carpeta asfáltica	81
Gráfico 48: Tramificación y sectorización de carreteras	84
Gráfico 49: Sectorización D_0	85
Gráfico 50: Sectorización IRI.....	86
Gráfico 51: Sectorización General	87
Gráfico 52: Árbol de decisiones del EDI	89
Gráfico 53: Espacio de Trabajo del HDM-4	91
Gráfico 54: Flota vehicular.....	91
Gráfico 55: Factor Camión por tipo de vehículo	92
Gráfico 56: Sectores de la carretera en estudio	93
Gráfico 57: Características generales del sector.....	94

Gráfico 58: Características geométricas del sector.....	94
Gráfico 59: Características estructurales del sector.....	95
Gráfico 60: Características funcionales del sector	95
Gráfico 61: Diagrama de decisiones para conservación de pavimento	96
Gráfico 62: Estándar de conservación NdS	96
Gráfico 63: Estándar de conservación para todos los sectores del proyecto	97
Gráfico 64: Progreso del agrietamiento en el tiempo del Sector 1	98
Gráfico 65: Progreso de la irregularidad en el tiempo del Sector 1	98
Gráfico 66: Progreso del área dañada en el tiempo del Sector 1	98
Gráfico 67: Estrategia para Nivel de Servicio del Sector 1	99

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El sistema de gestión vial es aplicado en muchos países y en el Perú en el 2001 la Asociación BCEOM – OIST fue una de las primeras en proponer un sistema de Gestión de Carreteras aplicado a 1900 Km de la red nacional peruana. Posteriormente en el año 2006 Provías Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones propuso un modelo de sistema de gestión de infraestructura vial y en el 2008 el MTC aprobó el reglamento nacional de Gestión de Infraestructura Vial.

En el caso de la Asociación BCEOM – OIST, se propuso tres subsistemas; el de inventario calificado, el planeamiento y el de administración de mantenimiento. La propuesta de Provías Nacional primero propone definir el objetivo de la red, predecir la demanda futura, analizar la infraestructura existente para así definir un plan de obras y generar en función a ello alternativas para su futura programación y registro en el plan de inversiones. Finalmente, el reglamento principalmente establece conceptos de la gestión de infraestructura vial, la incorporación de manuales como instrumentos técnicos, consideraciones de derecho de vía e infracciones por daños a la infraestructura vial.

Estos sistemas de gestión descritos anteriormente están enfocados principalmente a toda la infraestructura vial, sin embargo, la presente investigación se limitará a la gestión del pavimento, la cual es una de las partes más importantes del sistema de gestión vial, porque brinda condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación de los vehículos, soportando además las condiciones climáticas en la cual se encuentra.

Realidad problemática

La carretera central es una de las vías que mayor circulación tienen el Perú, esta fue diseñada para un tráfico de 4000 vehículos por día como máximo. Sin embargo, en la actualidad de acuerdo a la concesionaria DEVIANDES y a algunos estudios de tráfico que se realizaron en esta vía, se calcula que por día pasan aproximadamente 6000

vehículos¹. Este incremento de vehículos genera en esta vía una mayor congestión vehicular porque la vía no está diseñada para un mayor tráfico, además, al pasar por esta vía un mayor número de vehículos, se genera mayor número de ejes equivalentes que deterioran en una mayor proporción al pavimento. A esto se añaden las condiciones climáticas que son determinantes en la temporada de enero a abril, meses en los cuales se producen huaycos que dañan la estructura del pavimento en algunos sectores. Es ahí donde se aplica la presente investigación, en la evaluación de la implementación del sistema de gestión de pavimentos, específicamente en el tramo: La Oroya – Concepción. Con el cual se planificará y definirá adecuadamente los tiempos y costos de conservación y mantenimiento.

Formulación del Problema

¿Es adecuado el sistema de mantenimiento de la carretera central Tramo: ¿La Oroya – Concepción?

Hipótesis

- El sistema de mantenimiento de la carretera central Tramo: La Oroya – Concepción no es el más eficiente. Puesto que los parámetros físicos tomados para la evaluación estructural y funcional no fueron los más adecuados posibles.

Objetivo General

- Evaluar y establecer el sistema de gestión de pavimentos en la carretera central (Tramo: La Oroya – Concepción “PE003-S”).

Objetivos Específicos

- Definir el pavimento y su sistema de gestión y mantenimiento como conceptos generales.
- Analizar y procesar la información existente; estudio de tráfico, inventario vial, datos del estado del pavimento. Realizar la evaluación funcional y estructural del pavimento.

¹ Reporte Carretera Central, 2016

- Definir el costo y escenario adecuado de mantenimiento del pavimento utilizando el HDM-4 para la evaluación del sistema de gestión de pavimentos y plantear de manera eficiente los recursos para garantizar un adecuado nivel de servicio.

Metodología

La metodología que se utilizara para la presente investigación consta de cuatro partes: La primera, que esencialmente busca recopilar los datos de la carretera como son su geometría, los vehículos que circulan por ella, y las características físicas del pavimento. La segunda, que principalmente se caracteriza por analizar los datos recolectados y así obtener las proyecciones de vehículos, el IRI, PSI y número estructural de pavimento. La tercera, en la cual se añadirán todos los datos analizados al HDM-4 para su modelación. Y finalmente obtener el programa de conservación con el cual se determinará los años en los cuales se harán las intervenciones para mantenimiento y los costos asociados a estos. (Ver Gráfico 1).

Gráfico 1: Metodología de Investigación

Descripción del Contenido

La presente tesis sobre la “Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera central (tramo: La Oroya – Concepción “PE003-S”) consta de tres capítulos que abarcan el marco teórico, el levantamiento y análisis de datos, y la modelación con HDM-4 con los resultados de la presente investigación.

En el primer capítulo, se profundiza ampliamente sobre los conceptos que serán la base de la investigación; para ello, se estudia las características y comportamientos de los pavimentos flexibles su aplicación en grandes carreteras del Perú, por ende, es necesario

conocer su ciclo de vida, evaluación y la gestión que se debe realizar para su conservación y además optimizar los costos de mantenimiento y conservación de las vías.

El segundo capítulo, se emplea para recopilar toda la información de campo e informaciones de estudios anteriores sobre la carretera central. La información más importante para realizar la evaluación de pavimentos es la referida al tráfico de vehículos que se obtienen en los aforos y conteos. Además del tráfico se necesita conocer las deflexiones de la vía que se hallan mediante equipos de medición dinámica como el Falling Weight Deflectometer (FWD) y las condiciones actuales de la superficie de la vía, las cuales fueron obtenidas con el perfilómetro. Una vez obtenido todos los datos de campo se realiza el análisis, para lo cual se utilizó cálculos con los cuales se obtuvo indicadores sobre las condiciones de la vía.

En el último capítulo, se realiza la modelación con la herramienta HDM-4, introduciendo todos los datos referidos a las condiciones superficiales y estructurales de la vía. Esta herramienta de gestión se utiliza para realizar la evaluación técnica y económica de la carretera central, tramo La Oroya – Concepción y así obtener un programa de actividades necesarios para la conservación de la vía siempre con los Niveles de Servicio establecidos.

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO

1.1 Infraestructura Vial

Se define la infraestructura vial como el conjunto de componentes físicos que interrelacionados entre sí de manera coherente y bajo cumplimiento de ciertas especificaciones técnicas de diseño y construcción, ofrecen condiciones cómodas y seguras para la circulación de los usuarios que hacen uso de ella, minimizando las externalidades tanto del medio ambiente como del entorno². Entre los elementos que lo conforman se encuentran los pavimentos, puentes, túneles, dispositivos de seguridad, señalización, entorno, medio ambiente, etc., los cuales cumplen funciones específicas, únicas e indispensables dentro del buen funcionamiento de la infraestructura vial.

Se puede denominar también a la infraestructura vial, como uno de los pilares de crecimiento y desarrollo sostenible más importante de un país. Sin embargo, pese a su importancia económica y social en el Perú la infraestructura vial presenta altos niveles de atrasos, siendo la inadecuada y falta de planificación la razón principal del rezago en el sector vial.

Por ello, es de vital importancia establecer metodologías de estudios, intervención y conservación de la infraestructura con el fin de brindar un tránsito efectivo, cómodo y seguro.

1.1.1 Elementos de la infraestructura vial

A continuación, se presentan los elementos o llamados también componentes físicos de la infraestructura vial:

- Estructura de Pavimento (Calzada).
- Separador central, isletas, rotondas.
- Obras de arte o drenaje (Bordillos, Cunetas, etc.).

² De Solminihaç, 2003

- Muros de contención.
- Taludes y cortes
- Vehículos
- Puentes vehiculares y peatonales.
- Rampas peatonales.
- Ciclo-rutas (vías destinadas de manera permanente a circulación de personas en bicicleta)
- Elementos de seguridad vial de apoyo (Señalización, alumbrado, barandas, acupuntura vial, dispositivos electrónicos, etc.).

En el Gráfico 2 se muestran algunos elementos que conforman la infraestructura vial.

Gráfico 2: Sección Transversal típica a media ladera en curva (DG-2018)

1.2 El pavimento como elemento de análisis para la gestión

1.2.1 Definición de pavimento

Se llama pavimento a la estructura formada por un conjunto de capas de material seleccionado colocados sobre un terreno acondicionado, que reciben en forma directa las

cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento. La función principal del pavimento es permitir el tránsito de vehículos³ cumpliendo con los siguientes parámetros:

- Con seguridad
- Con comodidad
- Con el costo óptimo de operación
- Superficie uniforme
- Superficie impermeable
- Color y textura adecuados
- Resistencia a la repetición de cargas
- Resistencia a la acción del medio ambiente
- Que no trasmita a las capas inferiores esfuerzos
- Mayores a su resistencia

Debido a que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se colocan los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores mientras que los de menor calidad se colocan en la terracería (subrasante).

La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, sino también del procedimiento constructivo; siendo los factores de la compactación y la humedad los más importantes; debido a que cuando un material no es acomodado adecuadamente, este se consolida por efecto de las cargas este se consolida por efecto de las cargas y se producen las deformaciones permanentes⁴.

1.2.2 Clasificación de pavimentos

Históricamente, los pavimentos han sido divididos en dos categorías: Flexibles y Rígidos.

³ Giordani y Leone, 2010

⁴ Giordani y Leone, 2010

- **Pavimentos Flexibles:** Es una estructura que tiene como superficie de rodadura material bituminoso (mortero asfáltico, TSB, micropavimento y mezclas asfálticas en caliente y frío), la cual está construida sobre unas capas granulares (base y sub-base), apoyándose todo este conjunto de capas sobre la subrasante compactada. (Ver Gráfico 3).
- **Pavimentos Rígidos:** Es una estructura compuesta por una capa superior de concreto hidráulico y una capa de sub-base granular, la cual puede ser estabilizada con cemento o cal que se encuentra entre el concreto y la subrasante.

También existe actualmente el llamado pavimento semirrígido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se le ha dado una rigidez alta por la adición de cemento o cal.

Gráfico 3: Estructura de pavimento flexible (Manual Suelos y Pavimentos– (MTC, 2014))

1.3 Pavimento Flexible

1.3.1 Terminología, función y características

A Terminología del pavimento

Pavimentos Flexibles: En general, están constituidos por una capa delgada de mezcla asfáltica (materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos) construida sobre una capa de base y una capa de sub-base, las que usualmente son de material granular. Dichas capas descansan en una capa de suelo compactada llamada subrasante.

- a. *Carpeta Asfáltica*: Es la parte superior de un pavimento flexible. Es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base. Los materiales pétreos son suelos inertes que se consiguen en ríos, arroyos o depósitos naturales. Para que dichos materiales puedan ser empleados en la carpeta asfáltica, deben de cumplir con parámetros establecidos respecto a la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

Los pavimentos flexibles, están constituidos con materiales débiles y menos rígidos (que el concreto), más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

B Función del pavimento

El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tránsito como es el caso de la carretera central, ya que según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la principal vía articuladora de personas y mercancías hacia la zona central del Perú finalizó el año 2017 con un promedio de 7,000 vehículos por día⁵.

La función principal del pavimento flexible es de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, de la intemperie y otros agentes perjudiciales, así como transmitir los esfuerzos por a las cargas del tránsito a la subrasante.

Funciones de las capas que constituyen un pavimento flexible:

- a. *Carpeta o capa de rodadura*: Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento.
- b. *Base*: Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa de Superficial y es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de

⁵ Diario Gestión, 2017

forma adecuada a la sub-base y a la subrasante. En general, se compone de agregados (ya sea estabilizado o sin estabilizar).

- c. Capa Sub-base: Se considera una capa netamente económica, debido a que el contenido de sus materiales es muy asequible y económico. Tiene la función de actuar como capa de transición entre la base y la subrasante, puesto que impide la penetración de materiales finos de la subrasante así, como la ascensión capilar.

C Características

Entre las principales características que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia estructural.
 - Deformabilidad
 - Durabilidad
 - Costo
 - Requerimientos de Conservación
 - Comodidad
- a. Resistencia estructural: El pavimento flexible debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. Se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes se tienen los producidos por la aceleración, drenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura⁶.
 - b. Durabilidad: La durabilidad se encuentra más ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se desee dar camino depende de la importancia de este. Existen oportunidades en la que es más conveniente hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

⁶ Higuera, 2007

- c. **Requerimientos de conservación:** Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro factor importante es la intensidad del tránsito, ya que se tienen que prever el crecimiento futuro. Se debe tomar en cuenta el comportamiento futuro de la subrasante, deformaciones y derrumbes. Otro aspecto que no se puede dejar de lado es la degradación estructural de los materiales por carga repetida. La falta e inadecuada conservación sistemática del pavimento flexible hace que la vida de un pavimento se acorte.
- d. **Comodidad:** Para grandes autopistas y carreteras, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.
- e. **Base y Sub – base:** Aunque las bases y las sub – bases tienen características semejantes, las sub – bases son de menor calidad. La sub – base es la capa de material que se construye directamente sobre la subrasante⁷.

La base es la capa de material que se construye sobre la sub – base. Los materiales con los que se construye deben ser de mejor calidad que los de la sub – base.

1.3.2 Fallas en pavimentos flexibles:

En pavimentos la palabra falla se utiliza tanto para verdaderos colapsos como deterioros simples, el concepto de deterioro o falla está asociado al nivel de servicio que depende de la exigencia del consumidor.

Una falla es algo que aparta de lo que se consideró perfecto. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos:

- Falla por insuficiencia estructural.
 - Falla por defectos constructivos.
 - Falla por fatiga.
- i. **Falla por insuficiencia estructural:** Son los pavimentos contruidos con material inapropiado en cuanto a resistencia. Se pueden utilizar materiales con buena calidad,

⁷ Montejo, 2010

pero espesores insuficientes. Esta falla se produce por la combinación de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores.

- ii. Falla por defectos constructivos: Son los pavimentos bien proporcionados y con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores.
- iii. Fallas por fatiga: Son pavimentos que en un inicio estuvieron bien proporcionados y contruidos, pero con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.

Aparte de estos tres grupos, también se agrupan las fallas por su origen, es decir por el modo en el que se producen y se manifiestan. Dichas fallas se dividen en tres nuevos grupos que vienen a ser: por fracturamiento, por deformación y por desintegración. Las cuales guardan relación con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y el apoyo que proporciona la subterránea.

[Las fallas por insuficiencia estructural, defecto, constructivo o fatiga pueden ser a fin de cuentas causadas por el fracturamiento, la deformación y la desintegración]⁸

1.3.2.1 Fallas comunes en los pavimentos flexibles

Entre las fallas más comunes que se producen en los pavimentos flexibles se encuentran la grieta piel de cocodrilo, las deformaciones permanentes en la superficie del pavimento, las fallas por cortante, el agrietamiento longitudinal y transversal, etc.

- a) **Grieta Piel de Cocodrilo:** El agrietamiento piel de cocodrilo o por fatigamiento es una serie de grietas interconectadas a lo largo de la superficie de rodamiento. Son ocasionadas principalmente por el movimiento excesivo de una o más capas del pavimento o por fatiga de la carpeta asfáltica. Es típico en pavimentos de bases débiles o insuficientemente compactas, puede formarse en zonas donde existe el congelamiento o en lugares que se requiere subdrenaje. Dicho fenómeno puede ser progresivo generando la destrucción del pavimento, que comienza por desprenderse de la carpeta y la remoción de los materiales granulares expuestos. Es importante

⁸ Montejo, 2010

analizar y estudiar la causa, ya que si es por fatiga el progreso es muy lento, en cambio, si es por deficiencia estructural o por exceso de agua el progreso es muy rápido. La severidad de la falla grieta piel de cocodrilo puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 4, 5 y 6 respectivamente.

Gráfico 4: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 5: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 6: Agrietamiento en Piel de Cocodrilo de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- b) Grieta de bloque:** Las grietas de bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.3 por 0.3 m a 3 por 3 m. Las grietas de bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y por los ciclos de temperatura que ocurre diariamente que da como resultado un ciclo diario de esfuerzos/deformaciones. No se encuentra asociado a la carga. Las grietas de bloque generalmente indica que el asfalto se ha endurecido de manera significativa. Normalmente ocurre en una gran parte del área del pavimento, pero a veces ocurrirá solo en áreas que no hay tráfico.

Este tipo de fallas difiere del agrietamiento de cocodrilo en que las grietas de cocodrilo forman piezas más pequeñas y de muchos lados con ángulos agudos. Además, a diferencia de las grietas de bloque, las grietas de cocodrilo son causadas por cargas de tráfico repetidas, por lo tanto, se encuentran solo en las áreas de tráfico, es decir, en las rutas de las ruedas.

La severidad de la falla grieta de bloque puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 7, 8 y 9 respectivamente.

Gráfico 7: Grieta de Bloque de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 8: Grieta de Bloque de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 9: Grieta en Bloque de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- c) **Exudación:** Es el desarrollo de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea una superficie brillante y muy lisa. La causa es la excesiva cantidad de asfalto de la mezcla o el bajo contenido de vacíos en la misma. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla durante la época de calor y se expande sobre la superficie del pavimento. En general, se lo puede considerar como un problema de diseño de mezcla. Dado que este proceso no se revierte con tiempo frío, se va acumulando cada vez más asfalto en la superficie. La severidad de la falla exudación puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 10, 11 y 12 respectivamente.

Gráfico 10: Exudación de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 11: Exudación de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 12: Exudación de Severidad Alta (ASTM, 2011)

d) Baches y Hundimientos: Llamados también abultamientos son desplazamientos localizados en la superficie del pavimento. Para considerarla como bache al menos una de sus dimensiones un mínimo debe tener de 150 mm.

Dentro de las posibles causas del origen de los baches se encuentran los siguientes:

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, aceite, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie de pavimento. La distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman ondulaciones.

La severidad de la falla baches y hundimientos puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 13, 14 y 15 respectivamente.

Gráfico 13: Baches y Hundimientos de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 14: Baches y Hundimientos de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 15: Baches y Hundimientos de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- e) **Corrugaciones:** La corrugación (también llamada “sartanejas”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m

Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito; este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestable.

La severidad de la falla corrugaciones puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 16, 17 y 18 respectivamente.}

Gráfico 16: Corrugaciones de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 17: Corrugaciones de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 18: Corrugaciones de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- f) **Depresiones:** Son áreas localizadas de pavimento que tienen pequeñas elevaciones menores a aquellas que se producen por efectos de las cargas. Generalmente dichas depresiones son solo perceptibles después de una lluvia, cuando el agua se apoza. Sin embargo, las depresiones también pueden percibirse sin la presencia de lluvia, por las manchas dejadas por el agua apoza.

La severidad de la falla depresiones puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 19, 20 y 21 respectivamente.

Gráfico 19: Depresiones de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 20: Depresiones de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 21: Depresiones de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- g) Grietas de borde:** Son grietas con tendencia longitudinal a semicircular ubicadas cerca del borde de la calzada, se presentan generalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel de la berma y la calzada. Generalmente se ubican dentro de una franja paralela al borde, con ancho hasta 0,60 m2.

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.30 m a 0,60 m del borde de la calzada.

La severidad de la falla grietas de borde puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 22, 23 y 24 respectivamente.

Gráfico 22: Grietas de borde de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 23: Grietas de borde de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 24: Grietas de borde de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- h) Grietas reflejadas:** Este tipo de daño ocurre cuando existe una capa de pavimento asfáltico sobre placas de pavimento rígido; estas fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas en dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando hay grietas en el pavimento rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular.

Las posibles causas de las grietas reflejadas son generadas por los movimientos de las juntas entre placas de pavimento rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.

La severidad de la falla grietas de borde puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 25, 26 y 27 respectivamente.

Gráfico 25: Grietas reflejadas de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 26: Grietas reflejadas de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 27: Grietas reflejadas de Severidad Alta (ASTM, 2011)

- i) **Grietas Longitudinales y Transversales:** Este tipo de grietas corresponden a las discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Las causas principales de ambos tipos de fisuras son:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.
- Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es:
- Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito.

Otras causas para la conformación de fisuras transversales son:

- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

La severidad de la falla grietas longitudinales y transversales puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 28, 29 y 30 respectivamente.

Gráfico 28: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 29: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 30: Grietas Longitudinales y Transversales de Severidad Alta (ASTM, 2011)

j) Parches deteriorados: Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (agua, gas, etc.)

Las posibles causas de los parches deteriorados:

- Procesos constructivos deficientes.
- Sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron.
- Deficiencias en las juntas.
- Parche estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Mala construcción del parche (base insuficientemente compactada, mezcla asfáltica mal diseñada).

La severidad de la falla parches deteriorados puede ser baja, media o alta, las cuales se observan en los gráficos 31, 32 y 33 respectivamente.

Gráfico 31: Parches Deteriorados de Severidad Baja (ASTM, 2011)

Gráfico 32: Parches Deteriorados de Severidad Media (ASTM, 2011)

Gráfico 33: Parches Deteriorados de Severidad Alta (ASTM, 2011)

1.4 Ciclo de vida de los Pavimentos

El pavimento después de haber sido construido presenta un muy buen estado y satisface a los usuarios. Con el paso del tiempo, la acción del clima y el paso de vehículos, este empieza a desgastarse poco a poco, pero de manera constante. Es ahí donde el pavimento va debilitándose. En esta etapa inicial, que se mantiene por varios años, el pavimento tiene un buen estado hasta que aparecen los primeros indicadores de deterioro.

Si durante el período en el que el pavimento presenta un estado entre bueno y regular no se realiza un mantenimiento adecuado, preventivo o correctivo, se corre el riesgo de que aparezca, en un plazo relativamente corto, una pronunciada aceleración del deterioro y un rápido descenso del nivel de servicio. Esto producto a que se pasa de fallas de tipo funcional a problemas de tipo estructural, los cuales son más difíciles y costosos de corregir. Por lo expuesto es importante contar con herramientas que permitan predecir la evolución del deterioro del pavimento.

1.5 Evaluación de Pavimentos

La evaluación del estado del pavimento se puede ver de dos puntos de vista, del nivel de servicio que otorga a los usuarios, y de la capacidad de resistir las solicitudes de cargas durante un periodo de su vida útil. Se realiza estas evaluaciones en los pavimentos para así poder asignar las acciones de conservación más adecuadas. Estos tipos de evaluación son los siguientes:

La evaluación funcional, la cual fundamentalmente evalúa la calidad de la superficie de rodadura del pavimento mediante la ejecución de ensayos que permitan determinar las características superficiales del mismo, interpretadas en parámetros como: textura, rugosidad, fricción., etc.

Y la evaluación estructural, la cual básicamente permitirá medir distintos parámetros, tales como: deflexión superficial, fallas presentes en el pavimento, radio de curvatura del cuenco de deflexiones del pavimento, tipos de materiales que conforman la estructura de pavimento, espesores de cada capa, su condición, etc.⁹

A continuación, se describirá a detalle que involucra cada tipo de evaluación.

1.5.1 Evaluación Funcional

La evaluación funcional se caracteriza por estar relacionada con la superficie del pavimento que condiciona la seguridad, comodidad y economía de los usuarios en la vía. Por ende, este tipo de evaluación tiene como objetivo reconocer las diversas deficiencias que se producen en la superficie del pavimento, entre las deficiencias más comunes se encuentran la rugosidad, fallas superficiales y pérdida de fricción.

La serviciabilidad es un factor determinante en este tipo de evaluación. Por otro lado, la rugosidad también es otro factor tomar en cuenta. Estos factores serán descritos a continuación.

1.5.1.1 Serviciabilidad de Pavimentos

Se define la serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

En un inicio, la serviciabilidad de un pavimento se cuantificó con la percepción que tenían los usuarios del nivel de servicio del pavimento otorgándole valores que iban del 0 al 5, siendo 5 una superficie en perfecto estado y 0 a una superficie intransitable¹⁰. La tabla 1 muestra la escala de evaluación:

⁹ Thenoux y Gaete, 2012: 1-4

¹⁰ Solminihac 2003: 83-85

Tabla 1: Índice de Serviciabilidad del Pavimento (AASHTO 1962)

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy Mala

Posteriormente la misma AASHTO, busco establecer una relación entre esta calidad de servicio y otros indicadores del deterioro de la superficie de rodadura. Entre ellos las deformaciones del perfil longitudinal, las irregularidades producidas por parches y sellado de grietas y las variaciones del perfil transversal para finalmente obtener las siguientes ecuaciones¹¹:

Asfalto:

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38(RD)^2 - 0.01\sqrt{C + P} \dots (\text{Ecu. 1})$$

Concreto:

$$PSI = 5.41 - 1.78 \log(1 + SV) - 0.09\sqrt{C + P} \dots (\text{Ecu. 2})$$

Donde:

SV = Varianza de la pendiente longitudinal, medida con un perfilómetro, rad x 10⁻⁶ (pulg/pie)²

RD = Ahuellamiento promedio en pavimentos de asfalto, pulg.

C (en asfalto) = Superficie agrietada, pie²/1000 pie²

C (en concreto) = Longitud total (transversales y longitudinales) de grietas, selladas o abiertas, pie²/1000 pie²

P = Superficie bacheada, pie²/1000 pie²

¹¹ Solminihac 2003: 89

Para poder analizar el comportamiento funcional del pavimento es necesario contar con información de la calidad de la superficie de rodadura durante el periodo de evaluación y datos históricos del tráfico que ha pasado por el pavimento durante ese mismo periodo.

