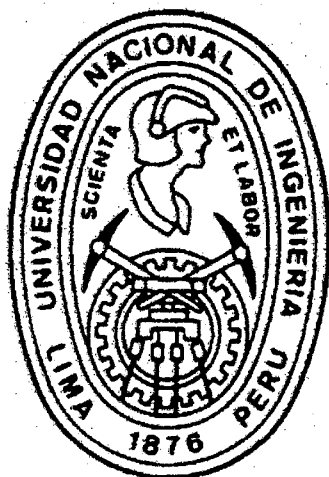


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**MEJORAMIENTO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS
EN EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO MEDIANTE LA
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COMPARANDO EL
ESTABILIZADOR ORGÁNICO PERMA-ZYME 22x Y EL
PROBASE TX - 55**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Miguel Ángel Ballarín Zavala

Digitalizado por:

LIMA - PERÚ
2006

RESUMEN

El presente trabajo muestra la evaluación técnico-económica para un camino no pavimentado, es decir a nivel de afirmado, en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos de la estructura de la subrasante, a través de la comparación de dos aditivos químico-líquidos, el Permazyme 22x y el Probase TX-55.

En esta investigación se describen las propiedades que poseen el Permazyme 22x y el Probase TX-55, las que permiten actuar como estabilizadores para cohesionar los suelos. Además se entregan las dosificaciones del distribuidor y las empleadas en el estudio, las características físicas que deben tener los áridos para su utilización, la forma del proceso constructivo y los controles que se deben tener en la preparación de los especímenes y tramos de prueba, a fin de obtener la concentración óptima para finalmente lograr una aplicación exitosa en el campo.

El resultado de las experiencias llevadas a cabo en el laboratorio, permitió estudiar el comportamiento del Permazyme 22x y el Probase TX-55 con suelos arenosos mediante ensayos de CBR, observando si ambos productos proporcionaban resultados favorables a este tipo de suelo, encontrándose que no mostraban cambios sustanciales en las propiedades de soporte de carga para el suelo en estudio.

También, se trató de determinar el momento óptimo de realizar la inversión en conservación vial en un camino estabilizado y de definir qué actividades serían las necesarias para este tipo de trabajo, en función al deterioro de la superficie de rodadura asociado a diferentes factores tales como clima, tránsito, indicativos de mantenimiento rutinario entre otros. La tarea fue compleja y por tal motivo se optó por establecer un periodo "ideal de 5 años" para desarrollar estas operaciones y que nos permita realizar el modelo de evaluación económica eficientemente.

Se efectuó un análisis y evaluación económica de las alternativas propuestas en relación a los costos de inversión y de conservación vial, basados en el reemplazo de las actividades de explotación de canteras y movimiento de tierras por la de estabilización de suelos de la subrasante.

Se comparó los resultados que se obtienen con los estabilizadores de suelos con respecto a los métodos tradicionales de mejoramiento de los caminos no pavimentados, permitiéndose apreciar que la alternativa más rentable es la tradicional o la de rehabilitación de caminos, por presentar un menor costo global actualizado.

Finalmente, cabe añadir que no habría que descartar de primer plano la opción de utilizar estabilizadores de suelos, puesto que existen beneficios importantes que se puedan traducir en menores costos de mantenimiento rutinario y periódico, ahorros de tiempo de viaje, ahorros de costos de operación y un mejor confort y seguridad para los usuarios como ganancia fundamental del uso de los aditivos en el tiempo, simplemente hay que ahondar las investigaciones y complementarlas con estudios de campo para tener mayor confianza y certeza de su comportamiento y se refleje en los beneficios descritos.

AGRADECIMIENTOS

En la elaboración de este trabajo de investigación, he necesitado de la colaboración y apoyo de muchas personas entre ellas al personal de las microempresas de mantenimiento rutinario de los pueblos de San Rafael y Corralcancha, quienes me recibieron con mucha hospitalidad y amabilidad, y me ayudaron en las actividades de exploración de campo.

De una forma muy especial quiero agradecer a mis asesores, los ingenieros Gustavo Llerena Cano y Wilfredo Gutiérrez Lázares, quienes me ayudaron a conseguir uno de los principales objetivos en mi vida. Muchas gracias por darme este interesante tema de tesis, guiarme a lo largo del camino y transmitirme abiertamente sus conocimientos. También quisiera agradecer a los ingenieros Oscar Chávez, Mario Grimaldo y Armando Huamán, profesionales especialistas viales del Programa Especial de Infraestructura de Transporte Rural – Provías Rural y de la Gerencia de Mantenimiento, que con su apoyo desinteresado, brindaron sus conocimientos y expectativas en mí, para hacer de este trabajo un aporte en la ingeniería de suelos y carreteras.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería, por los conocimientos alcanzados a lo largo de los años, al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, por brindarme las instalaciones para el desarrollo de la investigación, así como al técnico Julio Chávez por la ayuda alcanzada.

Al ingeniero Rafael Menéndez y en especial a la ingeniera Guisselle Montoya, que con su experiencia y especial entusiasmo, permitieron que continuara y persistiera en el desarrollo de la tesis. Deseo que la relación de amistad que se ha formado, se enriquezca y perdure a través de los años.

Este objetivo que he alcanzado no es sólo mío sino también de mi familia, ya que son ellos quienes me brindaron su apoyo y motivación incondicional y es por eso

que este trabajo se los dedico y entrego. Gracias mamá, Cecita y Ángel, a ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que seré.

Finalmente, quiero agradecer a cada uno de mis amigos que confiaron y me apoyaron con verdadero aliento y cariño, sepan que cada día valoro más su amistad y la grandeza de la misma. Gracias Juan José, Juan Carlos, Rafael, Manuel, César, Carlos G., Cynthia, Wendy, Ana Karina, Eduardo, Edgar, Carlos A. y Víctor por ayudarme y estar siempre conmigo sobre todo en aquellos momentos de preocupación. A todos ustedes, muchas gracias.

*A mi madre, que con su cariño y esfuerzo,
me enseñó quien debería ser en la vida;*

*a mi hermana Cecilia, que con su alegría y confianza,
me entregó lo mejor de sí siempre,
gracias por ser mi compañera; y*

*a Ángel, mi amigo,
por su apoyo permanente,
esto también es para ti.*

ÍNDICE

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ABREVIATURAS

	Página
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	1
1.1. DESCRIPCIÓN	1
1.2. ESTABILIZADORES LÍQUIDOS DE SUELOS	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y PLAN DE TRABAJO	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. HIPÓTESIS DEL PROYECTO	9
1.5.1. Hipótesis general	9
1.5.2. Hipótesis específicas	9
1.6. ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES	14
2.1. INFRAESTRUCTURA DE LOS TRANSPORTES	14
2.1.1. La red vial peruana	20
2.1.2. Características de la red vial peruana	21
2.1.2.1. Denominación del sistema vial peruano	23
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	25
2.2.1. Ubicación	25
2.2.2. Población	26

2.2.3. Clima	27
2.2.4. Topografía	27
2.2.5. Hidrografía	28
2.2.6. Actividades socio-económicas	29
2.2.7. Características de la red vial de Huánuco	30
2.2.8. Inversiones en la red vial rural de Huánuco	31
2.3. FALLAS TÍPICAS DE LOS CAMINOS RURALES	37
2.3.1. Categorías de los caminos rurales según su superficie de rodadura	37
2.3.2. Sección transversal impropia	40
2.3.3. Drenaje inadecuado	42
2.3.4. Ondulaciones	44
2.3.5. Exceso de polvo	45
2.3.6. Baches	49
2.3.7. Ahuellamientos	50
2.3.8. Pérdida de agregados	52
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON FINES DE ESTABILIZACIÓN	56
3.1. PRINCIPIOS FÍSICO-QUÍMICOS	56
3.1.1. Composición química de las partículas del suelo	59
3.1.2. Efecto del agua en los minerales del suelo	62
3.1.3. Ensayos de laboratorio	64
3.1.3.1. Descripción del suelo	65
3.1.3.2. Contenido de Humedad (MTC E-108 / ASTM D-2216)	67
3.1.3.3. Límites de Consistencia o de Atterberg (MTC E-110 y MTC E-111 / ASTM D-4318)	68
3.1.3.4. Granulometría (MTC E-107 / ASTM D-422)	69
3.1.3.5. Proctor Modificado (MTC E-115 / ASTM D-1557)	77
3.1.3.6. California Bearing Ratio CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)	78
3.1.3.7. Módulo Resiliente (MTC E-128 / ASTM D-2844)	84
3.1.3.8. Sales Solubles Totales (MTC E-219)	86

CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DE LOS PRODUCTOS	89
4.1. EXPERIENCIAS ANTERIORES EN ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS RURALES	92
4.1.1. Experiencias de estabilización de suelos con los aditivos seleccionados	93
4.1.2. Principios de la estabilización de suelos	94
4.1.2.1. Estabilizador líquido Permazyme 22x	95
4.1.2.2. Estabilizador líquido Probase TX-55	96
4.1.3. Ventajas que ofrecen los estabilizadores	96
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITIVOS EMPLEADOS	99
4.3. DOSIS DE APLICACIÓN	100
4.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA SU APLICACIÓN	112
4.5. ENSAYOS DE LABORATORIO CON ESTOS ESTABILIZADORES	113
4.6. CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL USO DE LOS ESTABILIZADORES	118
CAPÍTULO 5: PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	121
5.1. EQUIPO NECESARIO PARA LA APLICACIÓN	122
5.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO	122
5.3. ESPARCIMIENTO, COMPACTADO Y NIVELACIÓN FINAL	123
5.4. CURADO DEL TERRENO	124
5.5. PRUEBAS DE CAMPO	125
5.6. TIEMPO PARA SU APLICACIÓN	125
5.7. PROBLEMAS USUALES EN EL MOMENTO DE SU APLICACIÓN	126
5.8. DISEÑO DEL ESPESOR DE LA SUBRASANTE	129
5.9. APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL CAMPO	132
5.10. INFORMACIÓN PARA PRESUPUESTOS	142

CAPÍTULO 6: CONSERVACIÓN VIAL DE UN CAMINO RURAL	143
6.1. ESTADO SITUACIONAL DEL SISTEMA VIAL	144
6.2. LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CARRETERA	148
6.3. POLÍTICA DE CONSERVACIÓN VIAL ADECUADA	150
6.4. EL CICLO "NORMAL" DE LOS CAMINOS	155
6.4.1. Fase A: Construcción	156
6.4.2. Fase B: Deterioro lento y poco visible	156
6.4.3. Fase C: Deterioro acelerado y quiebre	157
6.4.4. Fase D: Descomposición total	159
6.5. ESQUEMA INTELIGENTE DE CONSERVACIÓN VIAL	159
6.5.1. La opción de tiempo (timing option)	164
6.5.2. La opción de dimensionamiento (dimensioning option)	166
6.5.3. La opción prohibida y sus consecuencias	167
6.6. TIPOS DE CURVAS PARA GRAFICAR EL DETERIORO DE LOS CAMINOS	168
6.7. DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE INTERVENCIÓN EN EL CAMINO	171
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS APLICACIONES CON ESTABILIZADORES	173
7.1. CONCEPTOS DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	176
7.2. COSTOS DE INVERSIÓN (C_0)	179
7.3. COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA	187
7.3.1. Costos de Mantenimiento Rutinario (M_r)	187
7.3.2. Costos de Mantenimiento Periódico (M_p)	189
7.3.3. Aspectos socioeconómicos acerca del mantenimiento de caminos	190
7.3.3.1. Reducción de los costos de transporte	190
7.3.3.2. Reducción de los tiempos de viaje	190
7.3.4. Valor Residual (V_r)	191
7.4. COSTOS DE LOS USUARIOS (C_u)	192

7.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA TRADICIONAL VERSUS LAS ALTERNATIVAS CON UTILIZACIÓN DE ESTABILIZADORES	193
7.5.1. El Costo Global Actualizado (CGA)	197
7.5.2. Alternativas de evaluación económica	201

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	209
8.1. CONCLUSIONES	209
8.1.1. Conclusión general	209
8.1.2. Conclusiones específicas	210
8.2. RECOMENDACIONES	213

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CUADROS

	Página
2.01. PERÚ: Estimación (1970-2000) y Proyección (2000-2025) del Saldo Migratorio Rural-Urbano	15
2.02. Porcentaje de la población rural emigrante tomando como referencia los años de censo	16
2.03. Modalidad de Transporte de Pasajeros	18
2.04. Modalidad de Transporte de Carga	19
2.05. Inversión en infraestructura de transporte según Fuente de Financiamiento 1992–2002 (Millones de US (\$))	19
2.06. Longitud de la red vial del Perú (Km) – Año 2002	21
2.07. Población Total y Proyectada para el departamento de Huánuco	26
2.08. Población Inmigrante y Emigrante para el departamento de Huánuco en los años de Censo	27
2.09. Comparación de la red vial de Huánuco vs. la red vial del Perú	30
2.10. Inversiones en el departamento de Huánuco	33
2.11. Acciones en materia vial de Provías Rural entre 1995-2000 en el departamento de Huánuco (Km)	34
2.12. Inversión económica en el departamento de Huánuco en miles de dólares US (\$)	34
2.13. Resumen de la inversión en el departamento de Huánuco	36
2.14. Volumen de IMD para lo cual el uso de reductores de polvo sea rentable	48
2.15. Niveles de severidad para la evaluación de baches	50
3.01. Comparación de absorción de agua entre distintas partículas de suelo	64
3.02. Ubicación y profundidad de las exploraciones realizadas	66
3.03. Resumen de los resultados encontrados en el laboratorio	67
3.04. Resultados de Contenido de Humedad para las muestras recogidas del campo	68
3.05. Resultados de los ensayos de LL, LP e IP	69
3.06. Resultados del ensayo de granulometría de los suelos en estudio	70
3.07. Huso granulométrico para suelos estabilizados con	72

compuestos multienzimáticos orgánicos	
3.08. Resultados del ensayo de Proctor Modificado	78
3.09. Rango aproximado de OCH vs. Tipo de Suelo	78
3.10. Valores referenciales de CBR, usos y suelos	79
3.11. Resultados del ensayo del CBR del Suelo Patrón (SP)	80
3.12. Uso del suelo para la estructura del pavimento	81
3.13. Requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos	86
3.14. Resultados del ensayo de sales solubles totales	87
4.01. Relación de fabricantes y/o representantes de estabilizadores	90
4.02. Respuesta a la estabilización de los principales tipos de suelos	91
4.03. Experiencias de estabilizaciones a lo largo del mundo	92
4.04. Rangos de Aplicación recomendados pos los distribuidores	101
4.05. Dosificación con aditivo Permazyme 22x	105
4.06. Dosificación con aditivo Probase TX-55	106
4.07. Rangos de dilución recomendados por los distribuidores para los productos estabilizadores evaluados	108
4.08. Cálculo de los DMR y AMR para el estabilizador líquido Permazyme 22x	110
4.09. Cálculo de los DMR y AMR para el estabilizador líquido Probase TX-55	111
4.10. Características de los agregados para la aplicación de los estabilizadores	112
4.11. Comparación de los resultados del laboratorio vs. los requisitos de los agregados para el correcto funcionamiento de los estabilizadores	113
4.12. CBR de los suelos utilizando los aditivos Permazyme 22x y Probase TX-55	115
4.13. Comparación de los resultados del CBR patrón vs. los obtenidos utilizando los aditivos Permazyme 22x y Probase TX-55	115
4.14. Uso del suelo con estabilizador para la estructura del pavimento	118
5.01. Cálculo del valor representativo de la Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad del camino	133
5.02. Valores de Zo en la función Distribución Normal en tablas estadísticas	135
5.03. Valores de MDS y OCH para cada probabilidad descrita	136

5.04. Valores de Z_0 en la función Distribución Normal en tablas estadísticas para el Nivel de Confianza seleccionado	137
5.05. Intervalo de Confianza para cada caso de análisis	137
5.06. Cálculo del valor representativo de la Humedad Natural del suelo para el camino	138
5.07. Cantidad de aditivo estabilizador necesario para estabilizar el camino rural	139
5.08. Costo de los aditivos estabilizadores de suelos	141
6.01. Estado del camino	151
6.02. Rugosidad (IRI) para una superficie de rodadura de una carretera no pavimentada	152
6.03. Calificación del Índice de Serviciabilidad Actual (ISA)	152
7.01. Características básicas para la superficie de rodadura de los caminos de bajo volumen de tránsito	175
7.02. Características de los estudios en la fase de Pre-inversión	178
7.03. Costos de Inversión (Co): Presupuesto para la rehabilitación de la Carretera San Rafael-Corralcancha	182
7.04. Costos mínimos de inversión en la ejecución de proyectos viales por parte de Provías Rural	183
7.05. Costos de Inversión (Co): Presupuesto de la estabilización de suelos con el aditivo Permazyme 22x	185
7.06. Costos de Inversión (Co): Presupuesto de la estabilización de suelos con el aditivo Probase TX-55	186
7.07. Resumen de tarifas de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio (al 2005)	188
7.08. Resumen de costos de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio para un camino estabilizado con el aditivo Permazyme 22x	203
7.09. Resumen de costos de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio para un camino estabilizado con el aditivo Probase TX-55	204
7.10. Información de las alternativas para la evaluación económica	206
7.11. Incidencia de los componentes del Costo Global Actualizado (CGA)	207

FIGURAS

2.01. Escudo para carreteras nacionales	24
2.02. Emblema para carreteras departamentales	24
2.03. Círculo para carreteras rurales	24
2.04. Geografía del departamento de Huánuco	26
2.05. Camino rural de categoría A	38
2.06. Camino rural de categoría B	38
2.07. Camino rural de categoría C	39
2.08. Camino rural de categoría D (i)	39
2.09. Camino rural de categoría D (ii)	39
2.10. Sección transversal impropia (i)	41
2.11. Sección transversal impropia (ii)	41
2.12. Sección transversal impropia (iii)	41
2.13. Drenaje inadecuado (i)	42
2.14. Drenaje inadecuado (ii)	43
2.15. Drenaje inadecuado (iii)	43
2.16. Ondulaciones	44
2.17. Camino rural con exceso de polvo	47
2.18. Gráfica del Costo del Tratamiento Anti polvo vs. TPD	48
2.19. Camino rural con baches	50
2.20. Camino rural con ahuellamientos (i)	51
2.21. Camino rural con ahuellamientos (ii)	51
2.22. Camino rural con pérdida de agregados (i)	53
2.23. Camino rural con pérdida de agregados (ii)	54
2.24. Camino rural con pérdida de agregados (iii)	54
3.01. Hidratación del ion sodio	58
3.02. Esquema de la estructura de la lámina silícica	60
3.03. Esquema de una unidad hexagonal de una lámina silícica	60
3.04. Esquema de la estructura de la lámina alumínica	61
5.01. Motoniveladora pasando rastra para romper el sustrato	127
5.02. Mezclado y nivelación de la carretera	127
5.03. Regado con el estabilizador líquido	128

5.04. Compactado con el rodillo tandem	128
5.05. Curvas de diseño de espesores del método USACE	131
5.06. Ejemplo de cómo se debe leer los valores probabilísticas en la Curva de la Distribución Normal	135
6.01. Rehabilitación de la estructura del pavimento con ISA = 3.0	154
6.02. Rehabilitación atrasada del pavimento con ISA = 2.0	154
6.03. Forma general del ciclo de cambio	168
6.04. Ciclo de deterioro rápido	169
6.05. Ciclo de deterioro lento	169
6.06. Ciclo tipo conservación (Mantenimiento Periódico)	170
6.07. Ciclo de reconstrucción	170
6.08. Ciclo de opción prohibida	171
7.01. Costos asociados a la operación de un camino rural durante el periodo de análisis económico	196
7.02. Flujo de costos asociados al modelo de evaluación del camino rural en estudio	200

GRÁFICOS

3.01. Espectro de Curvas Granulométricas	73
3.02. Envolvente de Curvas Granulométricas	74
3.03. Envolvente de Curvas Granulométricas para Suelos con clasificación SP	75
3.04. Envolvente de Curvas Granulométricas para Suelos con clasificación SW	76
3.05. Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SP para el Suelo Patrón	82
3.06. Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SW para el Suelo Patrón	83
3.07. Módulo Resiliente vs. CBR	85
6.01. Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo	155
6.02. Políticas óptimas y no óptimas para caminos, Caso A: Efectos para la agencia vial	162
6.03. Políticas óptimas y no óptimas para caminos, Caso B: Efectos para los usuarios	163
7.01. Incidencia de los componentes del Costo Global Actualizado (CGA)	208

ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
AMR	Application Mass Ratio (Razón de Aplicación de Masa)
APU	Análisis de Precios Unitarios
ASTM	American Society for Testing and Materials
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de la Reconstrucción y Fomento (World Bank)
CBR	California Bearing Ratio (Índice de Soporte de California)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CGA	Costo Global Actualizado
CISMID	Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
Co	Costos de Inversión
Cu	Costos de los Usuarios
COPACA	Congreso Panamericano de Carreteras
CPM	Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica)
Cu	Costos de los Usuarios
DG	Manual de Diseño Geométrico de Diseño de Carreteras
DGCF	Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
DGPM	Dirección General de Programación Multianual
DMR	Dilution Mass Ratio (Razón de Dilución de Masa)
FHWA	Federal Highway Administration
FIP	Fondo Italo Peruano
GP	Gerencia de Proyectos (Provías Rural)
GPP	Gerencia de Planificación y Presupuesto (Provías Rural)
GM	Gerencia de Mantenimiento (Provías Rural)
ICG	Instituto de la Construcción y Gerencia
IGV	Impuesto General a las Ventas
IMD	Índice Medio Diario
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IRI	Índice de Rugosidad Internacional

ISA	Índice de Servicio Actual
MDS	Máxima Densidad Seca
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
Mp	Mantenimiento Periódico
Mr	Mantenimiento Rutinario
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OAT	Oficina de Apoyo Tecnológico (ex - Laboratorio Central)
OCH	Óptimo Contenido de Humedad
OEA	Organización de Estados Americanos
OPP	Oficina General de Planificación y Presupuesto
PBI	Producto Bruto Interno
PIP	Proyecto de Inversión Pública
PVR	Provías Rural
SSATP	Sub-Saharan African Transport Policy Program
SINMAC	Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras
SIECA	Secretaria de Integración Económica Centroamericana
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TD	Tasa de Descuento
TRB	Transportation Rubber Bureau
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
USACE	United States Army Corps of Engineers
USAID	United States Agency of International Development
USFS	United States Forest Service
VA	Valor Actual
VAN	Valor Actual Neto
Vr	Valor Residual
WBS	Work Breakdown Structure (Estructura de Descomposición del Trabajo)

CAPÍTULO N° 1

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN

La estabilización de suelos se ha venido desempeñando con materiales tradicionales como la cal, el cemento entre otros. Los productos químico-líquidos son puestos en el mercado por un sin número de distribuidores con el fin de mejorar las propiedades estructurales de la base y sub-base de los pavimentos afirmados y/o asfaltados. Los procesos de estabilización con estos productos no se entienden completamente y su propia composición química hace muy difícil de evaluar los mecanismos de estabilización y de predecir su desempeño a largo plazo. Dentro de ello, se propone estudiar los caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco, comparando la estabilización de suelos de un producto orgánico como es el Permazyme 22x versus el Probase TX-55 teniendo como objetivo principal, el investigar e identificar los mecanismos por los cuales estos suelos son modificados o alterados por los agentes químico-líquidos y observar si son eficaces y poderlos utilizar como alternativas para tratar dichos suelos. En tal sentido, se realizarán pruebas de laboratorio en especímenes de suelo en estado natural y con tratamiento para determinar si las dosificaciones conducen a cambios significativos en las características ingenieriles de los suelos estudiados. Los resultados de este trabajo mostrarán la necesidad de ejecutar ensayos de laboratorio antes de recomendar el uso de estos productos en aplicaciones de campo así como de la adecuada dosificación de los mismos.

1.2 ESTABILIZADORES LÍQUIDOS DE SUELOS

El tratamiento químico de la base y sub-base del afirmado y de los materiales del terreno de fundación se emprende para mejorar la compactación, para crear una superficie firme de funcionamiento, para aumentar la fuerza y la rigidez de la capa de cimentación, reducir el potencial de hinchamiento debido a los cambios de la humedad, o controlar el polvo en los caminos no pavimentados. La estabilización se puede realizar con cal, cemento Pórtland, entre otros. Las especificaciones técnicas para tratar los suelos de la carretera con estos materiales, apoyado por una buena comprensión de los mecanismos propios de modificación de suelos, han sido desarrolladas por algunas agencias (e.g., Meyers et al. 1976; Comité 1987 de TRB (Transportation Rubber Bureau); Comité 230 de ACI 1990; Departamentos Conjuntos del Ejército y de la Fuerza Aérea 1994). Los rangos de aplicación en el campo, se derivan a partir de años de experiencia demostrada con estos estabilizadores. En suelos inalterados y tratados pueden incluir ensayos como: límites de Atterberg, soporte de California (CBR), potencial de hinchamiento, esfuerzo de compresión no confinada y permeabilidad.

En algunos casos los suelos con alto contenido de sulfatos, al ser estabilizados con los químicos convencionales ricos en calcio, conducen al hinchamiento y levantamiento excesivo del suelo (Sherwood 1962; Mitchell 1986; Hunter 1988; Mitchell y Dermatas 1992; Dermatas 1995; Kota et al. 1996; Rollings et al. 1999). Las fallas ocurren cuando el calcio adicionado reacciona con los sulfatos y la alúmina, presente en el suelo, para formar una serie de sulfatos de calcio y de aluminio-hidratado que conducen a una reacción que causa una expansión volumétrica significativa (Hunter 1988; Mitchell y Dermatas 1992; Rollings et al. 1999). Los productos líquidos concentrados que no contienen calcio se pueden utilizar en suelos ricos en sulfatos sin causar una expansión excesiva debido a este proceso.

Numerosas propiedades de los productos químico-líquidos están promocionadas activamente en la estabilización de suelos para proyectos de carreteras. Provistos como líquidos concentrados, estos productos se diluyen en agua en el

sitio del proyecto y se esparcen en el suelo a ser tratado antes de mezclarse y compactarse. Además de ser más económico que transportar los materiales de cantera a estabilizar, estos productos son una alternativa potencialmente atractiva para el tratamiento de suelos con altas proporciones de sulfato. Sin embargo, hay un número de barreras técnicas al uso rutinario de estos productos. Primero, las sugerencias del distribuidor referentes a la efectividad del producto no están a menudo bien claras con las evaluaciones independientes de campo o del laboratorio realizado bajo condiciones controladas. Segundo, la composición química de estos productos generalmente se considera básica, y los distribuidores proporcionan información incompleta de los mecanismos de modificación del suelo. Las especificaciones técnicas para el uso de estos productos, incluyen ensayos para evaluar la eficiencia en estabilizar suelos, sin embargo, no se han desarrollado y evaluado adecuadamente. La carencia de una comprensión mecánica de los procesos de la estabilización genera limitaciones en el uso.

Un mínimo de doce estabilizadores de suelos no tradicionales fueron evaluados recientemente por el U.S. Army Engineer Research and Development Center (Santoni et al. 2002). Estos productos fueron defendidos por su potencial eficiencia en tratar materiales finos de arena del subsuelo. El esfuerzo de compresión inconfineda fue utilizado como índice de trabajo, con algunas muestras que eran sujetas a la adherencia húmeda después de diversos períodos de curado. La mayoría de los estabilizadores no exhibieron mejoras significativas del suelo en este estudio.

A pesar de las potenciales ventajas ofrecidas por varios estabilizadores de suelo no tradicionales, especialmente para tratar suelos ricos en sulfato, la mayoría de los ingenieros son renuentes a especificar el uso de estos productos. Esta carencia de la aceptación se puede deber a lo siguiente:

- La carencia de publicaciones, estudios independientes de estabilizadores basados en el no uso del calcio (Kota et al. 1996). Los resultados de los ensayos proporcionados por los distribuidores del producto no son

necesariamente imparciales (Petry 1997; Santoni et al. 2002) y se ven apropiadamente con escepticismo.

- Los datos de trabajo de campo son particularmente inexistentes. Scholen (1992; 1995) examinó un número de proyectos emprendidos por el U.S. Forest Service donde varios de estos productos fueron utilizados, para estabilizarse sobre todo caminos no pavimentados o afirmados. Mientras que había algunas fallas notables, atribuidas generalmente a la aplicación errada del producto, había un número de éxitos divulgados. Sin embargo, la mayoría de los casos estudiados de campo promovidos para demostrar las ventajas de estos productos comerciales, los cuales típicamente se dan sin datos sobre secciones de control inalteradas y son a menudo testimonios documentados pobremente.
- Hay una carencia de métodos estándar de ensayos de laboratorio que se pueden utilizar con eficiencia para predecir el funcionamiento en campo (Scholen 1992). Los procesos de prueba bien establecidos, son necesarios para cuantificar cuánto de un producto estabilizador en particular, puede proveernos las características específicas de un proyecto de suelos. Los programas de ensayo de laboratorio de esta clase deben incluir los especímenes inalterados controlados preparados de manera semejante, incluyendo el contenido en agua, así como las muestras químicamente tratadas (Petry y Das 2001; Petry 1997).
- Los resultados positivos o negativos obtenidos en el laboratorio son algunas veces cuestionados como predecibles en el funcionamiento de campo, porque la preparación de la muestra de laboratorio puede no simular totalmente las condiciones de campo. Por ejemplo, es posible alcanzar mezclas más uniformes del agente químico con las muestras de suelo pulverizado del laboratorio que en el campo (Petry 1997). Sin embargo, si un producto químico no muestra resultados positivos en el laboratorio cuando se mezcló con un suelo bien trabajado, es difícil obtener mejoras al mezclarse menos completamente en el campo.

- La información proporcionada por los distribuidores de los estabilizadores es a menudo inadecuada. Muchos fabricantes consideran comprensible y prioritario la composición química de sus productos, pero esto lo hace difícil, independientemente de determinar los mecanismos de estabilización y de pronosticar ventajas potenciales en el campo. En algunos casos, los rangos de aplicación recomendada en la literatura del producto están definidas pobre o inconsistentemente. En general, la renuencia para poner en práctica los estabilizadores de suelo no tradicionales se puede atribuir a la carencia de la experiencia técnica apropiada dentro de algunas compañías distribuidoras (Scholen 1992).
- Muy pocos ensayos simples, si se da el caso, se han conducido para identificar y describir los mecanismos por los cuales estos estabilizadores funcionan. Hay un temor por parte de los distribuidores de los productos, en publicar datos experimentales que puedan reportar mecanismos sustanciales de estabilización.
- La inestabilidad tanto de representantes como de los productos, hace difícil que una agencia vial, desarrolle confianza con un producto basado en experiencias a largo plazo.

Para tomar una mejor ventaja de estos productos, un primer paso es desarrollar una comprensión clara de los mecanismos intrínsecos por los cuales un suelo es modificado por estos estabilizadores químico-líquidos no tradicionales. En segundo lugar, las pruebas estándar de laboratorio en las muestras no tratadas y tratadas de suelo, preparadas bajo condiciones controladas, son necesarias para evaluar la potencial eficacia de estos productos en la modificación de las propiedades geotécnicas de varios suelos. La puesta en práctica de estos productos es probablemente, requerir el desarrollo de métodos estandarizados de pruebas que pueden utilizarse para predecir el desempeño en el campo de un suelo tratado de un sitio dado del proyecto, así como seleccionar correctamente los rangos de dosificación apropiados para el campo.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El Perú, al igual que muchos países, se encuentra explorando fórmulas que permitan generar los recursos necesarios, con el fin de mantener y mejorar su infraestructura vial. En dicha idea cabe mencionarse que el problema se agrava mucho más, por el hecho de que los presupuestos asignados para atender la red vial no siempre alcanzan a satisfacer todas las demandas que existen por infraestructura vial.

De acuerdo a lo indicado, en los últimos años se viene observando que el surgimiento de nuevos polos de desarrollo, el incremento del tráfico vehicular y el aumento en las cargas por eje, que obliga a analizar en forma acuciosa los costos de construcción, rehabilitación y de mantenimiento para las diferentes alternativas de solución que se adoptan en pos de consolidar una red vial transitable.

A lo expuesto, se ha venido observando un incremento sostenido en las inversiones para carreteras, pero no es menos cierto mencionar, que éstas han sido destinadas preferentemente a caminos principales, con la consiguiente postergación del desarrollo de rutas secundarias de tipo rural, las cuales, no siempre muestran volúmenes de tránsito suficientes, que las hagan viables desde el punto de vista de su rentabilidad económica, cuando se aplican los modelos de evaluación establecidos por las instituciones del Estado que resuelven sobre dichas materias.

Por las razones expuestas y con el fin de orientar soluciones concretas a la situación descrita, se sugiere el uso de técnicas no tradicionales en la construcción de caminos, las cuales hoy en día, se han comenzado a validar y a socializar en distintos encuentros tanto locales como mundiales vinculados a la ingeniería de carreteras.

Consecuentemente con lo señalado, la estabilización con productos químico-líquidos, constituye una alternativa para el mejoramiento de subrasantes y de carpetas de afirmado en caminos secundarios y que representa además, una

opción de menor costo y mejores condiciones de funcionalidad que el trabajo tradicional. Lo anterior, no debe entenderse como un reemplazo a carpetas de rodadura de suelo cemento, hormigón o asfalto, sino más bien representa una alternativa de interés para caminos con tráficos moderados a bajos, donde no se justifique una inversión con soluciones de mayor costo.

En el Perú ya existen experiencias de carácter local con la utilización de estabilizadores, alcanzándose resultados exitosos en algunas zonas, pero igualmente, hay otras aplicaciones en las cuales el comportamiento no ha sido del todo óptimo por deficiencias en general.

Si bien es cierto existen investigaciones realizadas en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) que explican la estabilización de suelos tales como: i) Garagoi Huamán Edgar (1994), "*Estabilización de suelos para carreteras en la selva*"; ii) Puente Campos Rolando Arturo (1999), "*Estabilización de suelos para carreteras*"; iii) Yturry Gárnica Alex Mauricio (1999), "*Investigación de aditivos estabilizadores de suelos para construcción de carreteras*"; iv) Ugaz Palomino Roxana María (2006), "*Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de la subrasante*", todas ellas exponen resúmenes del proceso de estabilización de suelos basados en el conjunto de experiencias desarrolladas con diferentes tipos de suelos y de estabilizadores disponibles en el mercado en ese entonces; por lo que nos debe llevar a la reflexión y a complementar los estudios ya desarrollados.

Con todo ello, se prevé que las utilidades de los resultados a obtener al realizar este estudio serán:

- a) **Económica**, la inversión económica cuando se realicen las tareas de rehabilitación o mantenimiento del camino será lo más tardía posible en el tiempo.
- b) **De relevancia social**, puesto que el camino estará en mejores condiciones y elevaría los niveles de desarrollo en la zona.
- c) **Administrativa**, para dar mayor prioridad a otras rutas y amplitud a la tarea de rehabilitación y mantenimiento de caminos.

- d) **Implicancia práctica**, si es necesario el considerar rentable o no el hecho de utilizar la estabilización de suelos como una alternativa ingenieril, en reemplazo de otras actividades comunes en la práctica diaria de la ingeniería de carreteras.

Por último, la representatividad de un método de diseño, la bondad de un proceso de estabilización, como igualmente la funcionalidad de una carpeta de rodadura, deben ser evaluadas mediante la observación del comportamiento de tramos experimentales, que vengán a avalar las consideraciones de orden teórico de las nuevas técnicas que se pretenden aplicar.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO Y PLAN DE TRABAJO

1.4.1 Objetivo General

Determinar las ventajas y desventajas de la estabilización de suelos en los caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco, comparando dos productos, el Permazyme 22x y el Probase TX-55 y de esta forma, averiguar si se puede considerar estos aditivos como alternativas de trabajo.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para el desarrollo de la investigación, se han planteado los siguientes objetivos específicos a tener en cuenta:

- a) Estudiar los principios físico-químicos que explican la estabilización de suelos con los aditivos químico-líquidos.
- b) Caracterizar los suelos de un camino rural susceptibles de ser usados en la estabilización con los productos químico-líquidos.
- c) Establecer el período de rehabilitación y/o mantenimiento de un camino rural estabilizado con estos estabilizadores.

- d) Realizar un análisis y evaluación económica de las aplicaciones con estos productos y determinar si estos son rentables.

1.5 HIPÓTESIS DEL PROYECTO

1.5.1 Hipótesis General

El transporte rural es una de las principales fuentes de movilización de las comunidades campesinas de nuestro país, lo que con el tiempo ha conducido a un empobrecimiento de la red vial rural, requiriendo de propuestas técnicas necesarias para su mejora y alcanzar niveles de serviciabilidad aceptables para beneficio de la población y de las actividades económicas de la zona.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- a) Los principios físico-químicos de la estabilización de suelos en el caso de los caminos con el tiempo han evolucionado en la mayoría de los casos.
- b) Los productos químico-líquidos alcanzan un óptimo desempeño en la estabilización, con las características necesarias de los suelos.
- c) El uso de los aditivos para mejorar las características de los suelos, permiten desarrollar una política de conservación de caminos y ampliar el horizonte de vida de la superficie de rodadura.
- d) En la parte económica, los estabilizadores de suelos presentan rentabilidades de diversos tipos que podrían ser aprovechados para mejorar y diversificar las inversiones en la red vial rural.

La investigación se desarrolla en las tareas de trabajo descritas brevemente a continuación:

Tarea 1. Seleccionar los estabilizadores químico-líquidos y los suelos que se evaluarán.

Dos productos comerciales fueron seleccionados dentro de los estabilizadores químico-líquidos de suelo que hay en el mercado para el estudio. Estos productos son el Permazyme 22x, producto elaborado con múltiples enzimas de materiales orgánicos fermentados; y el Probase TX-55 que está compuesto por soluciones inorgánicas y de cationes poliméricos. Se seleccionaron diez suelos de prueba, dentro de los cuales se destaca la presencia de arenas. Los suelos son de baja plasticidad y no plásticos, son suelos oriundos del departamento de Huánuco.

Tarea 2. Caracterización de los suelos.

El trabajo logrado bajo esta tarea establecerá la línea base de las características del suelo seleccionado antes de la reacción con los estabilizadores. Los ensayos serán conducidos para medir las características físicas-mecánicas. El estudio incluye los siguientes experimentos de laboratorio: Límites de Atterberg (LL-LP) y el Índice de Plasticidad (IP), la medida de la distribución de tamaño de grano, la Relación de Humedad - Densidad (Proctor Modificado), el Valor de Soporte de California (CBR) y el estudio de las Sales Solubles en estado natural; todos estos ensayos serán realizados utilizando los métodos estándar de las normas ASTM y/o Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000) de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF).

Tarea 3. Mecanismo de identificación de la reacción entre los suelos y los estabilizadores.

El acercamiento a identificar el mecanismo de modificación del suelo involucrará la reacción de los suelos y los estabilizadores, entonces identificaremos cambios en las propiedades del suelo tratado usando para ello el método de prueba descrito en la tarea 3 como el del Valor de Soporte de California (CBR). En la investigación no se desarrolla una fase de "micro-caracterización", concerniente en identificar cambios en las características físicas-químicas del suelo estudiado al nivel de la partícula.

Aquí, los suelos fueron mezclados con cada producto en los rangos de uso recomendados por los distribuidores, después se compactó y curó siguiendo una metodología específica de preparación de la muestra.

Tarea 4. Evaluar los resultados de laboratorio para asistir en el desarrollo de pautas racionales para el uso de los estabilizadores químico-líquidos de suelo.

Este estudio está avocado en describir los mecanismos por los cuales estos productos alteran un suelo. Sin embargo, dado la variabilidad normal entre diversos especímenes de prueba, las propiedades técnicas medidas de los suelos ensayados no fueron mejoradas consistentemente y substancialmente por el tratamiento con estos productos con los rangos recomendados de aplicación por los distribuidores. Por lo tanto, se recomienda que la potencial aplicación de estos productos en proyectos de carreteras rurales o en general, para cualquier proyecto de ingeniería, se deba preceder por pruebas de laboratorio cuidadosamente conducidas para evaluar la efectividad, así como el rango de dosificación apropiado de un producto dado; para los suelos encontrados en un sitio del proyecto en particular. Una guía específica para preparar los especímenes de prueba de suelo para las pruebas de evaluación, es recomendado.

Tarea 5. Identificación del tiempo ideal de ejecución de actividades de conservación de los caminos estabilizados.

Consiste en inferir el período óptimo de intervención del camino estabilizado y para ello se utilizará modelos de análisis de curvas de degradación de la superficie de rodadura, también existe la posibilidad de proponer nuevas formas de simulación de este fenómeno, puesto que no es muy usual encontrar información de este tratamiento en los caminos no pavimentados.

Tarea 6. Desarrollar procesos de análisis y evaluación económica.

Esta tarea se desarrollará bajo el esquema propuesto en la Guía General de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública a Nivel de Perfil, del Ministerio de Economía y Finanzas, para lo cual se dispondrá de los montos de la opción tradicional de rehabilitación de caminos

comparándolas con las alternativas de utilizar estabilizadores de suelos, y disponiendo de acciones de mantenimiento rutinario y periódico a lo largo del período de diseño estructural y de análisis económico.

Tarea 7. Preparación de los informes.

Los resultados de este estudio se presentan en tres proyectos discutibles:

- Una **primera parte** del informe de investigación, el cual da una documentación comprensiva del proyecto, incluyendo los análisis del laboratorio, de los ensayos de los suelos tratados y no tratados con los estabilizadores.
- Una **segunda parte**, donde se propone un valor de periodo de rehabilitación y/o mantenimiento de un camino rural estabilizado con estos estabilizadores y luego se desarrolla un análisis y evaluación económica de las aplicaciones con estos productos y se observa si son rentables en su utilización.
- Finalmente, el **informe resumido** del proyecto, que resume el trabajo logrado, los resultados, y da una lista de las recomendaciones y discrepancias para implementarse a futuro.

Estudios complementarios.

Según los resultados presentados en esta investigación, se podrán conducir estudios complementarios adicionales, con los mismos productos estabilizadores u otros, y otros tipos de suelos diversos, en un esfuerzo de determinar los rangos más altos y bajos de la dosis de aplicación. También se podrán elaborar estudios con ensayos adicionales (por ejemplo de resistencia a la compresión no confinada, corte directo, etc.) y realizar una caracterización según la composición química de los productos estabilizadores no tocada en este informe.

1.6 ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Después de este Capítulo 1 introductorio donde se explican los objetivos de la investigación y el plan de trabajo, el Capítulo 2 está dedicado a describir la infraestructura de transportes del país, la red vial peruana, las características del departamento de Huánuco y las fallas típicas en los caminos afirmados. Las características del suelo con fines de estabilización así como los resultados de los ensayos en los suelos no tratados se describen en el Capítulo 3. En el Capítulo 4, se describen las características de los principales constituyentes de los productos y también los resultados de los ensayos en los suelos tratados con estabilizadores. Los procesos constructivos en la estabilización de suelos se explican en el Capítulo 5. En el Capítulo 6, se da a conocer la determinación del periodo de inversión económica para la rehabilitación y/o mantenimiento en el camino estabilizado. Los análisis y evaluaciones económicas de las aplicaciones con estabilizadores se destacan en el Capítulo 7. Las conclusiones y las recomendaciones del proyecto se dan en el Capítulo 8 respectivamente. Los datos detallados de todas las pruebas conducidas en este estudio, así como otros datos de apoyo e información adicional se dan en los apéndices y/o anexos respectivos.

CAPÍTULO N° 2

GENERALIDADES

2.1 INFRAESTRUCTURA DE LOS TRANSPORTES

El Perú se enfrenta desde la década de los 70, a una reducción significativa del contingente de población establecido en las áreas rurales. Dicha población fue fundamentalmente la responsable del desempeño alcanzado por la economía del país en el sector agrícola. Para que se pueda tener una idea exacta de la magnitud de esta migración o éxodo rural, ésta representa una cifra del orden de más de 3.7 millones de personas que dejaron sus propiedades (Cuadro N° 2.01). El área rural ha funcionado tradicionalmente como un lugar de expulsión de personas, quienes buscando mejores oportunidades educativas, laborales, de salud, y también por razones familiares, dejaron el campo engrosando la creciente población de las ciudades, las que por su parte, secularmente han actuado como receptoras de población. Dicha población paso a hacer parte de las estadísticas que contabilizan el enorme contingente que vive en condiciones precarias en las ciudades de mediano y gran tamaño.

Cuadro N° 2.01
PERU: Estimación (1970-2000) y Proyección (2000-2025)
del Saldo Migratorio Rural – Urbano

PERÚ	QUINQUENIO	SALDO MIGRATORIO (miles)
ESTIMADO (Años)	1970-1975	567.4
	1975-1980	462.1
	1980-1985	550.0
	1985-1990	762.4
	1990-1995	891.8
	1995-2000	500.0
	Total	3733.7
PROYECTADO (Años)	2000-2005	500.0
	2005-2010	500.0
	2010-2015	450.0
	2015-2020	450.0
	2020-2025	450.0
	Total	2350.0

Fuente: Boletín de Análisis Demográfico N° 35, Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población 1950 - 2050, URBANA – RURAL 1970 – 2025, Cuadro N° 12, INEI, Julio 2001.

La revisión de las proyecciones revela que en el quinquenio 1970-1975, 567 mil personas habrían dejado el área rural para dirigirse al área urbana; mientras que en el quinquenio siguiente lo habrían hecho 462 mil. Posteriormente esta cifra habría crecido de manera abrupta alcanzando su máximo, 892 mil, en el quinquenio 1990-1995 cuando la población campesina atemorizada por la violencia subversiva dejó su lugar de origen para, básicamente, preservar su vida. Desde la segunda mitad de la década de los noventa la migración rural habría comenzando a descender en parte porque a partir del control del terrorismo, la población tuvo mayor garantía de una vida pacífica en el campo y también por la política de retorno de los desplazados que habría originado el regreso a Ayacucho, Huancavelica y Apurímac de población que una década antes migró hacia Lima.

La población urbana estimada en 18.6 millones en el año 2000 llegará a 26.8 millones en el año 2025. La población rural, cuyos efectivos se estiman en 7.3 millones para el año 2000 crecerá a 8.9 millones en el año 2025. En la proyección se ha supuesto una disminución de la migración rural-urbana que después de alcanzar su máximo (892 mil) en el quinquenio 1990-1995, disminuirá a 500 mil en el período 1995-2010 para luego estabilizarse en un

saldo migratorio negativo de 450 mil personas a partir del año 2010. Actualmente, alrededor del 72% de la población peruana reside en el área urbana calculándose que este porcentaje subirá a 75% en el año 2025.

Cuadro N° 2.02
Porcentaje de la población rural emigrante tomando como referencia los años de censo

PERÚ	DECENIO	MIGRACIÓN (Habitantes)	CENSO (Año)	POBLACIÓN (Habitantes)	Porcentaje (%) (*)
ESTIMADO (Años)	1970-1980	1,029.500	1972	14,121.484	7.29
	1980-1990	1,312.400	1981	17,762.231	7.39
	1990-2000	1,391.800	1993	22,639.443	6.15
	Total	3733.7			

Fuente: Perú Compendio Estadístico 2003, Cuadro 3.1, INEI, Marzo 2004.
 (*) Elaboración Propia.

Se observa que en el Cuadro N° 2.02 desde los años 70, los porcentajes de población rural emigrante a través del tiempo han sido constantes, tomando como base los años en los que se elaboraron los censos y observando que la población ha ido aumentando progresivamente.

Por otro lado, hay que añadir a todo lo mencionado, que las condiciones macroeconómicas presentes durante los últimos años, han visto que el país aumente alarmantemente los niveles de pobreza. Esto ha llevado a que los gobiernos, en todas sus esferas, desembolsen montos cada vez más significativos para atender a los programas sociales emergentes, en detrimento de la demanda exigida para hacer frente al sector de infraestructura vial, históricamente consumidor de elevados aportes de las inversiones públicas. Es notorio que los recursos desembolsados por el poder público para mantener al ciudadano en regiones urbanas sean substancialmente más elevados que aquellos que el gobierno dispone para brindar condiciones adecuadas de permanencia en el campo a la población rural.

Frente a esta situación, aumenta la responsabilidad de los gobiernos en todas sus esferas para desarrollar políticas públicas capaces de elevar el nivel de ingreso de las personas, con la promoción de inversiones en los más variados sectores, principalmente en el de infraestructura. De este modo se lograría que la población rural, especialmente aquella establecida en las regiones más pobres, consiga alcanzar patrones de vida similares a la de los habitantes de las zonas urbanas y de esa manera, consolidar sobre bases más duraderas, sus vínculos con los lugares donde vive.

En este universo, el sector vial desempeña un papel preponderante en la fijación del hombre en el campo ya que permite, a través de toda una red de caminos bien consolidada, promover la integración de la actividad económica en todos sus niveles. Este sector posibilita que las personas que viven en las más distantes comunidades tengan acceso permanente a los servicios públicos considerados básicos y esenciales y por ende, a una buena calidad de vida. Para que se pueda tener una idea más clara sobre la importancia de una red de caminos rurales bien consolidada, en estudios realizados por el sector de transportes de Rusia en 1988, se estimó que aproximadamente el 15% de toda su producción agrícola se perdía debido a las pésimas condiciones de circulación de los caminos.

El transporte vial creció rápidamente después de la segunda guerra mundial y es la forma predominante de transporte en todo el mundo. La importancia de las principales redes de transporte puede medirse por la proporción total de pasajeros y de carga que circula por las carreteras. En el contexto latinoamericano y del Caribe, el transporte carretero es responsable por más del 80% del movimiento de pasajeros y del 60% del transporte de carga.⁽¹⁾ En el caso específico de Perú, según estudios realizados por el MTC-Oficina General de Planificación y Presupuesto OPP, por intermedio de la Dirección de Información de Gestión, la modalidad de carretera o terrestre es responsable por aproximadamente el 87% del transporte de pasajeros y en el transporte de carga movilizadas por carreteras existe un vacío que aun no es posible cubrirlo por una

⁽¹⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) "*CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento*", Gobierno de Santa Catarina - Banco Mundial, pág. xvi.

serie de limitaciones entre ellas la carencia de una sola fuente que agrupe esta información, pero que a su vez podríamos afirmar que es el principal medio de transporte en operación (Cuadros N° 2.03 y N° 2.04). Con base en estas cifras, se puede tener una idea de la importancia de capital de la infraestructura vial en la economía y la movilidad de la población.

Cuadro N° 2.03
Modalidad de Transporte de Pasajeros

AÑO	PASAJEROS			
	Acuática (*)	Aérea	Ferroviaria	Terrestre
1999	--	7,543,893	793,000	45,937,096
2000	--	7,578,739	1,438,000	56,458,223
2001	--	7,139,610	1,314,000	58,545,519
2002	--	6,712,628	1,056,000	56,883,719
2003	--	6,950,717	1,283,000	54,317,471
TOTAL	--	35,925,587	5,884,000	272,142,028
TOTAL TRANSPORTADO	--	313,951,615		
Porcentaje (%) (**)	--	11.44	1.87	86.68

Fuente: MTC – GOP – Dirección de Información de Gestión.

(*) No se hallaron datos.

(**) Elaboración propia.

Basados en información del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, el Perú ha invertido en infraestructura de transporte en los últimos diez años más de US (\$) 2,470 millones de dólares en el mejoramiento, mantenimiento y ampliación de los 78,000 kilómetros de caminos que constituyen el sistema vial peruano, como se puede revisar en el Cuadro N° 2.05; lo cual nos obliga a pensar que se destinan grandes inversiones en este sector apelando al endeudamiento externo, como sistema de financiamiento para la ejecución de los trabajos programados.

Cuadro N° 2.04
Modalidad de Transporte de Carga

Modalidad de transporte de:	CARGA			
	AÑO	Acuática	Aérea	Ferroviaria
1999	5,696,000	127,078	5,055,000	--
2000	6,499,000	140,281	6,964,000	--
2001	6,637,000	143,337	7,337,000	--
2002	6,112,000	149,091	7,102,000	--
2003	6,535,000	169,337	7,158,000	--
TOTAL	31,479,000	729,124	33,616,000	--
TOTAL TRANSPORTADO	65,824,124			--
Porcentaje (%) (**)	47.82	1.11	51.07	--

Fuente: MTC-GOP Dirección de Información de Gestión.

(*) En la carga movilizada por carreteras existe un vacío que aun no es posible cubrirlo por una serie de limitaciones entre ellas la carencia de una sola fuente que agrupe esta información.

(**) Elaboración Propia.

Cuadro N° 2.05
Inversión en infraestructura de transporte según Fuente de Financiamiento
1992-2002 (Millones de US (\$))

Fuente de Financiamiento	Total	BID	BIRF	CAF	JBIC	KfW	Otros	Tesoro Público	Impuestos
BID I	366	210	-	49	-	-	6	58	43
BID II	557	252	-	-	-	-	29	196	80
BID III	500	300	-	-	-	-	-	200	-
BIRF I	343	-	150	-	-	45	6	142	-
KfW (Olmos-Corral Quemado)	19	-	-	-	-	9	-	10	-
CAF Pre-inversión	8	-	-	5	-	-	-	3	-
CAF Rioja-Tarapoto	78	-	-	50	-	-	-	28	-
Reconst. El Niño	12	8	-	-	-	-	0	4	-
CAF Ilo-Desaguadero	100	-	-	49	-	-	-	51	-
JBIC PE-P15	205	-	-	-	143	-	-	62	-
JBIC PE-P18	98	-	-	-	73	-	-	24	-
JBIC PE-P22	175	-	-	-	131	-	-	44	-
Tesoro Público	6	-	-	-	-	-	-	6	-
Total	2,466	770	150	153	348	54	42	827	123

Fuente: Perú Compendio Estadístico 2003, Cuadro 16.13, INEI, marzo 2004.

2.1.1 La red vial peruana

Según datos publicados en el Perú Compendio Estadístico 2003 del INEI, la red de carreteras que conecta todos los niveles jerárquicos de la red vial del Perú está compuesta por 78,319 Km de vías (Cuadro N° 2.06), de los cuales solo un 14.1% están pavimentados (11,044 Km) y los restantes 67,275 Km están constituidos por vías implantadas o abiertas de manera pionera. La gran mayoría de las mismas, en condiciones climáticas adversas, presentan serios problemas de circulación. Con los procesos de descentralización que actualmente se vienen desarrollando, los gobiernos regionales y los gobiernos locales empezarán a administrar esta red en una situación de gran escasez de recursos financieros y relegarán a un segundo plano las actividades destinadas al mantenimiento de caminos. Dada ésta situación, el lecho de estos caminos no está adecuadamente conformado, además de ser en muchos lugares el agente causante de la degradación ambiental. Los problemas surgen, en una primera instancia, por la falta de recursos como se dijo anteriormente, pero también en función de la insuficiente capacitación profesional de los encargados de la construcción de esos caminos, así como también la de los profesionales a quienes se confía los trabajos de mantenimiento.

Se crea de ésta manera un círculo vicioso, donde los gobiernos locales se enfrentan a demandas cada vez más frecuentes para que se realicen obras de mantenimiento de caminos. Esta situación trae por consecuencia que los administradores exijan mayores adquisiciones de maquinarias y equipos viales. Sin embargo no consiguen solucionar definitivamente el problema, ya que permanecen las principales causas del proceso. El sector agrícola en especial se ve doblemente perjudicado. Primero, debido al depósito del material de revestimiento de los caminos sobre los suelos agrícolas y segundo, porque el mal mantenimiento de los mismos dificulta el transporte de los productos durante la cosecha. Esto último se refleja en un aumento de los costos del transporte y fletes, lo que conlleva a un incremento aún mayor en el éxodo rural.

2.1.2 Características de la red vial peruana

En consecuencia con lo indicado, se puede señalar que la conformación geográfica del Perú, obliga a contar con una infraestructura caminera que integre todo el territorio nacional, no obstante lo complejo que pudiese ser este, desde el punto de vista de su topografía.

En la Cuadro N° 2.06 se clasifica la red vial nacional e igualmente en ella, se da cuenta de la extensión en kilómetros con sus correspondientes porcentajes.

Cuadro N° 2.06
Longitud de la red vial del Perú (Km) – Año 2002

Tipo de Superficie de Rodadura	Asfaltado	Afirmado	Sin Afirmar	Trocha	Porcentaje (%)	TOTAL (Km)
A) Red Nacional	8,989	6,911	1,063	195	21.91	17,158
B) Red Departamental	1105	6,064	4,257	2,826	18.20	14,251
C) Red Rural	950	5,973	7,519	32,468	59.90	46,910
TOTAL	11,044	18,948	12,839	35,489	100.00	78,319
PORCENTAJE (%)	14.10	24.19	16.39	45.31		100.00

Fuente: Perú Compendio Estadístico 2003, Cuadro 18.2, INEI, Marzo 2004.

La Red Nacional o Primaria (A), comprende las grandes rutas o ejes troncales de importancia nacional cuya función principal es comunicar y dar accesibilidad a todos los departamentos del país y a estos con el exterior, a partir de la cual se articulan las redes viales departamentales y vecinales, por lo que, la red vial nacional se concibe con un enfoque multimodal que considera la competencia o complementariedad con otros modos, según sea el caso.

Está constituida por tres carreteras longitudinales, la Panamericana, la Central y la Marginal de la Selva, y por las carreteras transversales de penetración que conducen a las fronteras socio-económicas y políticas más importantes, que, en determinados casos, tienen proyecciones interoceánicas que incluye los caminos internacionales, cuya influencia exceda el ámbito departamental y los accesos a puertos y aeropuertos de importancia internacional y nacional. La red vial nacional debe asegurar una conexión permanente y de buen estándar de

servicios entre las capitales departamentales, y todas estas con el exterior. La gestión sobre estas carreteras corresponde al MTC, y esta conformada por más 10,000 Km.

La Red Departamental o Secundaria (B), están constituidas por caminos cuyo rol fundamental es proveer accesibilidad y conectividad entre las provincias de un departamento. Su concepción y desarrollo responden a una versión global del departamento y su entorno regional, a su estrategia de desarrollo y a las necesidades de conexión que esta plantea, por lo que, su gestión debe ser centralizada a nivel departamental.

La Red Rural o Terciaria (C) llamada también de **Caminos Rurales**, cuya función es proveer la conexión básica entre pueblos o caseríos pequeños con la red vial departamental y nacional.

La red vial vecinal es la que articula los centros poblados más alejados con el resto del país, presentando características técnicas deficientes, lo que se traduce en escasos flujos de tráfico, originando atraso en el desarrollo social y económico del país y desequilibrio en los niveles de desarrollo entre regiones. En este contexto la rehabilitación de caminos vecinales incide en el desarrollo rural.

Los caminos rurales son una necesidad básica para suministrar un flujo regular de mercaderías y servicios desde y hacia una localidad. Permiten el desarrollo de las comunidades y por consiguiente mejoran la calidad de vida de sus habitantes. Al mismo tiempo debemos decir que los caminos rurales por si solos, no son capaces de romper las barreras que conducen al empobrecimiento de las comunidades. Pueden si ser importantes agentes inductores de crecimiento, al proporcionar significativos beneficios sociales y económicos.

Un número substancial de evidencias constatado en varios países, confirma el papel vital desempeñado por los caminos rurales en el desarrollo de la agricultura. En estudios realizados por el Banco Mundial (1993) se concluyó que la implantación de mejoras en la red vial rural tiene un efecto inmediato, no

solamente en la reducción del costo operacional de los vehículos, sino también al permitir la expansión de los servicios públicos en esas regiones. Como resultado, se comprobó que la asiduidad escolar creció y el acceso a los profesionales de la salud se volvió periódico. En los países en desarrollo y en los que la economía pasa por períodos de transición, de un 60 a 80% del transporte de pasajeros y de carga utiliza la red vial. La misma representa el único tipo de acceso a la gran mayoría de las comunidades rurales. ⁽²⁾

Podemos apreciar que la red rural es aproximadamente el 60% de la red vial del país, a su vez si lo analizamos por el nivel del tipo de superficie de rodadura equivale al 86% de la red vial nacional que se encuentra en un estándar de afirmado, sin afirmar y trocha.

Cabe anotar que, que no se tiene inventariada la red vial no motorizada y que corresponde a Caminos de Herradura, que sirven fundamentalmente a las familias y a las comunidades más alejadas y pobres del país.

2.1.2.1 Denominación del sistema vial peruano

La denominación del Sistema Vial Nacional es establecida y asignada por el MTC, que a su vez designa un código de ruta, que consiste en que para cada una de las carreteras de la red vial nacional, regional o local, se le asigne una identificación simplificada, que considera la jerarquía y ubicación geográfica de las vías. Este código va colocado dentro de un símbolo.

a) Simbología

De conformidad a lo dispuesto por la Organización de Estados Americanos (OEA) y en aplicación de los lineamientos aprobados en el Congreso Panamericano de Carreteras (COPACA), y demás dispositivos legales vigentes se establece la siguiente simbología:

⁽²⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) “*CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento*”, Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, pág 3.



Figura 2.01
Escudo para Carreteras Nacionales

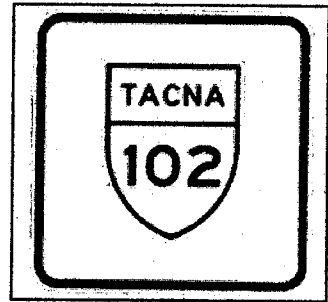


Figura 2.02
Emblema para Carreteras Departamentales

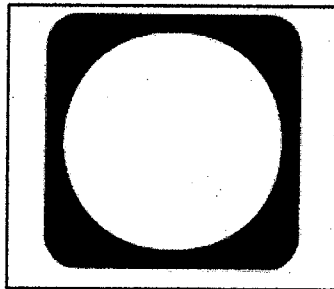


Figura 2.03
Círculo para Carreteras Rurales

Fuente: 1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002)
"Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Anexo C: Diseño de las Señales de Información, Señales Informativas" Instituto de la Construcción y Gerencia ICG, pág. 349.

b) Código Vial

El código vial permite la identificación rápida de una vía regional o local con relación a su ubicación geográfica. Por ejemplo para AMAZONAS, su código es AM, para JUNÍN es JU, para TACNA es TA y así sucesivamente.

c) Nomenclatura

La nomenclatura de las vías está efectuada mediante numerales como sigue a continuación:

- Red Vial Nacional (001 – 099)
- Red Vial Departamental (100 – 499)
- Red Vial Vecinal (500 – 999)
- Ruta Impar, define rutas longitudinales
- Ruta Par, define rutas transversales

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

La investigación se centra en los suelos del departamento de Huánuco por lo que a continuación se dará algunas de sus principales características de esta zona del país.

El departamento de Huánuco fue creado por ley el 24 de enero de 1869, por el entonces presidente José Balta, su capital es Huánuco, está constituido por 11 provincias y 71 distritos, entre las ciudades más importantes figuran Tingo María, Dos de Mayo, Ambo, Leoncio Prado y Pachitea.

2.2.1 Ubicación

Se encuentra ubicado en la parte centro oriental del Perú, entre la Cordillera Occidental y la Cuenca Hidrográfica del Río Pachitea, limitada de la siguiente manera:

- Por el Norte: con los departamentos de La Libertad y San Martín
- Por el Sur: con el departamento de Pasco
- Por el Este: con el departamento de Loreto
- Por el Oeste: con los departamentos de Lima y Ancash

Se encuentra localizado entre los $8^{\circ} 26' 55''$ de latitud Sur y los $74^{\circ} 22' 55''$ de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. La altitud varía desde los 330 m.s.n.m. hasta los 6,634 m.s.n.m. Tiene una superficie de 36,938 Km² y Huánuco como provincia tiene 4,091 Km².

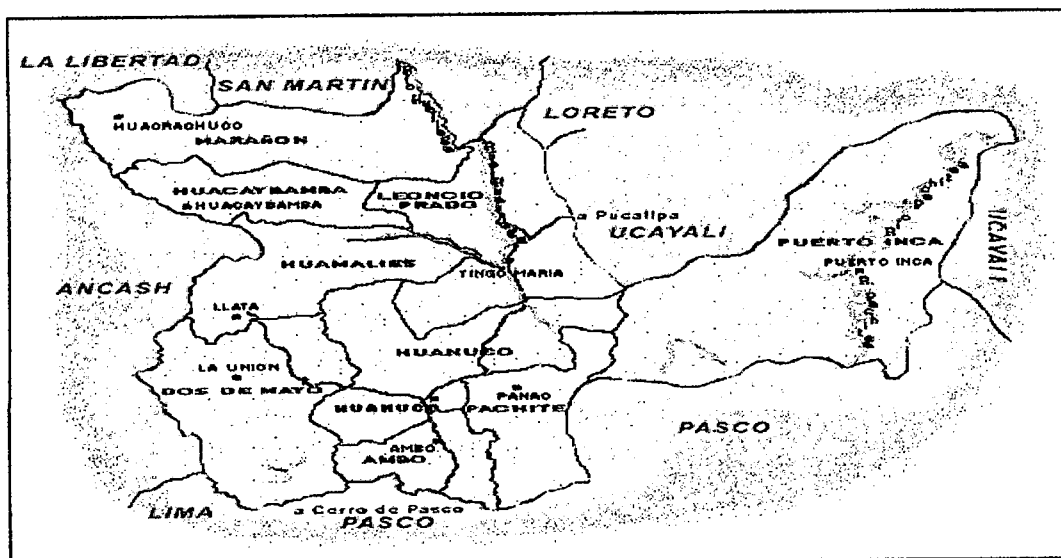


Figura 2.04, Geografía del departamento de Huánuco

2.2.2 Población

La población del departamento de Huánuco es un 3% de la población total del Perú según los años de censo (1972, 1981 y 1993); y según los años donde se tiene la población proyectada, es decir los años 2002, 2003 y 2005, será también aproximadamente de un 3% respecto a la población proyectada del Perú para ese entonces, según como se presenta en el Cuadro N° 2.07.

Cuadro N° 2.07
Población Total y Proyectada para el departamento de Huánuco

Año de Censo	Población de Huánuco	Población Total del Perú	Porcentaje (*)
			(%)
1972	426 628	14 121 484	3.02
1981	498 532	17 762 231	2.81
1993	678 041	22 639 443	2.99

Año proyectado	Población Proyectada de Huánuco	Población Proyectada del Perú	Porcentaje (*)
			(%)
2002	811,865	26,748,972	3.04
2003	822,804	27,148,101	3.03
2005	844 649	27 946 774	3.02

Fuente: Perú Compendio Estadístico 2003, Cuadro 3.1, INEI, marzo 2004.
(*) Elaboración Propia.

En el Cuadro N° 2.08, se puede observar como ha sido el comportamiento de la inmigración y emigración de los habitantes del departamento de Huánuco, en los años de censo, apreciando que el porcentaje de emigrantes es el doble que el de inmigrantes en todos los casos, entendiéndolo mejor como que hay más habitantes que se van del departamento, de los que llegan al mismo.

