

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA EFICIENCIA DE LA
CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODADURA EN CARRETERAS NO
PAVIMENTADAS**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

CHOQUE SÁNCHEZ, HÉCTOR MARTÍN

Lima- Perú

2012

© 2012, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos”

Correo: mchoque81@hotmail.com

Teléfonos: 987803273 – 016474668

ÍNDICE

RESUMEN	7
LISTA DE CUADROS	8
LISTA DE FIGURAS	11
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	
1.1. COMPOSICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL Y LA RED NACIONAL.	17
1.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS	18
1.2.1. Definición	18
1.2.2. Clasificación	18
1.2.3. Características	18
1.3. DETERIORO EN CARRETERAS SIN PAVIMENTAR	19
1.3.1. Descripción del mecanismo de deterioro	19
1.3.2. Defectos comunes en vías sin pavimentar	19
1.4. CONSERVACIÓN VIAL	22
1.4.1. Definición	22
1.4.2. Enfoque actual	23
1.4.3. Importancia en la conservación vial	23
1.4.4. Ciclo de vida de un camino	23
1.4.5. Mantenimiento vial y su relación con la rugosidad	24
1.4.6. Comportamiento típico de la condición superficial en función del IRI	25
1.4.7. Evaluación de las condiciones de la vía	26
1.4.8. Niveles de intervención	26
1.5. PROGRAMA PROYECTO PERÚ	26
1.6. CONTRATOS PARA LA CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO	27
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	29
2.1.1. Trabajos de conservación vial en carreteras no pavimentadas.	29
2.1.2. Convenio de Investigación	30
2.2. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	31

2.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA VÍA	32
2.4. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	34
2.4.1. Clasificación por su función	34
2.4.2. Clasificación por su demanda	34
2.4.3. Clasificación por sus condiciones ortográficas y clima	34
2.5. INVENTARIO VIAL DE LA ZONA EN ESTUDIO	34

CAPÍTULO III: LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS EN EL DISGREGAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

3.1. ADITIVOS QUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON LA ESTABILIZACIÓN	36
3.1.1. Estabilización y su efecto en el disgregamiento superficial y la emisión de polvo	36
3.1.2. Estabilización de suelos	36
3.1.2.1. <i>Definiciones previas</i>	36
3.1.2.2. <i>Objetivo de la estabilización</i>	37
3.1.2.3. <i>Factores que influyen en la estabilización</i>	37
3.1.2.4. <i>Tipos de estabilización</i>	38
3.1.2.5. <i>Estabilización Química</i>	38
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS	39
3.2.1. Breve descripción de los aditivos estabilizadores	39
3.2.1.1. <i>Absorventes de agua</i>	39
3.2.1.2. <i>Productos orgánicos derivados del petróleo</i>	42
3.2.1.3. <i>Productos no derivados del petróleo</i>	43
3.2.1.4. <i>Derivados Electroquímicos</i>	46
3.2.1.5. <i>Derivados de polímeros sintéticos</i>	47
3.2.1.6. <i>Aditivos de la arcilla</i>	47
3.3. MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS	48
3.4. CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS	48
3.5. ELECCIÓN DE ADITIVOS	48
3.6. CLORURO DE CALCIO	49
3.6.1. Aditivo en base a cloruros	49
3.6.2. Cloruro de Calcio	49
3.6.3. Especificación del producto	50
3.6.4. Requerimientos mínimos	51
3.6.5. Dosificación recomendada	51

3.7. ENZIMA PZ 22X	51
3.7.1. Aditivo en base a enzimas	51
3.7.2. Enzima PZ 22X	52
3.7.3. Especificación del producto	52
3.7.4. Requerimientos mínimos	53
3.7.5. Dosificación recomendada	53

CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL EXPERIMENTO

4.1. SECTORIZACIÓN	54
4.1.1. Criterios de selección	54
4.1.2. Geometría de la carretera	54
4.1.2.1. <i>Inclinación media</i>	54
4.1.2.2. <i>Curvatura</i>	55
4.1.3. Acción del medio sobre la carretera	56
4.1.3.1. <i>Climas y Altitudes</i>	56
4.1.3.2. <i>Precipitaciones</i>	56
4.1.4. Acción del tráfico vehicular	56
4.1.5. Metodología aplicada	57
4.1.6. Procedimiento de elección	58
4.1.7. Resultados	61
4.1.8. Sectorización resultante	62
4.1.8.1. <i>Compatibilización en el campo</i>	62
4.1.8.2. <i>Ubicación geográfica de los sectores</i>	62
4.2. ESCENARIO EXPERIMENTAL	62
4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES	63
4.4. ESTUDIO DE CANTERAS	63
4.4.1. Ubicación	63
4.4.2. Potencia	64
4.4.3. Requerimientos	64
4.4.4. Resultados	66

CAPÍTULO V: PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1. PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO	67
5.1.1. Ubicación	67
5.1.2. Equipos	67

5.1.3. Instalación de zaranda	67
5.1.4. Proceso de zarandeo	68
5.1.5. Transporte de material de afirmado	68
5.2. FUENTES DE AGUA	69
5.2.1. Ubicación	69
5.2.2. Análisis de laboratorio	69
5.3. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR SIN ADITIVO	69
5.3.1. Requerimientos para la estabilización	69
5.3.2. Preparación del terreno	70
5.3.3. Preparación de la dosificación de agua	70
5.3.4. Pruebas in situ	70
5.3.5. Mezclado y homogenización	70
5.3.6. Conformación y perfilado	71
5.3.7. Compactación	72
5.4. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR CON CLORURO DE CALCIO	72
5.4.1. Requerimientos para la aplicación de los aditivos	72
5.4.2. Preparación de la dosificación del aditivo	72
5.4.3. Pruebas in situ	73
5.4.4. Mezclado y Homogenización	73
5.4.5. Conformación y Perfilado	74
5.4.6. Compactación	74
5.4.7. Proceso de aplicación de un sello superficial.	74
5.4.8. Proceso de Curado	74
5.5. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR CON LA ENZIMA PZ22X	74
5.5.1. Requerimientos para la aplicación de los aditivos	74
5.5.2. Preparación de la dosificación del aditivo	75
5.5.3. Proceso de aplicación de un sello superficial.	76
5.5.4. Proceso de Curado	76
5.5.5. Pruebas in situ	76
5.5.6. Mezclado y Homogenización	76
5.5.7. Conformación y Perfilado	76
5.5.8. Compactación	76
5.5.9. Proceso de Curado	77
5.6. COSTOS	77
5.6.1. Carta balance	77

5.6.2. Procesos analizados	77
5.6.3. Análisis de resultados	77
5.6.4. Análisis de Precios Unitarios	78
5.6.5. Resumen de precios unitarios de la estabilización de los sectores de prueba	78

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TECNICA Y ECONOMICA

6.1. DEFINICIONES	79
6.2. ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)	79
6.2.1. Definición	79
6.2.2. Ventajas	79
6.2.3. Equipo de rugosidad Merlin	79
6.2.3.1. <i>Equipo</i>	79
6.2.3.2. <i>Proceso de medición</i>	80
6.2.3.3. <i>Ecuaciones de Correlaciones</i>	81
6.3. ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA (ICVNP)	82
6.4. SISTEMA DE MONITOREO SECTOR SIN ADITIVO	85
6.4.1. Frecuencia de medición IRI	85
6.4.2. Medición de ICVNP	86
6.4.2.1. <i>Primer Monitoreo</i>	87
6.4.2.2. <i>Segundo Monitoreo</i>	87
6.4.2.3. <i>Tercer Monitoreo</i>	87
6.4.2.4. <i>Cuarto Monitoreo</i>	88
6.5. SISTEMA DE MONITOREO SECTOR CON CLORURO DE CALCIO	88
6.5.1. Frecuencia de medición IRI	88
6.5.2. Medición de ICVNP	90
6.5.2.1. <i>Primer Monitoreo</i>	90
6.5.2.2. <i>Segundo Monitoreo</i>	90
6.5.2.3. <i>Tercer Monitoreo</i>	90
6.5.2.4. <i>Cuarto Monitoreo</i>	91
6.6. SISTEMA DE MONITOREO SECTOR CON LA ENZIMA PZ-22X	92
6.6.1. Frecuencia de medición IRI	92
6.6.2. Medición de ICVNP	94
6.6.2.1. <i>Primer Monitoreo</i>	94
6.6.2.2. <i>Segundo Monitoreo</i>	94

6.6.2.3. <i>Tercer Monitoreo</i>	94
6.6.2.4. <i>Cuarto Monitoreo</i>	95
6.7. ANÁLISIS COMPARATIVO	96
6.7.1. De la rugosidad (IRI)	96
6.7.2. Progresión de la rugosidad con respecto al sector patrón.	96
6.7.2.1. <i>Progresión de rugosidad del Sector A</i>	99
6.7.2.2. <i>Progresión de rugosidad del Sector B</i>	100
6.7.2.3. <i>Progresión de rugosidad del Sector C</i>	101
6.7.3. Tiempo de recurrencia	102
6.7.4. Coeficiente de Eficiencia	103
6.7.5. Precipitaciones durante el monitoreo	103
6.7.5.1. <i>Progreso del IRI con respecto a las precipitaciones acumulada</i>	104
6.7.5.2. <i>Variaciones del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas</i>	105
6.7.6. Análisis de Resultados	105
6.7.6.1. <i>Deterioro superficial por la formación de baches.</i>	105
6.7.6.2. <i>Severidad en los sectores</i>	107
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	116

RESUMEN

Las carreteras no pavimentadas se deterioran más rápido con respecto a una vía pavimentada. Las partículas finas al aglutinarse con los agregados gruesos expuestos al medio ambiente pierden humedad; y con la acción física externa del tránsito vehicular genera disgregamiento superficial, convirtiéndose así en polvo particulado y posteriormente aparecen fallas superficiales como baches, ondulaciones, ahuellamientos, etc.

Para poder conservar dichas superficies y que no experimenten un deterioro acelerado en el tiempo, se propuso aplicar dos aditivos químicos (Cloruro de Calcio y producto en base a enzimas) como alternativas de solución. Se aplicaron éstos aditivos in situ de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, al tipo de suelo y de dos variables determinantes para su aplicación respectiva: El Índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasan la malla N°200.

La construcción de estos sectores de prueba estuvo sujeta a las mismas condiciones de clima, mismas condiciones geométricas de tráfico vehicular y del mismo tipo de suelo (aporte de material de cantera). Luego de hacer el monitoreo después de aplicado, estos productos se compararán y proyectarán su desempeño en el tiempo por medio de dos indicadores: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP).

Con los resultados obtenidos se pretende incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de aditivos químicos que existen en el medio y bajo condiciones determinadas poder proponer su utilización en la conservación superficial de la carpeta de rodadura en una vía no pavimentada.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Estado de la red vial en el Perú.	17
Cuadro 2: Medición de niveles de servicio	28
Cuadro 3: Resumen inventario vial carretera Ayacucho-Andahuaylas- Puente Sahuinto.	35
Cuadro 4: Clasificación de estabilizadores según su origen.	39
Cuadro 5: Clasificación de aditivos químicos (según el tipo de materiales)	48
Cuadro 6: Requerimientos mínimos para el aditivo de cloruro de calcio.	51
Cuadro 7: Dosificaciones de ClCa2 para alto tráfico vehicular	51
Cuadro 8: Requerimientos mínimos para el aditivo enzimático	53
Cuadro 9: Dosificación para alto tráfico vehicular.	53
Cuadro 10: Inclinación media y su calificación	55
Cuadro 11: Curvatura media y su calificación	55
Cuadro 12: Criterio para pendiente o inclinación media	57
Cuadro 13: Criterio para curvatura media.	57
Cuadro 14: Criterio de Altitudes.	57
Cuadro 15: Sectorización para aplicación de aditivos químicos	58
Cuadro 16: Sectorización resultante.	59
Cuadro 17: Sector mayor pendientes con mayor curvatura	60
Cuadro 18: Sector menor pendiente con menor curvatura	60
Cuadro 19: Sector mayor pendiente con menor curvatura	60
Cuadro 20: Sector mayor pendiente con menor curvatura	60
Cuadro 21: Precipitaciones máximos de acuerdo a la altitud.	61
Cuadro 22: Características de los sectores de prueba.	62
Cuadro 23: Ubicación de los sectores de prueba.	62
Cuadro 24: Husos granulométricos AASHTO	65
Cuadro 25: Resultados de granulometría cantera.	66
Cuadro 26: Ubicación de las fuentes de agua (FA)	69
Cuadro 27: Resumen de resultados del laboratorio de las F.A.	69
Cuadro 28: Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H	70
Cuadro 29: Cubicación de la cisterna usada para cálculo del caudal de agua	71
Cuadro 30: Cálculo del gasto de la cisterna usada en el proceso de estabilización	71

Cuadro 31: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico.	72
Cuadro 32: Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. – Cloruro de Calcio	73
Cuadro 33: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico – Enzimático PZ22X.	75
Cuadro 34: Calculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. – Enzima PZ22X.	75
Cuadro 35: Cuadro de rendimientos	78
Cuadro 36: Precios unitarios del proceso de estabilización.	78
Cuadro 37: Resultados del primer monitoreo IRI Sector sin aditivo	85
Cuadro 38: Resultados del segundo monitoreo IRI Sector sin aditivo	85
Cuadro 39: Resultados del tercer monitoreo IRI Sector sin aditivo	85
Cuadro 40: Resultados del cuarto monitoreo. IRI Sector sin aditivo	86
Cuadro 41: Criterios de Medición – Fallas	86
Cuadro 42: Tercer monitoreo – Sector A (sin aditivo) – ICVNP	87
Cuadro 43: Tercer monitoreo – Sector A (sin aditivo) – ICVNP	87
Cuadro 44: Cuarto monitoreo – Sector A (sin aditivo) – ICVNP	88
Cuadro 45: Cuarto monitoreo – Sector A (sin aditivo) – ICVNP	88
Cuadro 46: Resultados del primer monitoreo - IRI (Sector B)	89
Cuadro 47: Resultados del segundo monitoreo - IRI (Sector B)	89
Cuadro 48: Resultados del tercer monitoreo - IRI (Sector B)	89
Cuadro 49: Resultados del cuarto monitoreo - IRI (Sector B)	89
Cuadro 50: Criterios de Medición – Fallas – Cloruro de Calcio	90
Cuadro 51: Tercer monitoreo – Sector B (cloruro de calcio) – ICVNP	91
Cuadro 52: Tercer monitoreo – Sector B (cloruro de calcio) – ICVNP	91
Cuadro 53: Cuarto monitoreo – Sector B (cloruro de calcio)-ICVNP	92
Cuadro 54: Cuarto monitoreo – Sector B (cloruro de calcio)-ICVNP	92
Cuadro 55: Resultados del primer monitoreo - IRI (Sector C)	93
Cuadro 56: Resultados del segundo monitoreo- IRI (Sector C)	93
Cuadro 57: Resultados del tercer monitoreo- IRI (Sector C)	93
Cuadro 58: Resultados del cuarto monitoreo- IRI (Sector C)	93
Cuadro 59: Criterios de Medición – Fallas – Enzima PZ22X.	94
Cuadro 60: Tercer monitoreo – Sector C (Enzimático)	95
Cuadro 61: Tercer monitoreo – Sector C (Enzimático) – ICVNP	95

Cuadro 62: Cuarto monitoreo– Sector C (Enzimático)	95
Cuadro 63: Cuarto monitoreo– Sector C (Enzimático) – ICVNP	96
Cuadro 64: Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba.	96
Cuadro 65: Datos del IRI de acuerdo a los monitoreos realizados.	97
Cuadro 66: Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.	97
Cuadro 67: Datos del IRI en el sector A.	99
Cuadro 68: Datos del IRI en el sector B.	100
Cuadro 69: Datos del IRI en el sector C.	101
Cuadro 70: Tiempo de recurrencia en cada sector.	102
Cuadro 71: Esquema de la matriz multicriterio a usar.	103
Cuadro 72: Coeficientes de eficiencia en cada sector.	103
Cuadro 73: Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI.	104
Cuadro 74: Cuadro de las condiciones de aplicación de los productos químicos.	112
Cuadro 75: Precipitaciones mensuales del año 2009. Estación Meteorológica de Chiara. Ayacucho.	117
Cuadro 76: Volumen de Tráfico mensual 2004-2005 Unidad de Peaje Socos (Ayacucho)	120
Cuadro 77: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Cangallo	122
Cuadro 78: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Cangallo	123
Cuadro 79: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Ocros	124
Cuadro 80: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Ocros	125
Cuadro 81: Sectorización para los tramos de prueba	126
Cuadro 82: Sectorización para los tramos de prueba	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sección transversal impropia.	20
Figura 2: Drenaje inadecuado.	20
Figura 3: Ondulaciones.	21
Figura 4: Exceso de polvo.	21
Figura 5: Baches.	21
Figura 6: Ahuellamientos.	22
Figura 7: Pérdida de agregados.	22
Figura 8: Curva de deterioro de un pavimento de hormigón asfáltico.	24
Figura 9: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.	25
Figura 10: Esquema de fases Programa Proyecto Perú.	27
Figura 11: Mapa de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto	31
Figura 12: Esquema del cálculo de los parámetros geométricos.	55
Figura 13: Perfil longitudinal de la carretera en estudio.	58
Figura 14: Ubicación geográfica sector de prueba para experimentación.	61
Figura 15: Ubicación del sector elegido.	62
Figura 16: Ubicación y disposición de los sectores de prueba.	63
Figura 17: Ubicación de la cantera.	64
Figura 18: Vista general de la cantera.	64
Figura 19: Gráfico de curva granulométrica del suelo de la cantera.	66
Figura 20: Acondicionamiento de zonas de material para over y material procesado.	67
Figura 21: Acondicionamiento de zonas de material para over y material procesado.	68
Figura 22: Vista de disposición de zaranda	68
Figura 23: Esquema del equipo Merlin	80
Figura 24: Cuadro de Escala del ICVNP	83
Figura 25: Valor de K para los diferentes tipos de defecto	84
Figura 26: Abaco de densidades para baches – Valor Deductible	84
Figura 27: Abaco de deductibles totales (VDT) – ICVNP	84
Figura 28: Progreso del deterioro por sector de prueba.	96
Figura 29: Progreso del IRI de los tres sectores de prueba.	97
Figura 30: Variación del IRI en el primer monitoreo.	98
Figura 31: Variación del IRI en el segundo monitoreo.	98

Figura 32: Variación del IRI en el tercer monitoreo.	98
Figura 33: Variación del IRI en el cuarto monitoreo.	99
Figura 34: Curva de deterioro para el sector A.	100
Figura 35: Curva de deterioro para el sector B.	101
Figura 36: Curva de deterioro para el sector C.	102
Figura 37: Precipitaciones acumuladas desde el inicio de aplicación de las pruebas.	104
Figura 38: Precipitaciones acumuladas en el progreso del IRI.	105
Figura 39: Precipitaciones acumuladas en las variaciones del IRI.	105
Figura 40: Porcentaje de áreas por tramo-Tercer monitoreo (Sector A).	106
Figura 41: Porcentaje de áreas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector A).	106
Figura 42: Porcentaje de áreas por tramo-Tercer monitoreo (Sector B).	106
Figura 43: Porcentaje de áreas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector B).	107
Figura 44: Porcentaje de áreas por tramo-Tercer monitoreo (Sector C).	107
Figura 45: Porcentaje de áreas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector C).	107
Figura 46: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector A).	108
Figura 47: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector A).	108
Figura 48: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector B).	108
Figura 49: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector B).	109
Figura 50: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector C).	109
Figura 51: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector C).	109
Figura 52: Ensayos estándar de clasificación.	128
Figura 53: Ensayos de compactación – Proctor Modificado.	129
Figura 54: Ensayos de CBR.	130
Figura 55: Ensayos de CBR.	131
Figura 56: Ensayo de Abrasión.	132
Figura 57: Ensayo de Equivalente de Arena.	133
Figura 58: Análisis químico de agua para las fuentes de agua.	134

INTRODUCCIÓN

El estado situacional a la fecha del desarrollo de la presente tesis de investigación (convenio entre la FIC-UNI y la empresa CONCAR S.A.), aprobada el 26 de agosto del 2010, es de la culminación de la investigación en la aplicación de dos aditivos químicos con fines de conservación superficial en la progresiva Km 40+000 de la carretera afirmada Ayacucho – Andahuaylas – Puente Sahuinto. Se desarrollaron las siguientes actividades:

- 1) Aplicación de un tratamiento de suelos con aditivos químicos (cloruro de calcio y la enzima PZ-22X) en el perfilado con aporte de material de cantera.
- 2) Utilización de material de cantera que cumplan con las especificaciones de la norma vigentes del MTC (E-107/ASTM D-422), conforme a los requisitos mínimos que recomiendan los fabricantes.
- 3) Se evaluó experimentalmente la eficiencia superficial del suelo estabilizado con los compuestos químicos cloruro de calcio y enzima PZ-22X por medio de un sistema de monitoreo después de aplicados.
- 4) Proponer valores en los indicadores del sistema IRI para la medición de niveles de servicio.

Dentro de los objetivos específicos para la presente investigación tenemos:

- Seleccionar el tramo de prueba para aplicar el cloruro de calcio y la enzima Pz 22X en 2 tramos diferenciados de prueba determinando su eficiencia comparada con la de un tercer tramo de control sin aplicación de aditivo.
- Evaluar la rugosidad (IRI) en cada tramo de prueba mediante el uso del Merlín.
- Realizar una evaluación visual de la superficie de rodadura carpeta de rodadura.
- Evaluar la eficiencia y los costos en la recurrencia del perfilado con aporte de material en los sectores tratados respecto al sector patrón.

CAPITULO I: GENERALIDADES

El mecanismo de deterioro en carreteras no pavimentadas es un proceso más acelerado comparado con vías pavimentadas, esto se debe a que en condiciones secas y bajo la acción abrasiva de los neumáticos los finos llegan a

pulverizarse iniciándose así un progresivo desgaste de la superficie. Se han analizado varias alternativas constituyendo así la aplicación de un aditivo orgánico y otro inorgánico como una posible solución a la estabilidad del suelo en la superficie de rodadura para los trabajos de mantenimiento rutinario lo que permitió un mejor confort y seguridad para el tránsito vial el cual tiene una relación directa con las irregularidades superficiales (IRI).

CAPITULO II: ANTECEDENTES

La investigación se realizó en un tramo de la carretera de la ruta nacional Ayacucho – Andahuaylas – Abancay (Ruta 03S), que es de tercera clase y tipo 4. Por otra parte la zona presentó altitudes que varían entre los 1,950 msnm y los 4,230 msnm. Asimismo tiene una longitud de 380.50 Km. Antes de la intervención, esta vía se encontraba en un bajo nivel de transitabilidad requiriendo así la contratación de servicios para la conservación vial por niveles de servicio.

Las actividades que se realizaron para llegar a los niveles de servicio exigidos fueron: producción de afirmado, transporte de afirmado a obra, perfilado sin aporte de material, perfilado con material de material, poda y desbroce de maleza y remoción de derrumbes.

CAPITULO III: LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS EN EL DISGREGAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

Los aditivos químicos pueden clasificarse como orgánicos e inorgánicos. Se debe tomar en cuenta para su elección, el Índice de plasticidad y porcentaje que pasa la malla N°200. Su aplicación puede ser superficial (típicamente rociada) y la aplicación íntima (mezclada in situ). Las enzimas del aditivo PZ-22X incrementa el proceso humectante del agua provocando una acción aglutinante sobre los materiales plástico-arcillosos, disminuyendo la relación de vacíos, incrementando así la densidad del material.

Los compuestos a base de cloruros tienen propiedades higroscópicas y deliquescentes dándole al suelo un estado de humedad y resistencia ayudando así a la compactación del suelo. Aumentan la tensión superficial lo que provoca una aparente cohesión dentro de la matriz del suelo aumentando así su resistencia y reduciendo la presión de vapor quedando el suelo con mayor humedad.

CAPITULO IV: DISEÑO DEL EXPERIMENTO

La sectorización fue realizada de acuerdo a los siguientes parámetros:

- 1) Geometría de la carretera.
- 2) Morfología.
- 3) Tránsito vehicular.

La metodología usada se basó en dividir la carretera por kilómetro y en base a las condiciones antes mencionadas se agrupó en diversos escenarios desfavorables para cada tramo, luego se compatibilizó en campo y se tomó en cuenta que no tengan grandes grados de curvaturas para efectos de medición del índice de rugosidad internacional. Se eligieron 3 sectores que cuentan con longitud de 400 metros, ancho promedio de 6 metros, espesor de 10 cm. así como pendiente media plana, curvatura media normal y altitud mayor a 4000 msnm. La granulometría utilizada en los materiales de cantera está conforme a lo indicado a la norma MTC E-107/ASTM D-422.

Asimismo estos materiales cumplen con los siguientes requisitos: Desgaste de los Ángeles ($16\% < 50\%$), Límite Líquido: ($32.59\% < 35\%$), el Índice de Plasticidad: $4 < 9.12 < 9$, con CBR: ($52\% > 40\%$) y con el equivalente de Arena: ($34\% > 20\%$). El suelo es una grava arcillosa con arena, tiene humedad óptima de 12.44% y densidad máxima seca de 1.884 gr/cm³.

CAPITULO V: PROCESO CONSTRUCTIVO

A los sectores de prueba se les colocó una superficie de rodadura con material seleccionado de cantera. Además se extrajeron muestras de tres fuentes de agua cuyo valor del PH con valor promedio de 7. La dosificación utilizada fue la recomendada por el fabricante de cada aditivo químico (cloruro de calcio de 4Kg/m² y enzima Pz22X de 1 litro por cada 30 m³). Luego se procedió a la mezcla y homogenización, conformado y perfilado, compactación y finalmente la aplicación de un sello superficial. Los precios unitarios son relativos al del sector sin tratamiento alguno: sin aditivo(S/.1 /m²), enzima PZ-22x(S/.2.3/m²) y cloruro de calcio(S/.3.7/m²).

CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA

Para la evaluación técnica se usaron dos indicadores:

- 1) Rugosidad superficial (Índice de Rugosidad Internacional-IRI).
- 2) Índice de condición de una vía no pavimentada (ICVNP).

Se usó el equipo Merlín para la medición de la rugosidad en cada sector (4 mediciones c/u) siendo el sector tratado con el cloruro de calcio el que presentó mayor IRI (9.29) con respecto al IRI del sector patrón (6.5). Además se hizo el monitoreo de las fallas comunes mediante el ICVNP y resultó que en todos los sectores de prueba se formaron baches con una severidad moderada. El sector que presentó mayor deterioro inicial (baches) es el cloruro de calcio.

Del mismo modo se hizo una regresión no lineal para hallar el tiempo de recurrencia de mantenimiento siendo el sector sin aditivo el que tuvo mayor durabilidad (5.4 meses) comparado con el sector con cloruro de calcio (3.4 meses) y el sector con la enzima PZ-22X (4.6 meses). El sector sin aditivo obtuvo mejor costo de eficiencia (1.8 meses x m² / soles), definiéndose éste como la eficiencia del costo por metro cuadrado en el tiempo. Se hizo una correlación con las precipitaciones en las 4 mediciones y resultó que a partir de 80 mm de precipitación acumuladas (87 días) se comienza a evidenciar deterioro en los sectores de prueba.

CONCLUSIONES

El sector patrón (sector sin aditivo) ha presentado mayor eficiencia en el tiempo, cuyo costo de eficiencia es mucho menor en el tiempo con respecto a los sectores tratados con aditivos químicos (Cloruro de Calcio y producto en base a enzimas).

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. COMPOSICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL Y LA RED NACIONAL.

Nuestra red vial está clasificada en tres categorías: carreteras nacionales, departamentales y vecinales. Cuenta con un aproximado de 86,965 kilómetros de extensión, de los cuales 13,683 kilómetros se encuentran pavimentados (16% de la red total). La red nacional incluye 25,165 kilómetros (29%), la departamental 14,500 kilómetros (17%) y las vecinales 47,300 kilómetros (54%).

La red vial nacional comprende las rutas o ejes troncales de importancia nacional. Vincula las capitales de departamento, principales ciudades, áreas productivas, puertos y fronteras. Asimismo constituye la base de todo el sistema de carreteras del país, a partir de la cual se articulan las redes viales departamentales y vecinales. El 44% de estas vías se encuentran asfaltadas, 49% afirmadas y el resto sin afirmar y trocha. Este tipo de red vial soporta los mayores volúmenes de tráfico, movilizándolo aproximadamente el 90% de la carga y 80% de los pasajeros que realizan viajes interprovinciales. La red vial departamental comprende las rutas de importancia regional que articula a las capitales de departamento con las principales ciudades de cada región. Solo el 11% de las vías departamentales se encuentran asfaltadas, el 77% están afirmadas y el 7% restante son vías sin afirmar o en condición de trocha. La red vial vecinal está formada por las vías de escala provincial que son fundamentales para el desarrollo rural. De estas sólo el 2% están asfaltadas y el 98% están afirmados.¹

Cuadro 1: Estado de la red vial en el Perú

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	RED NACIONAL		RED DEPARTAMENTAL		RED VECINAL	
	Km	%	Km	%	Km	%
Asfaltado	10983	44%	1600	11%	1100	2%
Afirmado	12249	49%	11100	77%	46200	98%
Trocha	1934	7%	1800	17%	0	0%
Total por red	25,165		14,500		47,300	

Fuente: Provias Nacional-2007²

¹Corporación Andina de Fomento Análisis del sector Transporte., Informes Sectoriales de Infraestructura.Peru.2000 N°3, Págs.4-6

² Seoane, Bruno Aberasturi Ransa-El transporte terrestre en el Perú y su logística. Lima. Octubre 2008.Pag 5.

1.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

1.2.1. Definición: Aquellas que tienen una superficie de rodadura formada por materiales granulares y que han sido sometidas a tratamientos superficiales, con trabajos previos de alineación, con apropiada sección transversal y longitudinal, y adecuado drenaje; o que han sido trabajadas sin ningún tratamiento alguno tales como los caminos de herradura o trochas que son construidos por la necesidad de acceder a lugares remotos.

1.2.2. Clasificación³

Las carreteras no pavimentadas por las capas superiores y la superficie de rodadura, se pueden clasificar en cuatro categorías:

- Carreteras de tierra: constituidas por suelos naturales y grava tratada con zarandeo.
- Carreteras gravosas: constituidas por una capa de revestimiento con material natural granular sin procesar que es seleccionado manualmente o por zarandeo. Su tamaño máximo es de 75mm.
- Carreteras afirmadas: aquellas que funcionan como superficie de rodadura y/o soporte al tráfico vehicular cuya capa de rodadura está constituida por materiales granulares naturales provenientes de canteras, excedentes de excavaciones o materiales que se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.
- Carreteras con superficies estabilizadas con materiales de origen industrial.

1.2.3. Características⁴

Los principales elementos que componen este tipo de carretera son:

- La plataforma: lo constituye fundamentalmente la superficie de rodadura, franja que es utilizada para la circulación de los vehículos. Tiene la función de soportar las cargas vehiculares y de mejorar drenaje para un mejor mantenimiento en el tiempo. Está construida de tal forma que el eje central esté elevado con respecto a las laderas (normalmente entre 2% y 3% de bombeo).

³ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Pág.126. Año 2006

⁴ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Lima. Marzo 2006. Pág.12 – 13.

- Las obras de drenaje: configuran un sistema que evita el acumulamiento del agua superficial que puede filtrarse hacia la base o subbase, lo que genera daños estructurales y superficiales. Dentro de este sistema tenemos el drenaje superficial (bombeo, cunetas, zanjas de coronación, alcantarillas y canales) y el sub drenaje (filtros longitudinales, drenes, etc.). Los agregados en la conformación de este tipo de carreteras se deben disponer de una buena mezcla con adecuadas arenas y finos que actúen en principio contra la acción del tráfico y el escurrimiento del agua.

1.3. DETERIORO EN CARRETERAS SIN PAVIMENTAR.

1.3.1. Descripción del mecanismo de deterioro.⁵

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones.

Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo). El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía.

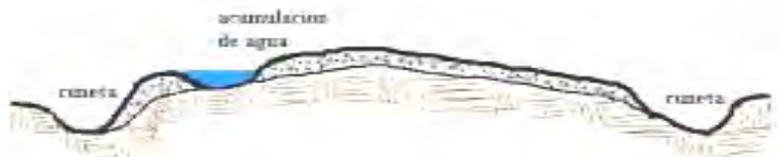
1.3.2. Defectos comunes en vías sin pavimentar

Los defectos más comunes en vías sin pavimentar fueron tratados a profundidad por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, quienes publicaron un estudio llamado "Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)" en 1987, actualizado en el reporte del 92-96. Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones o problemas tipificados de la siguiente forma:

⁵ William D. Paterson. Road Deterioration and Maintenance Effects.Pags.3-4

- Sección transversal impropia: Al ocurrir esto la carretera estará propensa a sufrir deterioro por problemas de circulación y de drenaje, por lo que se debe presentar una pendiente transversal suficiente para que las aguas superficiales sean evacuadas de manera rápida fuera de la plataforma.

Figura 1: Sección transversal impropia.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 43

- Drenaje inadecuado: Se caracteriza por la acumulación de agua superficial en la plataforma, no necesariamente por el mal drenaje superficial o la inexistencia de elementos de drenaje profundo, sino por falta de mantenimiento en las obras de arte.

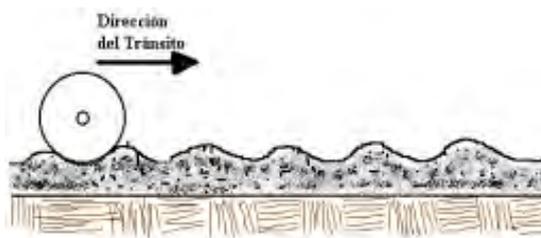
Figura 2: Drenaje inadecuado.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 42

- Ondulaciones: Se distinguen por las deformaciones que ocurren en la superficie de rodadura, en intervalos regulares y perpendiculares al tráfico. Su origen se debe a una serie de factores tales como: continuo tráfico de vehículos, pérdida de finos, deficiencias en la capacidad de soporte, pendiente inadecuada y capas granulares de mala calidad.

Figura 3: Ondulaciones.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 44

- Exceso de polvo: Se origina por la pérdida de la fracción fina de la base o de la capa granular de afirmado cuyo contenido en la mezcla es excesivo. Produce incomodidad dado que afectan: a la población, a la salud, a la operatividad de los vehículos y a los costos de mantenimiento al perder el equilibrio entre las mezclas de los agregados.

Figura 4: Exceso de polvo



Fuente: carretera Ayacucho – Abancay

- Baches: Se genera debido a los siguientes factores: Inexistencia de capas de revestimiento, deficiencias en la composición de la mezcla, ausencia de partículas aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado, plataforma mal drenada y sin inclinación transversal.