En el Gráfico 34 se ve como el índice de serviciabilidad disminuye cuando pasan mayor cantidad de vehículos y con el paso del tiempo.

Gráfico 34: Cruva de comportamiento de un pavimento

1.5.1.2 Índice de Rugosidad Internacional

La rugosidad son las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, los cuales afectan el confort del viaje, la seguridad y los costos de operación del vehículo. Por lo tanto, se concluye que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento cuyas medidas se dan en m/km o pulg/milla. las cuales se definieron gracias a investigaciones realizadas por el Banco Mundial en Brasil.¹²

Este índice resume de manera matemática el perfil longitudinal del pavimento, el cual se representa mediante las vibraciones que se producen en los amortiguadores inducidas por la rugosidad de la vía. En el Gráfico 35 se presenta un esquema de lo mencionado anteriormente.

¹² Solminihac 2003: 91-94

Gráfico 35: Modelo de cuarto de coche (ASTM E1170)

Donde:

C_s : razón de amortiguación

h_{ps} : elevación del perfil suavizado

K_s : razón de suspensión

K_t : razón de suspensión del neumático

m_s : masa amortiguada (carrocería del modelo)

m_u : masa no amortiguada (ruedas y eje)

Z_s : altura de la masa amortiguada

Z_u : altura de la masa no amortiguada

Los valores del IRI tienen rangos que van desde 0 m/km hasta 20 m/km o más, siendo 0 m/km el valor de una vía prácticamente perfecta y 20 m/km de una vía imposible de

transitar. Sin embargo, estos valores son aceptables en función al tipo de vía al cual pertenecen tal como se muestra en el Gráfico 36.

Gráfico 36: Escala del pavimento de acuerdo al IRI¹³

En los parámetros de condición y serviciabilidad que se exige a las concesiones viales en el Perú se determina los siguientes parámetros para el IRI:

- En la recepción de obras nuevas o intervenciones de cambio de carpeta se exige un IRI de 2.0 m/km.
- Durante el periodo de conservación un IRI de 3.5 m/km.

¹³ Sayers, Gillespie y Paterson, 1986

Por otro lado, el manual de suelos y pavimentos del MTC establece los parámetros del IRI para diferentes tipos de carreteras, los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Rugosidad del IRI m/Km de acuerdo al tipo de carretera¹⁴

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Período de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Estos parámetros serán utilizados para la evaluación del tramo en estudio.

Por otro lado, también existe una relación entre el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para pavimentos flexibles, los cuales se presentan a continuación:

- a. Ecuación empleada por la AASHTO

$$PSI = 5 \times e^{\left(-\frac{IRI}{5.5}\right)}, IRI < 12 \dots\dots\dots(\text{Ecu. 3})$$

- b. Ecuación establecida por Bashar Al-Omari y Michael I. Darter

$$PSI = 5 \times e^{(-0.24IRI)} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 4})$$

¹⁴ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

c. Ecuación establecida por D. Dujisin y A. Arroyo

$$PSI = 5.85 - 1.68 \times IRI^{0.5} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 5})$$

Donde los valores se evalúan en función a los siguientes rangos:

Tabla 3: Rangos de Serviciabilidad (PSI)

PSI	Transitabilidad
0 – 1	Muy Mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy Buena

1.5.1.2.1 Equipos para evaluar rugosidad

El Banco Mundial: Boletín Técnico 46 y ASTM E-950-98 clasifican a los equipos utilizados para evaluar la rugosidad del pavimento de acuerdo se clasifican de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de equipos para medición de Rugosidad¹⁵

Clasificación del equipo	Clasificación Según Banco Mundial, Boletín Técnico N° 46	Requerimiento según ASTM E-950-98		Equipos
		Intervalo longitudinal	Resolución Vertical	
Clase 1	Son los más exactos para medir el IRI, requiere de una distancia no superior los 0.25 mm y la precisión en la medición de la elevación debe de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y de 3mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm (1 in)	Menor o igual a 0.1 mm (0.005 in)	<ul style="list-style-type: none"> – Perfilómetro Laser – TRL beam – Face Dipstick/ROMDAS Z-250 – ARRB Walking Profiler
Clase 2	Son todos los otros equipos que no cumplen con los requerimientos de precisión y exactitud requeridos en la clase 1. Además, requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre	Mayor que 25 mm (1 in) hasta 150 mm (6 in)	Mayor que 0.1 mm (0.005 in) hasta 0.2 mm (0.010 in)	<ul style="list-style-type: none"> – APL Profilometer – Profilographs (California, Rainhart) – Inertial Profilers

¹⁵ Washington Department of Transportation, 2005

Clasificación del equipo	Clasificación Según Banco Mundial, Boletín Técnico N° 46	Requerimiento según ASTM E-950-98		Equipos
		Intervalo longitudinal	Resolución Vertical	
	1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.			
Clase 3	El IRI es estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del IRI se da por medio de los equipos de respuesta dinámica. Por lo general, la obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM).	Mayor que 150 mm (6 in) hasta 300 mm (12 in)	Mayor que 0.2 mm (0.010 in) hasta 0.5 mm (0.020 in)	<ul style="list-style-type: none"> – Roadmaster – ROMDAS – TRL Bump Integrator – ARRB Roughometer
Clase 4	El IRI es obtenido mediante una evaluación subjetiva (experiencia y evaluación visual) o mediciones no calibradas. Por lo general se aplica donde no se exige demasiada exactitud en los resultados del IRI.	Mayor que 300 mm (12 in)	Mayor que 0.5 mm (0.020 in)	<ul style="list-style-type: none"> – Inspección Visual – Codificación

1.5.2 Evaluación Estructural

El proceso de evaluación estructural principalmente se desarrolla en pavimento existentes que están en proceso de rehabilitación o mejoramiento, esto debido a que el pavimento existente ya ha sufrido deterioro porque su vida útil esta por culminar, se proyectó un espesor insuficiente para del flujo vehicular, por agentes climáticos entre otros. En ese sentido se entiende por evaluación estructural de un pavimento existente al análisis y estimación del valor estructural remanente.

La auscultación estructural ha ido variando con el tiempo, en la actualidad para esta evaluación existen ensayos destructivos y no destructivos tal como se muestra en el Gráfico 37:

Gráfico 37: Clasificación de métodos para Evaluación Estructural¹⁶

Ensayos No Destructivos:

Estos tienen esta nomenclatura porque permiten evaluar el pavimento sin necesidad de intervenirlo. Con estos métodos se obtiene principalmente las deflexiones y se hace una evaluación empírica.

a) Medidas de Deflexión:

Estos son principalmente medidos por:

i. Viga Benkelman

Es un ensayo cuasi-estático relativamente antiguo que registra mediante un apoyo la acción de una carga normalizada (de 80 kN) con la cual se registra la deformación relativa. Es utilizado como parámetro para metodologías del Asphalt Institute, TRRL.

ii. Deflectómetro

¹⁶ Thenoux, y Gaete, 2012: 5-18

Se usa un dispositivo similar a la Viga Benkelman pero este dispositivo permite realizar las mediciones en forma continua, registrando así mayor número de kilómetros por día. Los datos obtenidos se utilizan también con el método TRRL.

iii. Dynaflect

Dispositivo que utiliza principios de fuerzas vibratorias que son aplicadas sobre el pavimento por medio de dos ruedas metálicas. Las deformaciones son captadas por geófonos. La ventaja de este método en comparación con los anteriores es que no solo registra la deflexión máxima, sino que registra también la deflexión en puntos alejados a este, permitiendo así realizar un retroanálisis de las características de las capas del pavimento, principalmente de la subrasante.

iv. Falling Weight Deflectometer (FWD)

Es un método dinámico similar al Dynaflect con la diferencia de que el impacto producido por la caída libre se da sobre amortiguadores que se apoyan sobre una placa de goma, la cual está sobre el pavimento. Las vibraciones son captadas por sensores sísmicos ubicados a distintas distancias del punto de aplicación. Con lo cual se genera un cuenco de deflexiones.

b) Evaluaciones Empíricas

Esta principalmente relacionado con una evaluación la cual relaciona la pérdida de capacidad estructural del pavimento con la sollicitación del tránsito real proyectado. Al ser un método empírico se recomienda no utilizarlo por la alta incertidumbre en la predicción del tránsito.

Ensayos Destructivos:

a) Excavación de calicatas:

Es un procedimiento tradicional que tiene como objetivo determinar las propiedades de los materiales de las capas que conforman el pavimento como: espesores, CBR, clasificación, densidades, etc. Además, se realizan inspecciones visuales a modo de detectar fallas como grietas que puedan generar un menor aporte estructural.

b) Extracción de testigos:

Con la extracción se obtiene una probeta cilíndrica de las capas superficiales del pavimento. Por lo general, este ensayo solo se aplica a las capas de asfalto y concreto y así medir sus propiedades mecánicas y espesores.

c) Placa de carga:

Ensayo que utiliza placas relativamente grandes para evaluar la capacidad portante de la subrasante, bases y pavimento. Es necesario realizar calicatas para este ensayo y así determinar el módulo de reacción k .

d) Penetrómetro Dinámico de Cono:

Este ensayo permite realizar auscultaciones in situ de la subrasante y bases granulares con el cual se obtiene las propiedades del CBR que están relacionadas con la penetración de la sonda para un determinado número de golpes (PR).

1.5.2.1 Factores que influyen en la evaluación estructural

Al realizar las mediciones de las características de un material se tiene implícitos supuestos rangos de temperatura y carga que pueden inducir a errores al momento de la interpretación de datos. Para lo cual, a continuación, se mencionará de qué manera influirá cada uno de estos.¹⁷

1.5.2.1.1 Temperatura

Para las deflexiones es necesario normalizar la temperatura de acuerdo a las características de la zona donde se realizó las mediciones, puesto que de no hacerlo no se estaría considerando las deflexiones por efecto de cambios térmicos. En este sentido, es importante considerar el estado térmico del pavimento porque la temperatura medida a una profundidad puede ser diferente a una que está a otra profundidad. La humedad también viene a ser importante por su influencia en las bases, subbases y subrasante puesto que algún material puede verse afectado por su presencia.

1.5.2.1.2 Carga

El tiempo de carga y la magnitud influyen en las deflexiones de los pavimentos, esto principalmente por el tipo de respuesta del material al cual esté ligado, en el caso del

¹⁷ Solminihac, 2003:147-150

asfalto se ve influenciado por su característica viscoelástica, y en el caso del concreto por el aumento del módulo dinámico producto de una frecuencia de carga muy alta. Motivo por el cual es recomendable que el equipo de prueba aplique una carga al pavimento similar a la carga de diseño

1.5.2.2 Deflexiones en pavimentos

La deflexión es la medida de la deformación elástica del pavimento producto del paso de una carga, el cual varía en función al método y equipo de medida, por lo general y como recomendación se establece que los ensayos utilizados sean no destructivos.

Cuando se aplica una carga sobre la superficie del pavimento, se desplaza toda la zona alrededor del eje de aplicación de la carga, al cual se le denomina cuenco de deflexiones tal como se ve en el Gráfico 38.

Gráfico 38: Cuenco de Deflexiones mediante el FWD

Por otro lado, también es necesario mencionar que la deflexión es indirectamente proporcional a la capacidad estructural, es decir si la deflexión es baja la estructura del pavimento tiene buena capacidad estructural.¹⁸

¹⁸ Higuera, 2009:2

Para la presente investigación se hará énfasis en la deflexión obtenida mediante el Falling Weight Deflectometer (FWD), principalmente por ser no destructiva y por proveer información de manera rápida para tramos largos como el tramo en estudio.

1.5.2.2.1 Área de cuenco de deflexiones

Mediante la utilización del FWD que consta de 7 sensores se mide la deflexión en 7 puntos tal como se muestra en el Gráfico 39 con la cual se obtiene el área del cuenco de deflexiones. Esta área se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Area = \frac{150 (D_0 + 2D_{30} + 2D_{60} + D_{90})}{D_0} \dots\dots\dots (Ecu. 6)$$

Donde:

D_0 = Deflexión en el centro de la carga

D_{30} = Deflexión a 30 cm de la carga

D_{60} = Deflexión a 60 cm de la carga

D_{90} = Deflexión a 90 cm de la carga

Del resultado del área del cuenco de deflexiones se ha establecido lo siguiente (ver Tabla 5):

Tabla 5: Estado del pavimento y subrasante mediante deflexiones y áreas

Área	Deflexión	Conclusión
Baja	Baja	Pavimento débil, Subrasante fuerte
Baja	Alta	Pavimento débil, Subrasante débil
Alta	Baja	Pavimento Fuerte, Subrasante Fuerte
Alta	Alta	Pavimento fuerte, Subrasante débil

Por otro lado, también se tiene rangos del área del cuenco que sirven para de manera rápida identificar a qué tipo de pavimento pertenece, estos fueron establecidos en el “Development of a Computer Program for determination of the Area Value and Subgrade Modulus using FWD test”, estos se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Cuadro de valores del área del cuenco de deflexiones asociado al tipo de pavimento

Tipo de Pavimento	Área (mm)
Concreto	610-840
Asfalto > 10 cm	530-760
Asfalto < 10 cm	410-530
Tratamiento Superficial	380-430
Tratamiento Superficial Débil	300-380

Además, Hoffman establece una equivalencia también en función al área del cuenco de deflexiones tal como se muestra a continuación (ver Tabla 7):

Tabla 7: Equivalencia del área del cuenco de deflexiones según tipo de pavimento

Tipo de Pavimento	Valor del Área
Flexible	≤ 600
Semirrígido	600 – 710
Rígido	> 710

1.5.2.2.2 Método de Yonapave

Este método al igual que el método de Lukanen, o el método de la Federal Highway Administration FHWA-RD-05-152 utiliza las bases del modelo de Hogg, sin embargo, además utiliza el programa Modulus, con el cual se generan curvas de las cuales se puede inferir valores basados en las características del cuenco de deflexiones. Este método permite obtener de manera muy sencilla y rápida el número estructural efectivo (S_{Neff}) y el módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante. A continuación, se presenta los pasos necesarios para obtener estos parámetros.¹⁹

a. Área del cuenco de deflexiones

Para el cálculo del área del cuenco de deflexiones se utiliza la ecuación 1.4-6, pero con las unidades en pulgadas.

¹⁹ Higuera, 2009: 83-84

b. Longitud Característica

La relación entre la profundidad real a la base o capa rígida (h) y la longitud característica (l_0) para Yonapave está relacionada con el área del cuenco de deflexiones mediante la siguiente ecuación:

$$l_0 = A x e^{B x AREA} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 7})$$

Donde:

l_0 = Longitud característica del cuenco de deflexión (cm)

A, B = Coeficientes de ajuste de curva (Ver Tabla 1.5-7)

H = Profundidad real a la base o capa rígida (cm)

Tabla 8: Coeficientes de ajuste para obtener la longitud característica

Rango de valores del AREA, Pulgadas	h/10	A	B
Mayor o igual a 23	5	3.275	0.1039
Mayor o igual a 21 y menor que 23	10	3.691	0.0948
Mayor o igual a 19 y menor de 21	20	2.800	0.1044
Menor de 19	40	2.371	0.1096

c. Módulo Resiliente de retrocálculo de la subrasante

En función a la longitud característica, el módulo resiliente de retrocálculo (M_{rr}) se obtiene en base de la presión generada por el plato de carga, la deflexión central y unos coeficientes de ajuste, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_{rr} = m x \frac{P}{D_0} x l_0^n \dots\dots\dots(\text{Ecu. 8})$$

Donde:

M_{rr} = Módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante (MPa)

P = Presión del plato de carga del FWD (kPa)

D_0 = Deflexión máxima bajo el plato de carga, (0,001 mm)

L_0 = Longitud característica del cuenco de deflexión (cm)

m, n = Coeficientes de ajustes de curvas (Ver Tabla 1.5-8)

Tabla 9: Coeficientes de ajuste de curva para obtener modulo resiliente de retrocalculo de la subrasante

Rango de valores del AREA, Pulgadas	h/10	m	n
Mayor o igual a 23	5	926.9	-0.8595
Mayor o igual a 21 y menor que 23	10	1152.1	-0.8782
Mayor o igual a 19 y menor de 21	20	1277.6	-0.8867
Menor de 19	40	1344.2	-0.8945

d. Número Estructural Efectivo

Como los valores de la longitud característica y el módulo resiliente de retrocalculo de la subrasante son conocidos, ahora se procede con el cálculo del numero estructural efectivo utilizando la siguiente ecuación:

$$SN_{Efectivo} = 2 \left[0.0182 \times l_0 \times \sqrt[3]{Mrr} \right] - 0.5 \dots \dots \dots (\text{Ecu. 9})$$

Donde:

$SN_{Efectivo}$ = Numero estructural efectivo

L_0 = Longitud característica (cm)

Mrr = Modulo resiliente de retrocalculo de la subrasante (MPa)

Por otro lado, la guía AASHTO establece factores de ajuste para poder determinar el módulo resiliente de la subrasante en función al módulo resiliente de retrocalculo de la subrasante, la cual varía en función a las características del pavimento. A continuación, se presenta la ecuación correspondiente.

$$Mr = CxMrr \dots \dots \dots (\text{Ecu. 10})$$

Donde:

Mrr = Módulo resiliente de retrocálculo de la subrasante

Mr = Módulo resiliente de la subrasante

C = Factor de ajuste (Ver Tabla 10)

Tabla 10: Factores de ajuste al módulo resiliente retrocalculado (Mrr)

Tipo de pavimento	Factor de ajuste "C" promedio
Suelos de subrasante bajo una subrasante estabilizada.	0.75
Suelos de subrasante bajo un pavimento sin una capa de base y/o subbase granular no ligada, y sin subrasante estabilizada.	0.52
Suelo de subrasante bajo un pavimento con una capa de base y/o subbase granular no ligada, pero sin subrasante estabilizada.	0.35

1.6 Conservación de Pavimentos

La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a brindar y a mantener carreteras usando tratamientos de bajo costo para retardar el deterioro del pavimento. Extiende la vida útil del pavimento mejorando su desempeño, reduciendo las molestias para los usuarios. La conservación de pavimentos incluye el mantenimiento preventivo, pero no incluye los pavimentos nuevos o que necesitan reconstrucción²⁰.

En otras palabras, la conservación de pavimentos engloba al conjunto de actividades encaminadas a preservar tales elementos en condiciones de circulación segura, cómoda y fluida con un mínimo costo para la sociedad²¹.

La clasificación de los trabajos de conservación se divide en: preventivos, correctivos y de emergencia, los que pueden definirse de la siguiente manera:

- **Mantenimiento preventivo:** Es una estrategia programada para preservar, mantener o mejorar un sistema vial y aporta en la reducción del deterioro sin incrementar sustancialmente la capacidad estructural del pavimento. De esta manera se reduce la necesidad de mantenimiento rutinario y de mantenimiento periódico.

²⁰ Salomón, 2004

²¹ Fundora, 2014

En este tipo de mantenimiento se incluyen los tratamientos convencionales, como sellado de grietas, un chip de sellado, riego de niebla, llenado de rutina, slurries, tratamientos superficiales, micropavimentados; con los cuales se obtiene una nueva superficie de rodadura.

El mantenimiento preventivo de los pavimentos debe llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever desperfectos y corregirlos para mantener el pavimento en óptimas condiciones. Un programa de mantenimiento preventivo embellece y protege el pavimento por una fracción del costo del reencarpetado con asfalto nuevo, permite también detectar fallos repetitivos, aumentar la vida del pavimento asfáltico y disminuir costos de reparaciones.

En el Gráfico 39 se observa la comparación entre el mantenimiento preventivo y rehabilitación de pavimentos.

Gráfico 39: Comportamiento del pavimento al realizar trabajos de mantenimientos
(Menéndez, 2013).

- **Mantenimiento correctivo:** O llamado también mantenimiento reactivo, comprende las acciones que se realizan después de producida la falla en el pavimento, tales como la pérdida de fricción, de moderada a severa, o de agrietamientos importantes.

Este tipo de mantenimiento es más costoso que el mantenimiento preventivo debido a que se realiza cuando el pavimento necesita reparación y no cuando aún se encuentra en buen estado.

- **Mantenimiento de emergencia:** El mantenimiento de emergencia comprende las acciones que se realizan ante una situación de emergencia como aparición de un bache grave que necesita ser reparado por razones de seguridad o para permitir la continuidad del flujo de tráfico por la carretera.

Analizando el concepto de conservación de pavimentos desde el punto de vista de sus trabajos o actividades, es un programa que integra de manera eficaz las estrategias de mantenimiento preventivo con mantenimiento periódico para los tramos conformantes de una red vial.

Al aplicar un tratamiento o tratamiento se mejora la superficie del pavimento y se extiende la vida útil del mismo, pero contar con una programación coherente para realizar el mantenimiento preventivo, permite identificar los beneficios reales del mantenimiento de pavimentos²². (Ver Gráfico 40).

Gráfico 40: Concepto de la conservación de pavimentos (Menéndez, 2013)

²² Menéndez, 2013

1.7 Renovación y refuerzo de pavimentos flexibles

Mediante el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) realiza una serie de recomendaciones en relación a la renovación y refuerzo de pavimentos flexibles que vienen a ser las siguientes²³:

- i. Ejes Equivalentes: El rango de tráfico en número de repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
- ii. Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año: Y rugosidad, al menos una medición cada dos años.
- iii. Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
- iv. Refuerzo con Mezcla Asfáltica en Caliente, colocado previa reparación de fisuras, grietas, baches, fresado y/o colocación de capa nivelante.

Por otro lado, de acuerdo a los parámetros de condición de serviciabilidad exigibles en concesiones viales el MTC establece las siguientes medidas para niveles de servicio²⁴ (Ver Tabla 11):

²³ Ministerio de Transportes y comunicaciones 2014

²⁴ Ositran 2010

Tabla 11: Niveles de Servicio para Superficie de Rodadura.

Niveles de Servicio para: Superficie de Rodadura		
Parámetro	Medida	Nivel de Servicio
Reducción del ancho de la superficie de rodadura	Porcentaje máximo de reducción del ancho	0%
Reducción del paquete estructural existente a la toma de posesión del Contrato	Porcentaje máximo de reducción del espesor de cada capa	10%
Huecos	Porcentaje máximo de área con huecos.	0%
Fisuras	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 5 mm	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 2.5 y 5 mm	15%
Parches	Porcentaje máximo de parches en mal estado (niveles de severidad medio o alto).	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm	0%
Hundimiento	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%
Exudación	Porcentaje máximo de área con exudación (sumados ambos niveles de severidad medio y alto).	0%
Existencia de material suelto	Porcentaje máximo de área con material suelto	0%
Existencia de obstáculos	Cantidad máxima de obstáculos	0%.
Peladuras	Porcentaje máximo de área con peladuras	0 %
Desprendimiento de	Porcentaje máximo desprendimiento de	0 %
Grietas longitudinales En el centro de la calzada y En los bordes	Porcentaje máximo de grietas longitudinales	0 %
Rugosidad para la recepción de obra nueva o intervenciones de cambia de carpeta	Rugosidad media móvil máxima, con un intervalo de 100 m.	2.00 IRI
Rugosidad durante el periodo de conservación a servicio	Rugosidad media móvil máxima, con un intervalo de 100 m.	3.50 IRI

CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

2.1 Generalidades del Proyecto

El proyecto en estudio forma parte del tramo 2 del IIRSA CENTRO del cual forman parte las regiones Lima, Junín y Pasco. Sin embargo, el sub tramo en estudio pertenece al sub tramo 2: La Oroya – Concepción, siguiendo la ruta PE03S. Este sub tramo tiene aproximadamente 105 Km, desciende por el valle del Mantaro, los primeros kilómetros tienen gran sinuosidad, el resto del sub tramo presenta tangentes amplias. A continuación, se presentan las coordenadas y las imágenes de Inicio y Fin (Ver Gráficos 41 y 42):

Tabla 12: Progresivas de inicio y fin del proyecto en estudio.

Progresiva	Norte	Este
0+000	8726119	400982
105+600	8680252	466307

Gráfico 41: Inicio y Fin del tramo en estudio

Gráfico 42: Ubicación del Sub Tramo en estudio

2.2 Evaluación técnica del Proyecto

2.2.1 Demanda Vehicular

Para la presente investigación, se identificaron dos estaciones de conteo vehicular las cuales están ubicadas en:

- Estación E1 - San Francisco, se encuentra ubicada a la altura de centro poblado San Francisco aproximadamente en el Km 41+600 de la Carretera La Oroya – Concepción.
- Estación E2: Matahuasi, se encuentra ubicada a la salida sur de Matahuasi aproximadamente en el Km 101+000 d la Carretera La Oroya – Concepción, en esta estación también se identificó vehículos que circulan por la carretera Jauja – Huancayo y viceversa.

2.2.1.1 Conteo y Clasificación Vehicular

Para la obtención del IMDA se recogió información de conteo vehicular durante 7 días seguidos por el periodo de 24 horas y se aplicó la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{V_{lunes} + V_{martes} + V_{miercoles} + V_{jueves} + V_{viernes} + V_{sábado} + V_{domingo}}{7} \dots\dots(Ecu. 11)$$

Donde:

TPDS = Transito Promedio Diario Semanal

V_i = Volumen total por día

Una vez obtenido el TPDS se corrige por un factor denominado: Factor de Corrección, este se obtuvo de información publicada por el MTC y MEF y se presenta a continuación.

Tabla 13: Factor de Corrección Estacional²⁵

Estación de Conteo	Factor de Corrección Estacional		Referencia
E1 – San Francisco	Vehículos Livianos	1.007071	Peaje Quiulla
	Vehículos Pesados	0.9321310	
E2 - Matahuasi	Vehículos Livianos	1.007071	Peaje Quiulla
	Vehículos Pesados	0.9321310	

Para obtener el IMDA se utiliza la siguiente ecuación:

$$IMDA = TPDS \times Fc \dots \dots \dots (\text{Ecu. 12})$$

Donde:

IMDA = Índice Medio Diario Anual (Veh/día)

TPDS = Transito Promedio Diario Semanal

Fc = Factor de corrección estacional

Los valores obtenidos de los conteos se presentan a continuación:

Estación E1 – San Francisco:

El Índice Medio Diario Anual y la composición vehicular correspondiente se muestra en la Tabla 14.