Cuadro N° 2.08
Población Inmigrante y Emigrante para el departamento de Huánuco en los años de Censo

Año de Censo	Inmigrantes	Emigrantes	Total de Inmig. y Emig. del año	Incremento del Mov. migratorio	Porcentaje (%) (*)	
					Inmigrantes	Emigrantes
1961	21 074	43 167	1 494 047		1.41	2.89
1972	35 202	83 414	2 485 536	991 489	1.42	3.36
1981	55 243	113 179	3 409 335	923 799	1.62	3.32
1993	75 270	158 463	4 534 545	1 125 210	1.66	3.49

Fuente: Perú Compendio Estadístico 2003, Cuadro 3.15, INEI, marzo 2004.

(*) Elaboración Propia.

2.2.3 Clima

Tiene un clima variado por los diferentes pisos altitudinales. Huánuco se caracteriza por un clima primaveral; y el departamento de Huánuco está enmarcado en 2 regiones: la Selva y la Sierra, su clima es templado seco, donde en verano llega a los 24°C y en tiempo de lluvia (de diciembre a abril) a los 18°C.

2.2.4 Topografía

La topografía es muy accidentada. Al oeste, se encuentra el profundo cañón formado por el Río Marañón; en la zona central, los cañones que forma el Huallaga y al este, el profundo valle del Río Palcazú. Alternado con estas formas, se encuentra la cordillera andina con sectores nevados como la Cordillera de Huayhuash y la Cordillera de Raura. El relieve de Carpish, entre Huánuco y Tingo María, sobrepasa los 3,500 metros de altitud. Al este y

formando una divisoria de aguas entre el Huallaga y el Ucayali, se encuentra la Cordillera Azul.

2.2.5 Hidrografía

En lo que respecta a hidrografía, el territorio de Huánuco pertenece a 3 cuencas; la del Marañón al oeste, la del Huallaga en la zona central y la del Pachitea al este.

El Río Marañón que corre de sur a norte, tiene sus nacientes en el nevado del Yerupajá a 5,800 m.s.n.m. en la llamada Cordillera de Rauna. Se origina en lagunas de formación reciente que colectan las aguas de fusión que descienden del nevado de Yerupajá. En su origen localizado en la provincia de Lauricocha, se llama Río Gauco, nombre con el cual penetra en las lagunas de Santa Ana y Lauricocha, saliendo de esta última con el nombre de Río Marañón.

El Río Huallaga, con nacimiento en el departamento de Pasco, al sur de la llamada Cordillera de Rauna, en la laguna de Huascacocha, en sus orígenes se llama Río Ranracancha y luego se llama sucesivamente Río Blanco y Río Chaupihuaranga, hasta unirse con el Río Huariaca, lugar a partir del cual toma la denominación de Río Huallaga. En Huánuco forma un importante valle interandino entre Ambo-Huánuco y Santa María del Valle luego de cruzar el relieve de Carpish ya en la Selva Alta, forma el valle de Tingo María, el Huallaga es afluente del Marañón, al que vierte sus aguas por la margen derecha y en territorio del departamento de Loreto, luego de recorrer aproximadamente 1,300 Km.

Al este el Río Pachitea, de la cuenca del Río Ucayali, toma su denominación desde la unión de los Ríos Palcazu y Pichis. Es uno de los mayores afluentes del Río Ucayali, al que da sus aguas por la margen izquierda.

También cuenta con lagunas, aguas termales y medicinales.

2.2.6 Actividades socio-económicas

Entre las actividades socio-económicas más importantes podemos mencionar las siguientes:

• **AGRICULTURA**

Es una de las actividades importantes en el departamento; los productos que se cultivan corresponden a los pisos altitudinales. Así, en la selva alta y baja se cultivan frutales, como plátano (segundo productor nacional), cacao, café, yuca; en los valles: frutales, hortalizas, alfalfa y caña de azúcar; y en las punas: papa (es el cuarto productor nacional), olluco, mashua, maíz, trigo, cebada, haba, oca, menestras, quinua, etc. Un cultivo significativo en la ceja de selva es el de la coca, cuya superficie cultivada se ha incrementado notablemente en los últimos años.

• **GANADERÍA**

En las partes altas o punas es extensiva; se crían vacunos, ovinos, auquénidos y principalmente porcinos con 167 980 cabezas, ocupando el cuarto lugar a nivel nacional. En tanto que en la zona selvática se practica una ganadería intensiva, pero poco desarrollada, predominando el ganado vacuno.

• **MINERÍA**

El potencial minero del departamento se concentra en la provincia de Dos de Mayo con más del 90% del total departamental. La explotación se realiza en base a la mediana minería. En los Ríos Pachitea y Huallaga existen lavaderos de oro, siendo el primero más importante. Minerales como: cobre, plomo, zinc, plata, hierro, mercurio, antimonio y oro.

• **INDUSTRIA**

Sus industrias están constituidas básicamente por pequeñas fábricas de productos alimenticios, como los molinos de granos, elaboración de gaseosas, transformación de madera, fabricación de productos metálicos, etc.

2.2.7 Características de la red vial de Huánuco

Según el Decreto Supremo N° 009-95-MTC se elaboró el clasificador de la red vial del país y por tipo de superficie, incluyendo nuevas rutas según las Resoluciones Ministeriales N° 473-97-MTC/15.02 y N° 052-97-MTC/15.03. A partir de esta información se presenta el Cuadro N° 2.09 que es la cantidad de kilómetros identificados para el departamento de Huánuco, por cada tipo de superficie y para cada clasificación de la red, asimismo, una comparación con respecto al total de que poseía la red para el año 1998 el cual equivale aproximadamente a un 3.71% de la red vial del país.

Cuadro N° 2.09
Comparación de la red vial de Huánuco vs. la red vial del Perú

		Total Km.	ASFALTADO Km.	AFIRMADO Km.	SIN AFIRMAR Km.	TROCHA Km.
HUÁNUCO	RED NACIONAL	691.40	279.06	330.54	81.80	0.00
	RED DEPARTAMENTAL	413.70	7.00	70.80	164.10	171.80
	RED VECINAL	1,805.18	0.00	142.00	153.40	1,509.78
	TOTAL	2,910.28	286.06	543.34	399.30	1,681.58
TOTAL	RED NACIONAL	16,857.19	7,989.54	6,641.98	1,899.21	326.46
	RED DEPARTAMENTAL	14,267.77	1,118.71	6,015.37	4,291.04	2,842.65
	RED VECINAL	47,288.99	942.34	5,959.21	7,755.47	32,631.97
	TOTAL (*)	78,413.95	10,050.59	18,616.56	13,945.72	35,801.08
En porcentaje (%) (**)	RED NACIONAL	4.10	3.49	4.98	4.31	0.00
	RED DEPARTAMENTAL	2.90	0.63	1.18	3.82	6.04
	RED VECINAL	3.82	0.00	2.38	1.98	4.63
		3.71	2.85	2.92	2.86	4.70

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF (1998), Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC.

(*) El total de Km difiere ligeramente del valor presentado en el Cuadro N° 2.06, ya que provienen de diferentes fuentes. (**) Elaboración propia.

Habría que decir, que con respecto a los caminos, en general la gran mayoría de estos, están ubicados en las zonas rurales donde fueron abiertos por los colonizadores de manera inadecuada; ellos se orientaron usando la estructura de las propiedades agrícolas y las facilidades del terreno. Durante períodos de intensas lluvias este trazado favorecía el desarrollo de procesos erosivos

perjudiciales a la pista de circulación, a las áreas marginales y a la plataforma en su totalidad. Muchos caminos evolucionaron a partir de pequeñas sendas y veredas utilizadas por los primeros grupos de personas que se establecieron en las más diversas regiones. Presentan trazados que atraviesan lugares con suelos de gran fragilidad de soporte. A medida que el tráfico fue creciendo, dichos senderos se fueron tornando en caminos y recibiendo entre otros servicios, mejoras graduales tales como los revestimientos de su superficie de circulación. Estas mejoras se hicieron sin ajustarse a ningún principio básico de ingeniería. ⁽³⁾

Actualmente, la red vial que conecta en sus diferentes niveles de jurisdicción a todas las regiones del departamento de Huánuco, está compuesta por 2,910.28 Km de vías, de las cuales 286.06 Km están pavimentados que equivale al 9.83% de la red vial de la región y 2,624.22 se encuentran al nivel de afirmado, sin afirmar o trocha, que representan el 90.17% de toda la red vial departamental. Cabe mencionar que estos valores pueden haberse actualizado puesto que estamos trabajando con información procedente de una base de datos, como ya lo mencionamos del año 1998.

En el Anexo A, se presenta un mapa vial del departamento de Huánuco, elaborado por Provías Rural, donde se presentan caminos clasificados según la superficie de rodadura.

2.2.8 Inversiones en la red vial no pavimentada de Huánuco

Se detalla las inversiones que se han realizado en el departamento de Huánuco en lo que se refiere a la red vial no pavimentada o afirmada, en los caminos de bajo nivel de tránsito y que se encuentran bajo la administración de Provías Rural.

⁽³⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) "*CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento*", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, págs. 3–4.

El Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural – Provías Rural (Ex Programa de Caminos Rurales) es la Unidad Ejecutora del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con autonomía técnica, administrativa y financiera que tiene por objetivo contribuir a superar la pobreza y propiciar el desarrollo rural a través de la provisión de la infraestructura vial rural (construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de los caminos rurales) dirigidas a crear y desarrollar mercados.

Desde 1995 hasta abril del 2001, Provías Rural con financiamiento del BID y Banco Mundial por un monto de US (\$) 256 millones, desarrolló la primera fase de intervención en 12 departamentos del país siendo estos: Ayacucho, Ancash, Apurímac, Cajamarca, Cusco, Cerro de Pasco, **Huánuco**, Huancavelica, Junín, Madre de Dios, Puno y San Martín, donde destaca la rehabilitación y el mantenimiento de más de 11,000 Km de caminos vecinales y el mejoramiento de más de 3,000 Km de caminos de herradura. Durante esta primera etapa el proyecto demostró que caminos vecinales afirmados, si están correctamente diseñados y están acompañados de un sistema de mantenimiento basado en microempresas formadas por miembros de la comunidad que viven alrededor del camino son técnica y económicamente viables y sostenibles, en la medida que los gobiernos locales y la comunidad organizada participen, por un lado, en la definición de los sub-proyectos materia de inversión y por otro, financiera e institucionalmente en la gestión vial de los caminos rurales.

Del 2001 al 2004 se desarrolló la segunda fase en los 12 departamentos donde actuó en la primera fase y 8 provincias adicionales de 7 nuevos departamentos con una inversión estimada de US (\$) 151 millones donde se rehabilitó y mantuvo 3,575 Km de caminos vecinales y mejoró 3,140 Km de caminos de herradura.

En el departamento de Huánuco, en lo que respecta a inversiones se puede mencionar lo siguiente a través del Cuadro N° 2.10:

Cuadro N° 2.10
Inversiones en el departamento de Huánuco

Año	Estudios Caminos Vecinales	Estudios Caminos Herradura	Obras de Rehab.	Mejor. de Caminos Herradura	Mant. Periódico	Mant. Rutinario
	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)
2002	215.51	219.27	--	--	347.68	1064.53 (*)
2003	--	--	158.96	213.59	58.07	1064.53
2004 (**)	250.92	126.00	116.57	76.00	44.54	1223.49

Fuente: Gerencia de Planificación y Presupuesto GPP (2004) "Inversiones en el departamento de Huánuco" Provias Rural.

(*) Rehabilitados en la I etapa. (**) Programados su ejecución en el 2004.

Adicionalmente, con el financiamiento del Fondo Contravalor Perú-Italia (FIP), en el 2003 se han realizado obras de rehabilitación de caminos vecinales de 26.88 Km que contó con mantenimiento rutinario.

Con respecto a Devida-USAID, en el año 2002-2003, se han realizado obras de rehabilitación de caminos vecinales de 24.48 Km y de mantenimiento rutinario de 80.44 Km. El 2004, con recursos ordinarios se continuó con el mantenimiento rutinario de los tramos rehabilitados por Devida.

En el período 2002-2004, se estima el monto total de inversión de S/. 30.26 millones (Ver Cuadro N° 2.13).

En el Cuadro N° 2.11, se observa las diferentes acciones realizadas en materia vial (estudios, obras, supervisión, etc.) por parte de Provias Rural, en su I Etapa (1995-2001), en el departamento de Huánuco.

Así mismo, en el Cuadro N° 2.12, se presenta los montos en miles de dólares US (\$), que se han invertido en los diferentes componentes en el departamento de Huánuco en el periodo comprendido entre 1995 y el 2001 (I Etapa), que en su totalidad equivale en US (\$) 27'206,000; siendo el año de 1997 el de mayor inversión y el componente de Obras de Rehabilitación Vial el que mayor presupuesto ha demandado en este período.

Cuadro N° 2.11
Acciones en materia vial de Provías Rural entre 1995-2000 en el
departamento de Huánuco (Km)

COMPONENTES	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
A. Obras de Rehabilitación Vial	--	189	763	--	128	63	--	1,143
B. Obras de Caminos de Herradura	--	--	227	--	279	--	--	506
C. Mantenimiento Vial	--	--	205	923	923	1,063	1,102	1,102
D. Estudios de Pre - Inversión	264	475	858	326	35	130	--	2,088
E. Supervisión de Obras	--	190	709	--	126	63	--	1,088

Fuente: Gerencia de Planificación y Presupuesto GPP (2004) "Inversiones en el departamento de Huánuco" Provías Rural.

De la misma forma en el Cuadro N° 2.13 se detalla en resumen, cual ha sido la inversión realizada y proyectada durante los años 2002 al 2004; observándose que los componentes de mayor incidencia son dos: la Rehabilitación de Caminos Vecinales y el Mantenimiento Vial Rutinario, ambos pertenecen a los fondos disponibles vía Convenio de Préstamo con el BID-BIRF.

Cuadro N° 2.12
Inversión económica en el departamento de Huánuco en miles de dólares US (\$)

COMPONENTES	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
A. Obras de Rehabilitación Vial	--	2,045	13,120	--	2,416	1,196	--	18,777
B. Fortalecimiento Institucional	--	--	117	--	5	--	--	122
C. Fenómeno El Niño	--	--	--	70	--	--	--	70
D. Obras de Caminos de Herradura	--	--	331	--	920	--	--	1,251
E. Mantenimiento Vial	--	--	78	512	1,020	1,839	356	3,805
F. Estudios de Pre-Inversión	124	404	753	171	15	174	--	1,641
G. Supervisión de Obras	--	180	1,128	--	179	53	--	1,540
TOTAL	124	2,629	15,527	753	4,555	3,262	356	27,206

Fuente: Gerencia de Planificación y Presupuesto GPP (2004) "Inversiones en el departamento de Huánuco" Provías Rural.

Por lo tanto, revisando lo invertido en la I Etapa (1995–2001), equivalente en US (\$) 27'206,000 y lo descrito para la ejecución de la II Etapa (desarrollándose en

la actualidad) concerniente a aproximadamente S/. 30.26 millones (US (\$) 8'645,714.3 considerando el Tipo de Cambio de 1 US (\$) = S/. 3.50), tenemos que el monto de inversión total en la red vial de Huánuco en su diversos componentes comprendido entre los años 1995 y 2004 equivale a **US (\$) 35'851,714.3** o su equivalente en moneda nacional de **S/. 125'481,000**; entonces por lo descrito en 2.1 INFRAESTRUCTURA DE LOS TRANSPORTES, la inversión en el sector de transportes es sumamente elevada para lo cual nos obliga a formular o aplicar nuevas tecnologías de trabajo de tal forma en reducir los costos en las obras ingenieriles y ampliar la frontera o expectativa de vida en cuanto a los proyectos que desarrollemos para así tener un mejor y mayor alcance de Kilómetros en buen estado de conservación.

Cuadro N° 2.13
Resumen de la inversión en el departamento de Huánuco

Fuente: Gerencia de Planificación y Presupuesto GPP (2004) "Inversiones en el departamento de Huánuco" Provias Rural.

COMPONENTE	Contratados 2002		Contratados 2003		Programados 2004 (**)		TOTAL	
	Km	\$/.	Km	\$/.	Km	\$/.	Km	\$/.
BID - BIRF								
Estudios de Caminos Vecinales	215.51	5,339,849.80		11,271,315.38	250.92	10,384,191.12	466.43	26,995,356.30
Estudios de Caminos de Herradura	219.27	611,007.66			126.00	834,260.00	345.27	1,445,267.66
Rehabilitación de Caminos Vecinales		278,768.10	179.96	6,279,524.89	116.57	181,440.00	296.54	460,208.10
Mejoramiento de Caminos de Herradura			213.59	1,284,795.85	76.00	6,031,776.99	289.59	12,311,301.88
Mantenimiento Periódico/Emergencia	347.68	1,633,282.00	58.07	326,349.99	44.54	478,800.00	450.29	1,763,595.85
Mantenimiento Vial Rutinario	1064.53	2,816,792.04	1064.53	2,816,792.04	808.41	2,014,645.16	1288.65 (*)	7,648,229.24
Supervisión			201.03	563,852.61	116.58	491,841.70	317.61	1,055,694.31
FONDO ITALO - PERUANO (FIP)								
Estudios de Caminos Vecinales			27.46	1,589,827.96		267,415.55	27.46	1,857,243.51
Rehabilitación de Caminos Vecinales			26.88	34,594.89			26.88	34,594.89
Mantenimiento Vial Rutinario			26.88	1,439,763.15	26.88	36,794.35	26.88	1,439,763.15
Supervisión			26.88	115,469.92			26.88	115,469.92
Gastos Administrativos						230,621.20		230,621.20
DEVIDA - USAID								
Rehabilitación de Caminos Vecinales	24.48	482,941.34		515,050.84		332,756.32	29.62	1,330,758.50
Mantenimiento Vial Rutinario	80.44	246,109.82			5.14	316,811.00	80.44	562,920.82
Mantenimiento Periódico/Emergencia		236,831.52	80.44	236,831.52	37.40	15,945.32	54.84	489,608.36
RECURSOS ORDINARIOS								
Mantenimiento Rutinario					37.40	74,123.98	37.40	74,123.98
TOTALES		5,822,791.14		13,376,204.18		11,058,486.97		30,257,482.29
								8,497,584.19

(*) En el 2004 se han transferido 184.148 Km a Gob. Locales y 296.10 Km al Gob. Regional

(**) Programación sujeta a modificaciones

3.49

3.56

3.60

2.3 FALLAS TÍPICAS DE LOS CAMINOS RURALES

Los caminos de una manera general presentan las más diferentes superficies de circulación y los más variados moldes de sección transversal. Su finalidad es satisfacer racionalmente las demandas de crecimiento del tráfico de vehículos en una determinada región, ciudad, o incluso en pequeñas comunidades aisladas. Por lo tanto, se propone una clasificación de los caminos según los materiales que componen su superficie de rodadura, la que puede estar conformada de manera general en: (i) mezclas bituminosas, (ii) concreto de cemento Portland, (iii) agregados naturales, (iv) agregados artificialmente producidos, (v) suelos naturalmente estabilizados y (vi) suelos constituidos por los materiales de su propia base o subrasante. ⁽⁴⁾

2.3.1 Categorías de los caminos rurales según su superficie de rodadura

Según los propósitos de la investigación y por lo que se ha podido observar en el campo, se describe a los cuatro últimos caminos, según los materiales que componen su superficie de rodadura presentándolos a continuación en forma de categorías:

Categoría A

Caminos cuya superficie de rodadura está compuesta por agregados naturales (Fig. 2.05) provenientes de canteras (cascajo, cantos rodados, gravas, etc.) y donde los materiales que la componen se ajustan a determinados parámetros en relación con su composición granulométrica y su tamaño.

⁽⁴⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) "CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, págs 4-5.



Figura 2.05. Camino Rural de Categoría A

Categoría B

Camino cuya superficie de rodadura está compuesta por agregados producidos artificialmente (materiales triturados) (Fig. 2.06) en forma de capas o incorporados en su base con el propósito de mejorar el soporte y la transitabilidad.

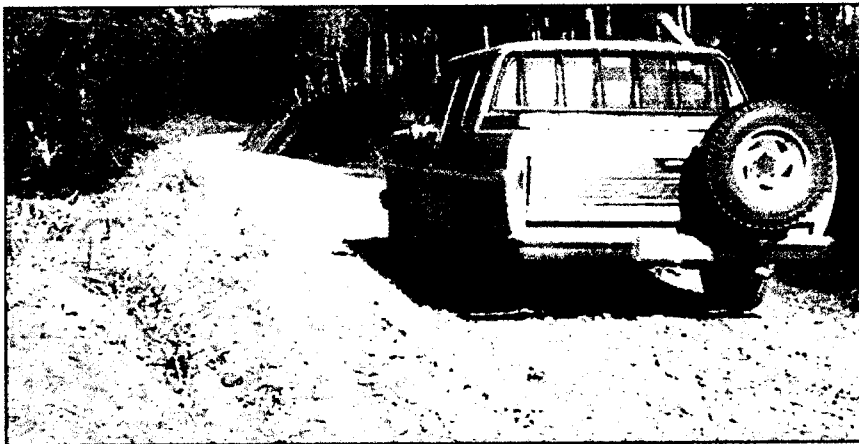


Figura 2.06. Camino Rural de Categoría B

Categoría C

Camino cuya superficie de rodadura está compuesta por materiales provenientes de canteras de suelos naturalmente estabilizados (finos, por ejemplo) o incluso otros materiales de granulometría semejante, tales como: arenas, pizarras, etc. (Fig. 2.07).



Figura 2.07. Camino Rural de Categoría C

Categoría D

Caminos cuyo trazado se desarrolló de manera pionera (Figs. 2.08 y 2.09) pero que pudo, por otro lado, haber sufrido mejoras en el molde de su sección transversal. Presentan una superficie de circulación compuesta por los materiales de su propio lecho natural, sin haberseles agregado ningún otro tipo de materiales inertes para mejorar sus condiciones de circulación.



Fig. 2.08. Camino Rural de Categoría D (i)



Fig.02.09. Camino Rural de Categoría D (ii)

Por lo desarrollado, se procede a tratar los defectos más frecuentes que se presentan en los caminos rurales. La clasificación de estos defectos o fallas que se adoptará a continuación, es la misma inicialmente sugerida por el "U.S. Army Corps of Engineers" USACE (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América) en el documento titulado "Special Report 87-15", divulgado en el año 1987 y actualizado en diciembre del año 1992 en el "Special Report 92-96".

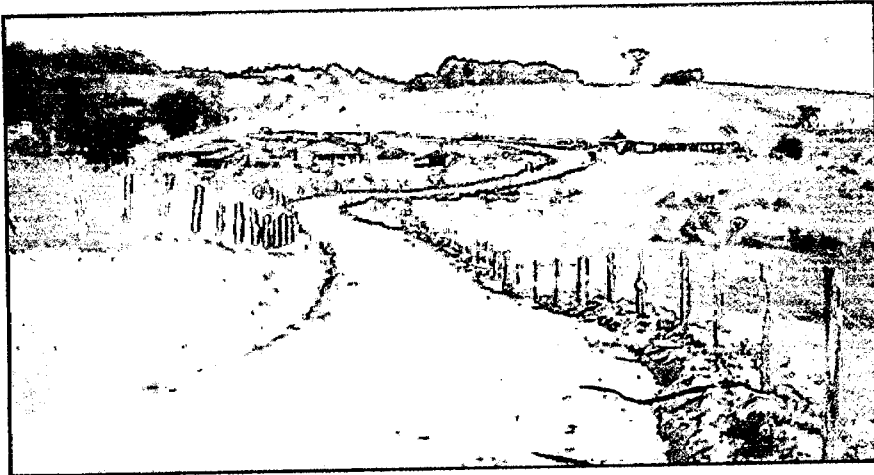


Figura 2.07. Camino Rural de Categoría C

Categoría D

Camino cuyo trazado se desarrolló de manera pionera (Figs. 2.08 y 2.09) pero que pudo, por otro lado, haber sufrido mejoras en el molde de su sección transversal. Presentan una superficie de circulación compuesta por los materiales de su propio lecho natural, sin haberseles agregado ningún otro tipo de materiales inertes para mejorar sus condiciones de circulación.



Fig. 2.08. Camino Rural de Categoría D (i)



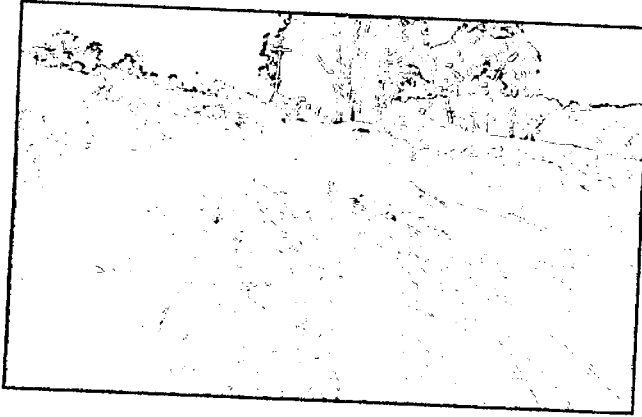
Fig.02.09. Camino Rural de Categoría D (ii)

Por lo desarrollado, se procede a tratar los defectos más frecuentes que se presentan en los caminos rurales. La clasificación de estos defectos o fallas que se adoptará a continuación, es la misma inicialmente sugerida por el "U.S. Army Corps of Engineers" USACE (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América) en el documento titulado "Special Report 87-15", divulgado en el año 1987 y actualizado en diciembre del año 1992 en el "Special Report 92-96".

La adopción de esta clasificación, se fundamenta en su amplitud y propiedad, así como en la metodología basada en parámetros muy específicos desarrollados por dicha institución. Dicha clasificación está destinada a evaluar la magnitud y gravedad de los defectos y generó la consolidación de directrices que posibilitan una mejor gestión en las intervenciones en una red de caminos; por ello se tratará cada una de estas situaciones y sus causas probables. Las alternativas de solución serán presentadas en el transcurso de cada uno de los tipos de fallas clasificados. La clasificación estableció siete situaciones-problema, tipificadas de la manera siguiente: (i) sección transversal impropia, (ii) drenaje inadecuado, (iii) ondulaciones, (iv) exceso de polvo, (v) baches, (vi) ahuellamientos y (vii) pérdida de agregados.

2.3.2 Sección transversal impropia

La superficie de rodadura de un camino rural no pavimentado debe estar conformada de tal modo que permita el drenaje eficiente de las aguas superficiales que se precipitan sobre la plataforma hacia los dispositivos de captación y escurrimiento (cunetas, disipadores de energía). Después de un breve análisis de las imágenes presentadas a continuación, se hace evidente la importancia de la configuración de la sección transversal con parámetros físicos muy bien determinados y que se ajusten racionalmente a las demandas de tráfico. Los caminos rurales que presentan medidas patrón muy por debajo de sus necesidades estarán más propensos a sufrir deterioro en su pista de circulación. Las posibles causas de este fenómeno están relacionadas con el asentamiento diferencial de la carretera, el movimiento de los materiales del pavimento por acción de las aguas pluviales, y la ausencia de drenes y cargas de tránsito (Figs. 2.10, 2.11 y 2.12)



En la Figura 2.10, la falta de conformación de la pista de circulación afectó sensiblemente sus condiciones de transitabilidad y si no se la trata inmediatamente restringirá el tráfico que por ella circula.

Figura 2.10. Sección Transversal Impropia (i)

En la Figura 2.11, el camino todavía se encuentra transitable pero si se produjeron pequeñas precipitaciones, el estado de la superficie de circulación también quedaría en las mismas condiciones de la pista anterior.

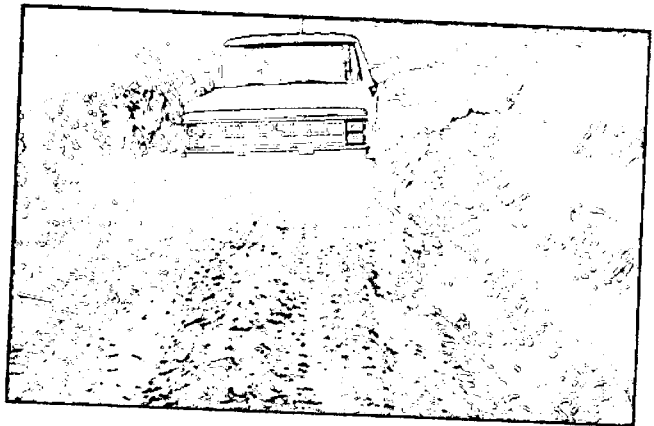


Figura 2.11. Sección Transversal Impropia (ii)

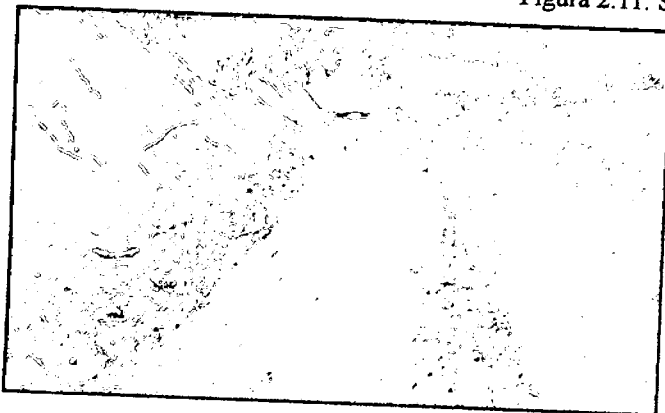


Figura 2.12. Sección Transversal Impropia (iii)

En el camino rural de la Figura 2.12 carece de conformación de su superficie de rodadura y de las zonas adyacentes. Durante la época lluviosa, su condición se agravará progresivamente.

Los **niveles de severidad** para la sección transversal cuando existen altas posibilidades de quede el agua acumulada en su superficie (empozamientos), se definen en tres niveles: Bajo, Mediano y Alto y se miden según su severidad, como porcentaje de la longitud total de la sección que presenta este daño.

B (Bajo): Cuando los empozamientos ocupan menos del 10% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.

M (Mediano): Cuando los empozamientos ocupan entre el 10% y el 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.

A (Alto): Cuando los empozamientos ocupan más del 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos o cuando estos originan grandes acumulaciones de agua.

Alternativas de Solución.- La sección transversal debe trabajarse con una inclinación del carril de tránsito en un porcentaje de pendiente del orden del 2 al 4%, para que pueda suministrar la conducción de las aguas. Al no hacerlo la superficie de la pista sufrirá un proceso progresivo de deterioro, inclusive durante precipitaciones poco abundantes y aún cuando este revestida.

2.3.3 Drenaje inadecuado

Este tipo de defecto se caracteriza por la acumulación de agua en la plataforma (Fig. 2.13), no sólo por el mal funcionamiento de los dispositivos de drenaje superficial, o la inexistencia de elementos de drenaje profundo, sino por la falta de mantenimiento de las obras de arte, como por ejemplo las alcantarillas.



Figura 2.13. Drenaje Inadecuado (i)

Alternativas de Solución.- La formación de pozos de agua sobre la pista puede resolverse de manera muy simple, siendo suficiente para ello la recomposición del drenaje superficial (cunetas). En las imágenes presentadas anteriormente se

mostró el tratamiento del lecho de la vía para los casos en que ésta ya se vio afectada.

En la imagen de la Figura 2.14, la superficie de circulación de este camino rural presenta



restricciones para su uso debido al mal funcionamiento del drenaje superficial. A lo largo del tiempo, la acumulación de agua sobre la vía afectará las condiciones de soporte de los materiales de la sub-base, y hará que las situación-problema evolucione hacia defectos más graves, tipo “atolladeros” o inclusive, “ahuellamientos”.

Figura 2.14. Drenaje Inadecuado (ii)

En la imagen de la Fig. 2.15 ocurre una situación semejante a las anteriores, donde los depósitos de agua sobre el borde de la pista debido a la falta de intervención han dado lugar al comienzo de un proceso de deterioro del suelo de la sub-base, formando depresiones y pequeños surcos en el carril de tránsito.



La solución del problema debe comenzar por la abertura de puntos de descarga para las aguas que se acumulan sobre la vía, seguida de la aireación y la roturación del material de la sub-base/revestimiento que está saturado para su posterior compactación.

Figura 2.15. Drenaje Inadecuado (iii)

Ya que es muy problemática la operación de restauración de la vía bajo tales condiciones, en caso de tráfico intenso y después de resolver el drenaje, puede optarse por la retirada de los suelos saturados, substituyéndolos por materiales de mejor calidad con el soporte.

2.3.4 Ondulaciones

Este tipo de situación–problema está caracterizado por deformaciones que aparecen en la superficie de rodadura, ubicadas en intervalos regulares, perpendicularmente al sentido del flujo de tráfico en general menores de un metro. Su origen puede explicarse a través de una serie de factores, entre ellos:

- Acción continua del tráfico,
- Pérdida de agregados finos de la capa de revestimiento o subrasante,
- Deficiencias de soporte del material de la subrasante,
- Pendiente insuficiente, e incluso,
- Revestimiento de baja calidad junto con periodos largos de sequía.

Las ondulaciones constituyen un grave problema para el mantenimiento de los caminos de afirmado, principalmente en épocas de sequía, causando trepidación a los vehículos e incomodidad a los usuarios. El largo de las ondulaciones es tal que el período de oscilaciones correspondiente está en resonancia con ciertas partes del vehículo, lo que conduce a que cuando éste pasa por las ondulaciones, sufra choques periódicos de períodos de amplitud creciente. (Fig. 2.16)

En la Figura 2.16, la pista de circulación está revestida con material granular de buena calidad mineralógica de sus agregados, así como con respecto a la composición de sus fracciones de partículas. Sin embargo, la postergación de una pequeña intervención de mantenimiento ha dado inicio a un proceso de formación de ondulaciones, originado por la pérdida de la fracción fina, entre otras causas.

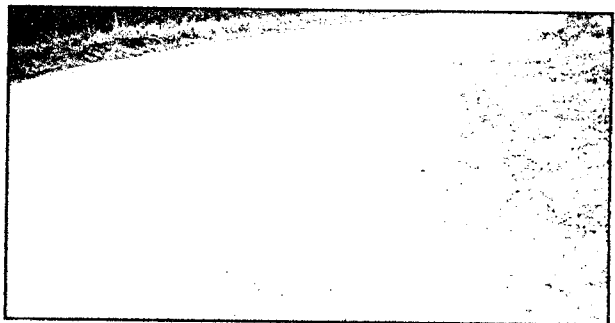


Figura 2.16. Ondulaciones

La **severidad** de las ondulaciones se determina en función de la profundidad de la depresión entre dos crestas. Estas se miden con una regla de 2 metros de longitud colocada a lo largo de la carretera. Se promedian los valores máximos

de las depresiones. Se definen tres niveles de severidad: Bajo, Mediano y Alto que a continuación se muestran:

B (Bajo): La profundidad promedio es menor de 2 cm.

M (Mediano): La profundidad promedio está comprendida entre 2 y 5 cm.

A (Alto): La profundidad promedio es mayor de 5 cm.

La severidad es medida como porcentaje de longitud total de la sección que presenta este daño.

Alternativas de Solución.- Un material de revestimiento que presente una composición adecuadamente equilibrada, con la presencia de fracción plástica que le de poder de aglutinación a la mezcla, resiste la formación de ondulaciones.

Teóricamente, cualquier tipo de revestimiento desarrolla leves niveles de ondulación bajo la acción del tráfico y el secreto consiste en mantener la mezcla de la capa de circulación en proporciones ideales. En condiciones de clima seco, se podrá regular la vía con una motoniveladora. Mientras tanto, en períodos húmedos la manera correcta de intervención es remover la superficie por medio de un leve corte de profundidad, con un espesor que varía entre más o menos 1" por debajo de la cota inferior de las depresiones.

A continuación, se deberá mezclar y esparcir los materiales que fueron cortados, para posteriormente realizar la compactación.

2.3.5 Exceso de polvo

La formación de polvo en la superficie de rodadura de los caminos ocurre por la pérdida de la fracción fina de partículas de su capa base o revestimiento. La formación de nubes de polvo debe entenderse no solamente como una incomodidad para los usuarios, sino también como la causa de los daños siguientes:

- Al oscurecer la visión de los conductores eleva la probabilidad de accidentes.
- Afecta las propiedades vecinas, y las plantaciones agrícolas.
- Provoca problemas de salud en las personas, causando alergias y otras enfermedades de este tipo.
- Las partículas abrasivas en suspensión en el aire causan serios perjuicios a las partes móviles de los motores de los vehículos, reduciéndoles su vida útil.
- La pérdida de finos representa un desperdicio de recursos asignados a operaciones que son necesarias para la recomposición del equilibrio de las fracciones de partículas y agregados de la mezcla.

El nivel de gravedad de los problemas relativos a la formación de polvo está relacionado en primer lugar, con la velocidad de operación de los vehículos, y en segundo lugar, con el volumen de tráfico y su composición. Esta condición se agrava en largos periodos de sequía, produciéndose abrasión por agregados más blandos y presencia excesiva de partículas finas en la mezcla de materiales que componen la superficie de rodadura.

Un sin número de alternativas han sido empleadas en todo el mundo para la solución de este problema. En algunas regiones de Estados Unidos, los métodos de tratamiento han agregado productos químicos a los suelos de la capa de circulación. Estas experiencias realizadas en el Estado de Colorado, ensayaron el uso de Lignosulfatos, Clorato de Calcio (CaCl_2) y Clorato de Magnesio (MgCl_2). (Fig. 2.17)

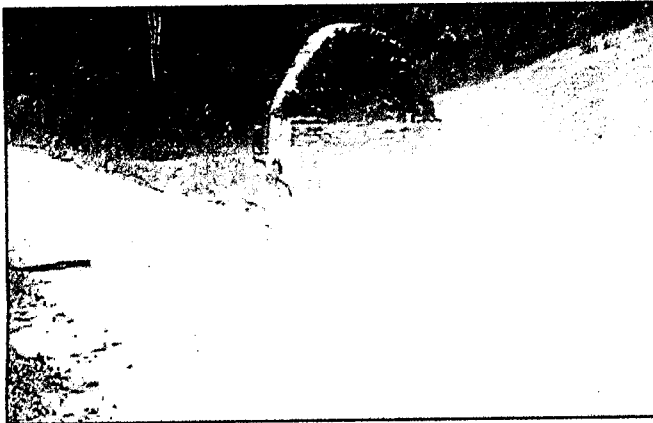


Figura 2.17. Camino rural con exceso de polvo

Nótese en la Figura 2.17 las precarias condiciones de tránsito de este camino debido a la excesiva formación de polvo.

Las conclusiones del estudio realizado estimaron la reducción en la pérdida de partículas finas después del tratamiento de la superficie de rodadura, en porcentajes que variaron entre un 50% y un 70%. Con respecto a la reducción de las operaciones de mantenimiento de la pista de circulación, debido a los diferentes tipos de tratamiento que se adoptaron, el análisis de los costos mostró una ganancia entre un 30% y un 46% aproximadamente de los costos totales de conservación anual, en comparación a segmentos de caminos no tratados. En relación con la factibilidad financiera para la aplicación de tales alternativas de reducción de polvo, los estudios mostraron su efectividad para un Índice Medio Diario (IMD) de vehículos por encima de los 120 vehículos.

Para que el uso de reductores de polvo sea rentable, el volumen de tráfico mínimo deberá variar en función de los costos de adquisición de materiales y agregados para una determinada región. Al hacer una breve lectura de la gráfica mostrada en la Fig. 02.18, se concluye que para un IMD bajo, es más económico que el camino rural no sea objeto de tratamiento anti-polvo. En la medida en que el IMD aumenta, el costo de mantenimiento del camino no tratado con reductores de polvo también aumenta. De acuerdo con la gráfica, el punto en que un tramo del camino con tratamiento anti-polvo se vuelve económicamente factible está situado por encima de algún punto del rango de variación del IMD entre 100 y 150 vehículos / día. ⁽⁵⁾

⁽⁵⁾ Nota: El Índice Medio Diario (IMD) es similar a decir Tráfico Promedio Diario (TPD)

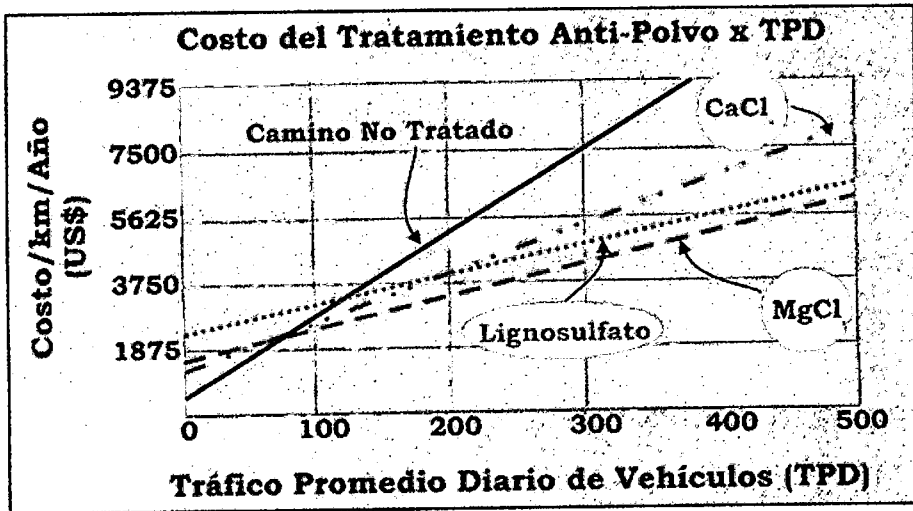


Figura 2.18. Gráfica del Costo del Tratamiento Anti-polvo vs. TPD

Ya que el costo directo de obtención de los agregados para el revestimiento de la superficie de rodadura es una variable preponderante en la evaluación de la factibilidad de los costos para la alternativa de estabilización analizada, el estudio consideró diferentes costos de adquisición y los resultados se presentan en el Cuadro N° 2.14.

Cuadro N° 2.14
Volumen de IMD para lo cual el uso de reductores de polvo sea rentable

Costo de los Agregados (US (\$) / ton)	Índice Medio Diario (IMD)		
	Reductores de Polvo Estudiados		
	Lignosulfato	CaCl ₂	MgCl ₂
5.00	232	225	180
7.50	180	180	140
11.57	130	130	100
15.00	105	105	80

Fuente: BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) "CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, pág. 84.

Alternativas de Solución.- En cuanto a los métodos de aplicación de los reductores de polvo usados en el referido estudio, los mismos comprenden las siguientes etapas:

- a) Escarificación de la capa final de la pista de circulación;
- b) Regularización y reconfiguración de la superficie escaificada a través de pasadas de una motoniveladora con el objetivo de remover / mezclar los materiales;
- c) Aplicación del reductor por el método de aspersión con alta presión, en cantidades suficientes para el efectivo control de la formación de polvo (dosificación de 2,3 L / m²).
- d) Procedimientos finales de operación que incluyen: conformación de la pendiente final de la superficie de circulación, la compactación en la humedad óptima y la restauración del drenaje superficial.

2.3.6 Baches

Este daño tiende a desarrollarse durante la época húmeda, durante la cual cualquier deformación en la superficie, posibilita la concentración de agua y por tanto el debilitamiento de dichas áreas. (Fig. 2.19)

Las principales causas de la formación de baches tenemos:

- Inexistencia de una capa de revestimiento primario o deficiencias en cuanto a la composición de su mezcla,
- Ausencia de partículas aglutinantes en la composición de los materiales de la superficie y/o capa,
- Plataforma del camino mal drenada y sin inclinación transversal.

Se definen tres **niveles de severidad**: Bajo, Mediano y, Alto en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes, de acuerdo al Cuadro N° 2.15:

Cuadro N° 2.15
Niveles de severidad para la evaluación de baches

Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	Menor a 30	30 – 70	Mayor a 70
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 – 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA (2000), “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras Tomo III: b) Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales”, Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica COMITRAN, pág. 47, Guatemala.



En esta toma, la Figura 2.19 vemos que la condición operacional del camino antes considerada muy buena, decae sensiblemente por la aparición de baches de gran magnitud y capaces de ocasionar graves perjuicios a los vehículos.

Alternativas de Solución.- Dependiendo de la existencia de baches en un determinado tramo del camino rural, la estrategia para su solución puede contemplar desde una simple operación de bacheo, hasta el uso de maquinaria pesada.

2.3.7 Ahuellamientos

Los ahuellamientos, se caracterizan por depresiones que se forman en los carriles de tránsito de los vehículos longitudinalmente al eje del camino. Se originan por la deformación permanente de la capa de revestimiento, resultante de las repetidas pasadas de los vehículos, particularmente cuando los materiales

que lo constituyen poseen baja capacidad de soporte (CBR) o cuando el drenaje de la plataforma es deficiente. Si no se enfrenta el problema inmediatamente después de su aparición, el camino puede volverse intransitable.

La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 2 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera. La medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3 m de largo de la huella. Se definen tres **niveles de severidad**: Bajo, Mediano, Alto como a continuación se muestra:

B (Bajo): La profundidad promedio es menor de 2 cm.

M (Mediano): La profundidad promedio está comprendida entre 2 y 5 cm.

A (Alto): La profundidad promedio es mayor de 5 cm.

Los ahuellamientos son medidos según su severidad, como porcentaje de longitud total de la sección que presenta este daño.



La Fig. 2.20 nos presenta un camino rural con los surcos de rueda en progresivo estado de deterioro, lo que sugiere la presencia de materiales de bajo soporte en la sub-base, además de deficiencias en el drenaje superficial del cuerpo de la plataforma (pendiente transversal insuficiente, ausencia de cunetas de escurrimiento, tratamos con sombra excesiva).

En la Fig. 2.21 el ahuellamiento que se formó denota problemas de soporte del material del sub-lecho aunado a la falta de un drenaje profundo para rebajar el nivel freático. Si se considera que el revestimiento usado en esta región está constituido por suelo estabilizado naturalmente (finos de granito), la simple sobre posición de



una capa adicional práctica muy utilizada en estos casos no solucionará el problema. Una intervención alternativa recomendaría la conformación de las cunetas en una pendiente diferente a la de la superficie de rodadura, en profundidades mayores que las habituales (0.50m) para conseguir el drenaje del cuerpo de la pista, ya que un drenaje profundo (si se considera la función de este camino con su volumen de tráfico), no sería económicamente factible.

Alternativas de Solución.- Tomando como base el nivel de gravedad del problema, su solución se enfoca de la manera siguiente:

- a) En casos de un menor nivel de gravedad de los ahuellamientos que se formaron, y analizadas preliminarmente las causas que los originaron, la simple nivelación de la plataforma con maquinaria puede suministrar una mayor vida útil al camino.
- b) El segundo caso puede incluir la nivelación y conformación de la pista de circulación, con la adición de materiales de una correcta proporción para la mezcla, y su esparcimiento y compactación posterior con equipos adecuados.
- c) Para la última situación, o sea aquella donde se encuentran los ahuellamientos más profundos y donde se comprueba la presencia de elevados niveles de humedad en la capa de revestimiento o subrasante, se recomienda la intervención más radical que incluya:
 - i. Trabajos de drenaje (profundo o superficial),
 - ii. Recomposición del área afectada a través de la sustitución de suelos o la adición de materiales con mezclado y aireación posteriores para su compactación final en la humedad óptima y,
 - iii. Ejecución de capa de revestimiento.

2.3.8 Pérdida de agregados

El intenso paso de los vehículos sobre la superficie de rodadura de los caminos rurales provoca, en muchos casos, la segregación de la fracción gruesa de los agregados. Este proceso lleva a la formación de capas delgadas de agregados que se ubican junto a los ahuellamientos o frecuentemente en las áreas

próximas a los bordes de la pista (áreas no transitables). Este tipo de problema ocurre en función de varias causas, siendo la más importante de ellas, la ausencia de material aglutinante en proporciones adecuadas en la composición de la mezcla de los materiales.

Según la altura de los cordones longitudinales sueltos que se forman, se definen tres **niveles de severidad**: Bajo, Mediano y, Alto:

B (Bajo): Altura promedio del cordón menor de 5 cm.

M (Mediano): Altura promedio del cordón entre 5 y 10 cm.

A (Alto): Altura promedio del cordón mayor de 10 cm.

La pérdida de agregados es medida según su severidad, como porcentaje de la longitud total de la sección que presenta este daño.



En la Fig. 2.22, vemos un camino rural donde el revestimiento primario de la superficie de rodadura se hizo a través de la utilización de cascajo extremadamente granular, cuyo diámetro de agregados presenta dimensiones mayores que las recomendadas. Los materiales que presentan tales características funcionarían más como una capa de base / refuerzo del terreno natural, que propiamente como revestimiento. El tráfico en tales condiciones causa graves problemas a los usuarios, además de elevar el costo operacional de los vehículos. Es recomendable en estos casos una estabilización del material de revestimiento con la adición de materiales arcillosos y una posterior reconfiguración de la vía.

En el caso de la Fig. 2.23 el nivel de gravedad es relativamente bajo, ya que el agregado del revestimiento presenta granulometría muy próxima a la ideal; existen, sin embargo, deficiencias en relación con el porcentaje del material aglutinante en la mezcla.



La Fig. 2.24, muestra un parecido con el material de revestimiento utilizado en la Fig. 2.22. Presenta si embargo, un elevado nivel de gravedad porque el material de revestimiento es inadecuado al contener agregados de tamaño incompatible con la función de la capa.

Teniendo en cuenta la indisponibilidad local para obtener agregados más apropiados desde el punto de vista de su granulometría, el empleo de materiales con las características presentadas en las Figuras. 02.22 y 02.24 son plenamente factibles. Deben, no obstante, trabajarse adecuadamente, considerando los elementos siguientes:

- i. Adición de materiales aglutinantes, y
- ii. Ejecución de una buena compactación de la capa por medio de los equipos tradicionales.

Alternativas de Solución.- La solución para este tipo de defecto incluye la adopción de los procedimientos siguientes:

- i. Regularización de la superficie de rodadura,
- ii. Regularización con la adición de la fracción de material faltante en la mezcla o, en casos de un nivel intenso de desagregación,

- iii. Corte de toda la capa, adición de fracciones de agregados ausentes, mezcla, humedecimiento en proporciones óptimas, re conformación de la vía y compactación final. ⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003) "*CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento*", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, págs 81-87.

CAPÍTULO N° 3

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON FINES DE ESTABILIZACIÓN

En esta parte se describen las características físico-químicas de los suelos arcillosos y arenosos así como un breve tratado del origen, formación y los minerales constitutivos de estos. Las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelo con fines de estabilización se presentan en este Capítulo también, donde resalta la clasificación SUCS, con arenas pobremente gradadas (SP) y arenas bien gradadas (SW), por lo que el comportamiento de las mismas conjuntamente con los dos productos estabilizadores seleccionados, se estudiará en el Capítulo 4.

3.1 PRINCIPIOS FÍSICO-QUÍMICOS

Lo anterior, tiene la finalidad de comprender el comportamiento de los suelos a estabilizar y para ello se tiene que describir lo que es un mineral. Un mineral es una sustancia inorgánica y natural, que tiene una estructura interna característica determinada por un cierto arreglo específico de sus átomos e iones. Su composición química y sus propiedades físicas o son fijas o varían dentro de límites definidos. Sus propiedades físicas más interesantes, desde el punto de vista de identificación son: el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, la forma de cristalización, la dureza, la forma de su fractura y disposición de sus planos cruceros, la tenacidad, la capacidad para permitir el paso de ondas y radiaciones (luz) y la densidad relativa.

a) Arcillas

Las arcillas tienen un tamaño del orden de 2 micras o menores y presentan una actividad eléctrica importante, que rige su comportamiento dada su gran superficie específica en relación con su volumen y aún su masa, además posee alta plasticidad dentro ciertos límites de contenido de humedad. (Su superficie

específica está en el orden de 10 a 800 m²/g, lo cual resulta ser muy superior a la superficie que exponen los limos, menores a 1m²/g).⁽¹⁾

Una de las teorías más aceptadas hasta ahora desarrolladas, para explicar la estructura interna de las arcillas es la que menciona que la superficie de cada partícula de suelo posee carga eléctrica negativa. La intensidad de la carga depende de la estructuración y composición de la arcilla. La partícula atrae a los iones positivos del agua (H⁺) y a cationes de diferentes elementos químicos, tales como Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, etc., se tiene entonces, en primer lugar, al hecho de que cada partícula individual de arcilla se ve rodeada en forma definida y ligadas a su estructura (agua absorbida).

Las moléculas de agua son polarizadas, es decir, en ellas no coinciden los centros de gravedad de sus cargas negativas y positivas, sino que funcionan como pequeños dipolos permanentes; al ligarse a la partícula por su carga (+), el polo de carga (-) queda en posibilidad de actuar como origen de atracción para otros cationes positivos. Los propios cationes atraen moléculas de agua gracias a la naturaleza polarizada de éstas, de modo que cada catión está en posibilidad de poseer un volumen de agua en torno a él. El agua absorbida por cada catión aumenta con la carga eléctrica de éste y con su radio iónico (Peck, R.B., Hanson, W.E. y Thornburn, T.H. 1957).

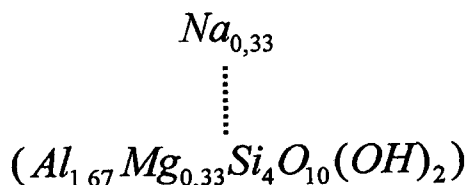
Por lo anterior, cuando las partículas del suelo atraen a los cationes, se ve reforzada la película de agua ligada a la partícula. El espesor de la película de agua absorbida por el cristal de suelo es así función, no solo de la naturaleza del mismo, sino también del tipo de los cationes atraídos.

Los cristales de arcilla pueden cambiar los cationes absorbidos en su película superficial; por ejemplo, una arcilla hidrúgena (con cationes H⁺) puede transformarse en sódica, si se hace que circule a través de su masa, agua con sales de sodio en disolución. En realidad lo que ocurre es un intercambio de

⁽¹⁾ TOWNSEND PINTO Edgardo (2003) *“Estabilización de suelos mediante el uso de Sales en Base a Cloruros”*, Seminario Internacional: Mejoramiento de Caminos No Pavimentados mediante Soluciones Básicas, Dirección Nacional de Vialidad, pág. 7, Santiago, Chile.

cationes entre el agua y las películas absorbidas por las partículas minerales, algunas veces en reacción rápida. Los cationes intercambiables más usuales son Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ y $(\text{NH}_4)^+$. Por lo tanto una partícula en la naturaleza atrae iones para neutralizar su carga neta y los iones atraídos se mantienen con un leve enlace sobre la superficie y pueden ser fácilmente sustituidos por otros, denominados éstos como "iones de cambio o iones intercambiables".

A modo de ejemplo, se muestra la molécula o unidad de montmorillonita, la cual aparece equilibrada por un átomo de sodio (Na).



Partiendo del supuesto que una partícula tiene como ión intercambiable al sodio (Na^+) y ésta es colocada en un ambiente de agua, se puede asegurar que tanto las superficies de las partículas como los iones intercambiables captan agua.

Al hidratarse el ión sodio (Na^+), éste crece casi nueve veces su tamaño normal (ver Figura 3.01) y según se observa en la escala gráfica, los iones de sodio hidratados resultan ser demasiado grandes para permanecer como una sola capa sobre la partícula de mineral arcilloso.

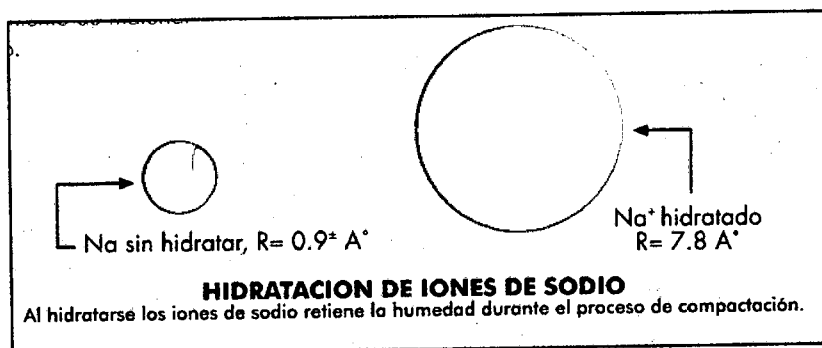


Figura 3.01. Hidratación del ion sodio

específica está en el orden de 10 a 800 m²/g, lo cual resulta ser muy superior a la superficie que exponen los limos, menores a 1m²/g). ⁽¹⁾

Una de las teorías más aceptadas hasta ahora desarrolladas, para explicar la estructura interna de las arcillas es la que menciona que la superficie de cada partícula de suelo posee carga eléctrica negativa. La intensidad de la carga depende de la estructuración y composición de la arcilla. La partícula atrae a los iones positivos del agua (H⁺) y a cationes de diferentes elementos químicos, tales como Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, etc., se tiene entonces, en primer lugar, al hecho de que cada partícula individual de arcilla se ve rodeada en forma definida y ligadas a su estructura (agua absorbida).

Las moléculas de agua son polarizadas, es decir, en ellas no coinciden los centros de gravedad de sus cargas negativas y positivas, sino que funcionan como pequeños dipolos permanentes; al ligarse a la partícula por su carga (+), el polo de carga (-) queda en posibilidad de actuar como origen de atracción para otros cationes positivos. Los propios cationes atraen moléculas de agua gracias a la naturaleza polarizada de éstas, de modo que cada catión está en posibilidad de poseer un volumen de agua en torno a él. El agua absorbida por cada catión aumenta con la carga eléctrica de éste y con su radio iónico (Peck, R.B., Hanson, W.E. y Thornburn, T.H. 1957).

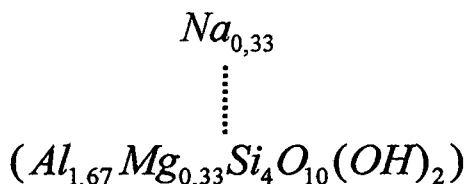
Por lo anterior, cuando las partículas del suelo atraen a los cationes, se ve reforzada la película de agua ligada a la partícula. El espesor de la película de agua absorbida por el cristal de suelo es así función, no solo de la naturaleza del mismo, sino también del tipo de los cationes atraídos.

Los cristales de arcilla pueden cambiar los cationes absorbidos en su película superficial; por ejemplo, una arcilla hidrúgena (con cationes H⁺) puede transformarse en sódica, si se hace que circule a través de su masa, agua con sales de sodio en disolución. En realidad lo que ocurre es un intercambio de

⁽¹⁾ TOWNSEND PINTO Edgardo (2003) *“Estabilización de suelos mediante el uso de Sales en Base a Cloruros”*, Seminario Internacional: Mejoramiento de Caminos No Pavimentados mediante Soluciones Básicas, Dirección Nacional de Vialidad, pág. 7, Santiago, Chile.

cationes entre el agua y las películas absorbidas por las partículas minerales, algunas veces en reacción rápida. Los cationes intercambiables más usuales son Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ y $(\text{NH}_4)^+$. Por lo tanto una partícula en la naturaleza atrae iones para neutralizar su carga neta y los iones atraídos se mantienen con un leve enlace sobre la superficie y pueden ser fácilmente sustituidos por otros, denominados éstos como “iones de cambio o iones intercambiables”.

A modo de ejemplo, se muestra la molécula o unidad de montmorillonita, la cual aparece equilibrada por un átomo de sodio (Na).



Partiendo del supuesto que una partícula tiene como ión intercambiable al sodio (Na^+) y ésta es colocada en un ambiente de agua, se puede asegurar que tanto las superficies de las partículas como los iones intercambiables captan agua.

Al hidratarse el ión sodio (Na^+), éste crece casi nueve veces su tamaño normal (ver Figura 3.01) y según se observa en la escala gráfica, los iones de sodio hidratados resultan ser demasiado grandes para permanecer como una sola capa sobre la partícula de mineral arcilloso.

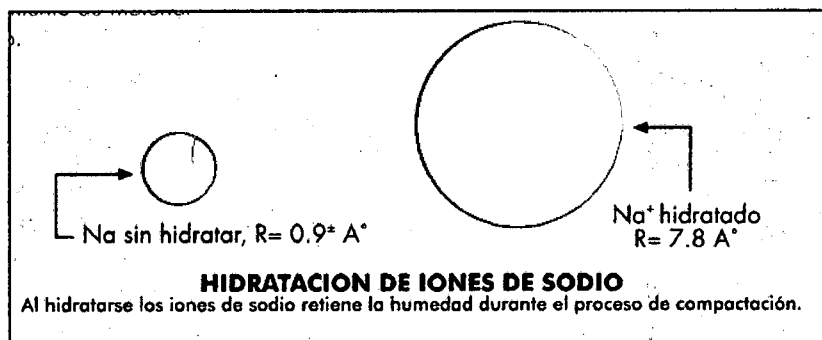


Figura 3.01. Hidratación del ion sodio

Las caolinitas son menos susceptibles de intercambiar sus cationes que las montmorilonitas y las illitas poseen la propiedad en grado intermedio. La capacidad de intercambio crece con el grado de acidez de los cristales, es decir es mayor si el pH del suelo es menor; la actividad catiónica se hace notable, en general, para valores del pH menores que 7. La capacidad de intercambio también crece con la velocidad y concentración de la solución que circule por la masa de suelo.

Las propiedades mecánicas de una arcilla pueden cambiar al variar los cationes contenidos en sus complejos de absorción, pues a diferentes cationes ligados corresponden distintos espesores de la película adsorbida, lo que se refleja sobre todo en las propiedades de plasticidad y resistencia del suelo. ⁽²⁾

b) Arenas

Las arenas son un material resultante de la desintegración, molienda o trituración de la roca, básicamente ígnea, cuyas partículas pasan por el tamiz N° 4 (4.76mm) y son retenidas por el N° 200 (0.074mm). Esta meteorización puede deberse a la acción mecánica del agua, aire o hielo y a procesos químicos que suponen la transformación o disolución de los minerales. Las arenas pueden ser transportadas después por la gravedad del viento, el agua o hielo y depositadas en otros lugares. Al decrecer la velocidad de uno de estos agentes, las partículas se depositan y estas formaciones son conocidas como sedimentarios que luego se pueden transformar en rocas. ⁽³⁾

3.1.1 Composición química de las partículas de suelo

a) Arcillas

Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando además, en algunas ocasiones como silicatos de magnesio, hierro

⁽²⁾ Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2002) "*Publicación técnica N° 201: Estabilización de suelos con cloruro de sodio para uso en las vías terrestres*", Instituto mexicano del transporte, págs. 14 – 15. Queretaro. México.

⁽³⁾ JUÁREZ BADILLO E., RICO RODRÍGUEZ A. (1986), "*Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos / Tomo I*", Págs 36 - 37. D.F. México. México

u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen casi siempre, una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la aluminica.

La primera de las láminas, está formada por un átomo de silicio, rodeado de cuatro de oxígeno, disponiéndose el conjunto en forma de tetraedro, tal como se muestra en la Figura 3.02. Estos tetraedros se agrupan en unidades hexagonales, sirviendo un átomo de oxígeno de nexo entre cada dos tetraedros.

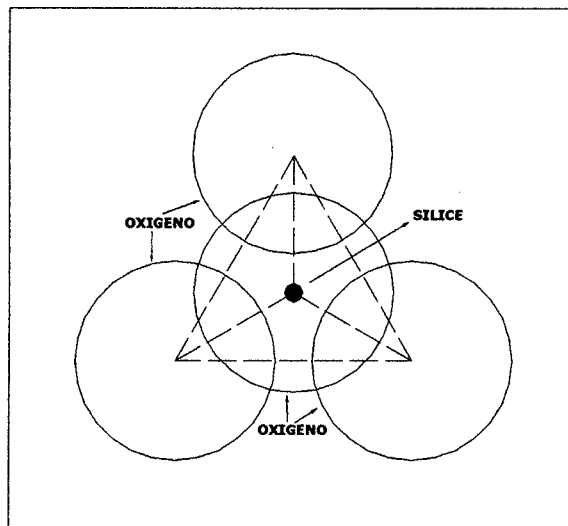


Figura 3.02: Esquema de la estructura de la lámina silícica

Un esquema de una unidad hexagonal aparece en la Figura 3.03. Las unidades hexagonales repitiéndose indefinidamente, constituyen una red cristalina laminar.

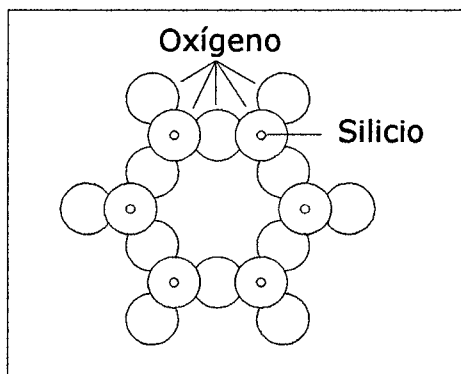


Figura 3.03: Esquema de una unidad hexagonal de una lámina silícica

Las láminas aluminicas están formadas por retículas de octaedros dispuestos con un átomo de aluminio al centro y seis de oxígeno alrededor, tal como aparece en la Figura 3.04. También ahora es el oxígeno el nexo entre cada dos octaedros vecinos, para constituir la retícula.

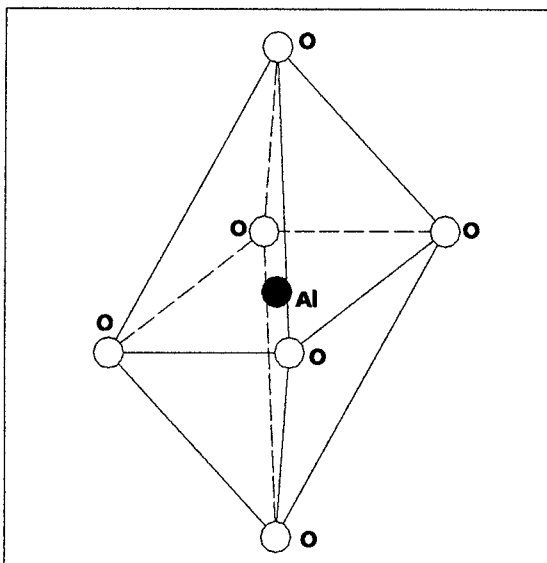


Figura 3.04: Esquema de la estructura de la lámina aluminica

De acuerdo con su estructura, los minerales de arcilla se clasifican en tres grupos: caolinitas, montmorilonitas e illitas. Las caolinitas ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) están formadas por una lámina silícica y otra aluminica, que se superponen indefinidamente. La unión entre todas las retículas es lo suficientemente firme para no permitir la penetración de moléculas de agua entre ellas (absorción). En consecuencia, las arcillas caoliniticas son relativamente estables en presencia de agua.