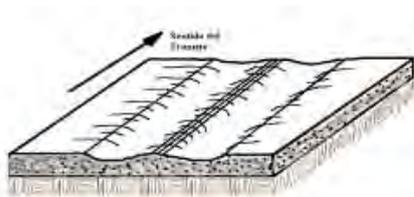
Figura 5: Baches.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 47

- Surcos de rueda o ahuellamientos: Son depresiones que ocurren longitudinalmente al eje del camino. Se originan por la deformación permanente de la base o revestimiento y/o cuando tienen baja capacidad de soporte.

Figura 6: Ahuellamientos.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 45

- Segregación de agregados: Se genera por el constante paso de vehículos sobre la superficie de circulación. Como resultado los agregados gruesos se depositan junto a los surcos de las ruedas y en su mayoría en los bordes de la plataforma. La causa principal es la falta de aglutinantes en la composición de las mezclas en los materiales.

Figura 7: Pérdida de agregados



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 46

Para poder calificar la condición de una carretera afirmada se han identificado siete características: La geometría de la corona, la superficie de rodadura, las deformaciones de la superficie, los defectos especiales de la superficie de rodadura, el drenaje, el deterioro del medio ambiente y la señalización.

1.4. CONSERVACIÓN VIAL

1.4.1. Definición⁶

Conjunto de operaciones necesarias para la preservación y mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios

⁶ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima. Pág.24. Año 2008

en las buenas condiciones para el tráfico compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo.

1.4.2. Enfoque actual⁷

Se trata de un cambio en la concepción tradicional de trabajo de actuar para reparar lo dañado, adoptándose una política de carácter preventivo para la conservación vial. Esto garantiza que los caminos nacionales y vecinales tengan los niveles necesarios para una adecuada circulación vial en todas las épocas del año.

1.4.3. Importancia en la conservación vial

Es importante mantener los caminos porque permite:

- Garantizar un confort adecuado y seguridad al usuario.
- Ahorro en los costos de operación de vehículos.
- Disminuye el tiempo perdido en el viaje.
- Mantiene la inversión en las etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación.

1.4.4. Ciclo de vida de un camino⁸

Los deterioros de un camino, como ya se ha mencionado, se deben en principio al efecto del agua y del tráfico. Estos influyen en el progreso de desgaste y en la transitabilidad. Por eso el mantenimiento debe hacerse sostenidamente en el tiempo de manera preventiva, para así poder extender el tiempo de vida útil y reducir las inversiones en mantenimientos periódicos y no llegar a la reconstrucción. El ciclo de deterioro de un camino consta de cuatro fases:

- Fase 1: Construcción.
En esta fase el camino se encuentra en excelentes condiciones para la satisfacción de los conductores. Ver punto A de la figura 8.
- Fase 2: Deterioro lento y poco visible.
El camino presenta desgaste después de un tiempo, donde se evidencia de manera significativa el deterioro de la superficie de rodadura. Durante esta fase el camino se encuentra en buen estado.
- Fase 3: Deterioro acelerado.

⁷ Oficina Internacional del Trabajo. Mantenimiento Rutinario de caminos con microempresas.Lima.Primer edición 2003. Pág. 3-4

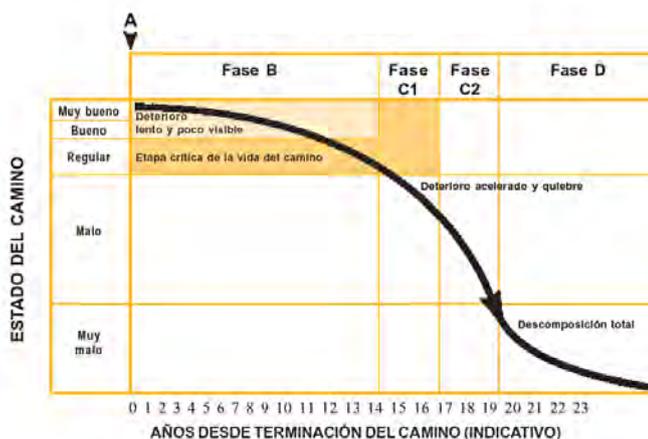
⁸ Oficina Internacional del Trabajo. Mantenimiento Rutinario de caminos con microempresas.Lima.Primer edición 2003. Pág. 4-8

Aquí la carretera presenta mayor desgaste en la superficie de rodadura y en los demás elementos de la carretera. Se evidencia el deterioro acelerado y cada vez resiste menos al tránsito vehicular. Los daños comienzan a hacerse puntuales y en el tiempo se van extendiendo hasta afectar al camino. Tiene corta duración y es el comienzo de la aceleración del deterioro superficial.

- Fase 4: Descomposición Total

En esta fase los vehículos elevan sus costos de operación y tienen dificultades para circular. La capacidad del camino se ve reducida afectando así a los vehículos en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis.

Figura 8: Curva de deterioro de un pavimento de hormigón asfáltico



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. Lima. 1era edición 2003. Pág. 5

1.4.5. El mantenimiento vial y su relación con la rugosidad⁹

Las características funcionales de una vía tienen gran incidencia en las condiciones de seguridad y comodidad, lo que afecta económicamente a los costos de operación y mantenimiento. Las irregularidades que presentan las vías tienen relación directa con los costos de operación de los vehículos, por consiguiente afecta la velocidad, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Éstas irregularidades a parte de ocasionar desgastes en los vehículos modifican el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía. La calidad de un pavimento se puede entender como la capacidad estructural que soporta a diferentes solicitaciones, asimismo como la comodidad que siente el usuario al transitar sobre el pavimento.

⁹ Martínez Obando, Pedro Nicolás. Definición de un Índice de Rugosidad Intensivo de pavimento orientado a mantenimiento. Santiago de Chile. Agosto 2008. Pág. 5-6

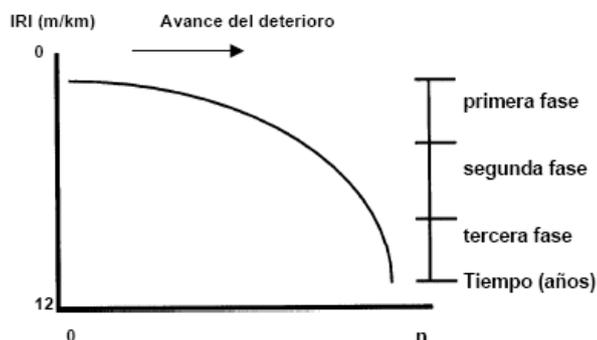
Se cuantifica ésta capacidad efectuándose métodos debidamente normados tales como: la extracción de testigos, ensayos de calidad de agregados, ensayo de abrasión, etc. y la comodidad del usuario se cuantifica en forma relativa de acuerdo a su percepción, la cual tiene relación directa con las irregularidades superficiales del pavimento.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en el año 1986, siendo obtenida por medio de una correlación con cualquier equipo de medición de rugosidad. El IRI puede ser entendido como una especificación de construcción o el estado del pavimento, está orientado al mantenimiento cuya incidencia se centra en funciones de aspectos económicos (IRI vs costos de usuarios), sociales (opinión de los usuarios) y técnicos (gestión de carreteras, costos de conservación vs costo Unitario).

1.4.6. Comportamiento típico de la condición superficial en función del IRI¹⁰

Los factores que afectan la condición superficial (de manera principal el tráfico de vehículos y las precipitaciones pluviales) ocasionan una disminución no lineal en la calidad superficial en función de la rugosidad dividiéndose en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros años; la segunda presenta desgaste más acusado y la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, por esta razón va a llegar a un costo significativo de mantenimiento del camino y como límite puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo.

Figura 9: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.¹¹



¹⁰ Arriaga Patiño, Mario; Garnica Anguas Paul; Rico Rodríguez, Alfonso. Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México. México. Año 1998. Pág. 13 -14.

¹¹ Arriaga Patiño, Mario; Garnica Anguas Paul; Rico Rodríguez, Alfonso. Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México. México. Año 1998. Pág. 14.

1.4.7. Evaluación de las condiciones de la vía

La condición de la superficie de la vía está relacionada con varios factores como: Integridad estructural, capacidad estructural, fallas o defectos y su nivel de deterioro.

La evaluación cualitativa y/o cuantitativa de algunos factores puede exigir uso de equipos costosos. Pero estos factores pueden evaluarse en forma empírica mediante la observación, para esto se debe tener en cuenta la experiencia de campo del profesional encargado.

Estas observaciones pueden plasmarse en el Índice de la condición de la vía no pavimentada (ICVNP): basado en una escala que va desde 0 hasta 100. Con esto se indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación, se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía.

1.4.8. Niveles de intervención¹²

Son las actividades que se realizan en la vía con la finalidad de evitar el deterioro de la infraestructura del camino, tiene diversos niveles que van desde una intervención sencilla hasta una más costosa.

- Obras de conservación rutinaria: actividades de carácter preventivo que se ejecutan para conservar la calzada, el sistema de drenaje, la señalización y obras de arte. En general se realizan durante todo el año para evitar el deterioro de la vía y garantizar la transitabilidad.
- Obras de conservación periódica: acciones que se realizan para reconformar y restablecer las características en la superficie de rodadura. Generalmente se repiten en periodos de más de un año de acuerdo a la influencia del tráfico.
- Obras de conservación puntual: son trabajos aislados que corrigen un defecto funcional o estructural. Del mismo modo también sirve para eliminar un riesgo que se pueda prevenir.
- Trabajos de emergencia: conjunto de actividades que se realizan para devolver la transitabilidad en una vía donde ha sido afectada por eventos extraordinarios o fuerza mayor.

1.5. PROGRAMA PROYECTO PERÚ¹³

¹² Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Normas Conceptuales, de cantidad y de Ejecución. Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Volumen I. Lima. 2008. Pág. 29

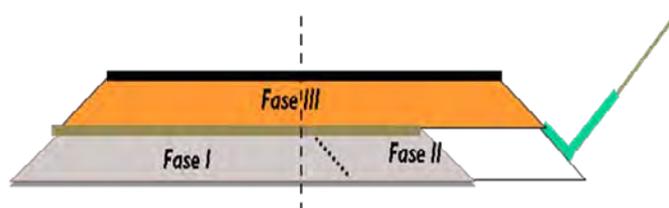
¹³ <http://www.proviasnac.gob.pe/proyectorperu>

Es un programa de infraestructura vial, diseñado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el objetivo de mejorar las vías de integración de corredores económicos, el cual trabaja ejes de desarrollo para elevar los niveles de competitividad en zonas rurales, redes viales nacionales, departamentales y vecinales. Establece la contratación de actividades de conservación vial a empresas que controlen por niveles de servicio en un tiempo de 3 años a más, desarrollando así un mantenimiento preventivo de tal manera que evita el deterioro prematuro de las vías.

Éste programa desarrolla la mejora continua de nuestra red vial y se conceptualiza hacerlo en 3 fases:

- Fase I, se realiza mantenimiento periódico, rutinario por niveles de servicio y por emergencias.
- Fase II, se uniformizan los anchos de calzada de acuerdo a nuestra norma y cuando se incremente considerablemente el tráfico se iniciará la Fase III.
- Fase III, se construye la obra definitiva.

Figura 10: Esquema de fases Programa Proyecto Perú



Fuente: MTC

En el periodo 2006 - 2009 Provias Nacional implementó 10 contratos de conservación de niveles de servicio que abarcó alrededor de 3 mil kilómetros de carreteras en intervención. Asimismo cuando se contrate la totalidad de los corredores viales se asegurará la transitabilidad de alrededor del 60% de la red vial nacional.

1.6. CONTRATOS PARA LA CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO¹⁴

Lo contratos de conservación vial por niveles de servicio tienen como objetivo general alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad, confort y seguridad de la

¹⁴ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Provias Nacional. Anexo 03. Términos de referencia. Servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Febrero 2008. Pág. 2.

red vial nacional a través de la ejecución permanente de actividades de conservación rutinaria, conservación periódica, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales, mediante la contratación de servicios de conservación vial por niveles de servicio con plazos superiores a tres años.

En la medición de niveles de servicios se evalúan: calzada, bermas, zonas laterales (derecho de vía), drenaje y estructura vial. Utiliza la inspección visual como forma de medición.

Cuadro 2: Medición de niveles de servicio¹⁵

Variable	Indicador	Forma de Medición	Tolerancia
Calzada	- Limpieza - Baches - Encalaminado	Inspección Visual En camioneta En camioneta	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos - 20% longitud
Bermas	- Limpieza - Baches	Inspección visual	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos
Zonas Laterales (Derecho de vía)	- Roce - Taludes y Terraplenes	Inspección visual	- Altura Máxima. 0.30 M. - Deberán presentarse sin deformaciones, asentamiento o erosión alguna.
Drenaje	- Cunetas - Alcantarillas - Bajadas de Agua - Badenes	Inspección visual	Siempre limpias, libre de residuos sólidos, vegetación y cualquier otro elemento que cauce obstáculo
Estructuras Viales	Puentes y Pontones Muros	Inspección visual	- Siempre Limpios y libre de obstáculos - Drenes Abiertos

¹⁵ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Provias Nacional. Anexo 03. Términos de referencia. Servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Febrero 2008. Pág. 15

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través del proyecto especial de infraestructura de transporte nacional - PROVIAS NACIONAL-, tercerizó la conservación de la red vial nacional por niveles de servicio, donde el principal objetivo fue alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad a través de la ejecución permanente de actividades de conservación rutinaria, conservación periódica, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales. Esto se realizó mediante la contratación de servicios de conservación vial por niveles de servicio con plazos superiores a tres años.

En el año 2008, la carretera a nivel de afirmado Ayacucho – Andahuaylas – Puente Sahuinto se encontró con un inadecuado nivel de transitabilidad. Y con la finalidad de atender dicha carretera durante el tiempo que duren los estudios definitivos y se inicie su construcción, el Estado previó contratar el servicio de conservación vial por niveles de servicio de la Carretera Ayacucho – Andahuaylas – Pte. Sahuinto, con una longitud de 384.50 Km. por el periodo de cuatro años, el cual fue controlado por indicadores de niveles de servicio. Este tipo de contratos se ejecutó en dos etapas: La primera etapa es de conservación antes de la construcción, donde se ejecutaron actividades de conservación para mejorar la transitabilidad mientras se culminaban los estudios definitivos y se iniciaba la construcción, aquí no se realizaron modificaciones en el diseño geométrico de la vía. Las principales actividades que se realizaron para esta etapa son: Roce y desbroce de arboles, limpieza de obras de arte, limpieza de la calzada y bermas, limpieza de señales verticales e hitos, perfilado, bacheo de calzada y bermas, remoción de derrumbes. En cuanto a la segunda etapa consistió en la conservación después de la construcción, donde se ejecutaron actividades de conservación rutinaria sobre la vía asfaltada.

2.1.1. Trabajos de conservación vial en carreteras no pavimentadas.

Para el cumplimiento de los niveles de servicio se ejecutaron diversas actividades de mantenimiento rutinario, entre las principales tenemos:

- La producción de afirmado, estos trabajos se realizaron a través de una zaranda de gravedad, donde previamente se identificaron las posibles

canteras para luego realizar las pruebas de laboratorio y así poder utilizarlas como material de afirmado según la normativa vigente.

- Transporte de material de afirmado a obra, el material procesado en cantera es transportado y puesto en obra.
- El perfilado sin aporte de material consiste en la conformación y compactación del material superficial de la plataforma de la vía que proviene de la recuperación del material de la cuneta o esparcido en la berma proveniente de la superficie de rodadura. No requiere inclusión de material nuevo.
- El perfilado con aporte de material, a diferencia de la actividad sin aporte, éste necesita inclusión de material de afirmado proveniente de cantera debido al deterioro excesivo de la superficie de rodadura.
- Poda y desbroce de maleza, reside en la eliminación de maleza y reducción de la vegetación que impide buena visibilidad en la carretera.
- Remoción de derrumbes, consiste en eliminar los derrumbes que ocurren al pie de talud y que obstaculizan de manera parcial o total el libre tránsito en la carretera.

2.1.2. Convenio de Investigación

Por un convenio de investigación desarrollado entre la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería y la empresa Concar S.A., se estableció la necesidad de poder investigar sobre la efectividad de la aplicación de aditivos químicos para el mejoramiento y conservación superficial de una carpeta de rodadura en un determinado sector de prueba de esta carretera a nivel de afirmado. Este convenio contempló el apoyo económico del 100% para la realización de ensayos de laboratorio, sistema de monitoreo y utilización de maquinarias y recurso humano, a través de una subvención económica.

La investigación se desarrolló bajo las condiciones siguientes:

- Aplicación de un tratamiento de suelos con aditivos químicos (cloruro de Calcio y la enzima PZ-22X) en el perfilado con aporte de material de cantera.
- Utilización de materiales de cantera que cumplan con las especificaciones de la norma vigentes del MTC (E-107/ASTM D-422), conforme a los requisitos mínimos que recomiendan los fabricantes.

- Evaluar experimentalmente la eficiencia superficial del suelo estabilizado con los compuestos químicos cloruro de calcio y enzima PZ-22X por medio de un sistema de monitoreo después de aplicados.
- Proponer valores en los indicadores del sistema IRI para la medición de niveles de servicio en este tipo de carreteras.

2.2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en la carretera de la ruta nacional Ayacucho – Andahuaylas – Abancay (Ruta 03S) pertenecientes a las regiones de Ayacucho y Apurímac, con altitudes cuyo rango está entre los 1,950 msnm y 4,230 msnm y con longitud de 380.50 Km. Las principales conexiones para la carretera en mención son a través de carretera Lima – La Oroya-Huancayo-Ayacucho, carretera Pisco – Ayacucho y la carretera Nazca-Abancay-Cuzco.

Figura 11: Mapa de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto.



Fuente: Informe técnico de situación inicial de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Mayo 2009. Pág. 2

2.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS DE LA VIA

- Tramo Ayacucho – Andahuaylas (km 0+000 – 256+500)¹⁶

En el mes de diciembre del año 2008 este tramo se encontró con frecuentes irregularidades y estado de intransitabilidad con velocidades no mayores a 20km/h. La superficie de rodadura presentaba frecuentes depresiones profundas y/o baches (20 – 30 baches cada 50 metros con profundidades mayores a 50mm). El sistema de drenaje transversal; en su mayoría conformado por alcantarillas de piedra de sección cuadrada entre 30 y 50cm de lado se encontró en estado funcional. El drenaje longitudinal estaba conformado por cunetas de tierra de sección triangular y en su mayoría se encontraron colmatadas. Los pontones son de losas de concreto sobre estribos de mampostería de piedra, algunos reforzados y ampliados con troncos de madera para tener un mayor ancho de rodadura y otros de troncos con tableros y guías de madera que requieren urgente cambio. En este tramo se encuentra ubicado el puente Pampas en el Km. 140 de 54.9m de luz y con una estructura tipo Bailey, con un tablero y guías de maderas, en el que se necesita un cambio del maderamen, en dicho tramo no existen badenes.

Los muros son de piedra y con menos de 3 metros de altura visible, estos están ubicados en su mayoría entre los kilómetros 22 y 256 y son usados como muros de contención de la subrasante del camino, de los cuales hay algunos que presentan deformaciones y se hace necesaria su reparación. Existen una buena cantidad de viviendas, postes de alumbrado y algunos avisos publicitarios que invaden el derecho de vía.¹⁷

- Tramo Andahuaylas-Kishuara (km 256+500 - 315+500)¹⁸

Este tramo se encontró en el mes de diciembre del año 2008, con frecuentes irregularidades y velocidades de circulación no mayores a 20 km/hh. La superficie de rodadura presentaba baches mayores a 50mm y con una frecuencia de 100 – 20 cada 500 metros. El sistema de drenaje transversal; en su mayoría conformado por alcantarillas de piedra de sección cuadrada de 50 – 60cm de lado o se encontró en estado funcional y una colmatación de la sección de alrededor del 50%. El drenaje longitudinal está conformado por

¹⁶Consortio Ayahuaylas. Informe técnico de situación inicial de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Mayo 2009. Pág. 6.

¹⁷IBID. Pág. 6

¹⁸IBID. Pág. 6

cunetas de tierra de sección triangular y en su mayoría se encontraron colmatadas. Entre los kilómetros 290 y 315 se apreciaron zonas de bofedales y constantes descargas de material orgánico proveniente de los terrenos de cultivo adjunto.

Las losas pontones que se encontraron son de concreto en estado regular pues no presentaron deformaciones excesivas o socavaciones en sus cimientos. Los muros que se lograron identificar son de piedra con no más de 3 metros, otros de altura visible. Estos muros están ubicados en su mayoría entre los kilómetros 320 y 380 y son usados como muros de contención de la subrasante del camino. Existen una buena cantidad de viviendas, postes de alumbrado y algunos avisos publicitarios que invaden el derecho de vía.¹⁹

- Tramo Kishuara-Puente Sahuinto (km 315+500-380+500)

Este tramo se encontró con frecuentes irregularidades y velocidades de circulación no mayores a 30 km/hh. La superficie de rodadura presentaba baches mayores a 50mm y con una frecuencia de 100 – 20 cada 500 metros. El sistema de drenaje transversal; en su mayoría conformado por alcantarillas de piedra de sección cuadrada de 50 – 60cm de lado se encontró en estado funcional y una colmatación de la sección de alrededor del 50%. El drenaje longitudinal estaba conformado por cunetas de tierra de sección triangular y en su mayoría se encontraron colmatadas.

Los pontones que se encontraron son de losas de concreto en estado regular pues no presentaron deformaciones excesivas ó socavaciones en sus cimientos. Los muros que se lograron identificar de piedra y con no más de 3 metros de altura visible.

Estos muros están ubicados en su mayoría entre los kilómetros 320 y 380 y son usados como muros de contención de la subrasante del camino. La señalización vertical y horizontal es virtualmente nula.²⁰

- Trabajos realizados en los periodos enero - agosto del año 2009

Las actividades de mantenimiento rutinario que se realizaron con la finalidad de llegar a los niveles de servicio establecidos se han efectuado entre los meses de enero y julio del año 2009; estos trabajos de mantenimiento rutinario consistieron en perfilado con o sin aporte de material, llegándose al 100% de serviciabilidad.

¹⁹ Consorcio Ayahuaylas. Informe técnico de situación inicial de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Mayo 2009. Pág. 6
²⁰ IBID. Pág. 6-7

Se colocaron en promedio 200 m³ por km de material seleccionado de canteras para mejorar el afirmado. Se realizaron estas actividades en mantenimiento rutinario donde el recurso son las maquinarias pesadas (motoniveladora, rodillo, volquetes, retroexcavadora y cisterna).²¹

2.4. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

2.4.1. Clasificación por su función:

Según su funcionalidad, la carretera pertenece a la Ruta Nacional 3S, específicamente a la carretera longitudinal de la Sierra, está clasificada como una carretera que pertenece a la RED VIAL NACIONAL.

2.4.2. Clasificación por su demanda:

Se tomó como referencia a un estudio de tráfico realizado el 2007, donde el tránsito promedio diario (TPD) es menor a 400 Vehículos/día, por tanto la carretera en estudio se clasifica como una CARRETERA DE TERCERA CLASE.

2.4.3. Clasificación por sus condiciones orográficas y clima

En esta clasificación se consideró la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, se considera a la carretera en estudio como una carretera de TIPO 4. La vía al principio se desarrolla en la Sierra con altitudes que oscilan entre 1,950 msnm y 4,230 msnm, zonas muy accidentadas y con lluvias moderadas e intensas.

2.5. INVENTARIO VIAL DE LA ZONA EN ESTUDIO²²

Se realizó el inventario vial a lo largo de los 380.5 Km de la carretera, para conocer el estado real de la vía, de las obras de arte, de los puentes y pontones y de las invasiones de vía. En el cuadro N° 3, se muestra el resumen del inventario vial realizado:

²¹ Consorcio Ayahuaylas. Informe técnico de situación inicial de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Mayo 2009. Pág. 7

²² IBID. Pág. 7.

Cuadro 3: Resumen inventario vial carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto.²³

Puentes Y Obras De Arte Y Drenaje	Unidades	Cantidad
Puentes	Und	15
Pontones	Und	26
Muros	Und	300
Badenes	Und	3
Alcantarillas	Und	1719
Bajadas de agua	Und	0
Pases de agua de riego	Und	0
Canales de concreto	Und	16
Cunetas Revestidas	Und	15
Señalización	Unidades	Cantidad
Señales Preventiva	Und	18
Señales Reguladoras	Und	26
Señales Informativas	Und	11
Hitos Kilométricos	Und	66
Postes delineadoras	Und	0
Guardavías	Und	0
Invasión al derecho de vía	Unidades	Cantidad
Zonas Urbana	Und	24
Viviendas y/o otras construcciones	Und	604
Desvíos	Und	107
Señales no oficiales	Und	27
Avisos publicitarios	Und	79
Postes de alumbrado/Telefónicos / otros	Und	964

Fuente: Elaboración propia

²³ Consorcio Ayahuaylas. Informe técnico de situación inicial de la carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto. Mayo 2009. Anexos Tramo Ayacucho-Andahuaylas..

CAPÍTULO III: LOS EFECTOS DE LOS ADITIVOS EN EL DISGREGAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

3.1. ADITIVOS QUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON EL MANTENIMIENTO

3.1.1. Estabilización y su efecto en el disgregamiento superficial y la emisión de polvo.

La estabilidad en el disgregamiento de la superficie de rodadura de un suelo está en función a un adecuado suelo de fundación, de su resistencia a las descargas laterales y de su resistencia a las repetidas cargas de las condiciones en estados húmedos o secos. Los suelos granulares por sus características físicas (angulosidad) tienen gran capacidad de desarrollar el rozamiento interno que pueda resistir la descarga lateral; por el contrario la estabilidad de los suelos de grano fino es muy dependiente de la humedad. Los aditivos estabilizadores de suelos se utilizan para mejorar las propiedades (mejorar y mantener el contenido de humedad, aumentar la cohesión, impermeabilizar y ser agente estabilizador) de suelos no deseables. Los estabilizadores que suprimen el polvo se consideran aditivos debido a que producen cambios en las características del suelo. En caminos no pavimentados el control del polvo y la estabilización de la superficie de la carretera suelen ir de la mano; donde la superficie de la carretera es estabilizada para evitar la pérdida de finos con la finalidad de tener mejor confort y mayor seguridad previniendo el deterioro de la superficie de rodadura y reducir los costos de mantenimiento²⁴

3.1.2. Estabilización de suelos

3.1.2.1. Definiciones previas

Según la normativa peruana la estabilización agrupa a un concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico-químicos. Se puede decir que la estabilización “es el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento para corregir alguna deficiencia o alterar sus propiedades físicas o mecánicas, de modo que se incremente o mejore un suelo, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas

²⁴ Jonathan Q. Addo, PE. Thomas G. Sanders, Ph.D., PE. Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on maintenance Stability, Safety and the Environment Phases 1-3. Pag.29. USA. May 2004.

dándole estabilidad en cualquier condición de tiempo y servicio.”²⁵ “En si lo que hace es incorporar nuevos materiales o propiedades para soportar las fuerzas externas.”²⁶

3.1.2.2. *Objetivo de la estabilización*

La estabilización de suelos tiene por objeto procurar por diversos medios la estabilidad de ellos para cualquier condición de tiempo y de servicio. Se entiende por estabilidad a la permanencia en el tiempo de las características mecánicas obtenidas al momento de la construcción. Estos medios o procesos van desde la incorporación a los suelos de materiales o nuevos elementos que proporcionen estabilidad, hasta la formación de verdaderos mecanismos de defensa contra la acción de las fuerzas climáticas.

La estabilización significa entonces, no solo llegar a un estado del suelo con suficiente resistencia a la acción destructora y deformante de las cargas, sino también asegurar la permanencia de ese estado a través del tiempo. Este último aspecto del proceso tiene fundamental importancia, ya que de su existencia, depende la existencia del primero.

3.1.2.3. *Factores que influyen en la estabilización*²⁷

Las propiedades de los suelos están influenciadas por varios factores que pueden agruparse:

- a) Factores en su composición:
 - Tipos y cantidades de minerales en la estructura del suelo.
 - Tipos de cationes absorbidos.
 - Forma, tamaños y distribución de las partículas de suelos. (granulometría)
 - Cantidad de agua en los poros.
- b) Factores ambientales:
 - Contenido de humedad.
 - Densidad.
 - Presión atmosférica.
 - Temperatura.
 - Estructura del suelo.

²⁵ Fratelli, María Graciela. Suelos, Fundaciones y Muros. Pag.93. Venezuela. Año 1993.

²⁶ Fratelli, María Graciela. Suelos, Fundaciones y Muros. Pag.93. Venezuela. Año 1993.

²⁷ Jonathan Q. Addo, PE. Thomas G. Sanders, Ph.D., PE. Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on maintenance Stability, Safety and the Environment Phases 1-3. Pag.30. USA. May 2004.

- Cantidad de precipitación y evaporación.
- c) Factores externos:
 - Velocidad del vehículo.
 - Número de ruedas por vehículo.
 - Número de vehículos.
 - Peso del vehículo.

3.1.2.4. Tipos de estabilización²⁸

Una clasificación propuesta según Winterkorn²⁹ es:

- Estabilización mecánica, implica el tratamiento y la compactación de los suelos para su densificación.
- Estabilización física, comprende en buscar una buena granulometría usando materiales granulares o cohesivos.
- Estabilización química encierra los cambios que se le dan a las propiedades del suelo mediante el uso de agentes cementantes, ligantes asfálticos o humectantes para lograr una adecuada estabilidad.

3.1.2.5. Estabilización Química

Se define como la compactación o impermeabilización del suelo por la reacción o precipitación de sustancias químicas cuando están en contacto con el suelo. Se lleva a cabo sin sólidos en suspensión.

Las sustancias químicas aplicadas al estar en contacto con el suelo se solidifican (catálisis química) y forman geles que actúan como ligantes a la fracción gruesa. Entre los elementos reaccionantes tenemos los silicatos de sodio u otros silicatos solubles que activados con ácidos o sales metálicas, como acetato de etilo o cloruro de calcio, forman geles de sílice que al evacuar el agua se constituyen en sílices sólidos.

Otros geles duros solidifican de inmediato tales como los precipitados de silicatos de calcio y no permiten ninguna manipulación. Estos tienen la función de estabilizar suelos agregándole mayor capacidad portante e impermeabilizándolos.

De las resinas sintéticas (caucho, urea, cromo lignina, los copolímeros de acetatos polivinílicos o la analina que es un derivado líquido del alquitrán de hulla) se pueden obtener geles flexibles o plásticos. Asimismo también

²⁸ Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco. Estabilización de Suelos. Pag.3. Argentina. Año 2005

²⁹ Hans F. Winterkorn. Profesor de ingeniería civil en la Universidad de Princeton. USA

se puede obtener del procesamiento del maíz o residuos de la fabricación del papel. Las resinas sintéticas son en su mayoría viscosas y endurecen lentamente al polimerizarse hasta formar un sólido elástico (gel flexible). Sirven para impermeabilizar suelos no cohesivos, mejorar la resistencia e impedir la pérdida de humedad por evaporación.³⁰

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

Los aditivos estabilizadores podríamos agruparlos de la siguiente forma:

Cuadro 4: Clasificación de aditivos estabilizadores (según su origen)³¹

Absorbentes de agua	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Cloruro de magnesio
Derivados del petróleo	Emulsiones Asfálticas Líquidos asfálticos Emulsiones de asfalto modificado
No derivados del petróleo	Grasa de animales Lignosulfatos Melaza-azúcar de beterraga Emulsiones de aceite de tallos Aceite vegetales
Electroquímicos	Enzimas Productos iónicos Aceite sulfonados
Polímeros sintéticos	Acetato polivinílico Vinil acrílico
Aditivos de arcilla	Bentonita Montmorillonita

3.2.1. Breve descripción de los aditivos estabilizadores

3.2.1.1. Absorbentes de agua³²

A) Cloruro de calcio

Atributos

- Capacidad para absorber el agua desde el aire, está en función de la temperatura y humedad relativa; por ejemplo, en 25°C (77°F) comienza a absorber agua.

³⁰ Fratelli, María Graciela. Suelos, Fundaciones y Muros. Pag.93. Venezuela. Año 1993.

³² United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.3-4. USA. Año 1999.

- Aumenta la tensión superficial de la película de agua entre las partículas, ayuda a frenar la evaporación y además aumenta la compactación del suelo conformado.
- El camino tratado puede ser conformado y compactado con menos preocupación por pérdida de humedad y densidad.

Limitaciones

- Requiere un mínimo nivel de humedad a absorber la humedad del aire.
- No tiene buen desempeño como el cloruro de magnesio en largos períodos de sequía.
- Mejor desempeño que el cloruro de magnesio cuando está presente una alta humedad.
- Ligeramente corrosivo al metal, altamente al aluminio y sus aleaciones, atrae humedad, prolongando así período activo de corrosión.

Aplicaciones

- Generalmente 1 o 2 tratamientos por sesión.
- Aplicación inicial: A granel de 0.5 a 1.1 kg/m² (1.0 a 2.0 lb/yd²), típica aplicación de 0.9 kg/m² (1.7 lb/yd²) con 77% de pureza.
- Líquido: 35 to 38% residual que va de 0.9 a 1.6 L/m² (0.2 a .35 g/yd²) la aplicación típica es 38% residual de concentración aplicada sin diluir (1.6 L/m² (0.35 gr./yd²))
- Posteriormente aplicar de 1/2 a 1/3 de la dosis inicial.

Fuente

- Constituidos por productos en forma de salmuera hecho de carbonato de sodio del proceso de la soda amoníaco y del bromo de salmueras naturales.
- Viene de tres formas: A granel o de tipo I de 77a 80% de grano puro o de tipo II de 94 a 97% de pureza. Líquido transparente de 35 a 38% en peso.

Impacto Ambiental

- Impacto en la calidad del agua: generalmente insignificante si en la zona existe entre área tratada y agua.
- Impacto en el agua dulce: pueden desarrollar en cloruro concentraciones tan bajas como 400 ppm para la trucha, hasta 10,000 ppm para otras especies de peces.

- Impacto en las plantas: Algunas especies son susceptibles como el pino, cicuta, álamo, cenizas, fresno y areces son potenciales preocupaciones en derrames de líquidos concentrados.

B) Cloruro de magnesio

Atributos

- Comienza a absorber el agua desde el aire en un 32% de humedad relativa independientemente de la temperatura.
- Más eficaz que la solución de cloruro de calcio debido al incremento de la tensión superficial resultando una superficie durable cuando seca.
- Tratado el camino puede ser reclasificado y recompactado con menos preocupación por pérdida de humedad y densidad.