²⁵ Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016

Tabla 14: Índice Medio Diario Anual E1

TRAFICO VEHICULAR		
Clasificación E1 San Francisco (Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IMDa	Distrib. %
Autos	1047	32.70
S. Wagon	451	14.08
Pick Up	325	10.16
Panel	49	1.52
Camioneta	123	3.83
Micro	7	0.22
Omnibus 2E	102	3.20
Omnibus 3E	159	4.97
Omnibus 4E	38	1.20
Camion 2E	182	5.68
Camión 3E	243	7.60
Camion 4E	25	0.79
Semitrayles 2S2	7	0.21
Semitrayles 2S3	38	1.19
Semitrayles 3S2	19	0.61
Semitrayles 3S3	372	11.61
Traylers 2T2	3	0.08
Traylers 2T3	0	0.01
Traylers 3T2	4	0.13
Traylers 3T3	7	0.21
TOTAL IMD	3201	100.00

Estación E2 – Matahuasi:

El Índice Medio Diario Anual y la composición vehicular correspondiente se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Índice Medio Diario Anual E2

TRAFICO VEHICULAR		
Clasificación E2 Matahuasi		
(Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IMDa	Distrib. %
Autos	1992	46.20
S. Wagon	623	14.44
Pick Up	517	12.01
Panel	18	0.43
Camioneta	189	4.38
Micro	258	5.99
Omnibus 2E	152	3.52
Omnibus 3E	148	3.44
Omnibus 4E	30	0.69
Camion 2E	245	5.68
Camión 3E	79	1.84
Camion 4E	8	0.19
Semitrayles 2S2	3	0.07
Semitrayles 2S3	4	0.10
Semitrayles 3S2	4	0.10
Semitrayles 3S3	33	0.77
Traylers 2T2	1	0.02
Traylers 2T3	0	0.01
Traylers 3T2	0	0.01
Traylers 3T3	5	0.11
TOTAL IMD	4311	100.00

Las tasas de crecimiento para la proyección del tráfico se obtienen en el caso de vehículos de pasajeros en función a la tasa de crecimiento poblacional, y en el caso de los vehículos de carga, la tasa de crecimiento se obtiene en función al PBI. Para la presente investigación se utilizó tasas relacionadas a la Región Junín, estos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16: Tasas de Crecimiento del Tráfico por tipo de Vehículo

Tipo de vehículo	Tasa (2010-2020)
Vehículos de pasajeros	1.61%
Vehículos de carga	5.22%

2.2.1.2 Factores camión (Destructivos) y ejes equivalentes de carga

El cálculo de los ejes equivalentes (ESAL) se obtiene a partir del IMDa del estudio de tráfico. El cual es corregido por factores destructivos y tasas de crecimiento.

Para el cálculo de los Factores destructivos se utilizó las ecuaciones generales de la AASHTO, las cuales se muestran a continuación:

$$F_i = \log \frac{W_{tx}}{W_t} = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} \dots$$

(Ecu. 13)

$$G_t = \log \left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right) \dots \dots (\text{Ecu. 14})$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}} \dots \dots \dots (\text{Ecu. 15})$$

$$\beta_{18} = 0.40 + \frac{0.08(18 + 1)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19}} \dots \dots \dots (\text{Ecu. 16})$$

Donde:

Fi = Factor de daño por cada eje calculado

Lx = Carga del eje en kips

L2 = Factor que depende del tipo de eje (1 para eje simple, 2 eje tándem y 3 eje tridem)

pt = Serviciabilidad final

SN = Número estructural

Los factores camión por tipo de vehículo se muestran a continuación:

Tabla 17: Factores camión

Tipo de vehículo	Factor destrutivo
B2	3.594
B3	1.827
B4	2.261
C2	3.594
C3	2.510
C4	1.877
T2S2	5.540
T2S3	5.372
T3S2	4.456
T3S3	4.288
T2T2	9.654
T3T2	8.570
T3T3	7.486

Posteriormente se obtuvo los ejes equivalentes los cuales se obtuvieron con la siguiente ecuación:

$$ESAL = IMDa \times F_i \times T_s \times D \times 365 \dots\dots\dots(\text{Ecu. 17})$$

Donde:

ESAL = Número de repeticiones de eje equivalente (18 kips)

IMDa = Índice Medio Diario Anual

Fi = Factor Camion

Ts = Tasa de Crecimiento

D = Factor de distribución direccional (D=0.50)

Los ejes equivalentes obtenidos en las estaciones se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 18: Cálculo ESAL

AÑO	E1 San Francisco	E2 Matahuasi
2018	7.79E+05	4.87E+05
2019	1.59E+06	9.91E+05
2020	2.45E+06	1.51E+06
2021	3.34E+06	2.06E+06
2022	4.27E+06	2.62E+06
2023	5.25E+06	3.20E+06
2024	6.27E+06	3.80E+06
2025	7.34E+06	4.43E+06
2026	8.46E+06	5.08E+06
2027	9.63E+06	5.75E+06
2028	1.09E+07	6.45E+06
2029	1.21E+07	7.18E+06
2030	1.35E+07	7.94E+06
2031	1.49E+07	8.73E+06
2032	1.64E+07	9.54E+06
2033	1.79E+07	1.04E+07
2034	1.95E+07	1.13E+07
2035	2.13E+07	1.22E+07
2036	2.30E+07	1.32E+07
2037	2.49E+07	1.42E+07

2.2.2 Evaluación Funcional

El equipo utilizado para la medición de la rugosidad es el perfilógrafo RSP-L5 (Road Surfacer Profiler) de la compañía Dynatest, el cual permite relevar en forma continua cada carril de circulación del tramo seleccionado con un nivel máximo de precisión, además de contar con un alto rendimiento, al recorrer la vía a una velocidad superior a 30 km/h.

Los resultados del cálculo del PSI en general están entre 3 y 4 con lo que se puede decir que la carretera en estudio ofrece una serviciabilidad buena. A continuación, se presentan el detalle de los valores de IRI, Media Movil y PSI, datos que fueron obtenidos cada 200 m.

En los gráficos 43 y 44 se pueden observar los valores de IRI, Media Móvil y PSI de la carretera central. Tramo La Oroya – Concepción.

2.2.2.1 IRI y PSI

Gráfico 43: Valores de IRI y Media Móvil

Gráfico 44: Valores de PSI

2.2.2.2 Agrietamiento

Para obtener las medidas de agrietamiento se tuvo en consideración lo siguiente:

- Agrietamiento con ancho mayor a 6 mm es considerado un agrietamiento estructural ancho para datos de entrada del HDM-4
- Agrietamiento con ancho menor a 6 mm es considerado como agrietamiento total en el HDM-4.

La obtención de estos valores se realizó in situ y los valores establecidos en porcentajes para cada sector se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19: Agrietamiento por sectores

Sector	Inicio	Fin	Agrietamiento Total (%)	Agrietamiento Ancho (%)
1	01+400	03+200	0.56%	0.08%
2	03+200	09+400	0.96%	0.02%
3	09+400	12+200	6.62%	0.23%
4	12+200	12+800	1.80%	0.00%
5	12+800	18+400	2.11%	0.00%
6	18+400	20+800	5.97%	2.19%
7	20+800	22+000	2.99%	0.00%
8	22+000	25+000	4.44%	0.00%
9	25+000	31+800	1.76%	0.00%
10	31+800	32+800	0.20%	0.07%
11	32+800	35+000	0.98%	0.00%
12	35+000	36+000	0.13%	0.01%
13	36+000	41+000	1.12%	0.14%
14	41+000	43+000	0.09%	0.00%
15	43+000	45+000	0.07%	0.00%
16	45+000	47+000	0.00%	0.00%
17	47+000	47+600	0.00%	0.00%
18	47+600	54+000	0.07%	0.00%
19	54+000	56+800	0.42%	0.00%
20	56+800	59+600	0.20%	0.07%
21	59+600	61+800	7.66%	0.00%
22	61+800	64+600	5.98%	0.05%
23	64+600	71+800	4.77%	0.02%
24	71+800	77+800	2.67%	0.14%
25	77+800	87+800	6.50%	0.01%
26	87+800	97+600	4.30%	0.01%
27	97+600	105+600	2.81%	0.29%

2.2.2.3 Ahuellamiento

Para la medición del ahuellamiento se empleó el mismo equipo con el que se realizó la medición de la rugosidad, con el cual se midió un valor de ahuellamiento separado para cada una de las huellas por las cuales pasa el vehículo. Bajo estas condiciones el ahuellamiento es obtenido como la diferencia de la distancia vertical entre la elevación del láser sobre la huella tal como se muestra en el gráfico 45.

Gráfico 45: Esquema de medición del ahuellamiento

Por otro lado, en la siguiente tabla se presenta las mediciones del ahuellamiento para cada sector identificado en el tramo en estudio.

Tabla 20: Ahuellamiento por sectores

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Ahuellamiento (mm)
1	01+400	03+200	3.1
2	03+200	09+400	3.1
3	09+400	12+200	3.1
4	12+200	12+800	4.2
5	12+800	18+400	6.7
6	18+400	20+800	6.9
7	20+800	22+000	6.5
8	22+000	25+000	6.3
9	25+000	31+800	5.7
10	31+800	32+800	6.4
11	32+800	35+000	5.1
12	35+000	36+000	3.7
13	36+000	41+000	5.3
14	41+000	43+000	12.7
15	43+000	45+000	13.3
16	45+000	47+000	11.8
17	47+000	47+600	7.2
18	47+600	54+000	6.5
19	54+000	56+800	8.5
20	56+800	59+600	8.0
21	59+600	61+800	7.5
22	61+800	64+600	4.0
23	64+600	71+800	6.2
24	71+800	77+800	6.6
25	77+800	87+800	1.2
26	87+800	97+600	0.9
27	97+600	105+600	0.9

2.2.2.4 Textura

La textura obtenida corresponde a la macrotextura en sí, la cual ofrece resistencia al deslizamiento de los vehículos que se desplazan a altas velocidades sobre pavimentos mojados pues facilita el drenaje del agua existente en la superficie, por lo tanto, a mayor profundidad de textura existe mayor resistencia al deslizamiento.

La medición de la macrotextura se realizó en la presente investigación de forma directa con el RSP, determinando de esta manera la profundidad de la textura mediante el sensor láser ubicado en el bumper del vehículo de medición, en la línea de la huella de la llanta

derecha, registrando la profundidad de la macrotextura de forma continua. El promedio de los valores de textura para cada uno de los sectores se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 21:Textura por sectores

Sector	Inicio	Fin	Profundidad de la textura (mm)
1	01+400	03+200	0.4
2	03+200	09+400	0.5
3	09+400	12+200	0.5
4	12+200	12+800	0.4
5	12+800	18+400	0.4
6	18+400	20+800	0.4
7	20+800	22+000	0.4
8	22+000	25+000	0.5
9	25+000	31+800	0.4
10	31+800	32+800	0.5
11	32+800	35+000	0.4
12	35+000	36+000	0.4
13	36+000	41+000	0.4
14	41+000	43+000	0.4
15	43+000	45+000	0.4
16	45+000	47+000	0.4
17	47+000	47+600	0.4
18	47+600	54+000	0.4
19	54+000	56+800	0.4
20	56+800	59+600	0.4
21	59+600	61+800	0.4
22	61+800	64+600	0.5
23	64+600	71+800	0.5
24	71+800	77+800	0.4
25	77+800	87+800	0.4
26	87+800	97+600	0.4
27	97+600	105+600	0.3

2.2.3 Evaluación Estructural

El trabajo de campo utilizado para la obtención de las deflexiones fue mediante un método no destructivo, en el cual se utilizó el equipo FWD (Falling Weight Deflectometer), de marca KUAB Modelo 50. Los sismómetros utilizados en el equipo fueron 7 y la secuencia fue la siguiente 0, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 cm. La carga transmitida se dio mediante una placa circular de 30 cm de diámetro.

2.2.3.1 Retrocálculo por Yonapave

El proceso de retrocálculo desarrollado se desarrolló utilizando los criterios de YONAPAVE los cuales fueron descritos en el capítulo 1.5.2.2.2 de la presente investigación.

Esta metodología tiene el siguiente esquema que se observa en el gráfico 45.

Gráfico 46: Diagrama para Retrocálculo por Yonapave

Una vez obtenido el Modulo Resiliente de la Subrasante y la longitud característica se calcula el Numero Estructural Efectivo. A continuación, se presenta los resultados obtenidos:

-Tabla 22: Resultados Obtenidos de Retrocálculo (SN_{eff})

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Mrr (Mpa)	SN _{Efectivo}
1	1+400	3+200	608.32	2.99
2	3+200	9+400	542.55	2.96
3	9+400	12+200	522.20	3.20
4	12+200	20+800	435.31	3.49
5	20+800	25+000	594.99	3.54
6	25+000	31+800	468.37	3.31
7	31+800	36+000	559.86	3.89
8	36+000	47+600	511.37	3.25
9	47+600	56+800	633.25	3.34
10	56+800	64+600	454.31	3.77
11	64+600	87+800	392.70	3.79
12	87+800	97+600	320.03	3.80
13	97+600	105+600	617.07	4.28

La sectorización se realizó por el método de diferencias acumuladas el cual se presenta en los siguientes capítulos.

2.2.3.2 Diseño de Refuerzo Estructural

Para el cálculo del refuerzo estructural se utilizarán los siguientes datos:

- a. Proyección de los Ejes Equivalentes, los cuales se presentan en la tabla 18.
- b. El módulo resiliente de la subrasante, el cual se obtuvo utilizando la ecuación 10, utilizando el factor $C=0.35$.

Tabla 23: Valores de Modulo Resiliente

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Mr (psi)
1	1+400	3+200	30880.27
2	3+200	9+400	27541.76
3	9+400	12+200	26508.74
4	12+200	20+800	22097.53
5	20+800	25+000	30203.84
6	25+000	31+800	23776.13
7	31+800	36+000	28420.39
8	36+000	47+600	25958.67
9	47+600	56+800	32145.69
10	56+800	64+600	23062.49
11	64+600	87+800	19934.49
12	87+800	97+600	16245.90
13	97+600	105+600	31324.76

Con los valores obtenidos de los Ejes Equivalentes y el Modulo Resiliente de la subrasante se procede a obtener el numero estructural requerido (SN requerido)

Numero Estructural Requerido

Para el cálculo se utilizó la metodología AASHTO 93 que se indican a continuación:

a. Confiabilidad

La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre, la variación en las predicciones del tráfico y la importancia de la vía los valores fluctúan entre 50% para vías locales y 99.9% en vías nacionales tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 24: Niveles de Confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel recomendado por AASHTO para carreteras	
	Urbano	Rural
Carretera interestatal o autopista	80-99.9	80-99.9
Red principal o federal	80-99	75-95
Red secundaria o estatal	80-95	75-95
Red rural o local	50-80	50-80

Para la carretera en estudio utilizará una confiabilidad de 80% puesto que esta pertenece a una red principal.

Por otro lado, también asociado a la confiabilidad esta la confiabilidad estándar normal, la cual tiene los siguientes valores:

Tabla 25: Valores de Desviación Estándar Normal (Zr)

Niveles de Confiabilidad	Desviación Estándar Normal
60	-0.253
-	-
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645
99	-2.327
99.9	-3.090

Para el tramo en estudio se seleccionó un Zr igual a -0.841

b. Desviación Estándar Total (So)

Es la desviación estándar de la población de valores obtenidos por AASHTO, varía de 0.40 a 0.50 para pavimentos flexibles.

Para el presente tramo la desviación estándar considerada es de 0.45.

c. Serviciabilidad

De acuerdo a la AASHTO el PSI varía entre 0 (camino intransitable) a 5 (camino perfecto).

El Índice de serviciabilidad Inicial (p_0) está en función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción, para el presente proyecto adoptaremos el valor de $p_0 = 4.0$.

El Índice de serviciabilidad Final (p_t), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía. Para el tramo en estudio la serviciabilidad final es $p_t = 2.0$.

d. Coeficiente de Aporte Estructural

El coeficiente estructural de la carpeta asfáltica es estimado a partir de las correlaciones que la guía de diseño, el cual es presentada en el Gráfico 46.

Gráfico 47: Coeficiente de aporte estructural de la Carpeta asfáltica²⁶

Del grafico se obtiene los valores de Modulo de Elasticidad y Coeficiente de Capa

Tabla 26: Coeficiente Estructural de la carpeta asfáltica en el pavimento nuevo

Capa	Mr (psi)	Coef. Estruct
Carpeta Asfáltica	420,000	0.42/pulg

e. Formula AASHTO 93

Para obtener el SN requerido se utiliza la siguiente ecuación:

²⁶ AASHTO 1993

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

.....(Ecu. 18)

Donde:

W_{18} = Número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)

Z_R = Confiabilidad

S_0 = Desviación estándar

SN = Número estructural

ΔPSI = Pérdida de Serviciabilidad

M_R = Módulo resiliente de la subrasante

Tabla 27: Número Estructural Requerido (SN req.)

Sector	Progresiva inicio	Progresiva fin	SN Requerido
1	1+400	3+200	1.78
2	3+200	9+400	1.86
3	9+400	12+200	1.89
4	12+200	20+800	2.03
5	20+800	25+000	1.79
6	25+000	31+800	1.97
7	31+800	36+000	1.84
8	36+000	47+600	1.90
9	47+600	56+800	1.75
10	56+800	64+600	1.99
11	64+600	87+800	2.11
12	87+800	97+600	2.11
13	97+600	105+600	1.63

Refuerzo Estructural

Para el cálculo del espesor del refuerzo estructural se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{01} = \frac{SN_{requerido} - SN_{efectivo}}{a_{01}} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 19})$$

Donde:

a_{01} = Coeficiente estructural para recapeo de concreto asfáltico, igual a 0.42

D_{01} = Espesor requerido de recapeo.

SN_{req} = Número estructural requerido.

SN_{eff} = Número Estructural efectivo.

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 28: Espesor de refuerzo adicional

Sector	Progresiva inicio	Progresiva fin	Mrr (Mpa)	S _{Neff}	S _{Nreq}	Refuerzo Requerido (Pulg)
1	1+400	3+200	608.32	2.99	1.78	0.0
2	3+200	9+400	542.55	2.96	1.86	0.0
3	9+400	12+200	522.20	3.20	1.89	0.0
4	12+200	20+800	435.31	3.49	2.03	0.0
5	20+800	25+000	594.99	3.54	1.79	0.0
6	25+000	31+800	468.37	3.31	1.97	0.0
7	31+800	36+000	559.86	3.89	1.84	0.0
8	36+000	47+600	511.37	3.25	1.90	0.0
9	47+600	56+800	633.25	3.34	1.75	0.0
10	56+800	64+600	454.31	3.77	1.99	0.0
11	64+600	87+800	392.70	3.79	2.11	0.0
12	87+800	97+600	320.03	3.80	2.11	0.0
13	97+600	105+600	617.07	4.28	1.63	0.0

2.2.4 Tramificación y sectorización

La tramificación se refiere a la subdivisión de una carretera en base a parámetros que presentan cierta constancia como la estructura del pavimento, el tránsito y el clima. Por otro lado, la sectorización se refiere a la discriminación de sectores distintos dentro de un tramo debido a condiciones del estado del pavimento como numero estructural y rugosidad.

A continuación, en el Gráfico 47 se presenta un esquema referencial de cómo se puede realizar la tramificación y sectorización.

Gráfico 48: Tramificación y sectorización de carreteras²⁷

Sin embargo, para poder obtener los sectores del SN e IRI se utilizó el método de Diferencias Acumuladas de la AASHTO, la cual permite delimitar estadísticamente sectores homogéneos, estos se presentan en los siguientes párrafos.

Sectorización Numero Estructural SN

La obtención de los sectores para el numero estructural del tramo en estudio se obtuvo en función a las deflexiones máximas los cuales presenta en el Gráfico 48 que se observa continuación.

²⁷ Solminihac 2003

Gráfico 49: Sectorización D₀

De la sectorización se obtuvo 13 sectores los cuales se presentan a continuación, es necesario aclarar que no se consideró el tramo del Km 0+000 al 1+400 porque lo conforma un pavimento rígido.

Tabla 29: Sectorización por S_Neff

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	D ₀ (μm)	M _{rr} (Mpa)	S _N Efectivo
1	1+400	3+200	176.44	608.32	2.99
2	3+200	9+400	192.66	542.55	2.96
3	9+400	12+200	186.75	522.20	3.20
4	12+200	20+800	198.30	435.31	3.49
5	20+800	25+000	157.17	594.99	3.54
6	25+000	31+800	195.96	468.37	3.31
7	31+800	36+000	152.52	559.86	3.89
8	36+000	47+600	186.84	511.37	3.25
9	47+600	56+800	157.52	633.25	3.34
10	56+800	64+600	181.04	454.31	3.77
11	64+600	87+800	199.63	392.70	3.79
12	87+800	97+600	230.09	320.03	3.80
13	97+600	105+600	131.98	617.07	4.28

Sectorización IRI

Los sectores para el IRI se obtuvieron también por el método de diferencias acumuladas, estos se presentan en el gráfico 49.

Gráfico 50: Sectorización IRI

De la sectorización por IRI se obtuvo 15 sectores, esto sin considerar también el tramo del Km 0+000 al 1+400, los sectores se presentan a continuación:

Tabla 30: Sectorización por IRI

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	IRI (m/km)
1	1+400	12+800	1.6
2	12+800	18+400	1.5
3	18+400	22+000	1.8
4	22+000	32+800	1.6
5	32+800	35+000	1.2
6	35+000	41+000	1.6
7	41+000	43+000	2.3
8	43+000	45+000	1.5
9	45+000	47+000	2.2
10	47+000	54+000	1.6
11	54+000	59+600	1.8
12	59+600	61+800	3.0
13	61+800	71+800	1.5
14	71+800	77+800	1.9
15	77+800	105+600	2.5

De la sectorización por numero estructural e IRI y la tramificación por tráfico se obtiene los siguientes sectores:

Gráfico 51: Sectorización General

2.2.5 Evaluación del sistema de gestión de pavimentos actual

La información a analizar del sistema de gestión de pavimentos actual fue obtenida del Estudio definitivo de ingeniería para obras puesta a punto del Tramo 2: Puente Ricardo Palma – La Oroya – Huancayo, y La Oroya – Dv. Cerro de Pasco de la Carretera IIRSA CENTRO.

Del análisis, se identificó dos aspectos muy importantes que hacen que el sistema de gestión actual no sea el más eficiente, los cuales son:

i. Tramificación y sectorización.

En el estudio del sistema actual de pavimentos se encontró la siguiente aseveración: “Adicionalmente se considera que los segmentos no deben ser menores a 5.0 – 7.5 km a fin de optimizar el uso de los recursos, salvo que se trate de zonas urbanas, túneles o zonas críticas donde el segmento podrá tener menor longitud” (Vol. 1-7 Informe de Suelos y Pavimentos del EDI)

Tabla 31: Sectorización del EDI

SubTramo	Progresivas		Long. (km)
	Inicio	Fin	
ST-2-3	1+430	21+655	20.225
ST-2-4	21+655	29+186	7.531
ST-2-5	29+186	36+250	7.064
ST-2-6	36+250	42+520	6.270
ST-2-7	42+520	49+475	6.955
ST-2-8	49+475	55+700	6.225
ST-2-9	55+700	63+135	7.435
ST-2-10	63+135	69+350	6.215
ST-2-11	69+350	75+501	6.151
ST-2-12	75+501	81+650	6.149
ST-2-13	81+650	87+450	5.800
ST-2-14	87+450	94+500	7.050
ST-2-15	94+500	105+600	11.100

Tal como se ve en la tabla 28, en el Estudio de Ingeniería se definió 13 sectores, al respecto, de acuerdo al análisis realizado en el capítulo 2.2.4 y considerando los tramos necesarios para el proyecto, con lo cual se puede obtener menores o mayores necesidades de conservación. En la presente investigación se identificó 27 sectores.

El Estudio de Ingeniería propone el siguiente árbol de decisiones:

Gráfico 52: Árbol de decisiones del EDI

Del árbol de decisiones se observa que para todos los casos en que la deflexión admisible es menor a la deflexión máxima se tiene propuestas de solución de refuerzo estructural tales como MAC modificada y MAC incluyendo mejoramientos de la subrasante, fresado profundo, fresado sector de exudación y recapeos, todos ellos dependen de un número estructural definido.

En el caso de que las deflexiones admisibles son mayores a la deflexión máxima (no existen problemas de insuficiencia estructural) se proponen soluciones que corresponden a recuperar capacidad estructural. De acuerdo al manual del sistema de gestión de carreteras del MTC en los casos en que la capacidad estructural no se vea disminuida las soluciones van por el objetivo de resolver los posibles problemas superficiales o funcionales que no necesariamente son colocación de capas de MAC, recapeos; sino más bien de sellos de capa como el slurry, esta solución se definió en el capítulo 3.1.3.

CAPÍTULO 3: MODELACION CON HDM-4

El modelo HDM-4 predice las condiciones del pavimento de acuerdo a los datos de entrada ingresados y a políticas de intervención. Este modelo es muy utilizado en el planteamiento de gestión de carreteras a nivel público y privado.

En la presente investigación se plantea algunas intervenciones a realizar con el objetivo de cumplir los niveles de servicio solicitados.

3.1. Ingreso de Datos al HDM-4

La calibración de algunos parámetros asociados a la flota vehicular, y a la red de carreteras se realizó utilizando el boletín de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto de la Oficina de Inversiones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones sobre parámetros requeridos y opcionales para uso del HDM.

Para poder realizar la modelación en el HDM-4, es necesario tener un espacio de trabajo el cual consta de lo siguiente:

- Flota vehicular
- Red de carretera
- Estándar de conservación
- Proyecto (Modelación)

Gráfico 53: Espacio de Trabajo del HDM-4

La configuración de cada uno de estos inputs se describe en los siguientes capítulos.

3.1.1. Ingreso de Datos de la Flota Vehicular

La configuración de la flota vehicular se realizó de acuerdo a los tipos de vehículos obtenidos en el estudio de tráfico, el cual se muestra a continuación.