Las montmorillonitas ($(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) están formadas por una lámina aluminica entre dos silícicas, superponiéndose indefinidamente. En este caso la unión entre las retículas del mineral es débil, por lo que las moléculas de agua pueden introducirse en la estructura con relativa facilidad a causa de las fuerzas eléctricas generadas por su naturaleza bipolar. Lo anterior, produce un incremento en el volumen de los cristales, lo que se traduce en expansión. Las arcillas montmorilloníticas, especialmente en presencia de agua, presentarán fuerte tendencia a la inestabilidad. Las bentonitas son arcillas del grupo montmorillonítico, originadas por la descomposición química de las cenizas

volcánicas y presentan la expansividad típica del grupo en forma particularmente aguda, lo que las hace sumamente críticas en su comportamiento mecánico. Estas arcillas aparecen, con frecuencia en los trabajos de campo.

Las ilitas $((OH)_4.Ky(Si_{8-y}.Al_y)(Al_4.Fe_4.Mg_4.Mg_6)O_{20})$, con y , por lo general, igual a 1.5) están estructuradas análogamente que las montmorillonitas, pero su constitución interna manifiesta tendencia a formar grumos de materia, que reducen el área expuesta al agua por unidad de volumen; por ello, su potencial de expansión es menor que el de las montmorillonitas y su comportamiento mecánico es más favorable para el ingeniero. ⁽⁴⁾

b) Arenas

La estructura atómica molecular del mineral es el factor más importante para condicionar sus propiedades físicas. En los suelos formados por partículas gruesas, los minerales predominantes son: silicatos, principalmente feldespatos (de potasio, de sodio o calcio), micas olivino, serpentina, etc., óxidos cuyos principales exponentes son el cuarzo (SiO_2), la limonita, la magnetita y el corindón, carbonatos en los que destacan la calcita y la dolomita y los sulfatos, cuyos principales representantes son la anhidrita y el yeso.

La cementación de las arenas por el carbonato cálcico ($CaCO_3$), y/o la sílice (SiO_2 blanca, amarilla o gris) en óxidos de hierro (color rojo), depositados por el agua se filtra entre los granos formando las areniscas. ⁽⁵⁾

3.1.2 Efecto del agua en los minerales del suelo

Los estabilizadores de un suelo están asociados a la resistencia o la capacidad portante y es una función directa de su humedad, la cual es la sumatoria de las aguas drenables y no drenables contenidas en él.

⁽⁴⁾ Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2002), "Publicación técnica N° 201: Estabilización de suelos con cloruro de sodio para uso en las vías terrestres", Instituto mexicano del transporte, págs. 12 – 13. Queretaro. México.

⁽⁵⁾ TSCHEBOTARIOFF Gregory P. (1971), "Mecánica de suelo: Cimientos y estructuras de tierra", Editorial Aguilar, págs 11 - 12. Madrid. España.

- El agua drenable es el agua libre o intersticial que se produce por gravedad o evaporación.
- Las aguas no drenables son la higroscópica y la peculiar conocida también como doble capa que se debe a enlaces electroquímicos entre los iones de las partículas de arcilla y los iones del agua ionizada. El agua peculiar o adherida no puede ser extraída mecánicamente, ya que la fuerza de su enlace electroquímico sobrepasa los 10,000 Kg/cm². Por esta razón se le considera formando parte de la fase sólida del sistema del suelo.

Cuando la carga aplicada al suelo se hace variar repentinamente, esta variación es absorbida conjuntamente por el fluido intersticial y el esqueleto mineral. La variación de la presión intersticial obliga al agua a moverse a través del suelo, con lo cual sus propiedades varían con respecto al tiempo.

El aumento o disminución del agua es decisivo para la unión de las partículas del suelo.⁽⁶⁾

En conclusión, se presentan tres casos para el agua que se encuentra en un suelo en general:

- Agua libre, fácilmente removible por presión.
- Agua capilar, removible solamente por presión fuerte o por un impacto.
- Agua absorbida, usualmente imposible de remover.

Con el fin de ilustrar la importancia que tiene la superficie que exponen los suelos para la retención de agua, se muestra el Cuadro N° 3.01 con una comparación de absorción entre distintas partículas, asumiendo un espesor de capa de 5 Amstrong, lo cual equivale al espesor de 2 moléculas de agua.

⁽⁶⁾ PUENTE CAMPOS Rolando Arturo (1999), "Estabilización de Suelos para Carreteras", págs. 16 – 17, Facultad de ingeniería civil. UNI. Lima. Perú.

Cuadro N° 3.01

Comparación de absorción de agua entre distintas partículas de suelo

Partícula	Superficie específica (m ² /gr)	Contenido de agua para una capa de 5 Amstrong (%) (*)
Arena de 0.1 mm	0.03	1.5×10^{-4}
Caolinita	10	0.5
Illita	100	5
Montmorilonita	1.000	50

Fuente: TOWNSEND PINTO Edgardo (2003), “Estabilización de suelos mediante el uso de Sales en Base a Cloruros”, Seminario Internacional: Mejoramiento de Caminos No Pavimentados mediante Soluciones Básicas. Dirección Nacional de Vialidad, pág. 9. Santiago. Chile.

(*) 1 Amstrong = 10^{-8} cm

3.1.3 Ensayos de laboratorio

Las muestras de cada uno de los suelos fueron recopiladas durante la semana del 22 al 26 de noviembre del 2004, a lo largo del camino rural San Rafael–Corralcancha, una de las vías más importantes de la Provincia de Ambo, cuya longitud es de 40.00 Km, que recorre las localidades de Matihuaca, Pillao, Querojamanán, Santa Ana, San Joaquín y Corralcancha.

El camino se encuentra ubicado en la parte sur de la capital provincial, con latitud sur $10^{\circ} 29' 02''$ y longitud oeste $76^{\circ} 10' 50''$. El clima de la zona es frígido típico de sierra, con épocas de precipitación bien marcadas, la de lluvias de noviembre a marzo y la seca de abril a octubre, la precipitación promedio anual es de 530 mm y una temperatura promedio de 18°C . La altitud promedio varía entre de 2,695 a 4,000 m.s.n.m.

Para llegar a la zona de estudio desde la ciudad de Lima, es necesario recorrer un tramo de 355.75 Km. de carretera asfaltada (Carretera Central), en aproximadamente 7 horas, llegando al distrito de San Rafael, la cual se encuentra aproximadamente a 1 hora de la ciudad de Huánuco, iniciando la carretera en la progresiva 0+000 en la intersección con la Carretera Central. Desde este lugar se inicia el camino rural para luego llegar a Matihuaca (Km. 10+300), se continúa hasta la progresiva Km. 21+500 donde se encuentra Pillao, recorriendo por la parte alta de este pueblo; siguiendo el camino se llega a

Querojamanán en el Km 27+000, luego viene el pueblo de Santa Ana en la progresiva Km 30+200, mas tarde se arriba a San Joaquín en la progresiva Km 33+500 y de este pueblo se sigue hasta Corralcancha, encontrándose en la progresiva 37+200.

3.1.3.1 Descripción del suelo

Los suelos seleccionados para el programa de prueba se enumeran en el Cuadro N° 3.02, los mismos que se presentan más claramente en el Anexo B.

Cada muestra de suelo (identificada con las siglas M-1 y M-2) fue tomada en cada progresiva y consiste en aproximadamente 50 Kg de material en estado natural por saco, que fueron trasladados vía terrestre al laboratorio para su posterior análisis. Las ubicaciones donde se desarrollaron las exploraciones fueron previamente revisadas del estudio de suelos del proyecto, con la finalidad de encontrar los materiales con las propiedades deseadas para que dieran sustento al uso de estos estabilizadores de suelo en esta zona. Las muestras, la conservación y el transporte de los materiales de suelos fueron llevados a cabo según las normas MTC E-101 y MTC E-104.

Cuadro N° 3.02
Ubicación y profundidad de las exploraciones realizadas

Calicata	Profundidad (m)	Muestra	Progresiva (Km)
C-1	0.50	M-1	12+160
		M-2	
C-2	0.70	M-1	12+200
		M-2	
C-3	0.60	M-1	12+400
		M-2	
C-4	0.60	M-1	10+000
		M-2	
C-5	0.40	M-1	10+040
		M-2	
C-6	0.80	M-1	39+020
		M-2	
C-7	0.75	M-1	38+000
		M-2	
C-8	0.40	M-1	37+000
		M-2	
C-9	0.60	M-1	32+500
		M-2	
C-10	0.50	M-1	32+000
		M-2	

Fuente: Elaboración propia.

Las exploraciones se realizaron los días 25 y 26 de noviembre del 2004

En el Anexo C se adjunta el Plano Clave con un panel fotográfico de los trabajos realizados a lo largo de la vía.

Se presenta el Cuadro N° 3.03 como resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio de los ensayos efectuados, que a su vez, serán explicados con mayor claridad y detenimiento seguidamente, describiendo las singularidades encontradas en el momento de su ejecución.

Cuadro N° 3.03
Resumen de los resultados encontrados en el laboratorio

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	w _n	Límites de Atterberg (%)			CLASIFICACIÓN		COMPACTACIÓN	
Calicata	Prof. (m)	Prog. (Km)	(%)	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
C - 01	0.50	12+160	4.40	60.84	NP	NP	SP	A-2-5 (0)	1.890	10.0
C - 02	0.70	12+200	2.59	36.83	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	1.904	12.0
C - 03	0.60	12+400	3.48	30.94	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	1.820	12.7
C - 04	0.60	10+000	4.63	34.45	29.17	5.28	SW	A-2-4 (0)	1.886	11.6
C - 05	0.40	10+040	7.66	41.93	NP	NP	SW	A-2-5 (0)	1.846	14.0
C - 06	0.80	39+020	15.33	25.81	18.41	7.41	SP	A-2-4 (0)	1.962	10.4
C - 07	0.75	38+000	7.75	20.41	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	2.082	8.4
C - 08	0.40	37+000	14.45	30.74	21.59	9.15	SW	A-2-4 (0)	1.916	10.6
C - 09	0.60	32+500	7.45	31.11	NP	NP	SW	A-2-4 (0)	1.967	10.2
C - 10	0.50	32+000	13.41	45.04	37.50	7.54	SW	A-2-5 (0)	1.662	17.6

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2 Contenido de Humedad (MTC E-108 / ASTM D-2216)

Los resultados del ensayo de Contenido de Humedad son presentados en el Cuadro N° 3.04. Cabe mencionar que las calicatas C-06, C-08 y C-10 presentan los valores más altos de humedad. Hay que indicar que el inicio de la etapa de laboratorio fue aproximadamente un mes y medio después de la extracción del material en el campo, por lo que las condiciones de humedad del suelo se mantuvieron constantes a lo largo del desarrollo de los diferentes ensayos de laboratorio. Para C-06, la extracción de la muestra fue al lado izquierdo del camino, cerca de un riachuelo; para C-08 la recolección de material fue una curva de volteo cerca de un talud, mientras que para C-10 también fue recolectado el material al lado izquierdo de la vía, cerca de un talud, esto es simplemente como detalles adicionales de los lugares de exploración de campo por las dudas que puedan existir por los resultados encontrados en el presente ensayo. Para complementar la descripción, se sugiere revisar el panel fotográfico de las exploraciones de campo que se presenta en el Anexo B.

Cuadro N° 3.04

Resultados de Contenido de Humedad para las muestras recogidas de campo

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	Humedad
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	w _n (%)
C - 01	0.50	12+160	4.40
C - 02	0.70	12+200	2.59
C - 03	0.60	12+400	3.48
C - 04	0.60	10+000	4.63
C - 05	0.40	10+040	7.66
C - 06	0.80	39+020	15.33
C - 07	0.75	38+000	7.75
C - 08	0.40	37+000	14.45
C - 09	0.60	32+500	7.45
C - 10	0.50	32+000	13.41

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.3 Límites de Consistencia o de Atterberg LL, LP e IP (MTC E-110 y MTC E-111 / ASTM D-4318)

Esta prueba determina la consistencia de un suelo que puede fluctuar desde un líquido viscoso a una solución dura dependiendo del contenido de agua en el suelo.

Los reportes de lo realizado en el laboratorio se presentan en el Anexo D. Se puede observar que de los (10) diez tipos de suelos estudiados, (6) seis de ellos presentan un Índice de Plasticidad de No Plástico (NP), mientras que los otros (4) restantes poseen propiedades de plasticidad, siendo el de mayor valor el de la calicata C-08 y el de menor valor correspondiente a la calicata C-04; añadiéndose que los valores obtenidos de IP son relativamente pequeños.

El Cuadro N° 3.05 es un resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio:

Cuadro N° 3.03
Resumen de los resultados encontrados en el laboratorio

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	w _n (%)	Límites de Atterberg (%)			CLASIFICACIÓN		COMPACTACIÓN	
Calicata	Prof. (m)	Prog. (Km)		LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
C - 01	0.50	12+160	4.40	60.84	NP	NP	SP	A -2-5 (0)	1.890	10.0
C - 02	0.70	12+200	2.59	36.83	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	1.904	12.0
C - 03	0.60	12+400	3.48	30.94	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	1.820	12.7
C - 04	0.60	10+000	4.63	34.45	29.17	5.28	SW	A-2-4 (0)	1.886	11.6
C - 05	0.40	10+040	7.66	41.93	NP	NP	SW	A -2-5 (0)	1.846	14.0
C - 06	0.80	39+020	15.33	25.81	18.41	7.41	SP	A-2-4 (0)	1.962	10.4
C - 07	0.75	38+000	7.75	20.41	NP	NP	SP	A-2-4 (0)	2.082	8.4
C - 08	0.40	37+000	14.45	30.74	21.59	9.15	SW	A-2-4 (0)	1.916	10.6
C - 09	0.60	32+500	7.45	31.11	NP	NP	SW	A-2-4 (0)	1.967	10.2
C - 10	0.50	32+000	13.41	45.04	37.50	7.54	SW	A -2-5 (0)	1.662	17.6

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2 Contenido de Humedad (MTC E-108 / ASTM D-2216)

Los resultados del ensayo de Contenido de Humedad son presentados en el Cuadro N° 3.04. Cabe mencionar que las calicatas C-06, C-08 y C-10 presentan los valores más altos de humedad. Hay que indicar que el inicio de la etapa de laboratorio fue aproximadamente un mes y medio después de la extracción del material en el campo, por lo que las condiciones de humedad del suelo se mantuvieron constantes a lo largo del desarrollo de los diferentes ensayos de laboratorio. Para C-06, la extracción de la muestra fue al lado izquierdo del camino, cerca de un riachuelo; para C-08 la recolección de material fue una curva de volteo cerca de un talud, mientras que para C-10 también fue recolectado el material al lado izquierdo de la vía, cerca de un talud, esto es simplemente como detalles adicionales de los lugares de exploración de campo por las dudas que puedan existir por los resultados encontrados en el presente ensayo. Para complementar la descripción, se sugiere revisar el panel fotográfico de las exploraciones de campo que se presenta en el Anexo B.

Cuadro N° 3.04

Resultados de Contenido de Humedad para las muestras recogidas de campo

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	Humedad
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	w _n (%)
C - 01	0.50	12+160	4.40
C - 02	0.70	12+200	2.59
C - 03	0.60	12+400	3.48
C - 04	0.60	10+000	4.63
C - 05	0.40	10+040	7.66
C - 06	0.80	39+020	15.33
C - 07	0.75	38+000	7.75
C - 08	0.40	37+000	14.45
C - 09	0.60	32+500	7.45
C - 10	0.50	32+000	13.41

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.3 Límites de Consistencia o de Atterberg LL, LP e IP (MTC E-110 y MTC E-111 / ASTM D-4318)

Esta prueba determina la consistencia de un suelo que puede fluctuar desde un líquido viscoso a una solución dura dependiendo del contenido de agua en el suelo.

Los reportes de lo realizado en el laboratorio se presentan en el Anexo D. Se puede observar que de los (10) diez tipos de suelos estudiados, (6) seis de ellos presentan un Índice de Plasticidad de No Plástico (NP), mientras que los otros (4) restantes poseen propiedades de plasticidad, siendo el de mayor valor el de la calicata C-08 y el de menor valor correspondiente a la calicata C-04; añadiéndose que los valores obtenidos de IP son relativamente pequeños.

El Cuadro N° 3.05 es un resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio:

Cuadro N° 3.05
Resultados de los ensayos de LL, LP e IP

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	Límites de Atterberg (%)		
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	LL	LP	IP
C - 01	0.50	12+160	60.84	NP	NP
C - 02	0.70	12+200	36.83	NP	NP
C - 03	0.60	12+400	30.94	NP	NP
C - 04	0.60	10+000	34.45	29.17	5.28
C - 05	0.40	10+040	41.93	NP	NP
C - 06	0.80	39+020	25.81	18.41	7.41
C - 07	0.75	38+000	20.41	NP	NP
C - 08	0.40	37+000	30.74	21.59	9.15
C - 09	0.60	32+500	31.11	NP	NP
C - 10	0.50	32+000	45.04	37.50	7.54

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.4 Granulometría (MTC E-107 / ASTM D-422)

Esta prueba determina las proporciones de las partículas de diferente tamaño en una muestra de suelo. El suelo se seca y se coloca encima de una serie de tamices que se gradúan en tamaños medidos específicamente. El tamiz más grande se coloca encima y el más pequeño (tamiz N° 200) se coloca abajo. Los tamices se agitan o se hacen vibrar para separar las partículas de suelo. Cada tamiz retiene las partículas de su rango de tamaño desde grava gruesa a arena fina, sedimentos y arcillas, las partículas de arcilla están en el tamiz N° 200. Después de la separación el contenido de cada tamiz se pesa y registra. La proporción de cada tamaño de partícula se determina como un porcentaje en peso. Un suelo bien gradado, se define por la distribución pareja de partículas de suelo en una muestra. Un suelo compuesto por partículas de un tamaño predominante se define como pobremente gradado. En términos de compactación un suelo bien gradado compactará más fácilmente que un suelo pobremente gradado. Los suelos bien gradados permitirán que las partículas más pequeñas llenen los espacios entre las partículas más grandes dejando así menos espacios.

Los resultados de este ensayo son presentados en le Anexo E.

En el Cuadro N° 3.06, se presenta la clasificación SUCS y AASHTO producto de la granulometría elaborada, donde se aprecia que de los diez tipos de suelos en estudio, se obtuvieron cinco del tipo SP y los otros cinco de clasificación SW, desde la perspectiva AASHTO, se obtuvieron tres del tipo A-2-5 (0) y siete del tipo A-2-4 (0).

Cuadro N° 3.06
Resultados del ensayo de granulometría de los suelos en estudio

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	SUCS	AASHTO
C - 01	0.50	12+160	SP	A - 2 - 5 (0)
C - 02	0.70	12+200	SP	A - 2 - 4 (0)
C - 03	0.60	12+400	SP	A - 2 - 4 (0)
C - 04	0.60	10+000	SW	A - 2 - 4 (0)
C - 05	0.40	10+040	SW	A - 2 - 5 (0)
C - 06	0.80	39+020	SP	A - 2 - 4 (0)
C - 07	0.75	38+000	SP	A - 2 - 4 (0)
C - 08	0.40	37+000	SW	A - 2 - 4 (0)
C - 09	0.60	32+500	SW	A - 2 - 4 (0)
C - 10	0.50	32+000	SW	A - 2 - 5 (0)

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los resultados obtenidos se puede comentar que las curvas granulométricas presentan una tendencia muy parecida en casi la mayoría de los casos, esto se puede deber a varios factores entre ellos, la poca profundidad de la exploración, el hecho de que la carretera ha sido rehabilitada hace poco tiempo y que los materiales provienen de canteras seleccionadas y aún poseen las características físico-mecánicas; otra de las características que hemos observado es que los valores correspondientes al pasante en la malla N° 200 son en su mayoría, menores al 1% es decir, muy poca presencia de finos.

Como producto de los resultados obtenidos, se presenta la Gráfica 3.01, titulada **Espectro de Curvas Granulométricas**, donde hemos superpuesto todas las gráficas dentro de un rango de valores previamente calculados con la

estadística, como son el número total de datos, el valor promedio, la desviación estándar y los límites superior e inferior [Lím sup, Lím inf] que nos determinarán los husos de suelo.

Donde:

$$X_{\text{prom}} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

n = Número de valores

$$\sigma = \text{Desviación Estándar} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{prom}})^2}{n-1}}$$

$$\text{Límite Superior} = X_{\text{prom}} + \sigma$$

$$\text{Límite Inferior} = X_{\text{prom}} - \sigma$$

El Gráfico 3.02 presenta una comparación de gráficas de envolventes siendo estas:

- Las obtenidas al agrupar los suelos según la clasificación SUCS descrita anteriormente como del tipo SP y SW,
- La envolvente de todos los resultados granulométricos calculada en función a los mayores valores de porcentaje de material que pasa por cada tamiz y;
- La gráfica de la curva granulométrica promedio, al ponderar todos los valores obtenidos al desarrollar este ensayo.

Los límites son los mismos calculados para la Gráfica 3.01.

En las Gráficas 3.03 y 3.04, se presentan las envolventes de curvas granulométricas para aquellos suelos cuya clasificación ha sido del tipo SP y SW, teniendo en cuenta que los límites de desempeño han sido calculados con la misma filosofía descrita anteriormente.

Para estas gráficas de curvas granulométricas, se ha consultado las Especificaciones Técnicas para suelos estabilizados con compuestos

multienzimáticos orgánicos,⁽⁷⁾ en su Capítulo 3, concerniente a la construcción de una capa de base y/o sub-base constituida por material adicionado o totalmente resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos, donde se nos proporciona el huso granulométrico a tener en cuenta para estos trabajos, salvo indicación contraria de las especificaciones del estabilizador, para los materiales pétreos.

Cuadro N° 3.07
Huso granulométrico para suelos estabilizados con compuestos multienzimáticos orgánicos

Tamiz	Porcentaje que pasa
1 1/2"	100
N° 4	65 - 30
N° 200	35 - 10

Fuente: 1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002) "*Especificaciones Técnicas Generales para Carreteras: Capítulo 3, Sección N° 308, Suelo Estabilizado con Compuestos Multienzimáticos Orgánicos*", Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

Con la gradación o huso granulométrico mostrado, se utilizará para comparar con los resultados obtenidos de las diez muestras de laboratorio. Si bien es cierto, nuestras muestras fueron extraídas de la superficie de subrasante y no de una base o sub-base para poderlas comparar con este cuadro, ya que es prácticamente imposible encontrar una tabla que nos indique que características granulométricas debe tener esta superficie, éste cuadro se puede tomar en cuenta como referencia para observar si nuestras muestras cumplen o no con los requisitos granulométricos por parte de los estabilizadores seleccionados.

⁽⁷⁾ 1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002), "*Especificaciones Técnicas Generales para Carreteras: Capítulo 3, Sección N° 308, Suelo Estabilizado con Compuestos Multienzimáticos Orgánicos*", Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

Gráfico N° 3.01
Espectro de Curvas Granulométricas

Fuente: Elaboración propia.

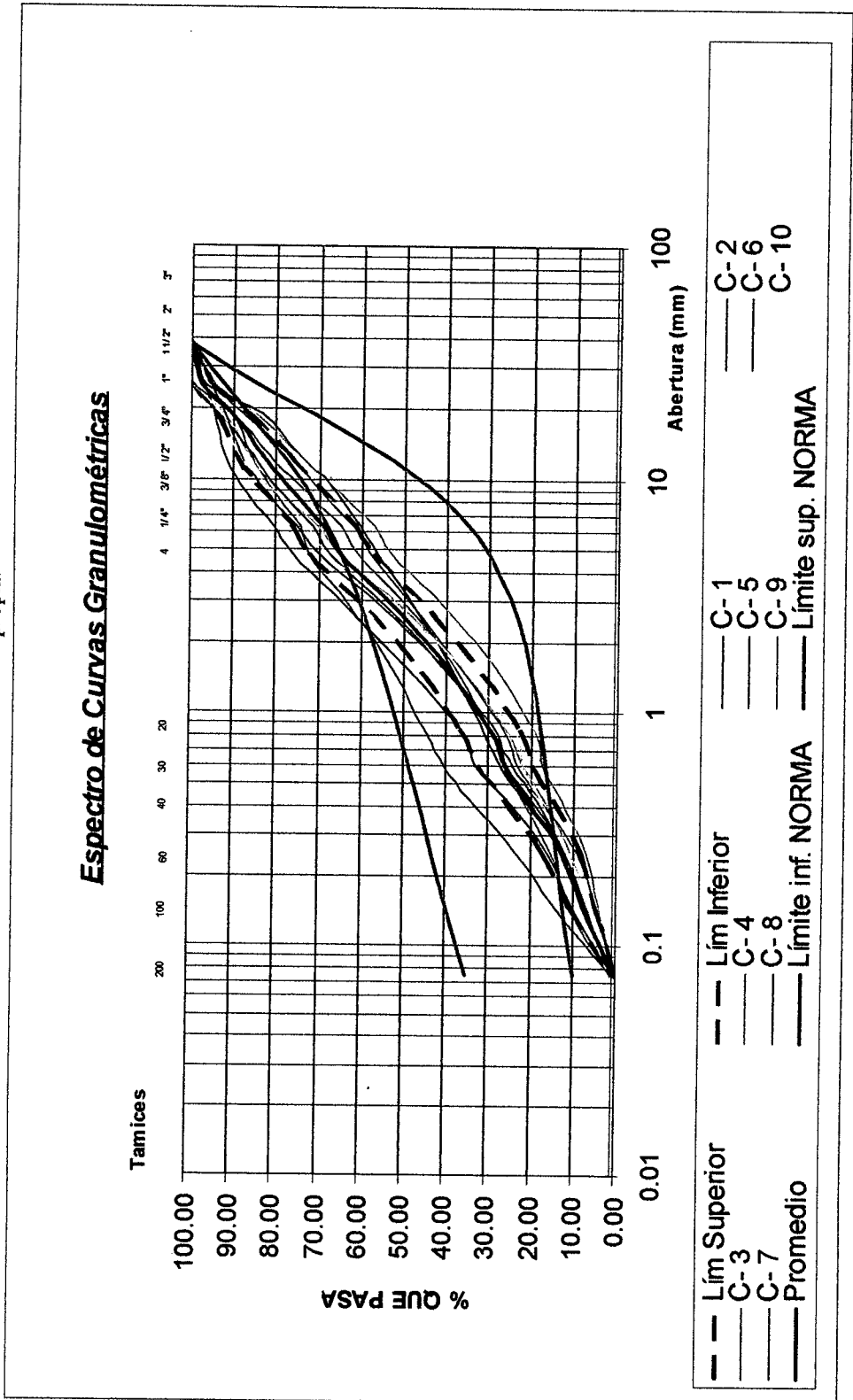


Gráfico N° 3.02
Envolvente de Curvas Granulométricas

Fuente: Elaboración propia.

Envolvente de Curvas Granulométricas

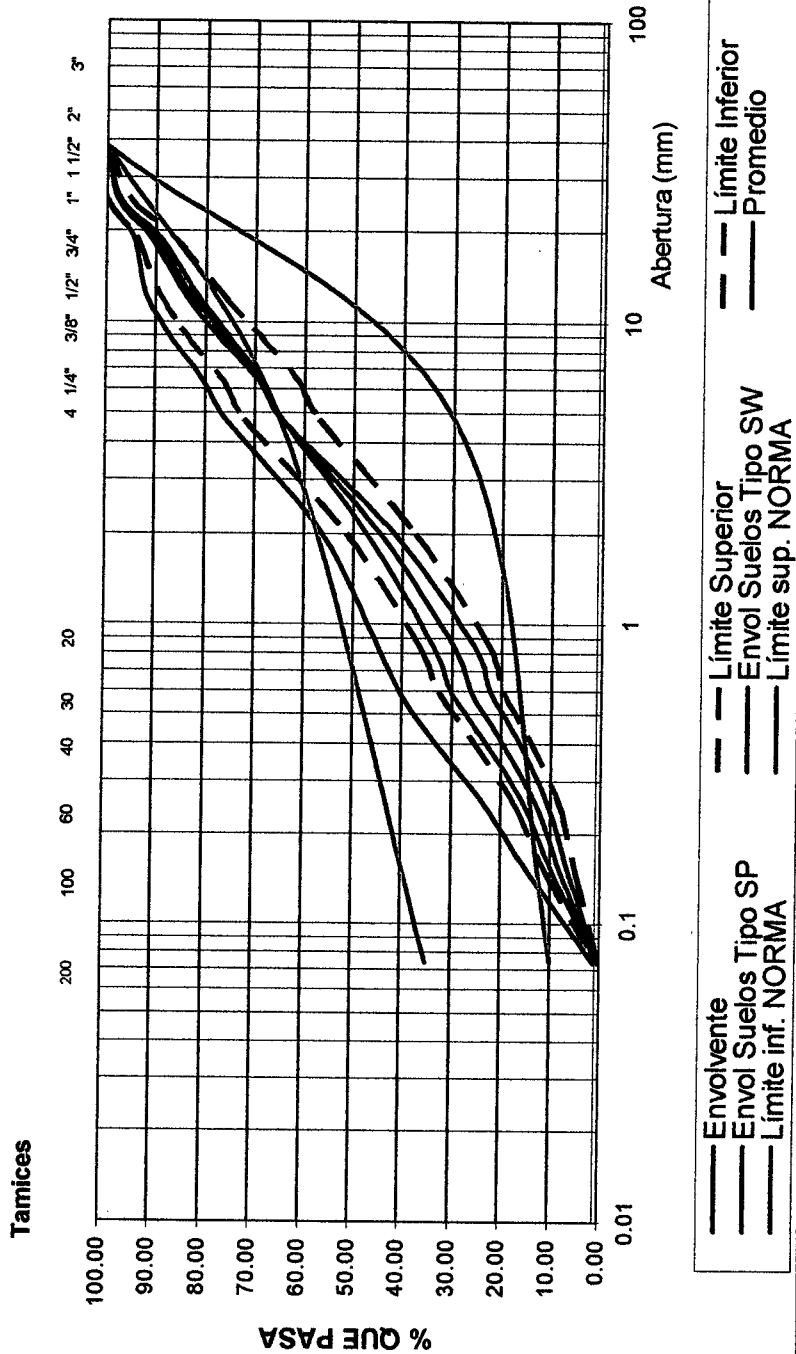


Gráfico N° 3.03
Envolvente de Curvas Granulométricas para suelos con clasificación SP

Fuente: Elaboración propia.

Envolvente de Curvas Granulométricas para Suelos con Clasificación SP

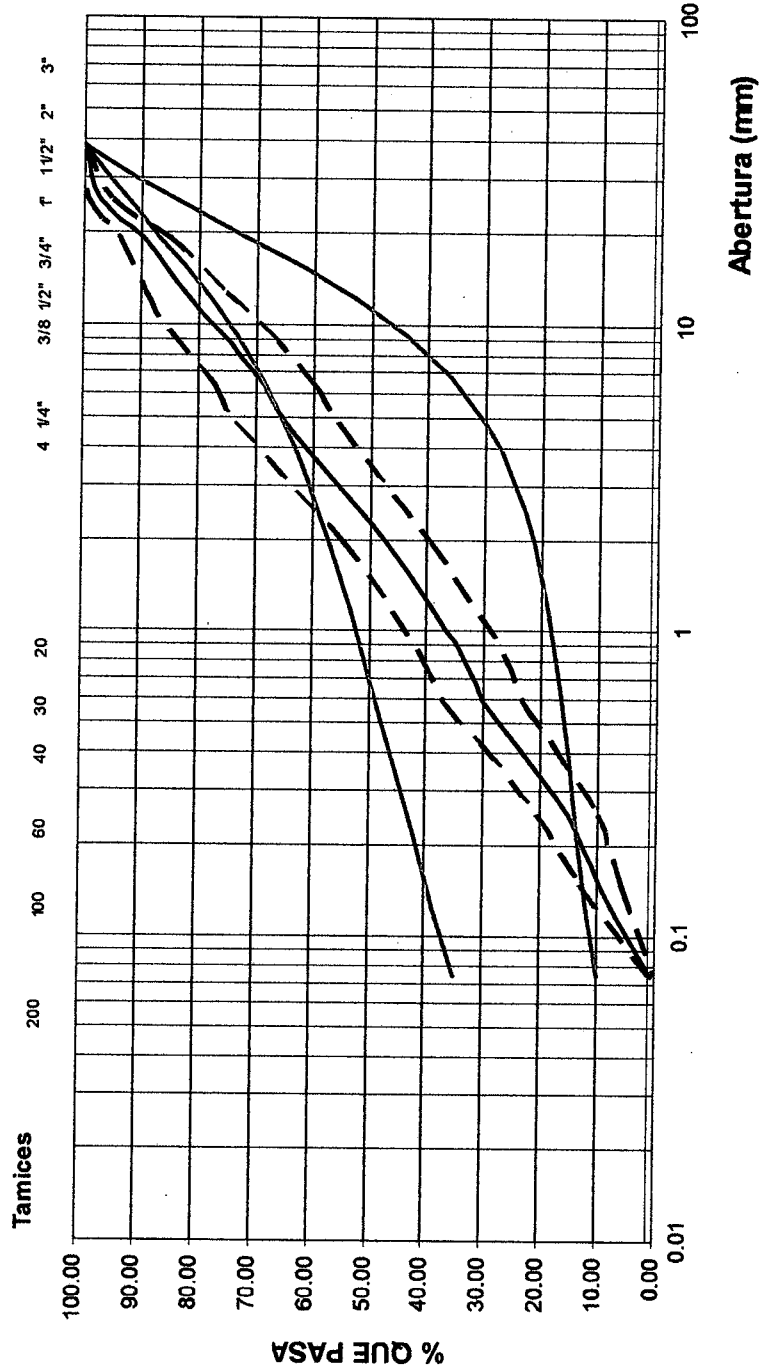
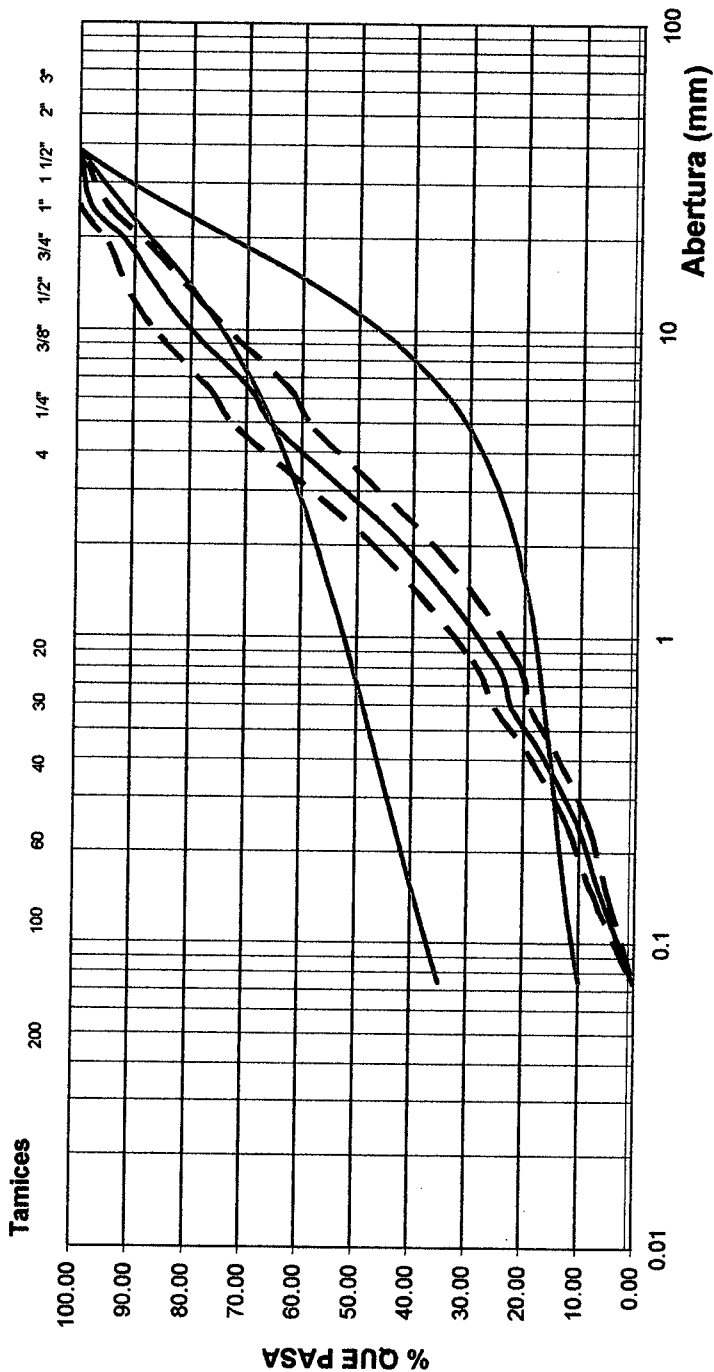


Gráfico N° 3.04
Envolvente de Curvas Granulométricas para suelos con clasificación SW

Fuente: Elaboración propia.

Envolvente de Curvas Granulométricas para Suelos con Clasificación SW



3.1.3.5 Proctor Modificado (MTC E-115 / ASTM D-1557)

La relación entre la Máxima Densidad Seca y la Humedad Óptima está en directa correlación al tipo de suelo que se está probando. Generalmente los suelos granulares son pesados y con un contenido de humedad bajo. Los suelos arcillosos por el contrario son ligeros en peso con un contenido más bajo de humedad.

La Máxima Densidad Seca (MDS), es una medida del límite más alto de peso que un suelo en particular alcanzará cuando se compacta a niveles óptimos. Cuando se agrega el agua al suelo seco y luego se procede a compactar, su densidad o peso aumentará. Los puntos son anotados en una gráfica a medida que se agregue más agua. El suelo alcanzará un punto en la adición de agua que no permite que el suelo se compacte en una masa sólida. El punto más alto de la gráfica es la Máxima Densidad Suelo (MDS). Este punto también indicará la cantidad óptima de humedad necesaria para compactar el suelo. El óptimo contenido de humedad (OCH) se mide como un porcentaje (%) del peso total del suelo. El OCH es el punto en que las partículas del suelo y el agua han llegado a la línea de cero espacios de aire. La adición de más agua hará que el suelo se haga más líquido que sólido a medida que el agua penetra entre las partículas de suelo. Así la resistencia del suelo se reduce.

Según los resultados presentados en el Anexo E, en todos los casos el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 es menor que el 20%, por lo tanto el método utilizado para la investigación es el método A del Proctor Modificado.

Los resultados del ensayo se presentan en el Anexo F. En el Cuadro N° 3.08, se presentan un resumen de los resultados encontrados en el laboratorio. Según Chang (2000), existe un rango aproximado de OCH para el tipo de suelo con el que se cuenta, para ello se presenta el Cuadro N° 3.09 para entender mejor el concepto.

Cuadro N° 3.08
Resultados del ensayo de Proctor Modificado

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
C - 01	0.50	12+160	1.890	10.0
C - 02	0.70	12+200	1.904	12.0
C - 03	0.60	12+400	1.820	12.7
C - 04	0.60	10+000	1.886	11.6
C - 05	0.40	10+040	1.846	14.0
C - 06	0.80	39+020	1.962	10.4
C - 07	0.75	38+000	2.082	8.4
C - 08	0.40	37+000	1.916	10.6
C - 09	0.60	32+500	1.967	10.2
C - 10	0.50	32+000	1.662	17.6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3.09
Rango aproximado de OCH vs. Tipo de Suelo

Tipo de Suelo	Valor probable (%) OCH Ensayo de Proctor Modificado
Arena	6 – 10
Mezcla de Arena y limo	8 – 12
Limo	11 – 15
Arcilla	13 - 21

Fuente: CHANG CHANG Luis (2000) "Compactación", Laboratorio Geotécnico CISMID - UNI, pág 37. Lima. Perú.

3.1.3.6 California Bearing Ratio CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883)

Desarrollada por el Departamento de Carreteras de California (1929) como una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como terreno de fundación (subrasante) o material componente del pavimento (sub-base y base granular), en nuestro medio, es uno de los ensayos más empleados para el cálculo de pavimentos flexibles.

El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El valor de CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón en una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón.

En el laboratorio, los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo en análisis, utilizando el ensayo de compactación estándar (AASHTO T-99) o modificado (AASHTO T-180). Sin embargo, el resultado del ensayo no es constante para un mismo tipo de suelo, puesto que está relacionado con el estado en el cual se encuentra al momento de efectuar el ensayo. Es por eso, que el ensayo da valores distintos si el experimento se realiza en el terreno natural que está expuesto al clima y a niveles de tránsito, comparado con un suelo compactado en el laboratorio bajo las características del mismo.

El Cuadro N° 3.10, nos puede ayudar para tener valores referenciales de CBR, usos y suelos, según los resultados ha obtener en el laboratorio.

Cuadro N° 3.10
Valores referenciales de CBR, usos y suelos

N° CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub-Base	OL,CL,ML,SC,SM,SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Base – Sub-base	GM,GC,SW, SM,SP,GP	A1,A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: CHANG CHANG Luis (2000) “CBR” Laboratorio Geotécnico CISMID - UNI, pág 43. Lima. Perú.

Los resultados de este ensayo son presentados en el Anexo G. Para una fácil identificación de las muestras, se las ha denominado como **ensayo de CBR del suelo patrón SP**.

En el Cuadro N° 3.11 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los 56, 25 y 10 golpes tal como manda la norma MTC-132.

Según los resultados obtenidos se aprecia que tan solo dos muestras superan el número de CBR de diez, estas son los suelos C-02 y C-07, las otras ocho tienen valores por debajo de diez. Cabe mencionar que según los valores referenciales de CBR del Cuadro N° 3.10, con los resultados obtenidos estaríamos en el orden de un 60% del suelo que nos serviría para la subrasante y un 40% de suelo que podría ser útil como sub-base, lo cual no es extraño ya que la estructura que estamos estudiando del camino es la subrasante. (Ver Cuadro N° 3.12)

Cuadro N° 3.11
Resultados del ensayo de CBR del Suelo Patrón (SP)

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN		CBR del suelo patrón (SP)			
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	MDS (g/cm ³)	OCH (%)	56	25	10	Valor CBR
C - 01	0.50	12+160	1.890	10.0	4.8	3.9	1.4	4.5
C - 02	0.70	12+200	1.904	12.0	19.1	5.4	3.7	15.5
C - 03	0.60	12+400	1.820	12.7	10.8	4.3	1.2	4.0
C - 04	0.60	10+000	1.886	11.6	5.6	2.1	1.5	2.1
C - 05	0.40	10+040	1.846	14.0	6.0	2.9	2.3	3.8
C - 06	0.80	39+020	1.962	10.4	14.2	7.9	1.5	8.4
C - 07	0.75	38+000	2.082	8.4	40.4	18.3	3.5	19.0
C - 08	0.40	37+000	1.916	10.6	8.7	3.9	1.4	3.7
C - 09	0.60	32+500	1.967	10.2	14.6	4.1	1.5	4.0
C - 10	0.50	32+000	1.662	17.6	19.5	6.4	2.1	7.5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3.12
Uso del suelo para la estructura del pavimento

N° CBR	Clasificación General	Usos	Número de Calicata	Porcentaje
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	4	10 %
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	1 – 3 – 5 – 8 – 9	50 %
7 – 20	Regular	Sub-base	2 – 6 – 7 – 10	40 %

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de CBR obtenidos en muestras que se clasifican como de buen suelo son muy bajos, pero en la práctica se comportan como suelos malos. Esto se debe a que tienen mayor porcentaje de arena y en menor proporción, finos no plásticos, es por eso que el comportamiento de estos suelos es típico de suelos finos no cohesivos (arena fina), que cuando se saturan aumenta de volumen perdiendo estabilidad (capacidad de soporte).

La forma de las partículas, que viene dado por el Cu (Coeficiente de Uniformidad) y el Cc (Coeficiente de Curvatura), son importantes porque cuando el Cu es menor que 3, se dice que el suelo es muy uniforme, es decir, sus partículas son de tamaños similares. Este valor decrece cuando el suelo es más uniforme. Para el Cc se encuentra entre 1 y 3, se dice que el suelo está bien gradado, por consiguiente se puede mencionar que cuando el material presenta partículas redondeadas el valor de CBR es bajo. ⁽⁸⁾

En las Gráficas N° 3.05 y N° 3.06, se presentan las curvas de Máxima Densidad Seca vs. CBR para la clasificación de Suelos de SP y SW a partir de los ensayos de granulometría, la idea es apreciar el comportamiento de estos suelos, si se manifiesta alguna tendencia en particular como es el caso de la calicata C-01 que con respecto a las demás tiene un desarrollo marcadamente distinto a las demás.

⁽⁸⁾ VÁSQUEZ LÓPEZ David, CHANG ALBITRES, Carlos (2004) "Análisis Comparativo con fines de diseño, entre la relación del Soporte de California CBR y la clasificación de suelos (AASHTO y SUCS)", XIII CONIC, pág. 9. Lima. Perú.

Gráfico N° 3.05
Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SP para el Suelo Patrón

Fuente: Elaboración propia.

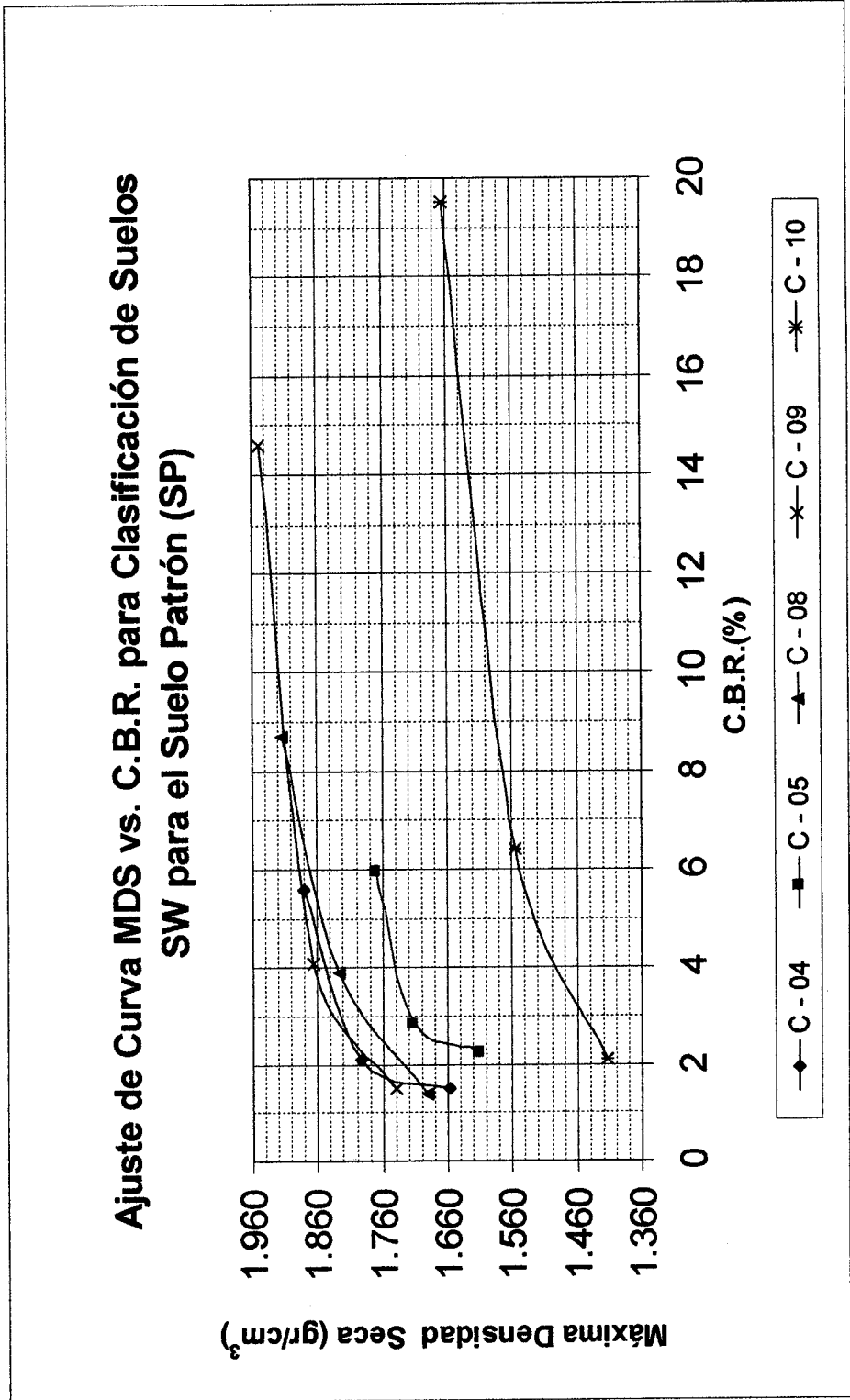
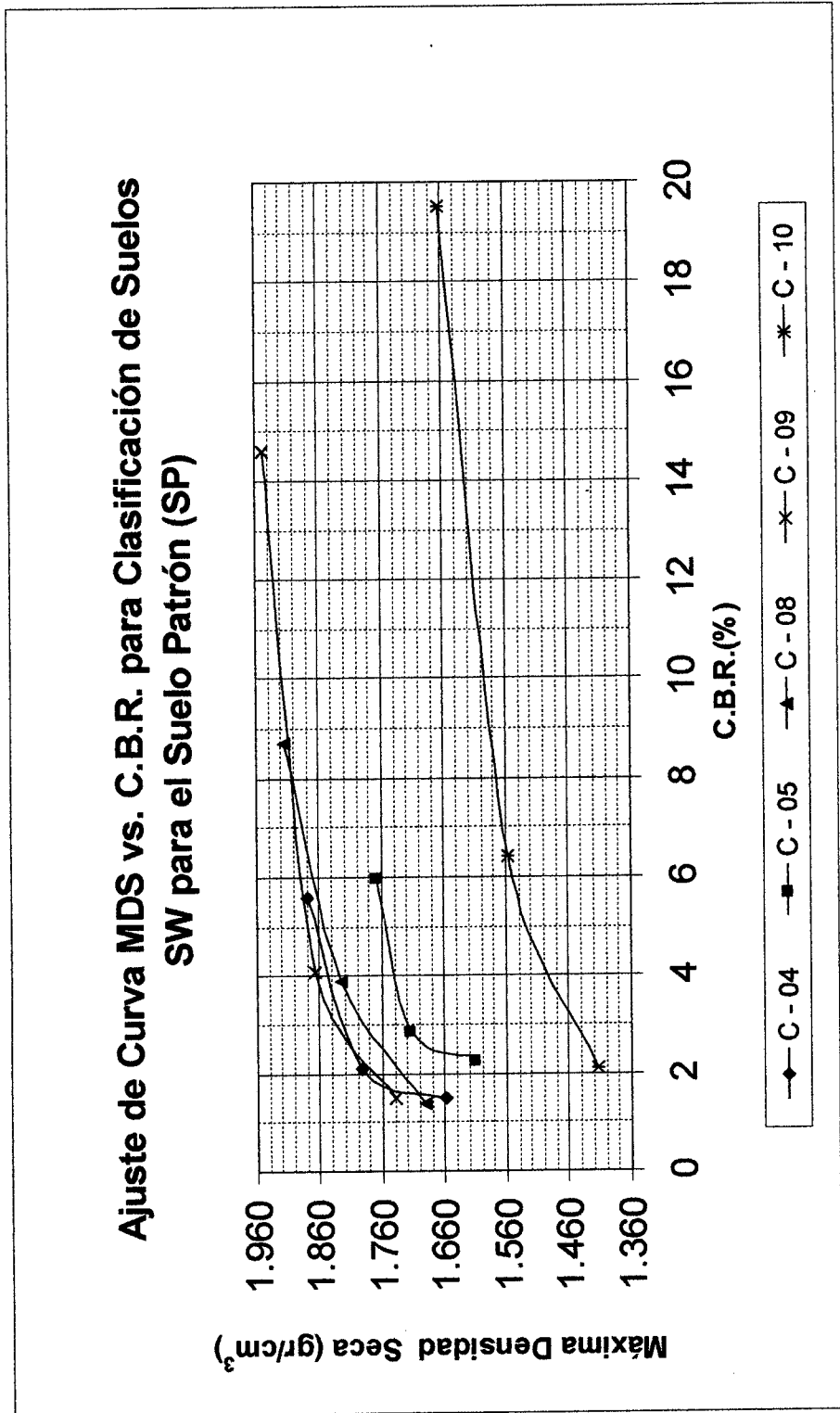


Gráfico N° 3.06
 Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SW para el Suelo Patrón

Fuente: Elaboración propia.



3.1.3.7 Módulo Resiliente (MTC E-128 / ASTM D-2844)

AASHTO propone actualmente el uso del Modulo Resiliente (M_r) para una mejor caracterización de los suelos con fines de diseño de pavimentos.

Es conocido por experiencia, que los materiales no siempre siguen un comportamiento elástico, experimentando cierta deformación permanente después de cada aplicación de carga. Sin embargo, si la carga es pequeña comparada con la resistencia del material y es repetida muchas veces, la deformación bajo cada repetición de carga es prácticamente recuperable en su totalidad y proporcional a la carga pudiendo ser considerada como elástica. Así, después de 100 a 200 repeticiones, toda la deformación es prácticamente recuperable, definiéndose el módulo resiliente como la relación entre el esfuerzo dinámico y la deformación que puede substituirse, en procedimientos analíticos que incluyen cargas de tráfico dinámico y requieren de un módulo de elasticidad. Este módulo elástico es así utilizado en las teorías elásticas para el diseño de los pavimentos.

Sin embargo, ante la ausencia de equipos, o de tiempo para la ejecución de estos ensayos muchas veces se utilizan ecuaciones de correlación entre los valores de CBR y M_r para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos. Así por ejemplo, la guía AASHTO propone la siguiente ecuación de correlación:

$$M_r = 1500 \times CBR \dots\dots\dots (1)$$

Esta correlación es adecuada para suelos finos con CBR inferior a 10%. En otros países de Latinoamérica, como Venezuela, se ha utilizan las siguientes ecuaciones de correlación:

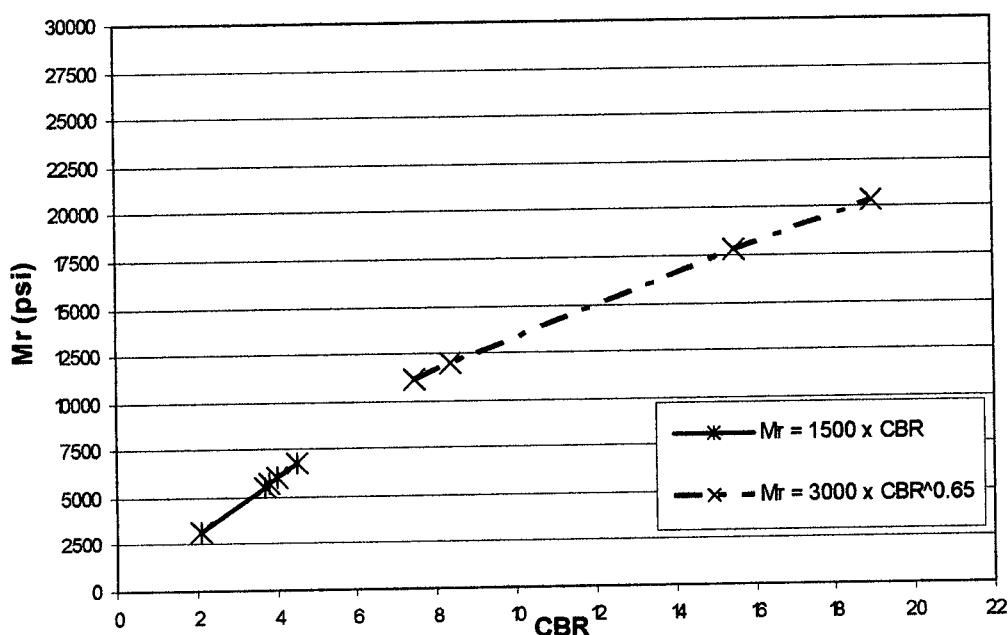
$M_r = 1500 \times CBR$	para $CBR \leq 7.2$	(2)
$M_r = 3000 \times CBR^{0.65}$	para $7.2 < CBR < 20$	(3)
$M_r = 4326 \times \ln(CBR) + 241$	para $CBR \geq 20$	(4)

La primera ecuación es la misma sugerida por la AASHTO, mientras que la segunda fue desarrollada por Sudáfrica. ⁽⁹⁾

En el Gráfico 3.07 se observa la variabilidad de los valores de Mr y su interdependencia con las ecuaciones de correlación utilizadas (2 y 3), tomando para ellos los valores de CBR presentados en el Cuadro N° 3.11.

Gráfico N° 3.07
Módulo Resiliente (Mr) vs CBR

Fuente: Elaboración propia.



Cabe destacar, que en la determinación del Mr con ecuaciones de correlación, sigue siendo limitante la variabilidad de los valores de CBR debido a las condiciones de estado del suelo. Por ejemplo, el CBR en el laboratorio será diferente, si se realiza el ensayo para un estado del suelo húmedo, saturado o seco-saturado que representaría las posibles condiciones del suelo a través de un período cíclico estacional de comportamiento del suelo.

⁽⁹⁾ VÁSQUEZ LÓPEZ David, CHANG ALBITRES Carlos (2004) "Análisis Comparativo con fines de diseño, entre la relación del Soporte de California CBR y la clasificación de suelos (AASHTO y SUCS)", XIII CONIC, págs. 3-4. Lima. Perú.

3.1.3.8 Sales Solubles Totales (MTC E-219)

Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en la estructura de los pavimentos. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

Los suelos no deben presentar sales para las obras de ingeniería de carreteras. La ingeniera química Yolanda Herrera, en la década de los 80 realizó un estudio de canteras para la autopista Pucusana-Cañete en la OAT (ex Laboratorio Central), donde evaluó las canteras del proyecto porque presentaban un porcentaje sales totales muy alto y era necesario determinar un rango o valor óptimo para su utilización, llegando a la conclusión de que en los materiales a ser usados en la conformación de base y sub-base deberían presentar como máximo un 1.0% de sales solubles totales, y para materiales de mezcla asfáltica un valor de 0.5% de sales solubles totales.

El código 318 del ACI, en su Capítulo 4, presenta la siguiente tabla concerniente a los requerimientos de durabilidad del concreto con respecto a los sulfatos:

Cuadro N° 3.13
Requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos

Severidad del ataque	Contenido de sulfatos SO ₄ (ppm) en agua	Contenido de cloruros CL ⁻ (ppm)
Débil	0 - 150	0 - 600
Moderada	150 - 1500	600 - 1000
Severa	1500 - 10000	1000 - 1500
Muy Severa	mas de 10000	mas de 1500

Fuente: American Concrete Institute ACI-PERU (2000) "Norma de Construcciones en Concreto Estructural y Comentarios ACI 318-99", II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción. Lima. Perú.

Para (%) = ppm / 10,000

En el Cuadro N° 3.14, se presentan los resultados obtenidos de sales solubles totales en partes por millón (ppm) estudiados en el laboratorio de química, para la investigación y que también se adjuntan en el Anexo H.

Cuadro N° 3.14
Resultados del ensayo de sales solubles totales

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	RESULTADOS	
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	Sales Solubles Totales en ppm (*)	Sales Solubles Totales en % (**)
C - 01	0.50	12+160	768	0.0768
C - 02	0.70	12+200	304	0.0304
C - 03	0.60	12+400	888	0.0888
C - 04	0.60	10+000	300	0.0300
C - 05	0.40	10+040	210	0.0210
C - 06	0.80	39+020	280	0.0280
C - 07	0.75	38+000	136	0.0136
C - 08	0.40	37+000	277	0.0277
C - 09	0.60	32+500	432	0.0432
C - 10	0.50	32+000	348	0.0348

Fuente: Elaboración propia.

(*) Resultados presentados con respecto al agua en ppm

(**) Resultados presentados con respecto al suelo en %

Según la Norma ASTM C-33, que muestra las especificaciones para los agregados finos y gruesos en la preparación de concreto, dice que el límite permisible de sales solubles totales en el material es de 1,300 ppm.

De los resultados del Cuadro N° 3.14, si los comparamos con lo estudiado por la Ingeniera Yolanda Herrera descrito en el párrafo anterior, se observa que las diez muestras estudiadas están por debajo del límite permisible, por lo que el material no estaría expuesto al ataque de sales solubles totales. En el caso de que alguna de las muestras hubiera presentado valores por encima del valor permisible, se debería haber desarrollado un ensayo para obtener el contenido de sulfatos (SO₄) y cloruros (Cl⁻) por separado y compararlo con el Cuadro N° 3.13, ya que estas dos sales son las más perjudiciales para los materiales de una estructura de pavimento.

Cabe hacer la mención que en la mecánica de suelos no se cuenta con una tabla de comparación que ayude a identificar y evaluar si la presencia de sales es la permisible o no, por ello, nos remitimos al Cuadro N° 3.13, como tabla de apoyo de las investigaciones de concreto, ya que se han desarrollado más trabajos con respecto a este tema, al del estudio de la presencia de sales solubles totales en los agregados pétreos.

CAPÍTULO N° 4

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DE LOS PRODUCTOS

Dos productos estabilizadores de características líquidas de suelo disponibles comercialmente, fueron seleccionados para la evaluación de esta investigación. Todos los productos que fueron identificados y considerados en esta selección se enumeran en el Cuadro N° 4.01. El personal de la OAT (Oficina de Apoyo Tecnológico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones) proporcionó la información. La literatura de los fabricantes fue recopilada por mi persona para el presente estudio. Otros productos mencionados fueron identificados en artículos publicados, encontrados en búsquedas de internet, y recolectados de otras fuentes. Sin embargo, no se hizo ningún esfuerzo de montar una lista comprehensiva de productos y de distribuidores disponibles; porque la mayoría de los representantes de los productos listados en el Cuadro N° 4.01 no fueron contactados, varios de los productos mencionados pueden no estar disponibles en el mercado o son distribuidos por diversas compañías. Por lo tanto, la información en el Cuadro N° 4.01 no se debe ver como listado completo o exacto de los productos estabilizadores de suelo actualmente en el mercado. En vista que los estabilizadores líquidos son los más fácilmente disponibles, aparecen la mayoría de los productos identificados que se pueden clasificar como uno de estos tres tipos:

1. **Estabilizadores iónicos**, investigados para trabajar con intercambio catiónico dentro de los minerales arcillosos.
2. **Estabilizadores enzimáticos**, que están constituidos en varios catalizadores orgánicos.
3. **Estabilizadores con polímeros**, comprendidos en varios polímeros orgánicos e inorgánicos.

Esta clasificación simple no está pensada para proporcionar un esquema comprehensivo en categorizar los muchos diversos productos vendidos para

estabilizar los suelos. De cierta forma, se elaboró una tentativa de agrupación, simplemente lo más extensa posible de los productos disponibles y de facilitar la selección de los productos representativos para un estudio adicional. ⁽¹⁾

A lo largo del tiempo se han venido utilizando una serie de productos estabilizadores de suelo que han mejorado las características físico-químicas de la superficie de rodadura, dentro de la variedad de productos que se pueden encontrar en el mercado, a continuación se presenta una relación de fabricantes y/o representantes de los productos estabilizadores:

Cuadro N° 4.01
Relación de fabricantes y/o representantes de estabilizadores

NOMBRE DEL FABRICANTE	PAÍS DE ORIGEN	REPRESENTANTE EN EL PERÚ	PRODUCTO
Econ – Intercontinental Coating Group	Usa	Quimilab SA	---
Basic Solution Limited	Singapur	Erys SA	Probase TX-55
Meram SA	Perú	Negolima SA	Permazyme 22x
Consolid Ag	Suiza	Consolid Perú SA	---
Quimpac SA	Perú	Quimpac SA	Cloruro de Calcio KD – 36
Con Aid - PTY	Perú	Tecnología de Materiales	CON-AID
World Wide Enzymes	Usa	Gonzalo Chavez	Zymplex Px – 22x
Road Building International	Israel	Corporación Económica SA	RBI - 81
Rainstorm Enterprises Ltd.	Australia	Stasoil SAC	Terrazyme

Fuente: Dirección de Investigaciones, Oficina de Apoyo Tecnológico OAT, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Cabe acotar que existen más productos en el mercado nacional e internacional que no han sido mencionados por no contar con datos precisos de los estabilizadores.

⁽¹⁾ RAUCH Alan F., KATZ Lynn E., LILJESTRAND Howard M. (2003), "An Analysis of the Mechanisms and Efficacy of Three Liquid Chemical Soil Stabilizers – Volume 1", U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration (FHWA) – Center for Transportation Research, Bureau of Engineering Research, págs. 31-33. Universidad de Texas. Austin. Texas. USA.

El diseño de estabilizaciones con agentes estabilizantes, consiste en llevar a cabo una adecuada clasificación del suelo con la cual se determina el tipo y cantidad de agente estabilizante así como el procedimiento para efectuar la estabilización. El método de diseño obviamente depende del uso que se pretenda dar al suelo estabilizado. En el Cuadro N° 4.02 se presenta la respuesta de los principales tipos de suelos a la estabilización con diversos estabilizantes sin considerar los del tipo químico-líquido.

Cuadro N° 4.02
Respuesta a la estabilización de los principales tipos de suelos

COMPONENTE DOMINANTE	ESTABILIZANTE RECOMENDADO	OBJETIVOS
Arenas	Arcilla de baja plasticidad	Para estabilización mecánica
	Cemento Portland	Incrementar el peso volumétrico y la cohesión
	Asfaltos	Incrementar la cohesión
Limos	Dependerá del tipo de minerales que contenga	-----
Alófanos	Cal	Acción puzolánico e incremento en el peso volumétrico
Caolín	Arena	Para estabilización mecánica
	Cemento	Para resistencias tempranas
	Cal	Trabajabilidad y resistencia tardía
Illita	Cemento	Igual que el caolín
	Cal	Igual que el caolín
Montmorillonita	Cal	Trabajabilidad y resistencia, reducción de expansiones y contracciones

Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transportes (2002), "Publicación Técnica N° 201: Estabilización de suelos con cloruro de sodio para uso en las vías terrestres", Instituto Mexicano del Transporte, pág. 21. Queretaro. México.