Límites

- Requiere mínimo nivel de humedad para absorber la humedad del aire.
- Más adecuado en climas áridos.
- En soluciones concentradas es muy corrosiva para el acero (nota: algunos productos pueden contener un corrosivo aditivo inhibidor); atrae humedad, prolongando así período activo de corrosión.
- El agua de lluvia tiende a filtrarse superficialmente debido a la presencia de cloruros solubles.
- Con presencia de altos contenidos elevados de finos en materiales tratados, la superficie puede volverse resbaladiza cuando llueve.
- Eficacia cuando al menos del 20% de la solución siendo su eficiencia similar al agua.

Aplicación

- Generalmente de 1 a 2 tratamientos por sesión.
- Aplicación inicial: del 28 a 35% residual 1.4 a 2.3 L/m² (0.30 a 0.50 gr./yd²), su aplicación típica es de 30% de la concentración residual aplicada sin diluir de 2.3 L/m²(0.5gr./yd²).

Fuente

- Se produce naturalmente de rocas de sal y salmueras.

Impacto ambiental

- Impacto en la calidad de agua: generalmente insignificante si existen coberturas propias cerca al área tratada y agua.

- Impacto en el agua dulce: pueden desarrollar el cloruro concentraciones tan bajas como 400 ppm para la trucha, hasta 10,000 ppm para otras especies de peces.
- Impacto en plantas: algunas especies son sensibles como el pino, cicutu, álamos, fresnos, abeto, y arce.
- Especialmente atención con los derrames.

C) Cloruro de Sodio

Atributos

- Comienza a absorber el agua desde el aire en 79% de humedad relativa independiente de la temperatura.
- Aumenta tensión superficial ligeramente menos que el cloruro de calcio.

Límites

- Requiere mínimo nivel de humedad para absorber la humedad del aire.
- Moderadamente corrosiva para el acero en las soluciones diluidas.
- Tiende a no demorarse el fluido en superficie de aplicación.

Aplicación

- Generalmente de 1 a 2 tratamientos por sesión.
- Dosis elevadas con respecto al tratamiento de calcio.

Fuente

- Se extrae naturalmente como roca de sal y salmueras.

Impacto Ambiental

- El mismo que el cloruro de calcio.

3.2.1.2. *Productos orgánicos derivados del petróleo*³³

Atributos

- Une y aglomera las partículas de la superficie debido a que el asfalto tiene propiedades adhesivas.
- Sirve para impermeabilizar el camino.

Limitaciones

- Bajo condiciones secas algunos productos no podrán mantener su resistencia.
- Si tiene demasiados finos en superficie y superior en asfaltos, puede fragmentar la corteza bajo el tráfico en climas húmedos.
- Algunos productos son difíciles de mantener.

³³ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.4. USA. Año 1999.

Aplicación

- Generalmente de 1 a 2 tratamientos por sesión.
- De 0.5 a 4.5 L/m² (0.1 a 1.0 g/y²) dependiendo de la condición de la superficie de rodadura, y del productos
- Las emulsiones de alta viscosidad son usadas para clasificar los materiales superficiales.
- Seguidamente: Aplicar reduciendo la dosis inicial.

Fuente

- Asfalto mezclado: SC-70
- Emulsiones Asfálticos: SS-1, SS-1h, CSS-1, or CSS-1h mezclado con 5 partes de agua por volumen.
- Emulsiones asfálticos modificados y emulsiones de aceites.
- Aceites minerales.

Impacto Ambiental

- Gran variedad de componentes en estos productos son tóxicos.
- Productos derivados del petróleo podrían ser tóxicos.
- Necesidad del producto para un análisis específico.
- Preocupaciones con derrames y lixiviación antes de que el producto cure.

3.2.1.3. *Productos no derivados del petróleo*³⁴

A) Derivados de la lignina

Atributos

- Une partículas de la superficie.
- Aumenta enormemente la resistencia del material bajo condiciones secas.
- Se conserva eficazmente con baja humedad durante largos períodos secos.
- Con altas cantidades de arcilla, tienden a permanecer ligeramente plásticos permitiendo reacomodarse y compactarse con tráfico adicional.

Limitaciones

- Puede provocar la corrosión de aluminio y sus aleaciones.

³⁴ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.4-6. USA. Año 1999.

- La acción ligante en la superficie podrá reducirse o completamente destruirse por fuertes lluvias, debido a solubilidad de los sólidos en el agua.
- Se vuelve resbaladizo cuando llueve y frágil cuando no hay lluvia.
- Difícil mantener como una superficie resistente, pero puede hacerse bajo adecuadas condiciones de humedad.

Aplicación

- Generalmente de 1 a 2 tratamientos por sesión.
- Aplicación inicial es de 10 a 25% residual de 2.3 a 4.5 L/m² (0.5 a 1.0 gr. /yd²), típica aplicación es de 50% residual concentración aplicada sin diluir de 2.3 L/m² (0.5 g/y²) o 50% de concentración residual aplicada diluido de 1:1 peso/agua de 4.5 L/m² (1.0 gr. /yd²).
- Pueden ser ventajosos para emplear en dos aplicaciones.
- También viene en forma de polvo que se mezcla 1 kg a 840 litros (1 libra a 100 galones) de agua y luego rociarse.

Fuente

- Producto del agua del licor del proceso del papel sulfito, contiene lignina en solución.
- Su composición depende de las materias primas (principalmente pasta de madera) y productos químicos utilizados para extraer celulosa; activa constituyente es neutralizado lignina ácido sulfúrico que contengan azúcar

Impacto Ambiental

- Impacto en la calidad del agua: ninguno
- Impacto en el agua dulce: puede ser elevado por filtraciones a los ríos.
- Potencial interés con derrames.

B) Azúcar - Melaza derivados de extracto de remolacha

Atributos

- Proporciona temporalmente aglutinamiento a las partículas en la superficie.

Limitaciones

- Disponibilidad limitada.

Aplicación

- Sin investigar.

Fuente

- Procesamiento industrial del azúcar de beterraga.

Impacto Ambiental

- Impacto en la calidad del agua: desconocido.
- Impacto en agua de río: desconocido
- Impacto en plantas: desconocidos, sin conocimiento.

C) Aceite derivados de los tallos.

Atributos

- Superficie se adhiere juntando partículas.
- Aumenta enormemente la cohesión del material bajo condiciones secas.

Limitaciones

- La acción ligante en la superficie puede reducirse o completamente destruirse por una larga exposición a las fuertes lluvias, debido a solubilidad de los sólidos en el agua.
- Difícil de mantener en superficies resistentes.

Aplicación

- Generalmente 1 tratamiento cada pocos años.
- De 10% a 20% de la solución residual de 1.4 a 1.5 L/m² (0.3 a 1.0 gr./yd²); aplicación típica de 40 a 50% de la concentración residual aplicada diluida en la proporción de 1:4 peso/agua de 2.3 L/m² (0.5gal/yd²)

Fuente

- Producto del proceso de destilación del papel (sulfato).

Impacto Ambiental

- Impacto en la calidad de agua: desconocido.
- Impacto en el agua de río: desconocido.
- Impacto en las plantas: desconocido.

D) Aceites vegetales (no derivados del petróleo)

Atributos

- Aglomera la superficie partículas.

Limitaciones

- Disponibilidad limitada.
- Se oxida rápidamente entonces se vuelve frágil.

Aplicación

- Generalmente 1 tratamiento por sesión.
- Tasa de aplicación varía según el producto, típicamente están de 1.1 a 2.3 L/m² (0.25 a 0.5gr. /yd²)
- Producto cálido y el más rápido para la penetración.

Fuente

- Algunos productos: aceite de soya, algodón, aceite de semillas, y aceite de linaza.

Impacto Ambiental

- Impacto en la calidad de agua: desconocido.
- Impacto en agua de río: Algunos productos han sido probados y tienen bajo impacto.

3.2.1.4. Derivados electroquímicos³⁵

Atributos

- Cambios característicos del tamaño de las partículas de arcilla.
- Generalmente efectiva independientemente de las condiciones climáticas

Limitaciones

- Su rendimiento depende de la mineralogía fina de las arcillas.
- Necesita más tiempo para reaccionar con la fracción fina.
- Vida útil limitada.

Aplicación

- Generalmente diluido 1 parte del producto a cualquier parte de 100 a 600 partes de agua.
- El producto diluido también es usado para compactar la superficie escarificada

Fuente

- Productos típicos: aceites sulfonados, Cloruro enzimáticos de amonio, productos iónicos.

Impacto Ambiental

- El producto necesita análisis específico
- Algunos productos son altamente ácidos en la forma sin diluir.

³⁵ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.7. USA. Año 1999.

3.2.1.5. *Derivados de polímeros sintéticos*³⁶

Atributos

- Une las partículas de la superficie debido a las propiedades adhesivas de los polímeros.

Limitaciones

- Dificultades de mantenimiento para superficies resistentes.

Aplicación

- Generalmente 1 tratamiento cada pocos años.
- De 5 a 15% residual de solución de 1.4 a 4.5 L/m² (0.3 a 1.0 g/y²)
- Aplicación típica es de 40 a 50% residual de la concentración aplicada.
- Diluida: 1:9 peso en agua de 2.3 L/m² (0.5 gal/y²)

Fuente

- Proceso de fabricación por producto de la cinta adhesiva.
- Típicamente de 40 a 60% del sólido.

Impacto Ambiental

- En la Calidad de agua: ninguno
- En el agua dulce: Generalmente bajo
- En las plantas: ninguno
- Necesita análisis específico

3.2.1.6. *Aditivos de la arcilla*³⁷

Atributos

- Aglomera con finas partículas de polvo.
- Generalmente aumenta la cohesión del material bajo condiciones secas.

Limitaciones

- Si tiene alto contenido de finos la superficie del material tratado puede volverse resbaladiza cuando llueve.

Aplicación

- Generalmente 1 tratamiento cada 5 años
- Su típica aplicación es de 1 a 3% en peso seco

Fuente

- Minas naturales de yacimientos de arcilla

Impacto Ambiental

- Calidad del agua: desconocido

³⁶ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.7. USA. Año 1999.

³⁷ IBID. Pag. 7

3.3. METODOS DE APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS

Existen metodologías de aplicación para los aditivos que se usan en la estabilización:

- Aplicación superficial o típicamente rociada, implica rociar superficialmente después de haber sido conformada la superficie. Su tiempo de aplicación es corto y requieren más aplicaciones para lograr su efectividad.³⁸
- Aplicaciones mezcladas in situ o aplicaciones íntimas, se mezcla el aditivo con el suelo insitu previamente tratado utilizándose equipos especiales. Esa mezcla puede realizarse en la cantera y luego ser colocada en campo. Por otro lado la aplicación íntima se realiza cuando se escarifica el material existente o se coloca material procesado de cantera, siendo el proceso de mezclado y homogenización realizada con la motoniveladora, mezcladoras, máquinas de arado, etc.³⁹

3.4. CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS

Según el tipo de materiales⁴⁰

Cuadro 5: Clasificación de aditivos químicos (según el tipo de materiales)⁴¹

Tipo de Materiales	
Ligantes asfálticos:	- Emulsiones asfálticas - Asfalto espumado
Cementantes:	- Cemento - Cal - Cenizas
Compuestos químicos no tradicionales:	- Aditivos (orgánicos y sintéticos) - Sales (Cloruro de Calcio, Sodio y magnesio)

3.5. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS

Dentro de los aditivos químicos que existen (tradicionales y no tradicionales) no se ha encontrado criterios para la selección de estos, es por ello que se debe analizar no sólo en el laboratorio, sino en in situ para ser sometidos a los

³⁸ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.29-30

³⁹ Jonathan Q. Addo, PE. Thomas G. Sanders, Ph.D., PE. Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on maintenance Stability, Safety and the Environment Phases 1-3. Pag.29-30. USA. May 2004.

⁴⁰ Thenoux Z., Guillermo. Curso Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Cap.2. Pag.8. Perú. Año 2009

⁴¹ United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development. Program dust palliative selection and application guide. Pag.2. USA. Año 1999.

esfuerzos reales de tráfico, drenaje y factores externos del medio ambiente. Para los aditivos químicos deben analizarse básicamente dos características del suelo.

- Índice de plasticidad.
- Porcentaje que pasa la malla N°200.

3.6. CLORURO DE CALCIO

3.6.1. Aditivo en base a cloruros

Los compuestos a base de cloruros básicamente tienen propiedades higroscópicas y deliquescentes dándole al suelo un estado de humedad y resistencia. Pueden ayudar a la compactación ligando las partículas del suelo y reduciendo la fricción entre ellas. Introducen un catión divalente que puede afectar las fracciones de arcillas reduciendo el espaciamiento, aumentando la floculación; es decir se aglutinan sustancias coloidales presentes en el medio que forman aglomeraciones que contribuyen a su mayor resistencia.

Los cloruros aumentan significativamente la tensión superficial lo que provoca una aparente cohesión dentro de la matriz del suelo aumentando así su resistencia. Otro efecto que ocasionan los cloruros es reducir la presión de vapor en su estructura interna, así con menor presión los suelos se mantienen con mayor humedad que es uno de los factores que impiden el deterioro y degradación de la superficie de la carretera. Estos aditivos son eficaces para atraer o mantener la humedad (por encima del 29 a 40%) y está relacionado con la temperatura ambiente.

Las principales desventajas de estos aditivos es que son solubles al agua y fácilmente llevados por las lluvias. También son corrosivos con la mayoría de los metales (depende de la temperatura, humedad y concentración).

3.6.2. Cloruro de calcio

El cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, aunque también se puede obtener de algunos pozos naturales, siendo la fuente más común el obtenido en la elaboración de carbonato de sodio mediante procedimientos químicos. La solubilidad del cloruro de calcio es de 60 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 0° C, o de 159 g aproximadamente, por cada 100 c.c. de agua destilada a 100° C.

Se ha demostrado que con la adición de cloruro de calcio disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas. Hay autores que inclusive aseguran que la película de agua que rodea a las partículas se ve eléctricamente reforzada con la adición del cloruro de calcio, a tal grado que se incrementa notablemente la cohesión aparente. Como en el intercambio catiónico se sustituye un ión Ca^{++} por 2 iones Na^+ , la doble capa se ve reducida en su espesor lo que hace que se reduzca el potencial eléctrico y en consecuencia se reduzcan las fuerzas de repulsión entre las partículas.

Se ha encontrado un incremento en los pesos volumétricos hasta en un 11% con la adición de 0.5 a 3% de cloruro de calcio, según el tipo de suelo. Sin embargo, existen datos que reportan disminuciones en el peso volumétrico con respecto a un suelo arcilloso que no contenga el cloruro de calcio. Así también se tiene que el cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo pero desafortunadamente esta sal es muy fácilmente lavable. Se reduce la evaporación y es capaz de absorber hasta 10 veces su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente, lo que permite mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco, lo que hace de esta sal un producto muy eficaz cuando se trata de evitar la formación de polvo en terracerías, lo aceptable por el Cuerpo de Ingenieros para el caso de caminos con tránsito muy ligero.

Sin embargo que existen limitaciones para el empleo del cloruro de calcio, entre las más importantes se tienen:

- En el medio ambiente se tenga una humedad relativa superior al 30%.
- Se tengan minerales que pasen la malla 200 y que estos reaccionen favorablemente con la sal.
- El nivel freático no se encuentre a distancias que provoquen la emigración de la sal.

3.6.3. Especificación del producto

- Producto comercial en nuestro medio: QUIM KD 40
- Fabricante: Quimpac S.A.
- Especificación del fabricante: Es un producto que tiene como compuesto básico el cloruro de calcio, el cual tiene como complemento la participación de aditivos que permiten darle al producto final el aspecto, equilibrio y la

calidad requeridos para cumplir eficazmente con las aplicaciones específicas a las que está dirigido.

3.6.4. Requerimientos mínimos

Los aditivos químicos requieren ciertos parámetros que deben cumplir los suelos y el agua a utilizarse en el proceso constructivo.

Cuadro 6: Requerimientos mínimos para el aditivo de cloruro de calcio

Requerimiento	Resultado
%finos mayores al 18%	22.44%
IP (entre 4 y 10%)	9.12
PH agua (entre 5.5 a 8)	7.03

Fuente: Especificaciones Técnicas Cloruro de Calcio - QUIMPAC S.A.

3.6.5. Dosificación recomendada

El proveedor de estos productos químicos recomienda usar la siguiente dosificación:

Cuadro 7: Dosificaciones de ClCa2 para alto tráfico vehicular

Producto químico	Dosificación
ClCa2	4 Kg/ m2

Fuente: Especificaciones Técnicas Cloruro de Calcio - QUIMPAC S.A.

3.7. ENZIMA PZ 22X

3.7.1. Aditivos en base a enzimas

Las enzimas son sustancias (grandes moléculas de proteínas) derivadas de las plantas y animales, que aceleran las reacciones químicas (catalizadores químicos). Son células vivas biodegradables y tiene efecto de acelerar las reacciones químicas sin sufrir ningún cambio; funcionan agregando la molécula del sustrato (tal como una partícula de alimento o molécula de azúcar) a un sitio molecular específico, de manera que las fuerzas electrostáticas de los átomos cercanos reducen drásticamente la energía necesaria para unirse y reformar los enlaces químicos apropiados. Puesto que las moléculas de las enzimas son mucho más grandes que las de sus sustratos, su acción catalítica ocurre solamente en un pequeño punto activo de la enzima. El sustrato y la enzima coinciden en el punto activo como la cerradura y la llave. A esto se le atribuye la especificidad de la enzima por un sustrato en particular. Luego, el enlace

químico que mantiene unido el sustrato se debilita en el complejo activado del sustrato de la enzima y la molécula del sustrato se fragmenta en productos más pequeños.

3.7.2. Enzima PZ 22X

Producto en base a enzimas, en el cual se utiliza para estabilizar suelos plásticos-arcillosos. Las enzimas PZ-22X actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contienen partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las arcillas, es así como PZ22X incrementa notablemente el proceso humectante del agua y provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos, disminuyendo la relación de vacíos. La acción cohesiva de este proceso, produce una fuerte actividad cementante, formando finalmente un estrato resistente y permanente. Un suelo tratado con PZ22X que cuente con la suficiente cantidad de partículas finas cohesivas, es prácticamente no afectado por los cambios de humedad, debido a que la acción de enzimas genera que se aglutinen de forma que se disminuye parte de la relación de vacíos entre las mismas, lográndose con esto que el agua no penetre. Estos suelos tratados debido a que presentan una buena resistencia a los esfuerzos no se ven afectados por los ciclos de hielo y deshielo, descartando problemas de grietas o similares, sin embargo debido a la constante humedad a la que está expuesta la superficie de la carpeta en proceso de deshielo, es posible que se vea reblandecida en el primer centímetro de profundidad. El agua compromete lentamente la estabilidad del suelo tratado, es decir un camino construido con éste aditivo deberá controlar los drenajes o desagües para que no sufra inundaciones de su superficie, ya que esto producirá el ablandamiento de los sectores donde se acumule el agua. Ante lluvias persistentes un camino tratado con PZ-22X se ve comprometido el primer centímetro por lavado del producto.

3.7.3. Especificación del producto

- Producto comercial en nuestro medio: Zymplex PZ-22x
- Fabricante: World Wide Enzymes Inc.
- Especificación del fabricante:

La acción catalizadora de las enzimas incrementa el proceso humectante del agua. Esto provoca a la vez, una acción aglutinante sobre los materiales plástico-arcillosos y disminuye la relación de vacíos. Como resultado las partículas del terreno son densamente más compactadas.

3.7.4. Requerimientos mínimos

Los aditivos químicos requieren ciertos parámetros que deben cumplir los suelos y el agua a utilizarse en el proceso constructivo.

Cuadro 8: Requerimientos mínimos para el aditivo enzimático

Requerimiento	Resultado
%finos mayores al 18%	22.44%
IP (entre 6 y 15%)	9.12
PH agua (entre 5.5 a 8)	6.96

Fuente: Especificaciones Técnicas Zymplex PZ-22X-World Wyde Enzimes.

3.7.5. Dosificación recomendada

El proveedor de estos productos químicos recomienda usar la siguiente dosificación:

Cuadro 9: Dosificación para alto tráfico vehicular.

Producto químico	Dosificación
Enzimático	1litro/30m ³

Fuente: Especificaciones Técnicas Zymplex PZ-22X-World Wyde Enzimes.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL EXPERIMENTO

4.1 SECTORIZACIÓN

Para poder evaluar la aplicación íntima de los aditivos estabilizadores se buscará escenarios con iguales condiciones y así se podrá comparar su efectividad.

4.1.1. Criterios de selección

La influencia de la condición de las carreteras en los costos de operación de los vehículos es significativa. Estos costos son mínimos si las condiciones de circulación son óptimas que se asocian con una carretera bien conservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito. La presencia de deficiencias en la superficie, de pendientes o grados de curvaturas inadecuados, afectan estas condiciones. Por lo tanto los criterios de selección serán escogidos en base a la geometría, a la morfología y a la acción humana. Los factores que influyen en la conservación vial de una carretera son: La geometría de la carretera (Curvatura media horizontal e inclinación media), Acción del medio sobre la carretera (Las precipitaciones y la altitud) y la acción del tráfico sobre la carretera (Flujo vehicular).

4.1.2. Geometría de la carretera.

Según los niveles establecidos, en el "Safety at Road Geometry Standars in some European Countries", la inclinación y el grado de curvatura se pueden calcular con el procedimiento establecido por el Banco Mundial en su publicación "Estimating Vehicle Operating Cost" y otras publicaciones de la serie "Highway Design and Maintenance" (Manual del HDM III.)

4.1.2.1. Inclinación Media

Se define como el promedio de metros ascendidos y descendidos que un vehículo circulando por la carretera realiza a lo largo de un tramo analizado. Se expresa en porcentaje (%) (metros por kilómetro).

Un tramo de carretera se clasifica utilizando la inclinación media expresada en metros por kilometro (‰) como se muestra en la tabla siguiente:

Cuadro 10: Inclinación media y su calificación⁴²

Inclinación media (%)	Calificación
0 a 8	Llano
8 a 20	Ondulado
20 a 30	Accidentado
Mayor a 30	Montañoso

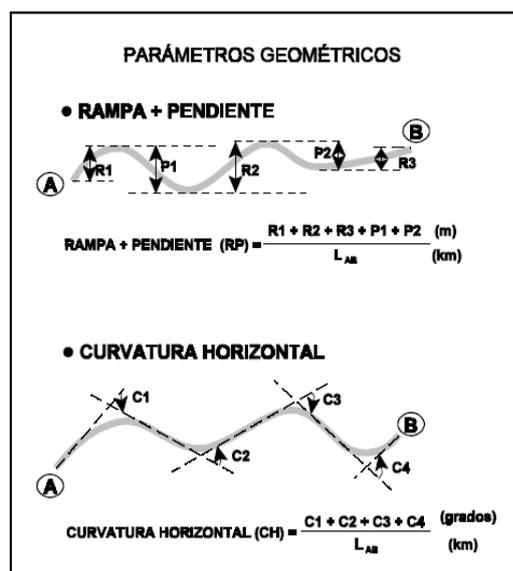
4.1.2.2. Curvatura

La curvatura horizontal analiza el trazado en planta y se define como el promedio de los ángulos entre alineaciones horizontales que un vehículo, circulando por la carretera, efectúa a lo largo de su recorrido. Se expresa en grados por kilómetro. Un tramo de carretera se clasifica utilizando la curvatura media expresada en grados por kilómetro como se muestra en la tabla siguiente:

Cuadro 11: Curvatura media y su calificación⁴³

Curvatura media (Grados/km)	Calificación
0 a 25	Rectilíneo
25 a 50	Normal
50 a 75	Regular
Mayor a 75	Sinuoso

Figura 12: Esquema del cálculo de los parámetros geométricos.⁴⁴



⁴²Ramón Crespo del Río. Medida de la geometría de carreteras. Pag. 8. España. Julio 1999. <http://www.aepo.es/aepo-oid/ausc/publ/geometria.pdf>.

⁴³Ramón Crespo del Río. Medida de la geometría de carreteras. Pag. 8. España. Julio 1999. <http://www.aepo.es/aepo-oid/ausc/publ/geometria.pdf>. Pag.8.

⁴⁴IBID. Pag.8.

4.1.3. Acción del medio sobre la carretera

El clima, las precipitaciones y la altitud, además del tráfico, son los principales factores que influyen frecuentemente en el deterioro de una carretera.

4.1.3.1. *Clima y Altitudes*

El clima y vegetación del área de influencia del proyecto varía con la altitud y la topografía. Según la clasificación del Dr. Carlos Nicholson, se localizan los siguientes tipos de climas:

- A) Clima Puna: Frio y seco con neblina durante la noche y primeras horas. Tiene un promedio anual de temperatura que oscila entre 5 y 10 C°. Sobre los 4000 msnm precipitación 600 a 1000 mm anuales. Presenta una flora como gramínea compuesta por ichu y vegetación: Maíz, trigo, cebada, papa, oca, caña de azúcar y frutales.
- B) Clima Valles Interandinos: Con temperatura que oscilan entre los 6 y 18°C y precipitaciones anuales debajo de los 4000 msnm que fluctúan entre los 250 - 1000mm al año. Presenta una vegetación compuesta por: arbustos, matorrales y arboles (molle, sauce, eucalipto).
Según el Dr. Javier Pulgar Vidal existen ocho regiones (Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna o Jalca, Janca, Rupa Rupa u Omagua) basándose en la existencia de pisos altitudinales o pisos ecológicos que son función del clima, flora y fauna.

4.1.3.2. *Precipitaciones*

De acuerdo a las características del terreno y del suelo, las lluvias generan la presencia de cursos de aguas, que producen impactos afectando su estabilidad, tanto de los terraplenes como en la superficie de rodadura.

4.1.4. Acción del tráfico vehicular

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el factor que impacta sobre su estructura y, en especial, sobre su superficie de rodadura. Aspectos como el número de vehículos que usarán la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, que influencia determinantemente sobre la decisión de elegir el tipo de superficie de rodadura y otras estructuras que deberá tener la carretera a lo largo de su periodo de vida útil.

4.1.5. Metodología aplicada

Para la pendiente media podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 12. Para la curvatura media también podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 13:

Cuadro 12: Criterio para pendiente o inclinación media.

Pendiente Media		
(%/kilómetro)	Calificación	Variable
De 0 a 8	Llano	P1
De 8 a 20	Ondulado	P2
De 20 a 30	Accidentado	P3
Mayor a 30	Montañoso	P4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro13: Criterio para curvatura media.

Curvatura Media		
(Grados/kilómetro)	Calificación	Variable
De 0 a 25	Rectilíneo	C1
De 25 a 50	Normal	C2
De 50 a 75	Regular	C3
Mayor a 75	Sinuoso	C4

Fuente: Elaboración propia.

Como punto de partida estableceremos la condición de elección de los sectores que tengan una curva por kilómetro; esto se debe al hecho de que para efectos de medición de la regularidad superficial (IRI) se buscarán sectores lo menos sinuosos de tal manera que no se distorsione la medida.

Las altitudes se agruparon en tramos teniendo en cuenta como cota base los 3000 msnm (debido a que los vehículos conforme ascienden a cotas mayores de 3000 comienzan a tener mayores exigencias operativas) y los pisos altitudinales; tal como se muestra en el cuadro N° 14:

Cuadro 14: Criterio de Altitudes.

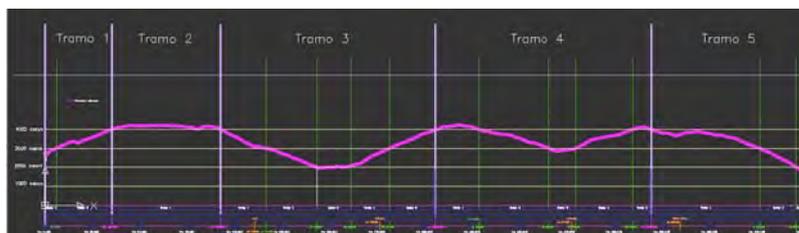
Altitudes		
Regiones	Alturas	Variable
Yunga	De 500 a 2000	H1
Quechua	De 2000 a 3000	H2
Suni	De 3000 a 4000	H3
Puna	Mayores a 4000	H4

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Procedimiento de elección.

Con ayuda de un perfil longitudinal que se elaboró se pudo hacer una gran sectorización, tomando en cuenta la altura de los 3000 msnm y los rangos de las altitudes consideradas.

Figura 13: Perfil longitudinal de la carretera en estudio.



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron 5 grandes tramos que se dividieron en subtramos en los siguientes rangos:

Cuadro 15: Sectorización para aplicación de aditivos químicos.

Sectorización			
Tramo	Subtramo	Km Inicio	Km Final
1	1	0+000	6+000
	2	6+000	35+000
2	1	35+000	92+000
3	1	92+000	116+000
	2	116+000	143+000
	3	143+000	161+000
	4	161+000	181+000
	5	181+000	205+000
4	1	205+000	228+000
	2	228+000	265+000
	3	265+000	279+000
	4	279+000	309+000
5	1	309+000	376+000
	2	376+000	395+000
	3	395+000	400+000

Fuente: Elaboración propia.

Se agruparon sectores de longitud de un kilómetro con sus respectivas pendientes medias, curvaturas medias y la cantidad de curvas por kilómetro. Luego se buscó los sectores que sólo tengan una curva. Estos se identificaron a lo largo de la carretera. (Cuadro N°16)

Cuadro 16: Sectorización resultante

Progresiva		Pendiente media (%/km)	Variable	Altitud media (m/km)	Variable	Curvatura media (%/km)	Variable
Km Inicial	Km Final						
03+000	04+000	35	P4	2893	H2	116	C4
38+000	39+000	20	P2	4101	H4	111	C4
41+000	42+000	26	P3	4168	H4	40	C2
43+000	44+000	5	P1	4194	H4	48	C2
44+000	45+000	5	P1	4199	H4	64	C3
47+000	48+000	21	P3	4192	H4	84	C4
52+000	53+000	21	P3	4186	H4	43	C2
54+000	55+000	9	P2	4206	H4	101	C4
55+000	56+000	5	P1	4213	H4	104	C4
56+000	57+000	10	P2	4210	H4	59	C3
57+000	58+000	15	P2	4213	H4	45	C2
58+000	59+000	17	P2	4212	H4	130	C4
59+000	60+000	27	P3	4217	H4	0	C1
63+000	64+000	5	P1	4213	H4	90	C4
89+000	90+000	12	P2	4112	H4	125	C4
141+000	142+000	50	P4	2065	H2	61	C3
145+000	146+000	15	P2	1973	H1	76	C4
146+000	147+000	25	P3	2013	H2	58	C3
157+000	158+000	1	P1	2024	H2	55	C3
159+000	160+000	20	P2	2045	H2	0	C1
160+000	161+000	45	P4	2078	H2	67	C3
161+000	162+000	30	P3	2115	H2	64	C3
218+000	219+000	30	P3	4230	H4	132	C4
219+000	220+000	10	P2	4210	H4	138	C4
220+000	221+000	15	P2	4198	H4	70	C3
223+000	224+000	30	P3	4140	H4	111	C4
225+000	226+000	30	P3	4080	H4	0	C1
229+000	230+000	25	P3	3948	H3	170	C4
230+000	231+000	30	P3	3920	H3	46	C2
232+000	233+000	5	P1	3893	H3	85	C4
233+000	234+000	30	P3	3875	H3	204	C4
234+000	235+000	10	P2	3855	H3	27	C2
237+000	238+000	20	P2	3795	H3	77	C4
250+000	251+000	40	P4	3485	H3	45	C2
270+000	271+000	20	P2	2855	H2	107	C4
285+000	286+000	60	P4	3345	H3	61	C3
286+000	287+000	40	P4	3395	H3	85	C4
287+000	288+000	60	P4	3445	H3	43	C2
288+000	289+000	10	P2	3480	H3	47	C2
297+000	298+000	15	P2	3654	H3	67	C3
361+000	362+000	10	P2	3556	H3	57	C3
362+000	363+000	15	P2	3544	H3	75	C3
388+000	389+000	40	P4	2381	H2	44	C2
389+000	390+000	55	P4	2334	H2	55	C3

Fuente: Elaboración propia

En cada subtramo se buscará las siguientes condiciones:

Cuadro 17: Sector mayor pendientes con mayor curvatura.

<i>Km Inicial</i>	<i>Km Final</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Curvatura</i>
03+000	04+000	P4	C4
47+000	48+000	P3	C4
141+000	142+000	P4	C3
160+000	161+000	P4	C3
161+000	162+000	P3	C3
218+000	219+000	P3	C4
223+000	224+000	P3	C4
286+000	287+000	P4	C4
389+000	390+000	P4	C3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18: Sector menor pendiente con menor curvatura.

<i>Km Inicial</i>	<i>Km Final</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Curvatura</i>
43+000	44+000	P1	C2
234+000	235+000	P2	C2
288+000	289+000	P2	C2

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19: Sector mayor pendiente con menor curvatura.

<i>Km Inicial</i>	<i>Km Final</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Curvatura</i>
59+000	60+000	P3	C1
225+000	226+000	P3	C1
250+000	251+000	P4	C2
287+000	289+000	P4	C2

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20: Sector mayor pendiente con menor curvatura.

<i>Km Inicial</i>	<i>Km Final</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Curvatura</i>
55+000	56+000	P1	C4
63+000	64+000	P1	C4
219+000	220+000	P2	C4
232+000	233+000	P1	C4
270+000	271+000	P2	C4
297+000	298+000	P2	C3

Fuente: Elaboración propia.

Las lluvias tienen origen orográfico con valores que fluctúan entre los 555 mm (a 2377) y los 658mm (a 3,650 msnm). No se evidencian grandes diferencias en las zonas alrededor de toda la carretera.

Cuadro 21: Precipitaciones máximas de acuerdo a la a altitud.

Rango Altitudes (msnm)	Precipitaciones Máximas mensuales (mm)
< 2400	Máx. 555
[2400,3650]	Máx. 658
>3650	>658

Fuente: Elaboración propia

De los 27 sectores resultantes se escogió el sector que tenga un escenario desfavorable:

- Precipitaciones acumuladas mensuales mayores a 658 mm.
- A más de 4000 msnm de altitud.
- Curvatura rectilínea ó normal para efectos de la medición del IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- Pendiente llana.

4.1.7.Resultados

Se escogió el siguiente sector con las siguientes características:

- Pendiente media (m/km): Llana
- Curvatura media (grado/km): Normal
- Altitud: mayor a los 4000 msnm
- Progresiva: Entre los kilómetros Km 38+976 a Km 40+000
- Ancho de calzada: 6 metros en promedio.

Figura 14: Ubicación geográfica sector de prueba para experimentación.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Figura 15: Ubicación del sector elegido



Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. Sectorización resultante

4.1.8.1. *Compatibilización en el campo:* Se localizó en campo la ubicación de los sectores de prueba entre las progresivas 40+426 y 38+926.

4.1.8.2. *Ubicación geográfica de los sectores:* La ubicación del inicio y final de los sectores de prueba son:

4.2 ESCENARIO EXPERIMENTAL

Se dividió todo el tramo de prueba en tres sectores de 400 metros con las siguientes características:

Cuadro 22: Características de los sectores de Prueba.