HDM-4 v2.09.02 - [Flota vehicular: LA OROYA-CONCEPCION - Datos generales]				
Espacio de trabajo Flota Ver Ventana Ayuda				
Nombre	Tipo	Última modificación	Tipo de base	Categoría
01-Auto	Automóviles	03/06/2018	Automóvil mediano	Motorizado
02-Pick-up	Utilitarios	03/06/2018	Vehículo ligero de repa	Motorizado
03-Camioneta Rural	Autobuses	03/06/2018	Minibus	Motorizado
04-Micro	Autobuses	03/06/2018	Minibus	Motorizado
05-Bus 2E	Autobuses	03/06/2018	Autobús ligero	Motorizado
06-Bus 3E	Autobuses	03/06/2018	Autobús mediano	Motorizado
07-Bus 4E	Autobuses	03/06/2018	Autobús pesado	Motorizado
08-Camion 2E	Camiones	03/06/2018	Camión ligero	Motorizado
09-Camion 3E	Camiones	03/06/2018	Camión mediano	Motorizado
10-Camion 4E	Camiones	03/06/2018	Camión pesado	Motorizado
11-T2S2	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
12-T2S3	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
13-T3S2	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
14-T3S3	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
15-C2R2	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
16-C3R2	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado
17-C3R3	Camiones	03/06/2018	Camión articulado	Motorizado

Gráfico 54: Flota vehicular

En la configuración de la flota vehicular para cada tipo de vehículo se consideró su factor camión (destructivo) obtenido en el Capítulo 2.2.1.2. tal como se muestra en la siguiente figura.

Atributos del vehículo: 05-Bus 2E

Definición | Características básicas | Costos económicos unitarios

Físicas

Espacios equivalentes en vehículos de pasajeros: 1.4

Número de ruedas: 6

Número de ejes: 2

Neumáticos

Tipo de neumático: Diagonal

No. de renovaciones: 1.3

Costo de renovación: 15 %

Utilización

km anuales: 34000 km

Hrs. laborables: 850 hrs

Vida promedio: 8 años

Uso privado: 0 %

Pasajeros: 20 personas

Viajes de trabajo: 75 %

Carga

ESALF: 3.594

Peso en operación: 7 ton

Calibración...

Valores por omisión:

Aceptar

Cancelar

Factor de espacios equivalentes de automóviles de pasajeros (PCSE)

Gráfico 55: Factor Camión por tipo de vehículo

Además, se consideró la tasa de crecimiento de la flota en función a lo determinado en el Capítulo 2.2.1.1

3.1.2. Ingreso de Datos de la Red de carreteras

El tramo en estudio se dividió en 27 sectores por el tráfico, IRI y número estructural

ID	Descripción	Última modificación	Clase de sup.	Tipo de pavimento	Juego de calibración RD	Long. (km)
T01_1	Sector 01: Km 1+430 - Km 3+200	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	1.8
T02_1	Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	6.2
T03_1	Sector 03: Km 9+400 - Km 12+200	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.8
T04_1	Sector 04: Km 12+200 - Km 12+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	0.6
T04_2	Sector 05: Km 12+800 - Km 18+400	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	5.6
T04_3	Sector 06: Km 18+400 - Km 20+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.4
T05_1	Sector 07: Km 20+800 - Km 22+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	1.2
T05_2	Sector 08: Km 22+000 - Km 25+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	3.0
T06_1	Sector 09: Km 25+000 - Km 31+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	6.8
T07_1	Sector 10: Km 31+800 - Km 32+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	1.0
T07_2	Sector 11: Km 32+800 - Km 35+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.2
T07_3	Sector 12: Km 35+000 - Km 36+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	1.0
T08_1	Sector 13: Km 36+000 - Km 41+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	5.0
T08_2	Sector 14: Km 41+000 - Km 43+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.0
T08_3	Sector 15: Km 43+000 - Km 45+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.0
T08_4	Sector 16: Km 45+000 - Km 47+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.0
T08_5	Sector 17: Km 47+000 - Km 47+600	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	0.6
T09_1	Sector 18: Km 47+600 - Km 54+000	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	6.4
T09_2	Sector 19: Km 54+000 - Km 56+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.8
T10_1	Sector 20: Km 56+800 - Km 59+600	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.8
T10_2	Sector 21: Km 59+600 - Km 61+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.2
T10_3	Sector 22: Km 61+800 - Km 64+600	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	2.8
T11_1	Sector 23: Km 64+600 - Km 71+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	7.2
T11_2	Sector 24: Km 71+800 - Km 77+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	6.0
T11_3	Sector 25: Km 77+800 - Km 87+800	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	10.0
T12_1	Sector 26: Km 87+800 - Km 97+600	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	9.8
T13_1	Sector 27: Km 97+600 - Km 105+600	04/06/2018	Asfáltica	Mezcla asfáltica sobre base granular	Asphalt Mix on Granular Base	8.0

Gráfico 56: Sectores de la carretera en estudio

Cada sector tiene características particulares, las cuales fueron definidas principalmente por:

- Geometría : Datos obtenidos del inventario de la carretera.
- Estructura del pavimento: Datos obtenidos mediante el método de Yonapave.
- Condición funcional: las cuales fueron obtenidos con el perfilómetro y mediante inspección visual

Tramo: Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400

Definición | Geometría | Pavimento | Condición | Otros | Tránsito motorizado | Valuación de activos

Nombre: Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400
 ID: T02_1
 Nombre de la ruta:
 ID de la ruta:

Longitud: 6.2 km
 Ancho de calzada: 6.6 m
 Ancho de acotamientos: 1 m
 Dirección del flujo: Dos carriles
 Clase de superficie: Asfáltica

Tipo de velocidad/capacidad: Carretera 2 carriles estandar
 Modelo de tránsito: Inter-urban
 Clase de accidentes: Two Lane Road
 Zona climática: Sierra
 Tipo de carretera: Secondary or main

Serie de calibración: Default Calibration Factors
 Juego de calibración: Asphalt Mix on Granular Base

Resumen del juego de calibración seleccionado
 Tipo de pavimento: Mezcla asfáltica sobre base granular
 Material superficial: Concreto asfáltico

Aceptar Cancelar

Atributos que definen el tramo

Gráfico 57: Características generales del sector

Tramo: Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400

Definición | Geometría | Pavimento | Condición | Otros | Tránsito motorizado | Valuación de activos

Ascensos y descensos: 8.9 m/km
 No. de ascensos y descensos: 2 no./km
 Sobreelevación: 4 %
 Curvatura horizontal promedio: 145.8 deg/km
 adral: 0.2 m/s²
 Límite de velocidad: 50 km/h
 Cumplimiento del límite de velocidad: 1.1
 Altitud: 3690 m

Factores de reducción de la velocidad
 XNMT: 1 0.4 <= XNMT <= 1
 Fricción lateral: 1 0.4 <= XFRI <= 1
 XMT: 1 0.4 <= XMT <= 1

Aceptar Cancelar

Datos geométricos

Gráfico 58: Características geométricas del sector

Tramo: Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400

Definición | Geometría | Pavimento | Condición | Otros | Tránsito motorizado | Valuación de activos

Capa superficial

Tipo de pavimento: Mezcla asfáltica sobre base granular

Tipo de material: Concreto asfáltico

Espesor más reciente: 130 mm

Espesor anterior: 0 mm

Trabajos previos (tipos de trabajos de HDM-4)

Últ. reconstrucción o nueva construcción: 2004 año

Última rehabilitación (sobrecarpeta): 2004 año

Último tratamiento superficial (sello): 2010 año

Último tratamiento preventivo: 2010 año

Capacidad estructural

Parámetros del modelo estacional Seco

SNP: 2.96 DEF: 1.14 mm

[1] ☒ Número estructural: 0.96

VRS de la subrasante: 39 %

☒ Estación seca ☐ Estación húmeda

[2] ☐ SNP calculado

Capa de base (sólo para bases estabilizadas)

Espesor de base: mm

Módulo resiliente: GPa

Aceptar Cancelar

Espesor de la capa superficial más reciente (en mm)

Gráfico 59: Características estructurales del sector

Tramo: Sector 02: Km 3+200 - Km 9+400

Definición | Geometría | Pavimento | Condición | Otros | Tránsito motorizado | Valuación de activos

Condición al final del año	2015
Irregularidad (IRI - m/km)	1.60
Aqriet. estr. total (%)	0.96
Aqriet. estr. ancho (%)	0.02
Aqrietamiento térmico (%)	0.00
Área con desprendimientos (%)	1.00
Número de baches (No./km)	0.00
Área con rotura de borde (m²/km)	0.00
Prof. media de roderas (mm)	3.10
Desv. est. prof. roderas (mm)	1.30
Profundidad de la textura (mm)	0.50
Resist. desliz. (SCRIM 50 km/h)	0.50
Drenaje	Excelente ▼

Aceptar Cancelar

Datos de condición anual

Gráfico 60: Características funcionales del sector

3.1.3. Ingreso de Datos de Estándares de conservación

Para establecer las políticas de conservación se tiene en cuenta los umbrales de niveles de servicio (ver Tabla 11), para la presente investigación se ha optimizado una alternativa en respuesta a estos umbrales. Es decir, se han realizado un análisis de condición al pavimento en función a los umbrales del nivel de servicio. Este análisis consiste primero en evaluar el IRI, si este supera el valor máximo promedio de 3.5 se hará una evaluación de la condición estructural (grietas estructurales anchas que no deben pasar el 15% de la superficie estudiada) y en función a ello proponer un fresado más refuerzo o un tratamiento superficial. El diagrama se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 61: Diagrama de decisiones para conservación de pavimento

El diagrama ingresado en el HDM-4 es el siguiente:

La imagen muestra una ventana de software titulada 'Estándar de conservación: Estandar Nds'. La interfaz está dividida en secciones. La sección 'General' contiene campos para 'Nombre' (con el valor 'Estandar Nds'), 'Código' (con el valor 'Nds') y un menú desplegable para 'Clase de superficie' (actualmente seleccionado 'Asfáltica'). A la derecha de esta sección hay botones 'Aceptar' y 'Cancelar'. La sección 'Acciones' presenta una tabla con dos columnas: la primera lista acciones de conservación y la segunda sus respectivos códigos. Las acciones listadas son 'Fresado+Refuerzo CAC 10 cm', 'Slurry', 'Bacheo' y 'Mantenimiento Rutinario', con los códigos 'Ref10', 'Slu', 'Bach' y 'MR' respectivamente. A la derecha de la tabla hay botones para 'Nueva acción...', 'Copiar acción', 'Eliminar acción' y 'Editar...'. En la parte inferior de la ventana, hay un campo de texto etiquetado como 'Nombre del estándar de conservación'.

Acciones	
Fresado+Refuerzo CAC 10 cm	Ref10
Slurry	Slu
Bacheo	Bach
Mantenimiento Rutinario	MR

Gráfico 62: Estándar de conservación Nds

Una vez establecido el estándar de conservación se procede a analizar cada uno de los sectores.

Gráfico 63: Estándar de conservación para todos los sectores del proyecto

3.2. Resultados de la modelación en HDM-4

La modelación ha sido considerada desde el año 2016 para cada sector, puesto que la información de tráfico, condición funcional y estructural fue tomada en el año 2015. Además, en la modelación se ha considerado un horizonte de 20 años.

El progreso del agrietamiento, la irregularidad y el área dañada en el tiempo para el Sector 1 se muestra en los siguientes gráficos.

Gráfico 64: Progreso del agrietamiento en el tiempo del Sector 1

Gráfico 65: Progreso de la irregularidad en el tiempo del Sector 1

Gráfico 66: Progreso del área dañada en el tiempo del Sector 1

El progreso de las condiciones del pavimento como se vio en los Gráficos 63, 64, 65 varia en los años y en general disminuye porque de acuerdo a la modelación del HDM-4 en algunos años se realiza intervenciones de conservación, los cuales hacen que no se supere los niveles de máximos condicionados en los datos de estándares de conservación.

A continuación, se presenta la salida del HDM-4 para el Sector 1 que está en función a mantener los Niveles de Servicio establecidos, más adelante se mostrará el resumen de intervenciones para todos los sectores del proyecto en estudio.

<div> <div> HDM - 4 <small>HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT</small> </div> <div> Resumen de trabajos (por tramo) <small>Nombre del estudio: Tramo 2 - La Oroya - Concepción</small> <small>Fecha de ejecución: 04-06-2018</small> <small>Unidad monetaria: US Dollar</small> </div> </div>																																			
Nota: Solo se muestran los tramos con trabajos programados.																																			
<table> <tr> <td>Tramo:</td><td>Sector 01: Km 1+430 - Km 3+200</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Alternativa:</td><td>Estrategia NdS</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Sensibilidad:</td><td>Base Sensitivity Scenario</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Clase de</td><td>Asfáltica</td><td></td><td>Tipo de carretera:</td><td>Secondary or main</td><td></td></tr> <tr> <td>Longitud:</td><td>1.80km</td><td></td><td>Ancho:</td><td>6.60m</td><td></td></tr> </table>						Tramo:	Sector 01: Km 1+430 - Km 3+200					Alternativa:	Estrategia NdS					Sensibilidad:	Base Sensitivity Scenario					Clase de	Asfáltica		Tipo de carretera:	Secondary or main		Longitud:	1.80km		Ancho:	6.60m	
Tramo:	Sector 01: Km 1+430 - Km 3+200																																		
Alternativa:	Estrategia NdS																																		
Sensibilidad:	Base Sensitivity Scenario																																		
Clase de	Asfáltica		Tipo de carretera:	Secondary or main																															
Longitud:	1.80km		Ancho:	6.60m																															
Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad																														
2016	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2017	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2018	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2019	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
	Slurry	Slu	38,313.0	51,084.0	11,880.00 sq. m																														
	Prep. reparación de borde		1,445.3	1,927.0	116.09 sq. m																														
2020	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2021	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
	Fresado+Refuerzo CAC 10 cr	Ref10	300,979.8	401,306.4	11,880.00 sq. m																														
2022	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2023	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2024	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
	Fresado+Refuerzo CAC 10 cr	Ref10	300,979.8	401,306.4	11,880.00 sq. m																														
2025	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2026	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2027	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2028	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
	Fresado+Refuerzo CAC 10 cr	Ref10	300,979.8	401,306.4	11,880.00 sq. m																														
2029	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2030	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2031	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2032	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
	Fresado+Refuerzo CAC 10 cr	Ref10	300,979.8	401,306.4	11,880.00 sq. m																														
2033	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2034	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
2035	Mantenimiento Rutinario	MR	9,030.2	12,040.2	1.80 km																														
Costo total del tramo:			1,424,280.4	1,899,040.5																															

Gráfico 67: Estrategia para Nivel de Servicio del Sector 1

Tabla 32: Estrategia para Niveles de Servicio

Estrategia para Nivel de Servicio por Sectores																											
LEYENDA:																											
REP																											
MR																											
SLU																											
REF 10																											
FRESADO+REF CAC 10																											
S	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector	Sector
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
2016	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2017	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2018	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2019	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2020	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2021	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2022	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2023	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2024	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2025	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2026	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2027	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2028	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2029	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2030	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2031	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2032	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2033	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2034	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2035	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR

Por otro lado, al realizar el modelamiento se obtuvieron los costos económicos asociados a la estrategia para el cumplimiento de los Niveles de Servicio, los costos que se presentan en la siguiente tabla son por sector por los 20 años de horizonte del proyecto.

Tabla 33: Resumen del costo económico por sector

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Longitud (Km)	Monto (\$.)
Sector 1	01+400	03+200	1.800	\$ 1,424,280.47
Sector 2	03+200	09+400	6.200	\$ 5,941,037.55
Sector 3	09+400	12+200	2.800	\$ 2,214,211.22
Sector 4	12+200	12+800	0.600	\$ 374,288.96
Sector 5	12+800	18+400	5.600	\$ 3,493,329.27
Sector 6	18+400	20+800	2.400	\$ 1,897,890.94
Sector 7	20+800	22+000	1.200	\$ 748,569.72
Sector 8	22+000	25+000	3.000	\$ 2,372,370.58
Sector 9	25+000	31+800	6.800	\$ 5,378,939.27
Sector 10	31+800	32+800	1.000	\$ 791,265.97
Sector 11	32+800	35+000	2.200	\$ 1,372,376.84
Sector 12	35+000	36+000	1.000	\$ 624,054.66
Sector 13	36+000	41+000	5.000	\$ 3,955,102.56
Sector 14	41+000	43+000	2.000	\$ 1,203,936.00
Sector 15	43+000	45+000	2.000	\$ 1,582,532.51
Sector 16	45+000	47+000	2.000	\$ 1,582,543.05
Sector 17	47+000	47+600	0.600	\$ 474,760.75
Sector 18	47+600	54+000	6.400	\$ 5,064,112.02
Sector 19	54+000	56+800	2.800	\$ 2,215,545.45
Sector 20	56+800	59+600	2.800	\$ 1,747,358.64
Sector 21	59+600	61+800	2.200	\$ 1,324,329.57
Sector 22	61+800	64+600	2.800	\$ 1,746,009.23
Sector 23	64+600	71+800	7.200	\$ 4,489,746.99
Sector 24	71+800	77+800	6.000	\$ 3,742,882.80
Sector 25	77+800	87+800	10.000	\$ 6,238,221.51
Sector 26	87+800	97+600	9.800	\$ 4,695,854.63
Sector 27	97+600	105+600	8.000	\$ 3,837,022.63
Total			104.200	\$ 70,532,573.79

Como se muestra en la Tabla 29, para los próximos 20 años que es el horizonte del proyecto de la presente investigación se requerirán aproximadamente 70.5 millones de dólares de inversión. Con ese monto se podrá mantener el Nivel de Servicio del Tramo La Oroya – Concepción.

CONCLUSIONES

- La hipótesis se acepta parcialmente, porque al evaluar el sistema de gestión de pavimentos actual del tramo en estudio se han identificado dos aspectos que hacen que el sistema no sea el más eficaz. Uno asociado a la longitud mínima de sectorización y otra asociada a los estándares y políticas de conservación.
- Para establecer el sistema de gestión de pavimentos se siguieron cuatro pasos. Primero, se recolectó datos, estos datos principalmente están relacionados al tráfico vehicular, parámetros físicos del pavimento y la geometría de la vía. Segundo, se analizó los datos, principalmente relacionados a la proyección de los vehículos, relacionada con los ejes equivalentes; la evaluación funcional, relacionado principalmente con el IRI y el PSI; evaluación estructural, relacionado con el método de retrocálculo de Yonapave; y a su respectiva sectorización para cada uno de los casos descritos.
- De acuerdo a la sectorización realizada se obtuvieron 27 sectores los cuales se muestran a continuación:

Tabla 34: Resumen de Sectorización del Proyecto

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Longitud (Km)	IRI	S_{Neff}
Sector 1	01+400	03+200	1.8	1.6	3.0
Sector 2	03+200	09+400	6.2	1.6	3.0
Sector 3	09+400	12+200	2.8	1.6	3.2
Sector 4	12+200	12+800	0.6	1.6	3.5
Sector 5	12+800	18+400	5.6	1.5	3.5
Sector 6	18+400	20+800	2.4	1.8	3.5
Sector 7	20+800	22+000	1.2	1.8	3.5
Sector 8	22+000	25+000	3	1.6	3.5
Sector 9	25+000	31+800	6.8	1.6	3.3
Sector 10	31+800	32+800	1	1.6	3.3
Sector 11	32+800	35+000	2.2	1.2	3.9
Sector 12	35+000	36+000	1	1.6	3.9
Sector 13	36+000	41+000	5	1.6	3.3
Sector 14	41+000	43+000	2	2.3	3.3
Sector 15	43+000	45+000	2	1.5	3.3
Sector 16	45+000	47+000	2	2.2	3.3
Sector 17	47+000	47+600	0.6	1.6	3.3

Sector	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Longitud (Km)	IRI	S _{Neff}
Sector 18	47+600	54+000	6.4	1.6	3.3
Sector 19	54+000	56+800	2.8	1.8	3.3
Sector 20	56+800	59+600	2.8	1.8	3.8
Sector 21	59+600	61+800	2.2	3.0	3.8
Sector 22	61+800	64+600	2.8	1.5	3.8
Sector 23	64+600	71+800	7.2	1.5	3.8
Sector 24	71+800	77+800	6	1.9	3.8
Sector 25	77+800	87+800	10	2.5	3.8
Sector 26	87+800	97+600	9.8	2.5	3.8
Sector 27	97+600	105+600	8	2.5	4.3

- El estándar de conservación utilizado consiste primero en evaluar el IRI, si este supera el valor máximo promedio de 3.5 se hará una evaluación de la condición estructural (grietas estructurales anchas que no deben pasar el 15% de la superficie estudiada) y en función a ello proponer un fresado más refuerzo o un tratamiento superficial (slurry). El estándar se desarrolla considerando los parámetros del Nivel de Servicio.
- La estrategia para cumplir con el Nivel de Servicio adecuado se presenta en la Tabla 30 y la suma total atribuible respecto a los Niveles de Servicio para un horizonte de 20 años para el presente tramo es USD \$ 70'532,573.79 equivalentes a S/. 231'346,842.03 al cambio de junio de 2018.

RECOMENDACIONES

- Los sistemas de gestión de pavimentos para un determinado proyecto no son rígidos, más por el contrario son flexibles, esto debido principalmente a la proyección vehicular, la cual es muy variable en el tiempo, con lo cual el sistema requerirá de calibraciones para poder ajustarse a la nueva demanda.
- Para ingresar datos al HDM-4, es importante calibrar la mayor cantidad de parámetros en función a la información que se dispone, esto principalmente para que el modelo sea lo más cercano a la realidad.
- Se recomienda realizar ensayos no destructivos en la toma de datos de un pavimento principalmente para la evaluación estructural, puesto que estos en relación a los ensayos destructivos no dañan la estructura del pavimento, además de tener mayor rendimiento y en muchos casos mejor precisión en las mediciones.
- Los estándares de conservación siempre deben estar en función a los requerimientos solicitados, en la presente investigación se utilizó los parámetros para Niveles de Servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993) AASHTO Guide for Design of Paviment Structures. Recuperado de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxpbmdlcGF2fGd4OjYyNDRkYWZhN2I2MjIyMTY>.
- Archondo, R. (2009). Herramientas de Evaluación de Redes Viales. Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org/EXTAFRSubSAHTRA/Resources/1513929-1262811834472/SSATPWP89A-RONET-Spanish.pdf>.
- Caroca, A. (2005). Marco de Decisión para Inversión de Carreteras. Brasil: PIARC-Asociación Mundial de Carreteras.
- Corros, M., Urbáez, E. y Corredor, G. (2009). Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles. Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-evaluacion1.pdf>.
- Diario Gestión (2017) Carretera Central cerrará el año 7,000 vehículos diarios, ¿Qué hará el MTC para reducirlo?. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/carretera-central-cerrara-ano-7-000-vehiculos-diarios-hara-mtc-reducirlo-150565>.
- De Solminihac, H., Hidalgo, P., Salgado, P. y Valdes, M. (2002). Calibración del Modelo de Grietas Estructurales para Pavimentos Asfálticos en HDM-4 a las Condiciones de Chile. Recuperado de http://www2.udec.cl/~provial/trabajos_pdf/04PrissilaHidalgocalibracion.pdf.
- De Solminihac, H. (2003). Gestión de Infraestructura Vial. Santiago de Chile: Editorial Universidad Católica De Chile
- De Solminihac, H. y Echaveguren, T. (2003). Antecedentes para la Inspección y Diseño de Especificaciones de Textura, Resistencia al Deslizamiento y Fricción en Pavimentos, Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica y Universidad de Concepción de Chile.
- Fundora, G., (2014). Conservación de carreteras. La Habana, Cuba.
- Giordani, C. y Leone, D. (2010). Pavimentos. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario.
- Hidalgo, J. (2009). Evaluación del Sistema de Gestión de Pavimentos flexibles en el Perú. (Tesis) Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/561355/Tesis%20Hidalgo%20Gamarra.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Higuera, C. (2007). Mecánica de pavimentos. Principios básicos. Bogotá: Universidad Pedagógica de Colombia, UPTC.

Jugo, A. (2005). Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles. Recuperado de http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf.

Kerali, H. (2001). Visión General del HDM-4. Paris: PIARC- Asociación Mundial de Carreteras.

Menéndez, J., (2013). “Ingeniería de pavimentos, diseño y gestión de pavimentos”. Instituto de la construcción y gerencia ICG. Lima.

Ministerio de Economía Y Finanzas (2015). Pautas metodológicas para el uso y aplicación del HDM-4 en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión públicas de transportes. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_HDM-4.pdf.

Ministerio De Transportes (2005). Programa De Infraestructura Vial de Integración y Desarrollo Regional. Bogotá.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011). Parámetros Requeridos y Opcionales para uso de HDM. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Recuperado de http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones_arch/regl_gestion_ver_110308.pdf.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014) Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf.

Montejo, A. (2010). Ingeniería de Pavimentos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Montoya, J. (2007). Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca). (Tesis). Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/137/1/montoya_je.pdfLima.

Orozco, J., Téllez, R., Solorio, R., Pérez, A., Sánchez, M. y Torras, S. (2004). Sistema de Evaluación de Pavimentos. Recuperado de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt245.pdf>.

Provias Nacional – MTC (2006). Modelo del Sistema de Gestión de Infraestructura Vial de Provias Nacional. Recuperado de www.proviasnac.gob.pe/frmContenido.aspx?IdArchivo=627.

Salomón, D. (2004). Conservación de Pavimentos: Conservando la inversión del patrimonio vial. Recuperado de <http://www.pavementpreservationsystems.com/publications/Conservacion-de-Pavimentos,Conservando-La-Inversion-del-Patrimonio-Vial.pdf>.

Solorio, R., Hernández, R. y Gómez, J. (2004). Análisis de Sensibilidad de los Modelos de Deterioro del HDM-4 para Pavimentos Asfálticos. Recuperado de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt245.pdf>.

Thenoux, G. y Gaete, R. (2012). Evaluación Técnica del Pavimento y Comparación de Métodos de Diseño de Capas de Refuerzo Asfáltico. Recuperado de <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/364/306>.

Valenzuela, J. (1993). Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexible. Hermosillo: Universidad de Sonora.

Vásquez, R. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos de concreto en carreteras. Recuperado de <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>.

Yoder E. y Witczak, M. (1975) Principles of Pavement Design. New York: Editorial Jhon Wiley & Sons, Inc.