4.1 EXPERIENCIAS ANTERIORES EN ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN CAMINOS RURALES

Las experiencias de estabilización de suelos en caminos se pueden contar por montones a lo largo del mundo, teniendo como puntos de partida las características de suelo y el tipo de estabilizador que se pretende utilizar; sin olvidarnos por un momento del factor costo, por ello mencionamos diferentes casos de estabilizaciones de suelos con diversos productos con resultados favorables:

Cuadro N° 4.03

Experiencias de estabilizaciones de suelos a lo largo del mundo

OBRA	LONGITUD (Km)	FECHA	PRODUCTO UTILIZADO
Mejor. de la vía Merecure – El Regalo (Venezuela)	20.0	Jul 1987	Estabilizado con aceite sulfonado
Mejor. de la vía Morón – Coro (Venezuela)	12.0	May 1995	Estabilizado con aceite sulfonado
Mejor. de la vía Huarica – Jaruscayán (Perú)	16.0	Oct 1998	Estabilizador Terrazyme
Mejor. de la vía Toluca – Valle del Bravo (México)	16.2	Oct 1998	Estabilizador Terrazyme
Rehab. de la vía Dv. Pucallpa – Puente Azpuzana (Perú)	14.0	Dic 1998	Estabilizador Orgánico Permazyme 22x
Mejor. de la Vía La Serra Golf (Italia)	No se indica	May 2000	Estabilizador RBI – 81
Mejor. de la Vía Namdeb hacia las minas de diamantes (Namibia)	No se indica	Jun 2000	Estabilizador RBI – 81
Mejor. de la Vía Copiapó –San Francisco (Chile)	55.0	Dic 2001	Estabilizador Bichosfita

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1 Experiencias de estabilización de suelos con los aditivos seleccionados

Dos productos representativos de los tres tipos de estabilizadores líquidos, fueron elegidos dentro de los enumerados en el Cuadro N° 4.01 para la elaboración de este estudio. Los fabricantes fueron después contactados y solicitados en proporcionar las muestras del producto. A través de este informe, los productos seleccionados se identificarán por su marca comercial siendo estos: el "Permazyme 22x" y el "Probase TX-55".

La selección del producto estabilizador enzimático Permazyme 22x, es bajo su propiedad de fórmula concentrada, biodegradable, no-bacterial y multi-enzimática. El producto se anuncia para aumentar la densidad del suelo, reducir el esfuerzo de compactación, mejorar la capacidad de sustentación y disminuir el valor del coeficiente de permeabilidad.

El producto Probase TX-55, está compuesto por soluciones inorgánicas y cationes poliméricos. Ambos componentes reaccionan en presencia de agua, formando un catalizador que tiene la propiedad de hacer que los pigmentos orgánicos de los suelos se adhieran entre si. El representante expresa que el producto puede ser utilizado para mejorar el esfuerzo del suelo, disminuir la plasticidad del suelo arcilloso, alcanza mayor densidad de compactación, como un buen reductor de polvo y eleva la efectividad en comparación de otros estabilizadores.

Las experiencias con el aditivo Permazyme 22x, han sido estudiadas en diversas partes del mundo, en países tales como Argentina, Colombia, Brasil, Tailandia, China, Vietnam, Indonesia, Malasia, Rusia, Filipinas, Ghana, entre otros; según la información proporcionada por el distribuidor.

Específicamente para el caso del Perú, en el departamento de Huánuco donde se ha centrado el presente trabajo, se han realizado las siguientes experiencias con este estabilizador:

- Obra: Miraflores – Punchao
Tramo I: 0+440 al 5+000, pavimentación de Punchao y Singa.
- Obra: Miraflores – Punchao
Tramo II: 5+000 al 9+880, pavimentación de Pampa de Flores y Miraflores.

Estos son los dos únicos trabajos que a la fecha de analizado el estudio, se tienen desarrollados en esta zona, de un total de 79 a nivel nacional, equivalentes a 1,128.248 Km estabilizados, según estadísticas al mes de enero del 1998 elaboradas por la Gerencia de Supervisión de Proyectos de Caminos Rurales (hoy Gerencia de Proyectos GP).

Mientras que para el aditivo estabilizador Probase TX-55, se nos ha informado que se han realizado experiencias por parte de la Oficina de Apoyo Tecnológico OAT del MTC en el año 2003 en zonas como la carretera a Pomabamba (Callejón de Conchudos - Ancash) y en Pozuzo (Oxapampa – Cerro de Pasco).

4.1.2 Principios de la estabilización de suelos

La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento esfuerzo-deformación de los suelos. El mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros; buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo-deformación y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil.

Para explicar este fenómeno nos basaremos en la formación de las rocas sedimentarias en el tiempo, las cuales tienen su origen en los sedimentos que son arrastrados por diversos agentes atmosféricos que se van depositando en capas que se van acumulando por encima, una tras otra. Cuanto más peso soportan las capas inferiores, menor es el espacio entre los poros. El suelo

expulsa agua y alcanza gran densidad. Pese a esto el proceso por sí solo, no es suficiente para formar una roca, debe existir un proceso de cementación que se produce con materiales como carbonato de calcio, sílice u óxidos de hierro que fluyen través de los poros y cementan las partículas.

Lo que ocurre al agregar a un suelo los estabilizadores es muy similar a lo descrito anteriormente. El peso de los mantos que causa compactación, es reemplazado por métodos mecánicos que tienden a llevar al suelo una densidad máxima. Los materiales cementados son reemplazados por los componentes estabilizantes y se crea un proceso de cementación acelerado por efecto del producto.

El agua es liberada y se elimina por gravedad. En poco tiempo se forma una masa sólida y estable, la capilaridad se elimina por disminución de la porosidad, la estructura se vuelve casi impermeable, lo cual trae beneficios, disminuye la plasticidad y la expansividad, aumenta la densidad y la resistencia al esfuerzo cortante. ⁽²⁾

4.1.2.1 Estabilizador líquido Permzyme 22x

La acción catalizadora de las enzimas, incrementa notablemente el proceso humectante del agua y provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos (plásticos–arcillosos), disminuyendo la relación de vacíos lo cual ayuda a que las partículas del terreno puedan ser más densamente compactados.

La acción cohesiva de este proceso, produce una fuerte actividad cementante formando finalmente un estrato resistente y permanente; a diferencia de los aditivos basados en compuestos inorgánicos y derivados del petróleo, los cuales mantienen unidos los materiales temporalmente. El aditivo al ser aplicado, provoca una fusión de partículas orgánicas del terreno, creando una base densa

⁽²⁾ YTURRY GÁRNICA Alex Mauricio (1999), *“Investigación de Aditivos Estabilizadores de suelos para construcción de carreteras”*, Informe de suficiencia. Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.

y estable, que resiste mejor la penetración del agua, así como la acción destructiva del clima (erosión) y el uso constante del camino.

Explicado de otra forma, al mezclar una porción de arcilla del terreno (iones negativos) con el aditivo (iones positivos) cambia la estructura molecular del suelo y fusiona las partículas del terreno, acelerando su cohesión a través de la acción catalítica de las enzimas.

4.1.2.2 Estabilizador líquido Probase TX-55

El Probase TX-55, es una composición química que activa los iones de H^+ y de (OH^-) , formado por cationes poliméricos que conjuntamente con el agua, forman un catalizador que mediante fuertes intercambios de cargas eléctricas hace que las partículas de suelo se adhieran a él; y éstas se reacomodan y se ordenan por sí mismas, atrayendo a otras para formar una masa de suelo de alta densidad; todo esto se da, cuando el agua se separa del suelo en un proceso electroquímico que es irreversible, además se obtiene un agua libre que puede ser drenada por gravedad o por evaporación. Descrito de otra forma, si está correctamente diluido, la mezcla penetra el suelo, ocupa los espacios vacíos y luego, mediante un intercambio iónico, se va transformando en un gel que liga los granos del suelo entre sí; con esto se reduce la plasticidad y la tensión superficial, lo que conlleva al incremento de la capacidad portante del suelo.

4.1.3 Ventajas que ofrecen los estabilizadores

Dentro de las ventajas que ofrecen los estabilizadores según “*los distribuidores*” podemos mencionar las características siguientes:

Para el estabilizador **Permazyme 22x**:

- a) *Incrementa la densidad del suelo*, disminuye la tensión superficial del agua, la cual ayuda a una rápida y pareja penetración y dispersión de la

- humedad del material. Esta acción, hidrata las partículas finas a ser compactadas, sellando y eliminando los vacíos, formándose un estrato permanentemente impermeable y durable que resiste la penetración del agua, así como la acción destructiva del clima (erosión) y el uso constante del camino.
- b) *Mejora la Capacidad de Soporte de Carga (CBR)*, (el incremento en porcentaje no se nos ha indicado por parte del distribuidor), el material tratado con el aditivo después de la compactación, crea una acción de cementación, que incrementa significativamente las características de la capacidad de carga del suelo, ya que éste promueve el aglutinamiento de las partículas del suelo.
 - c) *Reduce el esfuerzo de compactación*, el incremento en la lubricación de las partículas del suelo, permiten que la densidad natural del suelo que se va a trabajar, se alcance con menor número de pasadas del equipo de compactación (rodillo).
 - d) *Reduce la permeabilidad*, el aglutinamiento de finos en la carretera, elimina la habilidad del agua al pasar por el material tratado Permazyme 22x casi que impide su penetración, por lo que la carretera se hace más fuerte y resistente a los cambios de temperatura ambientales (heladas, inundaciones, altas temperaturas, etc.).
 - e) *Disminuye el volumen de agua a utilizar*, al ser humectante, reduce la cantidad de agua requerida hasta un 25% para alcanzar el OCH.
 - f) *Elimina la actividad de transporte de material*, el material de la carretera cuando se trata con Permazyme 22x, se puede obtener de la misma estructura del pavimento siempre y cuando tenga suficiente cantidad de finos cohesivos.
 - g) *Reduce el tiempo de construcción sin variar los métodos y equipos tradicionales.*

- h) *Reduce las labores de mantenimiento y mano de obra*, las carreteras nuevas y existentes tratadas con el aditivo, en el espesor recomendado, podrán ser resistentes con el tiempo y sometidas a un mantenimiento mínimo.
- i) *Es seguro para el medio ambiente*, no hace daño a animales, humanos o vegetación y por ser un producto orgánico, es biodegradable (aunque no se menciona cuál es el tiempo estimado para este proceso).
- j) *Seguro de manipular*, (no es tóxico, ni inflamable, ni corrosivo, ni irritante, ni cáustico); no requiere un manejo especial; no contiene materiales combustibles, no es explosivo y puede usarse cerca del fuego; no es gaseoso y puede almacenarse fácilmente.

Para el estabilizador **Probase TX-55**:

- a) *Ahorro de costos*, capaz de reducir entre el 50 al 80% los costos de construcción con respecto al método convencional. En contraste con otros procesos, el ahorro de costo total puede incluso ser más alto.
- b) *Reduce el desgaste del camino, los costos y problemas del mantenimiento*, Probase TX-55 aumenta el esfuerzo y la resistencia del camino disminuyendo la penetración del agua al camino haciéndolo menos absorbente. Esto da lugar a un proceso mucho más lento de desgaste que hace al camino más durable con un efecto similar en los vehículos, que reducen el costo de mantenimiento de los caminos y de los vehículos mismos.
- c) *Probase TX-55 solo necesita trabajar en suelos existentes in situ*, no hay necesidad para traer materiales foráneos. Esto se hace para ser no solamente simple, sino que ahorra tiempo y dinero.
- d) *Incrementa el esfuerzo de compresión*, Probase TX-55 actúa como un catalizador para acelerar y consolidar los principales materiales del camino.

Crea una base más densa, más cohesiva y estable que aumenta el esfuerzo de compresión.

- e) *Mejora la capacidad de trabajo del camino*, ya que mejora la integridad estructural de la base del camino y aumenta la capacidad de trabajo de la carga en un cierto momento. Esto se extiende al tiempo de vida del camino.
- f) *Mejora la densidad del suelo*, ayuda a reducir los vacíos entre las partículas del suelo en los materiales de la base, alterando la atracción electroquímica en las partículas del suelo y llevando el agua al límite. El resultado es una superficie más impenetrable, seca, con una subrasante más densa y con menos polvo.
- g) *Baja el valor del coeficiente de permeabilidad del agua*, los caminos y las bases del suelo construidas con Probase TX-55 tienen mayor resistencia a la penetración y a la deterioración del agua.
- h) *Reduce el esfuerzo de compactación y mejora la trabajabilidad del suelo*, al humectarse las partículas del suelo, hace que el suelo sea más fácil de escarificar y que en la compactación alcance la densidad deseada con el menor esfuerzo.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITIVOS EMPLEADOS

- **Permazyme 22x**

El aditivo estabilizador Permazyme 22x se presenta como un líquido en bidones de 5 galones; es de color marrón oscuro con olor a fermento dulce y debe guardarse bajo sombra y a una temperatura por debajo de 120 °F (50 °C), sobre estas temperaturas, se puede reducir la actividad de la enzima. El congelamiento no dañará el producto. El almacenamiento es de 42 a 48 meses.

Los bidones contienen proteínas purificadas derivadas de fuentes vegetales fermentadas.

- **Probase TX-55**

A lo ya anteriormente mencionado para el estabilizador Probase TX-55 según el catálogo del distribuidor, complementaremos diciendo que es un líquido concentrado transparente, compuesto de silicatos, que permite la estabilización y el endurecimiento de suelos, que a una temperatura de 212 °F alcanza su punto de ebullición y 32 °F como punto de congelamiento, no tiene olor, con un pH entre 11-12 y gravedad específica de 1.33. Incompatible con las sales, con los ácidos y los alcoholes, asimismo no se debe de almacenar en containeres de aluminio.

Contiene un inhibidor de corrosión, que hace que sea menos corrosivo que el agua simple, impidiendo el deterioro de los equipos. La presentación de este producto es en cilindros de 55 galones.

4.3 DOSIS DE APLICACIÓN

Las recomendaciones de los distribuidores para los rangos de dilución y de uso del producto en el campo se resumen a continuación para los dos estabilizadores seleccionados. Mientras que las diferentes diluciones y rangos de aplicación se mencionan a veces en la literatura del producto, las recomendaciones de los distribuidores son generales y sin relación con las características particulares de los suelos que se tratarán. No aparecen los rangos óptimos de utilización, lo usual es determinarlos para los diversos proyectos o tipos de suelo. Los rangos de aplicación recomendados para los dos productos evaluados se enumeran en el Cuadro N° 4.04, mientras que los rangos de dilución se presentan en el Cuadro N° 4.07. A través de este estudio, estos valores se refieren como los rangos de aplicación recomendados por los distribuidores.

Para el aditivo Permazyme 22x; según el distribuidor, se dosifica a razón de 1L por cada 33 m³ de material compactado, mezclándolo con agua necesaria hasta obtener la humedad óptima de compactación. Esta dosificación está calculada para llevar a cabo la acción catalítica aglutinadora de las arcillas presentes considerando que tenemos un mínimo de 18% de este material plástico (finos), por lo que ésta se llevará a cabo en forma total en un período aproximado de 72 horas durante las cuales no se requerirá de cuidado especial. Hay que tratar que la aplicación del aditivo sea lo más homogénea posible.

Cuadro N° 4.04
Rangos de Aplicación recomendados por los distribuidores

ADITIVO	ESTADO	RENDIMIENTO SEGÚN FABRICANTE	RENDIMIENTO POR m ² (*) e = 0.15m
Permazyme 22x	Líquido	1 L / 33 m ³ de suelo compactado	0.0045 L
Probase TX-55	Líquido	1 L / 3 m ³ de suelo compactado	0.0520 L

Fuente: PERMA – ZYME 22X “Hacia un futuro mejor – ESTABILIZADOR DE SUELOS” 2da. Edición. Compañía Industrial San Andrés SA (1997), Lima. Perú / Información técnica del estabilizador PROBASE TX-55 / (*) Se considera un espesor de capeta de 15 cm.

También se sugiere que al emplear el aditivo estabilizador, se recomienda calcular la cantidad de agua necesaria para compactar y disminuirle en un 25-30% de lo que normalmente se requiere, para evitar el exceso de agua, pues esta se ve compensada por la presentación del aditivo que es líquido.

Es necesario recalcar, que en la dosificación con Permazyme 22x, es con respecto al volumen del material y no en relación al agua, pues ésta es sólo el medio para aplicar el aditivo y en el caso que después de aplicar la mezcla (agua-aditivo estabilizador) hiciera falta más agua, ésta se deberá aplicar ya sin aditivo. Si por el contrario se hubiera obtenido una humedad por encima de la óptima, sólo deberá orearse el material hasta obtener la humedad adecuada y después, tenderlo para proceder a compactar.

Para el estabilizador Probase TX-55, el distribuidor menciona que 1 cilindro de 55 galones, rinde para un área de 4000m² considerando un espesor de carpeta de 15 cm, o lo que a su vez significa estabilizar unos 20m² de terreno con espesor de 15cm, para 1L de Probase TX-55 rinde 3m³ de material compactado. También se sugiere multiplicar el volumen de suelo a compactar por 0.30 o 0.35 para obtener la cantidad de litros necesarios de Probase TX-55 a utilizar.

Con los rendimientos mostrados, se estableció el procedimiento necesario para el cálculo de la dosis de aditivo a utilizar para cada muestra de suelo, siendo este:

1. Definir el Contenido de Humedad w_n (%) para cada suelo consistente en tres muestras de 6,000 g cada una.
2. Definir la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) del ensayo del Proctor Modificado.
3. Obtención del Volumen a compactar mediante la expresión siguiente:

$$V_{comp}(cm^3) = \frac{W_{comp}}{MDS} \dots\dots\dots(\alpha)$$

4. Obtención del Volumen del aditivo a utilizar con la fórmula siguiente:

Para el aditivo Permazyme 22x $V_{aditivo}(cm^3) = \frac{V_{comp}}{33 \times 10^3} \dots (1\beta)$

Para el aditivo Probase TX-55 $V_{aditivo}(cm^3) = \frac{V_{comp}}{3 \times 10^3} \dots (2\beta)$

5. Definimos el Volumen de aditivo por Kilogramo de suelo, con la expresión siguiente:

$$V_{aditivo}(cm^3 / Kg) = \frac{V_{aditivo}}{W_{comp}} \dots\dots\dots(\varphi)$$

6. Definimos el Volumen de agua que se le deba añadir a cada muestra de suelo mediante la expresión siguiente:

$$V_{agua}(cm^3) = \frac{W_{mat} \times (OCH - w)}{100 + w} \dots\dots\dots(\lambda)$$

Sabiendo que puedan existir dudas con la ecuación (λ), a continuación se procede a su demostración:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \dots\dots\dots(1)$$

Se expresa la ecuación (1) de otra forma como:

$$W_s = \frac{W_h}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \text{ o también: } W_s = \frac{W_h * 100}{100 + w(\%)} \dots\dots\dots(2)$$

Además;

$$W_h = W_s + \gamma_w * V_w = W_s + W_w \text{ donde } \gamma_w = 1 \dots\dots\dots(3)$$

Reemplazando (3) en (2)

$$W_s = \frac{(W_s + W_w) * 100}{100 + w(\%)} \dots\dots\dots(4)$$

Además se sabe que,

$$V_w = \frac{W_w * w(\%)}{100} \dots(5) \quad \text{y que; } w(\%) = OCH - Hnat \dots(6)$$

Reemplazando (2) en (5)

$$V_w = \frac{\frac{(W_h * 100)}{100 + Hnat} * w(\%)}{100} \dots\dots\dots(7)$$

Ordenando las expresiones, operando e introduciendo (6) en (7) se tiene:

$$V_w = \frac{W_s * (OCH - Hnat)}{100 + Hnat} \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

γ_d = Peso específico seco del suelo

γ_h = Peso específico húmedo del suelo

γ_w = Peso específico del agua

W_s = Peso del suelo

W_h = Peso húmedo del suelo

W_w = Peso del agua

V_w = Volumen del agua

OCH = Óptimo Contenido de Humedad

H_{nat} = Humedad Natural

Con lo que la ecuación (λ) es similar a la ecuación (8) y queda demostrada.

Con los seis pasos descritos, se presenta los Cuadros N° 4.05 y N° 4.06 donde se aprecian con claridad los cálculos desarrollados para cada uno de los estabilizadores empleados en la investigación.

Cuadro N° 4.05
Dosificación con aditivo Permazyme 22x - Fuente: Elaboración propia.

	Paso 1			Paso 2		Paso 3	
	w 1 (%)	w 2 (%)	w 3 (%)	MDS	OCH (%)	W (g)	V (cm ³)
	C-01	7.9	8.5	7.9	1.890	10.0	6000
C-02	9.6	9.2	7.9	1.904	12.0	6000	3151.26
C-03	4.0	3.5	4.6	1.820	12.7	6000	3296.70
C-04	8.1	8.5	10.0	1.886	11.6	6000	3181.34
C-05	13.5	13.2	0.9	1.846	14.0	6000	3250.27
C-06	0.2	10.2	9.5	1.962	10.4	6000	3058.10
C-07	3.1	4.9	4.9	2.082	8.4	6000	2881.84
C-08	8.6	8.5	7.6	1.916	10.6	6000	3131.52
C-09	9.0	9.4	8.8	1.967	10.2	6000	3050.33
C-10	11.1	10.6	11.3	1.662	17.6	6000	3610.11

	Paso 4			Paso 5			Paso 6		
	V aditivo (cm ³)			V aditivo (cm ³ /Kg)			V agua (cm ³)		
	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3
C-01	0.0962	0.0962	0.0962	0.0160	0.0160	0.0160	124.89	82.52	118.93
C-02	0.0955	0.0955	0.0955	0.0159	0.0159	0.0159	129.79	153.62	225.18
C-03	0.0999	0.0999	0.0999	0.0167	0.0167	0.0167	504.67	532.93	467.63
C-04	0.0964	0.0964	0.0964	0.0161	0.0161	0.0161	195.51	172.74	88.73
C-05	0.0985	0.0985	0.0985	0.0164	0.0164	0.0164	25.52	43.11	778.69
C-06	0.0927	0.0927	0.0927	0.0154	0.0154	0.0154	609.92	13.39	48.90
C-07	0.0873	0.0873	0.0873	0.0146	0.0146	0.0146	308.88	203.04	199.01
C-08	0.0949	0.0949	0.0949	0.0158	0.0158	0.0158	107.90	117.27	168.77
C-09	0.0924	0.0924	0.0924	0.0154	0.0154	0.0154	66.61	44.34	79.02
C-10	0.1094	0.1094	0.1094	0.0182	0.0182	0.0182	350.40	378.99	341.38

Cuadro N° 4.06
Dosificación con aditivo Probase TX-55 - Fuente: Elaboración propia.

	Paso 1			Paso 2		Paso 3	
	w 1 (%)	w 2 (%)	w 3 (%)	MDS	OCH (%)	W (g)	V (cm ³)
C-01	5.5	5.6	2.8	1.890	10.0	6000	3174.60
C-02	2.9	2.6	3.7	1.904	12.0	6000	3151.26
C-03	7.3	7.1	1.9	1.820	12.7	6000	3296.70
C-04	7.4	8.8	8.0	1.886	11.6	6000	3181.34
C-05	8.1	6.2	4.3	1.846	14.0	6000	3250.27
C-06	7.7	9.1	2.8	1.962	10.4	6000	3058.10
C-07	1.5	1.7	2.1	2.082	8.4	6000	2881.84
C-08	8.8	9.3	9.9	1.916	10.6	6000	3131.52
C-09	3.4	4.0	4.8	1.967	10.2	6000	3050.33
C-10	14.2	8.1	12.0	1.662	17.6	6000	3610.11

	Paso 4			Paso 5			Paso 6		
	V aditivo (cm ³)			V aditivo (cm ³ /Kg)			V agua (cm ³)		
	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3
C-01	1.0582	1.0582	1.0582	0.1764	0.1764	0.1764	254.94	251.51	421.86
C-02	1.0504	1.0504	1.0504	0.1751	0.1751	0.1751	532.98	549.28	483.21
C-03	1.0989	1.0989	1.0989	0.1832	0.1832	0.1832	299.34	311.72	638.46
C-04	1.0604	1.0604	1.0604	0.1767	0.1767	0.1767	233.95	153.48	200.31
C-05	1.0834	1.0834	1.0834	0.1806	0.1806	0.1806	327.91	443.71	555.85
C-06	1.0194	1.0194	1.0194	0.1699	0.1699	0.1699	148.70	70.35	442.58
C-07	0.9606	0.9606	0.9606	0.1601	0.1601	0.1601	404.92	393.11	370.95
C-08	1.0438	1.0438	1.0438	0.1740	0.1740	0.1740	98.80	71.87	35.97
C-09	1.0168	1.0168	1.0168	0.1695	0.1695	0.1695	397.49	356.81	308.19
C-10	1.2034	1.2034	1.2034	0.2006	0.2006	0.2006	176.56	525.14	302.51

Varios distribuidores expresan la aplicación recomendada usando diferentes terminologías y unidades, y esto es ventajoso para definir los términos siguientes:

- a) Razón de dilución de masa (**DMR** Dilution Mass Ratio) es la dilución total del producto químico concentrado en agua, usado para expresar la dilución del producto en agua antes de su aplicación en el suelo.

$$\text{Dilution Mass Ratio (DMR)} = \frac{V \text{ aditivo}}{V \text{ agua}}$$

- b) Razón de aplicación de masa (**AMR** Application Mass Ratio) es el cociente total del producto químico concentrado en el material de suelo a tratar.

$$\text{Application Mass Ratio (AMR)} = \frac{V \text{ aditivo}}{V \text{ material}}$$

Estos dos términos (**DMR** y **AMR**) servirán para realizar las comparaciones necesarias respecto a lo que los distribuidores mencionan y lo que se ha desarrollado en la investigación.

Los valores de DMR y AMR mostrados en el Cuadro N° 4.07, se han obtenido de los Cuadros N° 4.08 y N° 4.09. Cabe mencionar que el valor de DMR obtenido es el promedio calculado de todas las muestras de suelo, puesto que cada tipo de suelo tiene un propio valor de DMR, a su vez, hay que resaltar que se distinguen los valores máximo y mínimo obtenidos en este proceso de cálculo desarrollado.

Cuadro N° 4.07

Rangos de dilución recomendados por los distribuidores para los productos estabilizadores evaluados

Tipo de Estabilizador	Permazyme 22x	Probase TX-55
1) Dilución recomendada por el Distribuidor	$\frac{1}{1000} - \frac{1}{500}$	Suelos Secos = $\frac{1}{100}$ Suelos Normales = $\frac{1}{90}$ Suelos Húmedos = $\frac{1}{70}$
2) DMR (Promedio de Dilución de masa)	$\frac{1}{953}$ (*)	$\frac{1}{191}$ (**)
3) Rango equivalente de aplicación (% en peso seco del suelo)	0.003 %	0.03 %
4) AMR (Promedio de Aplicación de masa)	$\frac{1}{33000}$ (*)	$\frac{1}{3000}$ (**)

Fuente: PERMA – ZYME 22X “Hacia un futuro mejor – ESTABILIZADOR DE SUELOS” 2da. Edición, Compañía Industrial San Andrés S.A, (1997) Lima, Perú / Información técnica del estabilizador PROBASE TX – 55 / (*) Ver Cuadro N° 4.08 / (**) Ver Cuadro N° 4.09

Los términos AMR y DMR distinguen claramente el rango de dilución (¿cuánto producto concentrado se mezcla con agua?) del rango de uso (¿cuánto producto se mezcla con una cantidad dada de suelo?). Estas definiciones también reducen la posible confusión en la determinación de los rangos de uso para los especímenes en las operaciones de campo y de las muestras de ensayo de laboratorio. Los DMR y el AMR fueron expresados como cocientes totales para la conveniencia en la preparación de los especímenes de prueba de laboratorio, donde los materiales fueron proporcionados en un balance de masas; convirtiendo los rangos de aplicación recomendados por los distribuidores, en términos del volumen del producto por el volumen de suelo.

El AMR es un parámetro dominante, pues expresa la concentración del producto químico del estabilizador en el suelo tratado. Los rangos recomendados de uso para los productos líquidos bajo estudio son bastante bajos, haciéndolo

conveniente expresar el AMR como cociente (última fila del Cuadro N° 4.07). Sin embargo, el AMR es equivalente al rango de aplicación expresado como el porcentaje en peso del estabilizador de suelo seco, según lo utilizado tradicionalmente con los estabilizadores de suelo como la cal. Los AMRs recomendados expresados como porcentaje (Cuadro N° 4.07) pueden ser comparados con los rangos más altos de aplicación generalmente para la cal (1.5% a 8%) y el cemento (3% hasta el 16%) (Comité 1987 de TRB; Comité 230 de ACI 1990).⁽³⁾

⁽³⁾ RAUCH Alan F., KATZ Lynn E., LILJESTRAND Howard M. (2003), *"An Analysis of the Mechanisms and Efficacy of Three Liquid Chemical Soil Stabilizers – Volume 1"*, U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration (FHWA) – Center for Transportation Research, Bureau of Engineering Research, pág. 9. Universidad de Texas. Austin. Texas. USA.

Cuadro N° 4.08
Cálculo de los DMR y AMR para el estabilizador líquido Permazyme 22x

Fuente: Elaboración propia.

	V adit tot (cm ³)	V H2O tot (cm ³)	DMR 1 (x 10 ⁻⁵)	DMR 2 (x 10 ⁻⁵)	DMR 3 (x 10 ⁻⁵)	DMR prom (x 10 ⁻⁵)	DMR	AMR		
								(x 10 ⁻⁵)	(%)	
C - 01	0.2886	326.33	77.03	116.58	80.89	91.50	DMR = 1 / 1093	3.03	0.003%	
C - 02	0.2865	508.59	73.58	62.16	42.41	59.38	DMR = 1 / 1684	3.03	0.003%	
C - 03	0.2997	1505.24	19.80	18.75	21.36	19.97	(*) DMR = 1 / 5008	3.03	0.003%	
C - 04	0.2892	456.97	49.31	55.81	108.65	71.26	DMR = 1 / 1403	3.03	0.003%	
C - 05	0.2955	847.32	386.00	228.49	12.65	209.04	DMR = 1 / 478	3.03	0.003%	
C - 06	0.2780	672.21	15.19	692.28	189.49	298.99	(**) DMR = 1 / 334	3.03	0.003%	
C - 07	0.2620	710.94	28.27	43.01	43.88	38.39	DMR = 1 / 2605	3.03	0.003%	
C - 08	0.2847	393.94	87.95	80.92	56.23	75.03	DMR = 1 / 1333	3.03	0.003%	
C - 09	0.2773	189.98	138.77	208.45	116.97	154.73	DMR = 1 / 646	3.03	0.003%	
C - 10	0.3282	1070.77	31.22	28.87	32.05	30.71	DMR = 1 / 3256	3.03	0.003%	
Total	2.89	6682.28	907.11	1535.31	704.58					
Total = (DMR 1 + DMR 2 + DMR 3) / 30 x 10 ⁻⁵ =							104.90			
DMR = 1 / (104.9 x 10 ⁻⁵) = 1 / 953							953.29			
AMR = 1 / (3.03 x 10 ⁻⁵) = 1 / 33000							33000			

(*) Valor mínimo de DMR para un suelo.

(**) Valor máximo de DMR para un suelo.

Cuadro N° 4.09
Cálculo de los DMR y AMR para el estabilizador líquido Probase TX-55

Fuente: Elaboración propia.

	V adit tot (cm ³)	V H2O tot (cm ³)	DMR 1	DMR 2	DMR 3	DMR prom	DMR	AMR	
			(x 10 ⁻⁵)	(x 10 ⁻⁶)	(x 10 ⁻⁶)	(x 10 ⁻⁵)		(x 10 ⁻⁵)	(%)
C - 01	3.1746	928.31	415.08	420.74	250.84	362.22	DMR = 1 / 276	33.33	0.03%
C - 02	3.1513	1565.47	197.09	191.23	217.38	201.90	(*) DMR = 1 / 495	33.33	0.03%
C - 03	3.2967	1249.52	367.11	352.53	172.12	297.25	DMR = 1 / 336	33.33	0.03%
C - 04	3.1813	587.74	453.29	690.92	529.40	557.87	DMR = 1 / 179	33.33	0.03%
C - 05	3.2503	1327.47	330.40	244.17	194.91	256.50	DMR = 1 / 390	33.33	0.03%
C - 06	3.0581	661.63	685.51	1448.95	230.32	788.26	DMR = 1 / 127	33.33	0.03%
C - 07	2.8818	1168.99	237.23	244.36	258.96	246.85	DMR = 1 / 405	33.33	0.03%
C - 08	3.1315	206.64	1056.52	1452.49	2901.64	1803.55	(**) DMR = 1 / 55	33.33	0.03%
C - 09	3.0503	1062.49	255.80	284.96	329.92	290.23	DMR = 1 / 345	33.33	0.03%
C - 10	3.6101	1004.21	681.58	229.15	397.79	436.17	DMR = 1 / 229	33.33	0.03%
Total	31.79	9762.46	4679.61	5559.52	5483.29				
		Total = (DMR 1 + DMR 2 + DMR 3) / 30 x 10 ⁻⁵ =				524.08			
		DMR = 1 / (524.08 x 10 ⁻⁵) = 1 / 191				190.81			
		AMR = 1 / (33.33 x 10 ⁻⁵) = 1 / 3000				3000			

(*) Valor mínimo de DMR para un suelo.

(**) Valor máximo de DMR para un suelo.

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA SU APLICACIÓN

Con la información disponible brindada por los distribuidores, se ha elaborado el Cuadro N° 4.10 que presenta las principales características que deben de cumplir los agregados de suelo para que conjuntamente con el estabilizador líquido, se pueda realizar un correcto proceso de estabilización.

Cuadro N° 4.10
Características de los agregados para la aplicación de los estabilizadores

ESTABILIZADOR	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	OBSERVACIÓN
Permazyme 22x	<ul style="list-style-type: none"> • Fracción Gruesa (2" – N° 200) = 30–60% • Fracción Fina (Pasa N° 200) = 18–30% • Índice Plástico (IP) = 6–15% • IP entre 10–15% implica el empleo de capa granular superficial. 	El uso de mayor cantidad de arcilla o $IP > 10\%$ produce resbalamiento al contacto con el agua.
Probase TX–55	<ul style="list-style-type: none"> • Finos (Pasa N° 200) = mínimo 25% • En general trabaja con cualquier tipo de material o combinación de ellos. 	No es conveniente de utilizarlo en suelos netamente arenosos (esto es presencia de arenas en la curva granulométrica $>$ de 60%).

Fuente: Elaboración Propia.

En la elaboración del Cuadro N° 4.11, se ha recurrido al Cuadro N° 3.05 y al Anexo E, donde el objetivo ha sido comparar las características anteriormente presentadas frente a los resultados obtenidos al estudiar las muestras de suelo en el laboratorio; donde sólo el 17.5% de las comparaciones realizadas son afirmativas y el 82.5% son negativas. Si lo analizamos por producto estabilizador, para el Permazyme 22x el 23.3% son comparaciones afirmativas mientras que para el Probase TX–55 ninguno de los análisis son positivos.

Con lo descrito, podemos intuir que al desarrollar las pruebas de CBR con los aditivos en estudio, los resultados no serán los esperados, lo cual también es una hipótesis válida de la investigación, lo que se estaría afirmando es el hecho de que estos productos solo trabajan con las características de suelo ya presentadas antes. Cabe resaltar que la información del estabilizador Probase TX-55 es insuficiente por parte de los distribuidores, si fuese más completa, nos daría un mayor campo de visión sobre con qué requisitos necesarios actuaría en un óptimo desempeño.

Cuadro N° 4.11

Comparación de los resultados del laboratorio vs. los requisitos de los agregados para el correcto funcionamiento de los estabilizador

Identificación	Permazyme 22x						Probase TX-55	
	Arena (30 - 60%)		Finos (18 - 30%)		IP (6 - 15%)		Finos (F > 25%)	
C - 01	55.84	SI	0.24	NO	NP	NO	0.24	NO
C - 02	71.60	NO	0.89	NO	NP	NO	0.89	NO
C - 03	59.37	SI	1.34	NO	NP	NO	1.34	NO
C - 04	64.95	NO	0.45	NO	5.28	NO	0.45	NO
C - 05	66.82	NO	0.65	NO	NP	NO	0.65	NO
C - 06	75.40	NO	0.58	NO	7.41	SI	0.58	NO
C - 07	57.61	SI	0.18	NO	NP	NO	0.18	NO
C - 08	69.83	NO	0.19	NO	9.15	SI	0.19	NO
C - 09	52.72	SI	0.13	NO	NP	NO	0.13	NO
C - 10	67.97	NO	0.21	NO	7.54	SI	0.21	NO

Fuente: Elaboración Propia.

4.5 ENSAYOS DE LABORATORIO CON ESTOS ESTABILIZADORES

Según lo estudiado por Yturry Gárnica (1999), ejecutar los ensayos de laboratorio que se presentaron en el Capítulo 3 nuevamente, utilizando esta vez los estabilizadores de suelos para analizar si las propiedades físicas se van a ver afectadas o no, no sería del todo beneficioso, puesto que se ha llegado a revisar que de todos los ensayos anteriormente vistos, el que nos proporcionaría mayor información o un parámetro de comparación significativo sería el del CBR; los otros, no son lo suficientemente sensibles ante la reacción de aplicar los aditivos.

Por ello, en esta parte de la investigación se presenta únicamente los resultados obtenidos al evaluar las muestras de suelo conjuntamente con los aditivos Permazyme 22x y Probase TX-55.

Los ensayos desarrollados en el Capítulo 3 y en esta parte guardan relación con la Norma de Suelos aprobada con Resolución Directoral N° 007-2004-MTC/14 de la DGCF del 16 de marzo del 2004, cuyo título es ***MTC E 1109-2004: Norma de Ensayo sobre Estabilización Química de Suelos – Caracterización del Estabilizador y Evaluación de Propiedades del Comportamiento de Suelo Mejorado***; y que se adjunta como Anexo I.

Los resultados de estos ensayos se encuentran en los Anexos J y K. Para una rápida identificación de las muestras, se las ha denominado como: ***Ensayo de CBR del Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP + A-1)*** y ***Ensayo de CBR del Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP + A-2)***.

En el Cuadro N° 4.12 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los 56, 25 y 10 golpes para cada aditivo en estudio.

Según los resultados, tan solo tres muestras superan el valor de CBR de diez utilizando el aditivo Permazyme 22x, estas son los suelos C-02, C-06 y C-07; de igual forma para el caso en que el número de CBR aplicando el estabilizador Probase TX-55, supere de diez, y esto se da para las muestras C-01, C-02, C-07 y C-10. Los otros resultados tienen valores por debajo de diez.

Cuadro N° 4.12
CBR de los suelos utilizando los aditivos Permazyme 22x y Probase TX-55

IDENTIFICACION		CBR del suelo + Permazyme 22x				CBR del suelo + Probase TX-55			
Calicata	Prof. (m)	56	25	10	Valor CBR	56	25	10	Valor CBR
C - 01	0.50	6.9	2.9	1.5	6.0	13.8	6.7	1.9	11.0
C - 02	0.70	24.3	17.1	4.6	19.0	20.4	9.3	4.7	10.8
C - 03	0.60	8.7	4.2	1.9	3.9	5.6	3.1	1.9	2.8
C - 04	0.60	5.8	2.9	1.3	3.6	7.5	3.5	1.4	6.2
C - 05	0.40	7.9	5.0	4.6	5.1	10.6	6.9	4.3	7.1
C - 06	0.80	33.2	7.1	2.1	17.0	10.8	3.4	3.1	9.6
C - 07	0.75	53.1	20.6	3.9	29.0	46.6	16.6	9.8	24.2
C - 08	0.40	8.7	3.3	1.2	4.2	12.5	4.8	1.7	4.2
C - 09	0.60	8.0	5.5	1.5	5.6	16.8	9.1	1.5	6.2
C - 10	0.50	19.5	6.4	2.9	6.4	19.4	7.7	3.1	16.0

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 4.13
Comparación de los resultados del CBR patrón vs. los obtenidos utilizando los aditivos Permazyme 22x y Probase TX-55

Calicata	Prof. (m)	CBR (1)	CBR (2)	(%)	CBR (3)	(%)
C - 01	0.50	4.5	6.0	33.33	11.0	144.44
C - 02	0.70	15.5	19.0	22.58	10.8	-30.32
C - 03	0.60	4.0	3.9	-2.50	2.8	-30.00
C - 04	0.60	2.1	3.6	71.43	6.2	195.24
C - 05	0.40	3.8	5.1	34.21	7.1	86.84
C - 06	0.80	8.4	17.0	102.38	9.6	14.29
C - 07	0.75	19.0	29.0	52.63	24.2	27.37
C - 08	0.40	3.7	4.2	13.51	4.2	13.51
C - 09	0.60	4.0	5.6	40.00	6.2	55.00
C - 10	0.50	7.5	6.4	-14.67	16.0	113.33

Donde:

CBR (1) = CBR del Suelo Patrón (SP)

CBR (2) = CBR del Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP + A-1)

CBR (3) = CBR del Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP + A-2)

Fuente: Elaboración Propia.

En el Cuadro N° 4.13, se presenta una comparación de los valores de CBR obtenidos inicialmente para el suelo patrón SP, frente a estos mismos suelos

más la aplicación de los aditivos en estudio, de donde se menciona las apreciaciones siguientes:

- Al comparar el CBR del suelo patrón SP con el del suelo + Permazyme 22x, se desprende las observaciones siguientes:
 - Al aplicar el aditivo Permazyme 22x a las muestras de suelo, estos no se ven afectados de manera sustancial, a pesar de que la relación porcentual refleje un crecimiento en la mayoría de ellos.
 - Para las muestras C-06 y C-07, los resultados han sido sumamente favorables en cuanto al valor del CBR con un crecimiento del 102% para C-06 y de un 53% para C-07, pero aún así no son lo suficientemente altos como se esperaba obtener (por lo menos un valor de 150% mayor que el suelo en estado natural).
 - Las muestras C-03 y C-10, que presentan resultados porcentuales en negativo que no son tan sensibles, se puede deber a diversos factores como por ejemplo el haber desarrollado mal el ensayo, o el aditivo no reaccionó adecuadamente, inclusive que los valores iniciales de la humedad no eran los correctos, entre otros.
- Para el CBR del suelo patrón SP con el del suelo + Probase TX-55, se consigna las características siguientes:
 - Al utilizar el aditivo Probase TX-55 en las muestras de suelo, los resultados obtenidos no son lo suficientemente altos, como se hubiera esperado.
 - En las muestras C-01, C-04 y C-10, los resultados del CBR presentan un crecimiento considerable desde la perspectiva porcentual con un 144.44%, 195.24% y 133.33% respectivamente; pero numéricamente no son tan sensibles como se esperaba (ya que se esperaba valores mínimos de CBR de 40).

- Las muestras C-02 y C-03, presentan resultados porcentuales en negativo de alrededor de un 30%, debiendo posiblemente su causa a los mismos factores descritos para el aditivo Permazyme 22x durante la realización del ensayo.

Hay que indicar que el Cuadro N° 4.14 es el producto de comparar los resultados obtenidos utilizando los estabilizadores frente a los valores referenciales de CBR, donde se obtendría lo siguiente:

- Para el caso del suelo patrón + Permazyme 22x, un 70% de probabilidades de que el suelo pueda servir para la subrasante y un 30% del material sería útil como sub-base.
- Para el caso del suelo patrón + Probase TX-55, un 40% del suelo lo utilizaríamos como subrasante mientras que el 60% restante como sub-base.

En el Anexo L, se presenta las Gráficas N° 4.01 al N° 4.10 de Comparación de la MDS vs. CBR para cada una de las calicatas o suelos en estudio y en el Anexo M, las Gráficas N° 4.11 al N° 4.14 de ajustes de la Curva MDS vs. CBR para cada una de las clasificaciones de suelos conjuntamente con la utilización de cada estabilizador.

Por último, la investigación está enfocada en las carreteras no pavimentadas, es decir a nivel de subrasante, por lo que los resultados de CBR, se encuentran dentro de lo esperado para esta estructura del pavimento, más no para la clasificación de suelo que se tiene ya que si lo comparamos desde este parámetro, se debería tener valores mucho más altos, y eso no se da por la mínima o casi nula presencia de finos en los suelos estudiados.

Cuadro N° 4.14
Uso del suelo con estabilizador para la estructura del pavimento

N° CBR	Clasificación General	Usos	Permazyme 22x		Probase TX-55	
			Número de Calicata	(%)	Número de Calicata	(%)
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	1 - 3 - 4 - 5 - 8 - 9 - 10	70%	3 - 4 - 8 - 9	40%
7 – 20	Regular	Sub-base	2 - 6	20%	1 - 2 - 5 - 6 - 10	50%
20 – 50	Bueno	Base – Sub-base	7	10%	7	10%

Fuente: Elaboración Propia.

4.6 CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL USO DE LOS ESTABILIZADORES

Actualmente existe en todo el mundo una conscientización creciente sobre los impactos ambientales causados por proyectos de desarrollo, especialmente aquellos que involucran la construcción y/o el mantenimiento de carreteras. En los últimos años los ambientalistas, los especialistas en desarrollo y las comunidades locales se han enfrentado a varios problemas relacionados con los efectos de proyectos de ingeniería destinados al mejoramiento vial, especialmente en ambientes sensibles a los patrones de uso de la tierra y del suelo. El impacto de una vía desde el punto de vista nacional o regional puede ser mínimo no obstante que en el ámbito comunitario el impacto puede resultar muy significativo, al afectar el ambiente circundante.

Por ello, se tiene como objetivo resumir las principales ventajas de la estabilización de suelos con estos dos aditivos líquidos seleccionados para el medio ambiente en general.

Características generales y de etiquetado

- ◆ Deberá presentarse en forma líquida y estar respaldados por una constancia del fabricante sobre su eficiencia, forma de uso y sus fechas de elaboración y vencimiento.
- ◆ Los envases del producto deberían estar provistos de una etiqueta donde figurarán: las características del producto, identificación, contenido, concentración, colores y signos indicativos, información sobre primeros auxilios y a quien acudir en casos de emergencias; datos del fabricante o designación comercial responsable, disposición final de los envases vacíos, etc.

Transporte a obra y almacenamiento

- ◆ Para el transporte de los aditivos a la obra, se hará como cualquier otro material con la precaución de revisar que todos los envases estén correctamente cerrados y sellados para que no haya pérdida alguna.
- ◆ En el caso de que se elaboren mezclas de suelos con aditivos en planta, estos se transportarán protegidos con lonas u otros protectores adecuados, asegurados a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías donde transitan los vehículos y minimizar los impactos al aire.
- ◆ En el caso que se tenga que disponer de un almacén transitorio para los aditivos en obra, estos deberán asegurarse en un área con carteles de señalización.

Aplicación en obra

- ◆ Se deberá capacitar a los trabajadores en la aplicación de los aditivos en obra.
- ◆ El agua a utilizar para la estabilización deberá ser limpia, libre de materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial.
- ◆ Los equipos de trabajo serán los necesarios según las recomendaciones del fabricante del estabilizante, para cumplir con las exigencias de calidad previstas en el proyecto y deberían encontrarse en buen estado de conservación.

- ◆ Durante las obras se tomará en cuenta que la solución (aditivo más agua) esparcido no pase el área de trabajo. Los residuos y excedentes se colocarán en lugares de disposición de desechos adecuados para este tipo de materiales.
- ◆ Se debe tener cuidado en el momento de la conformación de la superficie de rodadura así como en la compactación, para evitar esparcir la mezcla fuera de la zona de trabajo y perderla innecesariamente.
- ◆ En el caso de que la mezcla de suelos con aditivo sin compactar se vea afectada por la lluvia, y el contratista deba retirarla, esta deberá ser trasladada a un lugar de disposición de desechos según lo descrito previamente. ⁽⁴⁾

Medidas de precaución en la manipulación de los productos estabilizadores

- Proveer de ventilación y aire fresco durante y después de la aplicación en el campo.
- Cerrar correctamente la galonera inmediatamente después de la utilización del producto.
- Evitar exposiciones prolongadas y continuas de la piel con el estabilizador.
- Después de su utilización, lavarse las manos para ingerir alimentos o bebidas.
- Durante la aplicación, utilizar elementos de protección personal al riesgo tales como guantes, lentes entre otros elementos de seguridad, y su uso será obligatorio.
- Se establecerán normas de orden y limpieza, así como de tratamiento de los residuos, envases, etc. provenientes del producto.
- Se mantendrá a los trabajadores permanentemente informados con respecto a los riesgos y el modo de actuar en caso de emergencias.

⁽⁴⁾ 1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002), *“Especificaciones Técnicas Generales para Carreteras: Capítulo 3, Sección N° 308, Suelo Estabilizado con Compuestos Multienzimáticos Orgánicos”*, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

CAPÍTULO N° 5

PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Como una especie de guía para la aplicación de los aditivos en el campo, es necesario contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones apropiadas de colocación:

- i.* Volumen del suelo (m^3) = $L \times A \times h$
Donde:
L (m) = Longitud, A (m) = Ancho y h (m) = Espesor
- ii.* Máxima Densidad Seca MDS (g/cm^3) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%), del ensayo de Proctor Modificado
- iii.* Humedad Natural del Suelo w_n (%)
- iv.* Dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear

Al contar con estos datos, es posible proceder a la aplicación en el campo de los aditivos estabilizadores, conjuntamente con el agua.

Cabe mencionar, que el proceso constructivo que a continuación se describe, será aquel en el cual se tomará en cuenta el material del camino existente, por lo que no se desarrollará la actividad de transporte de material de cantera.

También habría que referirse al hecho que esta actividad técnica se puede realizar ya sea en un tramo o en la totalidad del camino, si el caso fuese por escasez o inexistencia de agregados, se puede recurrir a las mezclas que agreguen materiales naturales y/o producidos artificialmente, para producir una superficie de circulación que satisfaga las demandas del tráfico local y de paso, siempre y cuando el proceso de estabilización no sea la solución óptima.

5.1 EQUIPO NECESARIO PARA LA APLICACIÓN

En esta parte, se presenta el equipo o maquinaria que se utiliza normalmente en la construcción de carreteras no pavimentadas y que es el necesario para el trabajo en campo. Es absolutamente imperativo que se tenga disponible lo siguiente para mezclar y aplicar el material tratado:

- Motoniveladora de 125-140 HP; provista con escarificadores.
- Una compactadora de 10 tn con vibrador.
- Rodillo liso vibratorio autopulsado 7-9 tn.
- Camiones roceadores de 2,000 gal o 8,000 L.

5.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

- Inicialmente deben establecerse las proporciones de agua y aditivo estabilizador a utilizarse en obra; así como se elaborarán secciones de ensayo, de longitud, ancho y espesor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de diseño y los parámetros establecidos en los documentos del proyecto.
- Escarificar la superficie de rodadura de la carretera. El suelo debe aflojarse como preparación para la aplicación del aditivo (Fig. 5.01). Si el suelo requiere una cantidad significativa de agua; los tanques de agua deben empezar a esparcir la superficie de la carretera con el agua y la solución de estabilizador durante el proceso de rompimiento. Esto ayudará para desmenuzar los pedazos grandes que se hayan encontrado durante la pasada de los rippers. Pasar los rippers hasta lograr la profundidad deseada.
- Continuar mezclando y humedeciendo el material hasta que toda la mezcla del aditivo estabilizador haya sido aplicada (Fig.5.03). Instruir a los

choferes de los camiones de agua para que mantengan una velocidad constante y apliquen la solución en forma pareja. Debe dejarse que pase suficiente tiempo entre los pasos del carrotanque para que así el suelo de la superficie de rodadura no se sature y dificulte el trabajo. La motoniveladora debe continuar cortando y apilando el material hasta lograr la profundidad apropiada. El material debe amontonarse al lado o en el centro de la carretera y dejarlo en reposo por dos horas hasta que logre una hidratación apropiada. Las condiciones del tiempo pueden variar el tiempo de reposo. En clima caluroso, se puede permitir un tiempo de reposo más corto, mientras que con un clima frío puede requerirse tiempo adicional.

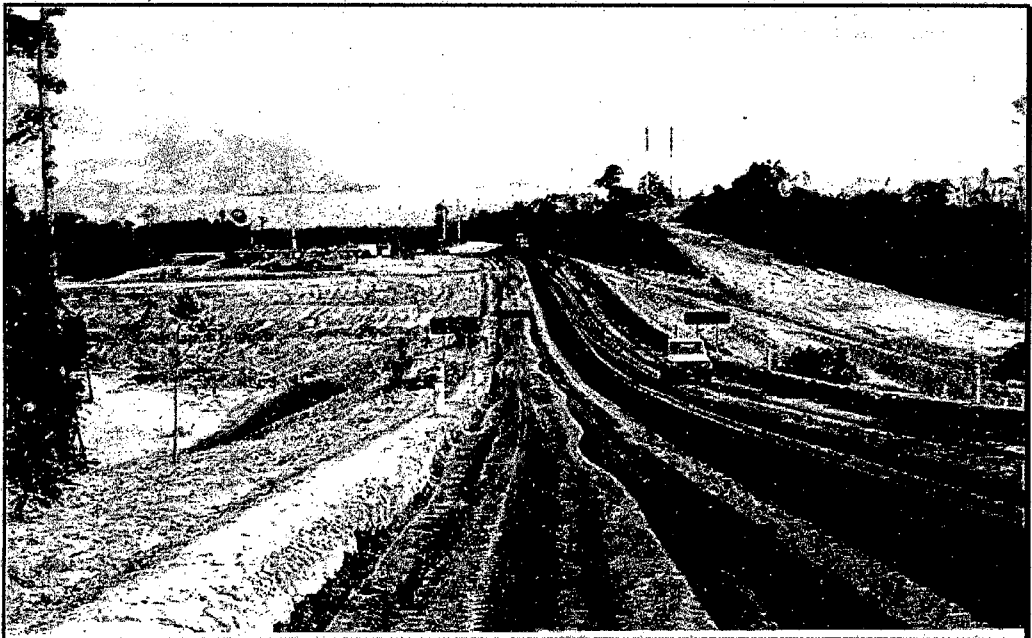
- Después que se haya amontonado el material, la superficie debajo de la profundidad de tratamiento o la sub-base deben revisarse. Normalmente esta superficie se rompe, humedece y mezcla ligeramente y luego se aplanan y compactan para asegurar la estabilidad de la estructura base. Los rellenos y sub-bases preparadas y compactadas inapropiadamente no se pueden corregir simplemente colocando una capa de suelo tratado con aditivo estabilizador sobre ellos.
- Revisar el contenido de humedad del suelo.

5.3 ESPARCIMIENTO, COMPACTADO Y NIVELACIÓN FINAL

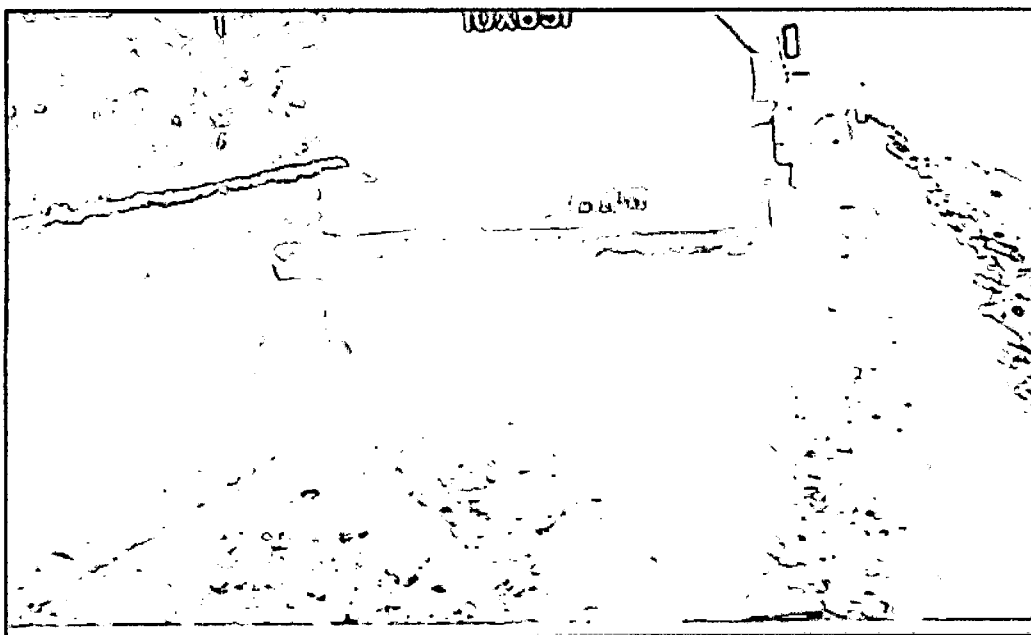
- Las compactadoras deben empezar a retirar el suelo tratado con el estabilizador de los montones en alzadas de 2" a 3" (5 a 7.5 cm) y esparcirlo uniformemente sobre la superficie de la subrasante. Si se necesita agua adicional, ésta debe regarse ligeramente y en forma pareja; durante este procedimiento usar los rodillos vibratorios para compactar. Continuar este proceso hasta que todo el material haya sido esparcido.
- Compactar el suelo de tal forma que una pendiente de 2% caiga del centro hacia la berma exterior (bombeo) para la carretera. La motoniveladora y la



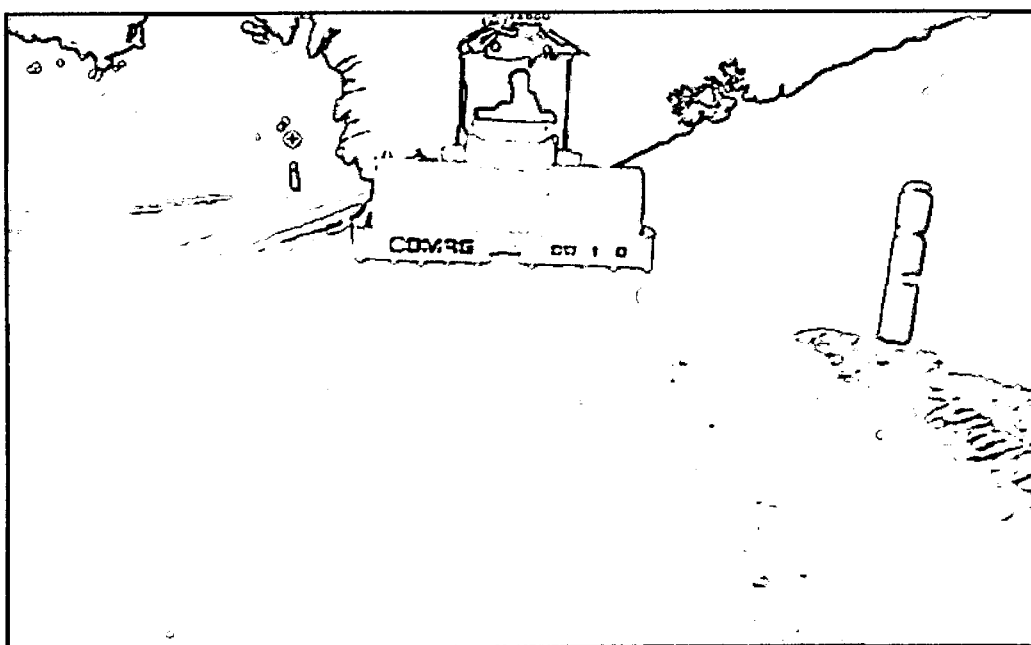
En la Figura 5.01 se muestra a la motoniveladora pasando rastra para romper el estrato.



En la Figura 5.02 se observa el mezclado y nivelación de la carretera, el tránsito no ha sido cortado.



En la Figura 5.03 se observa el regado con el estabilizador líquido antes de que el material rompa.



En la Figura 5.04, vemos el compactado con el rodillo tandem. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Las figuras provienen de una obra de estabilización de suelos realizada con el estabilizador Probase TX-55, información brindada por el distribuidor.

5.8 DISEÑO DEL ESPESOR DE LA SUBRASANTE

Para la investigación, no se ha tomado en cuenta el diseñar el espesor de la estructura de la subrasante, puesto que no era uno de los objetivos del trabajo, pero como aporte se presenta la metodología de diseño del espesor de esta estructura utilizado usualmente para la elaboración de proyectos de rehabilitación y en este caso, aplicado al camino rural San Rafael–Corralcancha, y que nos servirá para afianzar conceptos y despejar algunas dudas que puedan no haber quedado claras en el desarrollo del informe.

El método que se empleó para el diseño del espesor del refuerzo de la subrasante es el establecido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano (U.S. Army Corps of Engineers). En este método se contempla la utilización de una capa de material granular de cierta plasticidad que a la vez cumpla la función de capa de rodadura, permitiendo obtener un nivel de servicio adecuado, considerándose períodos de diseño estructural entre 7 a 10 años. La capa granular estaría constituida por materiales que cumplan con las especificaciones de sub-base o base dependiendo de su capacidad de soporte CBR. Este método también considera la posibilidad de tener una cubierta drenante, mediante la colocación de un tratamiento bituminoso.

De acuerdo a los bancos de materiales disponibles para el proyecto y en base a la metodología de la USACE, se debe considerar que los materiales a ser utilizados deban cumplir con ciertas características físico–mecánicas menos exigentes que para estructuras de pavimento de tipo superior, donde también este método a utilizar lo considera.

En la metodología de la USACE, los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa de rodadura son:

- El valor soporte de California o CBR de la subrasante.
- La intensidad de tránsito, en números de ejes simples equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, para el período de diseño (N 18)

- Calidad de los materiales a emplear. Para ello se verifica el CBR que debe tener la capa de refuerzo en función al tráfico y su espesor requerido. Además deberá cumplir con requisitos de calidad del material pasante de la malla N° 200, de sus constantes físicas, con el propósito de mejorar las tensiones de confinamiento.

El espesor requerido permitirá un cierto número de repeticiones de ejes estándar equivalentes acumulados en el periodo de diseño, antes que la estructura alcance un nivel de deformación que corresponda a una serviciabilidad baja.

De las curvas de diseño de espesores del método USACE (Fig. 5.05), se considera el número de repeticiones de ejes estándar de 18,000 lb y el CBR de la subrasante para cada tramo, donde se obtienen espesores entre 5 a 6 pulgadas, que convirtiéndolas arroja un resultado de 15 cm en los tramos con terreno de fundación de material granular.

Es importante tener en cuenta que la capa debe ser protegida de deformaciones permanentes y de la pérdida de serviciabilidad por condiciones climáticas extraordinarias. ⁽²⁾

Para el cálculo del espesor de acuerdo al control de tráfico y la proyección para 10 años de vida útil se tiene:

$$N_{18} = 365 \text{ días} \times 10 \text{ años} \times 8 \text{ veh. pesados} = 29,200 = \text{Curva B de } 50,000 \text{ repet.}$$

⁽²⁾ INGUNZA MONTEJO Víctor (2002), *“Estudio de Rehabilitación del Camino Rural San Rafael–Corralcancha”*, Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural – Provías Rural. Lima. Perú.

CAMINO: SAN RAFAEL - CORRALCANCHA
 CBR DE DISEÑO = 14 %
 CURVA = "B"
 ESPESOR DE AFIRMADO = 6" = 15 cm

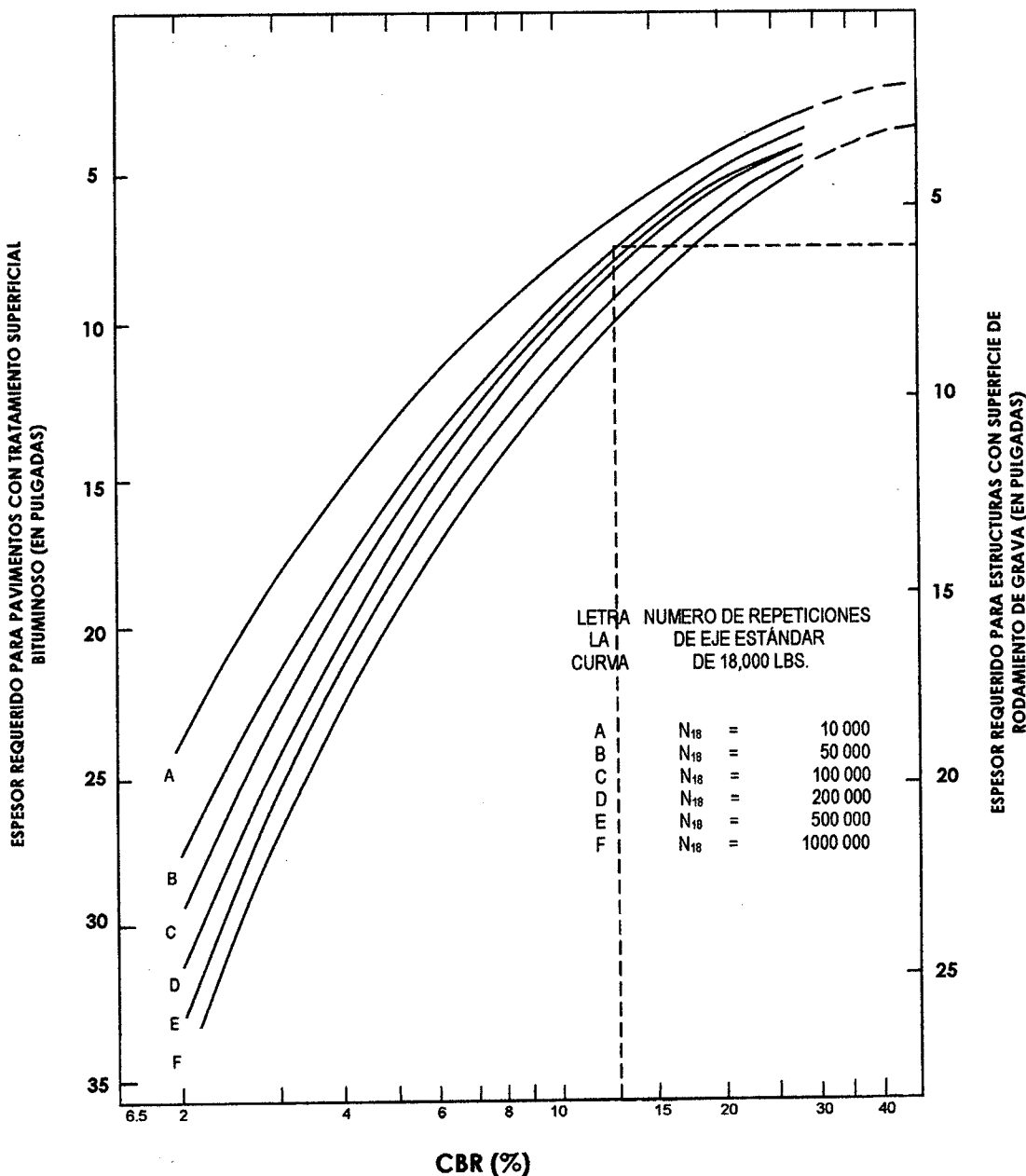


Figura 5.05: Curvas de diseño de espesores para estructuras con y sin tratamiento bituminoso, según análisis USACE

5.9 APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS ESTABILIZADORES EN EL CAMPO

Con la guía de aplicación descrita al inicio del presente Capítulo y con los resultados del laboratorio presentados en los Capítulos 3 y 4; se obtiene las proporciones necesarias de los diferentes aditivos para su colocación en el campo.

i. Cálculo del Volumen de suelo

Es necesario precisar, que para el cálculo del volumen de suelo para la estabilización, se considerará la totalidad de la longitud del camino San Rafael-Corralcancha; ya que para efectos de realizar la evaluación económica (descrito posteriormente en el Capítulo 7) consistente en desarrollar la solución tradicional como es la rehabilitación del camino y compararla con las alternativas propuestas de estabilización, éstas tomarán en cuenta el íntegro de la longitud de la vía y por lo tanto el volumen del suelo será:

$$V_{mat} (m^3) = L \times A \times h = 39,560 \times 3.80 \times 0.15 = 22,549.2 m^3$$

A esta cifra se le añade las 40 plazoletas de volteo;

$$V_p (m^3) = 40 \times \text{Área} \times \text{espesor} = 40 \times 39m^2 \times 0.15m = 234 m^3$$

Por lo tanto, el volumen total será de:

$$V_s (m^3) = V_{mat} + V_p = 22,549.2 + 234 = 22,783.2 m^3$$

ii. Obtención de la Máxima Densidad Seca MDS (g/cm³) y del Óptimo Contenido de Humedad OCH (%)

Se presentan los resultados del ensayo de Proctor Modificado realizado sobre las diez muestras de suelo extraído de la zona de trabajo. Como el ensayo de granulometría nos dice que los suelos son arenas y para el modelo es necesario un valor representativo de la MDS y del OCH, entonces se ha optado por considerar el promedio de los resultados obtenidos y que a continuación se presenta en el Cuadro N° 5.01.