<i>Características de los sectores de Prueba</i>			
	<i>Leyenda</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Ancho promedio (m)</i>
Sector A	Sin aditivo	400	6
Sector B	Cloruro de calcio		
Sector C	Producto enzimático		

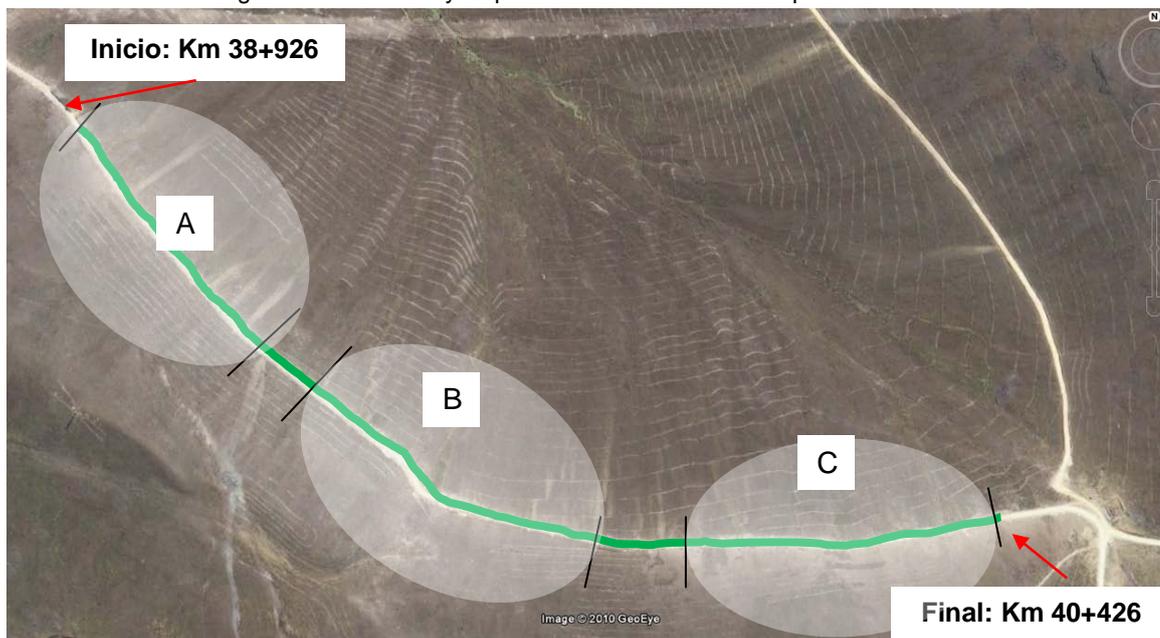
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23: Ubicación de los sectores de prueba

<i>Coordenadas UTM Tramo de Prueba</i>		
<i>Item</i>	<i>NORTE</i>	<i>ESTE</i>
Inicio	8524443.57	586436.21
Final	8523895.53	587706.18

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Ubicación y disposición de los sectores de prueba.



Fuente: Elaboración Propia

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES

La estabilización de suelos se hará bajo el esquema de hacer una reposición con aporte de material en las zonas identificadas como sectores de prueba.

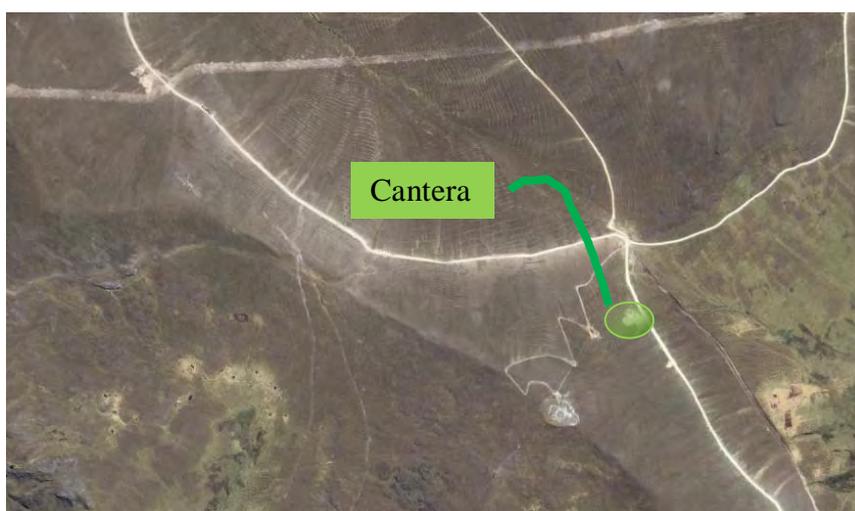
El tramo de prueba tiene un promedio de 6 metros de ancho con lugares donde llegan a 8 metros aproximadamente. El estado superficial que se encuentra la carpeta de rodadura es regular teniéndose el problema de levantamiento de polvo cuando pasan vehículos de carga pesada de gran tonelaje que pasan por la zona de prueba. Las cunetas están 100% limpias, siendo indispensable limpiarlas así como también las alcantarillas existentes. La temperatura en época de estiaje a partir de las 9am hasta las 3pm se acentúa y después de esa hora hay ocurrencias de vientos y la disminución de temperatura gradualmente. En época de invierno las temperaturas disminuyen y las precipitaciones son más constantes.

4.4 ESTUDIO DE CANTERAS

4.4.1. Ubicación

Ubicada a la altura del Km 40+700 de la carretera ruta nacional 3S Ayacucho – Andahuaylas – Puente Sahuinto; a una distancia de 900 metros en el lado derecho de la carretera.

Figura 17: Ubicación de la cantera



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18: Vista general cantera



Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Potencia

Esta cantera tiene una potencia de 10000 m³ aproximadamente con un rendimiento del 70%.

4.4.3. Requerimientos

El material que se extrae de la cantera debe cumplir de acuerdo a la norma técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC- EG-200) con los siguientes requerimientos:

- Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas:

Cuadro 24: Husos granulométricos AASHTO M-147

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	A-1	A-2
50 mm (2")	100	---
37.5 mm (1½")	100	---
25 mm (1")	90 - 100	100
19 mm (¾")	65 - 100	80 – 100
9.5 mm (3/8")	45 - 80	65 – 100
4.75 mm (N° 4)	30 - 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	22 - 52	33 – 67
4.25 um (N° 40)	15 - 35	20 – 45
75 um (N° 200)	5 – 20	5 – 20

Fuente: Norma MTC EG-200

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad : 4 - 9 (MTC E 111)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena : 20% mín. (MTC E 114)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

Ensayos de laboratorio

Se extrajo muestra de la cantera y se enviaron para ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos LEMSAC S.A., ubicado en la ciudad de Huamanga. Se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad (MTC E-108/ASTM D-2216)
- Límite de Consistencia (MTC E-110 y MTC E-111/ASTM D-4318)
- Granulometría (MTC E-107/ASTM D-422)
- Próctor Modificado
- California Bearing Ratio CBR
- Ensayo de durabilidad
- Ensayo de equivalente de arena

4.4.4. Resultados

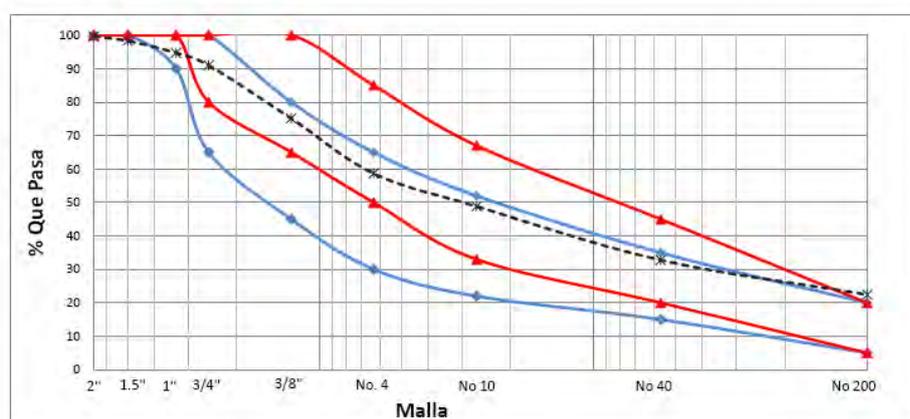
Granulometría

Cuadro 25: Resultados de granulometría de cantera

Malla	% Pasa
2"	99.66
1.5"	98.29
1"	94.75
3/4"	90.99
3/8"	75.14
No 4	58.67
No 10	48.83
No 40	32.78
No 200	22.44

Fuente: Resultados Laboratorio LEMSAC. Elaboración propia.

Figura19: Gráfico de curva granulométrica del suelo de la cantera.



Fuente: Elaboración propia

- Desgaste de los Ángeles: OK ($16\% < 50\%$)
- Límite Líquido: OK ($32.59\% < 35\%$)
- Índice de Plasticidad: NO CUMPLE ($4 < 9.12 < 9$)
- CBR: OK ($52\% > 40\%$)
- Equivalente de Arena: OK ($34\% > 20\%$)

Otros resultados:

- El suelo es una grava arcillosa con arena.
- La humedad óptima es de 12.44%
- La densidad máxima seca es de 1.884 gr/cm³

CAPÍTULO V: PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1. PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO

5.1.1. Ubicación

La cantera está ubicada a la altura del Km 47+700 a una distancia de acarreo de 900 metros. Tiene una potencia de 10,000 metros cúbicos con una eficiencia del 70%. El acceso se mejoró con el material de over propio del mismo zarandeo.

5.1.2. Equipos

Para la producción de afirmado se emplearon los siguientes equipos:

Dos retroexcavadoras, una de capacidad en el cucharón de 0.31 m³ y lampón de 1.24 m³ y la otra con capacidad de 0.25 m³ de cucharón y de lampón de 1 m³.

Para el transporte de material de afirmado se emplearon:

Dos volquetes de capacidad de 15 metros cúbicos cada uno.

5.1.3. Instalación de zaranda

Se uso una zaranda mecánica que fue fabricada de varillas de acero dispuestas de tal forma que sólo pasen las partículas menores a 2 pulgadas. Se evaluó la disposición en campo de las zonas donde se iba a depositar el over y el material procesado. Como un alcance de campo y después de varias pruebas se pudo establecer como ángulo de inclinación de la zaranda de 55 grados para la adecuada caída del material. Se usaron parantes de madera para elevar el nivel de la zaranda y poder lograr esa inclinación. En la siguiente imagen se muestra la disposición que se logró en la zaranda.

Figura 20: Acondicionamiento de zonas de material para over y material procesado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Acondicionamiento de zonas de material para over y material procesado



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Vista de disposición de zaranda.



Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Proceso de zarandeo

Con el equipo dispuesto en obra se hicieron trabajos mixtos en cantera. Una retroexcavadora afloja el material del banco y luego se desplaza para zarandear el material y la otra retroexcavadora lleva el material y carga a los volquetes.

5.1.5. Transporte de material de afirmado

El material de afirmado ya procesado es transportado por cada volquete y dispuesto en obra en un lado del carril. El proceso duró 5 días. Se tuvo bastante cuidado en la seguridad del material acopiado en la plataforma de la carretera.

5.2. FUENTES DE AGUAS

5.2.1. Ubicación

Se identificaron 3 fuentes de agua cerca a la zona de prueba que se ubican en las siguientes progresivas:

Cuadro 26: Ubicación de las fuentes de agua (FA).

Km	Código
35+050	FA1
30+950	FA2
24+600	FA2

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Análisis de laboratorio

Cuadro 27: Resumen de *resultados del laboratorio de las F.A.*

Resultados		
Km	Código	PH
35+050	FA1	6.96
30+950	FA2	7.12
24+600	FA2	7.03

Fuente: Resultados Laboratorio LEMSAC.

Ver Anexo I. Pag. 128

OBRA: Proyecto Ayahuaylas
MUESTRA: Agua
DEPARTAMENTO: Ayacucho
PROVINCIA: Huamanga
Distrito: Ayacucho
Fecha de recolección: 04 de Agosto 2009
Laboratorio: LEMSAC SRL.
Fecha de entrega: 05 de Agosto 2009

5.3. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR SIN ADITIVO

5.3.1. Requerimientos para la estabilización

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de agua necesaria para el perfilado con aporte de material se debe contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar dicha información.

- Volumen del suelo (m³)=L*A*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho

- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)

5.3.2. Preparación del terreno

El proceso de estabilización se hará con material de préstamo de la cantera. Para la compactación se tomará en cuenta como espesor máximo de 15 cm y mínimo de 7.5 cm, esto se debe a que a mayor de 15 centímetros se debe construir en dos estratos para lograr una adecuada compactación. La superficie existente se humedeció previamente antes del perfilado con aporte de material.

5.3.3. Preparación de la dosificación de agua

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento (Fuente de agua usado km 35+050).

Cuadro 28: Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

<i>Datos de Campo y Laboratorio</i>	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00
espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m ³)	285.71
Volumen suelo compactado (m ³)	240.00
MDD* (kg/m ³)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.00
<i>Agua para humedad optima</i>	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
(galones)	2723.71

Fuente: Elaboración propia

5.3.4. Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%

5.3.5. Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el

ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia. Se humedeció el sector sin aditivo, luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo. Para tener mejores resultados se tuvo previsto realizar un cálculo del caudal de la cisterna que se uso para el mezclado del material.

Cuadro 29: Cubicación de la cisterna usada para cálculo del caudal de agua.

CUBICACIÓN DE CISTERNA		
Área	2.4268	m ²
	24268	cm ²
L	570	Cm
Volumen	13832760	cm ³
Volumen	13832.76	Litros
Volumen	3106.432232	Galones

Fuente: Elaboración propia

A una velocidad de 10 KMH se hizo el recorrido en pendiente positiva y los resultados son los siguientes:

Cuadro 30: Cálculo del gasto de la cisterna usada en el proceso de estabilización.

CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA		
Día Prueba	12 de	Agosto 2009
Hora Prueba	04:10	Pm
Vc	10	km/h
T	2220	Segundos
D	6500	Metros
A	2.52	Metros
Q	1.4	gal/seg
	5.3	Litros/segundos

Fuente: Elaboración propia

Leyenda

- L: Longitud de la cisterna
 Vc: Velocidad de cisterna constante
 T: Tiempo que demora en descargar el agua a la Vc = constante
 D: Distancia lineal que descarga la cisterna el agua
 a: Ancho efectivo de regado
 Q: Caudal de descarga

5.3.6. Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2%. Luego se procede a perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

5.3.7. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procede a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores. Sólo es necesario 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplanan hasta lograr una apariencia uniforme y sellada.

5.4. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR CON CLORURO DE CALCIO

5.4.1. Requerimientos para la aplicación de los aditivos

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de aditivo es necesario contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- Volumen del suelo (m³)=L*A*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)
- Dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear.

5.4.2. Preparación de la dosificación del aditivo

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usarán la siguiente dosificación siguiente:

Cuadro 31: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico.

<i>Producto químico</i>	<i>Dosificación</i>
ClCa ₂	*4 Kg/ m ²

Fuente: QUIMPAC SA.

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

Cuadro 32: Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. – Cloruro de Calcio.

<i>Fuente de Agua usada en el Km:</i>	24+600
Requerimiento	
%finos mayores al 18% *	22.44%
IP* (entre 4 y 10)	9.12
PH** agua (entre 5.5 a 8)	7.03
Dosis Recomendada	
Tráfico Pesado (kg/m2)	4
Primera aplicación (75%) kg/m2	3
Segunda aplicación (25%) Kg/m2	1
Datos de Campo y Laboratorio	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00
espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m3)	285.71
Volumen suelo compactado (m3)	240.00
MDD* (kg/m3)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.00
Agua para humedad optima	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
Cantidad de aditivo (litros)	7200.00
(galones)	1902.25
agua (litros)	7200.00
Agua a agregar (litros)	3109.25
Agua total a usar (litros)	10309.25
(galones)	2723.71
Agua para la segundo aplicación	
Cantidad de aditivo (litros)	2400.00
(galones)	634.08

Fuente: Elaboración Propia

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. Se realizó este procedimiento usando todo el equipo de protección personal tal como establece la Hoja de Seguridad del producto.

5.4.3. Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%.

5.4.4. Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un

correcto ángulo de incidencia. De acuerdo a la cantidad de material se podrá hacer en dos fases, primero mezclando y esparciendo que servirá como base para la segunda mezcla. Se humedeció, luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

5.4.5. Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2% para después perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

5.4.6. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procede a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Optimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores sólo es necesario de 2 a 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplana hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. En climas cálidos puede que se necesite humedecer un poco la superficie.

5.4.7. Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante se dosificará con el 75% del líquido al suelo y luego con el 25% restante se procederá a echar en forma de sello con ayuda de la cisterna.

5.4.8. Proceso de Curado

En caso del estabilizador del cloruro de calcio la apertura al tránsito es inmediata y no necesita curarse.

5.5. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR CON LA ENZIMA PZ22X

5.5.1. Requerimientos para la aplicación de los aditivos

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de aditivo es necesario contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- Volumen del suelo (m³)=L*A*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho

- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)
- Dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear.

5.5.2. Preparación de la dosificación del aditivo

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usarán la siguiente dosificación:

Cuadro 33: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico – Enzimático PZ22X.

Producto químico	Dosificación
Enzimático	1litro/30m ³

Fuente: Especificaciones técnicas PZ 22X.

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

Para el aditivo enzimático:

Cuadro 34: Calculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. – Enzima PZ22X..

<i>Fuente de Agua usada en el Km:</i>	35+050
Requerimiento	
%finos mayores al 18% *	22.44%
IP* (entre 6 y 15%)	9.12
PH** agua (entre 5.5 a 8)	6.96
Datos de Campo y Laboratorio	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00
espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m ³)	285.71
Volumen suelo compactado (m ³)	240.00
MDD* (kg/m ³)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.00
Agua para humedad optima	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
Cantidad de aditivo (litros)	8.00
(galones)	2.11
agua (litros)	8000.00
Agua a agregar (litros)	2301.25
Agua total a usar (litros)	10309.25
(galones)	2723.71

Fuente: Elaboración propia

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. No presentó ningún problema para la manipulación debido a que el líquido es biodegradable.

5.5.3. Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante indica que en el caso del producto enzimático, se dosificará con el 100% del líquido al suelo. Solo se pasará un ligero regado con agua a la superficie después de terminado.

5.5.4. Proceso de Curado

La carretera tratada con el estabilizador enzimático, se curará normalmente de 48 a 72 horas. En climas secos la carretera puede abrirse inmediatamente al tráfico. Las condiciones lluviosas o de alta humedad pueden aumentar el tiempo de secado y hacer necesario el mantener la vía cerrada.

5.5.5. Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%

5.5.6. Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia. De acuerdo a la cantidad de material se podrá hacer en dos fases, primero mezclando y esparciendo que servirá como base para la segunda mezcla. Se humedeció luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

5.5.7. Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2%. Luego se procede a perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

5.5.8. Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procede a compactar, se tiene que tener en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de

humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores, sólo es necesario de 2 a 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplana hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. En climas cálidos puede que se necesite humedecer un poco la superficie.

5.5.9. Proceso de Curado

La carretera tratada con el estabilizador enzimático, se curará normalmente de 48 a 72 horas. En climas secos la carretera puede abrirse inmediatamente al tráfico. Las condiciones lluviosas o de alta humedad pueden aumentar el tiempo de secado y hacer necesario el mantener la vía cerrada.

5.6. COSTOS

5.6.1. Carta balance

Es una herramienta estadística que nos permite describir detallada y formalmente el proceso de una operación constructiva, esto nos ayuda a analizar la metodología aplicada y poder optimizar la cantidad de recurso humano. También con la utilización de esta herramienta se obtiene información para el análisis de los rendimientos.

5.6.2. Procesos analizados

Para la obtención de los rendimientos de los procesos que conforman para la estabilización se efectuó el análisis de la carta balance en los siguientes procesos: Aflojar material y zarandeo, carguío a volquetes, transporte de material de afirmado a obra, transporte de agua, Perfilado con aporte de material. (Ver anexo N°2)

5.6.3. Análisis de resultados

La actividad de aflojar material representa el 17% de todo el proceso de zarandeo y afloje de material, siendo el desplazamiento con y sin material las mayores actividades que llevan la mayor parte del tiempo hacerlas. El zarandeo propiamente dicho representa una pequeña fracción de todo el proceso de producción de afirmado, solo un 7% del total. El carguío a los volquetes por la otra retroexcavadora usa el 7% del ciclo de esta actividad mientras que el 30% del tiempo lo hace para desplazarse sin material. Los volquetes se demoran un 46% del tiempo en transportar el material y el desplazamiento ya descargado

consume el 37% del tiempo en realizar dicho desplazamiento. La cisterna se demora un 20% en transportar el agua y en descargarla usa el 46% del tiempo del ciclo. En el trabajo de perfilado y conformación la motoniveladora consume el 40% del tiempo, usando el 20% del ciclo para la limpieza de cunetas.

5.6.4. Análisis de Precios Unitarios

En base a las cartas balances que se obtuvieron se consiguió los rendimientos para las siguientes actividades:

Cuadro 35: Cuadro de rendimientos.

Actividad	*Rendimientos	Und
1. Aflojar material	268	m3/d
2. Zarandeo	459	m3/d
3. Carguío al volquete	689	m3/d
4. Transporte de material de afirmado a obra	185	m3/d
5. Limpieza de cuentas de tierra con equipo	2800	m2/d
6. Tendido de material puesto a obra	4685	m2/d
7. Riegos, Mezclado y homogenizado de material con aditivo	2811	m2/d
8. Riegos, Mezclado y homogenizado de material sin aditivo	5020	m2/d
9. Conformación de plataforma con aditivo	2636	m2/d
10. Conformación de plataforma sin aditivo	3012	m2/d
11 Perfilado y Compactación con aditivo	2811	m2/d
12 Perfilado y Compactación sin aditivo	5020	m2/d
13. Curado y sello superficial de material	13281	m2/d

Fuente: Elaboración propia

* Rendimientos obtenidos en campo.

Se hizo el respectivo análisis de precios unitarios de las siguientes partidas: (Ver anexo N°2)

- Estabilización sin aplicación de aditivo.
- Estabilización con cloruro de calcio.
- Estabilización con enzimas.
- Material de afirmado puesto en obra.

5.6.5. Resumen de precios unitarios de la estatibilización de los sectores de prueba

Cuadro 36: Precios unitarios del proceso de estabilización.

Aditivo	Estabilización (S./m2)	Material Afirmado (S./m3)
Sin aditivo	2.99	2.64
Zymplex 22x	6.75	
Cloruro de Calcio	11.15	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA

6.1. DEFINICIONES

Para poder evaluar la eficiencia económica, nos vamos a basar en dos parámetros o índices de desempeño para poder comparar las aplicaciones de los aditivos químicos estabilizadores con un sector patrón sin tratamiento alguno. Estos parámetros son:

- El índice de rugosidad internacional
- El índice de la condición de vía no pavimentada

6.2. ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

6.2.1. Definición

Es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento que representa la diferencia entre un perfil longitudinal teórico y uno real en el instante de la medida. El perfil real es aquel perfil de una carretera recién construida que tiene un IRI >0 (en estado cero) y que en estado de servicio debido al paso del tránsito, va elevando dicho valor representando mayores irregularidades. Se determina mediante cálculos matemáticos realizado con las cotas de una línea de perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo.

6.2.2. Ventajas

El IRI es un modelo matemático cuyo resultado no depende del método y utilización de equipos en la medición de un perfil.

Se debe tener buena confiabilidad en las técnicas o equipos y de la frecuencia del muestreo. La precisión de los equipos es un amplio tema de discusión para la medición de la rugosidad. La longitud mínima para los sitios de prueba es de 320 metros y puede ser calculado para cualquier longitud de camino. La relación que existe entre la variación de la rugosidad en el camino y su longitud es promediada.

6.2.3. Equipo de rugosidad Merlin

6.2.3.1. Equipo

El equipo Merlin fue desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), este consiste en un

bastidor metálico de 1.80 m. con una rueda de bicicleta en el frente, un pie de apoyo en la parte posterior y un apoyo intermedio que se deja descansar sobre la superficie del pavimento y sirve para medir la diferencia entre la línea imaginaria que une la rueda de la bicicleta con el apoyo posterior.

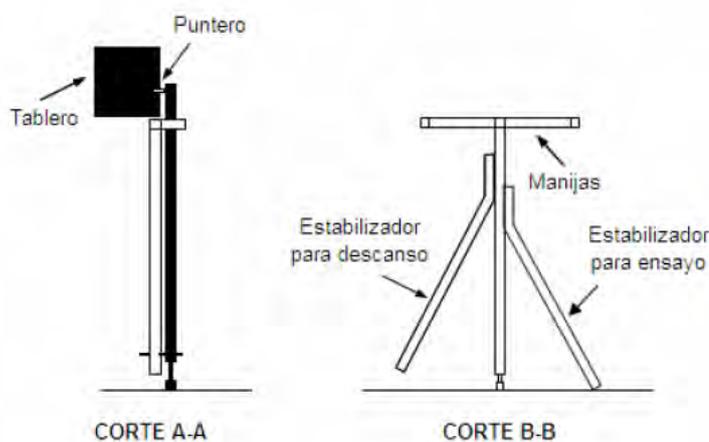
6.2.3.2. Proceso de medición

Este procedimiento de medición se hará para muestras de 400 metros de longitud el cual se presenta a continuación:

Se estacará el inicio y el fin de la vía. Se colocarán conos de seguridad por carril a medir de la vía para la seguridad del personal.

En todo momento el instrumento debe reposar sobre el camino apoyado sobre 3 puntos fijos no variables: La rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición del puntero del equipo nos va a marcar lecturas que van de 1 a 50. La medición es continua y se recomienda ir a 2 km/hora.

Figura 23: Esquema del equipo Merlin



Se estaciona el equipo en la estaca inicial esperando que el puntero se estabilice y luego realizaremos la lectura de acuerdo a la escala del tablero que es anotada por el auxiliar, luego siguiendo las huellas exteriores del tráfico por un carril de la vía. El operador tomará las manijas del equipo y avanzará hasta completar una vuelta de la rueda; se puede colocar una marca en la llanta para que el operador pueda distinguir la vuelta completa de la llanta de tal manera que aseguremos que se cumplan los 2 metros de intervalos por medición.

Este proceso se repetirá 200 veces y luego se medirá de la misma manera en el otro carril. Para la medición de la rugosidad se utilizarán el panel de divisiones que consta de 50 divisiones el cual va a servir para medir los 200 datos.

La división 25 debe ser tal que debe corresponder a la posición central del puntero cuando coincide con la cuerda promedio, de tal forma si las dispersiones son bajas es decir si las medidas son iguales o cercanas a 25 entonces podemos decir que existe una baja rugosidad, caso contrario sería si el puntero se aleja de la posición central muchas veces (dispersiones altas) entonces intuitivamente nos da a entender que el perfil tiene muchas inflexiones o irregularidades.

6.2.3.3. Ecuaciones de Correlaciones

La TRRL desarrolló una correlación a través de una simulación computarizada de diferentes perfiles topográficos de secciones de ensayo usadas para el ensayo del IRRE (International Road Roughness Experiment) con auspicio del Banco Mundial realizado el 1982 en Brasil. En este ensayo se pudo obtener una correlación de la rugosidad entre las unidades MERLIN y la rugosidad en unidades IRI. El proceso fue de simular computacionalmente la operación del MERLIN en cada sección para los cuales se cuenta con la rugosidad en unidades IRI y en unidades BI (Bump Integrator) por tanto con esa base de datos se pudo correlacionar mediante una regresión lineal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D \quad (1) \text{ donde,}$$

IRI: Índice de Rugosidad Internacional, m/km

D: Rugosidad en unidades MERLIN, mm

Esta ecuación de correlación dada por el TRRL está basada en base a mediciones de rugosidad para 27 secciones de ensayo (8 en pavimentos asfálticos, 5 en tratamientos superficiales, 7 en superficies de grava y 7 sobre superficies de tierra). Los resultados de las rugosidades en escala IRI varían de 2.44 y 15.91 m/km y en unidades MERLIN varían de 41.5 y 332.4 mm.

Estos resultados nos muestran que los valores del IRI son altos por tanto la base de datos a la cual se analizó es de pavimentos con deformaciones avanzadas, evidenciando así la falta de mediciones para pavimentos nuevos o recién construidos. Entonces la correlación para el equipo MERLIN desarrollada por la TRRL fue pensado para la evaluación de rugosidad en pavimentos muy deteriorados para el cálculo de los costos de operación de los vehículos en países de tercer mundo. La principal limitación de ésta ecuación es que solo se puede aplicar a pavimentos de rugosidad mínima de 2.4 mm/km. Dado que el modelo matemático no considera rangos de rugosidad menores a 2.4 los pavimentos poco deformados o recién construidos no se podrán caracterizar.

En la década pasada el ingeniero peruano Pablo del Águila pudo experimentar en diferentes evaluaciones de rugosidad con el equipo Merlín durante 4 años, siendo así que los primeros pavimentos evaluados con la ecuación de correlación del TRRL incumplían con la especificación técnica para pavimentos asfálticos nuevos, establecida por el Proyecto Especial para la Rehabilitación de la Infraestructura del Transporte (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), donde nos indica que el IRI característico del tramo no debe ser mayor a 2 m/km.

Podemos concluir que existen dos ecuaciones de correlación para el IRI.

Ecuación I. Desarrollado por la TRRL (para valores D mayores a 50 mm)

Cuando $2.4 < \text{IRI} < 15.9$, entonces: $\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D$

Ecuación II. Desarrollado por el Ingeniero Pablo del Águila.

Cuando $\text{IRI} < 2.4$, entonces (para valores D menores a 50 mm): $\text{IRI} = 0.0485 D$

6.3. ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA (ICVNP)

El Índice de la condición de la vía no pavimentada es un índice numérico basado en una escala que varía de 0 (cero) a 100 (cien). Indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación.

Esta escala y la clasificación asociada a ella se presentan en la figura 20. Se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía. El

método, en ensayos de campo, ha demostrado su eficacia para la determinación de las necesidades de mantenimiento de la infraestructura rural no pavimentada, así como la priorización posterior de las alternativas que mas ajusten a las limitaciones de orden económico-operacional.

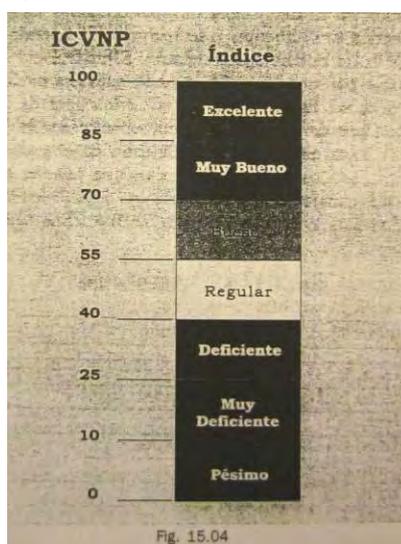
Las medidas de los defectos se usan para calcular el Índice de la Condición de la Vía No Pavimentada (ICVNP) y se basan en valores deductibles. Un valor deducible es un número de 0 a 100, donde 0 significa que el defecto no tiene impacto en la condición de la vía y 100 significa que la vía está completamente comprometida por el defecto.

Para calcular este índice se siguen los siguientes pasos:

- Calcular la densidad para cada tipo de defecto como: Sección transversal impropia, drenaje inadecuado, ondulaciones, baches, surcos de rueda y pérdida de agregados.
- $Densidad = Cantidad\ de\ defectos \times K \times 100 / \text{Área de la Unidad Simple}$
- Utilizando las curvas de deducción de valores, se buscan valores deductibles para cada tipo de defectos y el nivel de gravedad. Ver figura 22
- Se encuentra el Valor deducible Final (VDF) y el valor de q. El VDF es la suma de todos los valores deductibles, mientras que “q” es el número de valores individuales de Valores Deducibles mayores a 5. Ver figura 23.

En la presente investigación solo se tomó en cuenta el defecto de baches.

Figura 24: Cuadro de Escala del ICVNP.



Fuente: Dalcio Pickler Baesso, Fernando Luiz R. Goncalves. Caminos Rurales. Técnicas Adecuadas de Mantenimiento. Marzo 2003. Florianópolis. Brasil. Pag. 167.

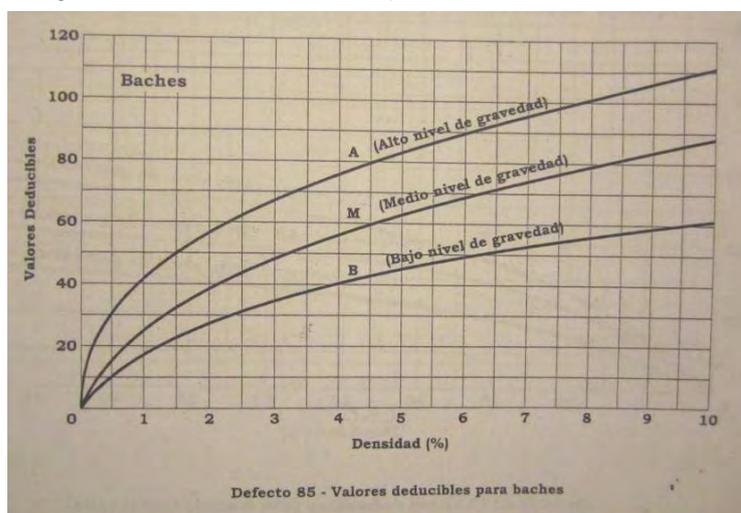
Figura 25: Valor de K para los diferentes tipos de defecto.

TABLA 15 B Valores para K

tipo de Defecto	valor de K
81 - Sección Transversal Impropia	3,281
82 - Drenaje Inadecuado	3,281

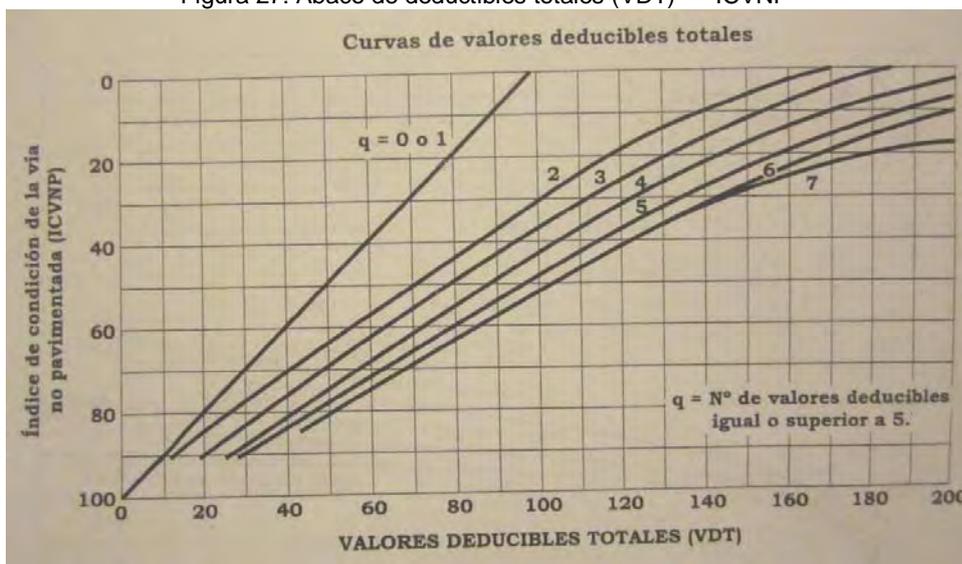
Fuente: Dalcio Pickler Baesso, Fernando Luiz R. Goncalves. Caminos Rurales. Técnicas Adecuadas de Mantenimiento. Marzo 2003. Florianópolis. Brasil. Pag. 169.