ANEXOS

ANEXO 1:
CÁLCULO DE FACTOR
DESTRUCTIVO – MÉTODO AASHTO

CALCULO DE FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA (18 Kips) DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO - METODO AASHTO 1993 PAVIMENTO FLEXIBLE

Tipo de vehículo		Carga por Eje en TN				G _t	B _x				B ₁₈	Factores Destructivos				Carga Total	LX			
		Eje Delantero	Ejes Posteriores				Eje Delantero	Ejes Posteriores				Eje Delantero	Ejes Posteriores				Eje	Ejes Posteriores		
			Simple	Tandem	Tridem			Simple	Tandem	Tridem			Simple	Tandem	Tridem			1	2	3
B2		7	11			-0.2009	0.6769	1.509			0.8398	0.5643	3.0298			3.594	15.4	24.2		
B3		7		16		-0.2009	0.6769		0.8158		0.8398	0.5643		1.2626		1.827	15.4		35.2	
B4		15		16		-0.2009	0.7414		0.8158		0.8398	0.9980		1.2626		2.261	33		35.2	
C2E		7	11			-0.2009	0.6769	1.509			0.8398	0.5643	3.0298			3.594	15.4	24.2		
C3E		7		18		-0.2009	0.6769		0.9966		0.8398	0.5643		1.94601		2.510	15.4		39.6	
C4E		7			23	-0.2009	0.6769			0.7673	0.8398	0.5643			1.3123	1.877	15.4			50.7
2S2		7	11	18		-0.2009	0.6769	1.509	0.9966		0.8398	0.5643	3.0298	1.94601		5.540	15.4	24.2	39.6	
2S3		7	11		25	-0.2009	0.6769	1.509		0.8737	0.8398	0.5643	3.0298		1.7781	5.372	15.4	24.2		55.1
3S2		7		18	18	-0.2009	0.6769		0.9966	0.9966	0.8398	0.5643		1.94601	1.9460	4.456	15.4		39.6	39.6
3S3		7		18	25	-0.2009	0.6769		0.9966	0.8737	0.8398	0.5643		1.94601	1.7781	4.288	15.4		39.6	55.1
2T2		7	11	11	11	-0.2009	0.6769	1.509	1.509	1.509	0.8398	0.5643	3.0298	3.0298	3.0298	9.654	15.4	24.2	24.2	24.2
3T2		7	18	11	11	-0.2009	0.6769	0.9966	1.509	1.509	0.8398	0.5643	1.946	3.0298	3.0298	8.570	15.4	39.6	24.2	24.2
3T3		7	18	11	18	-0.2009	0.6769	0.9966	1.509	0.9966	0.8398	0.5643	1.946	3.0298	1.9460	7.486	15.4	39.6	24.2	39.6

ANEXO 2:
PROYECCIONES DE
EJES EQUIVALENTES

ESTACIÓN SAN FRANCISCO

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2018	102	159	38	182	243	25	7	38	19	372	3	4	7	1199		
FC		3.996	1.775	2.209	3.996	2.566	1.799	6.038	5.795	4.609	4.366	10.939	9.509	8.080			
Tasa crecimiento = R		1.61	1.61	1.61	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22			
R/100 = r		0.016	0.016	0.016	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052			
Factor de Crecimiento		1.016	1.016	1.016	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Ts x 365 / 2	2018	74,378	51514	15322	132,714	113,810	8,207	7,713	40,189	15,980	296,390	5,989	6,942	10,322	779,472	779,472	7.79E+05
2019		75,576	52344	15569	139,642	119,751	8,635	8,116	42,287	16,814	311,862	6,302	7,304	10,861	815,063	1,594,535	1.59E+06
2020		76,793	53186	15820	146,932	126,002	9,086	8,540	44,494	17,692	328,141	6,631	7,686	11,428	852,429	2,446,964	2.45E+06
2021		78,029	54043	16074	154,601	132,579	9,560	8,985	46,816	18,616	345,270	6,977	8,087	12,025	891,662	3,338,626	3.34E+06
2022		79,285	54913	16333	162,672	139,499	10,060	9,455	49,260	19,587	363,293	7,341	8,509	12,652	932,859	4,271,485	4.27E+06
2023		80,562	55797	16596	171,163	146,781	10,585	9,948	51,832	20,610	382,257	7,724	8,953	13,313	976,120	5,247,606	5.25E+06
2024		81,859	56695	16863	180,098	154,443	11,137	10,467	54,537	21,686	402,211	8,127	9,420	14,008	1,021,552	6,269,158	6.27E+06
2025		83,177	57608	17135	189,499	162,505	11,719	11,014	57,384	22,818	423,206	8,551	9,912	14,739	1,069,267	7,338,424	7.34E+06
2026		84,516	58535	17411	199,391	170,988	12,330	11,589	60,380	24,009	445,298	8,998	10,430	15,508	1,119,381	8,457,806	8.46E+06
2027		85,877	59478	17691	209,799	179,914	12,974	12,194	63,531	25,262	468,542	9,468	10,974	16,318	1,172,020	9,629,826	9.63E+06
2028		87,259	60435	17976	220,750	189,305	13,651	12,830	66,848	26,581	493,000	9,962	11,547	17,170	1,227,314	10,857,140	1.09E+07
2029		88,664	61,408	18,265	232,273	199,187	14,364	13,500	70,337	27,968	518,735	10,482	12,150	18,066	1,285,399	12,142,539	1.21E+07
2030		90,092	62,397	18,559	244,398	209,584	15,113	14,204	74,009	29,428	545,813	11,029	12,784	19,009	1,346,420	13,488,958	1.35E+07
2031		91,542	63,402	18,858	257,156	220,525	15,902	14,946	77,872	30,964	574,304	11,605	13,451	20,001	1,410,528	14,899,487	1.49E+07
2032		93,016	64,422	19,162	270,579	232,036	16,732	15,726	81,937	32,581	604,283	12,210	14,153	21,045	1,477,883	16,377,370	1.64E+07
2033		94,514	65,460	19,470	284,704	244,148	17,606	16,547	86,214	34,281	635,826	12,848	14,892	22,144	1,548,654	17,926,024	1.79E+07
2034		96,035	66,514	19,784	299,565	256,893	18,525	17,411	90,714	36,071	669,017	13,518	15,669	23,300	1,623,015	19,549,039	1.95E+07
2035		97,581	67,584	20,102	315,202	270,303	19,492	18,320	95,450	37,954	703,939	14,224	16,487	24,516	1,701,155	21,250,194	2.13E+07
2036		99,152	68,672	20,426	331,656	284,412	20,509	19,276	100,432	39,935	740,685	14,967	17,348	25,796	1,783,267	23,033,460	2.30E+07
2037		100,749	69,778	20,755	348,968	299,259	21,580	20,282	105,675	42,020	779,349	15,748	18,254	27,142	1,869,557	24,903,018	2.49E+07

ESTACIÓN MATAHUASI

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2018	152	159	148	245	79	8	3	4	4	33	1	0	5	841		
FC		3.996	1.775	2.209	3.996	2.566	1.799	6.038	5.795	4.609	4.366	10.939	9.509	8.080			
Tasa crecimiento = R		1.61	1.61	1.61	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22			
R/100 = r		0.016	0.016	0.016	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052			
Factor de Crecimiento		1.016	1.016	1.016	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Ts x 365 / 2	2018	110,838	51514	59676	178,654	37,000	2,626	3,306	4,230	3,364	26,293	1,996	0	7,373	486,872	486,872	4.87E+05
2019		112,623	52344	60637	187,980	38,931	2,763	3,478	4,451	3,540	27,665	2,101	0	7,758	504,271	991,143	9.91E+05
2020		114,436	53186	61613	197,792	40,963	2,908	3,660	4,684	3,725	29,109	2,210	0	8,163	522,450	1,513,593	1.51E+06
2021		116,279	54043	62605	208,117	43,102	3,059	3,851	4,928	3,919	30,629	2,326	0	8,589	541,446	2,055,039	2.06E+06
2022		118,151	54913	63613	218,981	45,352	3,219	4,052	5,185	4,124	32,228	2,447	0	9,037	561,301	2,616,340	2.62E+06
2023		120,053	55797	64637	230,412	47,719	3,387	4,263	5,456	4,339	33,910	2,575	0	9,509	582,057	3,198,397	3.20E+06
2024		121,986	56695	65678	242,439	50,210	3,564	4,486	5,741	4,565	35,680	2,709	0	10,006	603,759	3,802,156	3.80E+06
2025		123,950	57608	66736	255,095	52,831	3,750	4,720	6,040	4,804	37,543	2,850	0	10,528	626,454	4,428,610	4.43E+06
2026		125,945	58535	67810	268,410	55,589	3,946	4,967	6,356	5,054	39,502	2,999	0	11,077	650,191	5,078,801	5.08E+06
2027		127,973	59478	68902	282,421	58,490	4,152	5,226	6,688	5,318	41,564	3,156	0	11,656	675,024	5,753,825	5.75E+06
2028		130,033	60435	70011	297,164	61,544	4,368	5,499	7,037	5,596	43,734	3,321	0	12,264	701,005	6,454,830	6.45E+06
2029		132,127	61,408	71,138	312,676	64,756	4,596	5,786	7,404	5,888	46,017	3,494	0	12,904	728,195	7,183,025	7.18E+06
2030		134,254	62,397	72,284	328,998	68,136	4,836	6,088	7,790	6,195	48,419	3,676	0	13,578	756,652	7,939,676	7.94E+06
2031		136,416	63,402	73,447	346,171	71,693	5,089	6,405	8,197	6,519	50,946	3,868	0	14,287	786,440	8,726,116	8.73E+06
2032		138,612	64,422	74,630	364,241	75,436	5,354	6,740	8,625	6,859	53,606	4,070	0	15,032	817,628	9,543,744	9.54E+06
2033		140,844	65,460	75,831	383,255	79,373	5,634	7,092	9,075	7,217	56,404	4,283	0	15,817	850,284	10,394,028	1.04E+07
2034		143,111	66,514	77,052	403,261	83,517	5,928	7,462	9,549	7,594	59,348	4,506	0	16,643	884,484	11,278,512	1.13E+07
2035		145,415	67,584	78,293	424,311	87,876	6,237	7,851	10,047	7,990	62,446	4,741	0	17,512	920,305	12,198,817	1.22E+07
2036		147,757	68,672	79,553	446,460	92,463	6,563	8,261	10,572	8,407	65,706	4,989	0	18,426	957,829	13,156,646	1.32E+07
2037		150,135	69,778	80,834	469,765	97,290	6,906	8,692	11,124	8,846	69,136	5,249	0	19,387	997,143	14,153,789	1.42E+07

TABLA RESUMEN

PROYECCION EJES EQUIVALENTES		
AÑO	E1	E2
2018	7.79E+05	4.87E+05
2019	1.59E+06	9.91E+05
2020	2.45E+06	1.51E+06
2021	3.34E+06	2.06E+06
2022	4.27E+06	2.62E+06
2023	5.25E+06	3.20E+06
2024	6.27E+06	3.80E+06
2025	7.34E+06	4.43E+06
2026	8.46E+06	5.08E+06
2027	9.63E+06	5.75E+06
2028	1.09E+07	6.45E+06
2029	1.21E+07	7.18E+06
2030	1.35E+07	7.94E+06
2031	1.49E+07	8.73E+06
2032	1.64E+07	9.54E+06
2033	1.79E+07	1.04E+07
2034	1.95E+07	1.13E+07
2035	2.13E+07	1.22E+07
2036	2.30E+07	1.32E+07
2037	2.49E+07	1.42E+07