Cuadro N° 5.01
Cálculo del valor representativo de la Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad del camino

IDENTIFICACIÓN		UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	
Calicata	Prof. (m)	Progresiva (Km)	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
C - 01	0.50	12+160	1.890	10.0
C - 02	0.70	12+200	1.904	12.0
C - 03	0.60	12+400	1.820	12.7
C - 04	0.60	10+000	1.886	11.6
C - 05	0.40	10+040	1.846	14.0
C - 06	0.80	39+020	1.962	10.4
C - 07	0.75	38+000	2.082	8.4
C - 08	0.40	37+000	1.916	10.6
C - 09	0.60	32+500	1.967	10.2
C - 10	0.50	32+000	1.662	17.6
$X_p = (\sum X_i / 10)$			1.894	11.8
$\sigma = ((\sum (X_i - X_p)^2 / (n - 1))^{1/2}$			0.109	2.58

Fuente: Elaboración Propia

Las calicatas C-07 y C-10, presentan los valores de MDS y OCH más críticos respectivamente. La Máxima Densidad Seca promedio es de 1.894 (g/cm³) y el Óptimo Contenido de Humedad promedio es de 11.8%. Cabe hacer recordar que el camino se encuentra ubicado en una zona entre los 2,695 a 4,000 m.s.n.m de altitud y con épocas de precipitación bien marcadas entre noviembre a marzo, por lo que se debe tener un valor más representativo de estos parámetros y para ello se aplicará el Teorema del Límite Central que es uno de

los conceptos más importantes de estadística y justifica la importancia de aplicar la Distribución Normal Estándar y se complementará con un análisis de la Confiabilidad en la Estimación de la Máxima Densidad Seca MDS (g/cm^3) y del Óptimo Contenido de Humedad OCH (%).⁽³⁾

El ejercicio consiste en determinar el valor de la variable aleatoria “y” definida como el valor promedio de la MDS o del OCH de manera que la probabilidad $P(z)$ sea de al menos: i) 90%, ii) 95%, y iii) 98%.

1) Inicialmente se define la función $P(z)$;

$$P \left(Z \leq \frac{y - x_p}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

2) Tomando los resultados de X_p y de σ obtenidos en el Cuadro N° 5.01, la expresión (1) queda definida de la forma siguiente:

a) Para la MDS
$$P \left(Z \leq \frac{y - 1.894}{\frac{0.109}{\sqrt{10}}} \right) = F \left(\frac{y - 1.894}{0.0345} \right) = F (Z_o) \dots\dots\dots (2a)$$

b) Para el OCH
$$P \left(Z \leq \frac{y - 11.8}{\frac{2.58}{\sqrt{10}}} \right) = F \left(\frac{y - 11.8}{0.8159} \right) = F (Z_o) \dots\dots\dots (2b)$$

3) Luego, se ingresa a la Tabla Estadística de la Distribución Normal para hallar el valor de Z_o para $F(Z_o)$ que es igual al valor de los tres casos de análisis. Para entender mejor el proceso de cálculo nos podemos ayudar con la Fig. 5.06, donde se puede apreciar como es que se debe leer los valores en la Curva de la Distribución Normal.

⁽³⁾ MOYA C. Rufino, SARAVIA A. Gregorio (1998), “*Probabilidad e Inferencia Estadística*”, Editorial San Marcos. 2da. Edición. págs. 529 – 530. Lima. Perú.

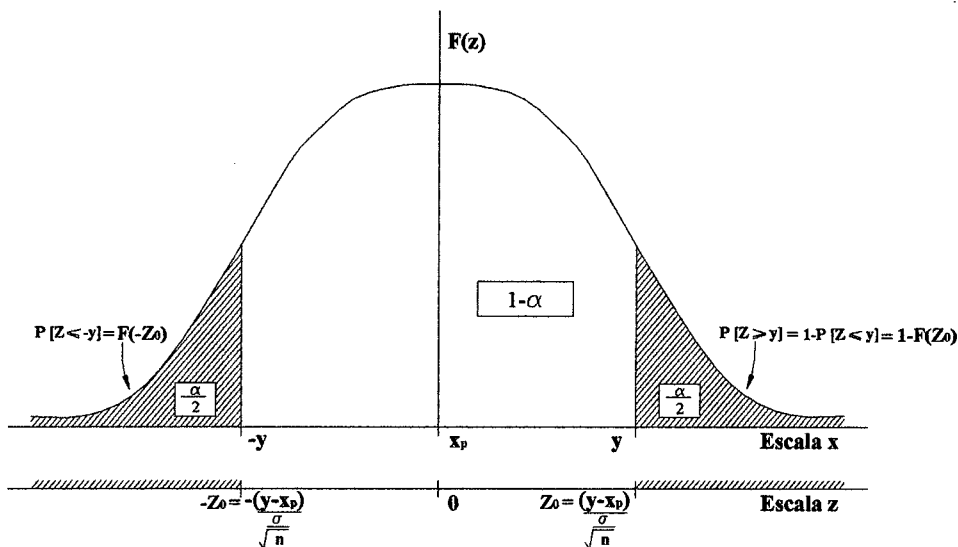


Figura 5.06: Ejemplo de cómo se debe leer los valores probabilísticos en la Curva de la Distribución Normal

Cuadro N° 5.02

Valores de Zo en la función Distribución Normal en tablas estadísticas

Casos	Zo
i) Si P = 90 % → F (Zo) = 0.90	1.282
ii) Si P = 95 % → F (Zo) = 0.95	1.645
iii) Si P = 98 % → F (Zo) = 0.98	2.060

Fuente: MOYA C. Rufino, SARAVIA A. Gregorio (1998), “Probabilidad e Inferencia Estadística: Tabla III Distribución Normal”, Editorial San Marcos. 2da. Edición. Pág. 773. Lima. Perú.

4) Las expresiones (2a) y (2b) se tendrá que igualarlas a los valores del parámetro Zo (Cuadro N° 5.02) para cada caso y así despejar el valor de “y”, por lo tanto los valores de MDS y del OCH para cada análisis se presentan en el Cuadro N° 5.03.

5) Finalmente se ha seleccionado los primeros resultados (para P = 90%) como valores optimizados de trabajo.

$$MDS = 1.938 \text{ g/cm}^3 \quad OCH = 12.85 \%$$

6) El peso del material de suelo es el siguiente:

$$W_s (Kg) = MDS \times V_s \times 10^3 \dots\dots\dots (3)$$

$$W_s (Kg) = 1.938 \times 22,783.2 \times 10^3 = 44'153,841.6 \text{ Kg}$$

Cuadro N° 5.03
Valores de MDS y OCH para cada probabilidad descrita

	F(Zo)	Zo	"y" de MDS (g/cm ³)	"y" de OCH (%)
i) Para P = 90%	0.90	1.282	1.938	12.85
ii) Para P = 95%	0.95	1.645	1.951	13.14
iii) Para P = 98%	0.98	2.060	1.965	13.48

Fuente: Elaboración Propia

7) Luego se realiza la Confiabilidad en la Estimación de los resultados obtenidos mediante la metodología de la Distribución Muestral de la Media y para ello se debe definir el Intervalo del 100*(1-α)% de Confianza o Seguridad que contiene a la Media Poblacional "y" de ambos resultados, que se presenta mediante la expresión siguiente:

$$y - \frac{Z_o * \sigma}{\sqrt{n}} \leq X_p \leq y + \frac{Z_o * \sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots (4)$$

8) Tomando los resultados de σ y de "y" obtenidos en el Cuadro N° 5.01, la expresión (4) queda definida de la forma siguiente:

a) Para MDS $1.894 - \frac{Z_o * 0.109}{\sqrt{10}} \leq X_p \leq 1.894 + \frac{Z_o * 0.109}{\sqrt{10}} \dots (5a)$

b) Para OCH $11.8 - \frac{Z_o * 2.58}{\sqrt{10}} \leq X_p \leq 11.8 + \frac{Z_o * 2.58}{\sqrt{10}} \dots\dots\dots (5b)$

9) De la misma forma, se ingresa a la Tabla Estadística de la Distribución Normal para hallar el valor de Zo para F(Zo) para cada Nivel de Confianza propuesto.

Cuadro N° 5.04

Valores de Z_0 en la función Distribución Normal en tablas estadísticas para el Nivel de Confianza seleccionado

Nivel de Confianza	$1 - \alpha$	α	F (Z_0)	Z_0
i) Si NC = 90%	0.90	0.10	$1 - \alpha / 2 = 0.950$	1.645
ii) Si NC = 95%	0.95	0.05	$1 - \alpha / 2 = 0.975$	1.960
iii) Si NC = 98%	0.98	0.02	$1 - \alpha / 2 = 0.990$	2.330

Fuente: MOYA C. Rufino, SARA VIA A. Gregorio (1998), "Probabilidad e Inferencia Estadística: Tabla III Distribución Normal", Editorial San Marcos. 2da. Edición. Pág. 773. Lima. Perú.

10) Las expresiones (5a) y (5b) sea para el límite inferior o superior se tienen que igualar a los valores del parámetro Z_0 (Cuadro N° 5.04) para cada caso y así obtener el Intervalo de Confianza buscado, que se presentan en el Cuadro N° 5.05.

Cuadro N° 5.05

Intervalo de Confianza para cada caso de análisis

	Z_0	MDS (g/cm^3)	OCH (%)
i) NC del 90%	1.645	$1.837 \leq X_p \leq 1.951$	$10.46 \leq X_p \leq 13.14$
ii) NC del 95%	1.960	$1.826 \leq X_p \leq 1.962$	$10.20 \leq X_p \leq 13.40$
iii) NC del 98%	2.330	$1.814 \leq X_p \leq 1.974$	$9.90 \leq X_p \leq 13.70$

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se aprecia que la MDS y el OCH seleccionados para la evaluación, se encuentran dentro del Nivel de Confianza de todos los casos de análisis, en particular para el NC del 90%.

iii. Obtención de la Humedad Natural del Suelo W_n (%)

En el Cuadro N° 5.06 se presentan los resultados del ensayo de Humedad Natural del suelo para las diez muestras extraídas de la zona de trabajo, considerando el promedio y la desviación estándar de los resultados obtenidos.

De la misma forma que se calculó para la MDS y el OCH, se calcula un valor más representativo de este parámetro y para ello se aplicará la metodología aplicada en el ítem (ii), considerando únicamente que la probabilidad P(z) sea del 90%, entonces $F(Z_0) = 0.90$, el Z_0 es de 1.282 (según tablas estadísticas), y el valor de "y" es de 10.03%; por lo tanto el valor a tener en cuenta de la Humedad para el ensayo es de $w_n = 10.03\%$.

Cuadro N° 5.06

Cálculo del valor representativo de la Humedad Natural del suelo para el camino

IDENTIFICACION		Humedad
Calicata	Prof. (m)	(%)
C - 01	0.50	4.40
C - 02	0.70	2.59
C - 03	0.60	3.48
C - 04	0.60	4.63
C - 05	0.40	7.66
C - 06	0.80	15.33
C - 07	0.75	7.75
C - 08	0.40	14.45
C - 09	0.60	7.45
C - 10	0.50	13.41
$X_p = (\sum X_i / 10)$		8.12
$\sigma = ((\sum(X_i - X_p)^2 / (n - 1))^{1/2}$		4.70

Fuente: Elaboración Propia

iv. Cálculo de la dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear

1) Se determina la cantidad de agua por añadir, para lograr la humedad óptima, la cual se obtiene de la forma siguiente:

$$\text{Agua adicional}(L) = W_s \times \frac{(OCH(\%) - W_n(\%))}{100} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Agua adicional}(L) = 44'153,841.6 \times \frac{(12.85 - 10.03)}{100} = 1'245,139.0 L$$

Se considera que 1 L de agua es igual a 1 Kg en peso.

2) Se determinar la cantidad de aditivo estabilizador a emplear:

En el Cuadro N° 5.07, se ha calculado la cantidad de aditivo estabilizador a utilizar tomando los rendimientos presentados según el fabricante.

Cuadro N° 5.07
Cantidad de aditivo estabilizador necesario para estabilizar el camino rural

ADITIVO	RENDIMIENTO SEGÚN FABRICANTE	CANTIDAD NECESARIA DE ADITIVO (en L) = ($V_s \times Re$)
Permazyme 22x	1 L / 33 m ³ de suelo compactado	690.4 L = 182.7 gal
Probase TX-55	1 L / 3 m ³ de suelo compactado	7,594.4 L = 2,009.1 gal

Fuente: Elaboración propia

3) Razón de dilución de los aditivos en campo

a) Para el aditivo estabilizador **Permazyme 22x**

- Los distribuidores sugieren trabajar con un volumen de agua de un 30% menos, porque el aditivo es líquido y además se evita el exceso de agua.

$$V_{\text{corregido } H_2O} (L) = (1 - FS) \times V_{H_2O}$$

$$V_{\text{corregido } H_2O} (L) = (1 - 0.30) \times 1'245,139.0 = 871,597.3 L$$

- Aplicar Permazyme 22x según la Razón de Dilución de masa DMR (Ver Cuadro N° 4.07).

$$Dilution\ Mass\ Ratio\ (DMR) = \frac{V_{\text{aditivo}}}{V_{\text{agua}}} = \frac{1 L_{\text{aditivo}} (*)}{1000 L_{H_2O}} = \frac{1 L_{\text{aditivo}} (**)}{953 L_{H_2O}}$$

Donde:

(*) Razón de dilución recomendada por el distribuidor

(**) Razón de dilución encontrada en el laboratorio

- Por lo expuesto se trabajará con el segundo valor encontrado en el laboratorio; entonces;

$$\text{Dilution Mass Ratio (DMR)} = \frac{1 L_{\text{aditivo}}}{953 L_{H_2O}} = \frac{690.4 L}{x} \quad x = 657,951.2 L$$

- Por lo tanto, se aplicará a razón de 690.4 L de Permazyme 22x por 657,951.2 L de agua.

- Finalmente la cantidad de agua simple para llegar a la humedad óptima será:

$$V_{\text{final } H_2O} (L) = V_{\text{corregido } H_2O} - V_{\text{DMR } H_2O}$$
$$V_{\text{final } H_2O} (L) = 871,597.3 - 657,951.2 = 231,646.1 L$$

b) Para el aditivo estabilizador **Probase TX-55**

- Aplicar Probase TX-55 según la Razón de Dilución de masa DMR (Ver Cuadro N° 4.07).

$$\text{Dilution Mass Ratio (DMR)} = \frac{V_{\text{aditivo}}}{V_{\text{agua}}} = \frac{1 L_{\text{aditivo}} (*)}{100 L_{H_2O}} = \frac{1 L_{\text{aditivo}} (**)}{191 L_{H_2O}}$$

Donde:

(*) Razón de dilución recomendada por el distribuidor para suelos secos.

(**) Razón de dilución encontrada en el laboratorio.

- Se trabajará con el primer valor; porque con el valor encontrado en el laboratorio se obtendría una cantidad superior de volumen de agua necesaria para llegar al óptimo;

$$\text{Dilution Mass Ratio (DMR)} = \frac{1 L_{\text{aditivo}}}{100 L_{H_2O}} = \frac{7,594.4 L}{x} \quad x = 759,440 L$$

- Por lo tanto, se aplicará a razón de 7,594.4 L de Probase TX-55 por 759,440 L de agua.

- Finalmente la cantidad de agua simple para llegar a la humedad óptima será:

$$V_{\text{final } H_2O} (L) = V_{\text{corregido } H_2O} - V_{DMR H_2O}$$

$$V_{\text{final } H_2O} (L) = 1'245,139 - 759,440 = 485,699 L$$

En el Cuadro N° 5.08 se presenta el costo de los aditivos estabilizadores según información proporcionada por los distribuidores de los productos.

Cuadro N° 5.08
Costo de los aditivos estabilizadores de suelos

ADITIVO	Costo en US (\$) por L (No incluye IGV)	Costo en Soles (S/.) por L (No incluye IGV)
Permazyme 22x	171.00	603.63
Probase TX-55	6.73 (*)	23.76

Fuente: Información brindada por los distribuidores de los productos.
(*) El costo para el año 2002 es de US (\$) 1,400.00 por cilindro de 55 galones de capacidad.
El tipo de cambio utilizado es TC 1 US (\$) = S/. 3.53 para el año 2005.

5.10 INFORMACIÓN PARA PRESUPUESTOS

Para la estimación de costos y elaboración de presupuestos en obras de estabilización en capas de 15 centímetros de espesor, se recomienda tener en cuenta los ítems siguientes:

- 1) Escarificación del material hasta una profundidad de 15 cm.
- 2) Desmenuzamiento de terrones y remoción de piedras de tamaño mayor a dos pulgadas (5 cm).
- 3) Agua de regadío para la dilución del aditivo estabilizador, suficiente para elevar el contenido de humedad hasta 1 ó 2% encima del OCH. Recordar que el agua deberá tener un pH menor a 7.5.
- 4) Mezclado y batido del material para obtener la homogeneidad en el tratamiento, tanto a lo largo, ancho y en profundidad.
- 5) Conformación de la superficie.
- 6) Compactación hasta el nivel requerido por ensayo proctor utilizado.
- 7) Curado, mediante 1 ó 2 riegos diarios, dependiendo de la temperatura y del grado de evaporación reinantes.
- 8) Aditivo estabilizador de suelos, el cual se provee en recipientes de: ⁽⁴⁾
 - Permzyme 22x Recipientes de 5 galones o su equivalente de 19 L
 - Probase TX-55 Recipientes de 55 galones o su equivalente de 208 L

⁽⁴⁾ Estabilizador de Suelos CON-AID (2004), *“La estabilización iónica de suelos y su aplicación en los caminos rurales”*, Tecnología de los Materiales TDM. Lima. Perú.

CAPÍTULO N° 6

CONSERVACIÓN VIAL DE UN CAMINO RURAL

Las grandes redes viales del Perú fueron construidas durante las últimas décadas, como fundamento supuestamente sólido, para el desarrollo económico y social del país. Al inicio de la década de los años noventa, estas redes mostraron preocupantes signos de descuido y abuso, por lo que en unos pocos años más, probablemente estarán en un estado tan deplorable, que repercutirá fuertemente en la economía del país. Grandes inversiones efectuadas a largo plazo, llegan al fin de su vida útil después de relativamente pocos años de uso, debido a que no existe una política de conservación adecuada; y por lo que el sacrificio económico de las generaciones pasadas se está esfumando y lo que es peor aún, dado que partes de las redes viales se financiaron con créditos externos a largo plazo, también se está perdiendo el sacrificio económico de las generaciones futuras. Estas no tendrán ocasión de aprovechar los beneficios de los créditos comprometidos en el pasado y, sin embargo, tendrán que responsabilizarse de su pago.

En todo el país sobran evidencias de que el sistema prevaleciente de organización y financiamiento de la conservación vial es inadecuado, más aún, si el sistema actual difícilmente permite una mejora sustancial y sostenida a largo plazo. Por estas razones, parece haber llegado el momento de reenfocar la gestión de conservación de las redes viales, sobre todo en materia de su organización y financiamiento.

Con lo comentado inicialmente, en este Capítulo se presentarán alcances sobre el estado situacional en que se pueden encontrar los caminos no pavimentados, cuál es el ciclo normal de vida de los caminos y además se propondrá estimar el momento óptimo de ejecución de trabajos de conservación vial para aquellos caminos donde se haya desarrollado acciones de estabilización.

6.1 ESTADO SITUACIONAL DEL SISTEMA VIAL

A partir de la década de los años cincuenta, y a un ritmo cada vez más rápido hasta la década de los años sesenta, el país invirtió una porción importante de los recursos estatales en la construcción de grandes redes viales y de otra infraestructura de transporte. Estos recursos provenían en su mayor parte de los impuestos recaudados, pero también de préstamos nacionales e internacionales. El objetivo de este gran esfuerzo consistía en crear una base sólida para el desarrollo económico y social del país. En ese entonces, no hubo mayor preocupación por el costo ni por las demás exigencias que supondría, en el futuro, la conservación de la nueva infraestructura creada.

Como resultado de esta inversión, la red de caminos tenía para los años noventa una longitud aproximadamente de 77,000 kilómetros, sin contar las vías urbanas. El valor total de reemplazo, incluidos los puentes, se estima en alrededor de 6,930 millones de dólares, si se considera un valor promedio de 90,000 dólares por kilómetro. Las vías urbanas constituyen una inversión aparte, también de gran magnitud.

La red de caminos interurbanos y rurales constituye la mayor inversión individual realizada en el país, que está controlada por una sola entidad, en este caso por el Estado, este hecho es válido en casi todos los países del mundo, no sólo en el Perú sino también en América Latina y el Caribe. ⁽¹⁾

El tamaño general de la red de caminos es considerado hoy como parcialmente suficiente, y en otros casos incluso como exagerado o insuficiente. En la actualidad, la construcción de caminos es más bien una actividad puntual, que suele consistir en mejorar la calidad o la capacidad de la red existente. Sólo en determinadas lugares (como en la sierra y selva del país) es necesario aumentar la cobertura física de la red, abriéndose caminos donde no existían originalmente.

⁽¹⁾ Ver Cuadros N° 2.03 y 2.04 donde se muestra la modalidad de transporte en el medio local.

En aparente acuerdo con la terminación de las grandes redes interurbanas y muchas otras obras de infraestructura de transporte, los criterios de asignación de los recursos del sector público han cambiado de orientación. El gobierno está enfrentando una serie de problemas muy urgentes en mayor o menor grado. Los problemas actuales y el destino de los recursos fiscales están cada vez más relacionados con múltiples necesidades de índole social, como es el caso de las decisiones sobre la calidad y cantidad de servicios públicos tales como: salud, educación, justicia, la lucha contra la extrema pobreza, la protección del medio ambiente, la creación de fuentes de trabajo, entre otros.

La tarea del pasado era construir un sistema de carreteras y caminos; la tarea de hoy es conservar este sistema y adaptarlo a las necesidades de los usuarios. Es sabido que resulta más fácil hacer algo nuevo que conservar algo ya existente en buen estado de funcionamiento.

Las exigencias planteadas al organismo encargado de la administración de los caminos también han cambiado. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por intermedio de su departamento especializado (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF) ha sido y sigue siendo responsable de la red nacional de caminos nacionales y rurales. Su actividad y responsabilidad principal durante varias décadas ha consistido en producir caminos con los recursos asignados en el presupuesto de la nación. Su éxito se ha medido en términos de ingeniería, es decir, lo más importante ha sido determinar cuántos kilómetros de caminos se han construido, y qué tipo de construcción se ha empleado. En cambio, el mantenimiento, o mejor dicho la conservación de los caminos ya construidos, ha tenido un rol secundario y de poco prestigio.

Una parte importante de la infraestructura vial ha comenzado a mostrar evidentes signos de deterioro, muchas veces prematuro y acelerado. A los pocos años de uso, las carreteras suelen estar en tan malas condiciones que ya no pueden ser conservadas, sino que requieren una reconstrucción completa, lo que supone un gasto muy elevado. El MTC, ente gubernamental experimentado en la planificación, el diseño y la ejecución de obras nuevas, está mal preparado,

en varios sentidos, para la tarea de conservar la infraestructura vial de manera adecuada a las necesidades de los usuarios y de la economía en general. Sin embargo, sería equivocado culpar de estas fallas a los profesionales o a los obreros que laboran en estas tareas.

Las graves deficiencias en materia de conservación de la red vial nacional causan actualmente una reducción del valor neto de la red de caminos. Actualmente, es evidente que los caminos deteriorados significan un serio freno para el desarrollo económico y social, por cuanto en el futuro habrá que reemplazar la infraestructura que se ha perdido por descuido, entonces surge la interrogante de quién la pagará. ⁽²⁾

La tendencia predominante para los años noventa o inclusive desde un poco antes, era apuntar claramente hacia el deterioro progresivo de las redes viales, y para ilustrar este problema, se distinguen cuatro grupos de caminos:

- **GRUPO 1: CAMINOS DESTRUIDOS**

Con el tiempo, se ha ido acumulando una gran cantidad de caminos no pavimentados que no han sido conservados adecuadamente, por lo que en la actualidad su estructura está seriamente dañada. A muchos de estos caminos, en algún momento se los reparó superficialmente, para remediar sus fallas más obvias y para facilitar temporalmente su uso, sin embargo, estas medidas no remediaron las fallas estructurales de fondo. Para caminos como éstos, cuya estructura básica está quebrada y cuyo uso resulta difícil, caro y peligroso, sólo cabe la reconstrucción parcial o completa de la vía, a un costo elevado.

⁽²⁾ SCHLIESSLER, Andreas, BULL Alberto (1994), "*CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*", Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, págs. 12-13. Santiago. Chile.

- **GRUPO 2: CAMINOS EN ESTADO CRÍTICO**

Existe una cantidad mucho mayor aún de caminos que están llegando a un punto crítico en su vida y que necesitan obras de refuerzo de superficie a corto plazo para poder sostener intacta su estructura básica durante un período de varios años más. Estas obras tienen un costo de entre 5% y 20% aproximadamente del valor de un camino nuevo. En el Perú, sólo una pequeña parte de estas obras podría ser ejecutada con los niveles presupuestarios actuales, lo que significa que gran cantidad de los caminos correspondientes a este grupo se deterioran sin que exista la posibilidad real de una intervención. De ese modo, pasarán paulatinamente al primer grupo, si no se hacen trabajos en la superficie de rodadura, necesarios para evitar que se siga destruyendo la estructura básica. A pesar del desgaste de la superficie, los caminos correspondientes a este grupo tienen un aspecto bastante aceptable, por lo que la gran mayoría de los usuarios no perciben lo crítico de la situación.

- **GRUPO 3: CAMINOS EN PROCESO DE DESGASTE ACELERADO**

Existe otra gran cantidad de caminos que, aún en buenas condiciones, son susceptibles de recibir mantenimiento adecuado y continuo. En algunos años más, deberán ser reforzados o tratados, a fin de compensar su desgaste normal. Sin embargo, como consecuencia del insuficiente mantenimiento actual, o de las deficiencias técnicas de su construcción inicial, o de una combinación de ambas causas, estos caminos se encuentran en un proceso de desgaste más acelerado del que hubiera sido normal de acuerdo con el diseño, por lo que necesitarán que se mejore la superficie mucho antes de lo previsto. Al igual que en el grupo anterior, los caminos con estas características tienen un aspecto bueno, y sólo los especialistas e ingenieros viales pueden detectar los signos de desgaste acelerado.

- **GRUPO 4: CAMINOS ASEGURADOS**

Son caminos que están incluidos en un programa de conservación adecuado, adaptado a las variables de tránsito, clima, tipo de vía y otros factores más. No debe pensarse que automáticamente a este grupo los caminos que se

encuentran en buenas condiciones pues su construcción o rehabilitación data de los últimos años. La clave en este caso, es que la conservación cuenta con financiamiento asegurado a largo plazo; las actividades de conservación se efectúan en forma profesional y con normas técnicas. En el Perú, la cantidad de caminos que se podrían agrupar en esta categoría es muy pequeña.

El enorme perjuicio en las redes viales proviene del hecho, constatado también por estudios del Banco Mundial, que cada dólar que no se gasta oportunamente en conservación se traduce en dos o tres dólares en obras de rehabilitación y/o reconstrucción. Este “ahorro” del ayer, y que aún se sigue practicando, se ha transformado en una auténtica pesadilla para el futuro del país.

En resumen, se podría decir que se está llegando a un volumen casi inmanejable de obras de refuerzo, rehabilitación o reconstrucción, sin que haya organizaciones eficientes y flexibles que puedan atender a esta tarea enorme, y sin un financiamiento debidamente asegurado para poder pagarlo.

6.2 LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE POR CARRETERA

Con el fin de comprender mejor el tema de la conservación vial, conviene referirse al rol de los caminos, dentro del sistema general de transporte por carretera.

La decisión de construir un camino o una carretera responde a la necesidad que tiene un grupo de personas de trasladarse o llevar carga o personas a un lugar a otro, mediante el uso de vehículos motorizados. Ello requiere poner en funcionamiento un sistema de transporte por carretera. Este sistema consta de dos elementos o sub-sistemas: el **vehículo** y el **camino**. La dependencia entre ambos es recíproca, por cuanto ninguno de ellos tiene sentido sin el otro.

El tipo de camino que se va a construir depende en gran parte del volumen de tránsito previsto. Si se trata de unos pocos vehículos por día, el camino adecuado será algo más que una senda con los criterios mínimos de diseño

(Como sugerencia se puede utilizar el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del MTC), pero si se trata de varias decenas de vehículos que transitan diariamente, conviene hacer un camino mejor diseñado, con una superficie de afirmado. Ahora bien, si el tránsito sobrepasa el IMD de diseño y el mínimo recomendado por las entidades técnicas gubernamentales, debe contemplarse algún tipo de tratamiento superficial o pavimentación de la superficie de rodadura del camino. Cuanto mayor sea la cantidad de vehículos, mayores serán los requisitos técnicos para las vías.

El costo del sistema de transporte por carretera puede dividirse entre el costo relativo al vehículo y el costo asociado con el camino. ⁽³⁾

- Los costos del vehículo son: el combustible, los neumáticos, los repuestos, las reparaciones, la depreciación del costo inicial y, si se trata de vehículos comerciales, el sueldo del chofer.
- Los costos relativos al camino son principalmente el costo de la construcción inicial (o también conocido como costo de inversión) y de todas las actividades posteriores a la construcción que son principalmente de conservación.

Dentro del costo total del sistema, el porcentaje del costo referido al camino es cada vez menor a medida que aumentan el tránsito y el estándar técnico del mismo camino. También, al aumentar el tránsito, los costos correspondientes al camino se distribuyen entre la mayor cantidad de vehículos que lo utilizan.

⁽³⁾ Más detenidamente son explicados estos costos en el Capítulo N° 7.

6.3 POLÍTICA DE CONSERVACIÓN VIAL ADECUADA

En este universo, la tarea primordial es crear un esquema inteligente para la conservación de la red de caminos ya existentes y para ello se debe comenzar por formular la interrogante siguiente, ¿cuáles son las condiciones que deben prevalecer en un esquema viable de conservación de caminos?, y la respuesta esta dada por las condiciones básicas siguientes:

- i. Se debe garantizar la conservación adecuada de la red vial a un costo razonable.
- ii. Se debe velar porque la red vial pueda mantenerse, no sólo ocasionalmente, sino con perspectiva a largo plazo.
- iii. Se debe optimizar la relación entre los costos y los beneficios del sistema de transporte por carretera, que no es lo mismo que procurar gastar lo mínimo en los caminos.
- iv. Debe racionalizarse el uso de los recursos.
- v. Debe reducir al máximo los efectos dañinos para el medio ambiente.

Con los conceptos mencionados, es conveniente identificar cuál es el estado de conservación de nuestro camino y para ello se presenta en el Cuadro N° 6.01, la clasificación siguiente:

Cuadro N° 6.01
Estado del camino

ESTADO	CARACTERÍSTICAS
Muy Bueno	Caminos nuevos o caminos que corresponden por su estado a un camino nuevo.
Bueno	Caminos no pavimentados que necesitan mantenimiento rutinario y reparaciones localizadas.
Regular	Caminos no pavimentados, que requieren un perfilamiento o una renovación de la superficie de rodadura y en algunos lugares, reparación de los drenajes.
Malo	Caminos no pavimentados que requieren rehabilitación y trabajos de drenaje.
Muy Malo	Caminos no pavimentados que requieren obras de reconstrucción e importantes trabajos de drenaje.

Fuente: SCHLIESSLER Andreas, BULL, Alberto (1994), "*CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*", Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, pág. 26. Santiago. Chile.

Complementariamente a la clasificación descrita, se puede mencionar algunas de las características de la condición del camino (estado de la vía) que son importantes tener en cuenta para la evaluación económica, específicamente en las consideraciones técnicas para el costo de los usuarios:

Dentro de los tipos de superficie mencionados en el Capítulo 7 se tienen aquellos compuestos de gravas (afirmados) o de tierra (sin afirmar), ello nos proporciona una rugosidad de la vía, que consiste en considerar la desviación de la superficie de rodadura existente respecto de una superficie plana. Este valor se expresa en m/Km en la escala IRI (Índice de Rugosidad Internacional). En caso de que no se conozca el valor de la Rugosidad IRI medido con el equipo apropiado, se hará una determinación indirecta según el "confort de viaje", mediante la calificación subjetiva del Índice de Servicio Actual (ISA); consistente en dar una opinión de la calidad de rodadura de la carretera calificando en tres categorías de estado: BUENO, REGULAR y MALO, según el criterio del evaluador tras haber recorrido el tramo en un vehículo a una velocidad cercana al 80% de la velocidad directriz. En caso de que se conozca el valor de la rugosidad del tramo, se tendrá en cuenta la escala de equivalencias del Cuadro

Nº 6.02. Finalmente si no se conoce el IRI del tramo, este valor se obtendrá a partir del valor del confort de viaje (Cuadro Nº 6.03) observado del ISA, según la relación:⁽⁴⁾

$$IRI = 20 \left(1 - \frac{ISA}{5} \right)$$

Cuadro Nº 6.02
Rugosidad (IRI) para una superficie de rodadura de una carretera no pavimentada

Condición / Estado	Rugosidad IRI (m/Km)
BUENO	0.0 – 8.0
REGULAR	8.1- 12.0
MALO	12.1 o MAYOR

Fuente: Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras SINMAC (2000), “Plan de mantenimiento de la Red Vial Nacional 2000–2009: Anexo Nº 01”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pág. 6. Lima. Perú.

Cuadro Nº 6.03
Calificación del Índice de Servicio Actual (ISA)

Calificación	Condición del Sector
4.1 – 5.0	Excelente
3.1 – 4.0	Bueno
2.1 – 3.0	Regular
1.1 – 2.0	Malo
0.0 – 1.0	Muy Malo (Intransitable)

Fuente: Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras SINMAC (2000), “Plan de mantenimiento de la Red Vial Nacional 2000–2009: Anexo Nº 01”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pág. 4. Lima. Perú.

El propósito de dar conservación a la superficie de un pavimento, es incrementar su servicio y/o conservarla muy semejante a la que esta vía tenía cuando se terminó su construcción. El ISA es función de la edad de un pavimento, al iniciar

⁽⁴⁾ Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras SINMAC (2000), “Plan de mantenimiento de la Red Vial Nacional 2000–2009: Anexo Nº 01”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

su operación es muy alto y conforme se sujeta a la acción del tránsito y clima, se va deteriorando la superficie de rodamiento debido a la operación de deterioros y fallas, disminuyendo así su servicio y aumentando los costos de operación de los usuarios.

Como mínimo, este cálculo debería efectuarse cada dos o tres años. De este modo, la comparación servirá para poder evaluar el éxito o fracaso de una política de conservación de caminos. Lo ideal es que la evaluación sea anual, o incluso continua, aunque en la práctica no siempre se cuenta con los datos actualizados.

Las acciones a ejecutarse deben hacerse a través de un proceso sistematizado que conlleve a establecer un Sistema de Administración de Pavimentos.

Debe considerarse que a este sistema, como todo sistema de administración, está fundamentado en un ciclo que comprende las etapas siguientes:

- Planeación.
- Programación.
- Ejecución y Control.
- Evaluación de Resultados / Retroalimentación.

Por ejemplo, el Sistema de Administración de Mantenimiento Vial debe tener implícito un Análisis de Factibilidad Técnica-Económica-Financiera y Ambiental, para evaluar lo más aproximado posible, el monto y el impacto de las acciones que se requieran para el mejoramiento del pavimento de las vías. Las acciones propuestas para esta área específica están enfocadas a preservar las inversiones en la infraestructura vial y reducir los costos de operación de los vehículos, así como para mitigar o prevenir el impacto al medio ambiente por las obras inducidas.

Las estrategias para planear el mantenimiento deben tomar en cuenta que no es mas barato "diferir" estas acciones ya que, según el ciclo de vida de un pavimento (Gráfico 6.01), a medida que transcurre el tiempo, se disminuye la

calidad de servicio de éste y los recursos presupuestales necesarios para renovarlo serán cada vez mayores.⁽⁵⁾ Más ejemplos de esto se pueden ver en las Figuras 6.01 y 6.02.⁽⁶⁾

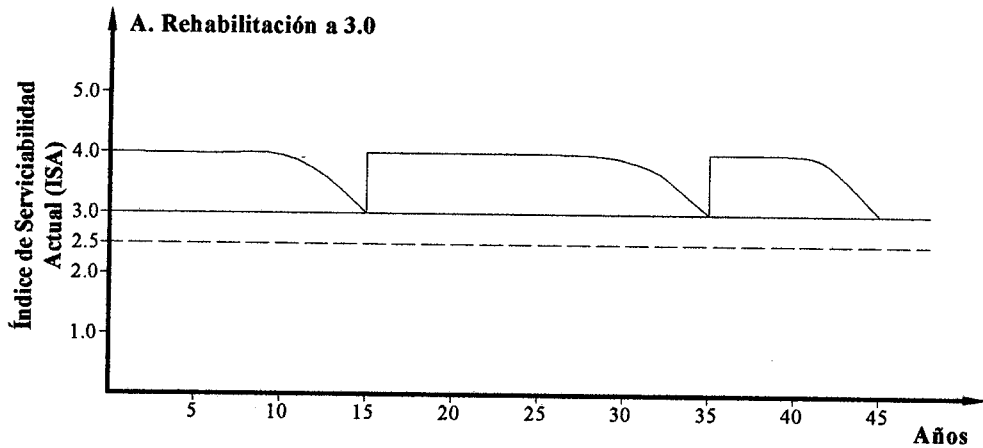


Figura 6.01. Rehabilitación de la estructura del pavimento con ISA = 3.0

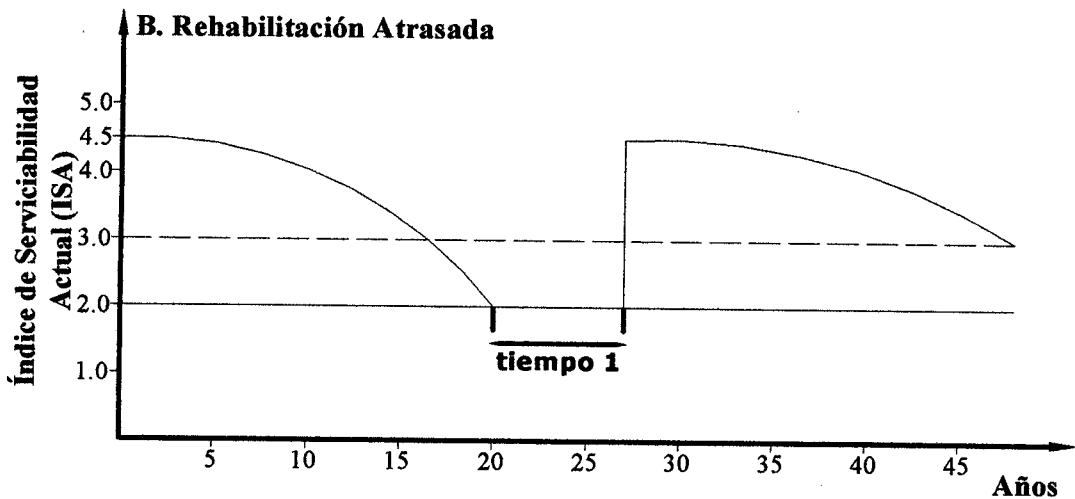


Figura 6.02. Rehabilitación atrasada del pavimento con ISA = 2.0

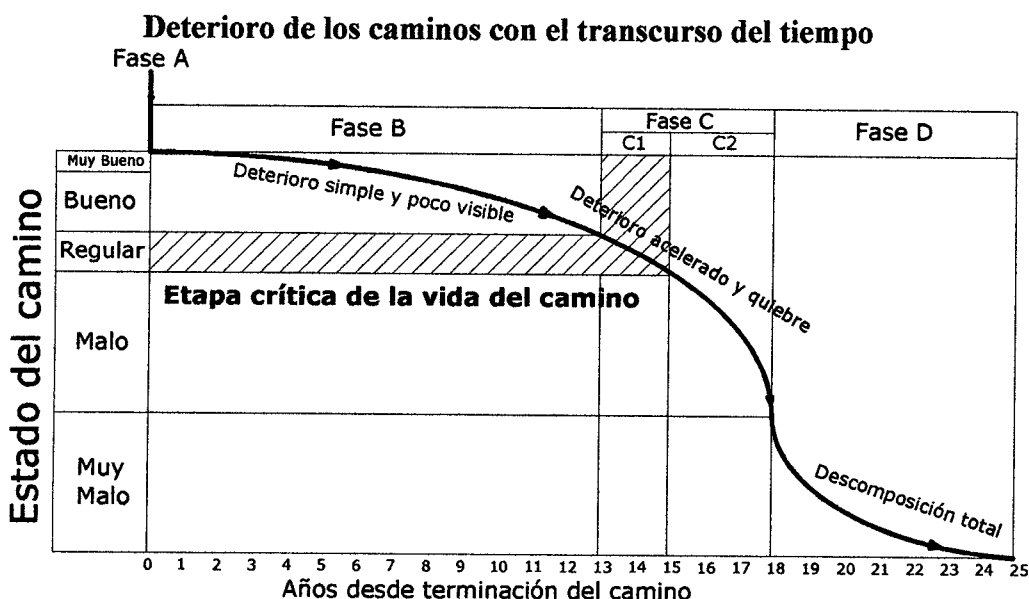
⁽⁵⁾ Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Desarrollo (2003), "Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Tomo XIII: Manual de Conservación de Obras Viales", Dirección General de Ordenación del Territorio, pág. 3. México.

⁽⁶⁾ Las figuras 6.01 y 6.02 son ejemplos de estrategias de mantenimiento, donde lo que se desea es recuperar el Índice de Serviabilidad Actual ISA del camino llevándolo a un valor muy similar de la condición inicial de la vía al concluir su construcción u otra acción desarrollada.

6.4 EL CICLO “NORMAL” DE LOS CAMINOS

Los caminos están sometidos a un ciclo, que por lo repetido parecen haber adquirido condición de normal. Este ciclo consta de cuatro etapas, que serán descritas a continuación.

Gráfico 6.01



Fuente: SCHLIESSLER Andreas, BULL Alberto (1994), “CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales”, Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, pág. 27. Santiago. Chile.

Nota: La curva presentada se basa en un pavimento de hormigón asfáltico. La curva del deterioro para otros tipos de caminos tiene una forma diferente de la curva presentada. Sin embargo, el *mensaje general* del gráfico es igualmente válido para los caminos de cualquier tipo.

Para la descripción de estas etapas, utilizaremos el ejemplo de los caminos pavimentados con materiales asfálticos que es muy similar al de los caminos no pavimentados. Los detalles del ciclo presentan pequeñas diferencias entre ambos, el mensaje básico es el mismo, y consiste en que en ninguno de los casos deber permitirse el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica.

Las cuatro etapas del ciclo normal de un camino, son las siguientes:

6.4.1 Fase A: Construcción

Un camino puede ser de construcción sólida, o con algunos defectos, o bien con un diseño o una ejecución de la construcción claramente deficiente. De todos modos, el camino entra en servicio apenas terminada la obra. El día de la inauguración y corte de cinta el camino suele encontrarse en excelentes condiciones y satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Véase el punto A del Gráfico 6.01).

6.4.2 Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un desgaste y un proceso de debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, y en un menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce por la gran cantidad de vehículos pesados y livianos que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, del agua de lluvias o las aguas superficiales, la radiación solar, los cambios de temperatura, y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de construcción inicial. Para frenar este proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación principalmente en la superficie y en la obras de drenaje. Además, hay que efectuar las operaciones de mantenimiento rutinario.

En la realidad, la conservación durante este período es prácticamente nula, por la sencilla razón de que los recursos asignados son insuficientes, o bien, porque los escasos recursos existentes se destinan a la restauración de aquellos caminos que se encuentran en muy mal estado. Así, se acorta el período de desgaste lento y poco previsible y en vez de durar 10 o 15 años, el período dura sólo 6 u 8 años.

Otro factor que contribuye al abandono de los caminos se debe al malentendido concepto del "*diseño de caminos para un determinado número de años*". Suele decirse que un pavimento está diseñado para 5, 10 ó hasta 20 años, lo que lleva

a que muchas personas supongan equivocadamente que no hay que conservarlos durante ese período, sino sólo reconstruirlos después del tiempo estipulado, incluso hay ingenieros viales que consideran inevitable que al cabo del periodo de diseño del pavimento estará destruido y necesitará reconstrucción.

Durante toda la fase B, el camino se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, el camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado, en el pleno sentido del término. (Véase el punto B del Gráfico 6.01).

6.4.3 Fase C: Deterioro acelerado y quiebre

Después de varios años de uso, el pavimento y otros elementos del camino están cada vez más “agotados” y el camino entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos al tránsito. (Véase el sector C del Gráfico 6.01). Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta, las fallas en la superficie son menores, y el usuario común tiene la impresión de que el camino aún se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así (Véase el sector C1 del Gráfico 6.01). Avanzando un poco más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, que no es visible. En otras palabras, cuando el pavimento de un camino presenta graves fallas que se pueden detectar a simple vista, se puede asegurar que la estructura básica del camino también está seriamente dañada.

Estos daños comienzan siendo puntuales, y luego se van extendiendo hasta que finalmente afectan la mayor parte del camino. (Véase el sector C2 del Gráfico 6.01). La fase C es relativamente corta, ya que comprende un periodo de entre 2 y 5 años. Una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

En un esquema inteligente de conservación, la superficie del camino debe reforzarse al inicio de la fase C, período en el cual la condición del pavimento se torna crítica. (Véase el sector C1 del Gráfico 6.01). Los objetivos del refuerzo son los siguientes:

- Detener el deterioro acelerado del camino.
- Conservar intacta la estructura básica existente.
- Asegurar la capacidad estructural del camino de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro período prolongado.

Al inicio de la fase C (Véase el sector C1 del Gráfico 6.01), normalmente basta con reforzar la superficie del camino, lo que supone un costo relativamente bajo. Una vez efectuado el refuerzo, el camino vuelve a estar apto para su función y puede resistir al tránsito durante una buena cantidad de años más. Sin embargo, como al comienzo de la fase C las fallas no son detectables a simple vista y la marcha del vehículo no es muy incómoda, generalmente no se interviene en el momento preciso, y el deterioro se agudiza.

Si avanzamos dentro de la fase C (Sector C del Gráfico 6.01), y dejamos pasar el momento óptimo de intervención, el simple refuerzo de la superficie ya no es suficiente. Primero deben repararse los daños que se han producido en la estructura básica del camino, lo que significa demoler y levantar las partes dañadas, reemplazándolas por componentes nuevos. Posteriormente se coloca el refuerzo sobre toda la superficie del camino. Cuanto más se atrase la intervención, mayor serán los daños y mayores también las reparaciones necesarias en la estructura básica del camino. Frecuentemente se utiliza el término “rehabilitación” cuando se alude a la combinación de reparaciones parciales en la estructura básica del camino con el refuerzo de su superficie.

Al no intervenir en momento alguno durante la fase C, el camino llega al punto de quiebre, es decir, se produce una falla generalizada, tanto del pavimento como de la estructura básica. Durante toda la fase C, los vehículos siguen circulando, y aunque al principio lo hacen sin ningún problema, paulatinamente los usuarios van experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de

las irregularidades de la superficie: baches, grietas, depresiones y deformaciones.

Al finalizar la fase C y durante la fase D, sólo cabe reconstruir completamente el camino, a un costo que equivale de 120% a 140% del valor de un camino completamente nuevo.

6.4.4 Fase D: Descomposición total

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante ese período, lo primero que se observa es la pérdida del pavimento. Cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de capa asfáltica, hasta que al final termina siendo un camino de grava y a la larga, de afirmado (Véase fase D en el Gráfico 6.01). El paso de los vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis. En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. En esta última etapa llega un momento en que los automóviles normales ya no pueden continuar transitando y sólo algunos camiones y jeeps lo siguen haciendo.

6.5 ESQUEMA INTELIGENTE DE CONSERVACIÓN VIAL

En las páginas anteriores, se ha intentado explicar que existe un momento preciso para efectuar ciertos trabajos de conservación de un camino. Por ejemplo, en un camino con pavimento asfáltico, el refuerzo de la superficie debe efectuarse al principio de la fase C. Otro ejemplo es la limpieza de los drenajes de los caminos, trabajo habitual de mantenimiento rutinario, que debe efectuarse especialmente antes y durante la temporada de lluvias. Por cierto que esta

acción tiene un costo, pero reduce los riesgos de que la agresión de las aguas pueda destruir partes del camino.

En síntesis, tiene un costo realizar las labores de conservación de los caminos de manera demasiado anticipada o postergarlas a un tiempo diferente del óptimo. Si se hace antes, se pierde la oportunidad de haber utilizado el capital en algo más rentable durante el período del adelanto. Los economistas lo llaman **“costo de oportunidad de capital”**, y es equivalente al interés perdido por haber utilizado el capital antes de lo necesario. Sin embargo, mucho más grave es si se pasa del momento oportuno para intervenir y los trabajos de conservación necesarios se postergan. El atraso tanto en el refuerzo como en el mantenimiento rutinario, produce daños en la estructura básica del camino. En este caso, la pérdida es mucho mayor, pues el tipo de intervención necesaria será de rehabilitación, que tiene un costo mucho más alto que el correspondiente a trabajos de manera oportuna.

Como si lo señalado fuera poco, existe otro efecto perjudicial cuando se posterga la conservación. El deterioro de la superficie de rodadura trae como consecuencia el aumento de los **“costos de operación de los usuarios”**. Este incremento es leve cuando el camino llega a estado regular, pero aumenta rápidamente al deteriorarse el estado superficial. Todo ello se traduce en un aumento de los costos de transporte, lo que significa una presión inflacionaria de carácter estructural.

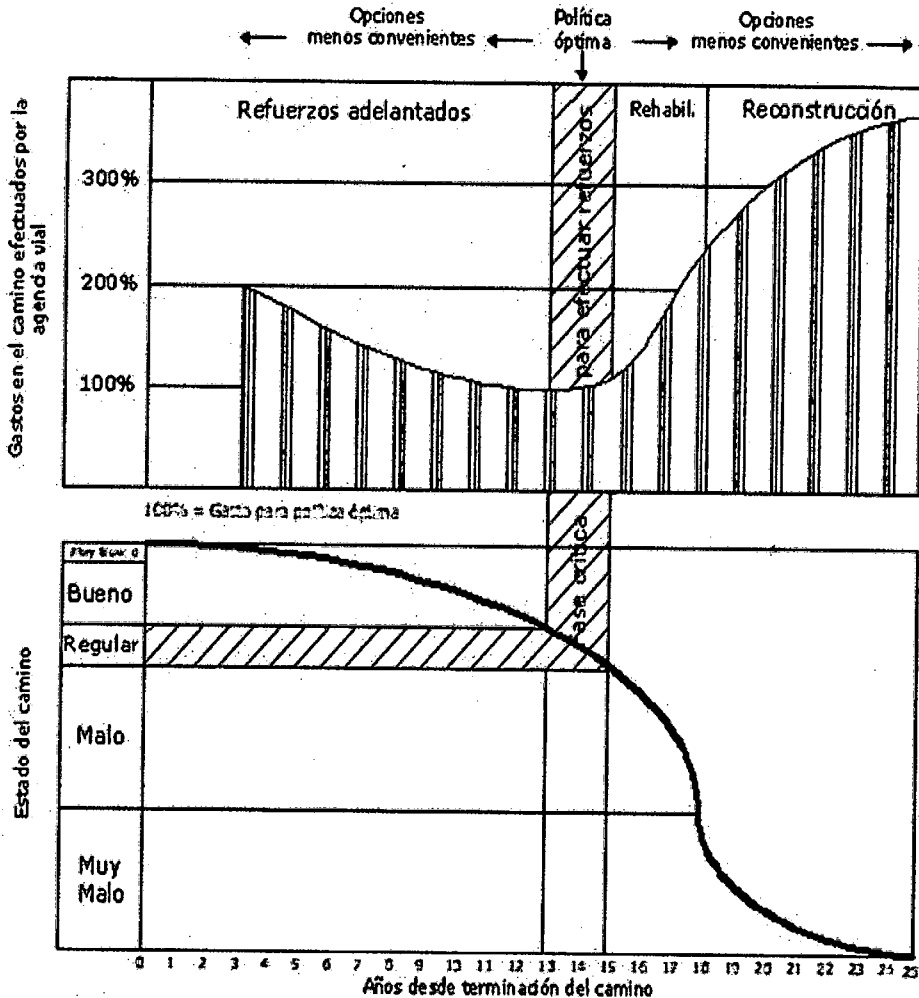
En consecuencia y al contrario de lo que se puede pensar a simple vista, aplicar una política de conservación sana representa para nosotros, ahorrar ingentes recursos que serían útiles para su mejor desenvolvimiento.

Es evidente entonces la necesidad de identificar el momento preciso para cada trabajo de conservación especialmente, para nuestro caso de estudio, cuando se trata de caminos no pavimentados, que por sus características técnicas, puede contarse con un margen de tiempo más flexible para efectuar las intervenciones a comparación de los caminos asfaltados.

Los Gráficos N° 6.02 y 6.03 sobre “*Políticas óptimas y no óptimas para los caminos*” muestran las consecuencias de intervenir fuera del momento oportuno. El primer diagrama, centrado en la agencia vial, señala que existe un costo adicional si se adelantan los trabajos de refuerzo del pavimento, pero que es significativamente menor que el costo adicional que significaría retrasarlos. En el caso de los refuerzos, este efecto se debe a la gradual destrucción, una vez pasada la fase crítica para la intervención, de una parte de la estructura del camino, lo que obliga a su demolición y reconstrucción. El segundo diagrama ilustra el considerable aumento de los costos de los usuarios por concepto de mayores consumos de combustibles, neumáticos, repuestos, desgaste de los vehículos, tiempos de viaje y accidentes. ⁽⁷⁾

⁽⁷⁾ SCHLISSLER Andreas, BULL Alberto (1994), “*CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*”, Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, págs. 27-31. Santiago. Chile.

Gráfico 6.02
Políticas óptimas y no óptimas para caminos
Caso A: Efectos para la Agencia Vial



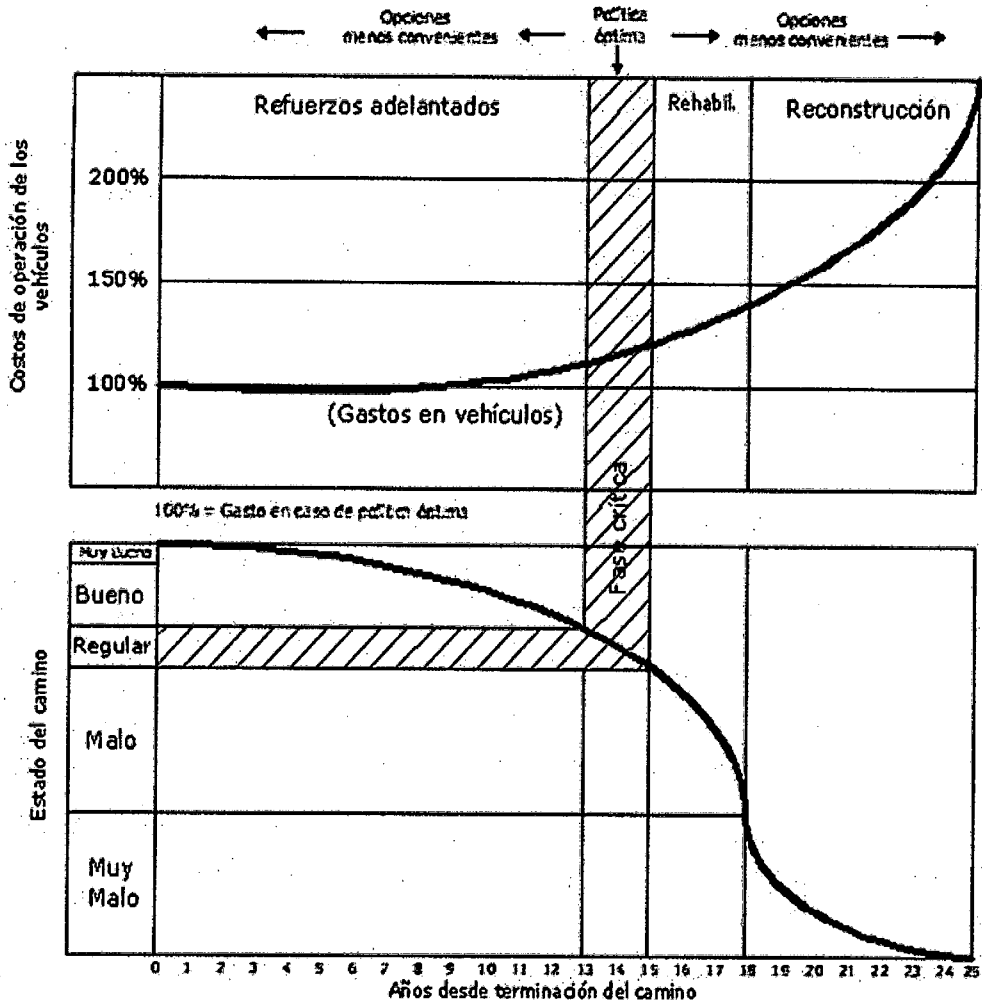
Fuente: SCHLISSLER Andreas, BULL Alberto (1994), "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales", Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, pág 32. Santiago. Chile.

Nota: Breve explicación para entender mejor la lectura del gráfico

Ejemplo: La mejor política es reforzar un pavimento cuando el camino se encuentra en *regular* estado (gráfico inferior), porque a largo plazo los costos para el camino son los más bajos (gráfico superior). En cambio, si la política es rehabilitar el camino cuando pasa del estado *malo* al estado *muy malo*, los costos a largo plazo son alrededor de 2,5 veces más altos que en el caso de la política óptima. También muestra que es preferible adelantar actividades de conservación en lugar de atrasarlas.

El gráfico es cualitativo y pretende explicar el aumento de costo a largo plazo para el camino (o la agencia vial), cuando la política se aleja de la política óptima, ya sea por opciones de tiempo o dimensionamiento. La forma de las dos curvas puede variar para diferentes tipos de caminos y diferentes niveles de tránsito.

Gráfico 6.03
Políticas óptimas y no óptimas para caminos
Caso B: Efectos para los usuarios



Fuente: SCHLIESSLER Andreas, BULL Alberto (1994), "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales", Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, pág 33. Santiago. Chile.

Nota: Breve explicación para entender mejor la lectura del gráfico

Ejemplo: Cuando la agencia vial aplica una política óptima de conservación, los usuarios siempre encuentran en condiciones entre *muy bueno* y *regular* (gráfico inferior). En este rango de condiciones viales, casi no hay variación en los costos de operación de los vehículos. En consecuencia, no afecta a los usuarios un adelanto de las actividades de conservación (línea horizontal en gráfico superior). Sin embargo, si las actividades de conservación son atrasadas y el camino llega al estado *malo* o *muy malo*, el conjunto de los usuarios incurre un costo de operación que crece rápidamente con el grado de atraso en la conservación.

El gráfico es cualitativo y pretende explicar el aumento en el costo de operación de los vehículos que el conjunto de usuarios tiene que soportar, si la agencia vial aplica una política de conservación adecuada.

Establecer el momento oportuno en que debe realizarse cada medida de conservación no es de ninguna manera algo sencillo, considerando que están en juego cifras significativas para la economía. De hecho, se requiere emplear complejos instrumentos de análisis para computar los costos de conservación y de operación que podrían generarse al adoptar diferentes opciones y determinar cuál es, para cada camino, el estado o condición límite que a largo plazo reduce al mínimo la suma total de los costos de los usuarios y de la agencia vial.

¿Cuáles son las tareas principales en la preparación de un programa global de conservación que pretenda lo mejor para la red vial y para la economía nacional? La respuesta debe comenzar por identificar para cada camino lo siguiente:

- El momento preciso de cada intervención, y
- El tipo óptimo de intervención

Existen entonces dos opciones que deben manejarse en un esquema planificado de conservación:

- La opción de tiempo (timing option)
- La opción de dimensionamiento (dimensioning option)

6.5.1 La opción de tiempo (timing option)

La opción de tiempo significa que cada obra de conservación debe ejecutarse habitualmente dentro de un tiempo preciso. El punto de partida para determinarlo es el conocimiento cabal de los caminos de la red vial, así como también de los efectos del tránsito en los caminos. Este conocimiento permite estimar los *momentos oportunos* para los diferentes tipos de intervención. Esta estimación debe hacerse con varios meses o incluso años de anticipación si se trata de intervenciones importantes, como es el caso de las faenas de mantenimiento periódico.

La opción de tiempo significa la posibilidad de adelantar acciones de conservación. Una vez detectados los momento óptimos, puede decidirse sobre la conveniencia de anticipar ciertas intervenciones. Por el contrario, atrasar las actividades, muy pocas veces resulta ser una opción válida dentro del esquema propuesto. Se ha explicado que cuando se atrasa la intervención, muy rápidamente se observan daños físicos en el camino, los que aumentan desproporcionadamente con el tiempo.

Los motivos para adelantar (o muy excepcionalmente retrasar) las actividades de conservación pueden ser de tipo **operacional** o **financiero**. El motivo operacional más frecuente puede ser evitar altibajos en la ocupación de la capacidad física de las empresas contratistas o de los medios propios de ejecución; y para ello mostramos le siguiente ejemplo:

- Si se prevén grandes volúmenes de trabajo para un determinado período de tiempo, que pudieran exceder de la capacidad instalada de los contratistas, la experiencia revela que los precios ofrecidos subirán.
- Además, la calidad de la mano de obra puede decaer.
- Si durante ciertos períodos hay poca oferta de trabajo, los contratistas no invertirán en equipos y tecnología y pueden incluso reducir su capacidad, que a su vez hace difícil la producción una vez que repunte el volumen de trabajo.
- La situación adicional es que se registre un flujo constante de trabajo, lo que redundaría en precios estables y promueve verdadera competencia entre los contratistas.
- Y por último, otra razón operacional para alterar la oportunidad de intervención podría ser evitar la ejecución de obras en períodos de mal tiempo, por las dificultades que ello implica.

Entre los motivos financieros pueden citarse:

- El intento de hacer compatibles los flujos de gastos con los flujos de ingresos, y esto es muy importante porque hay que considerar la dinámica de las tasas de interés en el mercado de capitales.

- Otro motivo, que se basa en consideraciones de tipo operacional y financiero simultáneamente, puede ser la necesidad de evitar trastornos en la temporada de mayor densidad de tránsito, como suele ser la temporada de vacaciones o de fiestas patronales.

6.5.2 La opción de dimensionamiento (dimensioning option)

Esta opción en definir la dimensión técnica de la intervención. Por ejemplo, el reforzamiento de un pavimento existente puede hacerse mediante una capa adicional de afirmado de 15 o 20 centímetros o bien, mediante un reciclaje de la estructura de la subrasante, o también un mejoramiento mediante procedimientos físico-químicos. Cada alternativa satisface objetivos inmediatos, consistentes en reforzar la superficie, evitar la destrucción de la estructura básica del camino, y asegurar que éste pueda servir algunos años más. La diferencia que existe entre las distintas opciones radica en el costo de la intervención, el tiempo que se necesita para ejecutarla y su durabilidad.

La regla general es que las intervenciones óptimas suelen ser aquellas que tienen una orientación a mediano o largo plazo. Las soluciones de corta duración suelen ser no tan buenas y, por ende, menos acertadas, aunque no por ello menos válidas en circunstancias especiales.

Los motivos que se tengan para elegir una u otra opción de dimensionamiento, pueden ser de carácter operacional o financiero, al igual que en el caso de las opciones de tiempo.

De lo anterior se desprende que la gestión de una red de caminos consiste en gran parte en la búsqueda de momentos óptimos para tomar medidas adecuadas de conservación.

6.5.3 La opción prohibida y sus consecuencias

Otra decisión muy frecuente en la actualidad consiste en adoptar una auténtica **opción prohibida**, a veces motivada por la falta de recursos, ésta consiste en postergar las actividades de conservación de los caminos más allá del tiempo en que la estructura del camino está aún intacta, después de todo ¿por qué se tendría que hacer algo si el camino aún se ve bien?

Pronto se traspasa el punto crítico y el camino comienza a destruirse. Una vez que ha llegado a una condición inaceptable, se manifiesta la necesidad obvia de efectuar reparaciones de emergencia, para mantener la vía en estado transitable. Recién entonces comienzan a buscarse soluciones (a veces apremiadas por elecciones políticas próximas). Como no se había previsto la reconstrucción del camino, tampoco hay presupuesto para ese propósito. En medio de la desesperación y bajo una gran presión de la opinión pública, se otorga un contrato de reparaciones urgentes (que permite que el camino se vea impecable antes de las elecciones). Las reparaciones llevadas a cabo son principalmente superficiales, dejando el daño estructural básico sin corregir, lo que redundará en la escasa duración de las obras.

La **opción prohibida** es un camino sin retorno. Inevitablemente, se traduce en una acumulación creciente de caminos destruidos. Si los recursos insuficientes de conservación se aplican a reparaciones de emergencia, algunos caminos que todavía podrían estar en condiciones adecuadas ingresarán a esta inaceptable categoría. Y así sucesivamente, en un círculo vicioso difícil de romper. Las reparaciones de emergencia se tornan normales, la calidad de la circulación empeora y la opinión pública se agita, hasta que se toma un préstamo en el extranjero para la reconstrucción de la red vial. Este préstamo tendrá que ser pagado por la siguiente generación. ⁽⁸⁾

⁽⁸⁾ SCHLIESSLER Andreas, BULL Alberto (1994), "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales", Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - GTZ, 1ra. Edición, págs. 34-36. Santiago. Chile.