Figura 26: Abaco de densidades para baches – Valor Deductible



Fuente: Dalcio Pickler Baesso, Fernando Luiz R. Goncalves. Caminos Rurales. Técnicas Adecuadas de Mantenimiento. Marzo 2003. Florianópolis. Brasil. Pag. 186.

Figura 27: Abaco de deductibles totales (VDT) – ICVNP



Fuente: Dalcio Pickler Baesso, Fernando Luiz R. Goncalves. Caminos Rurales. Técnicas Adecuadas de Mantenimiento. Marzo 2003. Florianópolis. Brasil. Pag. 188.

6.4. SISTEMA DE MONITOREO SIN ADITIVO

6.4.1. Frecuencia de medición IRI

Se programó 04 mediciones para la rugosidad, se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

- Fecha: Del 14 al 16 de Setiembre del 2009

Cuadro 37: Resultados del primer monitoreo IRI- Sector sin aditivo

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
A	DERECHO	5.222	4.644	4.486
A	DERECHO	3.995		
A	DERECHO	4.714		
A	IZQUIERDO	4.832	4.328	
A	IZQUIERDO	3.792		
A	IZQUIERDO	4.361		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Octubre del 2009

Cuadro 38: Resultados del segundo monitoreo

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
A	DERECHO	5.342	5.709	5.801
A	DERECHO	5.892		
A	DERECHO	5.892		
A	IZQUIERDO	5.892	5.892	
A	IZQUIERDO	5.868		
A	IZQUIERDO	5.915		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2009

Cuadro 39: Resultados del segundo monitoreo.

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
A	DERECHO	6.206	6.358	6.076
A	DERECHO	6.033		
A	DERECHO	6.834		
A	IZQUIERDO	5.362	5.794	
A	IZQUIERDO	6.010		
A	IZQUIERDO	6.010		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2009

Cuadro 40: Resultados del cuarto monitoreo.

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
A	DERECHO	6.610	6.655	6.501
A	DERECHO	6.481		
A	DERECHO	6.873		
A	IZQUIERDO	6.422	6.346	
A	IZQUIERDO	6.559		
A	IZQUIERDO	6.057		

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Medición de ICVNP

Para el sector sin aditivo la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Se tomó como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 41: Criterios de Medición - Fallas

CRITERIO DE MEDICIÓN				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30-70	Mayor a 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

Fuente: Elaboración propia

Área :	<i>Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.</i>
	B: Bajo M: Moderado A: Alto
Severidad:	<i>Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes.</i>
	B: Bajo M: Moderado A: Alto

6.4.2.1. Primer Monitoreo

- Sector A (Sin aditivo)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

6.4.2.2. Segundo Monitoreo

- Sector A (Sin aditivo)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

6.4.2.3. Tercer Monitoreo

- Sector A (Sin aditivo): Presencia de 206 baches donde lo más frecuente que se encuentra son de diámetro promedio de 20 cm y profundidad promedio de 2 cm.

Cuadro 42: Tercer monitoreo – Sector A (sin aditivo).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Sector A - Tercer monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	0.07	0.30	0.00	0.37	18.5%	81.5%	0.0%
2	0.04	0.77	0.00	0.80	4.4%	95.6%	0.0%
3	0.07	0.00	0.00	0.07	100.0%	0.0%	0.0%
4	0.76	0.00	0.00	0.76	100.0%	0.0%	0.0%
5	1.35	0.00	0.00	1.35	100.0%	0.0%	0.0%
6	0.57	2.22	0.00	2.80	20.5%	79.5%	0.0%
7	0.41	2.03	0.00	2.44	16.9%	83.1%	0.0%
8	0.24	2.22	0.00	2.46	9.7%	90.3%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Total: 58.47

Cuadro 43: Tercer monitoreo – Sector A (sin aditivo).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
300	M	10.76	1.32981826	1	25	3	82	MUY BUENO
300	M	10.76	2.8785958	3	49	3	70	MUY BUENO
300	B	10.76	0.25362077	0	3	3	90	MUY BUENO
300	B	10.76	2.72557793	3	35	3	80	MUY BUENO
300	B	10.76	4.85345623	5	43	3	78	MUY BUENO
300	M	10.76	10.0292926	10	78	3	52	REGULAR
300	M	10.76	8.74371712	9	82	3	48	REGULAR
300	M	10.76	8.8369932	9	82	3	48	BUENO

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.4. Cuarto Monitoreo

Sector A (Sin aditivo): Presencia de 488 baches donde lo más frecuente que se encuentra son de diámetro promedio de 50 cm y profundidad promedio de 4 cm. Los últimos 50 metros en este sector tiene una alta severidad.

Cuadro 44: Cuarto monitoreo – Sector A (sin aditivo).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	1.51	5.27	0.93	7.70	19.6%	68.4%	12.0%
2	1.40	6.05	0.77	8.21	17.0%	73.6%	9.4%
3	0.39	3.40	0.39	4.17	9.3%	81.5%	9.2%
4	0.06	7.80	1.02	8.89	0.7%	87.8%	11.5%
5	0.06	9.54	0.89	10.49	0.6%	90.9%	8.5%
6	0.65	8.10	0.77	9.51	6.8%	85.1%	8.1%
7	0.28	3.74	0.64	4.66	6.1%	80.3%	13.7%
8	0.03	3.16	1.64	4.84	0.6%	65.4%	33.9%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 45: Cuarto monitoreo – Sector A (sin aditivo).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
300	M	10.764	27.634776	28	88	8	60	BUENO
300	M	10.764	29.46875631	29	88	8	60	BUENO
300	M	10.764	14.951196	15	88	8	80	BUENO
300	M	10.764	31.88943084	32	88	8	80	BUENO
300	M	10.764	37.64915863	38	88	8	80	BUENO
300	M	10.764	34.12636607	34	88	8	60	BUENO
300	M	10.764	16.71783608	17	88	8	60	BUENO
300	M	10.764	17.35696043	17	88	8	60	BUENO

Fuente: Elaboración propia

6.5. SISTEMA DE MONITOREO CON CLORURO DE CALCIO

6.5.1. Frecuencia de medición IRI

Se programó las siguientes mediciones para la rugosidad:

Frecuencia de Mediciones.

- Fecha: Del 14 al 16 de Setiembre del 2009
- Fecha: Del 16 al 17 de Octubre del 2009
- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2009
- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2009

Se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

- Fecha: Del 14 al 16 de Setiembre del 2009

Cuadro 46: Resultados del primer monitoreo - IRI
(Sector B-Cloruro de Calcio).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
B	DERECHO	5.362	4.728	4.252
B	DERECHO	4.283		
B	DERECHO	4.538		
B	IZQUIERDO	3.861	3.776	
B	IZQUIERDO	3.912		
B	IZQUIERDO	3.555		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Octubre del 2009

Cuadro 47: Resultados del segundo monitoreo-IRI
(Sector B-Cloruro de Calcio).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
B	DERECHO	6.127	6.101	6.026
B	DERECHO	6.481		
B	DERECHO	5.696		
B	IZQUIERDO	5.774	5.951	
B	IZQUIERDO	5.715		
B	IZQUIERDO	6.363		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2009

Cuadro 48: Resultados del tercer monitoreo - IRI
(Sector B-Cloruro de Calcio).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
B	DERECHO	6.229	7.11	6.667
B	DERECHO	7.128		
B	DERECHO	7.972		
B	IZQUIERDO	6.598	6.223	
B	IZQUIERDO	5.803		
B	IZQUIERDO	6.269		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2009

Cuadro 49: Resultados del cuarto monitoreo - IRI
(Sector B-Cloruro de Calcio).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
B	DERECHO	9.660	9.312	9.29
B	DERECHO	9.212		
B	DERECHO	9.065		
B	IZQUIERDO	9.071	9.267	
B	IZQUIERDO	9.307		
B	IZQUIERDO	9.424		

Fuente: Elaboración propia

6.5.2. Medición de ICVNP

Para el sector con cloruro de calcio la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Tomando como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 50: Criterios de Medición – Fallas – Cloruro de Calcio

CRITERIO DE MEDICIÓN				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30-70	Mayor a 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

Fuente: Elaboración propia

Área:	<i>Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.</i>
	B: Bajo M: Moderado A: Alto
Severidad:	<i>Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes.</i>
	B: Bajo M: Moderado A: Alto

6.5.2.1. Primer Monitoreo

- Sector B (Cloruro de calcio)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

6.5.2.2. Segundo Monitoreo

- Sector B (Cloruro de calcio)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

6.5.2.3. Tercer Monitoreo

- Sector B (Cloruro de calcio)

- Presencia de 429 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 30 cm y profundidad de 3 cm en promedio.

Cuadro 51: Tercer monitoreo – Sector B (cloruro de calcio).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Sector B - Tercer monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
t 1	0.60	5.76	0.79	7.15	8%	81%	11%
2	1.58	2.20	0.00	3.78	42%	58%	0%
3	0.78	2.05	0.00	2.83	27%	73%	0%
4	1.44	3.03	0.00	4.47	32%	68%	0%
5	0.83	4.26	0.00	5.09	16%	84%	0%
6	1.34	3.22	0.00	4.57	29%	71%	0%
7	1.43	3.17	0.00	4.60	31%	69%	0%
e 8	0.51	1.99	1.02	3.52	15%	56%	29%

Fuente: Elaboración propia

Total: 36.00

Cuadro 52: Tercer monitoreo – Sector B (cloruro de calcio).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	ÍNDICE
300	M	10.764	25.6382423	26	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	13.5596938	14	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	10.1473672	10	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	16.0448956	16	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	18.2530872	18	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	16.3810841	16	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	16.5174757	17	78	8	40	REGULAR
300	M	10.764	12.6263694	13	78	8	40	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.4. Cuarto Monitoreo

- Sector B (Cloruro de calcio)
- Presencia de 487 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 50 cm y profundidad de 5 cm en promedio. En el primero y último 50 metros presenta estado de alta severidad.

Cuadro 53: Cuarto monitoreo – Sector B (Cloruro de Calcio).
ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Sector B - Cuarto monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	0.99	2.41	0.93	4.32	22.8%	55.8%	21.4%
2	0.99	3.61	0.00	4.60	21.4%	78.6%	0.0%
3	0.88	4.30	0.77	5.94	14.7%	72.3%	13.0%
4	0.34	4.24	0.38	4.97	6.9%	85.3%	7.8%
5	0.22	6.73	1.02	7.97	2.8%	84.4%	12.8%
6	0.06	10.39	1.77	12.23	0.5%	85.0%	14.5%
7	0.39	5.95	0.77	7.11	5.5%	83.6%	10.8%
8	0.57	9.05	2.28	11.90	4.8%	76.1%	19.1%
Total:				59.04			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 54: Cuarto monitoreo – Sector B (Cloruro de Calcio).
ICVNP-INDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	ÍNDICE
300	M	10.764	15.51003759	16	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	16.50366743	17	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	21.32528016	21	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	17.81516863	18	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	28.59940578	29	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	43.88400269	44	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	25.51734977	26	88	8	40	REGULAR
300	M	10.764	42.68381282	43	88	8	40	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

6.6. SISTEMA DE MONITOREO CON LA ENZIMA PZ22X

6.6.1. Frecuencia de medición IRI

Se programó las siguientes mediciones para la rugosidad:

Frecuencia de Mediciones.

- Fecha: Del 14 al 16 de Setiembre del 2009
- Fecha: Del 16 al 17 de Octubre del 2009
- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2009
- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2009

Se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

- Fecha: Del 14 al 16 de Setiembre del 2009

Cuadro 55: Resultados del primer monitoreo- IRI
(Sector C-Enzima PZ 22X).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
C	DERECHO	4.283	4.243	4.039
C	DERECHO	3.792		
C	DERECHO	4.655		
C	IZQUIERDO	3.991	3.834	
C	IZQUIERDO	3.490		
C	IZQUIERDO	4.021		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Octubre del 2009

Cuadro 56: Resultados del segundo monitoreo- IRI
(Sector C-Enzima PZ 22X).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
C	DERECHO	5.146	5.277	5.254
C	DERECHO	5.303		
C	DERECHO	5.3815		
C	IZQUIERDO	5.205	5.231	
C	IZQUIERDO	5.421		
C	IZQUIERDO	5.068		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2009

Cuadro 57: Resultados del tercer monitoreo- IRI
(Sector C- Enzima PZ 22X).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
C	DERECHO	6.677	6.376	5.663
C	DERECHO	6.127		
C	DERECHO	6.323		
C	IZQUIERDO	4.832	4.95	
C	IZQUIERDO	5.009		
C	IZQUIERDO	5.009		

Fuente: Elaboración propia

- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2009

Cuadro 58: Resultados del cuarto monitoreo- IRI
(Sector C- Enzima PZ 22X).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
C	DERECHO	7.187	7.285	7.256
C	DERECHO	7.109		
C	DERECHO	7.560		
C	IZQUIERDO	7.069	7.226	
C	IZQUIERDO	7.030		
C	IZQUIERDO	7.580		

Fuente: Elaboración propia

6.6.2. Medición de ICVNP

Para el sector con la enzima PZ22X la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Tomando como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial. Se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 59: Criterios de Medición – Fallas – Enzima PZ22X.

CRITERIO DE MEDICIÓN				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30-70	Mayor a 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

Fuente: Elaboración propia

Área :	<p><i>Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.</i></p> <p>B: Bajo M: Moderado A: Alto</p>
Severidad:	<p><i>Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes.</i></p> <p>B: Bajo M: Moderado A: Alto</p>

6.6.2.1. Primer Monitoreo

- Sector C (Enzimático)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

6.6.2.2. Segundo Monitoreo

- Sector C (Enzimático)
- Presentó 2 baches de 50 cm de diámetro aproximadamente con profundidad de 2 cm, cerca al borde izquierdo, en los últimos 50 metros del sector.

6.6.2.3. Tercer Monitoreo

- Sector C (Enzimático)
- Presencia 420 baches. En su mayoría con diámetro promedio de 28 cm y profundidad de 3 cm. Su estado es de severidad moderada.

Cuadro 60: Tercer monitoreo – Sector C (Enzimático).

Sector C - Tercer monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	1.15	2.77	0.00	3.92	29%	71%	0%
2	1.52	4.83	0.00	6.34	24%	76%	0%
3	1.06	2.05	0.00	3.11	34%	66%	0%
4	1.04	3.95	0.00	4.99	21%	79%	0%
5	1.01	4.08	0.00	5.08	20%	80%	0%
6	1.55	0.82	0.00	2.36	65%	35%	0%
7	1.98	0.26	0.00	2.24	88%	12%	0%
8	1.10	0.07	0.00	1.18	94%	6%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Total: 29.22

Cuadro 61: Tercer monitoreo – Sector C (Enzimático)
ICVNP. INDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
300	M	10.764	14.05735415	14	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	22.76500076	23	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	11.15677789	11	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	17.89181847	18	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	18.23730632	18	88	7	40	REGULAR
300	B	10.764	8.4765699	8	55	7	80	MUY BUENO
300	B	10.764	8.038369561	8	55	7	80	MUY BUENO
300	B	10.764	4.216093132	4	40	7	80	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

6.6.2.4. Cuarto Monitoreo

- Sector C (Enzimático)
- Presencia 590 baches. En su mayoría con diámetro promedio de 38 cm y profundidad de 4 cm. Su estado es de severidad moderada.

Cuadro 62: Cuarto monitoreo– Sector C (Enzimático).

Sector C - Cuarto monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	0.38	5.95	0.00	6.32	6%	94%	0%
2	0.60	8.83	1.77	11.20	5%	79%	16%
3	0.19	7.64	0.00	7.83	2%	98%	0%
4	0.32	11.14	0.77	12.23	3%	91%	6%
5	0.29	9.83	0.38	10.50	3%	94%	4%
6	0.42	4.73	0.38	5.54	8%	85%	7%
7	1.24	3.03	0.00	4.27	29%	71%	0%
8	0.86	6.37	0.00	7.23	12%	88%	0%

Fuente: Elaboración propia

Total: 65.13

Cuadro 63: Cuarto monitoreo– Sector C (Enzimático)
ICVNP (INDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Área(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
300	M	10.764	22.6920143	23	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	40.1918478	40	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	28.0955458	28	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	43.8834391	44	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	37.6838201	38	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	19.8599157	20	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	15.3158768	15	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	25.9468143	26	88	8	58	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

6.7. ANÁLISIS COMPARATIVO

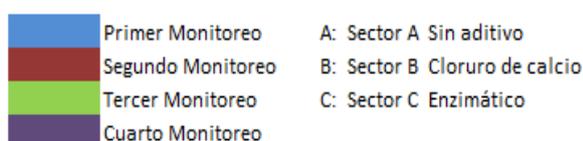
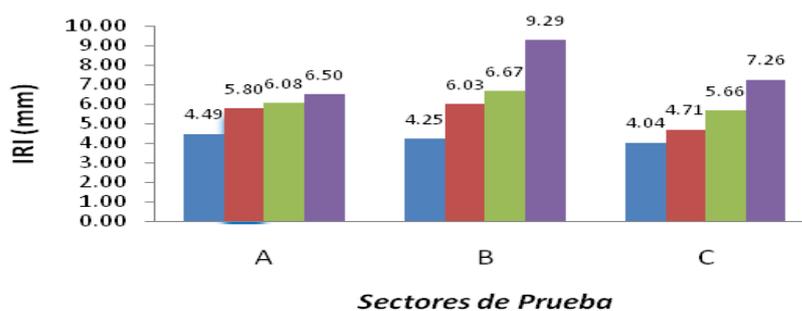
6.7.1. De la rugosidad (IRI)

Cuadro 64: Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba.

SECTOR	1era Medición IRI	2da Medición IRI	3era Medición IRI	4ta Medición IRI
A	4.49	5.80	6.08	6.50
B	4.25	6.03	6.67	9.29
C	4.04	4.71	5.66	7.26

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Progreso del deterioro por sector de prueba.

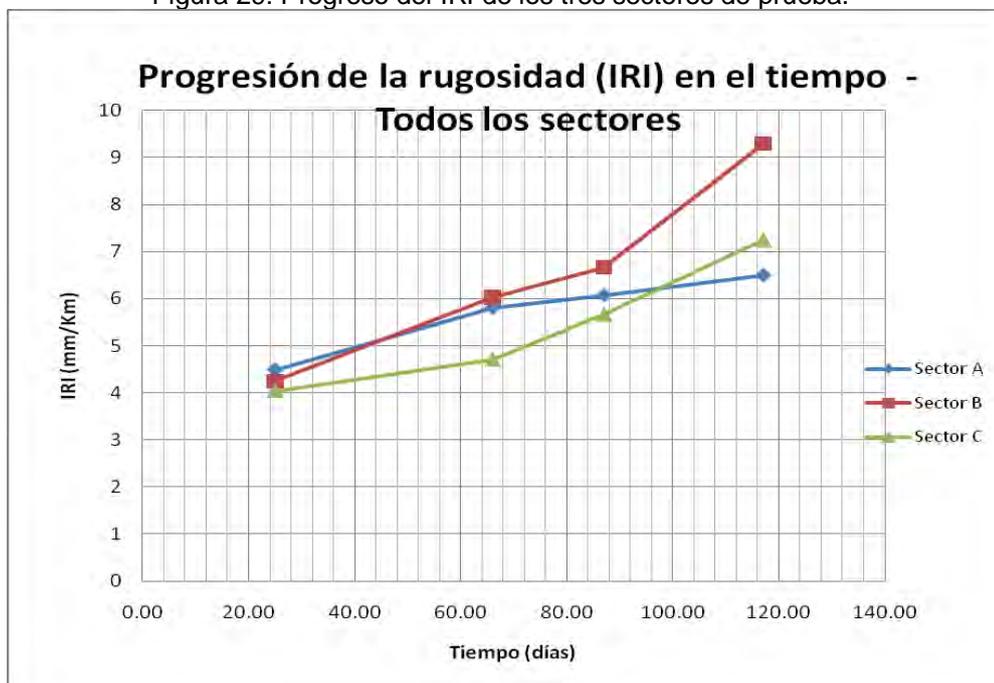


Fuente: Elaboración propia.

6.7.2. Progresión de la rugosidad con respecto al sector patrón.

El siguiente gráfico muestra como está progresivamente aumentando la rugosidad a medida que pasa el tiempo.

Figura 29: Progreso del IRI de los tres sectores de prueba.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 65: Datos del IRI de acuerdo a los monitoreos realizados.

Fecha Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)		
		A	B	C
16/09/2009	25.00	4.486	4.247	4.039
17/10/2009	66.00	5.801	6.026	4.710
17/11/2009	87.00	6.076	6.667	5.663
15/12/2009	117.00	6.501	9.290	7.256

Fuente: Elaboración propia

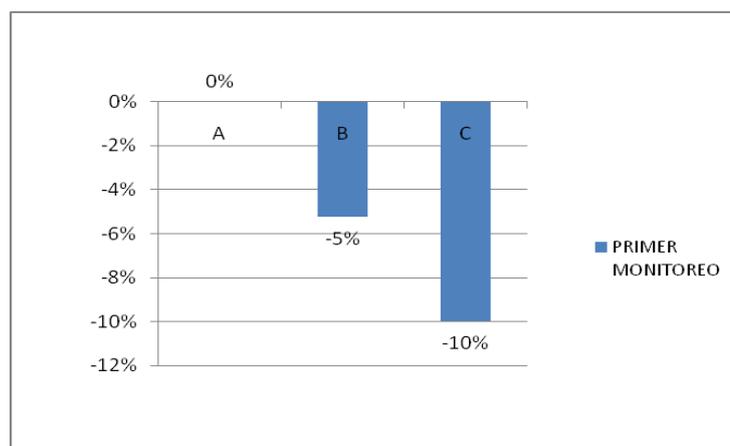
Los presentes gráficos muestran, con respecto a la primera medida del sector patrón (pivote), como es el progreso (en %) del deterioro en cada uno de los sectores donde se aplicaron los aditivos.

Cuadro 66: Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.

SECTOR	IRI		
	A	B	C
PRIMER MONITOREO	0%	-5%	-10%
SEGUNDO MONITOREO	29%	34%	5%
TERCER MONITOREO	35%	49%	36%
CUARTO MONITOREO	45%	107%	62%

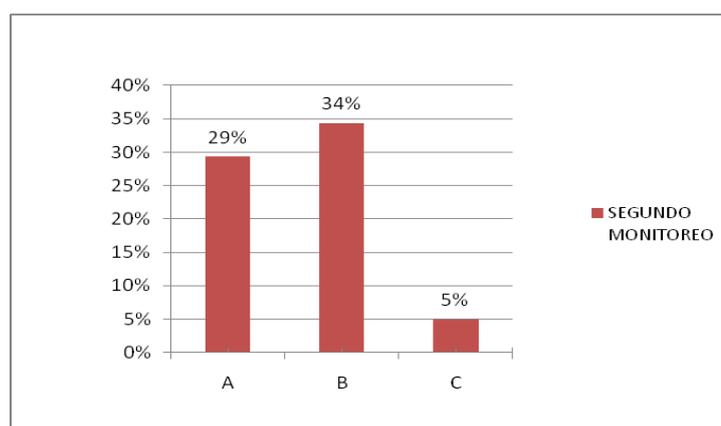
Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Variación del IRI en el primer monitoreo.



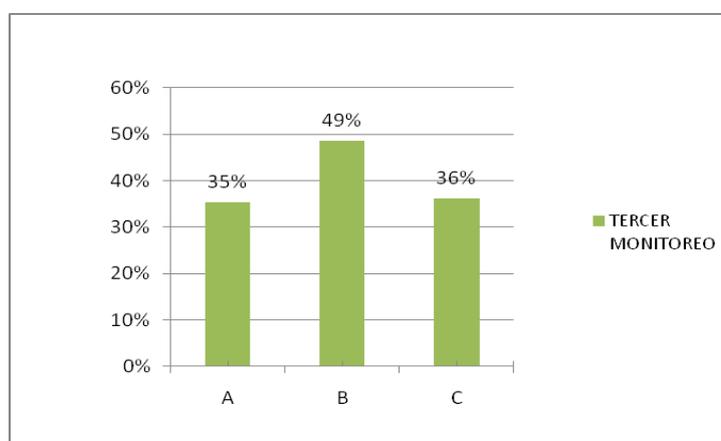
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Variación del IRI en el segundo monitoreo.



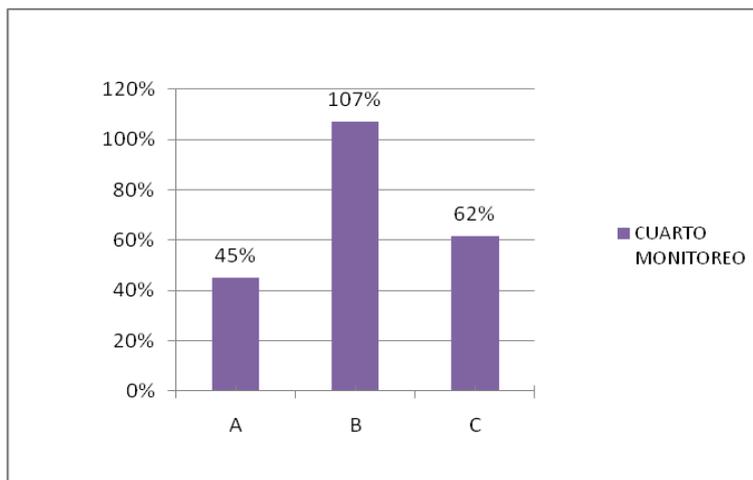
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Variación del IRI en el tercer monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Variación del IRI en el cuarto monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Leyenda

- A Sector sin aditivo
- B Sector con Cloruro de Calcio
- C Sector con aditivo enzimático

Con los datos obtenidos de los cuatro monitoreos se hizo una regresión no lineal de la rugosidad en función del tiempo. La mejor función que cumple dicha tendencia es una función exponencial.

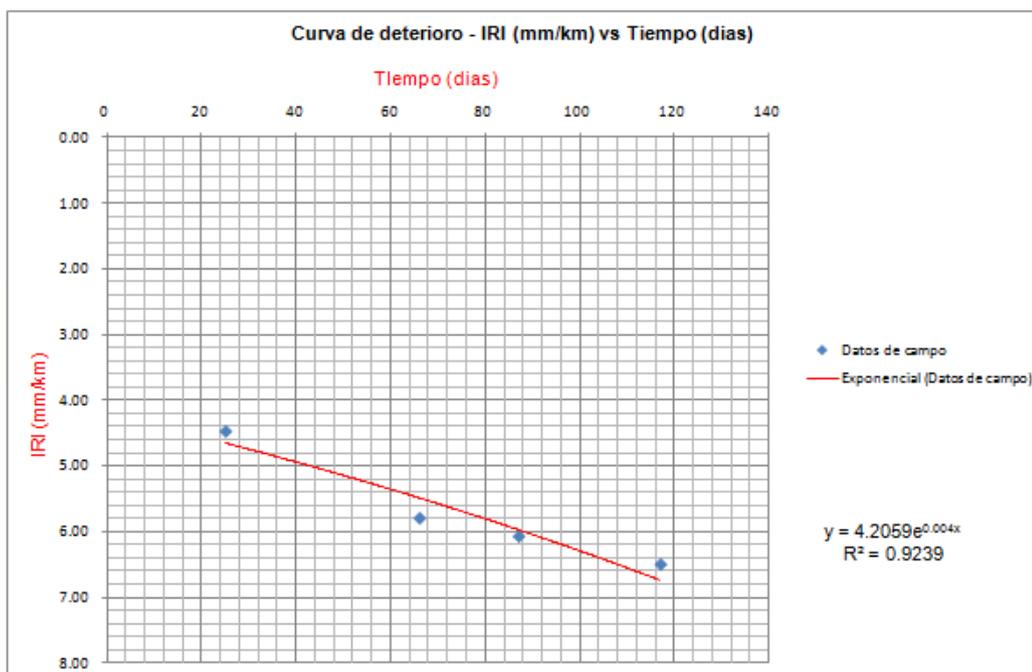
6.7.2.1. Progresión de rugosidad del Sector A

Cuadro 67: Datos del IRI en el sector A.

Sector A		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)
22/08/2009	Experimento	
14/09/2009	25	4.49
17/10/2009	66	5.80
17/11/2009	87	6.08
15/12/2009	117	6.50

Elaboración propia.

Figura 34: Curva de deterioro para el sector A.



Fuente: Elaboración propia.

De la regresión no lineal tenemos:

Ecuación: $4.2059e^{0.004x}$ (1)

$R^2 = 0.9239$

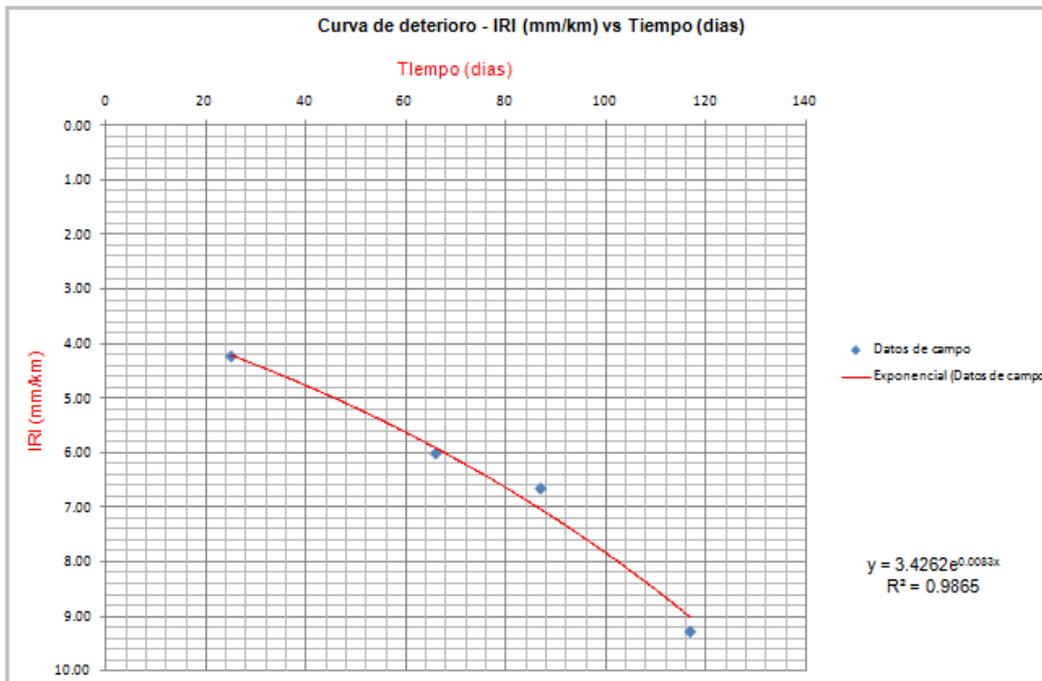
6.7.2.2. Progresión de rugosidad del Sector B

Cuadro 68: Datos del IRI en el sector B

Sector B		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)
22/08/2009	Experimento	
14/09/2009	25	4.25
17/10/2009	66	6.03
17/11/2009	87	6.67
15/12/2009	117	9.29

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Curva de deterioro para el sector B.



Fuente: Elaboración propia.

De la regresión no lineal tenemos:

Ecuación: $3.4262e^{0.0083x}$ (2)

$R^2 = 0.9865$

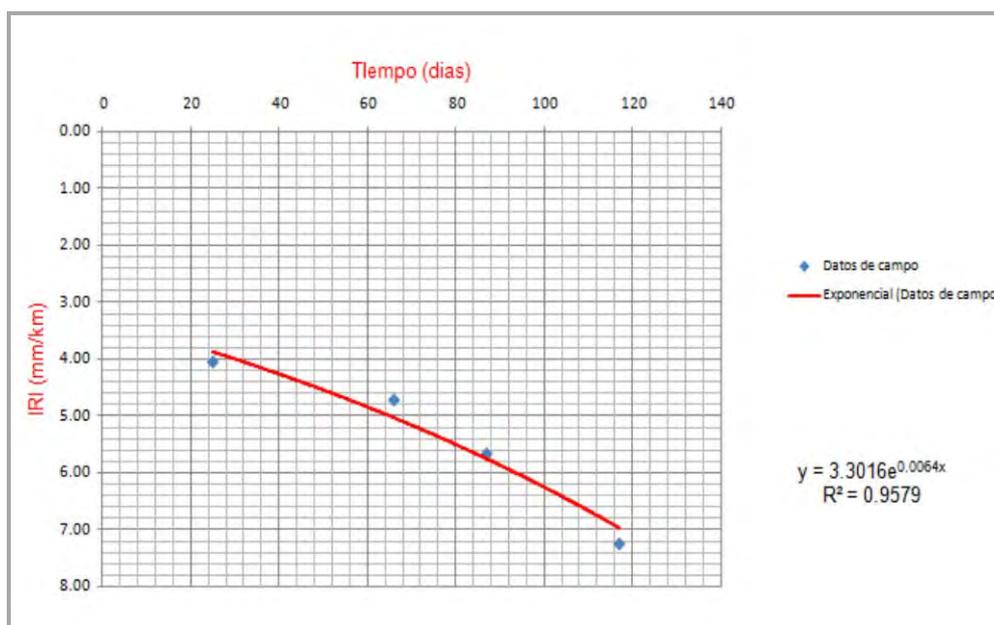
6.7.2.3. Progresión de rugosidad del Sector C

Cuadro 69: Datos del IRI en el sector C

Sector C		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)
22/08/2009	Experimento	
14/09/2009	25	4.04
17/10/2009	66	4.71
17/11/2009	87	5.66
15/12/2009	117	7.26

Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Curva de deterioro para el sector C.



Fuente: Elaboración propia.