ANEXO 3:
SECTORIZACIÓN POR
DEFLEXIONES Y CÁLCULO DEL
NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
Progresivas	SN	DifProg	DifProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
0	173.0		0				0	
200	186.0	200	200	179.50	35900.00	35900.00	-1614.76	-1
400	202.5	200	400	194.25	38850.00	74750.00	-279.56	-1
600	173.0	200	600	187.75	37550.00	112300.00	-244.34	-1
800	118.0	200	800	145.50	29100.00	141400.00	-8659.12	-1
1000	286.0	200	1000	202.00	40400.00	181800.00	-5773.90	-1
1200	98.0	200	1200	192.00	38400.00	220200.00	-4888.69	-1
1400	176.5	200	1400	136.25	27650.00	247850.00	-14753.47	-1
1600	158.0	200	1600	168.25	33650.00	281500.00	-18618.25	-1
1800	167.5	200	1800	162.75	32550.00	314050.00	-23583.03	-1
2000	190.0	200	2000	178.75	35750.00	349800.00	-25347.81	-1
2200	191.5	200	2200	190.75	38150.00	387950.00	-24712.59	-1
2400	168.0	200	2400	179.75	35950.00	423900.00	-26277.37	-1
2600	171.0	200	2600	169.50	33900.00	457800.00	-29592.15	1
2800	196.0	200	2800	183.50	36700.00	494500.00	-30706.93	1
3000	167.5	200	3000	181.75	36350.00	530850.00	-31871.71	1
3200	218.5	200	3200	193.00	38600.00	569450.00	-30786.50	1
3400	228.5	200	3400	223.50	44700.00	614150.00	-23601.28	1
3600	172.0	200	3600	200.25	40050.00	654200.00	-21066.06	1
3800	207.5	200	3800	189.75	37950.00	692150.00	-20630.84	1
4000	238.0	200	4000	222.75	44550.00	736700.00	-13595.82	1
4200	177.5	200	4200	207.75	41550.00	778250.00	-9560.40	1
4400	197.0	200	4400	187.25	37450.00	815700.00	-9625.16	1
4600	199.5	200	4600	196.25	39650.00	855350.00	-7489.96	1
4800	215.0	200	4800	207.25	41450.00	896800.00	-3554.74	1
5000	189.8	200	5000	202.38	40475.00	937275.00	-594.52	1
5200	156.5	200	5200	174.13	34825.00	972100.00	-3284.31	1
5400	214.0	200	5400	186.25	37250.00	1009350.00	-3549.09	1
5600	236.5	200	5600	225.25	45050.00	1054400.00	3986.13	1
5800	209.5	200	5800	223.00	44600.00	1099000.00	11071.35	1
6000	179.0	200	6000	194.25	38850.00	1137850.00	12406.57	1
6200	205.0	200	6200	192.00	38400.00	1176250.00	13291.79	-1
6400	173.5	200	6400	189.25	37850.00	1214100.00	13627.01	-1
6600	221.5	200	6600	197.50	39500.00	1253600.00	15612.23	-1
6800	153.0	200	6800	187.25	37450.00	1291050.00	15547.45	-1
7000	170.0	200	7000	161.50	32300.00	1323350.00	10332.67	-1
7200	168.5	200	7200	169.25	33850.00	1357200.00	6667.89	-1
7400	176.5	200	7400	172.50	34500.00	1391700.00	3653.10	-1
7600	175.0	200	7600	175.75	35150.00	1426850.00	1288.32	-1
7800	177.5	200	7800	176.25	35250.00	1462100.00	-976.46	-1
8000	215.0	200	8000	196.25	39250.00	1501350.00	758.76	-1
8200	174.5	200	8200	194.75	38950.00	1540300.00	2193.98	-1
8400	171.0	200	8400	172.75	34550.00	1574850.00	-770.80	-1
8600	182.0	200	8600	176.50	35300.00	1610150.00	-2985.58	1
8800	219.8	200	8800	200.88	40175.00	1650325.00	-325.36	1
9000	151.5	200	9000	185.63	37125.00	1687450.00	-715.14	1
9200	197.5	200	9200	174.50	34900.00	1722350.00	-3329.92	1
9400	199.5	200	9400	196.50	39700.00	1762050.00	-1144.71	1
9600	216.0	200	9600	207.75	41550.00	1803600.00	2690.51	1
9800	308.0	200	9800	282.00	52400.00	1856000.00	17775.73	1
10000	236.5	200	10000	272.25	54450.00	1910450.00	34710.95	1
10200	239.5	200	10200	238.00	47600.00	1958050.00	44796.17	1
10400	346.0	200	10400	292.75	58550.00	2016600.00	65831.39	1
10600	265.5	200	10600	305.75	61150.00	2077750.00	89466.61	1
10800	186.0	200	10800	225.75	45150.00	2122900.00	97101.83	1
11000	192.5	200	11000	189.25	37850.00	2160750.00	97437.05	1
11200	279.5	200	11200	236.00	47200.00	2207950.00	107122.27	1
11400	331.0	200	11400	305.25	61050.00	2269000.00	130657.49	1
11600	258.5	200	11600	294.75	58950.00	2327950.00	152092.70	1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
11800	204.5	200	11800	231.50	46300.00	2374250.00	160677.92	-1
12000	174.0	200	12000	189.25	37650.00	2412100.00	161213.14	-1
12200	186.0	200	12200	180.00	36000.00	2448100.00	159696.36	-1
12400	179.0	200	12400	182.50	36500.00	2464600.00	158683.58	1
12600	174.5	200	12600	176.75	35350.00	2519950.00	156518.80	1
12800	185.0	200	12800	179.75	35950.00	2555900.00	154954.02	1
13000	204.0	200	13000	194.50	38900.00	2594800.00	156339.24	1
13200	197.5	200	13200	200.75	40150.00	2634950.00	158974.46	1
13400	239.0	200	13400	218.25	43650.00	2678600.00	165109.68	1
13600	215.0	200	13600	227.00	45400.00	2724000.00	172994.89	-1
13800	189.5	200	13800	202.25	40450.00	2764450.00	175930.11	-1
14000	147.0	200	14000	168.25	33650.00	2798100.00	172065.33	1
14200	215.0	200	14200	181.00	36200.00	2834300.00	170750.55	-1
14400	194.0	200	14400	204.50	40900.00	2875200.00	174135.77	-1
14600	182.5	200	14600	188.25	37650.00	2912850.00	174270.99	1
14800	170.5	200	14800	176.50	35300.00	2948150.00	172056.21	1
15000	197.0	200	15000	183.75	36750.00	2964900.00	171291.43	1
15200	210.5	200	15200	203.75	40750.00	3025650.00	174526.65	1
15400	317.0	200	15400	263.75	52750.00	3078400.00	189761.87	1
15600	213.5	200	15600	265.25	53050.00	3131450.00	205297.08	1
15800	181.0	200	15800	197.25	39450.00	3170900.00	207232.30	1
16000	220.0	200	16000	200.50	40100.00	3211000.00	209817.52	1
16200	225.5	200	16200	222.75	44550.00	3255550.00	216852.74	-1
16400	161.5	200	16400	193.50	38700.00	3294250.00	218037.96	-1
16600	204.0	200	16600	182.75	36550.00	3330800.00	217073.18	-1
16800	183.5	200	16800	193.75	38750.00	3369550.00	218308.40	1
17000	156.0	200	17000	169.75	33950.00	3403500.00	214743.62	1
17200	198.5	200	17200	177.25	35450.00	3438950.00	212678.84	1
17400	215.0	200	17400	206.75	41350.00	3480300.00	216514.06	1
17600	205.0	200	17600	210.00	42000.00	3522300.00	220999.28	-1
17800	197.5	200	17800	201.25	40250.00	3562550.00	223734.49	-1
18000	146.5	200	18000	172.00	34400.00	3598950.00	220619.71	1
18200	191.5	200	18200	169.00	33800.00	3630750.00	216904.93	1
18400	214.0	200	18400	202.75	40550.00	3671300.00	219940.15	1
18600	175.0	200	18600	194.50	38900.00	3710200.00	221325.37	1
18800	197.0	200	18800	186.00	37200.00	3747400.00	221010.59	1
19000	266.5	200	19000	231.75	46350.00	3793750.00	229545.81	1
19200	190.0	200	19200	228.25	45650.00	3839400.00	237981.03	-1
19400	170.0	200	19400	180.00	36000.00	3875400.00	236466.25	1
19600	187.0	200	19600	178.50	35700.00	3911100.00	234651.47	1
19800	185.5	200	19800	186.25	37250.00	3948350.00	234386.68	1
20000	187.5	200	20000	186.50	37300.00	3985650.00	234171.90	1
20200	213.0	200	20200	200.25	40050.00	4025700.00	236707.12	-1
20400	233.5	200	20400	223.25	44650.00	4070350.00	243842.34	-1
20600	206.0	200	20600	219.75	43950.00	4114300.00	250277.56	-1
20800	108.5	200	20800	157.25	31450.00	4145750.00	244212.78	-1
21000	156.0	200	21000	132.25	26450.00	4172200.00	233148.00	-1
21200	208.5	200	21200	182.25	36450.00	4208650.00	232083.22	-1
21400	128.5	200	21400	168.50	33700.00	4242350.00	228268.44	-1
21600	175.0	200	21600	151.75	30350.00	4272700.00	221103.66	-1
21800	146.5	200	21800	160.75	32150.00	4304850.00	215738.88	-1
22000	132.5	200	22000	139.50	27900.00	4332750.00	206124.09	-1
22200	182.0	200	22200	157.25	31450.00	4364200.00	200059.31	-1
22400	187.0	200	22400	184.50	36900.00	4401100.00	199444.53	-1
22600	189.5	200	22600	188.25	37650.00	4438750.00	199579.75	-1
22800	172.5	200	22800	181.00	36200.00	4474950.00	198264.97	-1
23000	139.0	200	23000	155.75	31150.00	4508100.00	191900.19	-1
23200	140.5	200	23200	139.75	27950.00	4534050.00	182335.41	-1
23400	143.5	200	23400	142.00	28400.00	4562450.00	173220.63	-1
23600	105.5	200	23600	124.50	24900.00	4587350.00	160605.85	-1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
23800	122.5	200	23800	114.00	22800.00	4610150.00	145691.07	-1
24000	206.5	200	24000	164.50	32900.00	4643050.00	141276.28	-1
24200	113.0	200	24200	159.75	31950.00	4675000.00	135711.50	-1
24400	177.0	200	24400	145.00	29000.00	4704000.00	127196.72	-1
24600	188.0	200	24600	182.50	36500.00	4740500.00	126181.94	-1
24800	178.5	200	24800	183.25	36650.00	4777150.00	125317.16	1
25000	152.0	200	25000	165.25	33050.00	4810200.00	120852.38	1
25200	205.0	200	25200	178.50	35700.00	4845900.00	119037.60	1
25400	196.5	200	25400	200.75	40150.00	4886050.00	121672.82	1
25600	211.0	200	25600	203.75	40750.00	4926800.00	124906.04	1
25800	169.5	200	25800	190.25	38050.00	4964850.00	125443.26	1
26000	171.0	200	26000	170.25	34050.00	4998900.00	121978.47	1
26200	264.0	200	26200	217.50	43500.00	5042400.00	127963.69	1
26400	241.5	200	26400	252.75	50550.00	5092950.00	140998.91	-1
26600	156.0	200	26600	198.75	39750.00	5132700.00	143234.13	-1
26800	207.0	200	26800	181.50	36300.00	5169000.00	142019.35	-1
27000	177.0	200	27000	192.00	38400.00	5207400.00	142904.57	-1
27200	180.5	200	27200	178.75	35750.00	5243150.00	141139.79	-1
27400	149.5	200	27400	165.00	33000.00	5276150.00	136625.01	-1
27600	192.5	200	27600	171.00	34200.00	5310350.00	133310.23	1
27800	212.0	200	27800	202.25	40450.00	5350800.00	136245.45	1
28000	148.5	200	28000	180.25	36050.00	5386850.00	134780.67	1
28200	210.5	200	28200	179.50	35900.00	5422750.00	133165.88	1
28400	193.5	200	28400	202.00	40400.00	5463150.00	136051.10	1
28600	248.5	200	28600	221.00	44200.00	5507350.00	142736.32	1
28800	222.5	200	28800	235.50	47100.00	5554450.00	152321.54	1
29000	247.5	200	29000	235.00	47000.00	5601450.00	161806.76	1
29200	197.5	200	29200	222.50	44500.00	5645950.00	166791.98	1
29400	146.5	200	29400	172.00	34400.00	5680350.00	165677.20	1
29600	262.0	200	29600	204.25	40850.00	5721200.00	169012.42	1
29800	191.5	200	29800	226.75	45350.00	5768550.00	176847.64	1
30000	250.0	200	30000	220.75	44150.00	5810700.00	183482.86	-1
30200	250.5	200	30200	250.25	50050.00	5860750.00	196018.07	-1
30400	110.0	200	30400	180.25	36050.00	5896800.00	194553.29	-1
30600	121.5	200	30600	115.75	23150.00	5919950.00	180188.51	-1
30800	163.0	200	30800	142.25	28450.00	5948400.00	171123.73	1
31000	168.0	200	31000	165.50	33100.00	5981500.00	166708.95	1
31200	227.0	200	31200	197.50	39500.00	6021000.00	168694.17	-1
31400	238.0	200	31400	232.50	46500.00	6067500.00	177679.39	-1
31600	181.0	200	31600	209.50	41900.00	6109400.00	182064.61	-1
31800	144.5	200	31800	162.75	32550.00	6141950.00	177099.83	-1
32000	124.0	200	32000	134.25	26850.00	6168800.00	166435.05	-1
32200	162.0	200	32200	143.00	28600.00	6197400.00	157520.27	-1
32400	163.0	200	32400	162.50	32500.00	6229900.00	152505.48	-1
32600	95.5	200	32600	129.25	25850.00	6255750.00	140840.70	-1
32800	161.5	200	32800	128.50	25700.00	6281450.00	129025.92	-1
33000	145.5	200	33000	153.50	30700.00	6312150.00	122211.14	-1
33200	153.0	200	33200	149.25	29850.00	6342000.00	114546.36	-1
33400	142.5	200	33400	147.75	29550.00	6371550.00	106581.58	-1
33600	132.0	200	33600	137.25	27450.00	6399000.00	96516.80	-1
33800	106.5	200	33800	119.25	23850.00	6422850.00	82652.02	-1
34000	125.5	200	34000	116.00	23200.00	6446050.00	68537.24	-1
34200	126.5	200	34200	126.00	25200.00	6471250.00	56222.46	-1
34400	175.0	200	34400	150.75	30150.00	6501400.00	48857.67	-1
34600	194.0	200	34600	184.50	36900.00	6538300.00	48242.89	-1
34800	103.0	200	34800	148.50	29700.00	6568000.00	40428.11	1
35000	177.5	200	35000	140.25	28050.00	6596050.00	30963.33	1
35200	178.0	200	35200	177.75	35550.00	6631600.00	28996.55	1
35400	250.0	200	35400	214.00	42600.00	6674400.00	34263.77	-1
35600	199.5	200	35600	224.75	44950.00	6719350.00	41718.99	-1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
35800	144.0	200	35800	171.75	34350.00	6753700.00	35554.21	1
36000	124.5	200	36000	134.25	26650.00	6760550.00	27689.43	1
36200	268.5	200	36200	196.50	39300.00	6819850.00	29674.65	-1
36400	178.0	200	36400	223.25	44650.00	6864300.00	36809.86	-1
36600	203.0	200	36600	190.50	38100.00	6902600.00	37395.08	-1
36800	118.0	200	36800	160.50	32100.00	6934700.00	31980.30	-1
37000	136.5	200	37000	127.25	25450.00	6960150.00	19915.52	-1
37200	217.5	200	37200	177.00	35400.00	6995550.00	17800.74	-1
37400	115.5	200	37400	166.50	33300.00	7026850.00	13585.96	-1
37600	180.0	200	37600	147.75	29550.00	7058400.00	5621.18	1
37800	175.5	200	37800	177.75	35550.00	7093950.00	3656.40	-1
38000	234.0	200	38000	204.75	40950.00	7134900.00	7091.62	-1
38200	171.5	200	38200	202.75	40550.00	7175450.00	10126.84	-1
38400	178.5	200	38400	175.00	35000.00	7210450.00	7612.06	-1
38600	146.0	200	38600	162.25	32450.00	7242900.00	2547.27	-1
38800	186.0	200	38800	166.00	33200.00	7276100.00	-1767.51	-1
39000	193.0	200	39000	189.50	37900.00	7314000.00	-1382.29	-1
39200	160.5	200	39200	176.75	35350.00	7349350.00	-3547.07	1
39400	147.5	200	39400	154.00	30800.00	7380150.00	-10261.85	1
39600	175.0	200	39600	161.25	32250.00	7412400.00	-15526.63	1
39800	260.5	200	39800	217.75	43550.00	7455850.00	-9491.41	1
40000	253.5	200	40000	257.00	51400.00	7507350.00	4393.81	1
40200	145.5	200	40200	199.50	39900.00	7547250.00	6779.03	1
40400	231.0	200	40400	188.25	37650.00	7584900.00	6914.25	1
40600	272.0	200	40600	251.50	50300.00	7635200.00	19699.46	1
40800	215.5	200	40800	243.75	48750.00	7683950.00	30934.68	1
41000	207.5	200	41000	211.50	42300.00	7726250.00	35719.90	1
41200	216.5	200	41200	212.00	42400.00	7768650.00	40605.12	1
41400	175.0	200	41400	195.75	39150.00	7807800.00	42240.34	1
41600	161.0	200	41600	168.00	33600.00	7841400.00	38325.56	1
41800	258.5	200	41800	209.75	41950.00	7883350.00	42760.78	1
42000	206.5	200	42000	232.50	46500.00	7929850.00	51746.00	-1
42200	220.0	200	42200	213.25	42650.00	7972500.00	56881.22	-1
42400	160.0	200	42400	190.00	38000.00	8010500.00	57366.44	-1
42600	171.5	200	42600	165.75	33150.00	8043650.00	53001.66	-1
42800	155.5	200	42800	163.50	32700.00	8076350.00	48186.87	-1
43000	103.0	200	43000	129.25	25850.00	8102200.00	36522.09	-1
43200	201.0	200	43200	152.00	30400.00	8132600.00	29407.31	-1
43400	122.5	200	43400	161.75	32350.00	8164950.00	24242.53	1
43600	158.5	200	43600	140.50	28100.00	8193050.00	14827.75	1
43800	194.5	200	43800	176.50	35300.00	8226350.00	12612.97	1
44000	222.5	200	44000	208.50	41700.00	8270050.00	16798.19	1
44200	217.5	200	44200	220.00	44000.00	8314050.00	23283.41	-1
44400	203.0	200	44400	210.25	42050.00	8356100.00	27618.63	-1
44600	138.5	200	44600	170.75	34150.00	8390250.00	24453.85	1
44800	158.0	200	44800	148.25	29650.00	8419900.00	16589.06	1
45000	246.0	200	45000	202.00	40400.00	8460300.00	19474.28	1
45200	161.0	200	45200	203.50	40700.00	8501000.00	22659.50	1
45400	213.0	200	45400	187.00	37400.00	8538400.00	22544.72	1
45600	194.0	200	45600	203.50	40700.00	8579100.00	25729.94	1
45800	288.0	200	45800	241.00	48200.00	8627300.00	36415.16	1
46000	184.0	200	46000	236.00	47200.00	8674500.00	46100.38	1
46200	128.5	200	46200	156.25	31250.00	8705750.00	39635.60	1
46400	295.0	200	46400	211.75	42350.00	8748100.00	44670.82	-1
46600	123.5	200	46600	209.25	41850.00	8789950.00	49006.04	-1
46800	205.5	200	46800	166.00	33200.00	8823150.00	44691.25	-1
47000	172.5	200	47000	190.50	38100.00	8861250.00	45276.47	-1
47200	115.5	200	47200	144.00	28800.00	8890050.00	36561.69	-1
47400	169.0	200	47400	142.25	28450.00	8918500.00	27496.91	-1
47600	135.0	200	47600	152.00	30400.00	8948900.00	20382.13	-1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
47800	149.5	200	47800	142.25	28450.00	8977350.00	11317.35	-1
48000	160.0	200	48000	154.75	30950.00	9008300.00	4752.57	-1
48200	205.0	200	48200	182.50	36500.00	9044800.00	3737.79	-1
48400	157.5	200	48400	181.25	36250.00	9081050.00	2473.01	-1
48600	143.0	200	48600	150.25	30050.00	9111100.00	-4991.77	-1
48800	208.0	200	48800	175.50	35100.00	9146200.00	-7406.55	-1
49000	192.5	200	49000	200.25	40050.00	9186250.00	-4871.34	-1
49200	162.0	200	49200	177.25	35450.00	9221700.00	-6936.12	-1
49400	195.5	200	49400	178.75	35750.00	9257450.00	-8700.90	-1
49600	134.5	200	49600	165.00	33000.00	9290450.00	-13215.68	-1
49800	174.0	200	49800	154.25	30650.00	9321300.00	-19880.46	-1
50000	172.5	200	50000	173.25	34650.00	9355950.00	-22745.24	-1
50200	160.5	200	50200	166.50	33300.00	9389250.00	-26960.02	-1
50400	119.0	200	50400	139.75	27950.00	9417200.00	-36524.80	1
50600	164.5	200	50600	141.75	28350.00	9445550.00	-45689.58	1
50800	273.0	200	50800	218.75	43750.00	9489300.00	-39454.36	-1
51000	215.5	200	51000	244.25	48850.00	9538150.00	-28119.15	-1
51200	145.5	200	51200	180.50	36100.00	9574250.00	-29533.93	-1
51400	145.0	200	51400	145.25	29050.00	9603300.00	-37996.71	-1
51600	137.5	200	51600	141.25	28250.00	9631550.00	-47263.49	-1
51800	166.5	200	51800	152.00	30400.00	9661950.00	-54378.27	-1
52000	173.5	200	52000	170.00	34000.00	9695950.00	-57893.05	-1
52200	177.5	200	52200	175.50	35100.00	9731050.00	-60307.83	-1
52400	193.0	200	52400	185.25	37050.00	9768100.00	-60772.61	-1
52600	135.5	200	52600	164.25	32850.00	9800950.00	-65437.39	-1
52800	137.0	200	52800	136.25	27250.00	9828200.00	-75702.17	-1
53000	91.5	200	53000	114.25	22650.00	9851050.00	-80366.95	-1
53200	161.0	200	53200	126.25	29250.00	9876300.00	-102631.74	-1
53400	136.0	200	53400	148.50	29700.00	9906000.00	-110446.52	-1
53600	121.5	200	53600	128.75	25750.00	9931750.00	-122211.30	-1
53800	117.0	200	53800	119.25	23850.00	9955600.00	-135876.08	-1
54000	161.0	200	54000	139.00	27800.00	9983400.00	-145590.86	-1
54200	162.0	200	54200	161.50	32300.00	10015700.00	-150805.64	-1
54400	121.0	200	54400	141.50	28300.00	10044000.00	-160020.42	-1
54600	118.5	200	54600	119.75	23950.00	10067950.00	-173585.20	-1
54800	132.5	200	54800	125.50	25100.00	10093050.00	-185999.98	-1
55000	150.5	200	55000	141.50	28300.00	10121350.00	-195214.76	-1
55200	139.0	200	55200	144.75	28950.00	10150300.00	-203779.55	-1
55400	143.0	200	55400	141.00	28200.00	10178500.00	-213094.33	-1
55600	109.0	200	55600	126.00	25200.00	10203700.00	-225409.11	-1
55800	172.0	200	55800	140.50	28100.00	10231800.00	-234823.89	-1
56000	148.0	200	56000	160.00	32000.00	10263800.00	-240338.67	-1
56200	169.5	200	56200	158.75	31750.00	10295550.00	-246103.45	1
56400	167.0	200	56400	168.25	33650.00	10329200.00	-249968.23	1
56600	193.5	200	56600	180.25	36050.00	10365250.00	-251433.01	1
56800	200.0	200	56800	196.75	39350.00	10404600.00	-249597.79	1
57000	260.0	200	57000	230.00	46000.00	10450600.00	-241112.57	1
57200	219.0	200	57200	239.50	47900.00	10498500.00	-230727.36	1
57400	153.0	200	57400	186.00	37200.00	10535700.00	-231042.14	1
57600	184.0	200	57600	173.50	34700.00	10570400.00	-233856.92	1
57800	204.5	200	57800	199.25	39650.00	10610250.00	-231521.70	-1
58000	189.5	200	58000	197.00	39400.00	10649650.00	-229636.48	-1
58200	187.5	200	58200	188.50	37700.00	10687350.00	-229451.26	-1
58400	179.5	200	58400	183.50	36700.00	10724050.00	-230266.04	1
58600	154.5	200	58600	167.00	33400.00	10757450.00	-234380.82	1
58800	221.0	200	58800	187.75	37550.00	10795000.00	-234345.60	1
59000	215.0	200	59000	218.00	43600.00	10838600.00	-228260.38	1
59200	208.5	200	59200	211.75	42350.00	10880950.00	-223425.16	-1
59400	202.5	200	59400	205.50	41100.00	10922050.00	-219839.95	-1
59600	178.5	200	59600	190.50	38100.00	10960150.00	-219254.73	-1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
59800	165.5	200	59800	172.00	34400.00	10994550.00	-222369.51	-1
60000	211.5	200	60000	168.50	37700.00	11032250.00	-222184.29	-1
60200	134.5	200	60200	173.00	34600.00	11066650.00	-225099.07	-1
60400	195.5	200	60400	166.50	33300.00	11100150.00	-229313.85	-1
60600	165.5	200	60600	182.00	36400.00	11136550.00	-230428.63	-1
60800	170.5	200	60800	168.00	33600.00	11170150.00	-234343.41	-1
61000	150.0	200	61000	160.25	32050.00	11202200.00	-239808.19	-1
61200	152.5	200	61200	151.25	30250.00	11232450.00	-247072.97	1
61400	193.5	200	61400	173.00	34600.00	11267050.00	-249987.76	1
61600	226.0	200	61600	209.75	41950.00	11309000.00	-245552.54	-1
61800	178.5	200	61800	202.25	40450.00	11349450.00	-242617.32	-1
62000	160.5	200	62000	179.50	35900.00	11385350.00	-244232.10	-1
62200	156.0	200	62200	168.25	33650.00	11419000.00	-248096.88	-1
62400	121.5	200	62400	138.75	27750.00	11446750.00	-257861.66	-1
62600	166.5	200	62600	144.00	28800.00	11475550.00	-266576.44	-1
62800	210.0	200	62800	188.25	37650.00	11513200.00	-266441.22	-1
63000	155.5	200	63000	182.75	36550.00	11549750.00	-267406.00	-1
63200	163.5	200	63200	159.50	31900.00	11581650.00	-273020.78	-1
63400	148.0	200	63400	155.75	31150.00	11612800.00	-279385.56	-1
63600	113.0	200	63600	130.50	26100.00	11638900.00	-290800.35	-1
63800	163.0	200	63800	138.00	27600.00	11666500.00	-300715.13	1
64000	144.5	200	64000	153.75	30750.00	11697250.00	-307479.91	1
64200	224.0	200	64200	184.25	36850.00	11734100.00	-308144.69	1
64400	201.0	200	64400	212.50	42500.00	11776600.00	-303159.47	1
64600	191.0	200	64600	196.00	39200.00	11815800.00	-301474.25	1
64800	204.5	200	64800	197.75	39550.00	11853350.00	-299439.03	1
65000	208.5	200	65000	206.50	41300.00	11896650.00	-295653.81	1
65200	204.5	200	65200	206.50	41300.00	11937950.00	-291868.59	1
65400	213.0	200	65400	208.75	41750.00	11979700.00	-287633.37	1
65600	175.0	200	65600	194.00	38800.00	12018500.00	-286348.16	1
65800	181.5	200	65800	178.25	35650.00	12054150.00	-288212.94	1
66000	220.5	200	66000	201.00	40200.00	12094350.00	-285527.72	1
66200	271.0	200	66200	245.75	49150.00	12143500.00	-273892.50	1
66400	215.0	200	66400	243.00	48600.00	12192100.00	-262807.28	1
66600	231.0	200	66600	223.00	44600.00	12236700.00	-255722.06	1
66800	154.0	200	66800	192.50	38500.00	12275200.00	-254736.84	-1
67000	252.0	200	67000	203.00	40600.00	12315800.00	-251651.62	1
67200	149.0	200	67200	200.50	40100.00	12355900.00	-249066.40	1
67400	148.5	200	67400	148.75	29750.00	12385650.00	-256831.18	1
67600	272.0	200	67600	210.25	42050.00	12427700.00	-252295.97	1
67800	157.0	200	67800	214.50	42900.00	12470600.00	-246910.75	1
68000	187.5	200	68000	172.25	34450.00	12505050.00	-249975.53	1
68200	198.0	200	68200	192.75	38550.00	12543600.00	-248940.31	1
68400	218.5	200	68400	208.25	41650.00	12585250.00	-244805.09	-1
68600	176.0	200	68600	197.25	39450.00	12624700.00	-242869.87	-1
68800	192.0	200	68800	184.00	36800.00	12661500.00	-243584.65	-1
69000	134.5	200	69000	163.25	32650.00	12694150.00	-248449.43	-1
69200	187.5	200	69200	161.00	32200.00	12726350.00	-253764.21	1
69400	190.0	200	69400	188.75	37750.00	12764100.00	-253528.99	1
69600	181.0	200	69600	185.50	37100.00	12801200.00	-253943.77	1
69800	215.5	200	69800	198.25	39650.00	12840850.00	-251808.56	1
70000	200.0	200	70000	207.75	41550.00	12882400.00	-247773.34	1
70200	265.0	200	70200	242.50	48500.00	12930900.00	-236788.12	1
70400	168.0	200	70400	226.50	45300.00	12976200.00	-229002.90	-1
70600	195.0	200	70600	181.50	36300.00	13012500.00	-230217.68	-1
70800	193.0	200	70800	194.00	38800.00	13051300.00	-228932.46	-1
71000	150.5	200	71000	171.75	34350.00	13085650.00	-232097.24	1
71200	192.0	200	71200	171.25	34250.00	13119900.00	-235362.02	1
71400	187.5	200	71400	189.75	37950.00	13157850.00	-234926.80	1
71600	182.5	200	71600	185.00	37000.00	13194850.00	-235441.58	1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
71000	243.5	200	71000	213.00	42600.00	13237450.00	-230356.37	1
72000	239.0	200	72000	241.25	46250.00	13265700.00	-219621.15	1
72200	182.0	200	72200	210.50	42100.00	13327800.00	-215035.93	1
72400	217.0	200	72400	199.50	39900.00	13367700.00	-212650.71	1
72600	245.5	200	72600	231.25	46250.00	13413950.00	-203915.49	-1
72800	203.5	200	72800	224.50	44900.00	13458650.00	-196530.27	-1
73000	139.5	200	73000	171.50	34300.00	13493150.00	-199745.05	-1
73200	186.0	200	73200	162.75	32550.00	13525700.00	-204709.83	1
73400	197.5	200	73400	191.75	38350.00	13564050.00	-203874.61	1
73600	167.0	200	73600	192.25	38450.00	13602500.00	-202939.39	1
73800	183.5	200	73800	185.25	37050.00	13639550.00	-203404.17	1
74000	216.5	200	74000	201.00	40200.00	13679750.00	-200716.96	1
74200	220.0	200	74200	219.25	43650.00	13723600.00	-194363.74	1
74400	225.5	200	74400	222.75	44550.00	13768150.00	-187348.52	1
74600	195.0	200	74600	210.25	42050.00	13810200.00	-182813.30	1
74800	189.5	200	74800	192.25	38450.00	13848650.00	-181878.08	1
75000	313.5	200	75000	251.50	50300.00	13889950.00	-169092.86	-1
75200	216.5	200	75200	265.00	53000.00	13951950.00	-153607.64	-1
75400	167.5	200	75400	192.00	38400.00	13990350.00	-152722.42	-1
75600	140.5	200	75600	154.00	30600.00	14021150.00	-159437.20	-1
75800	148.0	200	75800	144.25	28650.00	14050000.00	-168101.98	-1
76000	129.5	200	76000	138.75	27750.00	14077750.00	-177866.77	-1
76200	152.0	200	76200	140.75	28150.00	14105900.00	-187231.55	-1
76400	164.5	200	76400	158.25	31650.00	14137550.00	-193096.33	-1
76600	156.0	200	76600	161.25	32250.00	14169600.00	-198361.11	-1
76800	159.5	200	76800	158.75	31750.00	14201550.00	-204125.89	1
77000	147.5	200	77000	153.50	30700.00	14232250.00	-210940.67	1
77200	217.5	200	77200	182.50	36500.00	14268750.00	-211955.45	1
77400	205.0	200	77400	211.25	42250.00	14311000.00	-207220.23	1
77600	199.0	200	77600	202.00	40400.00	14351400.00	-204335.01	1
77800	171.3	200	77800	185.13	37025.00	14388425.00	-204824.79	1
78000	196.3	200	78000	184.75	36950.00	14425375.00	-205369.56	1
78200	203.0	200	78200	200.63	40125.00	14465500.00	-202779.36	1
78400	256.5	200	78400	229.75	45950.00	14511450.00	-194344.14	1
78600	224.5	200	78600	240.50	48100.00	14559950.00	-183758.92	1
78800	202.0	200	78800	213.25	42650.00	14602200.00	-178623.70	1
79000	167.0	200	79000	184.50	36900.00	14639100.00	-179238.48	1
79200	332.5	200	79200	249.75	49950.00	14689050.00	-166803.26	1
79400	212.5	200	79400	272.50	54500.00	14743550.00	-149816.04	1
79600	218.5	200	79600	215.50	43100.00	14786650.00	-144232.82	1
79800	232.0	200	79800	225.25	45050.00	14831700.00	-138697.60	1
80000	239.5	200	80000	235.75	47150.00	14878850.00	-127062.38	1
80200	295.5	200	80200	267.50	53500.00	14932350.00	-111077.17	-1
80400	182.5	200	80400	239.00	47800.00	14980150.00	-100791.95	-1
80600	133.0	200	80600	157.75	31550.00	15011700.00	-106756.73	1
80800	152.0	200	80800	142.50	28500.00	15040200.00	-115771.51	1
81000	190.5	200	81000	171.25	34250.00	15074450.00	-119036.29	1
81200	262.5	200	81200	226.50	45300.00	15119750.00	-111251.07	-1
81400	141.0	200	81400	201.75	40350.00	15160100.00	-108415.85	-1
81600	217.0	200	81600	179.00	35800.00	15195900.00	-110130.63	-1
81800	164.0	200	81800	190.50	38100.00	15234000.00	-109545.41	-1
82000	173.0	200	82000	168.50	33700.00	15267700.00	-113360.19	-1
82200	161.5	200	82200	167.25	33450.00	15301150.00	-117424.98	-1
82400	142.0	200	82400	151.75	30350.00	15331500.00	-124589.76	-1
82600	154.5	200	82600	148.25	29650.00	15361150.00	-132454.54	-1
82800	166.0	200	82800	160.25	32050.00	15393200.00	-137819.32	-1
83000	132.5	200	83000	149.25	29850.00	15423050.00	-145584.10	1
83200	169.5	200	83200	151.00	30200.00	15453250.00	-152896.88	1
83400	193.0	200	83400	181.25	36250.00	15488900.00	-154163.66	1
83600	210.0	200	83600	201.50	40300.00	15529800.00	-151376.44	1

SECTORIZACION POR DEFLEXIONES								
83800	254.5	200	83800	232.25	46450.00	15576250.00	-142443.22	-1
84000	143.0	200	84000	198.75	39750.00	15616000.00	-140208.00	1
84200	176.5	200	84200	160.75	32150.00	15648150.00	-145572.76	1
84400	209.0	200	84400	193.75	36750.00	15686900.00	-144337.57	1
84600	195.5	200	84600	202.25	40450.00	15727350.00	-141402.35	1
84800	216.0	200	84800	205.75	41150.00	15768500.00	-137767.13	1
85000	205.5	200	85000	210.75	42150.00	15810650.00	-133131.91	1
85200	186.5	200	85200	197.00	39400.00	15850050.00	-131246.69	1
85400	203.0	200	85400	195.75	39150.00	15889200.00	-129611.47	1
85600	220.5	200	85600	211.75	42350.00	15931550.00	-124776.25	1
85800	211.5	200	85800	216.00	43200.00	15974750.00	-119091.03	1
86000	206.5	200	86000	210.00	42000.00	16016750.00	-114605.81	1
86200	233.0	200	86200	220.75	44150.00	16060900.00	-107970.59	1
86400	259.5	200	86400	246.25	49250.00	16110150.00	-96235.36	-1
86600	155.0	200	86600	207.25	41450.00	16151600.00	-92300.16	-1
86800	156.0	200	86800	155.50	31100.00	16182700.00	-96714.94	-1
87000	179.0	200	87000	167.50	33500.00	16216200.00	-102729.72	1
87200	181.0	200	87200	180.00	36000.00	16252200.00	-104244.50	1
87400	196.5	200	87400	188.75	37750.00	16289950.00	-104009.28	1
87600	195.0	200	87600	195.75	39150.00	16329100.00	-102374.06	1
87800	266.0	200	87800	231.50	46300.00	16375400.00	-93586.84	1
88000	243.0	200	88000	255.50	51100.00	16426500.00	-80003.62	1
88200	252.5	200	88200	247.75	49550.00	16476050.00	-67966.40	1
88400	324.5	200	88400	288.50	57700.00	16533750.00	-47783.19	1
88600	306.0	200	88600	316.25	63250.00	16597000.00	-22047.97	1
88800	236.5	200	88800	272.25	54450.00	16651450.00	-5112.75	1
89000	272.0	200	89000	254.25	50850.00	16702300.00	6222.47	1
89200	241.0	200	89200	256.50	51300.00	16753600.00	22007.69	1
89400	252.0	200	89400	246.50	49300.00	16802900.00	33792.91	1
89600	206.0	200	89600	230.00	46000.00	16848900.00	42276.13	1
89800	219.0	200	89800	213.50	42700.00	16891600.00	47463.35	1
90000	273.0	200	90000	246.00	49200.00	16940600.00	59148.57	1
90200	259.0	200	90200	266.00	53200.00	16994000.00	74833.79	1
90400	190.0	200	90400	224.50	44900.00	17038900.00	82219.01	1
90600	227.5	200	90600	206.75	41750.00	17080650.00	86454.22	1
90800	252.0	200	90800	239.75	47950.00	17128600.00	96889.44	1
91000	276.5	200	91000	264.25	52650.00	17181450.00	112224.66	1
91200	226.5	200	91200	252.50	50500.00	17231950.00	125209.88	1
91400	249.0	200	91400	236.75	47750.00	17279700.00	135445.10	1
91600	260.5	200	91600	254.75	50950.00	17330650.00	146880.32	1
91800	240.5	200	91800	250.50	50100.00	17380750.00	161465.54	1
92000	233.5	200	92000	237.00	47400.00	17428150.00	171350.76	1
92200	221.5	200	92200	227.50	45500.00	17473650.00	179335.96	1
92400	257.0	200	92400	239.25	47650.00	17521500.00	189671.20	1
92600	227.0	200	92600	242.00	48400.00	17568900.00	200556.41	1
92800	110.5	200	92800	166.75	33750.00	17603650.00	196791.63	1
93000	206.0	200	93000	159.25	31850.00	17635500.00	191126.85	1
93200	249.0	200	93200	226.50	45700.00	17661200.00	199312.07	1
93400	209.0	200	93400	229.00	45600.00	17727000.00	207597.29	1
93600	226.0	200	93600	216.50	43700.00	17770700.00	213762.51	1
93800	156.0	200	93800	193.00	38600.00	17809300.00	214867.73	1
94000	229.0	200	94000	193.50	38700.00	17848000.00	216052.95	1
94200	255.5	200	94200	242.25	48450.00	17896450.00	226986.17	1
94400	249.0	200	94400	252.25	50450.00	17946900.00	239923.39	1
94600	176.0	200	94600	213.50	42700.00	17989600.00	245106.61	1
94800	245.5	200	94800	211.75	42350.00	18031950.00	249943.62	1
95000	296.0	200	95000	271.75	54350.00	18086300.00	266779.04	1
95200	267.5	200	95200	282.75	56550.00	18142850.00	285814.26	-1
95400	180.5	200	95400	224.00	44800.00	18187650.00	293099.48	1
95600	183.0	200	95600	181.75	36350.00	18224000.00	291934.70	1