6.6 TIPOS DE CURVAS PARA GRAFICAR EL DETERIORO DE LOS CAMINOS

La curva de deterioro de los caminos empieza en un punto alto, como expresión del muy buen estado del camino luego de su rehabilitación; posteriormente desciende gradualmente, hasta llegar a un punto bajo, reflejando el pésimo estado del camino destruido. Normalmente, la agencia vial interviene antes de la descomposición total del camino, ya sea renovando la superficie o, si es demasiado tarde para ello, mediante algún tipo de mejoramiento. Después de efectuar la medida, el camino vuelve a ser muy bueno, hecho que en el gráfico queda expresado por una subida abrupta de la curva, hasta un nivel alto. Con el correr del tiempo, todo el proceso se repite, y la curva toma la forma de una sierra invertida, en la cual los dientes representan las intervenciones que devuelven el camino a un mejor estado.

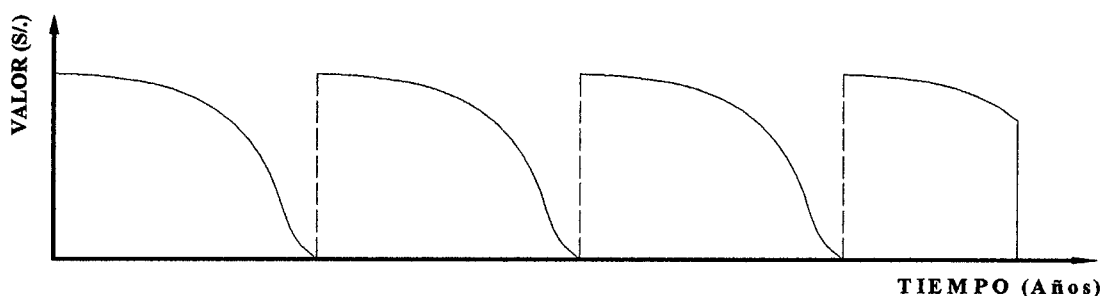


Figura 6.03. Forma general del ciclo de cambio

Ahora bien, la forma exacta de la sierra puede variar considerablemente según los diferentes factores que influyen en el camino:

- Los dientes pueden estar más o menos distantes uno del otro, representando la rapidez del deterioro, y dependiendo del volumen de tránsito, del clima, de la calidad de la construcción original, y del mantenimiento rutinario que se efectúa.

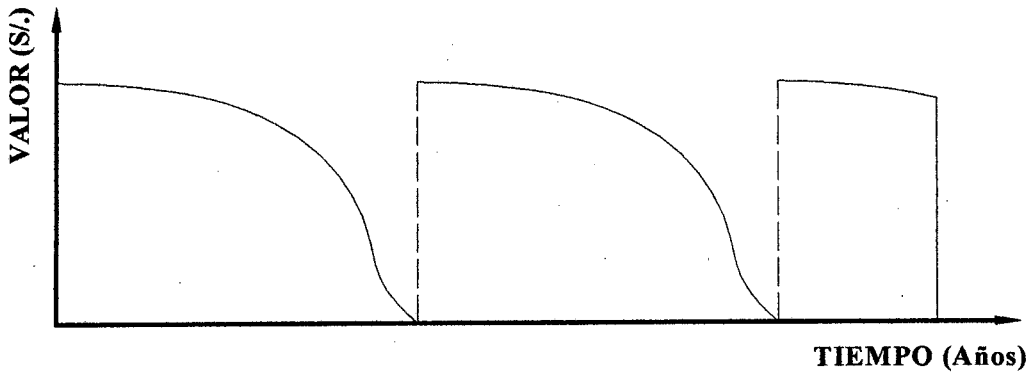


Figura 6.04. Ciclo de deterioro rápido

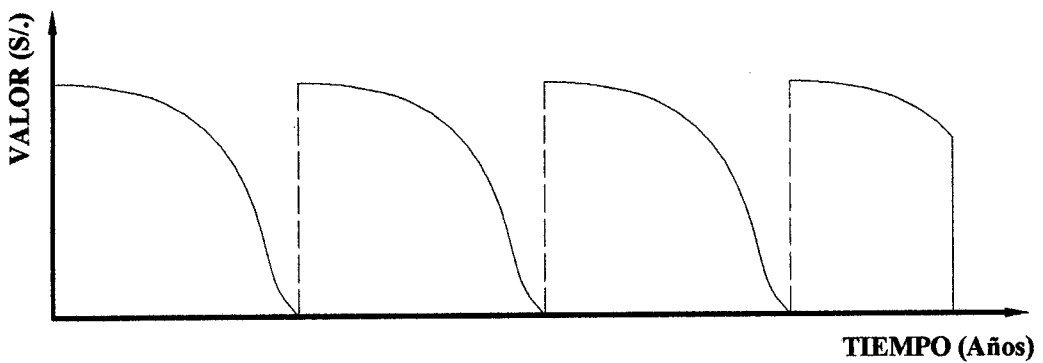


Figura .6.05 Ciclo de deterioro lento

- Los espacios entre los dientes pueden ser más o menos profundos, lo que representa la política de intervención; ésta puede ser de conservación adecuada, en sentido estricto (intervención cuando el camino está en estado regular), o de rehabilitación / reconstrucción (intervención cuando el camino está en estado malo o muy malo).

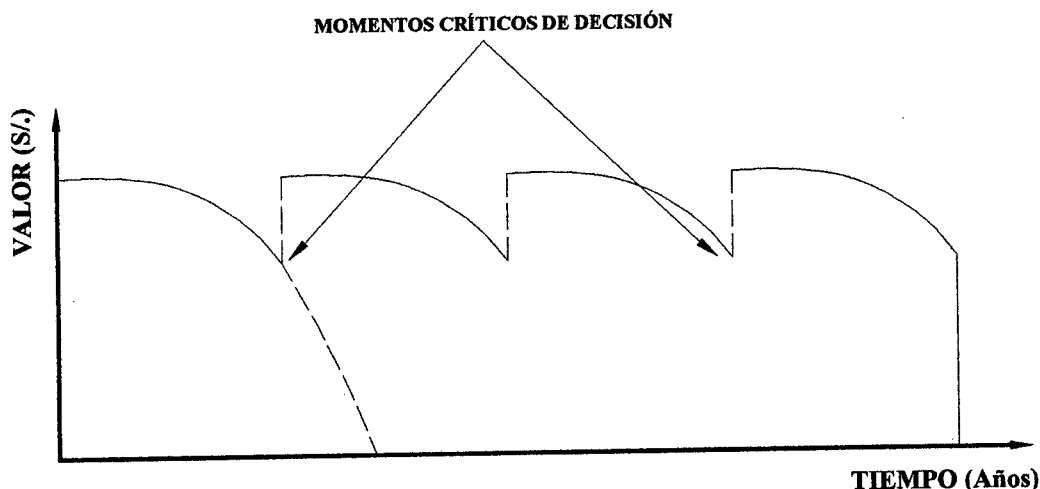


Figura 6.06. Ciclo tipo conservación (Mantenimiento Periódico)

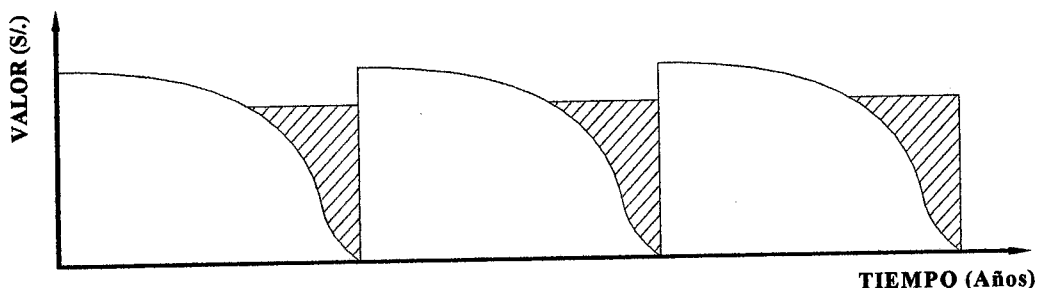


Figura 6.07. Ciclo de reconstrucción

En el ciclo de reconstrucción, se producen períodos en los cuales los usuarios de los caminos tienen que soportar elevados costos de operación de vehículos, por la mala o muy mala condición del camino (áreas achuradas de la curva).

- Para ilustrar lo que no debe hacerse, se presenta aquí la curva correspondiente a la opción prohibida descrita anteriormente, en la cual las intervenciones son de emergencia, de poca calidad y duración.

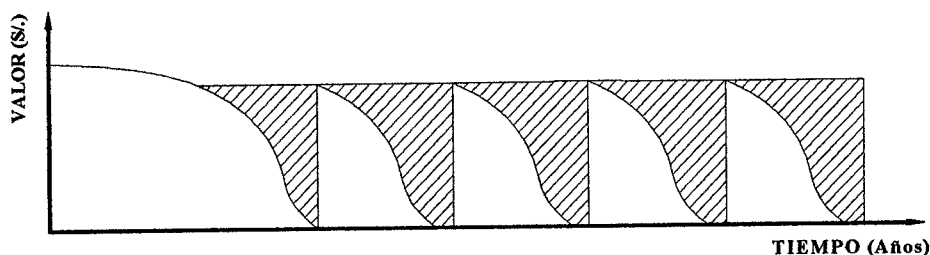


Figura 6.08. Ciclo de opción prohibida

- Además de las curvas descritas, existe un número infinito de otras curvas y ciclos que representan las distintas decisiones que se adoptan en la práctica. La realidad está constituida por una colección de sierras.

6.7 DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE INTERVENCIÓN EN EL CAMINO

En nuestro caso, se tiene que definir cuál es el momento ideal u óptimo para desarrollar actividades de conservación vial en un camino estabilizado, ya sea con el aditivo líquido Permazyme 22x o con el Probase TX-55. Las actividades básicamente consisten en la ejecución de tareas de mantenimiento periódico; como ya se ha mencionado anteriormente, el estado no construye caminos rurales, más bien se dedica a su rehabilitación y posterior desarrollo de acciones de conservación.

Las actividades de mantenimiento rutinario, como parte de la conservación vial del camino estabilizado o no, son llevadas a cabo inmediatamente después de la rehabilitación de la vía. (Las actividades están descritas en el Anexo P)

Si bien es cierto, en los costos del mantenimiento periódico (en el numeral 7.3.2 del Capítulo 7, se menciona que: "...usualmente está dispuesto su ejecución al "tercer año" después de la rehabilitación realizada, esto puede tomarse como un paradigma, porque ya que si es un tiempo estimado, este puede verse anticipado

por factores externos como son el clima y el tránsito o viceversa, se puede retardar por el estado de conservación de la vía...”), por tal motivo es recomendable tener parámetros técnicos de evaluación u otra metodología para proyectar un periodo más ideal para su real ejecución.

Los mismos parámetros de evaluación deben tenerse en cuenta para aquellos caminos estabilizados, un ejemplo de ello es el Índice de Serviciabilidad Actual ISA o en su defecto el IRI. Lo que se “puede” suponer es que un camino estabilizado retardará su momento preciso de intervención, porque si una de las características de utilizar estabilizadores de suelos es mejorar la capacidad portante de la superficie de rodadura, ésta podrá encontrarse en mejor estado que otra que no esté tratada con algún producto químico.

Teniendo en cuenta que en la red vial nacional, se cuenta con un porcentaje significativamente alto de caminos no pavimentados y dentro de ellos, con muy pocos kilómetros que se encuentren estabilizados, más aún, que hayan sido estabilizados con alguno de los productos químicos de esta investigación, y seguidamente se haya realizado un seguimiento continuo de las características de la vía y del estado de conservación en el que se encuentra a lo largo del tiempo (sea mensual, semestral, anual o cada 2 ó 3 años), todo ello contribuye a no poder establecer mediante criterios técnicos, cuál sería el momento ideal para la ejecución de los trabajos de mantenimiento periódico; por tal motivo, se supone un valor empírico de **“5 años”** como el tiempo estimado ideal para desarrollar los trabajos que sean necesarios en la conservación de los caminos no pavimentados que estén estabilizados y que además contribuirá para desarrollar la posterior evaluación económica de los mismos.

CAPÍTULO N° 7

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS APLICACIONES CON ESTABILIZADORES

En este Capítulo se presentarán los análisis y evaluaciones económicas que se llevarán a cabo en el momento de considerar la aplicación de cualquiera de los dos estabilizadores líquidos seleccionados en el campo, frente al caso tradicional de rehabilitación del camino rural. También se darán algunos conceptos e instrumentos para mejorar la formulación del proyecto para desarrollar un análisis más entendible de lo que se desea proponer.

Previamente de que se presente cualquier tipo de valor sobre costos relativos a los caminos rurales, se hará algunos comentarios sobre los innumerables factores que intervienen en la composición de tales parámetros, entre ellos se debe mencionar como ejemplo, las condiciones estructurales del pavimento de estos caminos, ya que ellas ocasionan la mayor parte de los costos de mantenimiento y/o mejoramiento.⁽¹⁾ Para que se pueda entender mejor el tema y solamente con el propósito de ilustrar, se dará a conocer algunas características para la clasificación de los caminos rurales a tener en cuenta en el momento de su evaluación.

Inicialmente habría que mencionar que según el Manual de Diseño Geométrico de Diseño de Carreteras (DG-2001), en su volumen I concerniente a las Normas de Diseño Geométrico, se presenta una Clasificación de acuerdo a la Demanda, donde aquellos caminos que presentan una calzada y soportan menos de 400 veh/día, son considerados como carreteras de 3ra. Clase, más aún; se define a los caminos del sistema vecinal a aquellos que muestran menos de 200 veh/día.⁽²⁾

⁽¹⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003), "*CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento*", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, pág. 13.

⁽²⁾ 1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002), "*Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001: Volumen I Manual de Diseño Geométrico, Sección 102: Clasificación de acuerdo a la Demanda*", Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

Complementando lo descrito acerca de la demanda, se presenta el Cuadro N° 7.01, donde se sintetiza las alternativas y características de una superficie de rodadura en función del IMD proyectado y del ancho de la calzada, lo que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico-económicos para los caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Ya que se menciona el término superficie de rodadura, existe para los caminos rurales una clasificación propuesta según sus capas superiores y el tipo de calzada existente, y esta es:

- a) Caminos de tierra, constituido por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- b) Caminos gravosos, constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 0.075m.
- c) Caminos afirmados, constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 0.025m.
 - c.1 Afirmados con gravas naturales zarandeadas.
 - c.2 Afirmados con gravas homogeneizadas mediante chancado.
- d) Caminos con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:
 - d.1 Afirmados con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.
 - d.2 Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.⁽³⁾

⁽³⁾ Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF (2005), *“Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, Cap. 5.3: Suelos y Capas de Revestimiento Granular”*, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

Cuadro N° 7.01
Características Básicas para la Superficie de Rodadura de los Caminos de
Bajo Volumen de Tránsito

CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm), perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril(*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a mano, tamaño máximo 5 cm) perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF (2005), "Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, Cuadro N° 1", Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pág. 5. Lima. Perú.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m, mediante regulación de horas o días, por sentido de uso

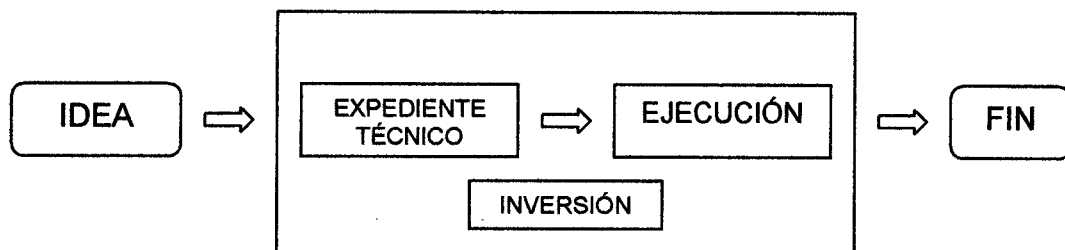
(**) En caso de no disponer de gravas en distancia cercana los caminos pueden ser estabilizados mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Con lo descrito, se podrá plantear una clasificación inicial del camino rural, con la finalidad de observar que características posee para plantear la solución técnico-económica más viable; para el estudio la solución planteada será la de la estabilización de suelos mediante aditivos químicos. Habría que añadir que según lo obtenido y presentado en el Capítulo 4, los aditivos seleccionados no reaccionan óptimamente en su mayor parte con los tipos de suelos estudiados, que en su totalidad son arenas, pero aún así y con fines de complementar la investigación es necesario desarrollar la evaluación económica y para ello, se pasará a describir algunos conceptos sobre los proyectos de inversión y la forma en que deben ser planteados estos, para tener un mejor entendimiento y puesto que la investigación en sí, puede consistir en un proyecto preparado por

cualquier unidad formuladora de proyectos, es necesario complementar con algunos conceptos que ayudarán a entender mejor los planteamientos que se desean realizar a lo largo del desarrollo de este Capítulo.

7.1 CONCEPTOS DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

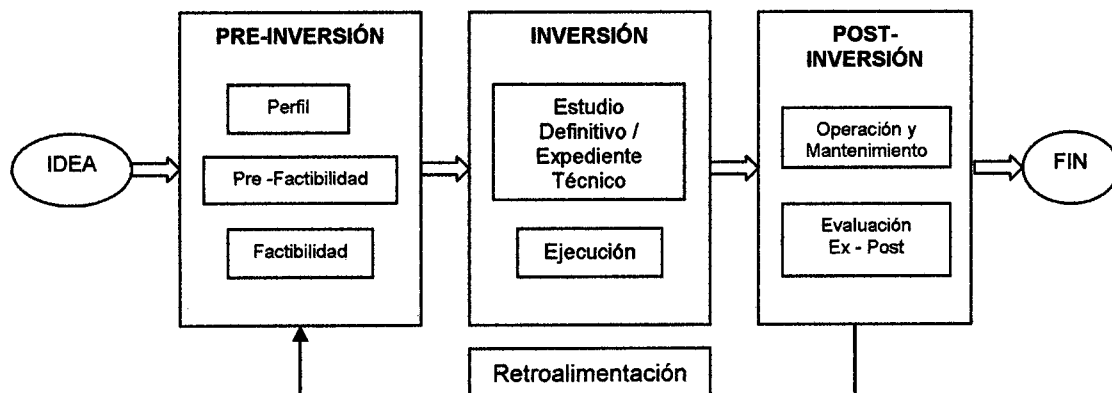
La historia reciente nos dice que la visión tradicional de hacer proyectos de inversión ha sido de la forma siguiente:



Por lo general, los resultados de este diagrama de flujo han sido proyectos duplicados, proyectos no sostenibles, proyectos sobredimensionados, proyectos sobrevalorados, proyectos altamente riesgosos, proyectos contradictorios con políticas sectoriales y proyectos no rentables desde el punto de vista social; lo cual ha llevado al uso ineficiente de los recursos, y para la investigación, al ser los caminos rurales parte de la red vial peruana, son recursos públicos los que se ven involucrados.

Por ello que todas las instancias de gobierno participantes (sea nacional, regional y local) ejecuten "*proyectos buenos*", mejorando de esta forma la calidad del gasto público, aplicando principios, procesos, metodologías y normas técnicas, siendo una de ellas la del SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública).

Aplicando el Ciclo de Vida del Proyecto, tenemos que todo proyecto de inversión pública debe pasar por estas tres fases:



Un Proyecto de Inversión Pública (PIP) se define bajo las características siguientes:

- Toda intervención es limitada en el tiempo.
- Utiliza total o parcialmente recursos públicos.
- Está orientado con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes y servicios (del Estado), y
- Los beneficios se generan durante la vida útil del proyecto.

Un proyecto bueno o viable es aquel que cumple con los planteamientos siguientes:

- Resuelve un problema (no crea otro).
- Es socialmente rentable.
- Es sostenible.
- Es consistente con políticas sectoriales y/o nacionales.

Los estudios en la fase de pre-inversión son tres: perfil, pre-factibilidad y factibilidad. En el Cuadro N° 7.02 se presenta las características de cada uno de ellos.

Cuadro N° 7.02
Características de los estudios en la fase de Pre-Inversión

Perfil	Pre-factibilidad	Factibilidad
<ul style="list-style-type: none"> • Es un primer documento donde ponemos en blanco y negro la idea que tenemos en mente. • Es el estudio de pre-inversión más simple y puede ser elaborado directamente por la Unidad Formuladora con información preliminar. • El objetivo del estudio es identificar el problema y sus causas, los objetivos del proyecto, la adecuada identificación de alternativas para la solución del problema y la evaluación preliminar de dichas alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene como objetivo acotar las alternativas identificadas en el nivel de perfil, sobre la base de un mayor detalle de la información. • Incluye elementos adicionales como tamaño óptimo momento de inversión, tecnologías y los estudios demandan más información. • Como resultado de este estudio debe resultar la selección de una alternativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se analiza con mayor profundidad <i>La Alternativa</i> seleccionada en la pre-factibilidad. • Tiene como objetivo establecer definitivamente los aspectos técnicos fundamentales: el tamaño, tecnología, calendario de ejecución, puesta en marcha, organización, gestión y análisis financieros. • Es con este estudio que se define la viabilidad del proyecto (en el caso de los proyectos grandes).

Fuente: CAPRISTÁN Rafael (2003), *“El SNIP: Instrumento para Mejorar la calidad del Gasto Público en el Perú”*, Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

Los principales logros de utilizar la metodología planteada en el Sistema Nacional de Inversión Pública son los siguientes:

- ◆ El criterio técnico ha desplazado al criterio político en la asignación de los recursos destinados a la inversión pública.
- ◆ La pre-inversión ha permitido un importante ahorro de recursos como consecuencia de la reducción del sobredimensionamiento de proyectos.
- ◆ Las inversiones sectoriales se coordinan con las oficinas responsables de la función programática para evitar duplicidades.

- ♦ Con algunos sectores se ha logrado la coherencia de los PIP con las políticas sectoriales. ⁽⁴⁾

Con los alcances mencionados en la fase de pre-inversión de un proyecto de inversión pública, y considerando que la investigación puede ser una propuesta o alternativa al problema del mejoramiento de la transitabilidad de los caminos de bajo volumen de tránsito, y por consiguiente; considerarlo como un proyecto de inversión pública, se pasará a desarrollar y plantear los costos que se asocian a cada una de las soluciones propuestas.

7.2 COSTOS DE INVERSIÓN (Co)

Los proyectos de vialidad en cualquiera de los tipos de obra a ejecutarse (sea mantenimiento periódico, rehabilitación, mejoramiento o una nueva construcción), se destacan básicamente por las características siguientes:

- i. Las inversiones de dinero son de magnitud.
- ii. Los costos de mantenimiento y operación son elevados.
- iii. La vida útil es alta.
- iv. La inversión realizada no es recuperable ni redestinable.

De la misma forma, hay tres procesos que claramente están identificados en cualquier estudio de pre-inversión de un proyecto (mencionados anteriormente) y son: a) la identificación, b) la formulación y c) la evaluación. En este segundo término, el de la formulación de proyectos se distingue varias características a tener en cuenta que se enunciará a continuación:

- a) El **área de influencia**, que es el espacio físico donde se emplaza la vía, y el área de análisis de los impactos (en el sistema de transportes y el sistema de actividades).

⁽⁴⁾ CAPRISTÁN Rafael (2003), "El SNIP: Instrumento para Mejorar la calidad del Gasto Público en el Perú", Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

- b) El **análisis de la demanda**, donde se tiene que determinar la demanda actual y futura del servicio de transporte a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto (generalmente de 10 a 20 años).
- c) El **diseño preliminar**, en esta parte del estudio se debe definir las características técnicas preliminares de la infraestructura vial de las alternativas del proyecto. Se debe compatibilizar las demandas existentes y futuras que se estableció en el punto anterior con el tamaño del proyecto elegido.
- d) Los **costos de inversión y mantenimiento**, donde se presentan los costos financieros de inversión que se determina elaborando el presupuesto, que debe incluir el costo del diseño, la construcción y la supervisión; los costos de mantenimiento periódico y rutinario y finalmente una conversión de valores económicos a precios sociales.
- e) EL **cronograma de actividades e inversión**, donde se debe utilizar las diversas técnicas de amplio uso en los proyectos tales como: la estructura de descomposición del trabajo (WBS), el gráfico de barras Gantt, el método de la ruta crítica (CPM), entre otros. ⁽⁵⁾

De acuerdo a lo mencionado en el inciso d), se presenta el Cuadro N° 7.03, consistente en el presupuesto para la Rehabilitación de la carretera San Rafael-Corralcancha, en la provincia de Ambo en Huánuco, este monto será considerado como los **Costos de Inversión o de Construcción (Co)**. El presupuesto presenta los precios a junio del 2002 incluyendo los costos directos e indirectos así como la utilidad del contratista, lo único que se ha actualizado ha sido el valor del IGV al 19%. Esta inversión se debe aplicar en el "año 0 o año del análisis" es decir en el último año de la ejecución. Habría que señalar que en el Perú, Provías Rural no construye carreteras rurales o vecinales, solo obras de rehabilitación, otras entidades del Estado solo aperturan trochas carrozables.

⁽⁵⁾ LUNA José (2003), "Pre-inversión de Proyectos Viales: La Formulación", Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

Como observación se indica que no se está considerando los gastos de la supervisión en el proyecto.

Según Provías Rural, el costo para la elaboración de estudios de rehabilitación de caminos vecinales esta bordeando los 1,200 US (\$)/Km y los costos mínimos de inversión para los proyectos viales a ser ejecutados por el Programa se presentan en el Cuadro N° 7.04.

Cuadro N° 7.03

Costos de Inversión (Co): Presupuesto para la rehabilitación de la Carretera San Rafael - Corralcancha

Obra: REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA SAN RAFAEL - CORRALCANCHA
 Propietario: PROVÍAS RURAL (PVR) - MTC
 Lugar: PROVINCIA DE AMBO
 Depart.: HUÁNUCO

Ítem	Descripción partidas	Und	Cant.	P. U.	Parcial	Sub-total
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES					39,581.62
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	q/b	1.00	5,130.54	5,130.54	
01.02.00	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m2	60.00	14.80	888.00	
01.03.00	CARTEL DE OBRA DE 2.40m x 4.80m	und	2.00	398.14	796.28	
01.04.00	TRAZO Y REPLANTEO	km	39.56	288.04	11,394.86	
01.05.00	ROCE Y LIMPIEZA	Ha	23.74	900.25	21,371.94	
02.00.00	EXPLANACIONES					186,059.83
02.01.00	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES	m3	36,072.24	1.82	65,651.48	
02.02.00	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m3	9,963.62	2.73	27,200.68	
02.03.00	ELIMINACION DE MATERIAL	m3	13,054.31	7.14	93,207.77	
03.00.00	PAVIMENTOS					588,991.60
03.01.00	SUBRASANTE					
03.01.01	PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUB-RASANTE	m2	151,888.00	0.67	101,764.96	
03.02.00	PAVIMENTO DE MATERIAL GRANULAR					
03.02.01	AFIRMADO (EXTENDIDO Y COMPACTADO e = 0.15m)	m2	126,687.00	3.09	391,462.83	
03.02.02	AFIRMADO (EXTENDIDO Y COMPACTADO e = 0.20m)	m2	25,201.00	3.80	95,763.81	
04.00.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					288,359.33
04.01.00	ALCANTARILLAS					
04.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	1,780.88	4.58	8,156.53	
04.01.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	366.87	3.11	1,140.48	
04.01.03	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	538.73	159.05	85,685.01	
04.01.04	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ²	m3	130.80	181.50	23,740.20	
04.01.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,320.01	12.38	41,101.72	
04.01.06	ACERO fy = 4200 Kg/cm ²	kg	14,198.34	2.19	31,094.39	
04.01.07	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	279.00	16.70	4,659.30	
04.01.08	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	152.45	75.28	11,476.44	
04.02.00	CUNETAS					
04.02.01	CONFORMACION DE CUNETAS EN TERRENO NATURAL	m	39,600.00	0.89	35,244.00	
04.02.02	CUNETAS REVESTIDAS CON CONCRETO SIMPLE f'c = 140 Kg/cm ²	m	435.00	34.45	14,985.75	
04.03.00	BADENES					
04.03.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	138.40	4.58	633.87	
04.03.02	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	138.40	159.05	22,012.52	
04.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	136.10	12.38	1,684.92	
04.03.04	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	153.00	16.70	2,555.10	
04.04.00	PASE DE AGUA (TAJEA)					
04.04.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	69.00	4.58	316.02	
04.04.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	75.75	3.11	235.58	
04.04.03	TUBERIA DE PVC SAP 8"	m	125.00	29.10	3,637.50	
05.00.00	SEÑALIZACIÓN					11,764.88
05.01.00	SEÑALES PREVENTIVAS DE 0.60m x 0.60m	und	11.00	201.21	2,213.31	
05.02.00	SEÑALES INFORMATIVAS 0.60m x 2.40m	und	15.00	477.25	7,158.75	
05.03.00	HITOS KILOMETRICOS	und	40.00	59.82	2,392.80	
06.00.00	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL					13,500.00
06.01.00	TRATAMIENTO DE BOTADEROS	q/b	5,000.00	1.00	5,000.00	
06.02.00	TRATAMIENTO DE CANTERAS	q/b	6,000.00	1.00	6,000.00	
06.03.00	TRATAMIENTO DE CAMPAMENTOS	q/b	2,500.00	1.00	2,500.00	
	COSTO DIRECTO					1,128,257.34
	GASTOS GENERALES VARIABLES (6.21%)					70,064.78
	GASTOS GENERALES FIJOS (2.18%)					24,596.01
	UTILIDAD (6.5%)					73,336.73
	SUBTOTAL GENERAL					1,296,254.86
	IGV (19%)					246,288.42
	TOTAL GENERAL					1,542,543.28

Fuente: INGUNZA MONTEJO Víctor (2002), "Estudio de Rehabilitación del Camino Rural San Rafael-Corralcancha" Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural - Provias Rural. Lima. Perú.

Cuadro N° 7.04
Costos mínimos de inversión en la ejecución de proyectos viales por parte de
Provías Rural

Caminos de:	Índice Medio Diario (IMD)	Costo US (\$)/Km para rehabilitación	Justificación económica
Bajo Tránsito	IMD < 15 veh/día	Sierra - 12,000 Selva hasta 15,000	Parámetros sociales
Tránsito Intermedio	15 ≤ IMD < 50 veh/día	Sierra - 15,000 Selva hasta 18,000	Excedente del consumidor
Alto Tránsito	IMD ≥ 50 veh/día	Sierra - 18,000 Selva hasta 23,000	Ahorros del costo de operación vehicular

Fuente: Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural – Provías Rural (2004), "Términos de referencia de ingeniería y medio ambiente para la contratación de servicios de consultoría para la elaboración de los estudios de rehabilitación de caminos vecinales", Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

En el Cuadro N° 7.05, se muestra el presupuesto que consiste en utilizar el estabilizador líquido Permazyme 22x para la estabilización de suelos como opción de solución, mientras que en el Cuadro N° 7.06 se presenta el presupuesto utilizando para este mismo trabajo el otro aditivo químico que es el Probase TX-55, para el caso de análisis en la carretera San Rafael-Corralcancha.

Al comparar las alternativas presentadas con respecto al presupuesto original, se observa las características siguientes:

- Las partidas 02.00.00 EXPLANACIONES y 03.00.00 PAVIMENTOS, han sido reemplazadas por la partida 02.00.00 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.
- En la partida 06.00.00 MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL, se han suprimido las partidas 06.01.00 Tratamiento de Botaderos y 06.02.00 Tratamiento de Canteras. Las demás partidas del presupuesto base se han mantenido constantes.

- El metrado considerado en esta nueva partida de ESTABILIZACIÓN DE SUELOS, ha sido el de 151,888.00 m² concerniente al total de la longitud de la vía por su ancho más las 40 plazoletas de volteo del proyecto (Anexo N).
- En el Anexo O se presenta los Análisis de Precios Unitarios (APU) para las nuevas actividades de estabilización de suelos.
- La forma en que se va a suponer el proceso de estabilización, los valores y requerimientos de agua y aditivos estabilizadores; está contemplando en el Capítulo 5.

Cuadro N° 7.05

Costos de Inversión (Co): Presupuesto de la estabilización de suelos con el aditivo Permazyme 22x

Obra: ESTABILIZACIÓN DE LA CARRETERA SAN RAFAEL - CORRALCANCHA CON EL ADITIVO PERMAZYME 22x
Propietario : PROVÍAS RURAL (PVR) - MTC
Lugar : PROVINCIA DE AMBO
Depart. : HUÁNUCO

Ítem	Descripción partidas	Und	Cant.	P. U.	Parcial	Sub-total
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES					39,581.62
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gib	1.00	5,130.54	5,130.54	
01.02.00	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m2	60.00	14.80	888.00	
01.03.00	CARTEL DE OBRA DE 2.40m x 4.80m	und	2.00	398.14	796.28	
01.04.00	TRAZO Y REPLANTEO	km	39.56	288.04	11,394.66	
01.05.00	ROCE Y LIMPIEZA	Ha	23.74	900.25	21,371.94	
02.00.00	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS					1,676,597.44
02.01.00	SUBRASANTE					
02.01.01	ESCARIFICADO DE LA SUBRASANTE	m2	151,888.00	0.91	138,218.08	
02.01.02	DESMENUZAMIENTO	m2	151,888.00	0.88	133,661.44	
02.01.03	RIEGO SIN ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO	m2	151,888.00	2.23	338,710.24	
02.01.04	RIEGO CON ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO	m2	151,888.00	4.91	745,770.08	
02.01.05	TENDIDO Y COMPACTADO (e = 0.15m)	m2	151,888.00	1.45	220,237.60	
03.00.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					288,359.33
03.01.00	ALCANTARILLAS					
03.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	1,780.88	4.58	8,156.53	
03.01.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	366.87	3.11	1,140.48	
03.01.03	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	538.73	159.05	85,685.01	
03.01.04	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ²	m3	130.80	181.50	23,740.20	
03.01.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,320.01	12.38	41,101.72	
03.01.06	ACERO fy = 4200 Kg/cm ²	kg	14,198.34	2.19	31,094.39	
03.01.07	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	279.00	16.70	4,659.30	
03.01.08	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	152.45	75.28	11,476.44	
03.02.00	CUNETAS					
03.02.01	CONFORMACION DE CUNETAS EN TERRENO NATURAL	m	39,600.00	0.89	35,244.00	
03.02.02	CUNETAS REVESTIDAS CON CONCRETO SIMPLE f'c = 140 Kg/cm ²	m	435.00	34.45	14,985.75	
03.03.00	BADENES					
03.03.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	138.40	4.58	633.87	
03.03.02	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	138.40	159.05	22,012.52	
03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	136.10	12.38	1,684.92	
03.03.04	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	153.00	16.70	2,555.10	
03.04.00	PASE DE AGUA (TAJEA)					
03.04.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	69.00	4.58	316.02	
03.04.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	75.75	3.11	235.58	
03.04.03	TUBERIA DE PVC SAP 8"	m	125.00	29.10	3,637.50	
04.00.00	SEÑALIZACIÓN					11,764.86
04.01.00	SENALES PREVENTIVAS DE 0.60m x 0.60m	und	11.00	201.21	2,213.31	
04.02.00	SENALES INFORMATIVAS 0.60m x 2.40m	und	15.00	477.25	7,158.75	
04.03.00	HITOS KILOMETRICOS	und	40.00	59.82	2,392.80	
05.00.00	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL					2,500.00
05.01.00	TRATAMIENTO DE CAMPAMENTOS	gib	2,500.00	1.00	2,500.00	
	COSTO DIRECTO					1,918,803.26
	GASTOS GENERALES VARIABLES (6.21%)					119,157.68
	GASTOS GENERALES FIJOS (2.18%)					41,829.91
	UTILIDAD (6.5%)					124,722.21
	SUBTOTAL GENERAL					<u>2,204,513.05</u>
	IGV (19%)					<u>418,857.48</u>
	TOTAL GENERAL					2,623,370.53

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 7.06

Costos de Inversión (Co): Presupuesto de la estabilización de suelos con el aditivo Probase TX-55

Obra: ESTABILIZACIÓN DE LA CARRETERA SAN RAFAEL - CORRALCANCHA CON EL ADITIVO PROBASE TX-55
Propietario : PROVÍAS RURAL (PVR) - MTC
Lugar : PROVINCIA DE AMBO
Depart. : HUÁNUCO

Ítem	Descripción partidas	Und	Cant.	P. U.	Parcial	Sub-total
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES					39,581.62
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	qib	1.00	5,130.54	5,130.54	
01.02.00	CAMPAMENTO Y OFICINAS PROVISIONALES	m2	60.00	14.80	888.00	
01.03.00	CARTEL DE OBRA DE 2.40m x 4.80m	und	2.00	398.14	796.28	
01.04.00	TRAZO Y REPLANTEO	km	39.56	288.04	11,394.86	
01.05.00	ROCE Y LIMPIEZA	Ha	23.74	900.25	21,371.94	
02.00.00	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS					1,356,359.84
02.01.00	SUBRASANTE					
02.01.01	ESCARIFICADO DE LA SUBRASANTE	m2	151,888.00	0.91	138,218.08	
02.01.02	DESMENUZAMIENTO	m2	151,888.00	0.88	133,661.44	
02.01.03	RIEGO SIN ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO	m2	151,888.00	2.24	340,229.12	
02.01.04	RIEGO CON ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO	m2	151,888.00	3.45	524,013.60	
02.01.05	TENDIDO Y COMPACTADO (e = 0.15m)	m2	151,888.00	1.45	220,237.60	
03.00.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					288,359.33
03.01.00	ALCANTARILLAS					
03.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	1,780.88	4.58	8,156.53	
03.01.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	366.87	3.11	1,140.48	
03.01.03	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	538.73	159.05	85,685.01	
03.01.04	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ²	m3	130.80	181.50	23,740.20	
03.01.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	3,320.01	12.38	41,101.72	
03.01.06	ACERO fy = 4200 Kg/cm ²	kg	14,198.34	2.19	31,094.39	
03.01.07	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	279.00	16.70	4,659.30	
03.01.08	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	152.45	75.28	11,476.44	
03.02.00	CUNETAS					
03.02.01	CONFORMACION DE CUNETAS EN TERRENO NATURAL	m	39,600.00	0.89	35,244.00	
03.02.02	CUNETAS REVESTIDAS CON CONCRETO SIMPLE f'c = 140 Kg/cm ²	m	435.00	34.45	14,985.75	
03.03.00	BADENES					
03.03.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	138.40	4.58	633.87	
03.03.02	CONCRETO f'c = 175 Kg/cm ² + 30% PM	m3	138.40	159.05	22,012.52	
03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	136.10	12.38	1,684.92	
03.03.04	EMBOQUILLADO DE PIEDRA	m2	153.00	16.70	2,555.10	
03.04.00	PASE DE AGUA (TAJEA)					
03.04.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	69.00	4.58	316.02	
03.04.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	75.75	3.11	235.58	
03.04.03	TUBERIA DE PVC SAP 8"	m	125.00	29.10	3,637.50	
04.00.00	SEÑALIZACIÓN					11,764.86
04.01.00	SEÑALES PREVENTIVAS DE 0.60m x 0.60m	und	11.00	201.21	2,213.31	
04.02.00	SEÑALES INFORMATIVAS 0.60m x 2.40m	und	15.00	477.25	7,158.75	
04.03.00	HITOS KILOMETRICOS	und	40.00	59.82	2,392.80	
05.00.00	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL					2,500.00
05.01.00	TRATAMIENTO DE CAMPAMENTOS	qib	2,500.00	1.00	2,500.00	
	COSTO DIRECTO					1,698,565.85
	GASTOS GENERALES VARIABLES (6.21%)					105,480.93
	GASTOS GENERALES FIJOS (2.18%)					37,028.73
	UTILIDAD (6.5%)					110,406.77
	SUBTOTAL GENERAL					1,951,482.08
	IGV (19%)					370,781.59
	TOTAL GENERAL					2,322,263.67

Fuente: Elaboración propia

7.3 COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA

En este enunciado, se describe cada uno de los costos que son parte de la infraestructura de la vía. Simplemente por esquematización de la investigación, los Costos de Construcción (Co), han sido explicados independientemente de esta parte, ya que es usual considerarlos como parte de los costos de infraestructura del camino.

7.3.1 Costos del Mantenimiento Rutinario (Mr)

El mantenimiento rutinario es un conjunto de actividades normalmente ejecutadas una o más veces de forma mensual. Tienen como finalidad la preservación de todos los elementos del camino –con la mínima cantidad de alteraciones– con las características y condiciones que presentaban inmediatamente después de su construcción o recuperación. Ejemplos de actividades de mantenimiento rutinario son las reparaciones localizadas de defectos en la superficie de rodadura, los cortes de la vegetación (roce) y la limpieza de dispositivos de drenaje superficial y corriente, etc.

El Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural–Provías Rural, mediante la Gerencia de Mantenimiento, viene aplicando tarifas diferenciadas sobre los costos del mantenimiento rutinario, según el tipo y el nivel de servicio del camino. Esta actividad se realiza mensualmente, pero para el período de análisis económico se tomará el costo anual que conlleva desarrollarla, incluye el costo de la rutina de limpieza de las obras de drenaje y zonas laterales y el costo del bacheo.

Mediante un estudio de gestión del mantenimiento elaborado por Escudero Meza (2001), se desarrolló una propuesta de tipología y niveles de servicio. Para la primera, se tomó como unidad de análisis el kilómetro, lo que significa que un camino podrá tener sus kilómetros agrupados en uno, dos o tres tipos. La metodología planteada nos permite clasificar los kilómetros de un camino en grupos homogéneos (Tipo I, II y/o III), según sus demandas de mantenimiento.

Luego, se elaboró la propuesta de Niveles de Servicio, tomando como unidad de análisis el camino. Un camino solo podrá tener un nivel de servicio. La metodología planteada nos permite establecer dos niveles de servicio (Alto (A) o Básico (B)) en función a las demandas efectivas de mantenimiento del camino, a su categoría, importancia, uso, nivel de accesibilidad y/o accesibilidad esperado.

Se definieron las actividades de mantenimiento rutinario y las cargas de trabajo para cada tipo y nivel de servicio; la simbiosis entre tipología (I, II, III) y nivel de servicio (A, B) arrojó 6 combinaciones posibles (IB, IA, IIB, IIA, IIIB, IIIA) y por dos regiones geográficas como son la sierra y la selva, nos da al final 12 tarifas de mantenimiento rutinario, para tramos promedio de 25 Km. En el Cuadro N° 7.07 se presenta un resumen de las tarifas por tipo de camino y nivel de servicio, mientras que en el Anexo P muestra el análisis de estas tarifas de mantenimiento rutinario (Km/año) para las regiones geográficas mencionadas.

Cuadro N° 7.07

Resumen de tarifas de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio (al 2005)

US (\$)/Km - año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	545.00	585.00	715.00	810.00	1,020.00	1,190.00
SELVA (*)	500.00	545.00	670.00	765.00	960.00	1,135.00
S/. / Km - año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	1,911.08	2,065.87	2,529.15	2,860.38	3,596.35	4,207.78
SELVA (*)	1,769.59	1,921.83	2,365.78	2,694.43	3,393.92	3,998.16

Fuente: ESCUDERO MEZA Julio (2001); "Estudio de Fortalecimiento de la Gestión del Mantenimiento de los Caminos Rurales, Volumen III, Sección I: Tarifas Diferenciadas", Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural – Provías Rural. Lima. Perú.

(*) Las tarifas en la selva no consideran el IGV, el tipo de cambio utilizado el 1 US (\$) = S/. 3.53 aprobado por el Estado para el ejercicio fiscal 2005.

Del Cuadro N° 7.07, se puede decir que el costo promedio del mantenimiento rutinario para un camino rural es US (\$) 785.00 / (Km-año) o su equivalente de S/. 2,780 / (Km-año) para el año 2005, este monto es aplicable siempre y cuando un camino ya ha sido rehabilitado.

7.3.2 Costos de Mantenimiento Periódico (Mp)

El mantenimiento periódico es un conjunto de operaciones que normalmente se ejecutan una vez cada cierto periodo, que puede ser una vez cada dos o tres años o más años, y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de los defectos, la preservación de las características superficiales, la integridad estructural, y por lo tanto, la utilidad de la vía. Se incluyen en esta actividad, los trabajos relacionados a la reconstrucción total o parcial de la capa de revestimiento primario.

Los costos del mantenimiento periódico según Provías Rural, son valores estimados que pueden fluctuar entre los 2,800 y 3,000 US (\$)/Km o su equivalente de S/. 10,300 por kilómetro. Para intervenir a un camino y aplicar este trabajo, habría que realizar previamente una verificación en el campo de la situación del camino y definir las labores a realizar, normalmente acciones de nivelación, refuerzo o reconstrucción, encaminadas a recuperar la serviciabilidad de la calzada. En Provías Rural se estimó la ejecución del mantenimiento periódico después del “tercer año” de la rehabilitación realizada, esto se puede tomar como un paradigma, porque si bien es cierto es un tiempo estimado, este se puede ver anticipado por factores externos como son el clima y el tránsito o viceversa, se puede retardar por el estado de conservación de la vía. Por tal motivo es recomendable tener parámetros técnicos-evaluativos del mantenimiento rutinario u otra fuente de manera de proyectar un periodo más ideal para su real ejecución.

7.3.3 Aspectos socioeconómicos acerca del mantenimiento de caminos

7.3.3.1 Reducción de los costos de transporte

Según BAESSO Dalcio Pickler, y R. GONÇALVES Fernando Luiz en su libro de *“Técnicas Adecuadas de Mantenimiento”*, mencionan que en estudios especializados concluyen que los beneficios económicos resultantes de un buen mantenimiento son extremadamente altos. Asimismo, en un estudio realizado por el Banco Mundial se compararon los costos operativos de vehículos ⁽⁶⁾ en un camino mal conservado y los mismos costos en un camino bien conservado. Por ejemplo, ¿cuánto gasta un camión en combustible y reparaciones mecánicas al transitar por un camino en mal estado, comparado a hacerlo por un camino en buen estado?.

El ahorro resulta de transitar por un camino en buen estado se llama **“reducción de los costos operativos”**, los que sumados a otros ahorros tales como la reducción de los tiempos de viaje, redundarán en una **“reducción de los costos de transporte”**. En los estudios del Banco Mundial se indica además, que la reducción de los costos operativos de los vehículos en un camino en buen estado –con tráfico de apenas 250 vehículos por día– equivale al doble del costo del mantenimiento eficaz de ese mismo camino. Para flujos de tráfico más intensos que el mencionado anteriormente, esa relación también aumenta y posibilita un retorno mucho más elevado, para la economía en general, de los recursos invertidos en mantenimiento vial.

7.3.3.2 Reducción de los tiempos de viaje

El buen mantenimiento de las vías permite que los vehículos que las transitan aumenten sus velocidades operativas y como consecuencia reduzcan el tiempo de viaje de los usuarios. Esta reducción de los tiempos de viaje se puede considerar un beneficio, dependiendo de la tasa de ocupación de los vehículos y

⁽⁶⁾ Estos costos están descritos el numeral 7.4. Costos de los usuarios

del ingreso de los usuarios. Podemos estimar su valor basándonos en el motivo de los viajes, si son por negocios, trabajo o paseo, según la metodología establecida en los estudios usuales de viabilidad económica. Este exceso de precisión sin embargo, representa el cálculo de un beneficio que aumenta su valor muchas veces, si lo comparamos con los beneficios obtenidos debido a la reducción de los costos operacionales de los vehículos. Por otro lado, el perjuicio para los usuarios será mucho más grande en el caso opuesto, o sea, frente a la imposibilidad de desplazarse a través de un camino con el revestimiento comprometido. Durante épocas lluviosas, implica un costo social que tiende a agravarse exponencialmente para las comunidades más aisladas, casi siempre las más pobres.

Asegurar la transitabilidad en cualquier condición climática es la función primordial de las actividades inherentes al mantenimiento de los caminos rurales. Se deben garantizar las condiciones de tráfico en los caminos que posean una superficie de circulación durante todo el año, a través de la eliminación de sus puntos críticos por medio de obras simples y de bajo costo. El productor rural depende de los caminos para transportar su producción, traer insumos indispensables a su propiedad y también para desplazarse en busca de diversión o por motivos de salud, educación o negocios. ⁽⁷⁾

7.3.4 Valor Residual (V_r)

El valor residual más que un costo se debe entender como un beneficio. Es el valor estimado de la estructura en su condición superficial y final, en sí su condición final. Se aplica en el año "m", es decir, en el último año del período de análisis económico y se expresa como un porcentaje del costo inicial de inversión (% C_0). ⁽⁸⁾

⁽⁷⁾ BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES Fernando Luiz (2003), "CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento", Gobierno de Santa Catarina – Banco Mundial, pág. 8.

⁽⁸⁾ MONTEJO FONSECA Alfonso (2002); "Ingeniería de pavimentos para Carreteras", Universidad Católica de Colombia, págs. 189-190. 2da. Edición.

Si bien es cierto, no se cuenta con estudios o investigaciones para saber cuál es este valor, se sugiere tomar un estimado que se encuentre entre el 50 al 70% como rango de trabajo según lo conversado con los especialistas viales. Cabe anotar que para que realmente se tenga un parámetro mucho más certero de esta aproximación, ello dependerá de factores tales como:

- i.* La evolución del tráfico en el tiempo.
- ii.* La calidad de los materiales de la estructura.
- iii.* El diseño estructural de la capa de rodadura.
- iv.* La intensidad de los factores climáticos (lluvias, frío, etc.).
- v.* Los trabajos de conservación de la vía.

Por estos motivos y posiblemente por otros más, es válido proponer un valor residual de la estructura en el tiempo, siempre y cuando se haga un trabajo de seguimiento constante y perseverante.

7.4 COSTOS DE LOS USUARIOS (C_u)

Son aquellos costos en cada uno de los años del periodo de análisis económico, que constituyen la suma de los componentes siguientes:

- Costos de operación vehicular, que involucran:
Consumo de combustibles, consumo de lubricantes, consumo de llantas, costos de repuestos y mano de obra de mantenimiento de los vehículos, costo de la tripulación (en vehículos comerciales), y la depreciación del vehículo en proporción al kilometraje recorrido.
- Costos del tiempo de los pasajeros
Se determina multiplicando el tiempo de viaje (horas) * Número de pasajeros
* US (\$)/hora/pasajero.

- Costos de los accidentes de tránsito

Para su determinación se puede recurrir a las siguientes fuentes: a) estadísticas de las compañías de seguros, b) a la Dirección de Circulación y Seguridad Vial del MTC; y c) en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el link de estadísticas. ⁽⁹⁾

7.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA TRADICIONAL VS. LAS ALTERNATIVAS CON LA UTILIZACIÓN DE ESTABILIZADORES

Dentro de la metodología que hay que tener en cuenta para la selección de la mejor alternativa de aplicación en un proyecto, se tiene que tener en cuenta los siguientes conceptos de trabajo:

a. El Análisis de las Alternativas

- Lo primero que se debe analizar es si el problema se puede solucionar sin inversión, o sino con actividades de gestión o sólo con una pequeña inversión.
- Sólo se deben considerar las alternativas que realmente solucionen el problema planteado.
- Las alternativas deben ser factibles desde todo punto de vista.
- Cada alternativa generará diferentes flujos de beneficios y de costos. Se deberá seleccionar la alternativa que presente el mejor flujo económico.

b. La Situación Actual Optimizada

- Es la situación “sin proyecto” que debe ser entendida como la situación actual optimizada; que implica eliminar posibles deficiencias en la operación de dicha situación a través de intervenciones menores (mantenimiento, mejoramiento o rehabilitación) o acciones administrativas (gestión) que mejoren el estado del camino.

⁽⁹⁾ En esta parte, figuran tablas concernientes al número de accidentes de tránsito fatales y no fatales por año comprendido entre 1998–2004, clasificados por: i) clase, ii) causa, iii) departamento y iv) características de las víctimas.

- Si se rechaza la situación “con proyecto” no significa que no se haga nada, sino que hay que revisar las actividades en la situación base optimizada y mejorarlas.

c. La Sostenibilidad

- Uno de los aspectos más importantes en la evaluación de proyectos de transportes es la sostenibilidad, es decir, asegurar que los flujos de beneficios estimados no disminuyan.
- Las estrategias de mantenimiento y su financiamiento es incluso más importante que la inversión.
- A pesar de no constituir un proyecto de inversión pública, aún las estrategias de mantenimiento deben ser evaluadas económicamente. ⁽¹⁰⁾

A continuación se hará algunos comentarios relativos al análisis económico en cuanto a los parámetros a utilizar para la evaluación económica:

a) Valor actual (VA)

Concepto económico que representa la traslación de una cantidad específica de costos o beneficios ocurridos a diferentes períodos, una cantidad en un instante único (usualmente el presente). El término “valor actual neto” (VAN) se refiere al valor presente acumulado de una serie de costos y beneficios extendido sobre un período de análisis. La necesidad de utilizar valor actual surge de:

- La capacidad intrínseca del dinero de sumar intereses con el tiempo, y
- La necesidad de un estudio económico de comparar o sumar inversiones o ahorros de dinero ocurridos en diferentes momentos en el tiempo.

b) Tasa de Descuento (TD)

Porcentual, usualmente expresada como tasa anual, que representa el interés en dinero que puede asumirse como ganancia en el período bajo análisis. Una organización gubernamental que decide invertir en carreteras, pierde la

⁽¹⁰⁾ CAPRISTÁN Rafael (2003), “Lineamientos de Inversiones en el Sector Transportes”, Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

oportunidad de invertir en otra actividad. La tasa a la cual el dinero puede ser invertido es conocida como “costo de oportunidad del capital” y es la tasa apropiada de descuento que se debe usar en los estudios económicos. El Factor de Descuento (FD) derivado como una función de la tasa de descuento y del periodo relativo al presente, puede ser usado para convertir beneficios y costos periódicos de un proyecto a valor presente. Sin embargo, calcular beneficios en dinero constante y usando la tasa de interés del mercado es un error, porque la tasa de retorno del mercado incluye un descuento por la expectativa de inflación. Por lo tanto, si costos o beneficios futuros van a ser calculados en dinero constante, sólo debe estar representado en la tasa de descuento usada, el costo real del capital.

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) realizó una consultoría hace 4 ó 5 años atrás y conjuntamente con la Dirección General de Programación Multianual del sector público (DGPM) se estimó la utilización de una tasa de descuento del 14% anual, es decir $TD = 0.14$ ⁽¹¹⁾ para periodos de vida útil de proyectos de 10 a 20 años aproximadamente.

c) Inflación

La forma de tratar la inflación en el cálculo del costo global actualizado (CGA) es importante, ya que el procedimiento adoptado para el tratamiento de la inflación puede tener efectos decisivos en los resultados del análisis. Primero, se debe identificar cuidadosamente la diferencia entre dos tipos de cambios en los precios: inflación general y cambios de precios relativos.

El primero puede ser definido como un incremento en el nivel general de precios en toda la economía. Cambios relativos de precio significan diferencias entre la tendencia de precios de los bienes y servicios analizados y la general.

Las distorsiones causadas por la inflación general pueden ser neutralizadas por dos caminos. Uno es usar la tasa nominal de interés para descontar, mientras

⁽¹¹⁾ Dirección General de Programación Multianual DGPM (2002); “Normas del Sistema de Inversión Pública: Anexo SNIP-09, Parámetros de Evaluación”, Ministerio de Economía y Finanzas. Lima. Perú.

que los costos en el proyecto se calculan con inflación. El otro, es ajustar la tasa de interés nominal para la inflación, descontando con el componente real de la tasa únicamente, mientras se mide el flujo de costos en términos de dinero constante.

d) Periodo de Diseño Estructural (n)

Es el lapso durante el cual la estructura que se diseña deberá funcionar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferentes a la de un mantenimiento rutinario; normalmente entre 3 y 5 años. ⁽¹²⁾ (Para mayor información revisar Contratos de Préstamo N° 1328-OC-PE-BID y N° 4614-PE-BIRF).

e) Periodo de Análisis Económico (m)

Es el lapso en el cual se analizan los costos asociados a la operación de la vía. Generalmente este periodo es más amplio que el periodo de diseño e involucra uno o varios mantenimientos periódicos de la estructura que implican dos o más ciclos de vida del pavimento.

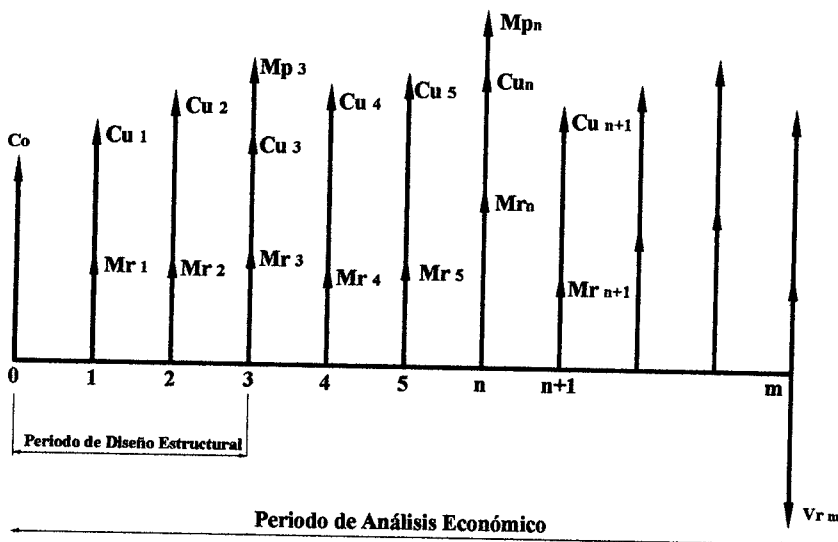


Figura 7.01: Costos asociados a la operación de un camino rural durante el periodo de análisis económico

⁽¹²⁾ El método que usualmente se emplea para el diseño del espesor del refuerzo de la subrasante es el establecido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano (USACE), el cual se basa en ecuaciones que permiten determinar el espesor del material requerido sobre una capa superior que sea mayor que el de la capa de subrasante existente inferior. Mayores alcances se puede consultar el numeral 5.8 Diseño del espesor de la subrasante, de la investigación.

Para evitar la falta de certezas asociadas con la predicción de tasas futuras de inflación y a la vista de los resultados semejantes alcanzados con cualquier método, surgió el uso de una Tasa de Descuento que representa el costo real del capital mientras se calcula el Costo Global Actualizado en términos de dinero constante. Como este procedimiento elimina la necesidad de especular acerca de la inflación, es el método de mayor aceptación y es el recomendado por el MEF.

La elección final de la tasa de descuento, interés o inflación y el método de interpretación se dejan en manos del ingeniero encargado de tomar las decisiones respecto del tipo de pavimento más conveniente.

7.5.1 El Costo Global Actualizado (CGA)

El costo global actualizado como criterio de comparación económica de las alternativas de trabajo, es la suma en valor presente o actual, de los costos asociados a la operación de un camino rural.

Habría que decir, que esta comparación va de acuerdo a la estrategia de conservación del camino, que se definió como el conjunto de actividades de conservación (rutinaria, periódica y/o de rehabilitación) localizadas en el tiempo a lo largo del período de análisis económico para garantizar permanentemente un nivel de serviciabilidad satisfactorio a los usuarios de la carretera.

Los costos involucrados en la operación de un camino son:

- Costos de inversión o construcción.
- Costo de mantenimiento rutinario.
- Costo de mantenimiento periódico.
- Costos de los usuarios.
- Valor residual de la estructura, (con signo negativo, ya que se considera que es un monto que se recupera al final del periodo de análisis económico).

La expresión general del costo global de una alternativa es la siguiente:

$$CGA = C_0 + C_1 + C_2 - V_r + C_3 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

CGA = Es el Costo Global Actualizado de la alternativa.

C₀ = Es el costo actualizado de la construcción o inversión en el camino (en soles al año cero o año de análisis).

C₁ = Es la sumatoria de los costos anuales de la conservación rutinaria durante el período de análisis, actualizados al año cero, expresado en S/. / año.

C₂ = Es la sumatoria de los costos mantenimiento periódico en los años previstos para su ejecución, debidamente actualizados al año cero, expresado en S/. / año.

C₃ = Es la sumatoria de los costos de los usuarios en la operación del camino.

V_r = Es el valor residual de la estructura, actualizado al año cero.

La expresión (1) presentada como fórmula matemática para determinar el Costo Global Actualizado (CGA) de una alternativa estructural para el camino es la siguiente:

$$CGA = \left[C_0 + \sum_{i=1}^m \frac{Mr_i}{(1+TD)^i} + \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m} \right] + \left[\sum_{i=1}^m \frac{Cu_i}{(1+TD)^i} \right] \dots\dots(2)$$

Donde:

CGA: Costo Global Actualizado de la alternativa considerada.

Co, Mr, Mp, Vr, Cu: Son parámetros ya descritos.

TD: Tasa de Descuento expresada en tanto por uno.

n: Último año del periodo de diseño estructural.

m. Último año del periodo de análisis económico.

La alternativa más económica será aquella que presente el “menor” Costo Global Actualizado. ⁽¹³⁾

Además se cumple lo siguiente para el término C2 correspondiente a los costos del mantenimiento periódico (Mp) en la evaluación del CGA:

$$\text{Si } nj \leq m \rightarrow \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} \text{ es válida}$$

$$\text{Si } nj > m \rightarrow \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} = 0$$

Para la evaluación que se va a desarrollar, no se va a tener en cuenta el parámetro C3 equivalente a la sumatoria de los costos de los usuarios en la operación del camino, por las razones siguientes:

i. Por las características constructivas de la carretera

El Programa de Provías Rural, no tiene dentro de sus funciones la construcción de nuevos caminos rurales, pero si tiene a su cargo la rehabilitación de los caminos existentes, con ello se quiere decir que los aspectos concernientes al diseño geométrico de la vía (sea longitud de la carretera, pendientes, curvas horizontales y verticales, etc.) no son tocados en amplitud, simplemente son mejorados o muchas veces obviados por factores presupuestarios, por lo que al incidir en una mejora de estos parámetros; implicaría una reducción de los costos operativos en cualquiera de los casos de análisis y por consiguiente un ahorro en el tiempo de viaje; y como no se realiza ello, sería un costo recurrente en nuestras alternativas de evaluación.

ii. Por las características de la condición del camino (estado de la vía)

Con lo descrito en el ítem 6.3 y en los Cuadros N° 6.02 y 6.03, se sabe que el IRI depende directamente de la calidad de los materiales que se vayan a colocar para la estructura del pavimento, así como de la pendiente y la curvatura que

⁽¹³⁾ MONTEJO FONSECA Alfonso (2002), “Ingeniería de pavimentos para Carreteras”, Universidad Católica de Colombia, págs. 189-194. 2da. edición.

influyen en el mayor desgaste de los frenos y como esto no variará, entonces permanecerá constante, por lo que es muy posible que los valores de IRI para las alternativas de estabilización sean muy similares y si además si se lo compara con la alternativa tradicional de rehabilitación, es probable que se encuentren en un mismo rango de rugosidad, de tal manera que ello influye de forma similar en los casos de análisis, y sería un beneficio constante en los costos de los usuarios para la evaluación.

La Figura 7.02 expresa mejor la distribución de los flujos económicos para la situación de análisis:

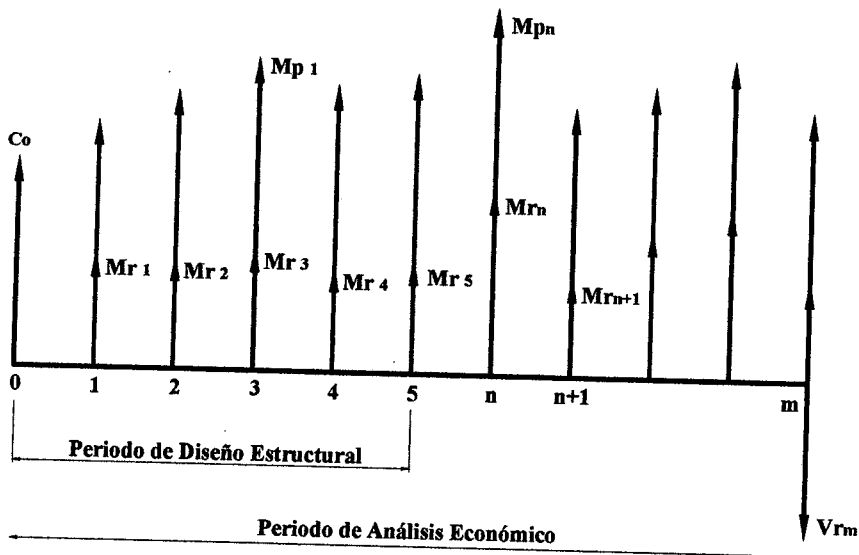


Figura 7.02: Flujo de costos asociados al modelo de evaluación del camino rural en estudio

Por ende; las expresiones (1) y (2) quedan definidas de la forma siguiente:

$$CGA = C_0 + C_1 + C_2 - V_r \dots (3)$$

$$CGA = \left[C_0 + \sum_{i=1}^m \frac{Mr_i}{(1+TD)^i} + \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m} \right] \dots (4)$$

7.5.2 Alternativas de evaluación económica

Se van a estudiar tres alternativas de evaluación económica con las características siguientes:

1ra. Alternativa: Ejecución de trabajos de rehabilitación del camino rural con la posterior aplicación de estrategias de conservación.

2da. Alternativa: Ejecución de actividades de estabilización de suelos con el aditivo líquido Permazyme 22x y la posterior aplicación de estrategias de conservación.

3ra. Alternativa: Ejecución de actividades de estabilización de suelos con el aditivo líquido Probase TX-55 y la posterior aplicación de estrategias de conservación.

Para las tres alternativas a evaluar tendrán los siguientes parámetros generales en común:

- | | |
|---|---------|
| • Longitud del camino (Km): | 39.56 |
| • Periodo de Diseño de la Estructura (n): | 3 años |
| • Periodo de Análisis Económico (m): | 10 años |
| • Tasa de Descuento (TD): | 14% |

Para las alternativas propuestas, existen ciertas apreciaciones particulares que se debe mencionar:

Para la 1ra. Alternativa:

- El costo de inversión (C_0) se presenta en el Cuadro N° 7.03.
- Como ya se mencionó en el ítem 7.3.1, la ejecución del mantenimiento rutinario es mensual, pero para el análisis económico se tomará el valor del monto "anual", que es el resultado de multiplicar la longitud total del camino por el costo por kilómetro del mantenimiento rutinario.
- El costo del mantenimiento periódico es el resultado de multiplicar la longitud total del camino por el costo por kilómetro del mantenimiento periódico.