De la regresión no lineal tenemos:

Ecuación: $3.3016e^{0.0064x}$ (3)
 $R^2 = 0.9579$

6.7.3. Tiempo de recurrencia

Para poder estimar el tiempo de recurrencia de mantenimiento en los sectores de prueba, nos basaremos en la escala de rugosidad IRI propuesta por el Banco Mundial (consideración que adapta el manual de conservación de carreteras para vías de bajo volumen de tránsito). El Banco Mundial considera que a partir de un IRI igual a 8 un camino sin pavimentar presenta irregularidades. También considera que con IRI de más de 10, la carretera se le considera como una vía sin conservación. Por tanto consideraremos que a partir de un IRI igual a 8 los sectores de prueba necesitan intervención. De las ecuaciones (1), (2) y (3) se igualan a 8 obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 70: Tiempo de recurrencia en cada sector.

Sector	Tiempo de recurrencia (meses)
A	5.4
B	3.4
C	4.6

Fuente: Elaboración propia

6.7.4. Coeficiente de Eficiencia

Para poder definir un coeficiente que nos indique que sector es el más eficaz en el tiempo; estableceremos de manera cualitativa, mediante una matriz multicriterio. Esquematizaremos de la siguiente manera dichos criterios.

Cuadro 71: Esquema de la matriz multicriterio a usar

Alternativas	Tiempo de recurrencia (meses)	P.U. (soles/m ²)
Sector A		
Sector B		
Sector C		

Fuente: Elaboración propia

Podemos establecer lo siguiente: “A menos costo por metro cuadrado y con mayor tiempo de recurrencia, el sector con o sin aditivo es más eficaz”

Por tanto para establecer el coeficiente de eficiencia debemos de obtener el mayor cociente debido a que queremos ver cuál es el sector más eficaz.

El coeficiente de eficiencia se expresaría de la siguiente forma:

$$C.E = \text{Tiempo de recurrencia} / P.U.$$

Cuadro 72: Coeficientes de eficiencia en cada sector.

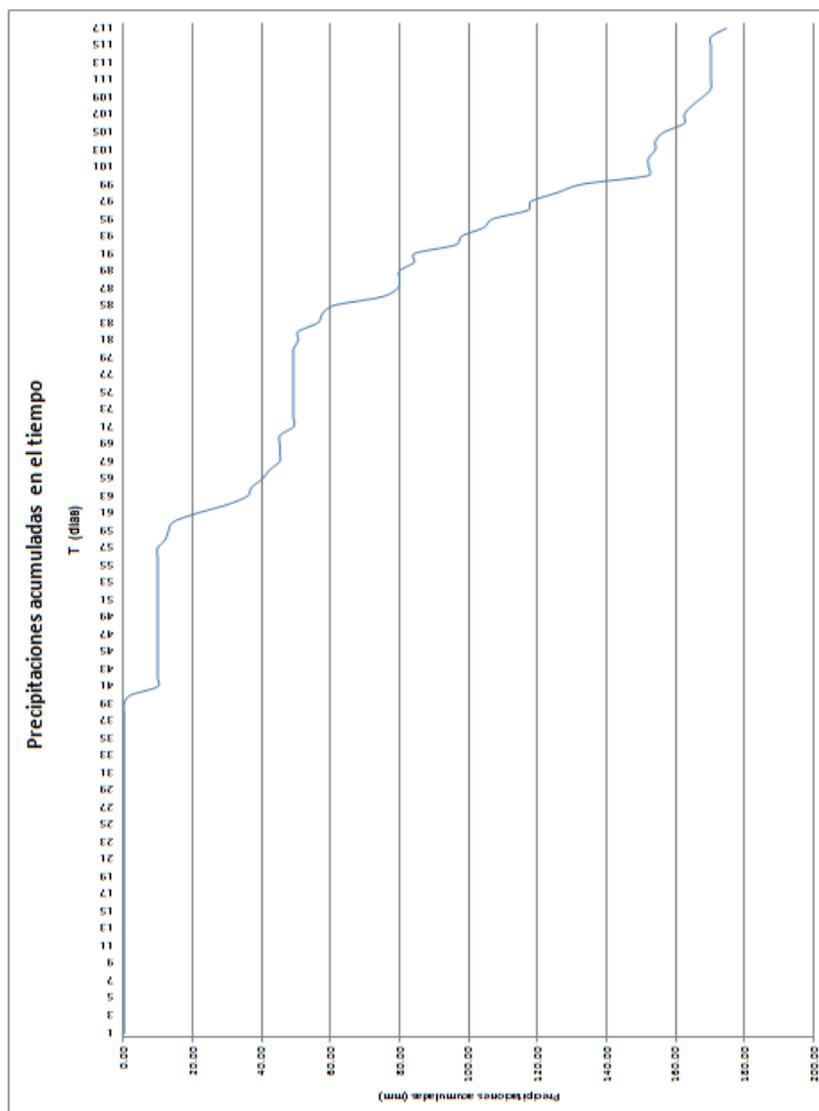
Coeficiente de eficiencia estabilización			
Sector	Tiempo de recurrencia (meses)	Precio Unitario (Soles/m ²)	Coeficiente de eficiencia (recurrencia/costo)
A	5.4	2.99	1.81
B	3.4	6.75	0.50
C	4.6	11.15	0.41

Fuente: Elaboración propia

6.7.5. Precipitaciones durante el monitoreo

Las precipitaciones acumuladas con respecto al tiempo desde el inicio de la aplicación de las pruebas a los sectores elegidos hasta el término del sistema de monitoreo están representadas en el siguiente gráfico:

Figura 37: Precipitaciones acumuladas desde el inicio de aplicación de las pruebas.



Fuente: Estación Chiara. Red Hidrometeorológica. Gobierno Regional de Ayacucho. Agosto-Noviembre 2009.

6.7.5.1. Progreso del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas

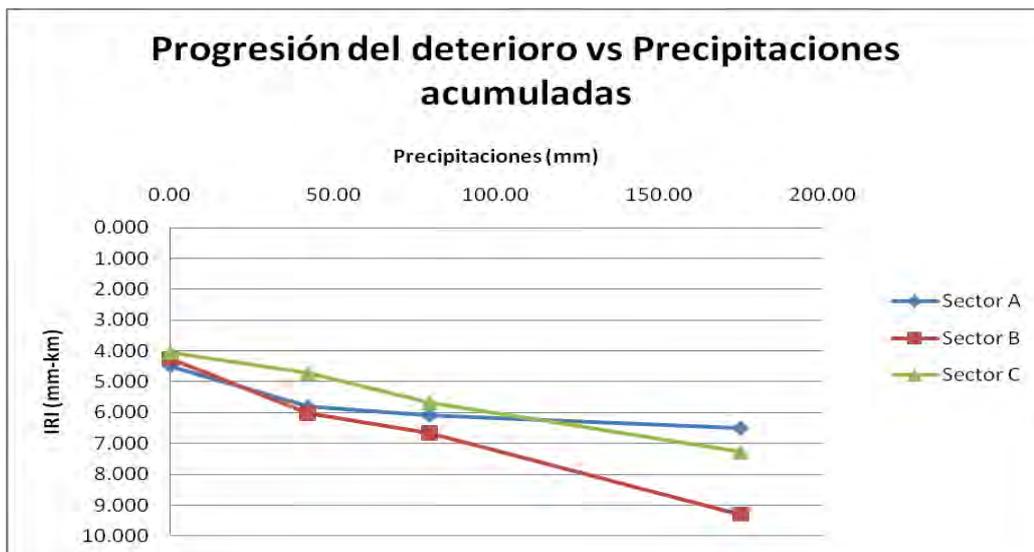
Las precipitaciones acumuladas en el tiempo de acuerdo a los registros de precipitaciones diarias se relacionaron con la medición de la rugosidad a lo largo de la experimentación.

Cuadro 73: Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI.

Días	PP. acum	Sec.A	Sec.B	Sec.C
25	0.00	4.486	4.247	4.039
66	42.20	5.801	6.026	4.710
87	79.50	6.076	6.667	5.663
117	174.90	6.501	9.290	7.256

Fuente: Elaboración propia

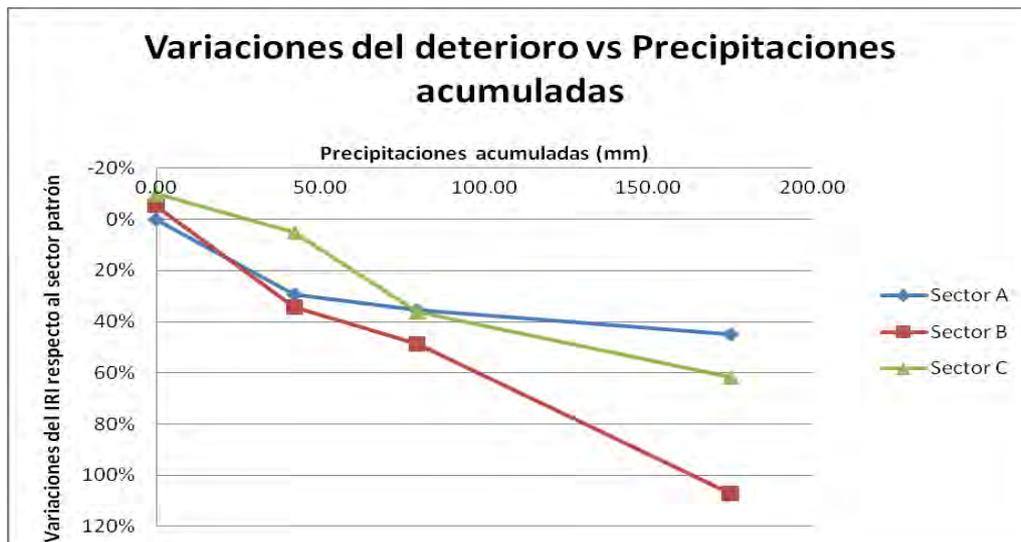
Figura 38: Precipitaciones acumuladas en el progreso del IRI.



Fuente: Elaboración propia

6.7.5.2. Variaciones del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas

Figura 39: Precipitaciones acumuladas en las variaciones del IRI.



Fuente: Elaboración propia

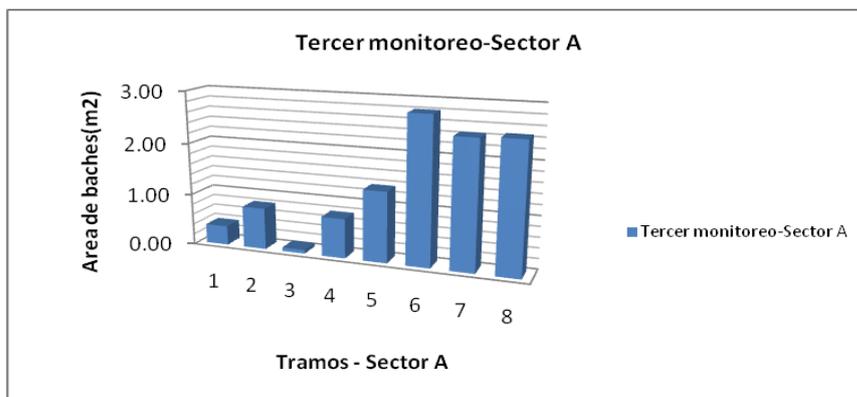
6.7.6. Análisis de Resultados

6.7.6.1. Deterioro superficial por la formación de baches.

El sector A (ver Figura 40 y Figura 41), presentó inicialmente una mayor área de baches luego de la presencia de precipitaciones los dos sectores con aditivo el sector B (ver Figura 42 y Figura 43) y el sector C (ver Figura 44 y Figura 45) comenzarán a tener mas deterioro, siendo el sector con el aditivo enzimatico

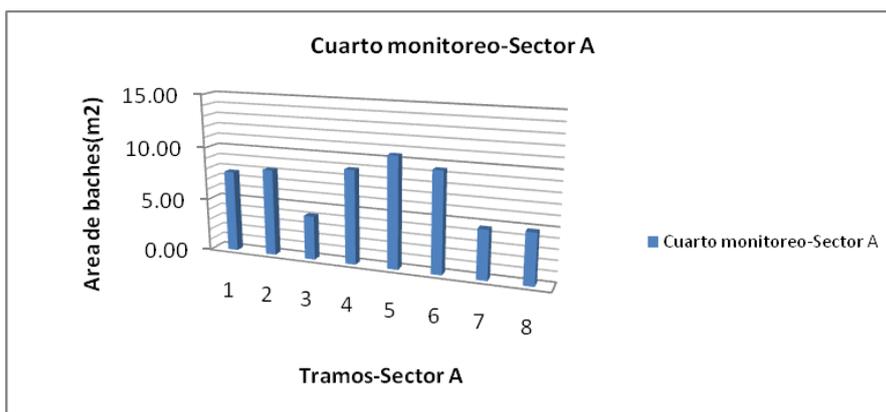
(sector C) el que finalmente tuvo mayor área de baches con respecto a los demas. El sector B (sector con cloruro de calcio) tuvo un deterioro casi parejo en las subtramos que se hizo el levantamiento de información.

Figura 40: Porcentaje de areas por tramo-Tercer monitoreo (Sector A).



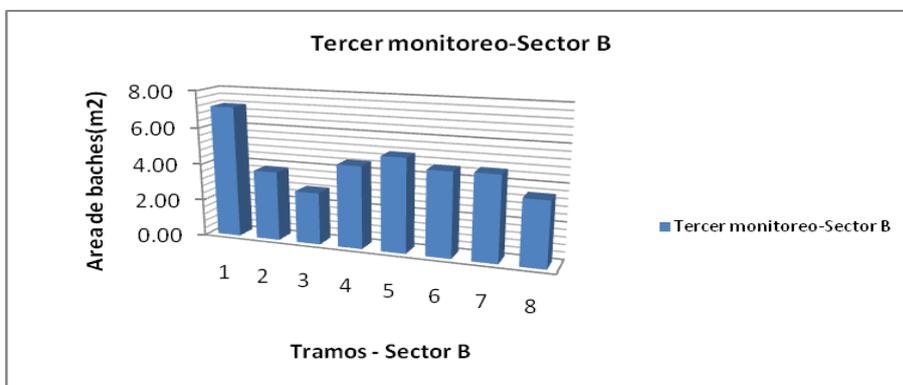
Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Porcentaje de areas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector A).



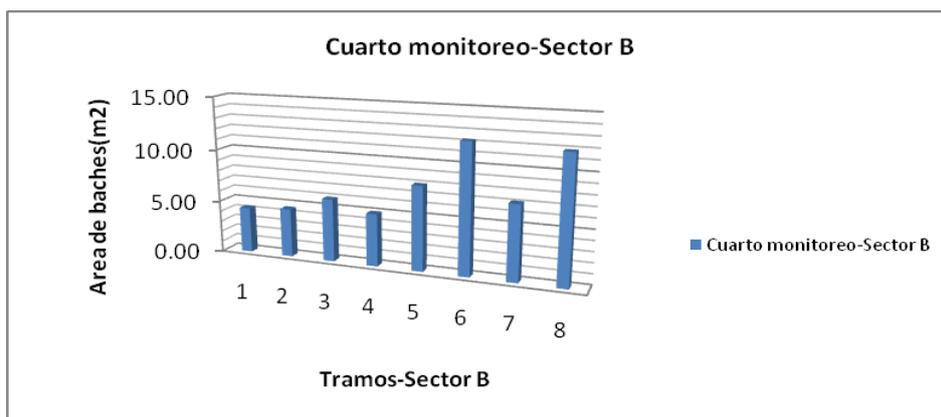
Fuente: Elaboración propia

Figura 42: Porcentaje de areas por tramo-Tercer monitoreo (Sector B)



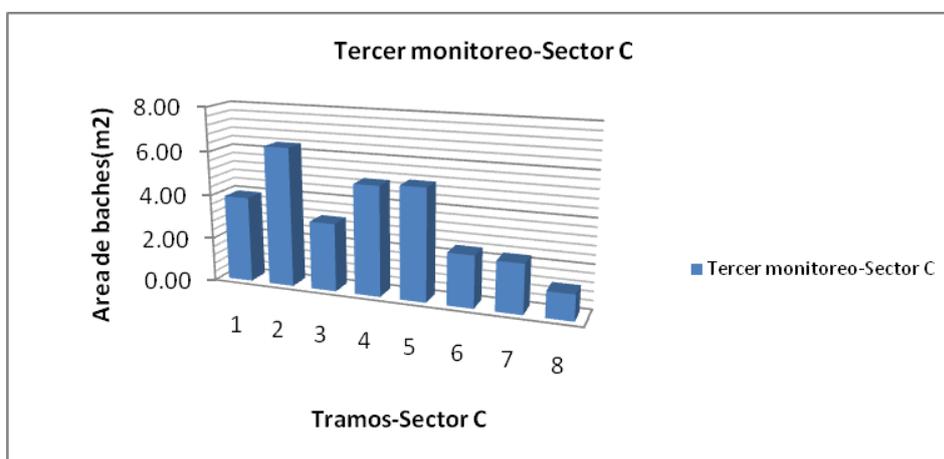
Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Porcentaje de areas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector B).



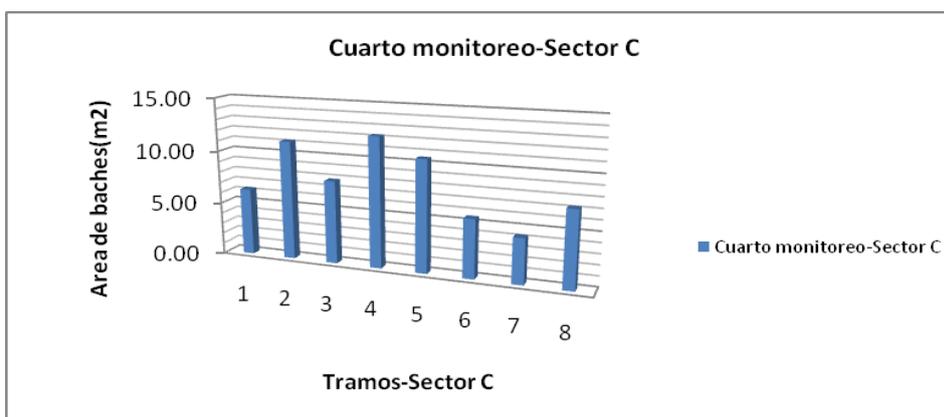
Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Porcentaje de areas por tramo-Tercer monitoreo (Sector C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Porcentaje de areas por tramo-Cuarto monitoreo (Sector C).

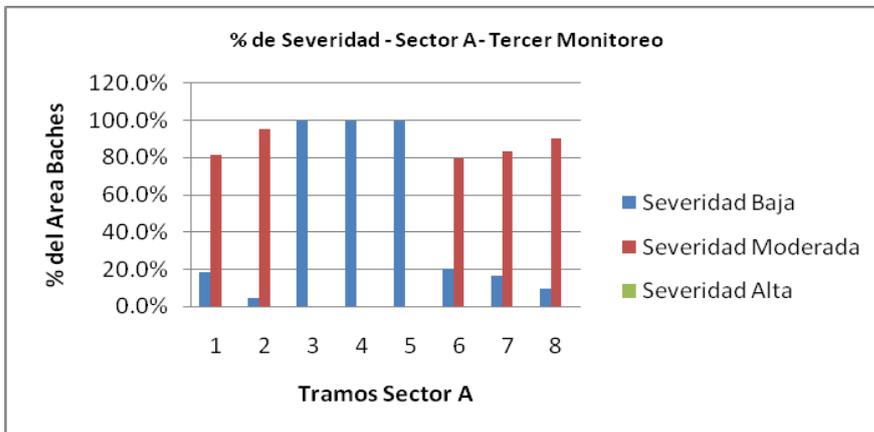


Fuente: Elaboración propia

6.7.6.2. Severidad en los sectores

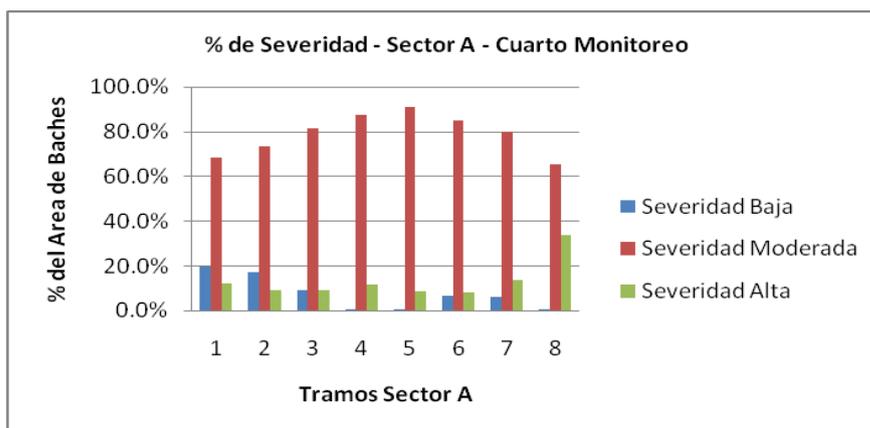
Se hizo una evaluación de las severidad por los tramos dividido en cada sector siendo los siguientes resultados que se muestran mejor gráficamente en las figuras 46,47,48,49,50 y 51.

Figura 46: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector A).



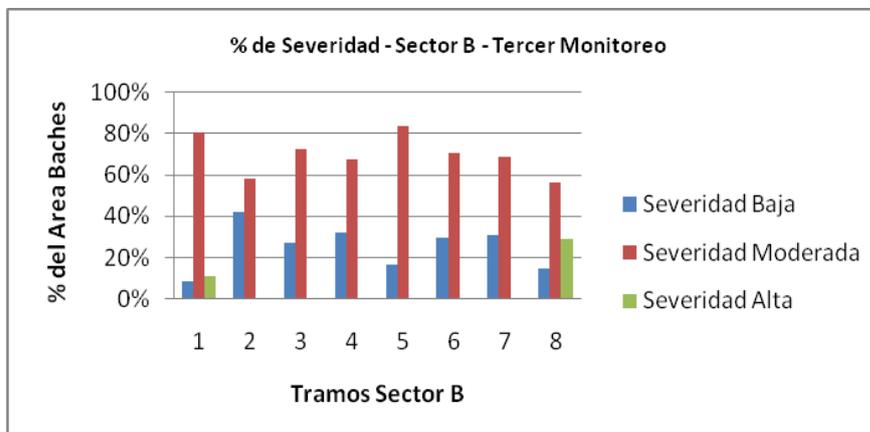
Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector A)



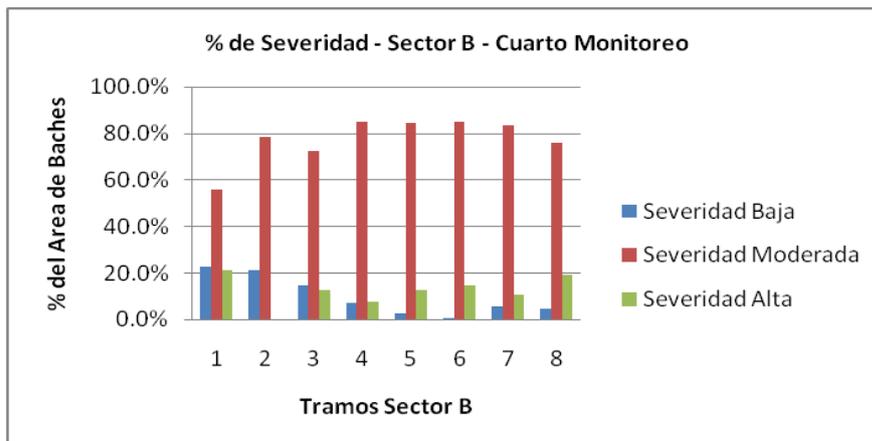
Fuente: Elaboración propia

Figura 48: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector B).



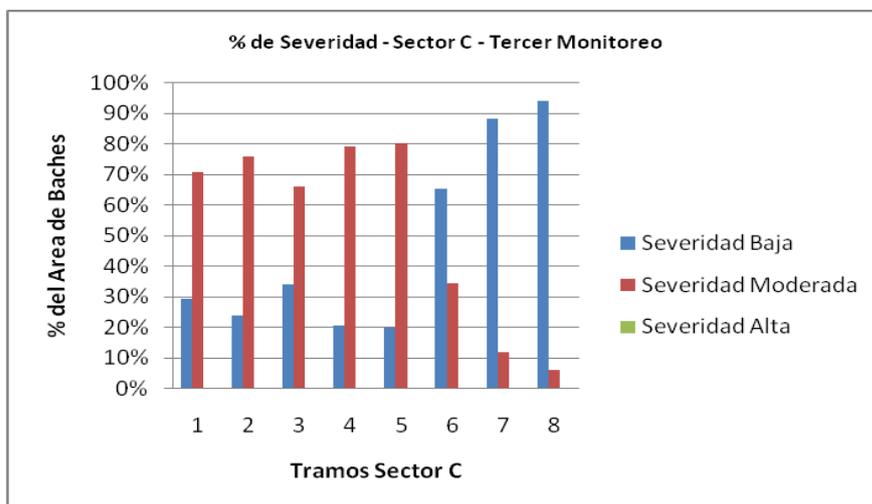
Fuente: Elaboración propia

Figura 49: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector B).



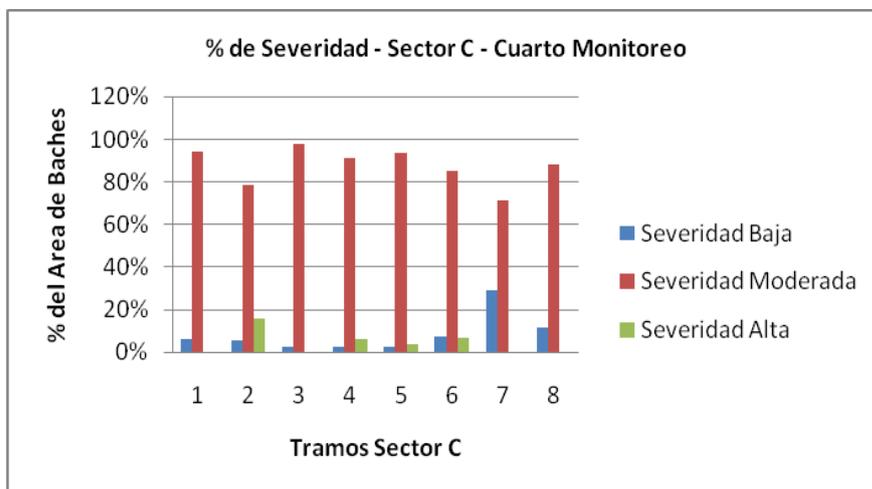
Fuente: Elaboración propia

Figura 50: Porcentaje de severidad por tramo-Tercer monitoreo (Sector C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Porcentaje de severidad por tramo-Cuarto monitoreo (Sector C).



Fuente: Elaboración propia

En todos los sectores evaluados se pudo observar que hubo una progresiva formación de baches, siendo la severidad moderada común en todos los sectores. El sector con cloruro de calcio se deterioro inicialmente mucho más rápido con respecto a los demás. El sector con enzimas tuvo poca severidad alta a pesar de tener mas presencia de baches.

CONCLUSIONES

- El sector patrón (sector sin aditivo) ha tenido un mejor comportamiento en lo que respecta al deterioro superficial en el tiempo que fue aplicado.
- El costo de la recurrencia, en el sector sin aditivo, en la intervención cuando el deterioro superficial llega a un IRI de 8 (necesidad de intervención cuando necesita mantenimiento), es mucho menor en el tiempo con respecto a los sectores tratados. El tiempo de recurrencia es mayor en el sector sin aditivo.
- Todos los sectores tuvieron buen comportamiento en los primeros 40 días. Después de los 80 días comenzaron a tener un deterioro más acelerado (baches y mayor rugosidad) debido a que se intensificaron las precipitaciones llegando a un acumulado de 80 mm. aproximadamente.
- Los sectores en donde se aplicaron los aditivos después de 117 días de aplicación, presentaron mayor variación del IRI con respecto al tramo patrón. En el sector B (cloruro de calcio) aumento 107% y en el sector C (enzimático) aumento en un 62% con respecto al sector A (sin aditivo) que presentó variación de un 45%.
- El sector tratado con cloruro de calcio, presenta el mayor deterioro en lo que respecta a la rugosidad. Su variación es del 107% con respecto al IRI inicial del sector patrón sin aditivo ($IRI_{patron}=4.50$)
- El sector con aplicación de cloruro de calcio, debido a las lluvias, presentó lavado de finos y formación de franjas de barro.
- Los dos sectores tratados con cloruro de calcio y producto enzimático presentaron la formación de baches después de los 80 días de aplicados.
- El sector con cloruro de calcio presentó un deterioro más acelerado por la formación de baches de severidad moderada inicialmente.
- El sector con enzimas presentó mayor cantidad de baches después de los 117 días de aplicado.
- Los aditivos aplicados bajo las mismas condiciones en la presente investigación no resultaron efectivos.

- El uso de los aditivos no resulta económicamente y técnicamente favorables para el mejoramiento superficial en carreteras no pavimentadas bajo las mismas condiciones. (Cuadro N°74)

Cuadro 74: Cuadro de las condiciones de aplicación de los productos químicos.

Fuente: Elaboración propia

CONDICIONES DE APLICACIÓN PARA PRODUCTOS QUÍMICOS									
Sector	Producto químico	IMDA	IP	% Finos	Precipitaciones acumuladas (mm)	Clima	Altitud (msnm)	Pendiente media (m/km)	Curvatura media (grado/km)
A	Sin aditivo	410	9.12	22.44	Menores a 175	Húmedo a lluvioso	Mayor a 4000	Ondulada	Normal
B	Cloruro de calcio								
C	Enzimas								

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a algunos investigadores, para el proceso constructivo en éste tipo de aplicación tecnológica se recomiendan hacer el mezclado y homogenizado con maquinas pulverizadoras, debido a que con la motoniveladora no se logra un 100% de efectividad.
- El proceso de compactación debe ser bien controlado en el momento y en la manera como se pasa el rodillo sobre la zona a compactar.
- Para este tipo de escenario, usar un afirmado de más de 10 cm de espesor debido a que el uso de estabilizadores no resulta para las condiciones dadas.
- Realizar la aplicación de los aditivos en condiciones secas para evitar el exceso de agua en el proceso constructivo.
- Tener especial cuidado con la manipulación del cloruro de calcio al momento de aplicar el aditivo. Estar pendiente de todas las indicaciones de la persona encargada para el uso de un adecuado equipo de protección personal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Consorcio Ayahuaylas. Informe Técnico de la situación inicial. Vol. 2. Junio 2009
2. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Estabilización de Suelos. Argentina 2005.
3. Jonathan Q. Addo, PE, Thomas G. Sanders, Ph.D., PE, Melanie Chenard, E.I.T. Road Dust Suppression: Effect on Maintenance Stability, Safety and the Environment (Phases 1-3), USA, May 2004.
4. José Rafael Menéndez. Oficina Internacional del Trabajo. Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario con Microempresas. Lima-Perú. Año 2003
5. María Graciela Fratelli. Fundaciones y Muros. Venezuela. Año 1993.
6. Michael W. Sayers, Thomas D. Gillespie, and Cesar A. V. Queiroz. The International Road Roughness Experiment. Paper technical number 45 World Bank. Washington, DC., USA. 1986.
7. Miguel Ángel Ballarin Zavala. Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico Permazyme 22x y el probase TX-55. Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima-Perú. 2006.
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima Perú. 2009.
9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Norma Especificaciones Generales. EG 2000. Lima Perú 2000.
10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Norma Peruana de Diseño Geométrico. DG 2001. Lima Perú 2001.
11. Pablo del Águila Rodríguez. Desarrollo de la ecuación de correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos utilizando el Rugosímetro Merlin. X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999
12. Peter Bolander, Alan Yamada. San Dimas Technology and Development Center. San Dimas California. USA. November 1999

13. Tomas G. Sanders, Jonathan Q. Addo, Alex Ariniello, and William F. Heiden, review by the Highway Division, Relative Effectiveness of Road Dust Suppressants, Journal of Transportation Engineering. USA, September-October, 1997
14. Tomas G. Sanders, Jonathan Q. Addo, Experimental Road Dust Measurement Device. Reviewed by the Highway Division. Journal of Transportation Engineering. USA, USA, November – December, 2000.
15. William D. Paterson, Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management (World Bank) (Paperback). USA. 1987

ANEXOS

Cuadro 75:
Precipitaciones mensuales del año 2009. Estación Meteorológica de Chiara. Ayacucho.**PLANILLA DE PRECIPITACIONES MENSUAL**

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)

ESTACION : CHIARA **DISTRITO** : CHIARA **ALTITUD** : 3400.0 msnm
CODIGO : 009 **PROVINCIA** : HUAMANGA **LATITUD** : 13°16'00"
AÑO : 2009 **DEPARTAMENTO** : AYACUCHO **LONGITUD** : 74°12'27"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	ANUAL
1	4.4	0.0	8.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	4.0	19.1
2	12.5	0.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	22.2
3	7.9	0.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
4	13.5	2.5	3.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6
5	0.0	0.7	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
6	0.0	3.6	0.5	3.7	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
7	6.0	6.0	6.1	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.1
8	0.4	0.0	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.0
9	3.7	2.6	3.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6
10	2.0	3.0	8.6	5.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
11	0.5	8.0	0.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	26.7
12	1.1	10.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5
13	2.4	14.6	3.2	3.7	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	5.7	31.9
14	4.0	1.5	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	18.9
15	6.0	14.0	0.7	11.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	36.6
16	11.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	14.1	26.7
17	5.7	14.5	1.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	29.3
18	4.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	5.4
19	9.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	14.3
20	14.5	24.0	6.9	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.9	4.3	52.4
21	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	4.2
22	4.3	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	12.0	43.1
23	0.0	14.5	10.8	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	1.7	56.4
24	0.1	6.3	14.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.5	34.2
25	8.2	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	1.2	2.6	35.2
26	6.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	3.2	10.2	38.4
27	22.4	7.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.8	34.7
28	2.9	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.6	16.7
29	6.1	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	24.0
30	7.7		7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	33.9
31	0.0		10.0		0.0		0.0	0.0		0.0		10.0
SUMA	167.1	183.2	121.4	82.3	23.4	1.8	14.2	1.1	0.0	45.2	107.1	746.8
Max	22.4	24.0	14.3	16.8	20.6	1.8	7.2	1.0	0.0	8.8	19.2	56.4
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0

ESTUDIO DE TRÁFICO

A efectos del presente estudio la carretera Ayacucho – Andahuaylas – Abancay se desagregó en cuatro tramos homogéneos:

1. Ayacucho - Ocros
2. Ocros – Chincheros (Uripa)
3. Chincheros Andahuaylas
4. Andahuaylas-Puente Sahuinto

Nos ocuparemos en principio del primer tramo: Ayacucho – Ocros, para cuantificar el flujo de vehículos por medio de un estudio de conteo. La ubicación del punto de conteo fue el desvío Cangallo en al Abra Toccto. Para las actividades de trabajo en campo se siguieron los siguientes procedimientos. En cada una de las estaciones se ejecutó el aforo durante las 24 horas del día, en forma continua, por sentido del tráfico.