SECTOR ZACION POR DEFLEXIONES								
95600	183,0	200	95600	181,75	36350,00	18224000,00	291934,70	1
95800	152,0	200	95800	167,50	33500,00	18257500,00	287919,92	1
96000	225,0	200	96000	188,50	37700,00	18295200,00	288105,14	1
96200	267,0	200	96200	246,00	49200,00	18344400,00	299790,36	1
96400	256,0	200	96400	281,50	52300,00	18396700,00	314575,58	1
96600	295,0	200	96600	275,50	55100,00	18451800,00	332160,80	1
96800	194,5	200	96800	244,75	48950,00	18500750,00	343596,01	1
97000	255,0	200	97000	224,75	44950,00	18545700,00	351031,23	-1
97200	267,5	200	97200	261,25	52250,00	18597950,00	365766,45	-1
97400	139,5	200	97400	203,50	40700,00	18639850,00	368951,67	-1
97600	127,0	200	97600	133,25	26650,00	18665300,00	358086,89	-1
97800	106,0	200	97800	116,50	23300,00	18688800,00	343872,11	-1
98000	114,5	200	98000	110,25	22050,00	18710650,00	328407,33	-1
98200	144,5	200	98200	129,50	25900,00	18736550,00	316792,55	-1
98400	175,5	200	98400	160,00	32000,00	18768550,00	311277,77	-1
98600	142,5	200	98600	159,00	31800,00	18800350,00	305562,99	-1
98800	103,0	200	98800	122,75	24550,00	18824900,00	292598,20	-1
99000	156,0	200	99000	129,50	25900,00	18850800,00	280983,42	-1
99200	140,0	200	99200	148,00	29600,00	18880400,00	273068,64	-1
99400	152,5	200	99400	146,25	29250,00	18909650,00	264803,86	-1
99600	157,0	200	99600	154,75	30950,00	18940800,00	258239,08	-1
99800	135,0	200	99800	146,00	29200,00	18969800,00	249924,30	-1
100000	151,5	200	100000	143,25	28650,00	18998450,00	241059,52	-1
100200	156,0	200	100200	153,75	30750,00	19029200,00	234294,74	-1
100400	179,0	200	100400	167,50	33500,00	19062700,00	230279,96	-1
100600	104,5	200	100600	141,75	28350,00	19091050,00	221115,18	-1
100800	131,5	200	100800	118,00	23600,00	19114650,00	207200,40	-1
101000	121,0	200	101000	126,25	25250,00	19139900,00	194935,61	-1
101200	105,5	200	101200	113,25	22650,00	19162550,00	180070,83	-1
101400	81,0	200	101400	93,25	18650,00	19181200,00	161206,05	-1
101600	104,0	200	101600	92,50	18500,00	19199700,00	142191,27	-1
101800	86,5	200	101800	95,25	19050,00	19218750,00	123726,49	-1
102000	116,0	200	102000	101,25	20250,00	19239000,00	106461,71	-1
102200	140,0	200	102200	128,00	25600,00	19264600,00	94546,93	-1
102400	147,5	200	102400	143,75	28750,00	19293350,00	85782,15	-1
102600	161,0	200	102600	154,25	30850,00	19324200,00	79117,37	-1
102800	137,5	200	102800	149,25	29850,00	19354050,00	71452,59	-1
103000	193,0	200	103000	165,25	33050,00	19387100,00	66867,80	-1
103200	112,5	200	103200	152,75	30550,00	19417650,00	60023,02	-1
103400	90,0	200	103400	101,25	20250,00	19437900,00	42758,24	-1
103600	104,5	200	103600	97,25	19450,00	19457350,00	24693,46	-1
103800	100,0	200	103800	102,25	20450,00	19477800,00	7628,68	-1
104000	93,5	200	104000	96,75	19350,00	19497150,00	-10536,10	-1
104200	107,5	200	104200	100,50	20100,00	19517250,00	-27950,88	-1
104400	106,5	200	104400	107,00	21400,00	19538650,00	-44065,66	-1
104600	84,0	200	104600	95,25	19050,00	19557700,00	-62530,44	-1
104800	115,0	200	104800	99,50	19900,00	19577600,00	-80145,22	-1
105000	157,0	200	105000	136,00	27200,00	19604800,00	-90460,00	-1
105200	209,5	200	105200	183,25	36650,00	19641450,00	-91324,79	-1
105400	164,0	200	105400	186,75	37350,00	19678800,00	-91489,57	-1
105600	198,0	200	105600	181,00	36200,00	19715000,00	-92804,35	-1

GRAFICO DE LA SECTORIZACION POR DEFLEXIONES

Sectorización del IRI (PE-3S)

RESUMEN DE LA SECTORIZACION

SECTORES	Km inicio	Km fin	Clasificación Deflexion
SECTOR 1	0+000	3+200	179.0
SECTOR 2	3+200	9+400	192.0
SECTOR 3	9+400	12+200	244.5
SECTOR 4	12+200	20+800	196.5
SECTOR 5	20+800	25+000	159.2
SECTOR 6	25+000	31+800	195.7
SECTOR 7	31+800	36+000	151.6
SECTOR 8	36+000	47+600	187.0
SECTOR 9	47+600	56+800	158.9
SECTOR 10	56+800	64+600	180.8
SECTOR 11	64+600	87+800	196.9
SECTOR 12	87+800	97+600	232.2
SECTOR 13	97+600	105+600	132.1

DEFLEXIONES POR SECTORES

Sectores	D0 Norm. μm	D1 Norm. μm	D2 Norm. μm	D3 Norm. μm	D4 Norm. μm	D5 Norm. μm	D6 Norm. μm
Sector 1	176.44	99.00	71.67	49.06	36.83	26.11	20.67
Sector 2	192.66	116.43	84.40	56.35	40.16	25.01	17.76
Sector 3	186.75	112.75	86.50	60.50	43.75	27.25	19.00
Sector 4	198.30	119.93	97.42	73.73	56.96	37.91	27.63
Sector 5	157.17	90.00	71.40	53.74	41.52	27.52	20.17
Sector 6	195.96	116.06	90.59	68.37	52.84	35.29	24.99
Sector 7	152.52	92.95	74.43	57.76	45.07	30.45	21.86
Sector 8	186.84	109.04	85.46	62.40	46.81	29.86	20.84
Sector 9	157.52	86.96	67.35	49.89	38.17	25.62	18.82
Sector 10	181.04	116.56	92.92	70.44	54.50	36.53	26.29
Sector 11	199.63	131.95	107.52	81.47	62.63	41.40	30.06
Sector 12	230.09	148.78	122.77	98.36	80.27	58.34	44.91
Sector 13	131.98	82.99	66.22	49.95	39.80	31.74	27.51

ANEXO 4:

SECTORIZACIÓN POR IRI

SECTORIZACION IRI

Progresivas	IRI	DifProm	DifPromAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
0	3.0		0				0	
200	2.8	200	200	2.93	586.60	586.60	226.37	1
400	4.1	200	400	3.47	693.26	1279.86	559.41	1
600	4.1	200	600	4.11	621.45	2101.33	1020.62	1
800	6.8	200	800	5.43	1066.80	3168.28	1747.34	1
1000	7.8	200	1000	7.27	1454.63	4642.90	2641.73	1
1200	6.5	200	1200	7.15	1430.50	6073.40	3912.00	1
1400	2.3	200	1400	4.40	880.15	6953.55	4431.91	-1
1600	1.7	200	1600	2.00	400.43	7353.98	4472.11	-1
1800	1.8	200	1800	1.78	351.63	7705.60	4483.50	-1
2000	1.3	200	2000	1.52	304.18	8009.78	4407.44	-1
2200	1.2	200	2200	1.25	249.40	8259.18	4296.61	-1
2400	1.4	200	2400	1.34	268.90	8528.08	4205.27	-1
2600	1.2	200	2600	1.31	262.43	8790.53	4107.49	-1
2800	1.3	200	2800	1.23	246.68	9037.40	3994.13	-1
3000	1.5	200	3000	1.38	276.13	9313.53	3910.02	-1
3200	1.2	200	3200	1.38	271.75	9585.28	3821.54	-1
3400	1.8	200	3400	1.51	302.25	9887.53	3763.50	-1
3600	1.8	200	3600	1.61	362.05	10249.58	3763.37	-1
3800	1.6	200	3800	1.73	346.68	10596.25	3751.61	-1
4000	1.7	200	4000	1.68	335.00	10931.25	3726.58	-1
4200	1.6	200	4200	1.64	326.08	11259.33	3694.42	-1
4400	1.4	200	4400	1.46	292.65	11552.18	3627.04	-1
4600	1.6	200	4600	1.47	294.58	11846.75	3561.38	-1
4800	1.5	200	4800	1.52	304.60	12151.58	3503.94	1
5000	2.0	200	5000	1.71	342.98	12494.53	3466.09	-1
5200	2.0	200	5200	1.97	394.35	12888.88	3522.80	-1
5400	1.8	200	5400	1.89	376.05	13266.93	3540.62	-1
5600	1.5	200	5600	1.68	331.18	13598.10	3511.58	-1
5800	1.3	200	5800	1.43	285.33	13883.43	3436.65	-1
6000	1.6	200	6000	1.47	293.33	14176.75	3369.74	1
6200	1.9	200	6200	1.78	351.70	14528.45	3381.21	1
6400	1.9	200	6400	1.91	381.18	14909.63	3302.10	1
6600	2.1	200	6600	1.97	394.68	15304.50	3416.79	-1
6800	1.8	200	6800	1.95	388.55	15693.05	3446.11	-1
7000	1.7	200	7000	1.78	357.73	16051.78	3443.60	-1
7200	1.8	200	7200	1.69	337.38	16389.15	3426.74	-1
7400	1.6	200	7400	1.62	323.03	16712.18	3383.53	-1
7600	1.6	200	7600	1.61	321.10	17033.28	3344.40	-1
7800	1.4	200	7800	1.52	304.45	17337.73	3288.62	-1
8000	1.7	200	8000	1.57	313.38	17651.10	3241.76	-1
8200	1.4	200	8200	1.54	308.25	17959.35	3189.77	-1
8400	1.9	200	8400	1.62	323.53	18282.88	3153.06	-1
8600	1.7	200	8600	1.60	360.03	18642.90	3152.66	-1
8800	1.8	200	8800	1.78	356.03	18998.93	3146.65	-1
9000	1.4	200	9000	1.63	325.03	19323.95	3113.44	-1
9200	1.3	200	9200	1.35	270.25	19594.20	3023.46	-1
9400	1.5	200	9400	1.39	277.28	19871.48	2940.50	-1
9600	1.7	200	9600	1.58	315.90	20187.38	2896.16	-1
9800	1.9	200	9800	1.80	359.53	20546.90	2895.45	-1
10000	1.8	200	10000	1.69	377.73	20924.63	2912.95	-1
10200	1.6	200	10200	1.74	348.20	21272.83	2900.91	-1
10400	1.5	200	10400	1.58	311.03	21583.85	2851.70	-1
10600	1.4	200	10600	1.45	290.45	21874.30	2781.92	1
10800	1.9	200	10800	1.65	330.05	22204.35	2751.74	1
11000	1.9	200	11000	1.68	376.18	22580.53	2767.68	1
11200	2.3	200	11200	2.10	419.84	23000.38	2627.28	1
11400	2.1	200	11400	2.21	442.36	23442.73	2909.41	-1
11600	1.9	200	11600	2.01	402.75	23845.48	2951.93	-1
11800	1.7	200	11800	1.61	362.95	24208.43	2954.64	-1
12000	1.6	200	12000	1.66	332.63	24541.05	2927.04	-1
12200	1.4	200	12200	1.50	299.20	24840.25	2868.00	-1
12400	1.2	200	12400	1.28	255.10	25095.35	2760.67	-1
12600	1.2	200	12600	1.16	232.65	25328.00	2633.26	-1
12800	1.2	200	12800	1.19	237.68	25565.68	2510.73	-1
13000	1.1	200	13000	1.17	234.75	25800.43	2385.24	-1

Progresivas	IRI	DHProg	DHProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
13200	1.0	200	13200	1.05	216.23	26016.65	2241.23	-1
13400	1.0	200	13400	1.01	201.50	26218.15	2082.50	-1
13600	1.2	200	13600	1.07	213.65	26432.00	1936.12	-1
13800	1.1	200	13800	1.10	220.76	26652.76	1796.66	-1
14000	1.4	200	14000	1.23	246.93	26889.70	1663.35	-1
14200	1.5	200	14200	1.43	266.63	27166.33	1609.74	-1
14400	1.3	200	14400	1.36	272.96	27459.30	1522.48	-1
14600	1.3	200	14600	1.27	263.13	27712.43	1415.37	-1
14800	1.7	200	14800	1.49	297.70	28010.13	1352.64	-1
15000	1.5	200	15000	1.60	320.33	28330.45	1312.93	-1
15200	1.5	200	15200	1.47	293.20	28623.65	1245.90	-1
15400	1.4	200	15400	1.41	282.98	28906.63	1166.64	-1
15600	1.5	200	15600	1.43	285.43	29192.05	1093.63	-1
15800	1.8	200	15800	1.64	326.95	29521.00	1062.55	-1
16000	1.3	200	16000	1.54	307.35	29828.35	1009.66	-1
16200	1.3	200	16200	1.28	256.35	30084.70	965.78	-1
16400	1.4	200	16400	1.38	272.05	30356.75	917.60	-1
16600	1.6	200	16600	1.50	300.68	30657.43	758.04	-1
16800	1.5	200	16800	1.54	307.50	30964.93	705.30	-1
17000	1.6	200	17000	1.56	312.08	31277.00	657.15	-1
17200	1.6	200	17200	1.60	319.63	31596.63	616.74	-1
17400	1.6	200	17400	1.60	320.13	31916.65	576.63	-1
17600	1.6	200	17600	1.72	343.35	32260.30	559.75	-1
17800	1.6	200	17800	1.68	335.45	32595.75	534.96	1
18000	1.7	200	18000	1.60	320.76	32916.53	495.50	1
18200	1.3	200	18200	1.47	294.63	33211.15	429.69	1
18400	2.4	200	18400	1.64	367.75	33578.90	437.41	1
18600	4.1	200	18600	3.25	649.16	34228.06	726.35	1
18800	4.1	200	18800	4.12	623.66	35051.95	1169.99	1
19000	1.9	200	19000	3.02	603.75	35655.70	1433.51	-1
19200	1.6	200	19200	1.64	367.68	36023.26	1440.66	-1
19400	1.4	200	19400	1.56	315.06	36338.35	1395.69	-1
19600	1.3	200	19600	1.32	264.06	36602.43	1299.53	-1
19800	1.3	200	19800	1.28	255.45	36857.88	1184.79	-1
20000	1.3	200	20000	1.32	264.03	37121.90	1096.54	-1
20200	1.2	200	20200	1.26	252.10	37374.00	990.41	-1
20400	1.3	200	20400	1.22	243.20	37617.20	873.36	-1
20600	1.4	200	20600	1.31	261.43	37878.63	774.57	-1
20800	1.2	200	20800	1.27	254.18	38132.80	665.51	-1
21000	1.6	200	21000	1.39	276.68	38411.48	566.95	-1
21200	1.3	200	21200	1.45	290.53	38702.00	517.24	-1
21400	1.1	200	21400	1.21	242.66	38944.66	399.66	1
21600	1.7	200	21600	1.42	283.68	39228.35	323.12	1
21800	2.4	200	21800	2.05	410.83	39639.18	373.71	-1
22000	1.5	200	22000	2.10	420.83	40060.00	434.31	-1
22200	1.6	200	22200	1.71	342.36	40402.36	416.45	-1
22400	1.7	200	22400	1.64	327.90	40730.26	364.11	-1
22600	1.3	200	22600	1.50	299.65	41030.13	323.73	-1
22800	2.1	200	22800	1.70	339.00	41369.13	302.50	-1
23000	1.9	200	23000	1.95	390.63	41759.65	333.09	-1
23200	1.4	200	23200	1.64	326.55	42086.50	301.40	-1
23400	1.5	200	23400	1.45	288.95	42376.45	231.12	-1
23600	1.3	200	23600	1.38	276.03	42654.48	146.91	-1
23800	1.4	200	23800	1.34	267.20	42921.68	53.66	-1
24000	2.0	200	24000	1.69	337.43	43259.10	31.07	-1
24200	1.7	200	24200	1.63	365.25	43624.35	36.09	-1
24400	1.9	200	24400	1.80	360.20	43964.55	36.05	-1
24600	1.5	200	24600	1.74	347.40	44331.95	23.22	-1
24800	1.6	200	24800	1.59	315.46	44647.43	-21.54	-1
25000	1.4	200	25000	1.52	303.60	44951.03	-76.17	-1
25200	1.3	200	25200	1.35	270.63	45221.65	-167.56	-1
25400	1.5	200	25400	1.41	282.96	45504.60	-244.66	-1
25600	1.4	200	25600	1.47	294.53	45799.33	-310.57	-1
25800	1.9	200	25800	1.65	330.40	46129.73	-340.41	-1
26000	1.6	200	26000	1.64	367.45	46497.18	-333.19	-1
26200	1.5	200	26200	1.66	331.05	46826.23	-302.37	-1
26400	1.5	200	26400	1.52	303.30	47131.53	-419.31	-1

Progresivas	Ri	DifProp	DifPropAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
26000	1.7	200	26000	1.59	318.25	47449.78	-461.29	-1
26500	1.8	200	26500	1.72	343.80	47793.58	-477.72	-1
27000	1.7	200	27000	1.73	346.45	48140.03	-491.51	-1
27200	1.7	200	27200	1.68	335.25	48475.28	-516.49	-1
27400	1.7	200	27400	1.68	332.05	48807.33	-544.68	-1
27600	1.7	200	27600	1.67	333.10	49140.43	-571.61	-1
27800	1.5	200	27800	1.57	314.80	49455.29	-617.24	-1
28000	1.3	200	28000	1.39	278.98	49734.20	-688.50	-1
28200	1.3	200	28200	1.32	263.95	49998.15	-794.78	-1
28400	1.3	200	28400	1.32	264.88	50263.03	-890.14	-1
28600	1.1	200	28600	1.19	238.88	50501.90	-1011.50	-1
28800	1.3	200	28800	1.20	240.88	50742.78	-1130.88	-1
29000	1.3	200	29000	1.34	268.05	51010.83	-1223.04	-1
29200	1.8	200	29200	1.57	313.25	51324.08	-1270.03	-1
29400	1.4	200	29400	1.58	315.60	51639.68	-1314.66	-1
29600	1.4	200	29600	1.38	278.93	51916.60	-1387.97	-1
29800	1.4	200	29800	1.38	278.93	52193.53	-1451.28	-1
30000	1.7	200	30000	1.58	311.60	52505.13	-1529.91	-1
30200	2.1	200	30200	1.92	384.08	52889.20	-1806.07	-1
30400	1.5	200	30400	1.79	357.80	53248.80	-1908.70	-1
30600	1.5	200	30600	1.49	297.30	53544.10	-1971.64	-1
30800	1.4	200	30800	1.46	292.83	53836.93	-1839.08	-1
31000	1.9	200	31000	1.66	332.10	54189.03	-1667.16	-1
31200	1.7	200	31200	1.81	362.20	54531.23	-1685.21	-1
31400	1.8	200	31400	1.75	350.80	54882.03	-1674.65	-1
31600	1.1	200	31600	1.43	285.53	55167.58	-1749.36	-1
31800	1.5	200	31800	1.29	257.30	55424.88	-1852.29	-1
32000	1.1	200	32000	1.32	263.58	55688.43	-1948.95	-1
32200	1.2	200	32200	1.18	235.38	55923.80	-2073.61	-1
32400	1.2	200	32400	1.22	244.10	56167.90	-2189.94	-1
32600	2.7	200	32600	1.98	396.65	56564.55	-2153.52	-1
32800	1.1	200	32800	1.93	385.35	56949.90	-2126.41	-1
33000	0.9	200	33000	1.01	201.80	57151.70	-2286.84	-1
33200	0.9	200	33200	0.90	179.98	57331.68	-2467.10	-1
33400	1.0	200	33400	0.97	194.78	57526.45	-2632.58	-1
33600	1.2	200	33600	1.11	222.10	57748.55	-2770.89	-1
33800	1.1	200	33800	1.14	228.43	57976.98	-2902.50	-1
34000	1.0	200	34000	1.08	212.98	58189.96	-3049.78	-1
34200	1.3	200	34200	1.18	232.08	58422.03	-3177.92	-1
34400	1.4	200	34400	1.33	265.23	58667.25	-3272.93	-1
34600	1.4	200	34600	1.38	275.43	58982.68	-3357.73	-1
34800	1.3	200	34800	1.36	271.00	59233.68	-3446.97	-1
35000	1.5	200	35000	1.41	282.73	59516.40	-3524.48	-1
35200	1.5	200	35200	1.50	299.68	59816.08	-3585.03	-1
35400	1.8	200	35400	1.64	328.55	60144.63	-3616.72	-1
35600	2.0	200	35600	1.91	381.18	60525.80	-3895.78	-1
35800	1.4	200	35800	1.71	342.53	60888.33	-3813.49	-1
36000	1.6	200	36000	1.53	305.35	61173.68	-3888.37	-1
36200	1.4	200	36200	1.52	304.43	61478.10	-3724.18	-1
36400	1.8	200	36400	1.59	318.93	61797.03	-3765.49	-1
36600	2.0	200	36600	1.67	374.75	62171.78	-3750.97	-1
36800	1.7	200	36800	1.82	364.03	62535.80	-3747.18	-1
37000	1.5	200	37000	1.58	316.80	62882.60	-3790.61	-1
37200	1.5	200	37200	1.51	302.90	63155.50	-3847.98	-1
37400	1.9	200	37400	1.73	348.20	63501.70	-3861.98	-1
37600	1.7	200	37600	1.79	358.93	63860.63	-3863.29	-1
37800	1.6	200	37800	1.62	323.83	64184.45	-3899.70	-1
38000	1.3	200	38000	1.44	287.88	64472.33	-3872.05	-1
38200	1.3	200	38200	1.30	299.50	64731.83	-4072.79	-1
38400	1.8	200	38400	1.55	309.33	65041.15	-4123.70	-1
38600	1.7	200	38600	1.73	345.73	65386.88	-4138.21	-1
38800	1.8	200	38800	1.65	329.13	65716.00	-4189.31	-1
39000	1.6	200	39000	1.62	323.38	66039.38	-4206.17	-1
39200	1.9	200	39200	1.74	348.10	66387.48	-4218.31	-1
39400	1.7	200	39400	1.80	360.55	66748.03	-4217.99	-1
39600	1.4	200	39600	1.58	318.38	67064.40	-4261.85	-1
39800	1.6	200	39800	1.50	299.20	67383.60	-4322.68	-1

Progresivas	IRI	DiffProg	DiffProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
40000	1.3	200	40000	1.44	267.35	67650.95	-4395.77	-1
40200	1.4	200	40200	1.36	275.63	67926.78	-4480.17	-1
40400	1.6	200	40400	1.53	306.68	68233.45	-4533.73	1
40600	1.6	200	40600	1.60	320.63	68554.26	-4573.14	1
40800	1.3	200	40800	1.45	290.03	68844.30	-4643.35	1
41000	2.7	200	41000	2.03	405.68	69249.98	-4597.91	1
41200	4.5	200	41200	3.60	720.43	69970.40	-4237.72	1
41400	2.5	200	41400	3.47	694.55	70664.95	-3903.40	1
41600	3.5	200	41600	2.97	594.85	71259.80	-3666.76	1
41800	1.7	200	41800	2.56	515.16	71774.96	-3513.64	-1
42000	1.5	200	42000	1.60	319.46	72094.45	-3554.60	1
42200	1.6	200	42200	1.66	332.68	72427.13	-3582.16	1
42400	1.9	200	42400	1.65	370.95	72796.08	-3571.44	1
42600	1.6	200	42600	1.75	350.26	73146.35	-3561.40	-1
42800	3.1	200	42800	2.37	473.56	73621.93	-3466.06	-1
43000	1.4	200	43000	2.25	449.26	74071.20	-3379.02	-1
43200	1.3	200	43200	1.35	269.63	74340.83	-3469.63	-1
43400	1.1	200	43400	1.22	243.43	74584.25	-3566.44	-1
43600	1.1	200	43600	1.12	224.85	74809.10	-3721.82	-1
43800	1.1	200	43800	1.13	225.03	75034.13	-3857.03	-1
44000	1.2	200	44000	1.16	231.66	75265.20	-3966.19	-1
44200	1.0	200	44200	1.10	220.38	75485.58	-4126.05	-1
44400	1.2	200	44400	1.10	220.66	75706.25	-4265.60	1
44600	1.5	200	44600	1.37	273.25	75979.50	-4352.59	1
44800	1.5	200	44800	1.51	301.25	76280.75	-4411.57	1
45000	4.3	200	45000	2.90	579.83	76660.58	-4191.96	1
45200	1.6	200	45200	2.98	595.80	77456.38	-3956.41	1
45400	1.5	200	45400	1.56	315.93	77772.30	-4000.72	1
45600	2.3	200	45600	1.92	363.30	78155.60	-3977.66	1
45800	5.8	200	45800	4.07	814.63	78970.23	-3523.26	1
46000	1.6	200	46000	3.62	763.68	79733.90	-3119.82	1
46200	3.5	200	46200	2.65	529.93	80263.83	-2950.13	-1
46400	2.0	200	46400	2.74	547.26	80811.10	-2763.09	-1
46600	1.3	200	46600	1.64	327.13	81138.23	-2796.20	-1
46800	1.1	200	46800	1.21	242.26	81380.50	-2914.16	-1
47000	1.4	200	47000	1.26	251.43	81631.93	-3022.97	-1
47200	1.5	200	47200	1.45	269.60	81921.73	-3093.40	-1
47400	1.6	200	47400	1.56	311.80	82233.53	-3141.83	-1
47600	1.6	200	47600	1.56	316.50	82550.03	-3165.57	1
47800	1.9	200	47800	1.75	349.63	82899.65	-3196.16	1
48000	1.6	200	48000	1.66	376.80	83276.45	-3179.61	-1
48200	2.0	200	48200	1.92	364.03	83660.48	-3155.62	-1
48400	1.6	200	48400	1.69	377.65	84038.13	-3136.40	-1
48600	1.7	200	48600	1.71	342.90	84381.03	-3155.73	-1
48800	1.5	200	48800	1.57	313.56	84694.60	-3202.39	-1
49000	1.3	200	49000	1.40	279.90	84974.50	-3262.73	-1
49200	1.4	200	49200	1.36	271.13	85245.63	-3371.64	-1
49400	1.6	200	49400	1.52	303.23	85548.85	-3426.64	-1
49600	1.3	200	49600	1.46	292.05	85840.90	-3497.03	-1
49800	1.4	200	49800	1.32	263.65	86104.75	-3593.41	-1
50000	1.4	200	50000	1.36	275.70	86380.45	-3677.94	-1
50200	1.5	200	50200	1.44	266.66	86669.33	-3749.30	-1
50400	1.4	200	50400	1.43	265.95	86955.26	-3823.59	-1
50600	1.7	200	50600	1.53	305.30	87260.56	-3876.52	-1
50800	1.3	200	50800	1.51	302.26	87562.65	-3936.48	-1
51000	1.3	200	51000	1.35	269.05	87831.90	-4027.66	-1
51200	1.6	200	51200	1.47	293.30	88125.20	-4094.60	-1
51400	1.5	200	51400	1.52	304.93	88430.13	-4149.90	-1
51600	1.4	200	51600	1.43	265.93	88716.05	-4224.21	-1
51800	1.4	200	51800	1.41	262.30	88996.35	-4302.15	-1
52000	1.2	200	52000	1.29	256.45	89256.80	-4403.93	-1
52200	1.4	200	52200	1.27	253.03	89509.83	-4511.14	-1
52400	1.9	200	52400	1.63	325.56	89835.40	-4545.60	-1
52600	1.5	200	52600	1.67	334.90	90170.30	-4571.13	-1
52800	1.6	200	52800	1.61	322.40	90492.70	-4606.96	-1
53000	1.6	200	53000	1.66	331.65	90824.35	-4637.55	-1
53200	1.6	200	53200	1.58	315.43	91139.78	-4662.36	1