- El porcentaje del valor residual tomado en cuenta es del 60% del costo de inversión.

Para la 2da. Alternativa:

- El costo de inversión (C_o) se presenta en el Cuadro N° 7.05.
- Para el costo del mantenimiento rutinario, se tiene que tener en cuenta lo siguiente:
 - ◆ Al tener una superficie de rodadura estabilizada, los trabajos en la conservación de la calzada específicamente en la partida "Bacheo", van a verse afectados tanto en su carga de trabajo como en los precios unitarios.
 - ◆ Para la carga de trabajo, se estima que las actividades de bacheo se reducirán en un 50 a 60%; siendo éste aún un valor conservador, puesto que para tener una aproximación más real, se deberán tener indicativos de campo, es decir; salir a hacer mediciones de las cantidades y las frecuencias con que se desarrollan estas tareas de manera diaria y mensual; así como ensayos de suelos en campo para afinar nuestra incidencia en el trabajo. Por lo tanto, se seleccionó que la carga de trabajo para la partida de bacheo, se vería afectada en un 60% en el análisis.
 - ◆ Para los precios unitarios, es necesario considerar dentro del análisis, la utilización del líquido estabilizador, ya que sin él la ejecución del bacheo sería incorrecta y por otro lado, el material de suelo a colocar contaminaría la superficie que aún se encuentra en buen estado y con el estabilizador.
 - ◆ Las otras actividades del mantenimiento rutinario se mantienen inalterables.
- Las tarifas de mantenimiento rutinario utilizando el estabilizador Permazyme 22x se presenta en el Anexo P y como resumen en el Cuadro N° 7.08.
- El costo promedio del mantenimiento rutinario con éste estabilizador es de US (\$) 825.00/(Km-año) o su equivalente de S/. 2,910.00/(Km-año).

- Para el periodo de ejecución del mantenimiento periódico, se está considerando que éste se ejecutará en el "año 5" de vida del camino, puesto que al haberse afectado por un proceso de estabilización lo cual mejora la calidad de transitabilidad de la vía, hace que sea muy probable que este trabajo se retrase en el tiempo. Con mayor precisión, se sugiere contar con información de campo o indicadores de evaluación del estado situacional del camino.

Cuadro N° 7.08

Resumen de costos de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio para un camino estabilizado con el aditivo Permazyme 22x

US (\$)/Km - año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	598.14	645.37	767.85	867.10	1,051.91	1,229.42
SELVA (*)	538.46	583.76	701.57	797.95	974.33	1,147.08
S/. / Km - año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	2,111.43	2,278.16	2,710.52	3,060.87	3,713.24	4,339.86
SELVA (*)	1,900.77	2,060.67	2,476.54	2,816.76	3,439.38	4,049.20

Fuente: Elaboración propia.

(*) Las tarifas en la selva no consideran el IGV, el tipo de cambio utilizado el 1 US (\$) = S/. 3.53 al 2005.

- Para el costo de mantenimiento periódico, se puede estimar que los costos han de ser algo superiores que los descritos anteriormente, por la utilización del estabilizador líquido, estos costos pueden fluctuar entre los 3,800 y 4,000 US (\$)/Km o su equivalente de S/. 13,700 por kilómetro.
- Para el porcentaje del valor residual, es complejo su determinación puesto que no se cuenta con mayor información de este parámetro para vías estabilizadas, por lo que para el caso de análisis se tomará un valor del 65% del costo de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

American Concrete Institute ACI-PERU (2000) "Norma de Construcciones en Concreto Estructural y Comentarios ACI 318 - 99" II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción. 1ra. Edición. Lima. Perú.

BAESSO Dalcio Pickler, R. GONÇALVES, Fernando Luiz (2003) "CAMINOS RURALES Técnicas Adecuadas de Mantenimiento" Gobierno de Santa Catarina-Banco Mundial. 1ra. Edición. Florianópolis. Brasil.

Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2004), "Perú Compendio Estadístico 2003" 1ra. Edición. Editorial FIRMAT SA. Lima. Perú.

JUÁREZ BADILLO E., RICO RODRÍGUEZ A. (1986) "Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos / Tomo I" D.F. México. México.

MONTEJO FONSECA Alfonso (2002) "Ingeniería de pavimentos para Carreteras" Universidad Católica de Colombia. 2da. Edición. Bogotá. Colombia.

MOYA C. Rufino, SARAVIA A. Gregorio (1998) "Probabilidad e Inferencia Estadística" Editorial San Marcos. 2da. Edición. Lima. Perú.

SCHLISSLER Andreas, BULL Alberto (1994) "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales" Unidad de Transporte de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) - GTZ. 1ra. Edición. Santiago. Chile.

TSCHEBOTARIOFF Gregory P. (1971) "Mecánica de suelo: Cimientos y estructuras de tierra" Editorial Aguilar. Madrid. España.

TESIS:

PUENTE CAMPOS, Rolando Arturo (1999) "Estabilización de Suelos para Carreteras". Curso de titulación. Título de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.

YTURRY GÁRNICA Alex Mauricio (1999) "Investigación de Aditivos Estabilizadores de suelos para construcción de carreteras". Informe de suficiencia. Título de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.

Para la 3ra. Alternativa:

- El costo de inversión (Co) se presenta en el Cuadro N° 7.06.
- Para el costo del mantenimiento rutinario, de la misma forma que para la alternativa 2, se tiene que tener en que forma afecta el aditivo estabilizador a la carga de trabajo y a los precios unitarios.
 - ◆ Con el mismo criterio descrito anteriormente, para la carga de trabajo, se estima que las actividades de bacheo se reducirán en un 50 a 60%. Por lo tanto se seleccionó que la carga de trabajo para la partida de bacheo se vería afectada en un 60% en el análisis.
 - ◆ Dentro de los análisis de precios unitarios, es necesario considerar la utilización del líquido estabilizador.
 - ◆ Las otras actividades del mantenimiento rutinario se mantienen inalterables.
- Las tarifas de mantenimiento rutinario utilizando el estabilizador Probase TX-55 se presenta en el Anexo P y como resumen en el Cuadro N° 7.09.
- El costo promedio del mantenimiento rutinario con éste estabilizador es de US (\$) 705.00/(Km-año) o su equivalente de S/. 2,490.00/(Km-año).

Cuadro N° 7.09

Resumen de costos de mantenimiento rutinario por tipo de camino y nivel de servicio para un camino estabilizado con el aditivo Probase TX-55

US (\$)/Km – año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	489.48	530.31	646.41	732.90	904.89	1,063.22
SELVA (*)	446.84	486.77	599.18	684.78	850.34	1,007.02
S/. / Km - año						
Región	I B	I A	II B	II A	III B	III A
SIERRA	1,727.87	1,872.00	2,281.83	2,587.15	3,194.26	3,753.17
SELVA (*)	1,577.35	1,718.29	2,115.12	2,417.28	3,001.71	3,554.79

Fuente: Elaboración propia.

(*) Las tarifas en la selva no consideran el IGV, el tipo de cambio utilizado el 1 US (\$) = S/. 3.53 al 2005.

- Para el periodo de ejecución del mantenimiento periódico, se considera de igual forma que la alternativa 2, que éste se ejecutará en el “año 5” de vida del camino.
- Para el costo de mantenimiento periódico, se puede estimar que los costos por la utilización del estabilizador líquido Probase TX-55 pueden fluctuar entre los 3,300 y 3,500 US (\$)/Km o su equivalente de S/. 12,000 por kilómetro.
- De la misma forma para el porcentaje del valor residual, no se cuenta con mayor información de este parámetro para vías estabilizadas y más aún con este producto que no se ha aplicado ampliamente en el medio local, por lo que para el caso de análisis se tomará un valor conservador del 65% del costo de inversión.

A continuación se presenta el Cuadro N° 7.10 como un resumen de la información de las alternativas para la evaluación económica a tener en cuenta. Por otro lado en el Anexo Q detalla el cálculo del Costo Global Actualizado CGA para cada una de las alternativas de análisis.

Cuadro N° 7.10
Información de las alternativas para la evaluación económica

Parámetros	Alternativa 1 (rehabilitación)	Alternativa 2 (Permazyme 22x)	Alternativa 3 (Probase TX-55)
Costo de la inversión (S/.)	1,542,453.28	2,623,048.73	2,322,134.97
Periodo de ejecución del Mant. Rutinario (años)	10	10	10
Costo del Mantenimiento Rutinario (S/./año) (*)	109,976.80	115,119.60	98,504.40
Periodo de ejecución del Mant. Periódico (años)	3	5	5
Costo del Mantenimiento Periódico (S/.)	407,468.00	541,972.00	474,720.00
Valor residual de la estructura, expresado en porcentaje del Costo de Inversión (%)	60%	65%	65%
Valor residual de la estructura expresado en (S/.)	925,471.97	1,704,981.67	1,509,387.73
Costo Global Actualizado CGA (S/.)	2,452,505.97	3,191,294.49	2,803,404.79
Ahorro de costos de la alternativa 1 vs. 2 y 3 en (S/.)	--	738,788.52	350,898.82
Ahorro de costos en porcentaje de la alternativa 1 con respecto a 2 y 3 en (%)	--	30.12 (%)	14.31 (%)

Fuente: Elaboración propia.

De los cálculos desarrollados y del Cuadro N° 7.10 se concluye que la alternativa 1 es la más económica pues presenta un menor valor de Costo Global Actualizado (CGA) con respecto a los otros dos casos de análisis. La alternativa 2 es un 30.12% más costosa con respecto a la primera, y la alternativa 3 es un 14.31% más cara en comparación con la alternativa 1.

En el Cuadro N° 7.11, se presenta un análisis de las incidencias de los componentes del Costo Global Actualizado.⁽¹⁴⁾ Se ha obviado el monto del valor residual, por presentar signo negativo.

⁽¹⁴⁾ Los valores presentados de mantenimiento rutinario (Mr), mantenimiento periódico (Mp) y valor residual (Vr) son los montos finales del análisis económico y que ya han sido afectados con la tasa de descuento (TD). Para mayor detalle, revisar el Anexo Q del trabajo.

Cuadro N° 7.11
Incidencia de los componentes del Costo Global Actualizado (CGA)

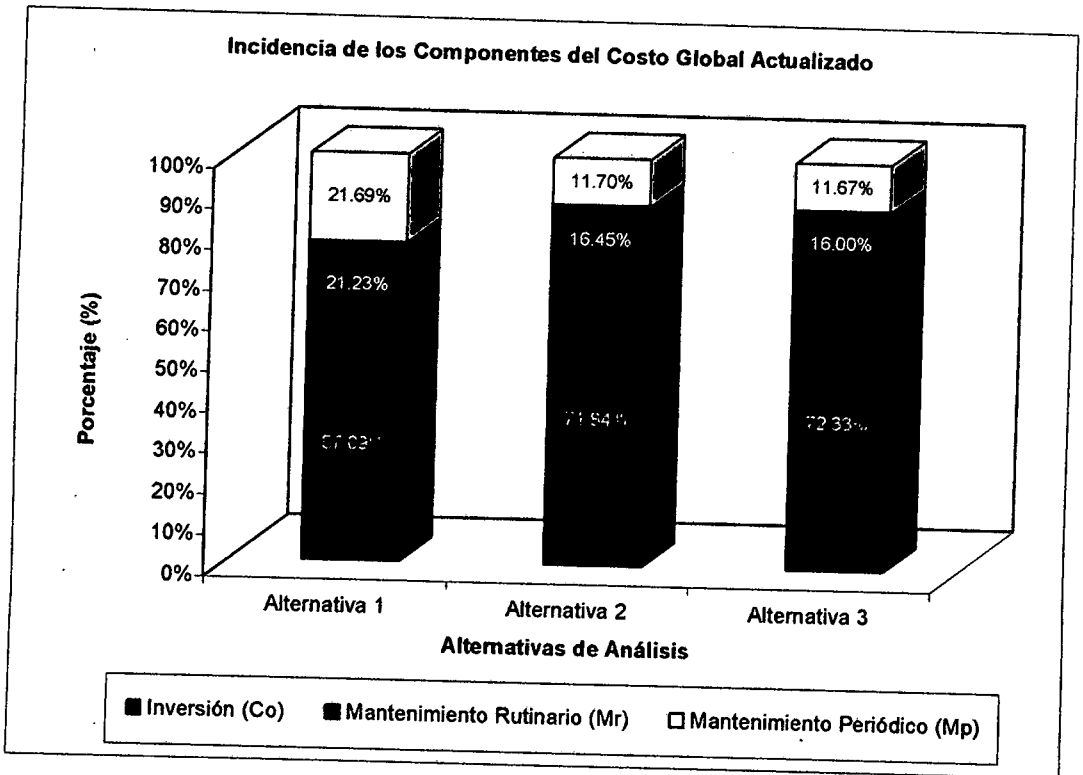
	Alternativa 1 (Rehabilitación)		Alternativa 2 (Permazyme 22x)		Alternativa 3 (Probase TX-55)	
Co	1,542,543.28	57.09%	2,623,048.73	71.84%	2,322,134.97	72.33%
Mr	573,651.71	21.23%	600,477.15	16.45%	513,810.34	16.00%
Mp	585,965.88	21.69%	427,676.87	11.71%	374,607.47	11.67%
	2,702,160.87	100.00%	3,651,202.74	100.00%	3,210,552.79	100.00%
Vr	-249,654.90		-459,908.25		-407,148.00	
Total	2,452,505.97		3,191,294.49		2,803,404.79	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar esta comparación más claramente en el Gráfico 7.01; donde el costo de inversión de las alternativas 2 y 3 son un 15% superiores con respecto a la alternativa 1, también se puede decir que los desembolsos de mantenimiento rutinario de las alternativas 2 y 3 están un 5% por debajo de la alternativa 1, lo mismo que para el mantenimiento periódico, éstos se ubican en un rango aproximado del 10% por debajo de la alternativa 1.⁽¹⁵⁾

⁽¹⁵⁾ Hay que hacer la observación que lo descrito, es en función a una comparación porcentual de los gastos totales que implican cada una de estas actividades en el transcurso del periodo de análisis económico, ya que si por ejemplo se compara los costos de Mp de las alternativas 2 y 3 con respecto al de la alternativa 1, estos resultan siendo sustancialmente menores.

Gráfico 7.01
Incidencia de los componentes del Costo Global Actualizado (CGA)



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO N° 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

8.1.1 Conclusión general

Las carreteras no pavimentadas en el país tienen que optar por nuevas alternativas de rehabilitación y de conservación vial para que puedan ser agentes impulsores de economías, principalmente las de carácter rural. Un medio que está dentro de sus posibilidades es la estabilización de suelos, puesto que se ha tratado de demostrar que es una técnica ingenieril que impulsa el mejoramiento de la superficie de rodadura, a través del uso de productos químicos estabilizadores, los cuales retardan en cierta forma el deterioro de la estructura del pavimento (en el presente estudio a nivel de la subrasante); lo que implica que el tiempo de vida útil del camino aumente y que disminuya la cantidad de intervenciones durante un periodo determinado, además genera menores cargas de trabajo para las actividades de mantenimiento rutinario, también que se obtenga un mayor valor residual del pavimento al final del periodo de análisis económico en comparación con las acciones tradicionales de rehabilitación de carreteras, potencia el aumento del tránsito local en la zona que a su vez diversifica la economía local; y ayuda a la preservación del entorno ya que no se desarrolla la explotación de bancos de préstamo de materiales.

En el caso de los caminos no pavimentados de Huánuco, particularmente el de la carretera San Rafael–Corralcancha, se observa que al trabajar con los aditivos estabilizadores de suelos seleccionados para la investigación (Permazyme 22x y Probase TX–55), no constituyen alternativas de solución viables, ya que los resultados en la mejora de la capacidad de soporte de carga, no han sido los esperados, principalmente por las características de suelo encontradas en el sitio y estudiadas en el laboratorio.

8.1.2 Conclusiones específicas

- a) Se ha descrito los principios físico-químicos de los suelos arcillosos y arenosos. Los suelos arcillosos porque según las especificaciones técnicas de los productos, se sugiere que los suelos a ser tratados presenten un porcentaje de material fino mínimo entre el 12 al 30% para que la reacción química se logre y los suelos arenosos porque al desarrollar el ensayo de granulometría los resultados obtenidos muestran la presencia de arenas en su mayor parte.

Se ha presentado pautas en la composición química de las partículas de suelo y el efecto del agua en sus minerales; todo ello con la finalidad de comprender el proceso químico de la estabilización de suelos, de cómo es que se generan las reacciones y de qué manera actúan los estabilizadores sobre las propiedades físicas de los suelos.

- b) Los caminos no pavimentados del Perú poseen una diversidad de materiales en la composición de su superficie de rodadura. Para nuestro caso, que son los suelos del camino rural San Rafael-Corralcancha ubicado en el departamento de Huánuco, se realizaron diez exploraciones de campo a lo largo de la longitud de la vía, con la intención de obtener las características de estos suelos de acuerdo a los ensayos a desarrollar en el laboratorio. Posteriormente se comparó los resultados obtenidos con las especificaciones técnicas de los distribuidores de los productos y se concluyó si con los suelos seleccionados, es probable que los aditivos fuesen a reaccionar de forma óptima.

Se ha desarrollado los ensayos de laboratorio de acuerdo al plan de trabajo descrito en el Capítulo 1 y presentado sus resultados en los Capítulos 3 y 4, encontrando que los suelos son básicamente arenas pobremente gradadas (SP) y arenas bien gradadas (SW), seis de ellas son No Plásticas y las cuatro restantes se ubican dentro de un intervalo entre 5 y 10 de Índice de Plasticidad, con un valor máximo de 1.5% de finos que pasan la malla N° 200.

Al comparar con las características que deben tener los agregados para la aplicación de cualquiera de los productos estabilizadores (Permazyme 22x o Probase TX-55), se observa que los suelos no reúnen las condiciones mínimas para producir el proceso de estabilización, ya que las disposiciones presentadas en los catálogos por los distribuidores son principalmente para suelos con presencia de arcillas, situación en la cual no se ha encontrado. Luego, es poco probable obtener mejoras sustanciales, por ejemplo valores mínimos de 40, en el ensayo de soporte de carga (CBR), cuando la presencia de finos es casi nula.

Con lo descrito, se concluye que los estabilizadores de suelos seleccionados, no van a ser una solución ideal para las características de suelo estudiado en el laboratorio, es decir, son técnicamente inviables su aplicación en el campo.

- c) Se ha explicado en el desarrollo del trabajo cuál es el “ciclo de vida” de los caminos, que consiste en las etapas siguientes: la de construcción, la de deterioro lento y poco visible, la de deterioro acelerado y quiebre, y finalmente con la de descomposición total de la estructura del pavimento; todo ello con el objetivo de dar a conocer cómo es el proceso de deterioro de un camino y con la misión de elaborar el esquema inteligente de conservación vial a ejecutar, formado por la opción del tiempo caracterizada por estimar el momento oportuno de intervención; y la opción del dimensionamiento basada en identificar aquellas alternativas que satisfacen los objetivos inmediatos de la intervención; sabiendo que la diferencia que existe entre ambas opciones, son el costo de ejecución de los trabajos, el tiempo que lo demanda y su durabilidad.

Ha resultado complejo establecer para la investigación, cuál es el tiempo ideal de ejecución de actividades de conservación vial, particularmente definir el momento óptimo de ejecución de las actividades de mantenimiento periódico en los caminos estabilizados, como se ha mencionado en su oportunidad. El proceso de generar las curvas de degradación de la superficie de rodadura, en función al ISA o en su defecto

con el IRI es un trabajo que demanda varios años de seguimiento continuo en la toma de datos, y si a su vez se le añade el hecho de que se cuenta con muy pocos kilómetros que se encuentren estabilizados en la red vial nacional, más aún que hayan sido trabajados con los productos de la investigación, resulta sumamente dificultoso proponer un período óptimo para la intervención en el camino, por ello se ha supuesto un valor empírico de "5 años", como aquel momento ideal para desarrollar los trabajos que se vean oportunos en la conservación de la vía.

Por otro lado, es posible que con el uso de los estabilizadores se amplíe el horizonte de vida de la superficie de rodadura y por consiguiente, la red vial no pavimentada puede estar en un mejor estado de transitabilidad y que se puedan distribuir mejor los recursos para abarcar mayor porcentaje de caminos de la red vial nacional.

- d) Se ha realizado una evaluación económica considerando a los productos estabilizadores seleccionados como posibles soluciones económicas para una carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito. Se han comparado los resultados obtenidos de una supuesta aplicación en obra de estos con los de la alternativa tradicional de rehabilitar el camino. Previamente, se ha tenido que definir las variables que van a intervenir en este proceso de análisis, así como presentar la expresión con la cual se desarrollará el ensayo, estando ésta en función de parámetros tales como los costos de inversión (C_o), los costos de infraestructura correspondientes al mantenimiento rutinario (M_r) y al mantenimiento periódico (M_p), los costos de los usuarios (C_u) y el valor residual (V_r), siendo éste último un factor complejo a determinar y para fines del trabajo, se ha asumido un valor tentativo de acuerdo a lo revisado y conversado con los especialistas viales.

La investigación muestra que el Costo Global Actualizado (CGA) en cuanto a la utilización de los estabilizadores de suelos escogidos resultan ser un 30% más caro para el caso del Permazyme 22x y de un 14% para el Probase TX-55 con respecto a la alternativa tradicional de ejecución de

trabajos de rehabilitación sin utilizar esta solución técnica propuesta, lo cual indica que económicamente no son rentables para un periodo de análisis económico determinado, pero aún así, no es determinante la conclusión de su no utilización porque todavía en las actividades de conservación se ven afectados a parámetros técnicos que no han sido estudiados en la ingeniería vial, por lo que podrían hacer que estos resultados varíen a favor de la rentabilidad y de su aceptación en el mercado.

8.2 RECOMENDACIONES

Los estabilizadores de suelos son importantes porque generan consecuencias beneficiosas del tipo socio-económicas para los habitantes ubicados alrededor de la zona de influencia del camino estabilizado, a partir del estado de conservación de la superficie del camino que le permite tener actividades que generan desarrollo en la región.

Las recomendaciones de la investigación se presentan a continuación:

- La estabilización de suelos se puede considerar como una oportunidad de desarrollo de la red vial no pavimentada del Estado, para aquellos caminos de bajo y/o mediano volumen de tránsito, siempre y cuando se desarrollen correctamente ensayos de laboratorio según la normatividad del país, se elaboren tramos de prueba in situ para que ratifique y/o rectifique el porcentaje requerido del estabilizador de manera de que su aplicación en el campo sea lo más óptima posible.
- Comprobar la durabilidad de los diseños de la estabilización de suelos, mediante ensayos in situ y en el laboratorio revisando si estos han sido los correctos y si a su vez en el tiempo se han venido comportando según lo esperado.
- Es recomendable seguir estrictamente las normas de ensayos de suelos durante la realización de las pruebas de laboratorio o de campo, puesto

- que un error en realizar dichos ensayos, nos lleva a obtener valores que no pertenecen a las características del tipo de suelo ensayado.
- Es necesario tener en cuenta que aquellos valores considerados como atípicos en un ensayo de capacidad de soporte de suelos CBR, deben analizarse con cuidado ya que pueden deberse a características propias del suelo que alteran resultados generales, pudiendo calificarse como incorrectos cuando simplemente se tratan de suelos que no están dentro de los rangos habituales del ensayo.
 - Para obtener los valores del Módulo Resiliente en base al CBR utilizando ecuaciones de correlación cuando no es posible efectuar el ensayo de (Mr), debe tomarse con sumo cuidado, puesto que el valor obtenido es muy sensible a las condiciones propias de la zona y los factores in-situ a los cuales el suelo estará sometido durante su vida en servicio.
 - Desde el punto de vista del proceso constructivo, se debe garantizar el correcto escurrimiento de las aguas superficiales, para evitar posibles daños a la estructura propuesta y a la superficie de rodadura del camino, ya que el agua es uno de los enemigos más severos de todo tipo de pavimento.
 - Es importante incentivar la investigación en el país para incorporar procedimientos y desarrollo de tecnología propia que se adapte mejor a las propias condiciones geográficas. Este esfuerzo debe ser común entre las entidades vinculadas al sector transporte y el medio académico, para que colaboren mutuamente con el objeto de lograr un avance tecnológico significativo en el estudio geotécnico de los caminos.
 - Una vez aplicado los productos estabilizadores en la superficie de rodadura, se pueden desarrollar estudios medio ambientales concernientes a la eficiencia en la reducción de partículas en suspensión o mejor dicho la reducción de polvo, ya que es entendido que inicialmente los productos estabilizadores muestran una eficacia elevada inmediatamente después de

- su aplicación pero los resultados pueden divergir al ser comparados más tarde en el tiempo (resultados al mes, a los 3, 6 y 12 meses de aplicación en campo).
- Hay que tener presente que para que un camino sea duradero, eficiente en su costo y con impactos ambientales reducidos al mínimo, requiere una combinación de normas apropiadas de diseño y de un mantenimiento adecuado necesario con el fin de preservar la inversión realizada; y de que sea parte de un diseño óptimo y de costo moderado, esto podría aumentar el costo de la rehabilitación, pero probablemente reducirá los costos de mantenimiento rutinario y periódico, así como también reduciría los impactos ambientales adversos, a largo del tiempo.
 - Es necesario también implementar una política de control de cargas y de presión de inflado de las llantas por parte de la agencia vial responsable, en este caso el MTC, con la finalidad de validar los supuestos propuestos del proyecto, y si estos sobrepasan los valores dispuestos en el estudio, proponer las estrategias de conservación vial a tener en cuenta para el proceso de deterioro del pavimento que este caso se vería acelerado en el tiempo.
 - Es conveniente evaluar los costos de estabilizar un tramo del camino frente a los costos de transportar materiales de cantera teniendo la posibilidad tanto de variar el producto estabilizador a utilizar siempre y cuando se reemplace por otro que de igual forma vaya a cumplir los objetivos propuestos; así como el de variar la cantera de préstamo de materiales ya que la ubicación de la misma es un factor incidente en la elaboración de la propuesta técnica de un proyecto.
 - La cifra del valor residual tanto para caminos rehabilitados como para aquellos caminos que vayan o han sido estabilizados, es un valor empírico. Se sugiere desarrollar un plan de seguimiento de corto y mediano plazo mediante alguna metodología propuesta y de toma de datos, para que dicho valor sea lo más real posible.

- Se puede generar indicadores de impacto económico-vial de manera de poder saber en que estado esta nuestro camino económicamente hablando, de tal manera de averiguar si los supuestos de los estudios, se vienen cumpliendo como resultados. Otra forma de describirlo también es desarrollando estudios ex-post que validan los supuestos del proyecto.
- Se sugiere que las agencias viales elaboren políticas para el control de la erosión de los caminos, para considerarlas como ítems de pagos en ofertas y especificaciones para concursos.

Se puede mencionar los estudios complementarios siguientes a manera de pendientes a tener en cuenta en futuras investigaciones:

- Con los mismos productos estabilizadores, es conveniente desarrollar ensayos adicionales de laboratorio para tener una visión de los estabilizadores más amplia, pudiendo ser estos ensayos tales como de resistencia a la compresión no confinada (en estado seco y húmedo), CBR parcialmente saturado y sin saturar, pH entre otros.
- Desarrollar una caracterización según la composición química de los productos estabilizadores, para tener un mayor conocimiento de su comportamiento al nivel de la partícula.
- Realizar investigaciones con los mismos productos y con otros tipos de suelos sean estos granulares o arcillosos que no han sido utilizados para el trabajo, y determinar cuál es su comportamiento ante tales características.
- Determinar los rangos más altos y bajos de la proporción de dilución y aplicación del producto químico, definida como el DMR y el AMR, inclusive se puede ampliar ello para cada clasificación de suelo (sea granular, arenoso u arcilloso), siempre y cuando los aditivos puedan reaccionar con estos tipos de suelos.

- Realizar investigaciones para hallar las características de la escorrentía y de la retención de sedimentos bajo condiciones simuladas de lluvia, con la finalidad de comparar, por ejemplo, un suceso de lluvia de "n" años en un suelo tratado con estabilizadores versus un suelo no tratado, y así obtener cuál es la *pérdida* y la *escorrentía* acumulada de sedimento para suelos tratados con estabilizadores y para suelos no tratados.

- Desarrollar un Modelo de Evaluación Económica de Caminos utilizando el programa RED, elaborado por el "Sub-Saharan Africa Transport Policy Program" (SSATP), donde se puede realizar una evaluación económica de las inversiones en el camino y de las alternativas de mantenimiento adaptándolo a las características de los caminos no pavimentados como son: a) la incertidumbre en la estimación del tránsito, la condición del camino, y del mantenimiento futuro; b) periodos en el año con transitabilidad alterada; c) niveles de servicio y los correspondientes costos de los usuarios del camino definidos no solamente a través de la rugosidad; d) capacidad de influenciar el desarrollo económico; y e) otros beneficiarios aparte de los usuarios motorizados del camino.

INVESTIGACIONES – PUBLICACIONES DIGITALES (Pdf):

Alcaldía mayor de Bogotá (2005) *“Guía para el diseño y construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizados mediante procesos químicos”* Bogotá. Colombia.

Estabilizador de Suelos CON-AID (2004) *“La estabilización iónica de suelos y su aplicación en los caminos rurales”* Tecnología de los Materiales TDM. Lima. Perú.

Gerencia de Programación y Presupuesto GPP (2004) *“Inversiones en el departamento de Huánuco”* Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural-Prevías Rural. Págs 3 – 7. Lima. Perú.

VÁSQUEZ LÓPEZ David, CHANG ALBITRES Carlos (2004) *“Análisis Comparativo con fines de diseño, entre la relación del Soporte de California CBR y la clasificación de suelos (AASHTO y SUCS)”* XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Pág 9. Lima. Perú.

CAPRISTÁN Rafael (2003) *“El SNIP: Instrumento para Mejorar la calidad del Gasto Público en el Perú”* Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

LUNA José (2003) *“Pre-inversión de Proyectos Viales: La Formulación”* Curso de Formulación y Evaluación de Proyectos Viales. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

RAUCH Alan F., KATZ Lynn E., LILJESTRAND Howard M. (2003), *“An Analysis of the Mechanisms and Efficacy of Three Liquid Chemical Soil Stabilizers – Volume 1”* U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration (FHWA) – Center for Transportation Research, Bureau of Engineering Research, Universidad de Texas. Austin. Texas. USA.

Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Desarrollo (2003) *“Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, Tomo XIII: Manual de Conservación de Obras Viales”* Dirección General de Ordenación del Territorio. México.

TOWNSEND PINTO Edgardo (2003) *“Estabilización de suelos mediante el uso de Sales en Base a Cloruros”* Seminario Internacional: Mejoramiento de Caminos No Pavimentados mediante Soluciones Básicas. Dirección Nacional de Vialidad. Santiago. Chile.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2002) "Publicación técnica N° 201: Estabilización de suelos con cloruro de sodio para uso en las vías terrestres" Instituto mexicano de transportes. Págs 12 - 15. Queretaro. México.

Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales (2001) "Boletín de Análisis Demográfico N° 35, Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población 1950 - 2050" Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. Págs 34 - 36. Lima. Perú.

CHANG CHANG, Luis (2000) "Compactación" Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID - UNI. Pág 37. Lima. Perú

CHANG CHANG, Luis (2000) "CBR" Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID - UNI. Pág 43. Lima. Perú.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA (2000) "Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras Tomo III: b) Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales" Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica COMITRAN. Págs 43 - 47. Guatemala. Guatemala.

CD:

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF (2005) "Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito" Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGCF (2004) "Manual de ensayo de materiales para carreteras (EM-2000)" Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002) "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

1er. Congreso Nacional de Obras de Infraestructura Vial: CARRETERAS Y PUENTES (2002) "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)" Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. Lima. Perú.

ESTUDIOS:

INGUNZA MONTEJO Víctor (2002) *"Estudio de Rehabilitación del Camino Rural San Rafael-Corralcancha"* Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural-Provías Rural. Lima. Perú.

ESCUADERO MEZA Julio (2001) *"Estudio de Fortalecimiento de la Gestión del Mantenimiento de los Caminos Rurales, Volumen III, Sección I: Tarifas Diferenciadas"* Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural-Provías Rural. Lima. Perú.

PUBLICACIONES - OTROS:

Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural-Provías Rural (2004) *"Términos de referencia de ingeniería y medio ambiente para la contratación de servicios de consultoría para la elaboración de los estudios de rehabilitación de caminos vecinales"* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

Dirección General de Programación Multianual del Sector Público DGPM (2003) *"Guía General de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública a nivel de Perfil"* Ministerio de Economía y Finanzas. Lima. Perú.

Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras SINMAC (2000) *"Plan de mantenimiento de la Red Vial Nacional 2000-2009: Anexo N° 01"* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. Perú.

COINSA S.A. (1997) *PERMA-ZYME 22X "Hacia un futuro mejor-ESTABILIZADOR DE SUELOS"* 2da. Edición. Compañía Industrial San Andrés S.A. Lima. Perú.

Información técnica del estabilizador Probase TX-55.

ANEXOS

- Anexo A: Huánuco (Mapa Vial) – Provías Rural
- Anexo B: Registro de Excavaciones
- Anexo C: Plano Clave
- Anexo D: Resultados de ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico
(MTC E-110 y MTC E-111 / ASTM D-4318)
- Anexo E: Resultados de ensayos de Granulometría
(MTC E-107 / ASTM D-422)
- Anexo F: Resultados de ensayos de Proctor Modificado
(MTC E-115 / ASTM D-1557)
- Anexo G: Resultados de ensayos de CBR del suelo en estado natural
(MTC E-132 / ASTM D-1883)
- Anexo H: Resultados de ensayos de Análisis físico-químico de sales solubles
totales (MTC E-219)
- Anexo I: Norma Técnica de Estabilizadores (MTC E-1109)
- Anexo J: Resultados de ensayos de CBR del suelo patrón + Permazyme 22x
(MTC E-132 / ASTM D-1883)
- Anexo K: Resultados de ensayos de CBR del suelo patrón + Probase TX-55
(MTC E-132 / ASTM D-1883)
- Anexo L: Gráficas N° 4.01 al N° 4.10
- Anexo M: Gráficas N° 4.11 al N° 4.14
- Anexo N: Metrados de la subrasante
- Anexo O: Análisis de Precios Unitarios para las actividades de estabilización de
suelos
- Anexo P: Análisis de las tarifas de mantenimiento rutinario (Km/año) para las
regiones de la sierra y la selva con y sin estabilizadores de suelos
- Anexo Q: Análisis de las alternativas de la evaluación económica
-

ANEXO A
Huánuco (Mapa Vial) – Provías Rural


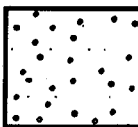
ANEXO B
Registro de Excavaciones

REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 1

FECHA: 25/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.50 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SP	ARENA MAL GRADADA, NO PLASTICA, DE COLOR ROJIZO CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.24% CON RESTOS DE RAICES SECAS


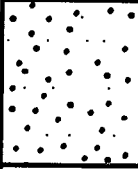


REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 2

FECHA: 25/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.70 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SP	ARENA MAL GRADADA, NO PLASTICA, DE COLOR MARRÓN ROJIZO, CON UN CONTENIDO DE ARCILLAS DE 0.89%, CON RESTOS DE RAÍCES SECAS, CON PARTÍCULAS ANGULOSAS DELEZNABLES



REGISTRO DE EXCAVACIONES

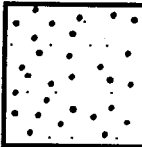
PROYECTO: Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

CALICATA: CALICATA N° 3

FECHA: 25/11/2004

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.60 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00		<p>SP</p>	<p>ARENA MAL GRADADA, NO PLÁSTICA, DE COLOR MARRÓN CLARO, CON UN CONTENIDO DE FINOS DE 1.34% CON POCAS PIEDRAS</p>
0.50			
1.00			
1.50			


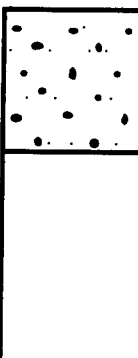


REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 4

FECHA: 25/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.60 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SW	ARENA BIEN GRADADA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR ROJIZO, CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.45%, CON PARTÍCULAS ANGULOSAS MEDIANAMENTE GRANDES Y RESTOS DE RAÍCES SECAS


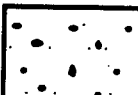


REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 5

FECHA: 25/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.40 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SW	ARENA BIEN GRADADA, NO PLÁSTICA, DE COLOR MARRÓN ROJIZO, CON UN CONTENIDO DE 0.65% DE MATERIAL FINO

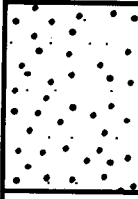


REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 6

FECHA: 26/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.80 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00		SP	ARENA MAL GRADADA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR BEIGE PLOMIZO, CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.58% CON PARTÍCULAS GRUESAS DE MEDIANO Y PEQUEÑO TAMAÑO
0.50			
1.00			
1.50			


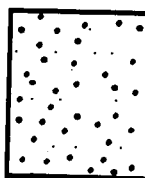


REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 7

FECHA: 26/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.75 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SP	ARENA MAL GRADADA, NO PLÁSTICA, DE COLOR BEIGE PLOMIZO, CON UN CONTENIDO DE FINOS DE 0.18% CON PARTÍCULAS MEDIANAS GRUESAS SEMIRREDONDEADAS, EL SUELO ESTABA ALGO HÚMEDO



REGISTRO DE EXCAVACIONES

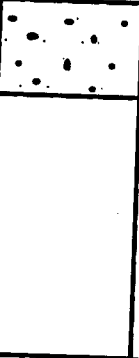
PROYECTO: Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

CALICATA: CALICATA N° 8

FECHA: 26/11/2004

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.40 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00		SW	ARENA BIEN GRADADA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR PLOMO GRISÁCEO, CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.19%, CON PARTICULAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS SEMIRREDONDEADAS


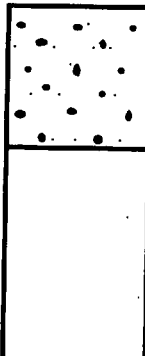


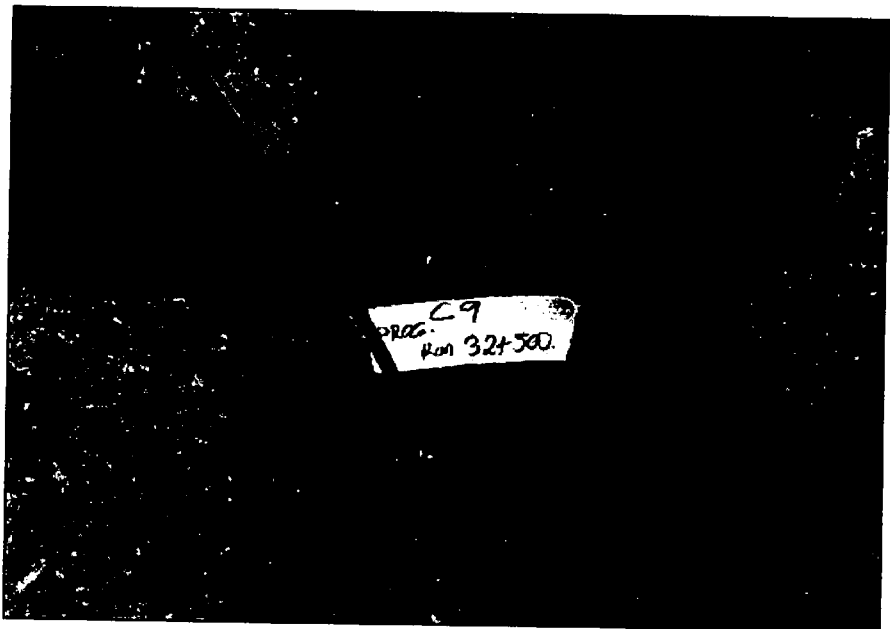
REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco CALICATA: CALICATA N° 9


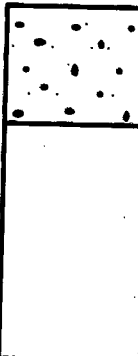
FECHA: 26/11/2004 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.60 m

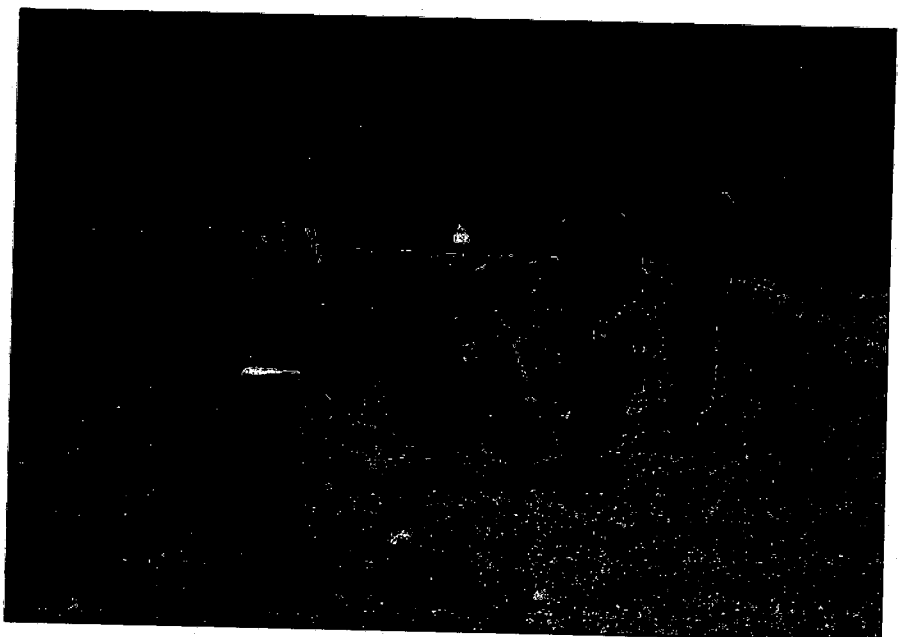
PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SW	ARENA BIEN GRADADA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR MARRÓN CLARO LIGERAMENTE AMARILLO, CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.13% CON PARTÍCULAS MEDIANAMENTE ALARGADAS Y OTRAS SEMIRREDONDEADAS



REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO: 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
UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco **CALICATA:** CALICATA N° 10
FECHA: 26/11/2004 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.50 m

PROF.	GRAFICO	SIMBOLO	DESCRIPCION
0.00  0.50 1.00 1.50		SW	ARENA BIEN GRADADA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR ROJIZO NO TAN INTENSO, CON UN CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS DE 0.21% CON PARTICULAS ANGULOSAS Y CUBANGULOSAS



ANEXO C
Plano Clave



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

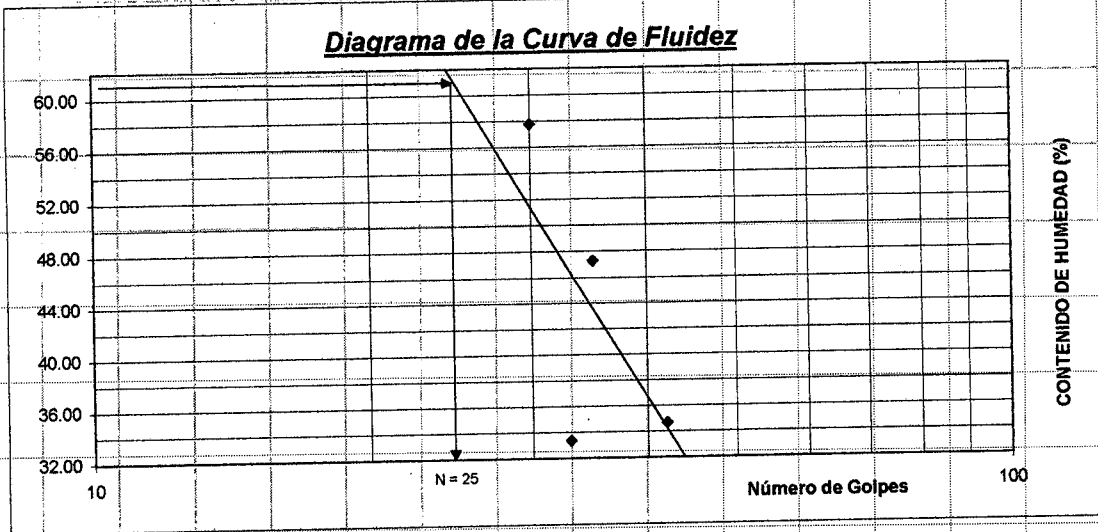
CALICATA : CALICATA N° 1

FECHA : 06/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.50

UBICACIÓN : Km 12+ 160

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	42	35	33	30	NP	NP
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	48.60	48.60	50.70	48.60		
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	46.00	46.00	47.90	46.00		
3.- Peso del agua (1 - 2) (g)	2.60	2.60	2.80	2.60		
4.- Peso del frasco (g)	38.50	40.50	39.50	41.50		
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	7.50	5.50	8.40	4.50		
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	34.67	47.27	33.33	57.78		



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	60.84
LÍMITE PLÁSTICO LP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = Fw \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
Fw Índice de Fluidez
N Número de golpes
C Constante

$$W = -123.12 \times \log(N) + 232.98$$

$$\text{Si } N = 25 \quad W = 60.84$$



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

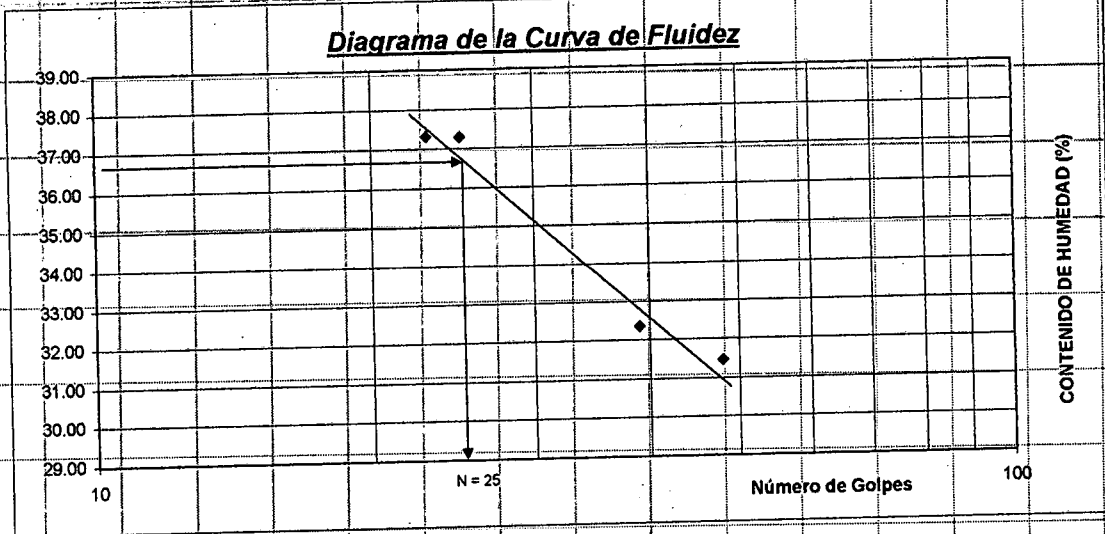
CALICATA: CALICATA N° 2

PROF. (m) 0.00 - 0.70

FECHA: 06/01/2005

UBICACIÓN: Km 12+ 200

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	48	39	25	23	NP	NP
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	47.90	60.40	61.40	46.90		
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	45.10	57.10	57.00	44.40		
3.- Peso del agua (1 - 2) (g)	2.80	3.30	4.40	2.50		
4.- Peso del frasco (g)	36.20	46.90	45.20	37.70		
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	8.90	10.20	11.80	6.70		
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	31.46	32.35	37.29	37.31		



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	36.83
LÍMITE PLÁSTICO LP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
 F_w Índice de Fluidez
 N Número de golpes
 C Constante

$$W = -20.21 \times \log(N) + 65.08$$

Si N = 25 $W = 36.83$



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

CALICATA: CALICATA N° 3

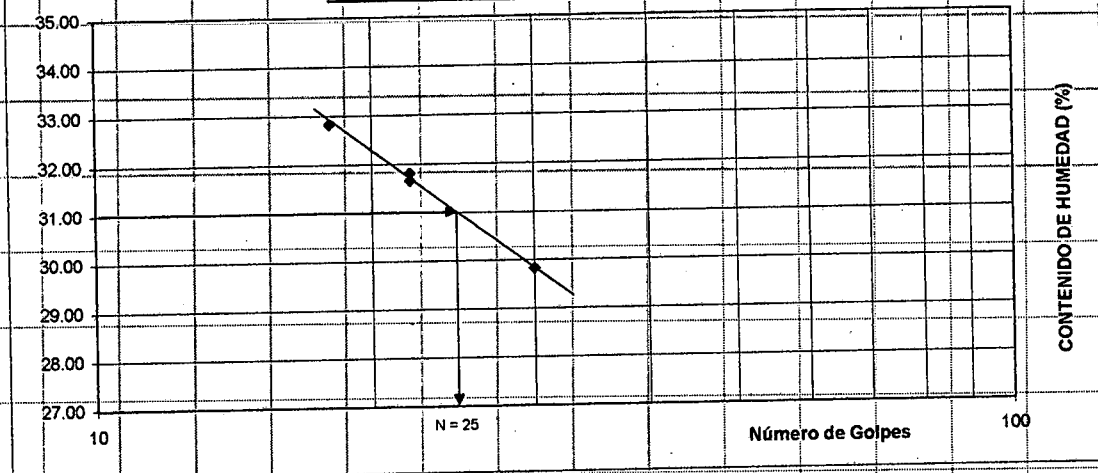
FECHA: 11/01/2005

PROF. (m) 0.00 - 0.60

UBICACIÓN: Km 12+ 400

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	30	22	22	18	NP	NP
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	52.20	57.30	59.00	55.20		
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	48.80	53.10	57.10	50.90		
3.- Peso del agua (1-2) (g)	3.40	4.20	1.90	4.30		
4.- Peso del frasco (g)	37.40	39.90	51.10	37.80		
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	11.40	13.20	6.00	13.10		
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	29.82	31.82	31.67	32.82		

Diagrama de la Curva de Fluidiez



La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = Fw \times \log(N) + C$$

W = Contenido de humedad
Fw = Índice de Fluidiez
N = Número de golpes
C = Constante

$$W = -13.61 \times \log(N) + 49.97$$

Si N = 25 W = 30.94

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	30.94
LÍMITE PLÁSTICO LP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

CALICATA : CALICATA N° 4

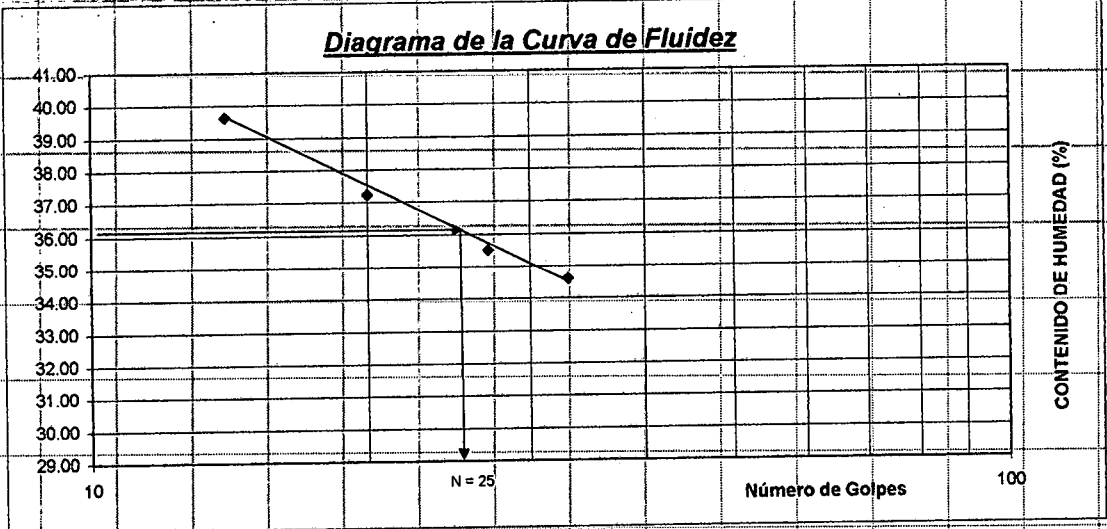
FECHA : 11/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.60

UBICACIÓN : Km 10 + 000

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO
	33	27	20	14	
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	71.30	69.20	70.20	65.10	59.00
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	62.30	61.00	61.60	56.50	56.90
3.- Peso del agua (1-2) (g)	9.00	8.20	8.60	8.60	2.10
4.- Peso del frasco (g)	36.30	37.90	38.50	34.80	49.70
5.- Peso del suelo seco (2-4) (g)	26.00	23.10	23.10	21.70	7.20
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	34.62	35.50	37.23	39.63	29.17

Diagrama de la Curva de Fluidez



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	36.08
LÍMITE PLÁSTICO LP	29.17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6.92

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad.
 F_w Índice de Fluidez
 N Número de golpes
 C Constante

$$W = 2.97 \times \log(N) + 30.30$$

SI N = 25 W = 36.08



[Signature]
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

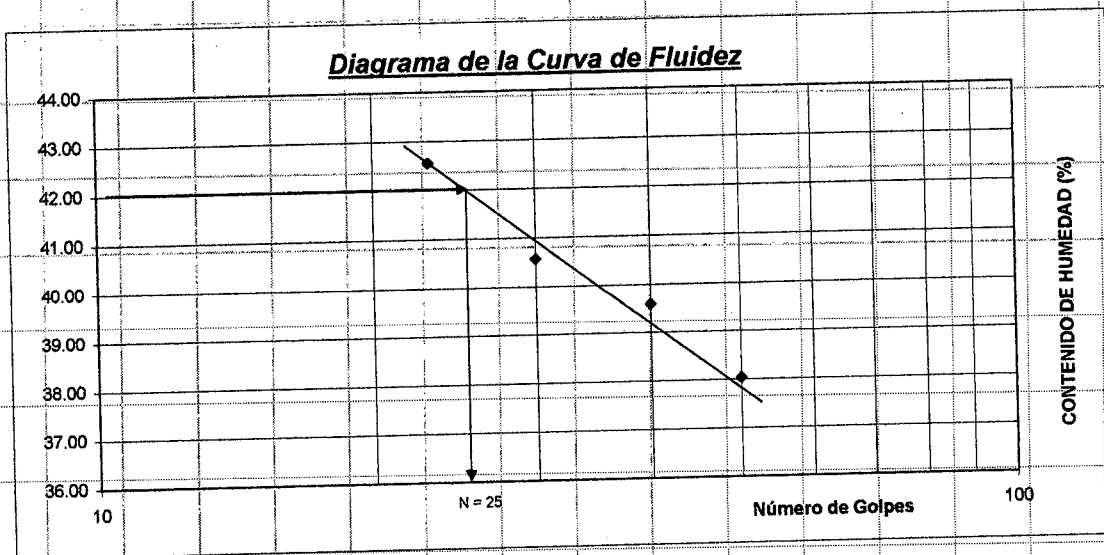
CALICATA : CALICATA N° 5

FECHA : 11/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.40

UBICACIÓN : Km 10+040

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	50	40	30	23	NP	NP
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	48.30	61.90	52.50	58.70		
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	45.60	58.10	48.20	54.70		
3.- Peso del agua (1 - 2) (g)	2.70	3.80	4.30	4.00		
4.- Peso del frasco (g)	38.50	48.50	37.60	45.30		
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	7.10	9.60	10.60	9.40		
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	38.03	39.58	40.57	42.55		



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	41.93
LÍMITE PLÁSTICO LP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
F_w Índice de Fluidez
N Número de golpes
C Constante

$$W = -12.76 \times \log(N) + 59.77$$

$$\text{Si } N = 25 \quad W = 41.93$$




JOSE WILBERDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

CALICATA : CALICATA N° 6

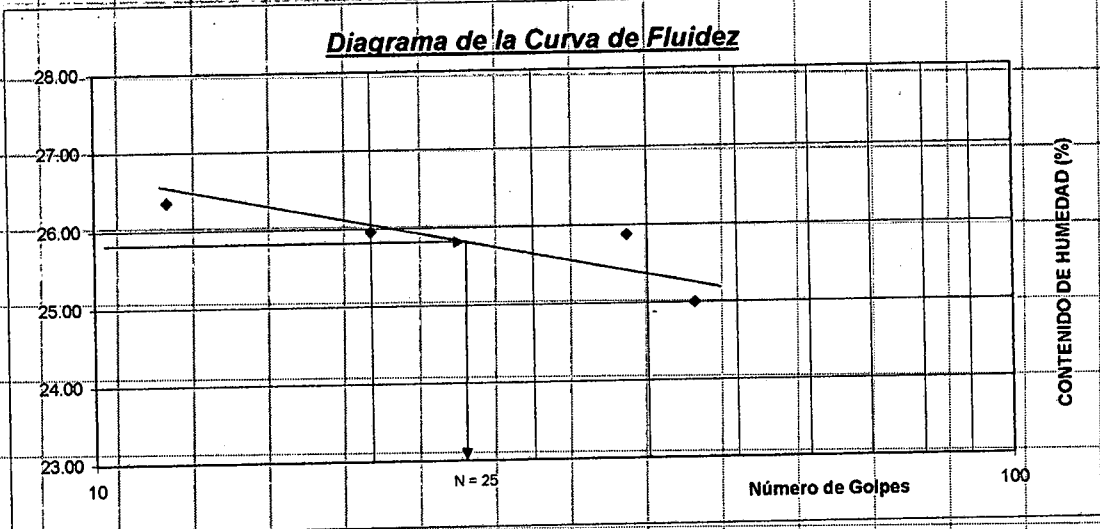
FECHA : 12/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.80

UBICACIÓN : Km 39+020

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	45	38	20	12		
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	50.90	46.40	50.50	59.10	39.30	41.60
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	48.30	44.20	47.80	56.20	39.10	41.30
3.- Peso del agua (1-2) (g)	2.60	2.20	2.70	2.90	0.20	0.30
4.- Peso del frasco (g)	37.90	35.70	37.40	45.20	37.80	39.90
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	10.40	8.50	10.40	11.00	1.30	1.40
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	25.00	25.88	25.98	26.36	15.38	21.43

Diagrama de la Curva de Fluidez



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	25.81
LÍMITE PLÁSTICO LP	18.41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7.41

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W = Contenido de humedad.
 F_w = Índice de Fluidez
 N = Número de golpes
 C = Constante

$$W = -1.84 \times \log(N) + 28.38$$

$$\text{Si } N = 25 \quad W = 25.81$$



[Handwritten Signature]

ING. JEFERSON GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - IITN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

CALICATA : CALICATA N° 7

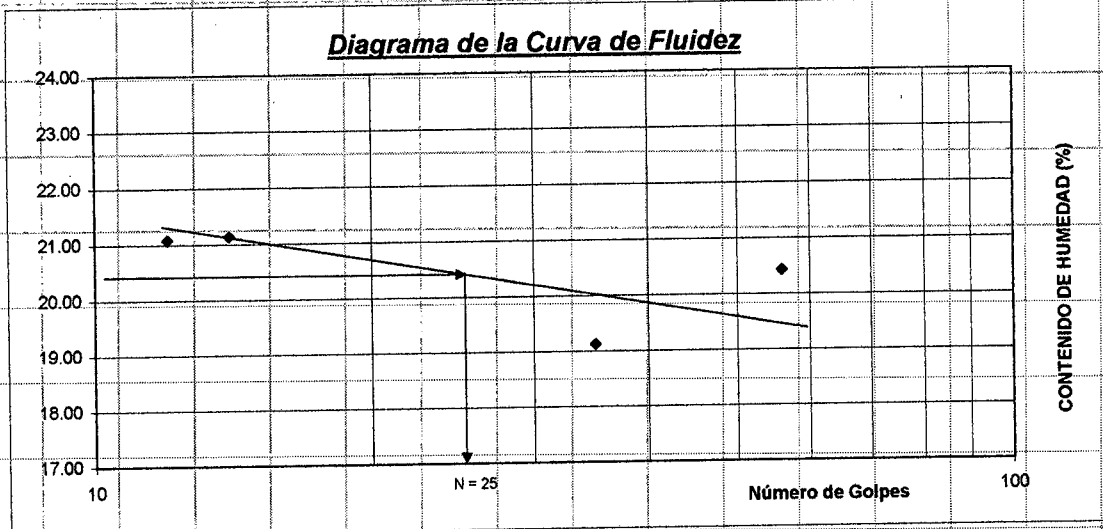
FECHA : 12/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.75

UBICACIÓN : Km 30 + 000

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	56	35	14	12	NP	NP
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	48.30	54.70	66.00	55.20		
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	46.40	52.10	63.40	51.70		
3.- Peso del agua (1 - 2) (g)	1.90	2.60	2.60	3.50		
4.- Peso del frasco (g)	37.10	38.50	51.10	35.10		
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	9.30	13.60	12.30	16.60		
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	20.43	19.12	21.14	21.08		

Diagrama de la Curva de Fluidez



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	20.41
LÍMITE PLÁSTICO LP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
 F_w Índice de Fluidez
 N Número de golpes
 C Constante

$$W = -1.88 \times \log(N) + 23.03$$

Si N = 25 W = 20.41



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - IDN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

CALICATA: CALICATA N° 8

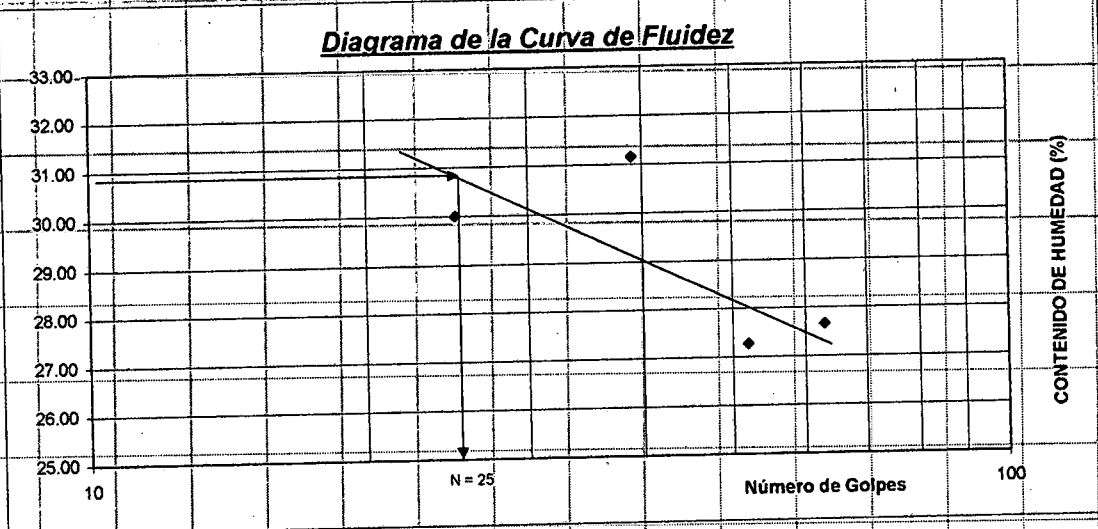
FECHA: 13/01/2005

PROF. (m) 0.00 - 0.40

UBICACIÓN: Km 37+000

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	63	62	39	25		
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	52.90	43.20	45.40	46.30	46.20	41.20
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	51.60	41.70	43.50	44.20	46.00	41.00
3.- Peso del agua (1-2) (g)	1.30	1.50	1.90	2.10	0.20	0.20
4.- Peso del frasco (g)	46.90	36.20	37.40	37.20	45.20	39.90
5.- Peso del suelo seco (2 - 4) (g)	4.70	5.50	6.10	7.00	0.80	1.10
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	27.66	27.27	31.15	30.00	25.00	18.18

Diagrama de la Curva de Fluidez



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	30.74
LÍMITE PLÁSTICO LP	21.59
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9.15

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
F_w Índice de Fluidez
N Número de golpes
C Constante

$$W = -7.56 \times \log(N) + 41.31$$

Si N = 25 W = 30.74



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

CALICATA : CALICATA N° 9

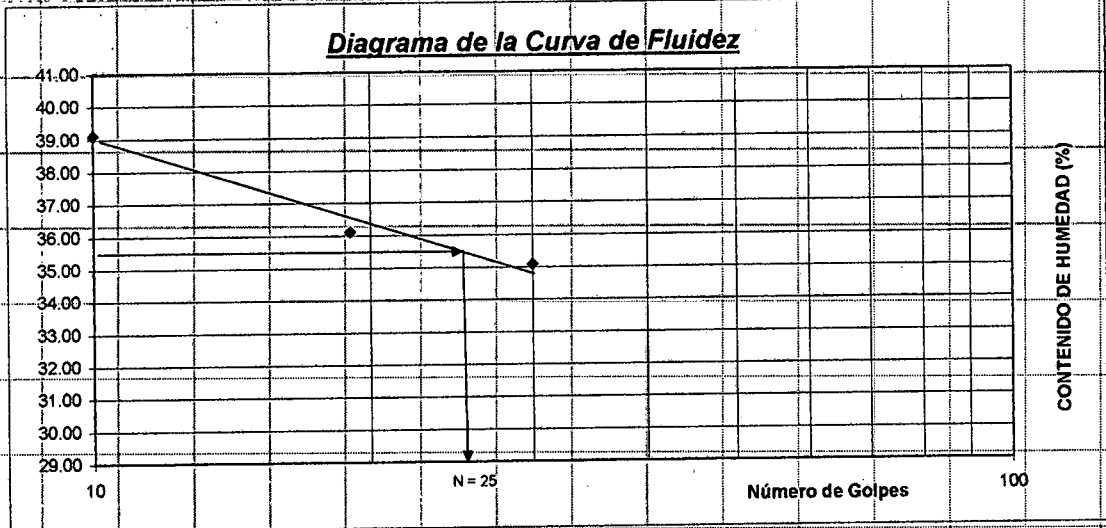
FECHA : 12/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.60

UBICACIÓN : Km 32 + 500

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO
	30	19	10	
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	80.00	63.10	61.50	48.10
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	72.00	55.30	53.60	45.90
3.- Peso del agua (1-2) (g)	8.00	7.80	7.90	2.20
4.- Peso del frasco (g)	49.20	33.70	33.40	35.60
5.- Peso del suelo seco (2-4) (g)	22.80	21.60	20.20	10.30
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	35.09	36.11	39.11	21.36

Diagrama de la Curva de Fluidéz



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	35.52
LÍMITE PLÁSTICO LP	21.36
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14.16