La clasificación vehicular correspondió a: autos-camionetas, camioneta rural, micros, ómnibus de 2 ejes, ómnibus de 3 o más ejes, camiones de dos ejes, camiones de tres ejes, camiones de cuatro ejes camiones, vehículos articulados de 3 ejes, cuatro ejes, de cinco ejes, de seis ejes y siete eje desagregados en trailers y semitrailers. Se conformó una brigada de tráfico compuesta por dos personas. Los turnos fueron rotativos y se coordinó con la policía para que en la noche resguarden la seguridad de la brigada. El conteo vehicular se hizo durante 7 días, iniciándose desde el día Martes 15 de diciembre a las 00:00 horas hasta el día martes 22 a las 00:00 horas.

Metodología de estimación del IMDA y factor de corrección.

Metodología para hallar el IMDA

La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (IMDA), corresponde a la siguiente:

$$\text{IMDA} = \text{ID}_s * \text{FC}_m$$

Donde:

IDs = Volumen clasificado promedio de la semana

FC_m = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

Obtención de los Factores de Corrección

El factor de corrección estacional, se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, etc.; que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección mensual (FC_m), se obtuvo de la información proporcionada por Provias Nacional – Gerencia de Operaciones Zonales, de la Unidad de Peaje de Socos en Ayacucho para los años 2004 y 2005.

$$FC_m = \frac{\text{IMD Unidad Peaje}}{\text{IMD del mes del Estudio de la Unidad Peaje}}$$

Donde:

FC_m = factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo

IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje

IMD_{mes del Estudio} = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

El Factor de Corrección estacional fue tomado de la Unidad de Peaje de Socos del sentido oeste-este, que tiene información diaria del volumen de vehículos que paga peaje y tiene control mecánico del número de ejes que circula en dicho sentido. Este peaje ha sido utilizado para corregir la información del tramo Ayacucho – Dv. a Cangallo y el de Ocros – Chincheros que están ubicados en el departamento de Ayacucho.

Cuadro 76:
Volumen de Tráfico mensual 2004-2005. Unidad de Peaje Socos (Ayacucho)

Mes	AÑO 2004		AÑO 2005	
	Vehículos Ligero	Vehículos Pesados	Vehículos Ligero	Vehículos Pesados
Enero	172	193	140	180
Febrero	216	222	170	209
Marzo	190	214	220	198
Abril	249	237	154	212
Mayo	172	226	168	207
Junio	156	219	155	217
Julio	198	209	187	215
Agosto	188	201	183	208
Septiembre	175	187	167	194
Octubre	165	189	172	194
Noviembre	157	173	167	180
Diciembre	163	176	157	182
IMDA	183	204	170	200
FCE Diciembre	1.123	1.159	1.083	1.099

FCE VL	1.103
FCE VP	1.129

Elaboración: Propia.

Fuente: MTC – Provias Nacional – Gerencia de Operaciones

Los Factores de Corrección, se muestran por cada gran tipo de vehículo (ligero y pesado), tomando como base para los factores de corrección mensual, asumiendo el mismo Factor de Corrección para ambos sentidos.

Este Factor de Corrección Estacional (FCE) se emplea para determinar el IMDA de los flujos contabilizados (aforos) en el presente estudio para cada tipo de tramo, en la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos.

Conteo vehicular

Efectuados los aforos vehiculares, se consolidó y revisó la consistencia de los datos recopilados en campo, determinándose así el volumen promedio semanal (IMDs), posteriormente para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDa), se aplicó al IMDs de la semana del estudio, el factor de corrección mensual del mes del aforo.

Se realizará el análisis por cada tramo en estudio, resultando el IMDA por tramo vial y luego se agregarán para estimar el crecimiento del tráfico normal, y la incidencia del tráfico generado y el tráfico desviado.

TRAMO I: AYACUCHO – DV. CANGALLO – OCROS (ABRA TOCTO)

Se pudo identificar los siguientes flujos de vehículos:

- (a.) Desde y hacia Ayacucho – Cangallo
- (b.) Desde y hacia Chiara – Cangallo
- (c.) Desde y hacia Ayacucho – Tocto - Ocros
- (d.) Desde y hacia Cangallo – Tocto - Ocros
- (e.) Desde y hacia Chiara – Tocto - Ocros
- (f.) Desde y hacia Ayacucho – Chiara

Los flujos de vehículos b, d, e y f tienen un tránsito despreciable, y en algunos casos no pasa ningún vehículo. Resultando que los flujos de vehículos desde Ayacucho para Cangallo o a Ocros son los registrados en el conteo.

En ese sentido, el IMDA para el tramo Ayacucho – Cangallo es de 410 vehículos, compuesto por 73% de vehículos ligeros (13% autos, 36% de camionetas y 24% de combis); por 4% en buses de 2 ejes generalmente, 22% de camiones que en su mayoría son de 2 ejes y el 1% entre semitrailers y trailers.

Para el sentido Ayacucho-Ocros, el IMDA es de 106 vehículos, siendo los camiones el vehículo con mayor participación (39%), en cuanto a su conformación los vehículos ligeros participan con el 29% y el resto es vehículo pesado.

Cuadro 77: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Cangallo. (Elaboración Propia)

Ayacucho - Dv. Cangallo – Cangallo																			
Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	
Martes 15/12/09	20	55	101		6		51												233
Miércoles 16/12/09	12	55	63		8		38												176
Jueves 17/12/09	16	41	59		7		37	4											164
Viernes 18/12/09	12	37	60		7		42												158
Sábado 19/12/09	27	63	54		15		27	4											190
Domingo 20/12/09	18	51	65		6		35												175
Lunes 21/12/09	22	32	62		12		39	1			1								169
Total	127	334	464	0	61	0	269	9	0	0	1	0	1265						
Promedio	18.14	47.71	66.29	0	8.71	0	38.43	1.29	0	0	0.14	0	180.71						
FCE		1.103				1.129													
IMDa	20.01	52.62	73.12	0	9.83	0	43.39	1.46	0	0	0.16	0	200.59						
IMDa entero	20	53	73	0	10	0	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200

Cangallo-Dv. Cangallo-Ayacucho																			
Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	
Martes 15/12/09	14	59	75		9		40	1											198
Miércoles 16/12/09	18	54	64		4		40	1											181
Jueves 17/12/09	8	45	74		2		29	2											160
Viernes 18/12/09	14	50	83		9		39	5											200
Sábado 19/12/09	18	51	62		7		42	3			1								184
Domingo 20/12/09	35	68	81		5		47	3			2								241
Lunes 21/12/09	13	33	68		8	1	26				2							5	156
Total	120	360	507	0	44	1	263	15	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	1320
Promedio	17.14	51.43	72.43	0	6.29	0	37.57	2.14	0	0	0.71	0	0	0	0	0	0	0.71	188.56
FCE		1.103				1.129													
IMDa	18.91	56.73	79.89	0	7.1	0	42.42	2.42	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.8	209.23
IMDa entero	19	57	80	0	7	0	42	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	209

Cuadro 78: Cuento vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Cangallo.

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	
Martes 15/12/09	34	114	176	0	15	0	91	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	431
Miércoles 16/12/09	30	109	127	0	12	0	78	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	357
Jueves 17/12/09	24	86	133	0	9	0	66	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	324
Viernes 18/12/09	26	87	143	0	16	0	81	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358
Sábado 19/12/09	45	114	116	0	22	0	69	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	374
Domingo 20/12/09	53	119	146	0	11	0	82	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	416
Lunes 21/12/09	35	65	130	0	20	1	65	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	325
Total	247	694	971	0	105	1	532	24	0	0	6	0	0	0	0	0	0	5	2585
Promedio	35.29	99.14	138.71	0	15	0	76	3.43	0	0	0.86	0	0	0	0	0	0	0.71	369.28
FCE	1.103			1.129															
IMDa	38.92	109.35	153	0	16.94	0	85.8	3.87	0	0	0.97	0	0	0	0	0	0	0.8	409.81
IMDa entero	39	109	153	0	17	0	86	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	410

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 79: Conteo vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Ocros. (Elaboración propia)

Ayacucho - Dv. Cangallo - Ocros

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL	
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
Martes 15/12/09	5	12	10		8		15					1				2				53
Miércoles 16/12/09	3	12	4		4		21	2			1	4							1	52
Jueves 17/12/09	4	6	10		8		37	2	1				3							71
Viernes 18/12/09	6	17	8		9		19	1		1			1						1	63
Sábado 19/12/09	1	2	5		9		12				3		1			2	1			36
Domingo 20/12/09	1	2	2		11		15	1		4	12	1								49
Lunes 21/12/09	2	3	1		12		10	4			4	1								37
Total	22	54	40	0	61	0	129	10	1	5	20	7	5	0	0	4	1	2	361	
Promedio	3.14	7.71	5.71	0	8.71	0	18.43	1.43	0	0.71	2.86	1	0.71	0	0	0.57	0.14	0.29	51.55	
FCE	1.103				1.129															
IMDa	3.46	8.5	6.3	0	9.83	0	20.81	1.61	0	0.8	3.23	1.13	0.8	0	0	0.64	0.16	0.33	57.76	
IMDa entero	3	9	6	0	10	0	21	2	0	1	3	1	1	0	0	1	0	0	58	

Ocros-Dv. Cangallo-Ayacucho

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL	
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
Martes 15/12/09	2	13	11		10		19				2	3	2						3	65
Miércoles 16/12/09	5	1	2		3		11	1			1		1							25
Jueves 17/12/09	1	7	4		7		21	1					1							42
Viernes 18/12/09	2	8	5		5	1	9						4	1					1	36
Sábado 19/12/09		5	5		7		11				3	1	6					1		39
Domingo 20/12/09	1		1		7		15	6			23					2				55
Lunes 21/12/09	2	2	2		6		21			1	2		1	4		1			1	43
Total	13	36	30	0	45	1	107	8	0	1	31	4	15	5	0	3	1	5	305	
Promedio	1.86	5.14	4.29	0	6.43	0	15.29	1.14	0	0.14	4.43	0.57	2.14	0.71	0	0.43	0.14	0.71	43.56	
FCE	1.103				1.129															
IMDa	2.05	5.67	4.73	0	7.26	0	17.26	1.29	0	0.16	5	0.64	2.42	0.8	0	0.49	0.16	0.8	48.89	
IMDa entero	2	6	5	0	7	0	17	1	0	0	5	1	2	1	0	0	0	1	48	

Cuadro 80: Cuento vehicular Ayacucho-Dv.Cangallo-Ocros.

Ambos sentidos

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		Camión			Semitrayler					Trayler				TOTAL	
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3		
Martes 15/12/09	7	25	21	0	18	0	34	0	0	0	2	4	2	0	0	2	0	3	118	
Miércoles 16/12/09	8	13	6	0	7	0	32	3	0	0	2	4	1	0	0	0	0	1	77	
Jueves 17/12/09	5	13	14	0	15	0	58	3	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	113	
Viernes 18/12/09	8	25	13	0	14	1	28	1	0	1	0	0	5	1	0	0	0	2	99	
Sábado 19/12/09	1	7	10	0	16	0	23	0	0	0	6	1	7	0	0	2	2	0	75	
Domingo 20/12/09	2	2	3	0	18	0	30	7	0	4	35	1	0	0	0	2	0	0	104	
Lunes 21/12/09	4	5	3	0	18	0	31	4	0	1	6	1	1	4	0	1	0	1	80	
Total	35	90	70	0	106	1	236	18	1	6	51	11	20	5	0	7	2	7	666	
Promedio	5	12.86	10	0	15.1	0	33.71	2.57	0	0.86	7.29	1.57	2.86	0.71	0	1	0.29	1	95.14	
FCE	1.103				1.129															
Inda	5.52	14.18	11.03	0	17.1	0	38.06	2.9	0	0.97	8.23	1.77	3.23	0.8	0	1.13	0.33	1.13	106.69	
Inda entero	6	14	11	0	17	0	38	3	0	1	8	2	3	1	0	1	0	1	106	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 81: Sectorización para los tramos de prueba.

TRAMOS		Kilometro		Pendiente	Altitud	Curvatura
		Inicio	Fin	m/km	Msnm	grados/km
TRAMO 1	S1	1	2	P4	H2	C4
		3	4	P4	H2	C4
		4	5	P4	H2	C4
	S2	7	8	P4	H3	C4
		8	9	P4	H3	C4
		9	10	P4	H3	C4
		10	11	P4	H3	C4
		11	12	P4	H3	C4
		13	14	P4	H3	C4
		17	18	P4	H3	C4
		18	19	P4	H3	C4
		19	20	P4	H3	C4
		20	21	P4	H3	C4
		27	28	P4	H3	C4
28	29	P4	H3	C4		
33	34	P4	H3	C4		
TRAMO 2	S3	43	44	P1	H4	C2
		64	65	P1	H4	C2
		82	83	P4	H4	C4
TRAMO 3	S4	114	115	P1	H3	C3
		93	94	P4	H3	C3
		95	96	P4	H3	C3
		96	97	P4	H3	C3
		106	107	P4	H3	C3
		107	108	P4	H3	C3
		109	110	P4	H3	C3
		110	111	P4	H3	C3
	S5	111	112	P4	H3	C3
		117	118	P2	H2	C3
		120	121	P2	H2	C3
		140	141	P2	H2	C3
		122	123	P4	H2	C4
		123	124	P4	H2	C4
		124	125	P4	H2	C4
		127	128	P4	H2	C4
		128	129	P4	H2	C4
		129	130	P4	H2	C4
		130	131	P4	H2	C4
	S6	131	132	P4	H2	C4
		133	134	P4	H2	C4
		135	136	P4	H2	C4
		137	138	P4	H2	C4
139		140	P4	H2	C4	
149		150	P1	H2	C3	
151		152	P1	H2	C3	
154	155	P1	H2	C3		
157	158	P1	H2	C3		
143	144	P4	H1	C4		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 82: Sectorización para los tramos de prueba.

TRAMOS		Kilometro		Pendiente	Altitud	Curvatura
		Inicio	Fin	m/km	Msnm	grados/km
TRAMO4	S7	210	211	P1	H4	C2
		227	228	P4	H4	C4
	S8	232	233	P1	H3	C4
		246	247	P4	H3	C2
		250	251	P4	H3	C2
	S9	269	270	P1	H2	C4
		265	266	P4	H2	C4
		267	268	P4	H2	C4
	S10	292	293	P1	H3	C2
		279	280	P4	H3	C4
		280	281	P4	H3	C4
		281	282	P4	H3	C4
		282	283	P4	H3	C4
		284	285	P4	H3	C4
		286	287	P4	H3	C4
		304	305	P4	H3	C4
		305	306	P4	H3	C4
	S11	307	308	P4	H3	C4
		312	313	P2	H4	C3
		313	314	P2	H4	C3
TRAMO 5	S12	316	317	P4	H4	C4
		352	353	P1	H3	C2
		354	355	P1	H3	C2
		345	346	P4	H3	C4
		366	367	P4	H3	C4
		367	368	P4	H3	C4
		368	369	P4	H3	C4
		372	373	P4	H3	C4
	S13	373	374	P4	H3	C4
		377	378	P4	H2	C4
		378	379	P4	H2	C4
		383	384	P4	H2	C4
		384	385	P4	H2	C4
		391	392	P4	H2	C4
	S14	393	394	P4	H2	C4
396		397	P4	H1	C4	
		399	400	P4	H1	C4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 52:
Ensayos estándar de clasificación. Lemsac SRL laboratorios.

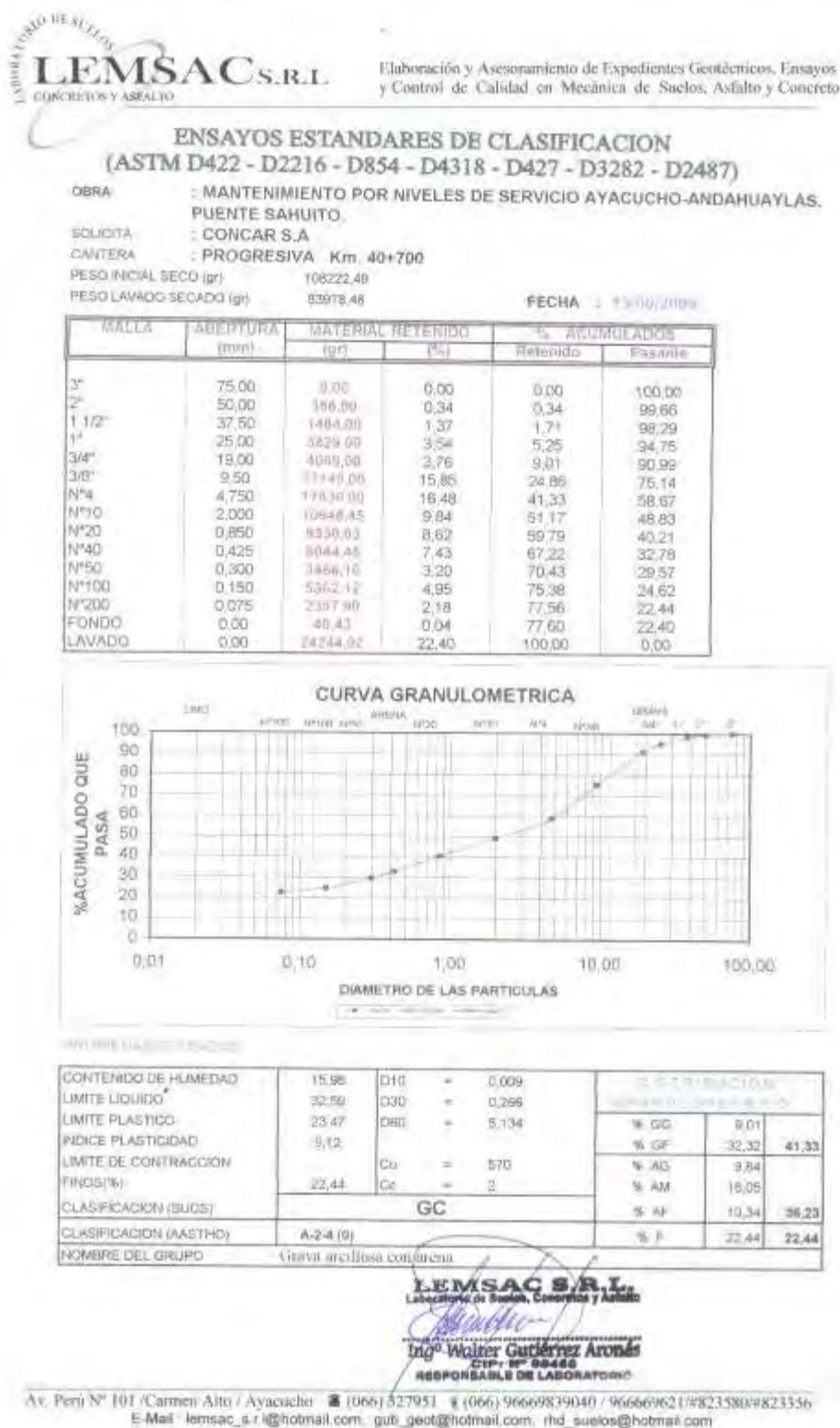


Figura 53:
Ensayos compactación – Proctor Modificado. Lemsac SRL laboratorios

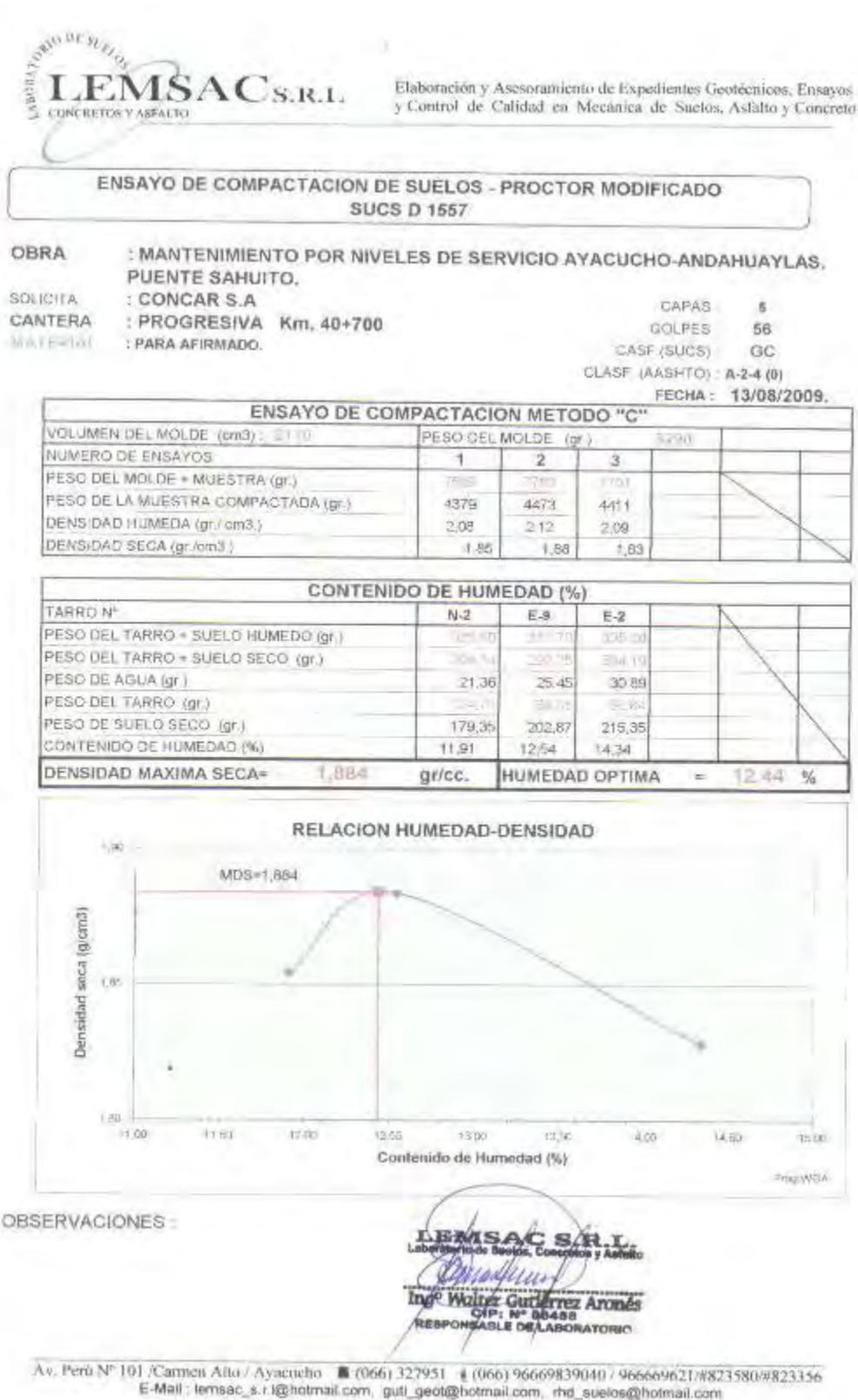


Figura 54:
Ensayos de CBR. Lemsac SRL laboratorios

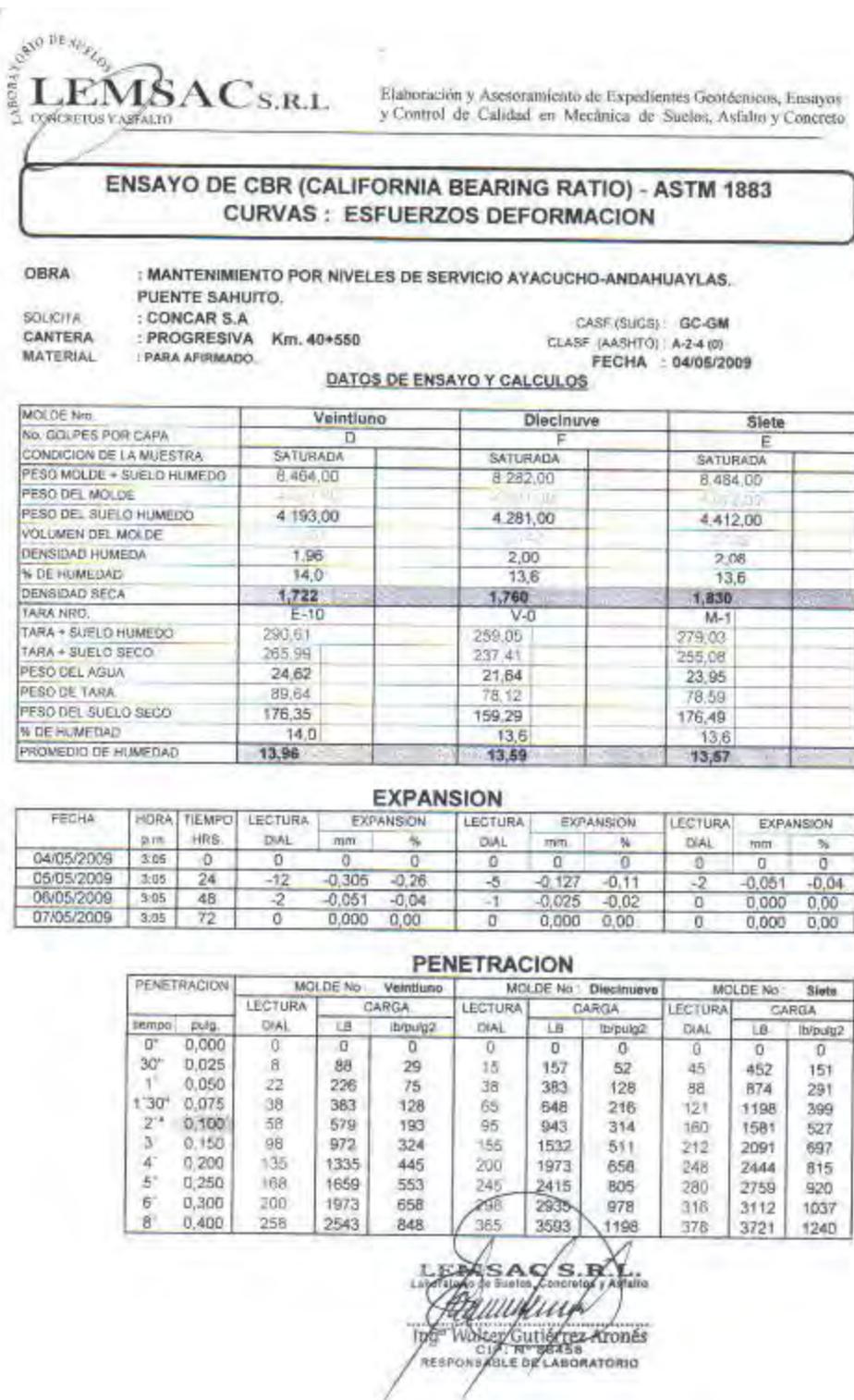
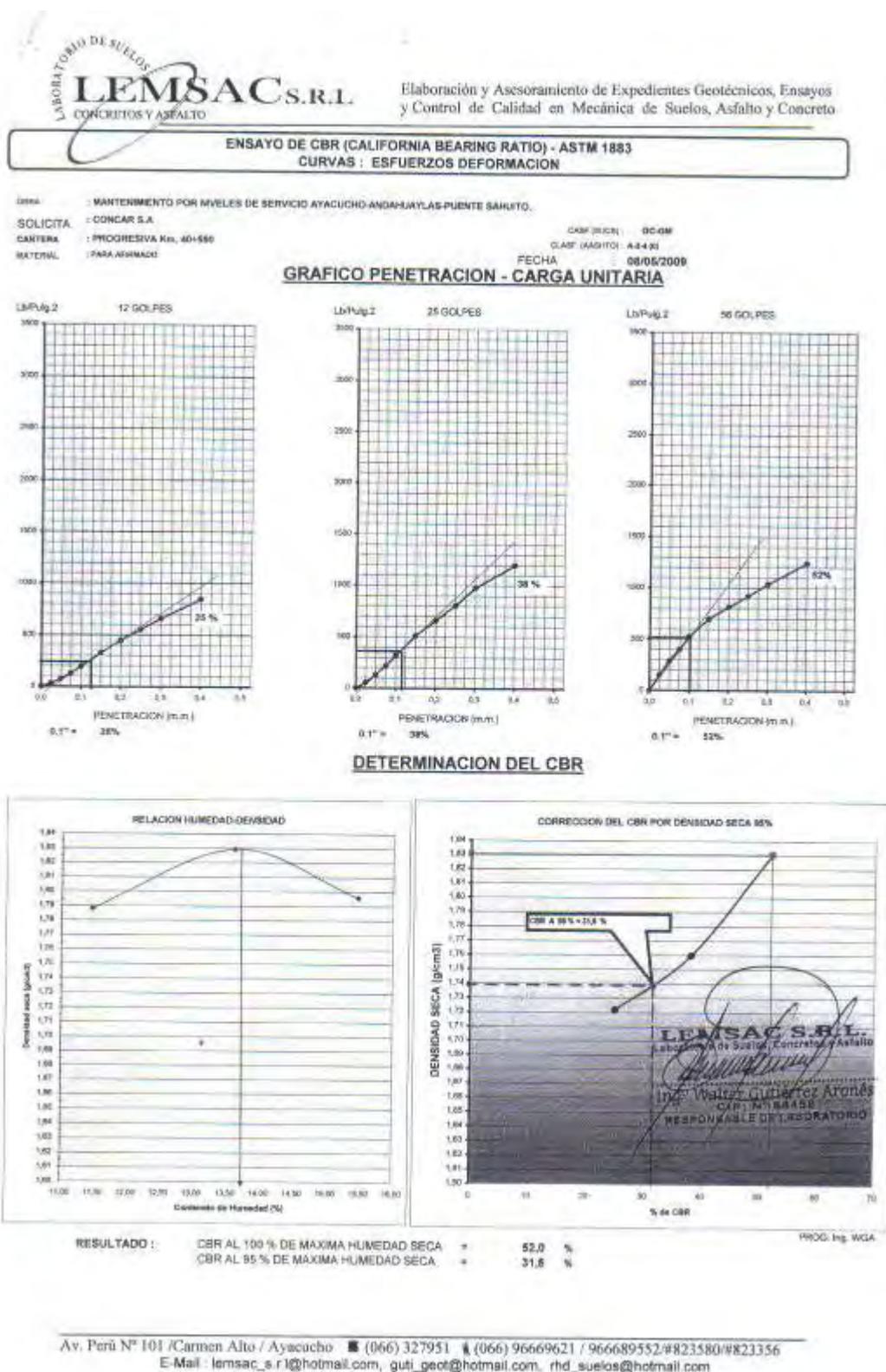
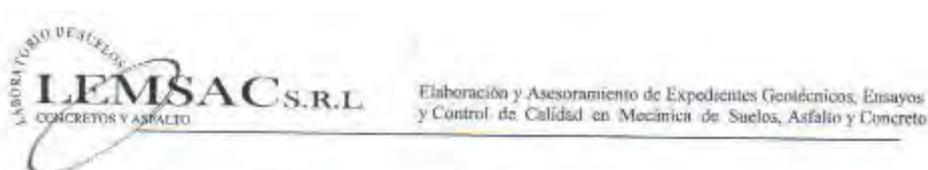


Figura 55:
Ensayos de CBR. Lemsac SRL laboratorios.



Av. Perú Nº 101 / Carmen Alto / Ayacucho ☎ (066) 327951 ☎ (066) 96669621 / 966689552/#823580/#823356
 E-Mail : lemsac_s.r.l@hotmail.com, guti_geot@hotmail.com, rhd_suelos@hotmail.com

Figura 56:
Ensayo de Abrasión. Lemsac SRL laboratorios.



DESGASTE POR ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO
(TAMANOS MENORES ASTM C-131, AASTHO T96, ASTM C 535)

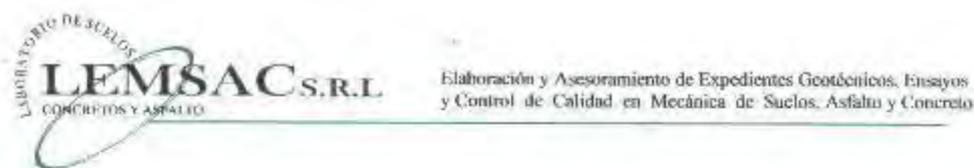
OBRA : MANTENIMIENTO POR NIVELES DE SERVICIO AYACUCHO-ANDAHUAYLAS,
PUENTE SAHUITO.
SOLICITA : CONCAR S.A
CANTERA : PROGRESIVA Km. 40+550
FECHA ENSAYO: 06 DE MAYO DEL 2009. 33 Revol./min.

TAMICES ASTM		PESO DEL AGREGADO		
PASAN	RETENIDOS	Tamaño Menor		Tamaño Mayores
		GRADACION :	"A"	GRADACION :
3"	2 1/2"			
2 1/2"	2"			
2"	1 1/2"	1250	1250	
1 1/2"	1"	1250	1250	
1"	3/4"	1250	1250	
3/4"	1/2"	1250	1250	
1/2"	3/8"			
3/8"	1/4"			
1/4"	Nº04			
Nº04	Nº08			
Peso de Muestra Total		5000	5000	
Retenido en la malla Nº 12		3319	3325	
Pasante por la malla Nº 12		1681	1675	
% de Pérdida		33,62	33,5	
% de Pérdida Promedio :		34		

OBSERVACIONES: El ensayo se realiza con 12 esferas, peso de cada esfera es (390-445) gr.

LEMSAC S.R.L.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Asfalto
Ing. Walter Gutiérrez Aronés
CIP: N° 22.465
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Figura 58:
Análisis químico de agua para las fuentes de agua. Lemsac SRL laboratorios



ANALISIS QUIMICO DE AGUA

OBRA : MANTENIMIENTO POR NIVELES DE SERVICIO AYACUCHO-ANDAHUAYLAS
PUENTE SABUENTO

SOLICITANTE : CONCAR S.A.

MUESTRA : FUENTE DE AGUA

DEPARTAMENTO : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO

FECHA : Ayacucho, 5 Agosto 2009

Clave Muestra		FUENTE	Elementos disk (ppm)			Cationes Cambiables (meq/100g)					Ph	
Km.	MUESTRA		p	Cl	SO ₄	Ca	Mg	k	N	Al		S.S.T (ppm)
35-050	AGUA	FA1										6.96
30-950	AGUA	FA2										7.12
24-600	AGUA	FA3										7.03

OBSERVACIONES: Muestra de agua obtenida en la fuente el 4-8-2009, por solicitante.

Producción de material de cantera

Ubicación: Km 40+700 (lado derecho).

Distancia a la carretera: 900 metros

Foto 1: Proceso de conformación de zonas para depósito de material zarandeado y material over.



Foto 2: Conformación de zonas de material zarandeado y material over.



Foto 3: Eliminación de material extraído de las zonas de over y material zarandeado



Foto 4: Vista de zaranda instalada



Foto 5: Vista panorámica de la cantera y la zaranda.