Progresivas	IRI	DifProg	DifProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
53400	1.6	200	53400	1.66	335.66	91475.65	-4706.72	1
53600	1.6	200	53600	1.76	356.70	91632.35	-4710.25	1
53800	1.9	200	53800	1.65	369.93	92202.28	-4700.56	1
54000	2.2	200	54000	2.03	405.40	92607.68	-4655.39	-1
54200	1.7	200	54200	1.94	367.40	92995.08	-4626.22	-1
54400	1.7	200	54400	1.69	337.66	93332.95	-4650.56	-1
54600	1.6	200	54600	1.65	330.23	93663.18	-4660.59	-1
54800	1.6	200	54800	1.74	347.60	94010.98	-4693.03	-1
55000	1.6	200	55000	1.72	344.55	94355.53	-4706.71	-1
55200	1.3	200	55200	1.45	269.63	94645.15	-4779.32	-1
55400	1.4	200	55400	1.35	270.45	94915.60	-4869.10	-1
55600	1.7	200	55600	1.56	315.65	95231.25	-4913.66	-1
55800	1.4	200	55800	1.56	312.83	95544.08	-4961.09	-1
56000	1.7	200	56000	1.54	307.03	95851.10	-5014.30	-1
56200	1.6	200	56200	1.76	352.96	96204.06	-5021.56	-1
56400	1.9	200	56400	1.66	376.65	96580.73	-5005.14	-1
56600	1.5	200	56600	1.70	339.43	96920.15	-5025.95	1
56800	1.6	200	56800	1.55	310.66	97231.03	-5075.31	1
57000	2.2	200	57000	1.90	379.65	97610.66	-5055.69	-1
57200	1.9	200	57200	2.03	405.93	98016.60	-5010.00	-1
57400	1.6	200	57400	1.76	351.36	98366.16	-5016.66	1
57600	1.5	200	57600	1.55	309.36	98677.55	-5069.72	1
57800	1.9	200	57800	1.67	333.76	99011.33	-5096.16	1
58000	1.6	200	58000	1.65	370.46	99361.60	-5065.94	1
58200	2.7	200	58200	2.26	456.20	99636.00	-4969.97	1
58400	2.1	200	58400	2.39	477.35	100315.35	-4672.65	1
58600	2.1	200	58600	2.06	415.05	100730.40	-4616.04	1
58800	2.0	200	58800	2.07	413.00	101143.40	-4765.27	1
59000	1.6	200	59000	1.92	364.60	101526.20	-4740.71	1
59200	2.0	200	59200	1.90	360.90	101909.10	-4720.04	1
59400	1.9	200	59400	1.93	366.30	102295.40	-4693.97	1
59600	1.9	200	59600	1.66	372.45	102667.65	-4661.76	1
59800	1.6	200	59800	1.64	367.73	103035.56	-4674.26	1
60000	2.2	200	60000	2.00	400.56	103436.15	-4633.92	1
60200	1.6	200	60200	2.00	400.36	103836.53	-4593.76	1
60400	2.2	200	60400	1.99	396.25	104234.76	-4555.77	1
60600	6.2	200	60600	4.20	639.40	105074.16	-4076.60	1
60800	6.1	200	60800	7.16	1436.90	106511.06	-2999.93	1
61000	5.3	200	61000	6.69	1336.90	107649.96	-2021.27	-1
61200	1.3	200	61200	3.25	650.10	108500.06	-1731.40	-1
61400	1.3	200	61400	1.30	259.16	108759.25	-1632.46	-1
61600	1.6	200	61600	1.46	296.70	109055.95	-1695.99	-1
61800	1.3	200	61800	1.47	293.43	109349.36	-1962.60	-1
62000	1.4	200	62000	1.37	273.15	109622.53	-2049.66	-1
62200	1.3	200	62200	1.36	275.06	109897.60	-2135.04	-1
62400	1.4	200	62400	1.35	270.53	110166.13	-2224.75	-1
62600	1.4	200	62600	1.39	276.75	110446.66	-2306.23	-1
62800	1.3	200	62800	1.35	269.30	110716.16	-2397.17	-1
63000	1.3	200	63000	1.26	255.16	110971.35	-2502.23	-1
63200	1.5	200	63200	1.40	279.36	111250.73	-2563.09	-1
63400	1.2	200	63400	1.36	276.30	111527.03	-2667.02	-1
63600	1.5	200	63600	1.36	271.60	111796.63	-2755.45	-1
63800	1.5	200	63800	1.46	296.75	112095.56	-2616.94	-1
64000	1.2	200	64000	1.36	271.93	112367.50	-2907.25	-1
64200	1.3	200	64200	1.26	255.05	112622.55	-3012.43	-1
64400	1.5	200	64400	1.41	261.05	112903.60	-3091.61	-1
64600	1.5	200	64600	1.47	294.25	113197.65	-3157.60	-1
64800	1.5	200	64800	1.47	294.10	113491.95	-3223.73	-1

Progresivas	IRI	DifProg	DifProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
66800	1.8	200	66800	1.74	348.98	116235.13	-4082.89	1
67000	2.5	200	67000	2.14	428.58	116663.70	-4014.55	1
67200	1.2	200	67200	1.82	363.93	117027.63	-4010.86	1
67400	1.9	200	67400	1.92	304.08	117331.70	-4067.02	1
67600	3.4	200	67600	2.63	525.15	117856.85	-3902.10	-1
67800	1.3	200	67800	2.33	465.08	118321.93	-3797.26	-1
68000	1.2	200	68000	1.22	244.30	118566.23	-3913.19	-1
68200	1.3	200	68200	1.24	248.85	118815.08	-4024.58	-1
68400	1.4	200	68400	1.36	271.25	119086.33	-4113.56	-1
68600	1.3	200	68600	1.37	274.06	119360.40	-4199.72	-1
68800	1.3	200	68800	1.32	264.93	119625.33	-4295.03	-1
69000	1.3	200	69000	1.32	264.10	119889.43	-4391.16	-1
69200	1.3	200	69200	1.31	262.48	120151.90	-4488.92	-1
69400	1.5	200	69400	1.37	274.25	120426.15	-4574.90	-1
69600	2.2	200	69600	1.84	367.35	120793.50	-4567.79	-1
69800	1.5	200	69800	1.84	367.55	121161.05	-4560.47	-1
70000	1.7	200	70000	1.57	314.73	121475.78	-4605.98	-1
70200	1.7	200	70200	1.72	343.45	121819.23	-4622.76	-1
70400	1.6	200	70400	1.65	330.73	122149.95	-4652.27	-1
70600	1.9	200	70600	1.74	348.20	122498.15	-4664.30	-1
70800	1.3	200	70800	1.59	316.73	122816.88	-4705.81	-1
71000	1.4	200	71000	1.31	262.38	123079.25	-4803.67	-1
71200	1.9	200	71200	1.64	327.96	123407.23	-4835.93	-1
71400	1.5	200	71400	1.71	341.65	123748.88	-4854.51	1
71600	1.4	200	71600	1.42	284.85	124033.73	-4929.90	1
71800	1.3	200	71800	1.33	266.00	124299.73	-5024.13	1
72000	3.6	200	72000	2.47	494.05	124793.78	-4890.31	1
72200	1.5	200	72200	2.56	512.53	125306.30	-4738.02	1
72400	3.7	200	72400	2.60	520.43	125826.73	-4577.83	-1
72600	1.4	200	72600	2.55	510.75	126337.48	-4427.31	-1
72800	1.2	200	72800	1.32	264.18	126601.65	-4523.37	-1
73000	1.8	200	73000	1.50	300.75	126902.40	-4582.86	-1
73200	1.5	200	73200	1.62	324.28	127226.68	-4618.81	-1
73400	1.8	200	73400	1.62	323.73	127550.40	-4655.32	-1
73600	1.6	200	73600	1.68	336.20	127886.60	-4679.36	-1
73800	1.9	200	73800	1.76	351.78	128238.38	-4687.82	-1
74000	1.5	200	74000	1.70	339.18	128577.55	-4708.67	-1
74200	1.2	200	74200	1.33	265.25	128842.80	-4803.86	-1
74400	1.2	200	74400	1.18	236.55	129079.35	-4927.54	-1
74600	1.4	200	74600	1.29	257.48	129336.83	-5030.30	-1
74800	1.5	200	74800	1.46	292.35	129629.18	-5098.18	-1
75000	1.5	200	75000	1.54	308.95	129938.13	-5149.47	-1
75200	1.5	200	75200	1.52	303.10	130241.23	-5206.60	-1
75400	1.4	200	75400	1.43	285.95	130527.18	-5280.88	-1
75600	1.5	200	75600	1.42	284.18	130811.35	-5356.94	-1
75800	1.7	200	75800	1.60	320.65	131132.00	-5396.53	-1
76000	1.7	200	76000	1.70	339.35	131471.35	-5417.41	-1
76200	1.7	200	76200	1.66	332.80	131804.15	-5444.84	-1
76400	1.6	200	76400	1.63	326.03	132130.18	-5479.05	-1
76600	1.4	200	76600	1.50	299.00	132429.18	-5540.29	1
76800	1.6	200	76800	1.59	318.20	132747.38	-5582.32	1
77000	1.5	200	77000	1.66	331.45	133078.83	-5611.10	1
77200	1.6	200	77200	1.66	331.35	133410.18	-5639.99	1
77400	3.2	200	77400	2.50	500.83	133811.00	-5499.39	1
77580	3.5	180	77580	3.39	610.09	134521.09	-5213.52	1
77600	2.6	20	77600	3.16	63.14	134584.23	-5186.40	1
77800	2.6	200	77800	2.71	541.13	135125.35	-5005.51	1
78000	3.3	200	78000	2.95	590.78	135716.13	-4774.97	1

Progresivas	IRI	DifProg	DifProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
80000	3.5	200	80000	2.59	517.43	141331.38	-2762.06	1
80200	2.7	200	80200	3.09	616.15	141949.53	-2504.14	1
80400	2.0	200	80400	2.34	466.10	142417.63	-2396.27	1
80600	2.1	200	80600	2.04	406.96	142826.60	-2347.53	1
80800	2.1	200	80800	2.07	413.60	143240.20	-2294.17	1
81000	2.4	200	81000	2.21	442.78	143682.98	-2211.62	1
81200	2.0	200	81200	2.16	436.48	144119.45	-2135.38	1
81400	2.1	200	81400	2.03	405.55	144525.00	-2090.07	1
81600	2.3	200	81600	2.19	436.43	144963.43	-2011.67	1
81800	2.4	200	81800	2.36	471.63	145435.25	-1900.26	1
82000	2.2	200	82000	2.29	457.90	145893.15	-1802.62	1
82200	3.0	200	82200	2.61	521.30	146414.45	-1641.55	1
82400	2.4	200	82400	2.73	545.23	146959.68	-1456.56	1
82600	2.3	200	82600	2.36	472.96	147432.65	-1343.62	1
82800	2.7	200	82800	2.51	502.20	147934.85	-1201.65	1
83000	2.9	200	83000	2.62	564.55	148499.40	-897.53	1
83200	3.6	200	83200	3.28	655.96	149155.36	-701.79	1
83400	3.2	200	83400	3.42	683.75	149839.13	-376.26	1
83600	2.2	200	83600	2.71	541.96	150361.10	-196.54	1
83800	2.2	200	83800	2.23	445.53	150826.63	-111.24	1
84000	2.9	200	84000	2.57	513.45	151340.06	41.97	1
84200	1.6	200	84200	2.35	469.96	151810.05	151.71	1
84400	1.7	200	84400	1.76	351.96	152162.03	143.45	1
84600	2.4	200	84600	2.06	412.13	152574.15	195.35	1
84800	2.5	200	84800	2.46	492.20	153066.35	327.31	1
85000	2.2	200	85000	2.34	467.56	153533.90	434.63	1
85200	2.7	200	85200	2.45	490.08	154023.98	564.47	1
85400	1.8	200	85400	2.26	452.05	154476.03	656.29	1
85600	2.0	200	85600	1.86	375.46	154851.50	671.53	1
85800	2.2	200	85800	2.09	417.96	155269.46	729.27	1
86000	2.2	200	86000	2.20	439.75	155709.23	806.79	1
86200	2.9	200	86200	2.54	506.11	156217.34	956.67	1
86400	3.4	200	86400	3.13	625.73	156843.06	1222.16	1
86600	3.1	200	86600	3.22	643.51	157486.56	1505.44	1
86800	3.0	200	86800	3.04	606.66	158095.25	1753.66	1
87000	2.9	200	87000	2.94	586.43	158683.68	1962.07	1
87200	3.0	200	87200	2.92	584.43	159268.10	2206.26	1
87400	2.5	200	87400	2.73	545.25	159813.35	2391.26	1
87600	2.4	200	87600	2.45	489.65	160303.20	2520.89	1
87800	2.5	200	87800	2.46	492.70	160795.90	2653.36	1
88000	2.3	200	88000	2.39	477.60	161273.70	2770.93	1
88200	2.4	200	88200	2.34	467.66	161741.56	2876.57	1
88400	2.5	200	88400	2.47	493.46	162235.05	3011.61	1
88600	2.1	200	88600	2.30	460.25	162695.30	3111.62	1
88800	2.3	200	88800	2.17	433.25	163126.55	3164.64	1
89000	2.2	200	89000	2.22	444.26	163572.83	3266.66	1
89200	2.3	200	89200	2.23	446.10	164018.93	3354.75	1
89400	1.5	200	89400	1.91	381.50	164400.43	3376.02	1
89600	1.6	200	89600	1.66	336.56	164737.00	3352.36	1
89800	2.2	200	89800	2.02	404.63	165141.63	3396.95	1
90000	2.0	200	90000	2.11	422.56	165564.40	3459.29	1
90200	2.7	200	90200	2.37	473.55	166037.95	3572.61	1
90400	2.8	200	90400	2.75	549.36	166567.33	3761.75	1
90600	2.7	200	90600	2.75	550.66	167138.00	3952.19	1
90800	2.9	200	90800	2.82	563.53	167701.53	4155.46	1
91000	2.7	200	91000	2.76	555.65	168257.18	4350.90	1
91200	2.7	200	91200	2.69	537.60	168794.78	4526.26	1

Progresivas	IRI	DifProg	DifProgAcum	IRIProm	Ax	AxSum	Zx	Sectores
93400	2.3	200	93400	2.55	510.33	173820.15	5591.07	1
93600	1.9	200	93600	2.11	422.68	174242.83	5653.51	1
93800	2.5	200	93800	2.22	444.70	174667.53	5737.96	1
94000	2.4	200	94000	2.45	485.45	175182.98	5873.19	1
94200	2.1	200	94200	2.25	456.13	175639.10	5969.06	1
94400	2.5	200	94400	2.34	467.95	176107.05	6076.83	1
94600	2.3	200	94600	2.45	489.04	176596.11	6205.63	1
94800	2.3	200	94800	2.33	466.35	177062.46	6311.75	1
95000	2.6	200	95000	2.44	488.41	177550.88	6439.93	1
95200	2.2	200	95200	2.37	474.15	178025.03	6553.84	1
95400	2.2	200	95400	2.20	440.00	178465.03	6633.61	1
95600	2.2	200	95600	2.20	440.55	178905.58	6713.92	1
95800	2.1	200	95800	2.13	425.60	179331.18	6779.29	1
96000	2.5	200	96000	2.29	458.10	179789.28	6877.16	1
96200	2.9	200	96200	2.68	536.25	180325.55	7053.20	1
96400	2.7	200	96400	2.76	552.83	180878.38	7245.79	1
96600	3.6	200	96600	3.12	624.65	181503.03	7510.21	1
96800	2.7	200	96800	3.15	630.23	182133.25	7760.20	1
97000	3.0	200	97000	2.67	574.48	182707.73	7994.44	1
97200	2.8	200	97200	2.92	583.65	183291.38	8217.86	1
97400	2.9	200	97400	2.86	571.40	183862.78	8429.02	1
97600	3.0	200	97600	2.97	593.73	184456.50	8662.51	1
97800	3.1	200	97800	3.08	615.28	185071.78	8917.56	1
98000	2.6	200	98000	2.84	568.55	185640.33	9125.87	1
98200	2.7	200	98200	2.63	525.55	186165.88	9291.19	1
98400	2.6	200	98400	2.64	526.96	186694.85	9459.93	1
98600	3.1	200	98600	2.86	572.85	187267.70	9672.55	1
98800	3.5	200	98800	3.32	664.95	187932.65	9977.26	1
99000	3.3	200	99000	3.40	679.10	188611.75	10296.13	1
99200	3.1	200	99200	3.20	640.28	189252.03	10576.17	1
99400	4.3	200	99400	3.70	740.78	189992.80	10956.71	1
99600	2.9	200	99600	3.60	719.21	190712.01	11315.69	1
99800	2.4	200	99800	2.65	530.76	191242.78	11486.22	1
100000	2.3	200	100000	2.34	467.33	191710.10	11593.31	1
100200	2.5	200	100200	2.38	476.00	192186.10	11709.08	1
100400	2.4	200	100400	2.44	487.23	192673.33	11836.07	1
100600	2.6	200	100600	2.49	496.05	193171.38	11973.89	1
100800	2.6	200	100800	2.57	513.35	193684.73	12127.00	1
101000	2.1	200	101000	2.34	468.03	194152.75	12234.79	1
101200	2.2	200	101200	2.16	431.50	194584.25	12306.06	1
101400	2.3	200	101400	2.23	446.33	195030.58	12392.15	1
101600	2.8	200	101600	2.51	502.23	195532.80	12534.14	1
101800	2.6	200	101800	2.70	539.63	196072.43	12713.53	1
102000	2.4	200	102000	2.51	502.53	196574.95	12855.83	1
102200	2.4	200	102200	2.40	480.13	197055.08	12975.72	1
102400	2.7	200	102400	2.56	511.33	197566.40	13126.81	1
102600	2.3	200	102600	2.50	499.25	198065.65	13265.82	1
102800	2.1	200	102800	2.19	437.15	198502.80	13342.74	1
103000	2.2	200	103000	2.12	423.15	198925.95	13405.66	1
103200	2.1	200	103200	2.14	426.90	199354.85	13474.32	1
103400	1.7	200	103400	1.93	385.64	199740.49	13499.73	1
103600	2.4	200	103600	2.05	409.51	200150.00	13549.01	1
103800	2.5	200	103800	2.45	490.46	200640.46	13679.24	1
104000	2.2	200	104000	2.37	473.61	201114.08	13792.61	1
104200	1.7	200	104200	1.96	391.18	201505.25	13823.56	1
104400	1.8	200	104400	1.78	355.63	201860.88	13816.95	1
104600	1.8	200	104600	1.83	365.60	202226.48	13824.31	1

RESUMEN DE SECTORIZACION		
Km inicio	Km fin	Clasificación IRI
0+000	1+400	4.7
1+400	12+800	1.6
12+800	18+400	1.5
18+400	22+000	1.8
22+000	32+800	1.6
32+800	35+000	1.2
35+000	41+000	1.6
41+000	43+000	2.3
43+000	45+000	1.5
45+000	47+000	2.2
47+000	54+000	1.6
54+000	59+600	1.8
59+600	61+800	3.0
61+800	71+800	1.5
71+800	77+800	1.9
77+800	105+600	2.5

ANEXO 4:

SECTORIZACIÓN POR IRI

Concepto	Unidad	DATOS PARA LA MODELACION CON HDM-4 POR SECTORES																											
Sub tramos		1	2	3	4			5		6	7			8					9		10			11			12	13	
		1.1	2.1	3.1	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	12.1	13.1	
Inicio		01+400	03+200	09+400	12+200	12+800	18+400	20+800	22+000	25+000	31+800	32+800	35+000	36+000	41+000	43+000	45+000	47+000	47+600	54+000	56+800	59+600	61+800	64+600	71+800	77+800	87+800	97+600	
Fin		03+200	09+400	12+200	12+800	18+400	20+800	22+000	25+000	31+800	32+800	35+000	36+000	41+000	43+000	45+000	47+000	47+600	54+000	56+800	59+600	61+800	64+600	71+800	77+800	87+800	97+600	105+600	
Longitud	Km	1.800	6.200	2.800	0.600	5.600	2.400	1.200	3.000	6.800	1.000	2.200	1.000	5.000	2.000	2.000	2.000	0.600	6.400	2.800	2.800	2.200	2.800	7.200	6.000	10.000	9.800	8.000	
I DEFINICIÓN																													
Nombre																													
ID		T1_2	T2_1	T3_1	T4_1	T4_2	T4_3	T5_1	T5_2	T6_1	T7_1	T7_2	T7_3	T8_1	T8_2	T8_3	T8_4	T8_5	T9_1	T9_2	T10_1	T10_2	T10_3	T11_1	T11_2	T11_3	T12_1	T13_1	
Nombre de la ruta																													
ID de la ruta																													
Longitud	Km	1.800	6.200	2.800	0.600	5.600	2.400	1.200	3.000	6.800	1.000	2.200	1.000	5.000	2.000	2.000	2.000	0.600	6.400	2.800	2.800	2.200	2.800	7.200	6.000	10.000	9.800	8.000	
Ancho de Calzada	m	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	
Número de Carriles	#	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Ancho de Berma	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00	
Dirección del flujo		Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	Dos Carriles	
Clase de superficie		Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	
Tipo de velocidad/capacidad		InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	InterUrbana	
Modelo de tránsito		Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	Autopista	
Clase de accidentes		TwoLanes	TwoLanes	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	SingleLane	
Zona climatica		Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	Selva	
Tipo de carter		Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	Principal	
Serie de calibración																													
Tipo de pavimento		Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	Asfalto sobre BG	
Material superficial		Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto	
II GEOMETRÍA																													
Ascensos y descensos	m/km	15.00	8.90	12.50	10.00	12.90	10.00	13.00	17.50	12.90	10.00	7.50	10.00	8.30	13.30	13.30	20.00	10.00	13.75	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	11.40	13.00	10.11	10.80	
N° de ascensos y descensos	no./km	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Sobreelevación	%	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
Cunatura horizontal promedio	deg./km	58.25	145.80	306.70	258.80	90.30	245.80	25.15	312.17	121.35	44.10	29.10	10.70	134.68	196.70	28.25	150.65	119.50	91.21	60.65	112.83	176.80	142.17	209.72	235.80	20.73	41.08	40.87	
adral	m/S2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Límite de velocidad	km/h	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Cumplimiento del límite de velocidad		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	
Altitud	m	3720.000	3,690.00	3,670.00	3,655.00	3,650.00	3,630.00	3,620.00	3,610.00	3,590.00	3,560.00	3,565.00	3,560.00	3,550.00	3,535.00	3,525.00	3,510.00	3,505.00	3,490.00	3,470.00	3,450.00	3,435.00	3,435.00	3,415.00	3,390.00	3,350.00	3,305.00	3,280.00	
Factores de reducción de la velocidad																													
XNMT		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Fricción lateral		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
XMT		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
III PAVIMENTO																													

IV CONDICIÓN																												
Condición al final del año		2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Irregularidad (IRI)-m/km	m/km	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.2	1.6	1.6	2.3	1.5	2.2	1.6	1.6	1.8	1.8	3.0	1.5	1.5	1.9	2.5	2.5	2.5
Agriet. estr. total (%)	%	0.56%	0.96%	6.62%	1.80%	2.11%	5.97%	2.99%	4.44%	1.76%	0.20%	0.98%	0.13%	1.12%	0.09%	0.07%	0.00%	0.00%	0.07%	0.42%	0.20%	7.66%	5.98%	4.77%	2.67%	6.50%	4.30%	2.81%
Agriet. estr. ancho (%)	%	0.08%	0.02%	0.23%	0.00%	0.00%	2.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.01%	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.05%	0.02%	0.14%	0.01%	0.01%	0.29%
Agriet. térmico	%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Área con desprendimientos (%)	%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Número de baches (No/km)	nº/KM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Área con rotura de borde (m2/km)	m2/km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prof. media de roderas (mm)	mm	3.1	3.1	3.1	4.2	6.7	6.9	6.5	6.3	5.7	6.4	5.1	3.7	5.3	12.7	13.3	11.8	7.2	6.5	8.5	8.0	7.5	4.0	6.2	6.6	1.2	0.9	0.9
Desv. est. prof. roderas (mm)	mm	0.5	1.3	1.5	1.5	1.8	3.9	2.8	1.8	1.8	0.5	1.8	0.9	3.4	5.0	3.9	5.6	3.3	2.6	3.0	3.0	3.8	1.6	2.2	3.2	1.0	0.7	0.8
Profundidad de la textura (mm)	mm	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
Resist. Desliz (SCRIM 50 km/h)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Drenaje		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
V TRÁNSITO MOTORIZADO																												
Año de aforo	2018																											
01-Auto		1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	2616	2616	2616
02-Pick-up		325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	518	518	518
03-Camioneta Rural		172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	207	207	207
04-Micro		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	258	258	258
05-Bus 2E		102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	152	152	152
06-Bus 3E		159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	148	148	148
07-Bus 4E		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	30	30	30
08-Camion 2E		182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	245	245	245
09-Camion 3E		243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	79	79	79
10-Camion 4E		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	8	8	8
11-T2S2		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	3
12-T2S3		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	4	4	4
13-T3S2		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	4	4	4
14-T3S3		372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	33	33	33
15-C2R2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
16-C3R2		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
17-C3R3		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5