Foto 6: Vista del proceso de zarandeo.



Foto 7: Vista del proceso de zarandeo.



Foto 8: Vista del proceso de carguío a los volquetes.



Aplicación de aditivos en sectores de prueba-Producto enzimático

Inicio: Km 39+974

Final: Km 40+374

Foto 8: Humedecimiento del sector y tendido del material acopiado de la cantera



Foto 9: Vista del tendido del material antes de aplicar el aditivo enzimático.



Foto 10: Prueba del contenido de humedad in situ con el Speedy para el cálculo del agua para el O.C.H.



Foto 11: Regado con el aditivo enzimático.



Foto 12: Regado con el aditivo enzimático



Foto 13: Mezclado y homogenizado del material con el aditivo.



Foto 14: Mezclado y homogenizado del material con el aditivo.



Foto 15: Proceso de compactación



Foto 16: Proceso de compactación



Foto 17: Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo enzimático.



Foto 18: Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo enzimático.



Foto 19: Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo enzimático.



Aplicación de aditivos en sectores de prueba-Producto cloruro de calcio

Foto 20: Vista de prueba de contenido de humedad antes de aplicar el cloruro de calcio.



Foto 21: Proceso de vaciado del cloruro de calcio en la cisterna.



Foto 22: Aplicación del cloruro de calcio en la zona de prueba.



Foto 23: Proceso de humedecimiento y tendido de material acopiado de cantera.



Foto 24: Proceso de tendido del material de préstamo.



Foto 25: Proceso de mezclado y homogenizado.

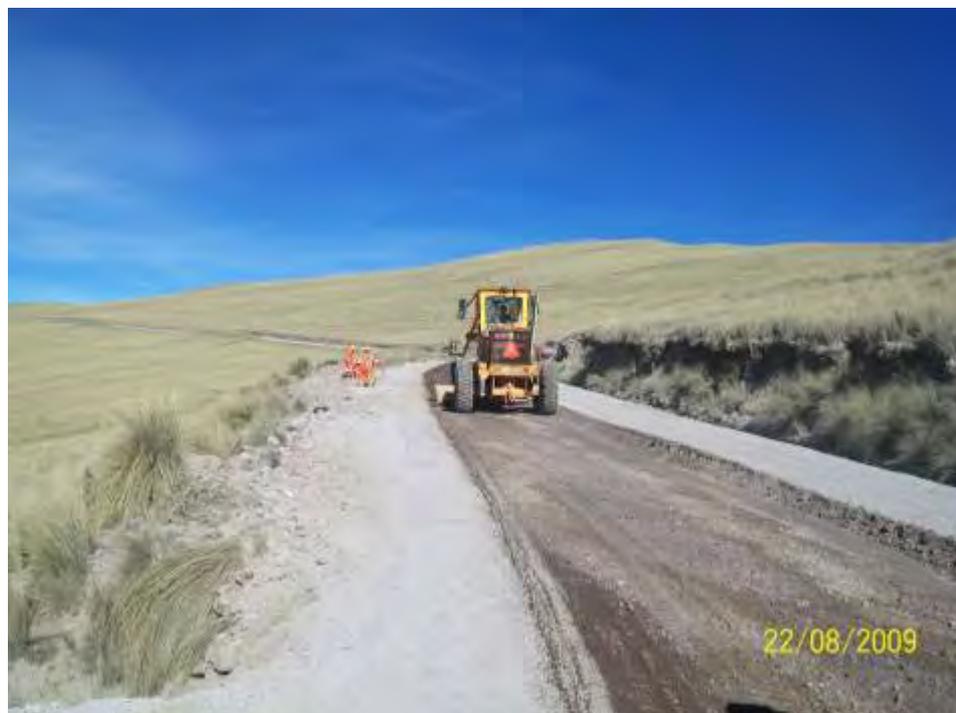


Foto 26: Proceso de mezclado y homogenizado.



Foto 27: Proceso de mezclado y homogenizado.



Foto 28: Proceso de mezclado y homogenizado.



Foto 29: Proceso de mezclado y homogenizado.



Foto 30: Proceso de mezclado y homogenizado.



Foto 31: Proceso de compactación



Foto 32: Proceso de compactación



Foto 33: Proceso de compactación



Foto 34: Proceso de compactación



Foto 35: Proceso de compactación



Foto 36 : Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio



Foto 37: Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio

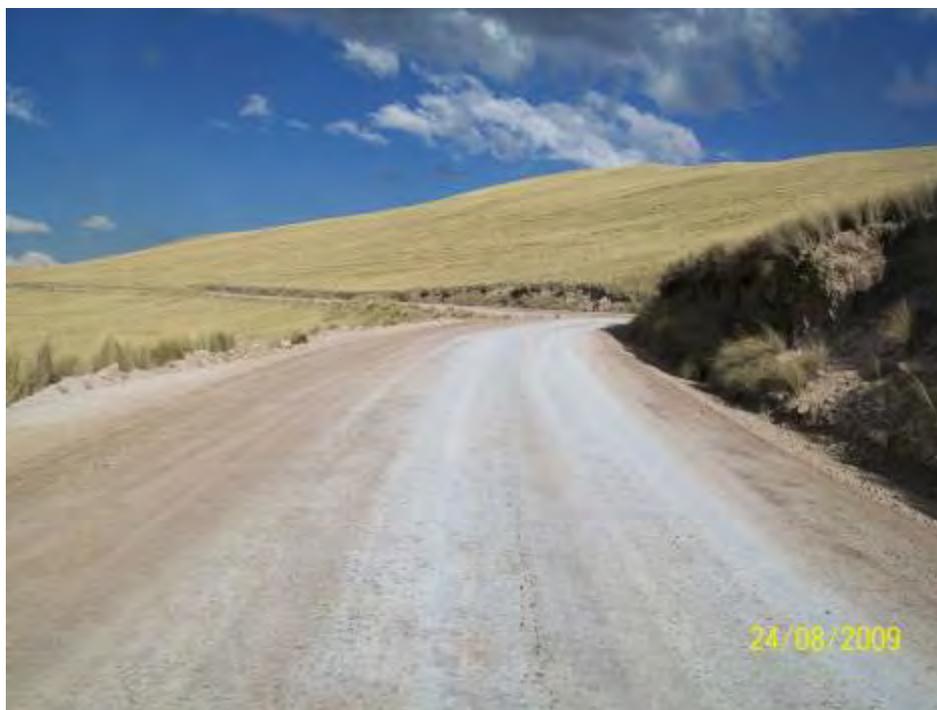


Foto 38: Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio



Foto 39: Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio



Foto 40: Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio



Foto 41: Vista del acabado final después de la aplicación del cloruro de calcio



CARTA BALANCE

Carta Balance									
Aflojar Material y Zarandeo (Retro 710J)									
ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM
1	DSM	51	AF	101	DM	151	CM	201	DM
2	DSM	52	AF	102	DM	152	CM	202	DM
3	DSM	53	DSM	103	ZA	153	DM	203	DM
4	DSM	54	DSM	104	ZA	154	DM	204	DM
5	DSM	55	DSM	105	DSM	155	DM	205	DM
6	DSM	56	DSM	106	DSM	156	DM	206	DM
7	DSM	57	DSM	107	CM	157	DM	207	DM
8	DSM	58	DSM	108	CM	158	DM	208	DM
9	DSM	59	DSM	109	DM	159	ZA	209	ZA
10	DSM	60	CM	110	DM	160	DSM	210	DSM
11	DSM	61	DM	111	DM	161	DSM	211	DSM
12	DSM	62	DM	112	ZA	162	DSM	212	DSM
13	AF	63	DM	113	DSM	163	DSM	213	DSM
14	AF	64	DM	114	DSM	164	CM	214	CM
15	AF	65	ZA	115	DSM	165	DM	215	DM
16	AF	66	ZA	116	DSM	166	DM	216	DM
17	AF	67	DSM	117	CM	167	DM	217	DM
18	AF	68	DSM	118	DM	168	DM	218	ZA
19	AF	69	CM	119	DM	169	DM	219	DSM
20	AF	70	DM	120	DM	170	DM	220	DSM
21	AF	71	DM	121	DM	171	DM	221	DSM
22	AF	72	DM	122	DM	172	ZA	222	DSM
23	AF	73	ZA	123	ZA	173	DSM	223	DSM
24	AF	74	DSM	124	DSM	174	DSM	224	DSM
25	AF	75	DSM	125	DSM	175	DSM	225	DSM
26	AF	76	CM	126	DSM	176	CM	226	DSM
27	AF	77	CM	127	DSM	177	DM	227	DSM
28	AF	78	DM	128	DSM	178	DM	228	CM
29	AF	79	DM	129	CM	179	DM	229	CM
30	AF	80	DM	130	DM	180	DM	230	DM
31	AF	81	DM	131	DM	181	DM	231	DM
32	AF	82	ZA	132	DM	182	ZA	232	DM
33	AF	83	DSM	133	DM	183	DSM	233	DM
34	AF	84	DSM	134	DM	184	DSM	234	DM
35	AF	85	DSM	135	DM	185	DSM	235	DM
36	AF	86	CM	136	ZA	186	CM	236	ZA
37	AF	87	CM	137	DSM	187	DM		
38	AF	88	CM	138	DSM	188	DM		
39	AF	89	CM	139	DSM	189	DM		
40	AF	90	CM	140	CM	190	DM		
41	AF	91	CM	141	DM	191	DM		
42	AF	92	ZA	142	DM	192	ZA		
43	AF	93	DSM	143	DM	193	DSM		
44	AF	94	DSM	144	DM	194	DSM		
45	AF	95	DSM	145	DM	195	DSM		

46	AF	96	DSM	146	ZA	196	DSM		
47	AF	97	CM	147	DSM	197	CM		
48	AF	98	DM	148	DSM	198	DM		
49	AF	99	DM	149	DSM	199	DM		
50	AF	100	DM	150	DSM	200	DM		
Total de observaciones								236	
Intervalo de medición (segundos)								5	
Actividad						ITEM	%		
Afloja Material en Cantera						AF	0.1695	16.95	
Zarandeo						ZA	0.0763	7.63	
Carguío de material						CM	0.1059	10.59	
Desplazamiento con material						DM	0.3305	33.05	
Desplazamiento sin material						DSM	0.3178	31.78	
Otros TC						OTC	0.0000	0.00	
Espera para dar pase						EP	0.0000	0.00	
Desperfectos en equipo						DE	0.0000	0.00	
Descanso						D	0.0000	0.00	
Otros TNC						OTN	0.0000	0.00	

Actividad	ITEM	%	
Carguío al volquete	CV	0.0720	7.20
Carguío de over	CO	0.0551	5.51
Carguío de material	CM	0.0763	7.63
Desplazamiento con material	DM	0.1737	17.37
Desplazamiento sin material	DSM	0.2966	29.66
Eliminación de Over	EO	0.0636	6.36
Desplazamiento con over	DO	0.0847	8.47
Desplazamiento sin over	DSO	0.1356	13.56
Otros TC	OTC	0.0000	0.00
Espera para dar pase	EP	0.0424	4.24
Desperfectos mecánicos	DE	0.0000	0.00
Descansos	D	0.0000	0.00
Otros TNC	OTN	0.0000	0.00

Análisis Rendimientos - Producción Afirmado	
Factor de Rendimiento:	0.9
Jornada (hM)	8
Maquinaria Usada	<u>Vol. (m3)</u>
Retroexcavadora Jhon Deer 710J	
Cucharón	0.31
Lampón	1.24
Retroexcavadora CAT 420E	
Cucharón	0.25
Lampón	1
Over (%)	30

Aflojar Material Banco	Cantidad	Und
Tiempo muestra CABA	200.00	seg
Volumen obtenido CABA	2.07	m3
Producción efectiva:	267.8	m3/día
Incidencia	0.48	
Zarandeo	Cantidad	Und
Tiempo muestra CABA	980.00	seg
Volumen obtenido CABA	22.32	m3
Producción:	655.9	m3/día
Producción efectiva:	459.2	m3/día
	0.22	
Carguío Volquete	Cantidad	Und
Tiempo muestra CABA	640	seg
Volumen obtenido CABA	17	m3
Producción:	688.5	m3/día
Incidencia	0.30	

Carta Balance									
Transporte de Material Cantera a obra (Volquete WGM 227)									
ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM
1	EP	51	TMC	101	TMC	151	TMC	201	TMSC
2	EP	52	TMC	102	TMC	152	TMC	202	TMSC
3	EP	53	TMC	103	TMC	153	TMC	203	TMSC
4	EP	54	TMC	104	TMC	154	DEM	204	TMSC
5	EP	55	TMC	105	TMC	155	DEM	205	TMSC
6	EP	56	TMC	106	TMC	156	DEM	206	TMSC
7	EP	57	TMC	107	TMC	157	DEM	207	TMSC
8	EP	58	TMC	108	TMC	158	DEM	208	TMSC
9	EP	59	TMC	109	TMC	159	TMSC	209	TMSC
10	EP	60	TMC	110	TMC	160	TMSC	210	TMSC
11	EP	61	TMC	111	TMC	161	TMSC	211	TMSC
12	EP	62	TMC	112	TMC	162	TMSC	212	TMSC
13	EP	63	TMC	113	TMC	163	TMSC	213	TMSC
14	EP	64	TMC	114	TMC	164	TMSC	214	TMSC
15	EP	65	TMC	115	TMC	165	TMSC	215	TMSC
16	CV	66	TMC	116	TMC	166	TMSC	216	TMSC
17	CV	67	TMC	117	TMC	167	TMSC	217	TMSC
18	CV	68	TMC	118	TMC	168	TMSC	218	TMSC
19	CV	69	TMC	119	TMC	169	TMSC	219	TMSC
20	CV	70	TMC	120	TMC	170	TMSC	220	TMSC
21	CV	71	TMC	121	TMC	171	TMSC	221	TMSC
22	CV	72	TMC	122	TMC	172	TMSC	222	TMSC
23	CV	73	TMC	123	TMC	173	TMSC	223	TMSC
24	CV	74	TMC	124	TMC	174	TMSC	224	TMSC
25	CV	75	TMC	125	TMC	175	TMSC	225	TMSC
26	CV	76	TMC	126	TMC	176	TMSC	226	TMSC
27	CV	77	TMC	127	TMC	177	TMSC	227	TMSC
28	CV	78	TMC	128	TMC	178	TMSC	228	TMSC
29	CV	79	TMC	129	TMC	179	TMSC	229	TMSC
30	CV	80	TMC	130	TMC	180	TMSC	230	TMSC
31	CV	81	TMC	131	TMC	181	TMSC	231	TMSC
32	CV	82	TMC	132	TMC	182	TMSC	232	TMSC
33	CV	83	TMC	133	TMC	183	TMSC	233	TMSC
34	CV	84	TMC	134	TMC	184	TMSC	234	TMSC
35	CV	85	TMC	135	TMC	185	TMSC	235	TMSC
36	CV	86	TMC	136	TMC	186	TMSC	236	TMSC
37	CV	87	TMC	137	TMC	187	TMSC	237	TMSC
38	CV	88	TMC	138	TMC	188	TMSC	238	TMSC
39	CV	89	TMC	139	TMC	189	TMSC	239	TMSC
40	TMC	90	TMC	140	TMC	190	TMSC	240	TMSC
41	TMC	91	TMC	141	TMC	191	TMSC	241	TMSC
42	TMC	92	TMC	142	TMC	192	TMSC	242	TMSC
43	TMC	93	TMC	143	TMC	193	TMSC	243	TMSC
44	TMC	94	TMC	144	TMC	194	TMSC	244	TMSC
45	TMC	95	TMC	145	TMC	195	TMSC	245	TMSC
46	TMC	96	TMC	146	TMC	196	TMSC	246	TMSC

47	TMC	97	TMC	147	TMC	197	TMSC	247	TMSC
48	TMC	98	TMC	148	TMC	198	TMSC	248	TMSC
49	TMC	99	TMC	149	TMC	199	TMSC	249	TMSC
50	TMC	100	TMC	150	TMC	200	TMSC		
Total de observaciones									249
Intervalo de medición (segundos)									10

Actividad	ITEM	%	
Transporte con material	TMC	0.4578	45.78
Transporte sin material	TMSC	0.3655	36.55
Carguío a volquete	CV	0.0964	9.64
Descarga material a plataforma	DEM	0.0201	2.01
Otros TC	OTC	0.0000	0.00
Espera	EP	0.0602	6.02
Desperfectos en equipo	DE	0.0000	0.00
Descanso	D	0.0000	0.00
Otros TNC	OTN	0.0000	0.00

Análisis Rendimientos - Transporte de afirmado		
Factor de Rendimiento:		0.9
Maquinaria Usada	<u>Vol. (m3)</u>	
Volquetes		15
Análisis:		
Distancia promedio (km)		11.4
Velocidad Volquete Cargado (km/h)		35
Velocidad Volquete descargado (km/h)		40
Tiempo de viaje (min.)		37
Tiempo de carga (min.)		4
Tiempo de descarga (min.)		1
Tiempo de ciclo (min.)		42
Rendimiento Diario (m3/día)		185

Carta Balance									
Perfilado con aporte de material (estabilizado y sin estabilizar)									
Motoniveladora CAT 140H									
ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM
1	EXM	51		101		151		201	
2	EXM	52		102		152		202	
3	EP	53		103		153		203	
4	EXM	54		104		154		204	
5	PE	55		105		155		205	
6	PE	56		106		156		206	
7	CU	57		107		157		207	
8	CU	58		108		158		208	
9	PE	59		109		159		209	
10	PE	60		110		160		210	
11	PE	61		111		161		211	
12	CU	62		112		162		212	
13	MOV	63		113		163		213	
14	PE	64		114		164		214	
15	PE	65		115		165		215	
16	PE	66		116		166		216	
17	PE	67		117		167		217	
18	MOV	68		118		168		218	
19	CU	69		119		169		219	
20	CU	70		120		170		220	
21	CU	71		121		171		221	
22	MOV	72		122		172		222	
23	MOV	73		123		173		223	
24	PE	74		124		174		224	
25	PE	75		125		175		225	
26	PE	76		126		176		226	
27	PE	77		127		177		227	
28	PE	78		128		178		228	
29	MOV	79		129		179		229	
30	PE	80		130		180		230	
31	PE	81		131		181		231	
32	CU	82		132		182		232	
33	CU	83		133		183		233	
34	MOV	84		134		184		234	
35	MOV	85		135		185		235	
36	MOV	86		136		186		236	
37	EM	87		137		187		237	
38	EM	88		138		188		238	
39	EXM	89		139		189		239	
40	EXM	90		140		190		240	
41		91		141		191		241	
42		92		142		192		242	
43		93		143		193		243	

44		94		144		194		244	
45		95		145		195		245	
46		96		146		196		246	
47		97		147		197		247	
48		98		148		198		248	
49		99		149		199		249	
50		100		150		200			
Total de observaciones									40
Intervalo de medición (segundos)									60

Análisis Rendimientos - Perfilado, Cuneteo y Conformación			
Eficiencia del trabajo:		0.7	(*)
Producción	$A = S \times (Le - Lo) \times 1000 \times E$		(*)
	A: Área de operación horaria (m ² /h o pie ² /h)		
	S: Velocidad de operación (km/h o mph)		
	Le: Longitud efectiva de la hoja (m o pies)		
	Lo: Ancho de superposición (m o pies)		
	E: Eficiencia del trabajo		
Maquinaria Usada			
Motoniveladora			
Longitud cuchilla:		3.66	m (*)
Angulo de trabajo		45	grados (*)
Le:		3.11	m (*)
Lo:		0.6	m (*)
Cuneteo			
Velocidades (km/hora)	1		km/h
Ancho promedio	1		metro
Numero de pasadas	2		veces
Rendimiento	2800		m ² /día
Incidencia	0.2		
Extendido de material			
Velocidades	1		km/h
Ancho promedio	2.51		metro
Numero de pasadas	3		veces
Rendimiento	4685.333		m ² /día
Incidencia	0.13		
Perfilado y compactado			
Mezclado y homogenizado			
Velocidades	2		km/hora
Ancho promedio	2.51		metros
Numero de pasadas			
Sin aditivo	8		
Con aditivo	10		
Rendimiento sin aditivo	5020		m ² /día
Rendimiento con aditivo	2811.2		m ² /día
Incidencia	0.27		
Conformación			
Velocidades	3		km/hora
Ancho promedio	2.51		metros
Numero de pasadas			
Sin aditivo	14		
Con aditivo	16		

Rendimiento sin aditivo	3012	m2/día
Rendimiento con aditivo	2635.5	m2/día
Incidencia	0.41	

* = Tomado del manual de Rendimientos Edición 31 - Año 2000 de la Caterpillar

Carta Balance									
Transporte de agua (Cisterna WS2599)									
ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM	ID	ITEM
1	MOV	51	DA	101		151		201	
2	MOV	52	DA	102		152		202	
3	CA	53	DA	103		153		203	
4	CA	54	DA	104		154		204	
5	CA	55	DA	105		155		205	
6	CA	56	DA	106		156		206	
7	CA	57	DA	107		157		207	
8	CA	58	DA	108		158		208	
9	CA	59	DA	109		159		209	
10	CA	60	D	110		160		210	
11	CA	61	D	111		161		211	
12	CA	62	D	112		162		212	
13	CA	63	D	113		163		213	
14	CA	64	D	114		164		214	
15	CA	65	D	115		165		215	
16	CA	66	D	116		166		216	
17	CA	67	D	117		167		217	
18	CA	68	D	118		168		218	
19	TA	69	D	119		169		219	
20	TA	70	D	120		170		220	
21	TA	71	D	121		171		221	
22	TA	72	D	122		172		222	
23	DA	73	D	123		173		223	
24	DA	74	D	124		174		224	
25	DA	75	D	125		175		225	
26	DA	76	D	126		176		226	
27	DA	77	D	127		177		227	
28	DA	78	D	128		178		228	
29	DA	79	D	129		179		229	
30	DA	80	D	130		180		230	
31	DA	81		131		181		231	
32	DA	82		132		182		232	
33	DA	83		133		183		233	
34	DA	84		134		184		234	
35	DA	85		135		185		235	
36	DA	86		136		186		236	
37	DA	87		137		187		237	
38	DA	88		138		188		238	
39	DA	89		139		189		239	
40	DA	90		140		190		240	
41	DA	91		141		191		241	
42	DA	92		142		192		242	

43	DA	93		143		193		243	
44	DA	94		144		194		244	
45	DA	95		145		195		245	
46	DA	96		146		196		246	
47	DA	97		147		197		247	
48	DA	98		148		198		248	
49	DA	99		149		199		249	
50	DA	100		150		200			
Total de observaciones									80
Intervalo de medición (segundos)									60

Análisis Rendimientos - Transporte de agua					
Factor de Rendimiento:	0.9				
Maquinaria Usada	<u>Vol. (gal)</u>				
Cisterna	3106				
Análisis:					
Distancia promedio (km)	4.360				
Velocidad Cisterna Cargado (km/h)	10				
Velocidad Cisterna descargado (km/h)	20				
Tiempo de viaje (min.)	39				
Tiempo de carga (min.)	16				
Tiempo de descarga (min.)	37				
Tiempo de ciclo (min.)	92				
Rendimiento Diario (m3/día)	47				
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0f0ff;">Km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>35+050</td></tr> <tr><td>30+950</td></tr> <tr><td>24+600</td></tr> </tbody> </table>		Km	35+050	30+950	24+600
Km					
35+050					
30+950					
24+600					
Distancia media (km)					
4.360					
ID	Ubicación				
D(i) - D(i-1)	Dist. Recorrido (km)				
1	024+600				
	24.60				
7.74					
2	030+950				
	6.35				
2.61					
3	035+050				
	4.10				
1.03					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Análisis de Precios Unitarios - Sin Estabilización

Obra	Carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto					Fecha:	22/08/2009
Sub-Part	Estabilización de afirmado sin aditivo					Rend:	1
Und:	m2						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
2.00	Partidas Básicas						2.99
2.01	Limpieza de cunetas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.62	0.618		
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.44	0.438		
2.03	Riegos, Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	0.49	0.487		
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.68	0.675		
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	0.66	0.664		
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.11	0.108		

S/
Total / **m2** **2.99**

Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo					Rend.	2,800	m2/d
Und.	m3							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
	I Materiales						0.00	
	II Mano de Obra						0.00	
	III Equipo						0.62	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0029	216.39	0.62		
	Herramientas 5% MO		%	0.0500	0.00	0.00		
Total						S/	m3	0.62

Sub-Part	2.02 Tendido de material puesto a obra					Rend.	4,685	m2/d
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
	I Materiales						0.00	
	II Mano de Obra						0.06	
	Capataz	1	hh	0.0017	10.00	0.02		
	Peón	7	hh	0.0120	4.00	0.05		
	III Equipo						0.37	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0017	216.39	0.37		
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00		
Total						S/	m2	0.44

Sub-Part	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material					Rend.	5,020	m2/d
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
	I Materiales						0.00	
	Agua					0.00		
	II Mano de Obra						0.06	
	Capataz	1	hh	0.0016	8	0.01		
	Peón	7	hh	0.0112	4.00	0.04		
	III Equipo						0.43	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0016	216.39	0.34		
	Cisterna	0.75	hm	0.0012	68.88	0.08		
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00		
Total						S/	m2	0.49

Sub-Part Und.	2.04 Conformación de plataforma m2				Rend.	3,012	m2/d
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
					0.00		
II	Mano de Obra					0.10	
	Capataz	1	hh	0.0027	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0186	4.00	0.07	
III	Equipo					0.58	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0027	216.39	0.57	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.00	
Total					S/	m2	0.68

Sub-Part Und.	2.05 Perfilado y Compactación m2				Rend.	5,020	m2/d
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.06	
	Capataz	1	hh	0.0016	8	0.01	
	Peón	7	hh	0.0112	4.00	0.04	
III	Equipo					0.61	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0016	216.39	0.34	
	Cisterna	1.00	hm	0.0016	68.88	0.11	
	Rodillo	0.75	hm	0.0012	124.76	0.15	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00	
Total					S/	m2	0.66

Sub-Part Und.	2.06 Curado de material m2				Rend.	13,281	m2/d
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.00	
	Peón	1	hh	0.0006	4.00	0.00	
III	Equipo					0.11	
	Cisterna	0.25	hm	0.0015	68.88	0.11	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.00	0.00	
Total					S/	m2	0.11

* : Incidencia tomada del análisis de la carta balance de las partidas producción de afirmado.

Análisis de Precios Unitarios - Estabilización Zymplex PZ 22x

Obra	Carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto					Fecha:	22/08/2009	
Sub-Part	Estabilización de afirmado con Zymplex					Rend:	1	
Und:	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
2.00	Partidas Básicas					6.75		
2.01	Limpieza de cuentas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.53	0.529			
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.43	0.434			
2.03	Riegos, Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	1.94	1.937			
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.77	0.772			
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	2.97	2.974			
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.11	0.108			
Total						S/ /	m2	6.75
Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo					Rend.	2,800 m2/d	
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales						0.00	
II	Mano de Obra						0.00	
III	Equipo						0.53	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0029	185.00	0.53		
	Herramientas 5% MO		%	0.0500	0.00	0.00		
Total						S/	m2	0.53
Sub-Part	2.02 Tendido de material puesto a obra					Rend.	4,685 m2/d	
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales						0.00	
II	Mano de Obra						0.06	
	Capataz	1	hh	0.0017	8.00	0.01		
	Peón	7	hh	0.0120	4.00	0.05		
III	Equipo						0.37	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0017	216.39	0.37		
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00		
Total						S/	m2	0.43
Sub-Part	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material					Rend.	2,811 m2/d	
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales						1.07	
	Estabilizador Zymplex PZ 22x		Lt	0.0033	320.00	1.07		
II	Mano de Obra						0.10	
	Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02		
	Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08		
III	Equipo						0.77	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62		
	Cisterna	0.75	hm	0.0021	68.88	0.15		
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01		
Total						S/	m2	1.94

Sub-Part Und.	2.04 Conformación de plataforma m2			Rend.	2,636	m2/d	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I	Materiales						0.00
II	Mano de Obra					0.00	0.11
	Capataz	1	hh	0.0030	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0212	4.00	0.08	
III	Equipo						0.66
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0030	216.39	0.66	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.11	0.01	
Total					S/	m2	0.77

Sub-Part Und.	2.05 Perfilado y Compactación m2			Rend.	2,811	m2/d	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I	Materiales						0.00
II	Mano de Obra						0.10
	Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08	
III	Equipo						2.87
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62	
	Cisterna	1.00	hm	0.0288	68.88	1.98	
	Rodillo	0.75	hm	0.0021	124.76	0.27	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01	
Total					S/	m2	2.97

Sub-Part Und.	2.06 Curado de material m2			Rend.	13,281	m2/d	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I	Materiales						0.00
II	Mano de Obra						0.00
	Peón	1	hh	0.0006	4.00	0.00	
III	Equipo						0.11
	Cisterna	0.25	hm	0.0015	68.88	0.11	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.00	0.00	
Total					S/	m2	0.11

* : Incidencia tomada del análisis de la carta balance de las partidas producción de afirmado.

Análisis de Precios Unitarios - Estabilización Cloruro de Calcio

Obra	Carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto					Fecha:	22/08/2009	
Sub-Part	Estabilización de afirmado con Cloruro de Calcio					Rend:	1	
Und:	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
2.00	Partidas Básicas					11.15		
2.01	Limpieza de cuentas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.62	0.618			
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.43	0.434			
2.03	Riegos, Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	3.08	3.075			
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.77	0.772			
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	5.40	5.404			
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.84	0.843			
						S/	Total /	m2 11.15
Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo					Rend.	2,800 m2/d	
Und.	m3							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>* Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
I	Materiales					0.00		
II	Mano de Obra					0.00		
III	Equipo					0.62		
	Motoniveladora	1.00 hm	0.0029	216.39	0.62			
	Herramientas 5% MO	%	0.0500	0.00	0.00			
Total						S/ m3	0.62	
Sub-Part	2.02 Tendido de material puesto a obra					Rend.	4,685 m2/d	
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>* Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
I	Materiales					0.00		
			0	0.00	0.00			
II	Mano de Obra					0.06		
	Capataz	1 hh	0.0017	8.00	0.01			
	Peón	7 hh	0.0120	4.00	0.05			
III	Equipo					0.37		
	Motoniveladora	1.00 hm	0.0017	216.39	0.37			
	Herramientas 5% MO		0.0500	0.06	0.00			
Total						S/ m2	0.43	
Sub-Part	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material					Rend.	2,811 m2/d	
Und.	m2							
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>* Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>		
I	Materiales					2.21		
	Estabilizador Cloruro de Calcio	Kg	3.0000	0.74	2.21			
II	Mano de Obra					0.10		
	Capataz	1 hh	0.0028	8	0.02			
	Peón	7 hh	0.0199	4.00	0.08			
III	Equipo					0.77		
	Motoniveladora	1.00 hm	0.0028	216.39	0.62			
	Cisterna	0.75 hm	0.0021	68.88	0.15			
	Herramientas 5% MO		0.0500	0.10	0.01			

		Total		S/ m2		3.08	
Sub-Part	2.04 Conformación de plataforma			Rend.	2,636	m2/d	
Und.	m2						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales							0.00
II Mano de Obra						0.00	0.11
	Capataz	1	hh	0.0030	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0212	4.00	0.08	
III Equipo							0.66
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0030	216.39	0.66	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.11	0.01	
		Total		S/ m2		0.77	
Sub-Part	2.05 Perfilado y Compactación			Rend.	2,811	m2/d	
Und.	m2						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales							0.00
II Mano de Obra							0.10
	Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08	
III Equipo							5.30
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62	
	Cisterna	1.00	hm	0.0288	68.88	1.98	
	Rodillo	0.75	hm	0.0216	124.76	2.70	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01	
		Total		S/ m2		5.40	
Sub-Part	2.06 Sellado de material			Rend.	13,281	m2/d	
Und.	m2						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales							0.74
	Estabilizador Cloruro de Calcio		kg	1	0.74	0.74	
II Mano de Obra							0.00
	Peón	1	hh	0.0006	4.00	0.00	
III Equipo							0.11
	Cisterna	0.25	hm	0.0015	68.88	0.11	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.00	0.00	
		Total		S/ m2		0.84	

* : Incidencia tomada del análisis de la carta balance de las partidas producción de afirmado.

Análisis de Precios Unitarios - Material afirmado puesta a obra

Obra	Carretera Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto				Fecha:	22/08/2009	
Sub-Part	Material afirmado puesto a obra				Rend:	1	
Und:	m3						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
1.00	Partidas Básicas					2.64	
1.01	Costo de Cantera	m3	1.0000	0.60	0.601		
1.02	Producción de afirmado	m3	1.0000	2.27	2.266		
1.03	Transporte de afirmado a obra	m3	1.0000	0.37	0.374		
Total				S./	m3	2.64	
Sub-Part	1.02 .Producción de afirmado				Fecha:	22/08/2009	
Und.	m3/día				Rend:	1	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
1.021	Aflojar material de banco	m3	1.0000	1.49	1.49		
1.022	Zarandeo	m3	1.0000	0.40	0.397		
1.023	Carguío y volcado a volquete	m3	1.0000	0.37	0.374		
Total				S./	m3/día	2.27	
Sub-Part	1.021 Afloje de material				Fecha:	22/08/2009	
Und.	m3/día				Rend.	267.84	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.06	
	Peón	0.48	hh	0.0144	4.00	0.06	
III	Equipo					1.44	
	Retroexcavadora	0.48	hm	0.0144	99.65	1.43	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00	
Total				S/	m3/día	1.49	
Sub-Part	1.022 Zarandeo				Fecha:	22/08/2009	
Und.	m3/día				Rend.	459.2	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.02	
	Peón	0.22	hh	0.0038	4.00	0.02	
III	Equipo					0.38	
	Retroexcavadora	0.22	hm	0.0038	99.65	0.38	
	Herramientas 5% MO			0.0000	0.02	0.00	
Total				S/	m3/día	0.40	
Sub-Part	1.023 Carguío y volcado a volquete				Fecha:	22/08/2009	
Und.	m3/día				Rend.	688.5	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.01	
	Peón	0.30	hh	0.0035	4.00	0.01	
III	Equipo					0.36	
	Retroexcavadora	0.30	hm	0.0035	103.87	0.36	
	Herramientas 5% MO		5%	0.0500	0.01	0.00	
Total				S/	m3/día	0.37	
Sub-Part	1.03 Transporte de afirmado a obra				Fecha:	22/08/2009	
Und.	m3/día				Rend.	185	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
I	Materiales					0.00	
II	Mano de Obra					0.17	
	Peón	1.00	hh	0.0432	4.00	0.17	
III	Equipo					5.01	
	Volquete 15 m3	1.00	hm	0.0432	115.64	5.00	
	Herramientas 5% MO		5%	0.0500	0.17	0.01	
Total				S/	m3/día	5.18	

* : Incidencia tomada del análisis de la carta balance de las partidas producción de afirmado.