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
 F_w Índice de Fluidéz
 N Número de golpes
 C Constante

$$W = 2.97 \times \log(N) + 30.30$$

Si N = 25 $W = 35.52$



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÉTODO ASTM D - 4318

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

CALICATA : CALICATA N° 10

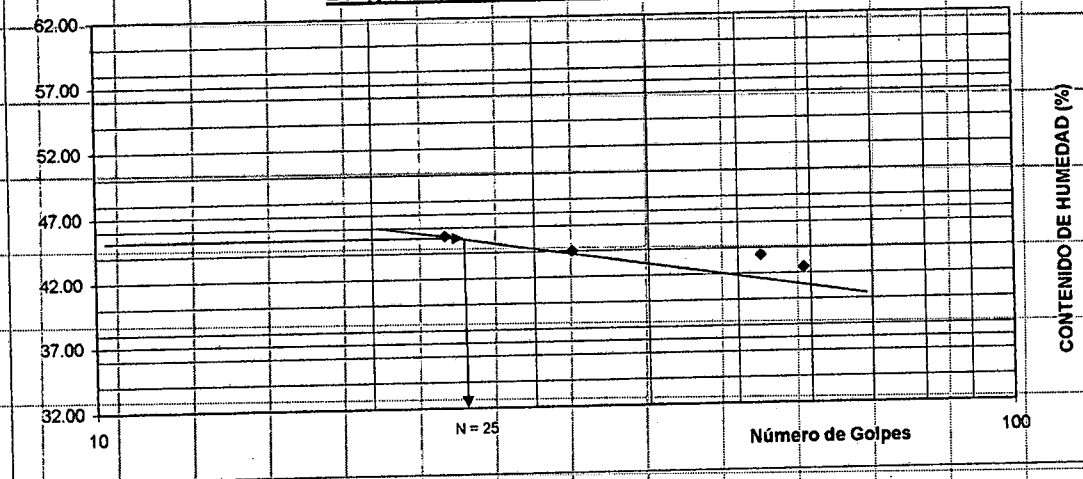
FECHA : 13/01/2005

PROF. (m) : 0.00 - 0.50

UBICACIÓN : Km 32+000

Número de golpes	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	59	53	33	24		
1.- Peso del frasco + suelo húmedo (g)	57.90	38.70	31.60	44.80	43.70	38.50
2.- Peso del frasco + suelo seco (g)	55.10	36.40	29.40	42.40	43.50	38.40
3.- Peso del agua (1-2) (g)	2.80	2.30	2.20	2.40	0.20	0.10
4.- Peso del frasco (g)	48.50	31.10	24.40	37.10	43.10	38.00
5.- Peso del suelo seco (2-4) (g)	6.60	5.30	5.00	5.30	0.40	0.40
6.- Contenido de Humedad (3/5 x 100) (%)	42.42	43.40	44.00	45.28	50.00	25.00

Diagrama de la Curva de Fluidiez



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO LL	45.04
LÍMITE PLÁSTICO LP	37.50
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7.54

La CURVA DE FLUIDEZ del suelo utilizado en el ensayo

$$W = F_w \times \log(N) + C$$

W Contenido de humedad
F_w Índice de Fluidiez
N Número de golpes
C Constante

$$W = -6.3 \times \log(N) + 53.85$$

Si N = 25 W = 45.04



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

ANEXO E
Resultados de ensayos de Granulometría
(MTC E-107 / ASTM D-422)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.50

PROGRESIVA : Km 12 + 160

POZO : CALICATA N° 1 FECHA : 25/01/2005

Peso de la Muestra (g) : 1850.20 W - W_o : 1116.90

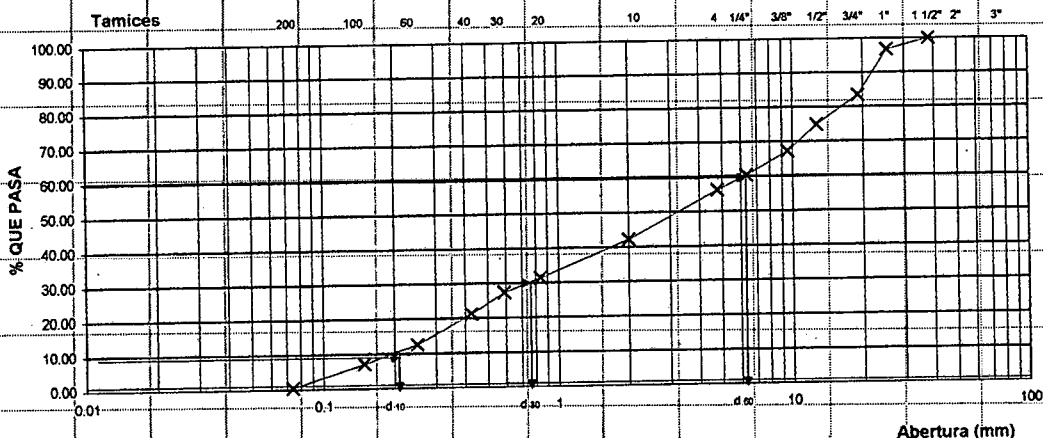
Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 1812.30 %HUMEDAD : 4.40

Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 695.40 W muestra-W retenidos : 1.1

Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.16 ≤ 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena mal gradada, no plástica, de color rojizo, con un contenido de limos y arcillas de 0.24%, con restos de raíces secas
2"	50.300						
1 1/2"	38.100					100.00	
1"	25.400	22.20	22.20	3.19	3.19	96.81	Observaciones:
3/4"	19.050	93.40	93.40	13.43	16.62	83.38	LL = 60.84
1/2"	12.700	59.30	59.30	8.53	25.15	74.85	LP = N.P.
3/8"	9.525	52.80	52.80	7.59	32.74	67.26	IP = N.P.
1/4"	6.350	47.80	47.80	6.87	39.62	60.38	D10 = 0.20
N° 4	4.760	29.90	29.90	4.30	43.92	56.08	D30 = 0.75
N° 10	2.000	95.60	96.70	13.91	57.82	42.18	D60 = 6.21
N° 20	0.840	75.10	75.10	10.80	68.62	31.38	Cu = 30.63
N° 30	0.590	28.00	28.00	4.03	72.65	27.35	Cc = 0.45
N° 40	0.426	41.80	41.80	6.01	78.66	21.34	GRAVA (%) = 43.92
N° 60	0.250	61.20	61.20	8.80	87.46	12.54	ARENA (%) = 55.84
N° 100	0.149	37.70	37.70	5.42	92.88	7.12	FINOS (%) = 0.24
N° 200	0.074	47.80	47.80	6.87	99.76	0.24	SUCS = SP
Platillo		1.70	1.70				IG = 0
TOTAL		694.30	695.40				AASHTO = A-2-5 (0)

Curva Granulométrica



[Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.70

PROGRESIVA: Km 12 + 200

POZO: CALICATA N° 2

FECHA : 25/01/2005

W - W_o: 1449.60

% HUMEDAD: 2.59

Peso de la Muestra (g) : 2489.50

W muestra-W retenidos: 1.10

Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 2431.70

Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.11 ≤ 1%

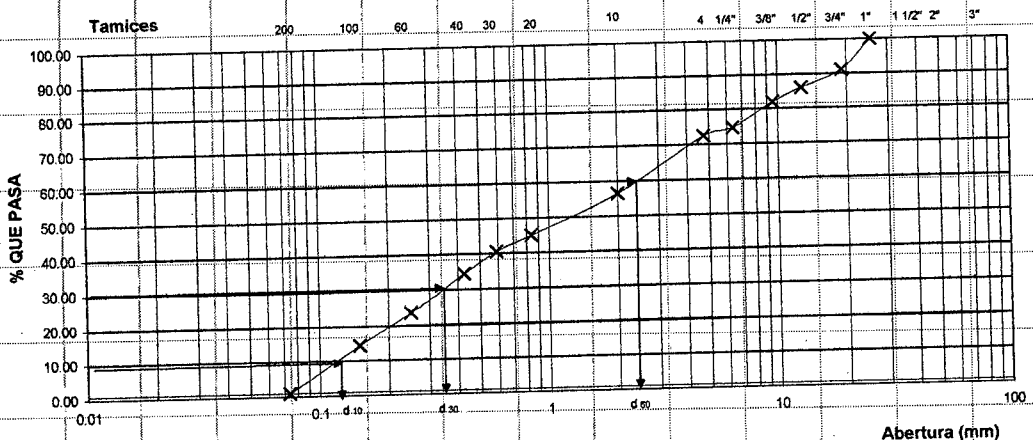
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 982.10

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena mal gradada, no plástica, de color marrón rojizo, con un contenido de limos y arcillas de 0.89%, con restos de raíces secas, con partículas angulosas deleznales
2"	50.300						
1 1/2"	38.100					100.00	
1"	25.400						
3/4"	19.050	87.80	87.80	8.94	8.94	91.06	
1/2"	12.700	50.50	50.50	5.14	14.08	85.92	
3/8"	9.525	38.60	38.60	3.93	18.01	81.99	
1/4"	6.350	72.70	72.70	7.40	25.41	74.59	
N° 4	4.760	20.60	20.60	2.10	27.51	72.49	
N° 10	2.000	156.60	157.70	16.06	43.57	56.43	
N° 20	0.840	112.00	112.00	11.40	54.97	45.03	
N° 30	0.590	43.80	43.80	4.46	59.43	40.57	
N° 40	0.426	60.80	60.80	6.19	65.62	34.38	
N° 60	0.250	107.30	107.30	10.93	76.55	23.45	
N° 100	0.149	89.40	89.40	9.10	85.65	14.35	
N° 200	0.074	132.20	132.20	13.46	99.11	0.89	
Platillo		8.70	8.70				
TOTAL		981.00	982.10				

Observaciones:

LL	=	36.83
LP	=	N.P.
IP	=	N.P.
D10	=	0.12
D30	=	0.36
D60	=	2.61
Cu	=	20.95
Cc	=	0.39
GRAVA (%)	=	27.51
ARENA (%)	=	71.60
FINOS (%)	=	0.89
SUCS	=	SP
IG	=	0
AASHTO	=	A - 2 - 4 (0)

Curva Granulométrica



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05- 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60

PROGRESIVA: Km 12 + 400

POZO: CALICATA N° 3

FECHA : 25/01/2005

W : W_o : 2587.90

% HUMEDAD : 3.48

Peso de la Muestra (g) : 3699.40

Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 3655.50

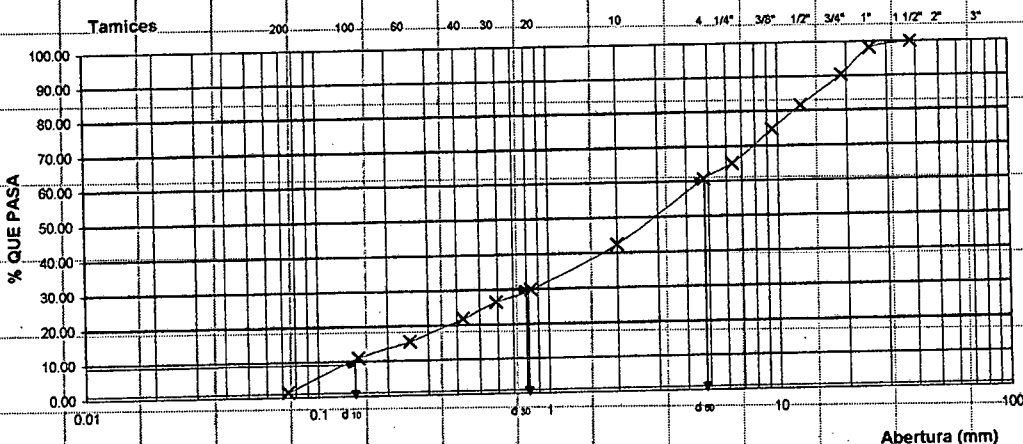
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 1087.60

W muestra-W_o retenidos: 5.50

Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.52 ≤ 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	78.200						Arena mal gradada, no plástica, de color marrón claro, con un contenido de finos de 1.34%, con pocas piedras
2"	50.300					100.00	
1 1/2"	38.100						Observaciones:
1"	25.400	20.50	20.50	1.92	1.92	98.08	
3/4"	19.050	81.80	81.80	7.66	9.58	90.42	LL = 30.94
1/2"	12.700	93.70	93.70	8.78	18.36	81.64	LP = N.P.
3/8"	9.525	73.90	73.90	6.92	25.28	74.72	IP = N.P.
1/4"	6.350	104.10	104.10	9.75	35.03	64.97	D10 = 0.22
N° 4	4.760	45.50	45.50	4.26	39.29	60.71	D30 = 0.86
N° 10	2.000	191.90	197.40	18.49	57.78	42.22	D60 = 4.65
N° 20	0.840	132.30	132.30	12.39	70.18	29.82	Cu = 21.56
N° 30	0.590	37.10	37.10	3.48	73.65	26.35	Cc = 0.73
N° 40	0.426	48.50	48.50	4.54	78.19	21.81	GRAVA (%) = 39.29
N° 60	0.250	67.80	67.80	6.35	84.54	15.46	ARENA (%) = 59.37
N° 100	0.149	47.10	47.10	4.41	88.96	11.04	FINOS (%) = 1.34
N° 200	0.074	103.60	103.60	9.70	98.66	1.34	SUCS = SP
Platillo		14.30	14.30				IG = 0
TOTAL		1062.10	1067.60				AASHTO = A-2-4(0)

Curva Granulométrica



(Signature)

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

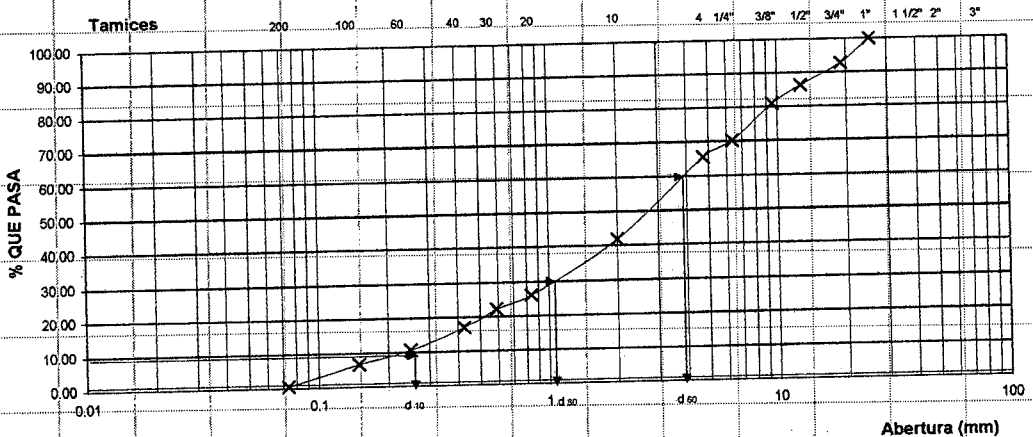
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60
PROGRESIVA: Km 10 + 000

POZO : CALICATA N° 4 FECHA : 25/01/2005
W - Wo: 2586.60

Peso de la Muestra (g) : 3410.30 % HUMEDAD: 4.63
Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 3371.50 W muestra-W retenidos: 1.7
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 784.90 Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.22 ≤ 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena bien gradada, de baja plasticidad, de color rojizo, con un contenido de limos y arcillas de 0.45%, con partículas angulosas medianamente grandes y restos de raíces secas
2"	50.300						
1 1/2"	38.100					100.00	Observaciones:
1"	25.400						
3/4"	19.050	57.10	57.10	7.27	7.27	92.73	LL = 36.08
1/2"	12.700	50.00	50.00	6.37	13.65	86.35	LP = 29.17
3/8"	9.525	43.20	43.20	5.50	19.15	80.85	IP = 6.92
1/4"	6.350	84.10	84.10	10.71	29.86	70.14	D10 = 0.23
N° 4	4.760	37.20	37.20	4.74	34.60	65.40	D30 = 1.13
N° 10	2.000	184.10	185.80	23.67	58.27	41.73	D60 = 4.13
N° 20	0.840	123.10	123.10	15.68	73.96	26.04	Cu = 17.66
N° 30	0.590	31.60	31.60	4.03	77.98	22.02	Cc = 1.33
N° 40	0.426	39.80	39.80	5.07	83.06	16.94	GRAVA (%) = 34.60
N° 80	0.250	49.50	49.50	6.31	89.36	10.64	ARENA (%) = 64.95
N° 100	0.149	31.50	31.50	4.01	93.37	6.63	FINOS (%) = 0.45
N° 200	0.074	48.50	48.50	6.18	99.55	0.45	SUCS = SW
Platillo		3.50	3.50				IG = 0
TOTAL		783.20	784.90				AASHTO = A - 2 - 4 (0)

Curva Granulométrica



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.40

PROGRESIVA: Km 10 + 040

POZO: CALICATA N° 5

FECHA : 25/01/2005

W - Wo: 2544.40

% HUMEDAD: 7.66

Peso de la Muestra (g): 3462.20

W muestra-W retenidos: 11.60

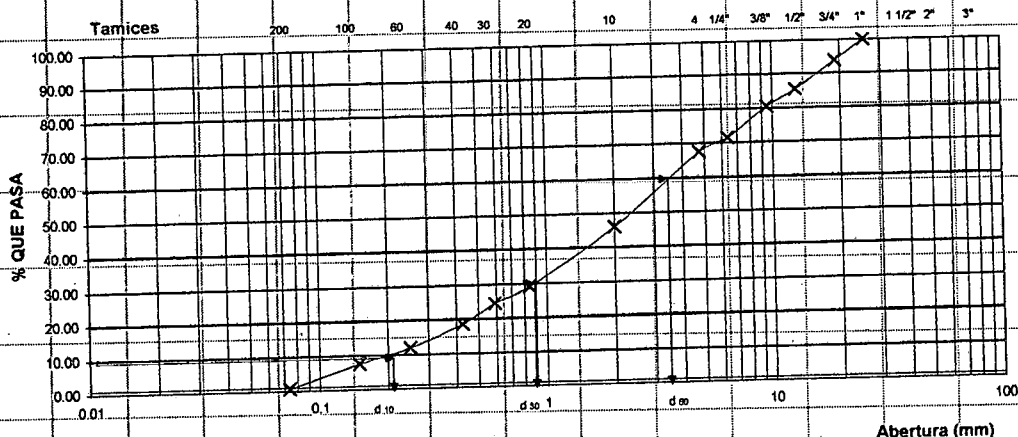
Peso de la Muestra Secada al Horno (g): 3324.80

Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.21 ≤ 1%

Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g): 780.40

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena bien gradada, no plástica, de color marrón rojizo, con un contenido de finos de 0.65%
2"	50.300						
1 1/2"	38.100					100.00	
1"	25.400						Observaciones: LL = 41.93 LP = N.P. IP = N.P. D10 = 0.20 D30 = 0.89 D60 = 3.80 Cu = 18.60 Cc = 1.03 GRAVA (%) = 32.52 ARENA (%) = 66.82 FINOS (%) = 0.65 SUCS = SW IS = 0 AASHTO = A-2-5(0)
3/4"	19.050	48.20	48.20	6.18	6.18	93.82	
1/2"	12.700	64.50	64.50	8.26	14.44	85.56	
3/8"	9.525	40.20	40.20	5.15	19.59	80.41	
1/4"	6.350	69.80	69.80	8.94	28.54	71.46	
N° 4	4.750	31.10	31.10	3.99	32.52	67.48	
N° 10	2.000	165.50	167.10	21.41	53.93	46.07	
N° 20	0.840	131.40	131.40	16.84	70.77	29.23	
N° 30	0.590	37.80	37.80	4.84	75.62	24.38	
N° 40	0.425	45.60	45.60	5.84	81.46	18.54	
N° 60	0.250	50.90	50.90	6.52	87.98	12.02	
N° 100	0.149	34.70	34.70	4.45	92.43	7.57	
N° 200	0.074	54.00	54.00	6.92	99.35	0.65	
Platillo		5.10	5.10				
TOTAL		778.80	780.40				

Curva Granulométrica



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

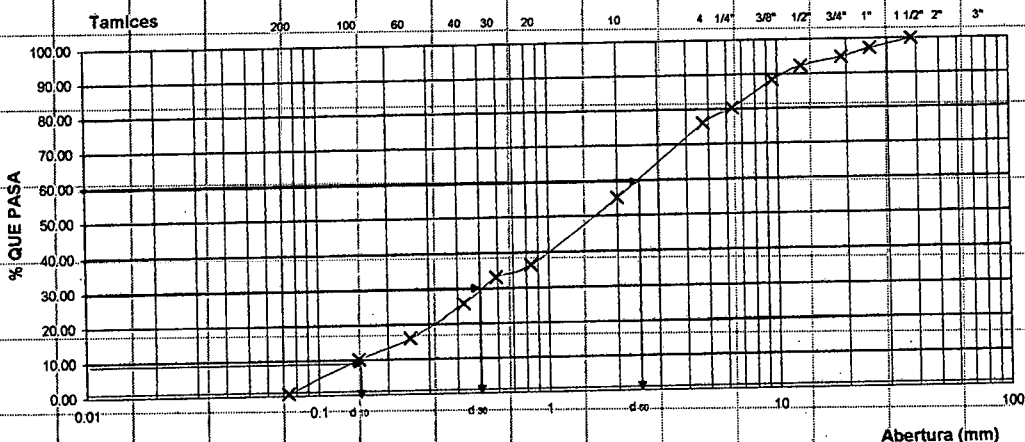
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.80
PROGRESIVA: Km 39 + 020

POZO: CALICATA N° 6 FECHA : 19/01/2005

Peso de la Muestra (g): 2271.30 W - Wo: 1158.80
Peso de la Muestra Secada al Horno (g): 2058.70 % HUMEDAD: 15.33
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g): 899.90 W muestra-W retenidos: 2.7
Error (W - ΣPret) / W ≤ 1%: 0.30 ≤ 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena mal gradada, de baja plasticidad, de color beige plomizo, con un contenido de limos y arcillas de 0.58%, con partículas de mediano y pequeño tamaño
2"	50.300					100.00	
1 1/2"	38.100					97.21	Observaciones: LL = 25.81 LP = 18.41 IP = 7.40 D10 = 0.15 D30 = 0.52 D60 = 2.64 Cu = 17.84 Cc = 0.70 GRAVA (%) = 24.02 ARENA (%) = 75.40 FINOS (%) = 0.58 SUCS = SP IG = 0 AASHTO = A-2-4 (0)
1"	25.400	25.10	25.10	2.79	2.79	94.77	
3/4"	19.050	22.00	22.00	2.44	5.23	92.33	
1/2"	12.700	21.90	21.90	2.43	7.67	88.34	
3/8"	9.525	35.90	35.90	3.99	11.66	80.41	
1/4"	6.350	71.40	71.40	7.93	19.59	75.98	
N° 4	4.760	39.90	39.90	4.43	24.02	55.18	
N° 10	2.000	184.40	187.10	20.79	44.82	36.44	
N° 20	0.840	168.70	168.70	18.75	63.58	32.96	
N° 30	0.590	31.30	31.30	3.48	67.04	25.73	
N° 40	0.426	65.10	65.10	7.23	74.27	15.97	
N° 60	0.250	87.80	87.80	9.76	84.03	10.13	
N° 100	0.149	52.50	52.50	5.83	89.87	0.58	
N° 200	0.074	86.00	86.00	9.56	99.42		
Platillo		5.20	5.20				
TOTAL		897.20	899.90				

Curva Granulométrica



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

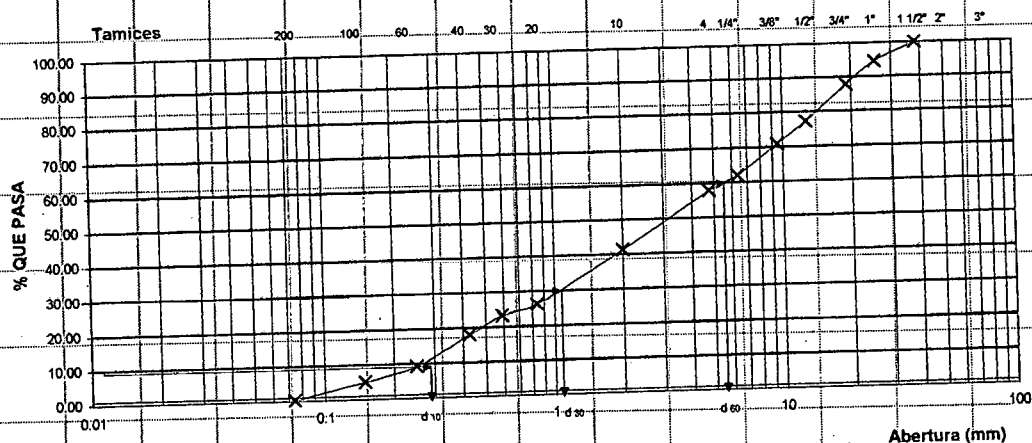
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.75
PROGRESIVA: Km 38 + 000

POZO: CALICATA N° 7 FECHA : 19/01/2005
W - Wo: 899.00

Peso de la Muestra (g): 2750.70 % HUMEDAD: 7.75
Peso de la Muestra Secada al Horno (g): 2661.90 W muestra-W retenidos: 2.2
Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g): 1762.90 Error (W - ΣPret) / W ≤ 1%: 0.12 ≤ 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena mal gradada, no plástica, de color beige plomizo, con un contenido de finos de 0.18%, con partículas medianas y gruesas semiredondeadas, suelo algo húmedo
2"	50.300					100.00	
1 1/2"	38.100					94.50	Observaciones: LL = 20.41 LP = N.P. IP = N.P. D10 = 0.27 D30 = 1.12 D60 = 5.61 Cu = 20.95 Cc = 0.84 GRAVA (%) = 42.21 ARENA (%) = 57.61 FINOS (%) = 0.18 SUCS = SP IG = 0 AASHTO = A-2-4(0)
1"	25.400	97.00	97.00	5.50	5.50	87.83	
3/4"	19.050	117.50	117.50	6.67	12.17	77.32	
1/2"	12.700	185.30	185.30	10.51	22.68	70.88	
3/8"	9.525	113.60	113.60	6.44	29.12	61.94	
1/4"	6.350	157.60	157.60	8.94	38.06	57.79	
N° 4	4.760	73.10	73.10	4.15	42.21	41.35	
N° 10	2.000	287.70	289.80	16.44	58.65	26.37	
N° 20	0.840	264.00	264.00	14.98	73.63	23.17	
N° 30	0.590	56.50	56.50	3.20	76.83	17.90	
N° 40	0.426	92.90	92.90	5.27	82.10	9.12	
N° 60	0.250	154.70	154.70	8.78	90.88	5.04	
N° 100	0.149	71.90	71.90	4.08	94.96	0.18	
N° 200	0.074	85.70	85.70	4.86	99.82		
Platillo		3.20	3.20				
TOTAL		1760.70	1762.90				

Curva Granulométrica



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05 - 377

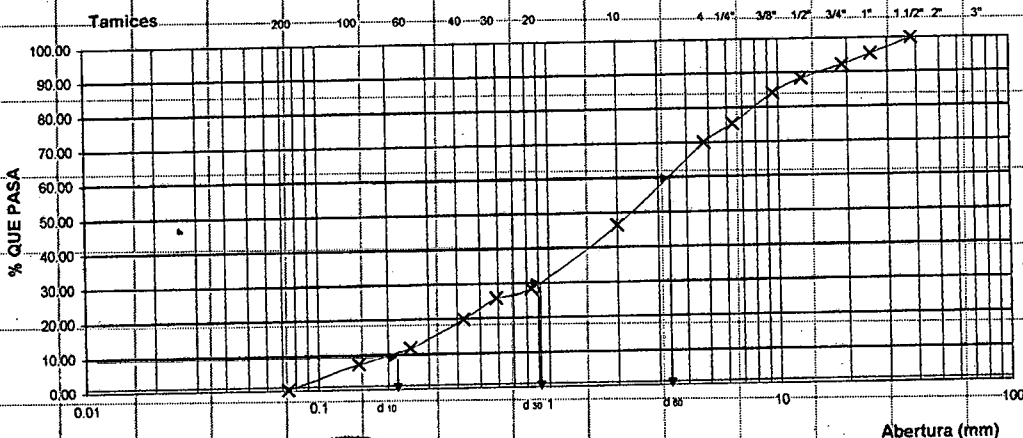
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.40
 PROGRESIVA: Km 37 + 000

POZO: CALICATA N° 8 FECHA : 19/01/2005
 Peso de la Muestra (g) : 3822.70 W: Wo: 2595.70
 Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 3616.20 % HUMEDAD: 14.45
 Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 1020.50 W muestra-W retenidos: 0.8
 Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% 0.08 ≤ 1%

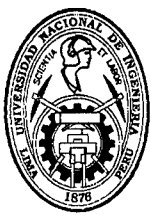
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena bien gradada, de baja plasticidad, de color plomo grisáceo, con un contenido de limos y arcillas de 0.19%; con partículas pequeñas y medianas semirredondeadas
2"	50.300					100.00	
1 1/2"	38.100					95.26	
1"	25.400	48.40	48.40	4.74	4.74	92.24	Observaciones: LL = 30.74 LP = 21.59 IP = 9.15 D ₁₀ = 0.21 D ₃₀ = 0.94 D ₆₀ = 3.59 Cu = 17.14 Cc = 1.16 GRAVA (%) = 29.99 ARENA (%) = 69.83 FINOS (%) = 0.19 SUCS = SW IG = 0 AASHTO = A-2-4(0)
3/4"	19.050	30.80	30.80	3.02	7.76	88.35	
1/2"	12.700	39.70	39.70	3.89	11.65	84.07	
3/8"	9.525	43.70	43.70	4.28	15.93	75.29	
1/4"	6.350	89.60	89.60	8.78	24.71	70.01	
N° 4	4.760	53.80	53.80	5.27	29.99	46.33	
N° 10	2.000	240.80	241.70	23.68	53.67	28.54	
N° 20	0.840	181.60	181.60	17.80	71.46	25.85	
N° 30	0.590	27.40	27.40	2.68	74.15	19.83	
N° 40	0.426	61.40	61.40	6.02	80.17	11.79	
N° 60	0.250	82.10	82.10	8.05	88.21	7.32	
N° 100	0.149	45.60	45.60	4.47	92.68	0.19	
N° 200	0.074	72.80	72.80	7.13	99.81		
Platillo		1.90	1.90				
TOTAL		1019.70	1020.50				

Curva Granulométrica



(Handwritten signature)

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05- 377

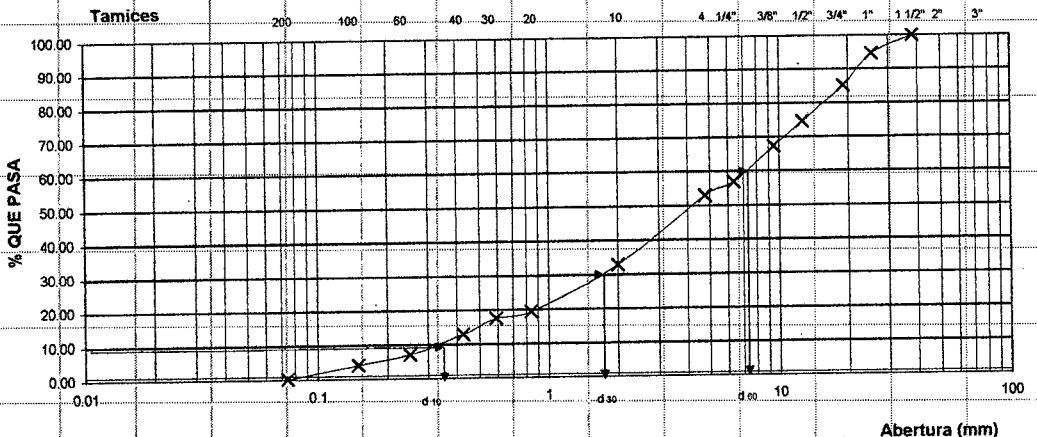
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60
 PROGRESIVA: Km 32 + 500

POZO: CALICATA N° 9 FECHA : 19/01/2005
 W + Wo: 2273.60
 % HUMEDAD: 7.45
 Peso de la Muestra (g) : 3502.30 W muestra-W retenidos: 2.0
 Peso de la Muestra Secada al Horno (g) : 3440.60 Error (W - ΣPret) / W ≤ 1% : 0.17 ≤ 1%
 Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g) : 1167.00

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena bien gradada, de baja plasticidad, de color marrón claro ligeramente amarillo, con un contenido de limos y arcillas de 0.13%, con partículas medianamente alargadas y otras semiredondeadas
2"	50.300					100.00	
1 1/2"	38.100						Observaciones:
1"	25.400	62.00	62.00	5.31	5.31	94.69	
3/4"	18.050	112.10	112.10	9.61	14.92	85.08	LL = 35.52
1/2"	12.700	122.20	122.20	10.47	25.39	74.61	LP = 21.36
3/8"	9.525	84.60	84.60	7.25	32.64	67.36	IP = 14.16
1/4"	6.350	121.70	121.70	10.43	43.07	56.93	D10 = 0.34
N° 4	4.760	47.70	47.70	4.09	47.16	52.84	D30 = 1.75
N° 10	2.000	231.30	233.30	19.99	67.15	32.85	D60 = 7.28
N° 20	0.840	156.10	156.10	13.38	80.52	19.48	Cu = 21.67
N° 30	0.590	23.40	23.40	2.01	82.53	17.47	Cc = 1.25
N° 40	0.426	52.60	52.60	4.51	87.04	12.96	GRAVA (%) = 47.16
N° 60	0.250	67.80	67.80	5.81	92.84	7.16	ARENA (%) = 52.72
N° 100	0.149	35.80	35.80	3.07	95.91	4.09	FINOS (%) = 0.13
N° 200	0.074	46.20	46.20	3.96	99.87	0.13	SUCS = SW
Platillo		1.50	1.50				IG = 0
TOTAL		1165.00	1167.00				AASHTO = A - 2 - 4 (0)

Curva Granulométrica



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MÉTODO ASTM D - 422

EXPEDIENTE : S05- 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.50

PROGRESIVA: Km 32 + 000

POZO: CALICATA N° 10

FECHA : 18/01/2005

W - Wo: 1946.80

% HUMEDAD: 13.41

Peso de la Muestra (g): 2872.20

W muestra-W retenidos: 2.20

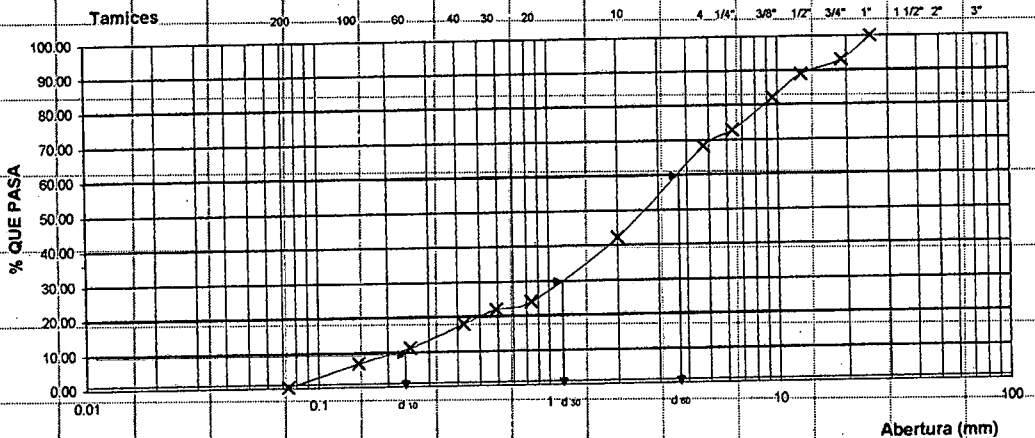
Peso de la Muestra Secada al Horno (g): 2657.30

Error (W - ΣPiet) / W ≤ 1% 0.31 ≤ 1%

Peso de la Muestra Lavada y Secada al Horno (g): 710.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Corregido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Pasando	Descripción Muestra:
3"	76.200						Arena bien gradada, de baja plasticidad, de color rojizo no tan intenso, con un contenido de limos y arcillas de 0.21%, con partículas angulosas y cubangulosas
2"	50.300						
1 1/2"	38.100					100.00	Observaciones:
1"	25.400						
3/4"	19.050	49.70	49.70	7.00	7.00	93.00	LL = 45.04
1/2"	12.700	29.10	29.10	4.10	11.09	88.91	LP = 37.50
3/8"	9.525	48.80	48.80	6.87	17.96	82.04	IP = 7.54
1/4"	6.350	66.60	66.60	9.37	27.33	72.67	D10 = 0.22
N° 4	4.760	31.90	31.90	4.49	31.82	68.18	D30 = 1.22
N° 10	2.000	182.50	184.70	26.00	57.82	42.18	D60 = 3.89
N° 20	0.840	129.20	129.20	18.18	76.00	24.00	Cu = 17.33
N° 30	0.590	15.70	15.70	2.21	78.21	21.79	Cc = 1.71
N° 40	0.426	28.60	28.60	4.03	82.24	17.76	GRAVA (%) = 31.82
N° 60	0.250	47.40	47.40	6.67	88.91	11.09	ARENA (%) = 67.97
N° 100	0.149	30.80	30.80	4.33	93.24	6.76	FINOS (%) = 0.21
N° 200	0.074	46.50	46.50	6.54	99.79	0.21	SUCS = SW
Platillo		1.50	1.50				IG = 0
TOTAL		708.30	710.50				AASHTO = A-2-5(0)

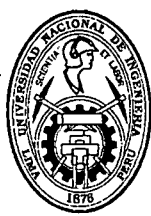
Curva Granulométrica



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos

ANEXO F
Resultados de ensayos de Proctor Modificado
(MTC E-115 / ASTM D-1557)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 1

PROGRESIVA: Km 12 + 160

PRGFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.50

FECHA: 03/02/2005

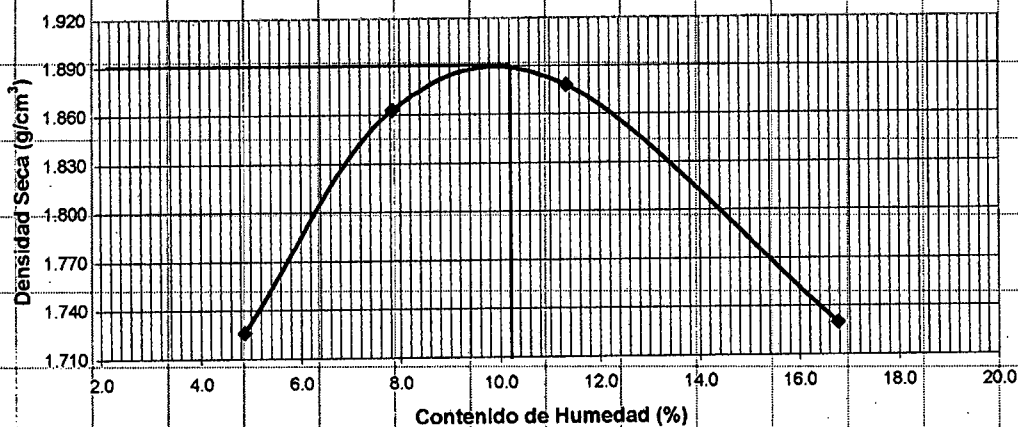
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3670.1	3856.6	3932.6	3866.4	
4.- Peso del molde (g)	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1692.9	1879.4	1955.4	1889.2	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.810	2.010	2.091	2.020	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.726	1.863	1.878	1.730	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	90.70	118.90	68.00	71.40	
2.- Tara + suelo seco (g)	88.10	113.80	64.70	66.00	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	2.60	5.10	3.30	5.40	
4.- Peso de la tara (g)	34.70	48.80	35.60	33.80	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	53.40	65.00	29.10	32.20	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	4.87%	7.85%	11.34%	16.77%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.89
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	10.00



José Wilfredo Gutiérrez



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco
 PROGRESIVA: Km 12 + 200
 PROFUNDIDAD (m): 0.00 + 0.70

UBICACIÓN: CALICATA N° 2
 FECHA: 04/02/2005

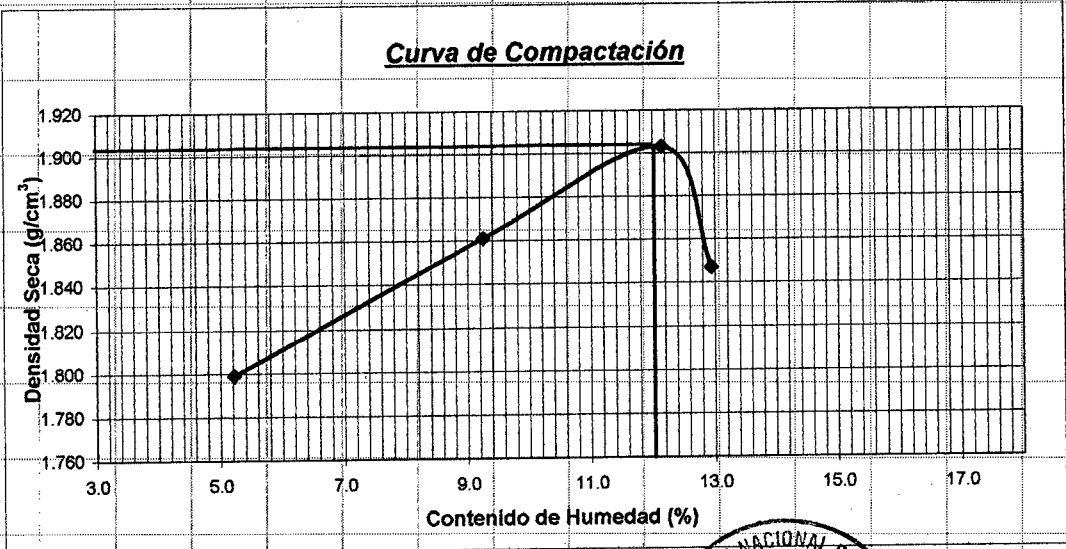
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3747.2	3878.3	3972.9	3928.3	
4.- Peso del molde (g)	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1770.0	1901.1	1995.7	1951.1	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.893	2.033	2.134	2.086	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.799	1.861	1.903	1.847	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	83.00	73.40	75.20	75.80	
2.- Tara + suelo seco (g)	81.30	70.20	70.80	71.00	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	1.70	3.20	4.40	4.80	
4.- Peso de la tara (g)	48.70	35.60	34.60	33.90	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	32.60	34.60	36.20	37.10	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	5.21%	9.25%	12.15%	12.94%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.904
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	12.09



ING. WILFREDO GUTIERREZ LAZAR
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 3

PROGRESIVA : Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60

FECHA : 07/02/2005

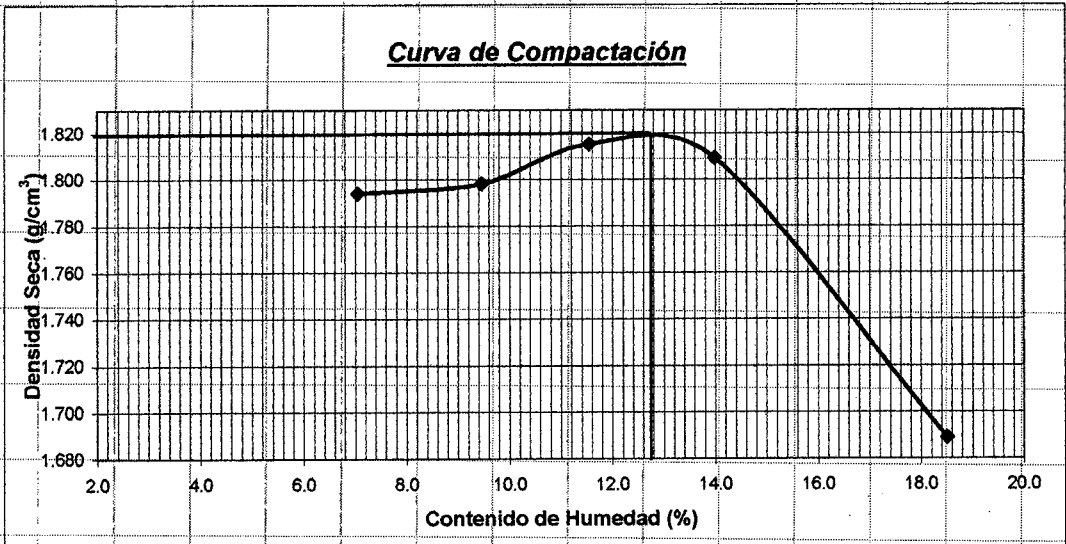
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	25
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3773.0	3817.6	3870.8	3905.3	3848.8
4.- Peso del molde (g)	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1795.8	1840.4	1893.6	1928.1	1871.6
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	935.2
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.920	1.968	2.025	2.062	2.001
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.794	1.798	1.815	1.809	1.689

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	74.70	77.40	60.80	70.70	86.10
2.- Tara + suelo seco (g)	73.00	73.80	58.10	66.20	81.40
3.- Peso del agua (g) (1-2)	1.70	3.60	2.70	4.50	4.70
4.- Peso de la tara (g)	48.90	35.70	34.70	34.00	56.00
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	24.10	38.10	23.40	32.20	25.40
6.- Contenido de Humedad: (%) (3/5*100)	7.05%	9.45%	11.54%	13.98%	18.50%

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.82
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	12.70

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco
 PROGRESIVA: Km 10 + 000
 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60

UBICACIÓN: CALICATA N° 4
 FECHA: 08/02/2005

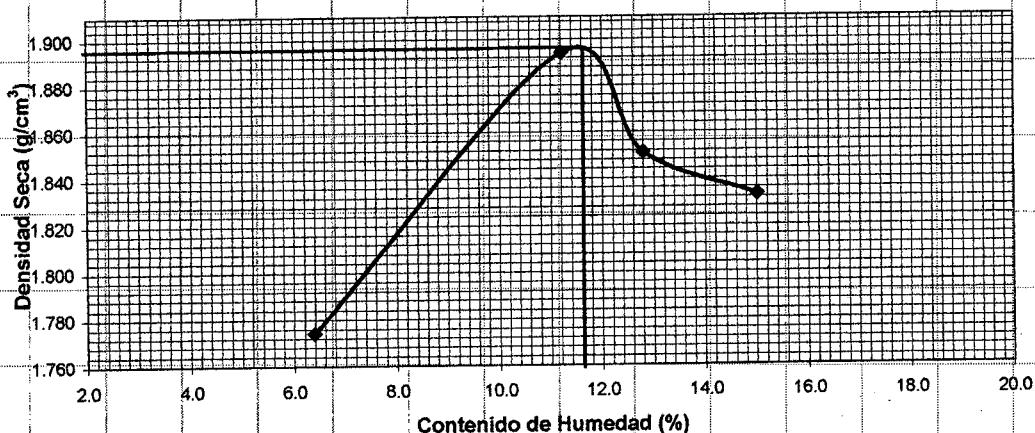
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3742.1	3946.7	3979.0	3948.6	
4.- Peso del molde (g)	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1764.9	1969.5	2001.8	1971.4	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.887	2.106	2.141	2.108	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.774	1.894	1.898	1.833	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	77.30	82.30	99.10	83.50	
2.- Tara + suelo seco (g)	74.70	77.50	93.30	77.00	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	2.60	4.80	5.80	6.50	
4.- Peso de la tara (g)	34.00	34.70	48.00	33.70	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	40.70	42.80	45.30	43.30	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	6.39%	11.21%	12.80%	15.01%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.886
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	11.60

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 5

PROGRESIVA : Km 10 + 040

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.40

FECHA : 11/02/2005

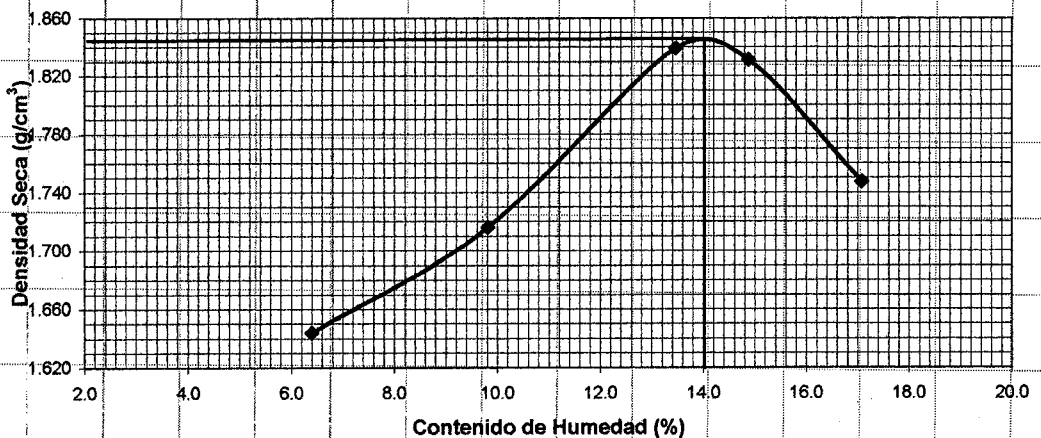
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	25
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3612.8	3739.0	3928.3	3944.4	3889.7
4.- Peso del molde (g)	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2	1977.2
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1635.6	1761.8	1951.1	1967.2	1912.5
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	935.2
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.749	1.884	2.086	2.104	2.045
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.644	1.716	1.839	1.831	1.747

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	70.60	88.30	71.80	87.00	72.40
2.- Tara + suelo seco (g)	68.40	84.70	67.40	80.10	66.80
3.- Peso del agua (g) (1-2)	2.20	3.60	4.40	6.90	5.60
4.- Peso de la tara (g)	34.00	48.00	34.70	33.70	34.00
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	34.40	36.70	32.70	46.40	32.80
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	6.40%	9.81%	13.46%	14.87%	17.07%

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.846
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	14.00



[Firma]
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE : S05 -377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 6

PROGRESIVA : Km 39 + 020

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.80

FECHA : 15/02/2005

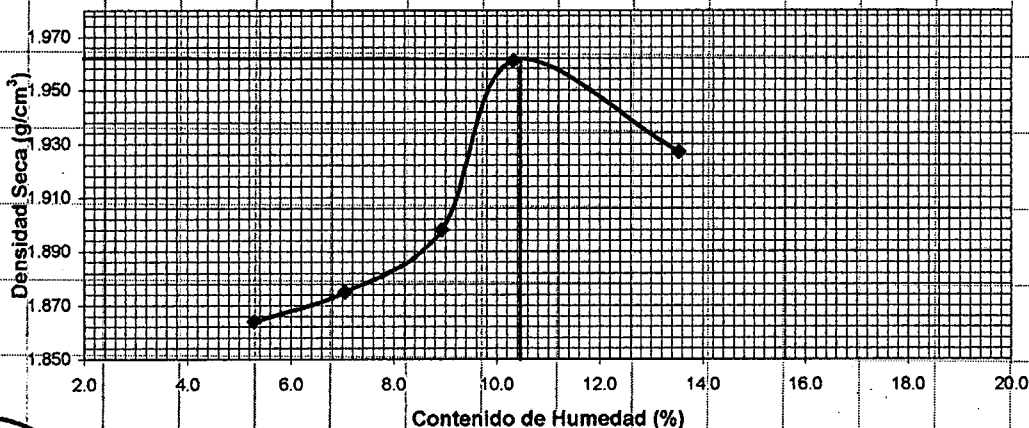
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	25
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3812.5	3854.6	3910.8	4000.0	4023.1
4.- Peso del molde (g)	1977.1	1977.1	1977.1	1976.7	1976.5
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1835.4	1877.5	1933.7	2023.3	2046.6
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	935.2
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.963	2.008	2.068	2.163	2.188
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.864	1.875	1.898	1.961	1.927

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	73.50	83.30	95.50	71.80	95.80
2.- Tara + suelo seco (g)	71.50	80.10	91.40	68.20	89.80
3.- Peso de agua (g) (1-2)	2.00	3.20	4.10	3.60	6.00
4.- Peso de la tara (g)	33.70	34.70	45.50	33.30	45.50
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	37.80	45.40	45.90	34.90	44.30
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	5.29%	7.05%	8.93%	10.32%	13.54%

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.962
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	10.40



ING. JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASA TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
 PROGRESIVA : Km 30 + 000
 PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.75

UBICACIÓN : CALICATA N° 7
 FECHA : 16/02/2005

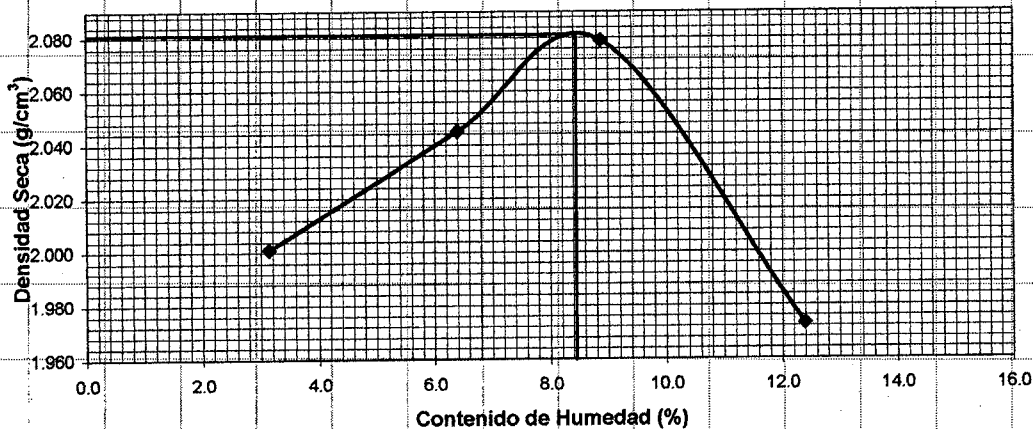
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3906.7	4011.6	4093.2	4050.8	
4.- Peso del molde (g)	1976.6	1976.6	1976.6	1976.6	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1930.1	2035.0	2116.6	2074.2	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	2.064	2.176	2.263	2.218	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	2.001	2.045	2.079	1.973	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	106.30	123.80	103.30	114.10	
2.- Tara + suelo seco (g)	104.10	119.10	97.70	106.80	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	2.20	4.70	5.60	7.30	
4.- Peso de la tara (g)	34.00	45.50	34.60	47.90	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	70.10	73.60	63.10	58.90	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	3.14%	6.39%	8.87%	12.39%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	2.082
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	8.40



(Firma manuscrita)
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 8

PROGRESIVA : Km 37 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 0.40

FECHA : 21/02/2005

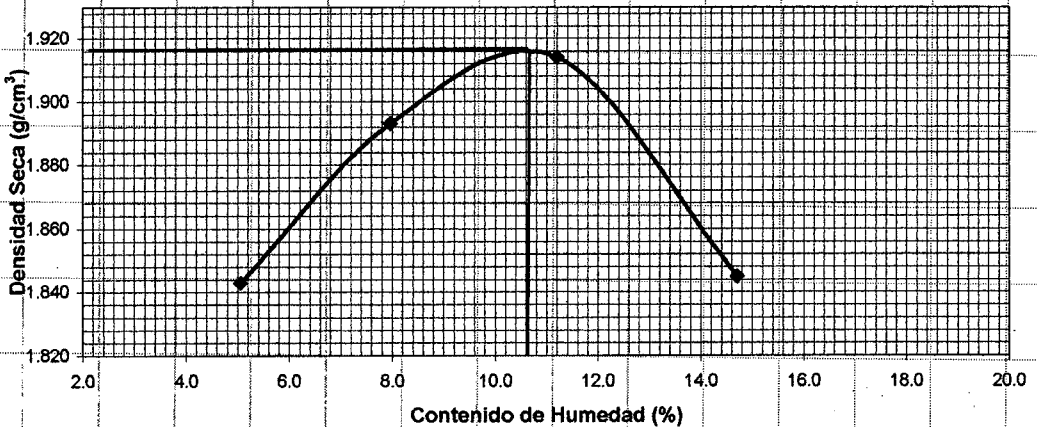
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3787.3	3888.0	3966.8	3955.4	
4.- Peso del molde (g)	1976.6	1976.6	1976.6	1976.6	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1810.7	1911.4	1990.2	1978.8	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.936	2.044	2.128	2.116	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.843	1.893	1.914	1.845	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	91.60	98.40	118.50	95.60	
2.- Tara + suelo seco (g)	88.80	94.50	111.40	87.70	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	2.80	3.90	7.10	7.90	
4.- Peso de la tara (g)	33.30	45.50	48.00	34.00	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	55.50	49.00	63.40	53.70	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	5.05%	7.96%	11.20%	14.71%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.916
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	10.60



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME I22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco
PROGRESIVA: Km 32 + 500
PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.60

UBICACIÓN: CALICATA N° 9
FECHA: 21/02/2005

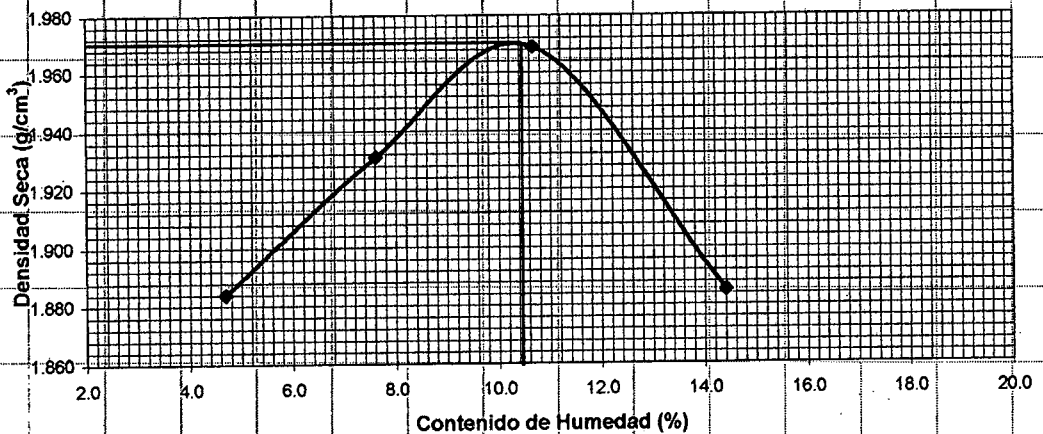
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3820.9	3919.7	4014.8	3993.8	
4.- Peso del molde (g)	1976.7	1976.7	1976.7	1976.7	
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1844.2	1943.0	2038.1	2017.1	
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.972	2.078	2.179	2.157	
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.884	1.931	1.969	1.885	

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	85.70	81.40	121.70	105.40	
2.- Tara + suelo seco (g)	83.90	78.00	114.60	96.50	
3.- Peso del agua (g) (1-2)	1.80	3.40	7.10	8.90	
4.- Peso de la tara (g)	45.50	33.30	48.00	34.70	
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	38.40	44.70	66.60	61.80	
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	4.69%	7.61%	10.66%	14.40%	

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.967
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	10.20



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (Proctor Modificado) ASTM D - 1557 (A)

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 10

PROGRESIVA: Km 32 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.00 - 0.50

FECHA: 23/02/2005

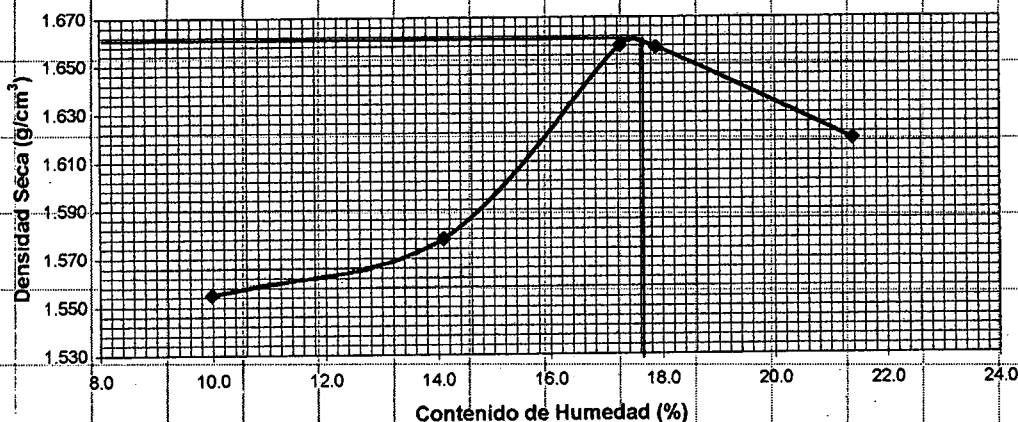
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- N° de Capas	5	5	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	25	25	25	25	25
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	3576.3	3660.4	3794.8	3803.4	3814.7
4.- Peso del molde (g)	1976.6	1976.6	1976.6	1976.6	1976.6
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	1599.7	1683.8	1818.2	1826.8	1838.1
6.- Volumen del molde (cm ³)	935.2	935.2	935.2	935.2	935.2
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.711	1.800	1.944	1.953	1.965
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.555	1.578	1.658	1.657	1.619

Humedad

Prueba N°	1	2	3	4	5
1.- Tara + suelo húmedo (g)	78.80	106.30	85.60	90.30	80.40
2.- Tara + suelo seco (g)	74.80	99.10	79.70	83.50	72.10
3.- Peso del agua (g) (1-2)	4.00	7.20	5.90	6.80	8.30
4.- Peso de la tara (g)	34.70	48.00	45.50	45.50	33.30
5.- Peso del suelo seco (g) (2-4)	40.10	51.10	34.20	38.00	38.80
6.- Contenido de Humedad (%) (3/5*100)	9.98%	14.09%	17.25%	17.89%	21.39%

Curva de Compactación



Máxima Densidad Seca (MDS) (g/cm ³)	1.662
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%)	17.60



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. N° 2

ANEXO G
Resultados de ensayos de CBR del suelo en estado natural
(MTC E-132 / ASTM D-1883)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 1

PROGRESIVA : Km 12 + 160

PROFUNDIDAD (m): 0.50 FECHA : 03/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	23	28	6
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6423	7773	7324
4.- Peso del molde (g)	4031.6	4014.0	4032.2
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4391.4	3759.0	3291.8
6.- Volumen del molde (cm³)	2104.0	2122.0	2111.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.067	1.771	1.559
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.890	1.630	1.429

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	23	28	6
1.- Tara N°	35	110	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	117.10	116.80	96.10
3.- Tara + suelo seco (g)	109.20	111.10	90.90
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	7.90	5.70	5.20
5.- Peso de la tara (g)	33.30	45.40	33.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	75.90	65.70	57.10
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.41	8.88	9.11

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	23	28	6
1.- Tara N°	110	34	Tara
2.- Tara + suelo húmedo (g)	113.80	119.40	101.10
3.- Tara + suelo seco (g)	100.30	103.30	85.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	13.50	16.10	15.70
5.- Peso de la tara (g)	45.50	42.10	33.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	54.80	61.20	51.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	24.64	26.31	30.25

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	23	28	6
Inicio	03-03-05	04:00 p.m.	1.800	1.800	1.800
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	08-03-05	11:00 a.m.	1.721	1.754	1.891
Expansión (%)			4.39	2.56	5.06
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ piñón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ piñón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 23		Molde N° 28		Molde N° 6	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.090		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		3.0	5.78	2.0	3.85	2.0	3.85
0.050		6.3	12.13	6.0	11.55	3.5	6.74
0.075		9.0	17.33	9.0	17.33	5.0	9.83
0.100	1000	14.0	26.95	14.0	26.95	7.0	13.49
0.150		38.0	69.31	25.0	48.13	9.0	17.33
0.200	1500	39.0	75.09	34.0	65.46	11.0	21.18
0.250		50.0	96.27	42.0	80.88	12.0	23.10
0.300	1900	61.0	117.45	47.0	90.49	14.0	26.95
0.400	2300	78.0	150.18	58.0	111.67	16.0	30.81
0.500	2600	96.0	184.83	70.0	134.77	19.0	36.58



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05-377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBACE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 03/03/2005

PROGRESIVA : Km 12 + 160

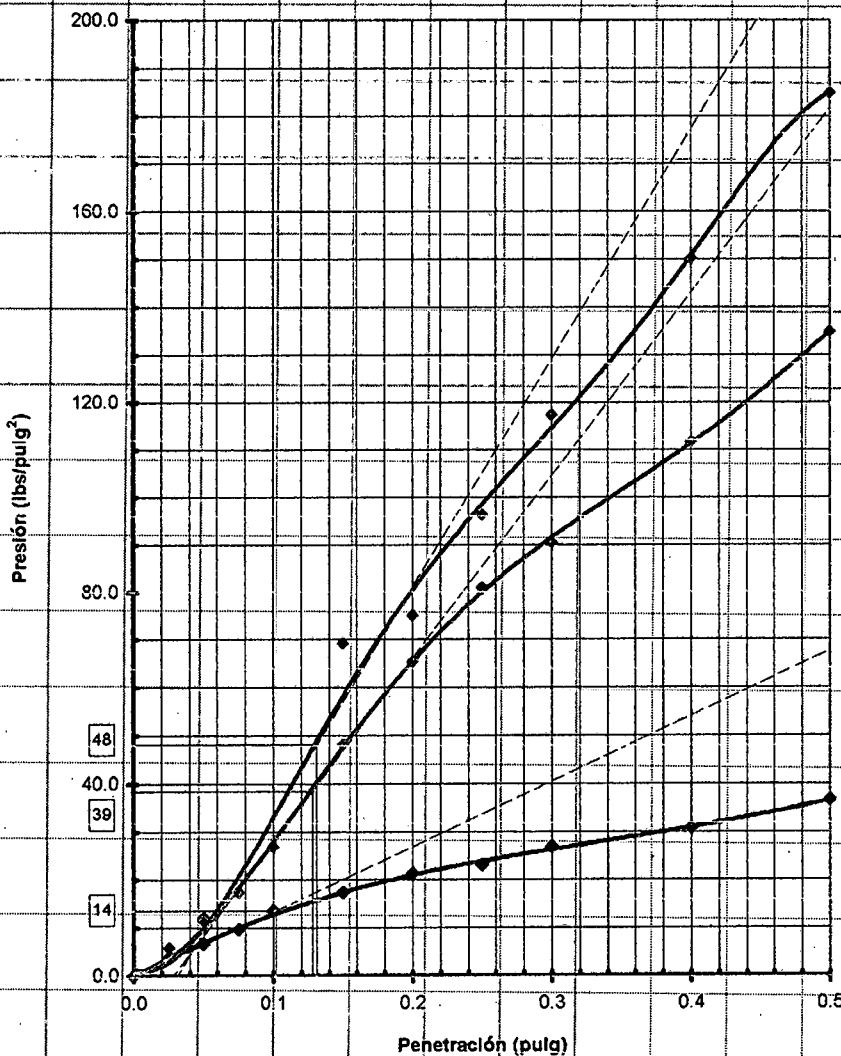
PROFUNDIDAD (m): 0.50

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-1

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



48
39
14

56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

CBR 0.1" =

4.8

3.9

1.4

JOSE WILFREDO GUTIERREZ-LAZA





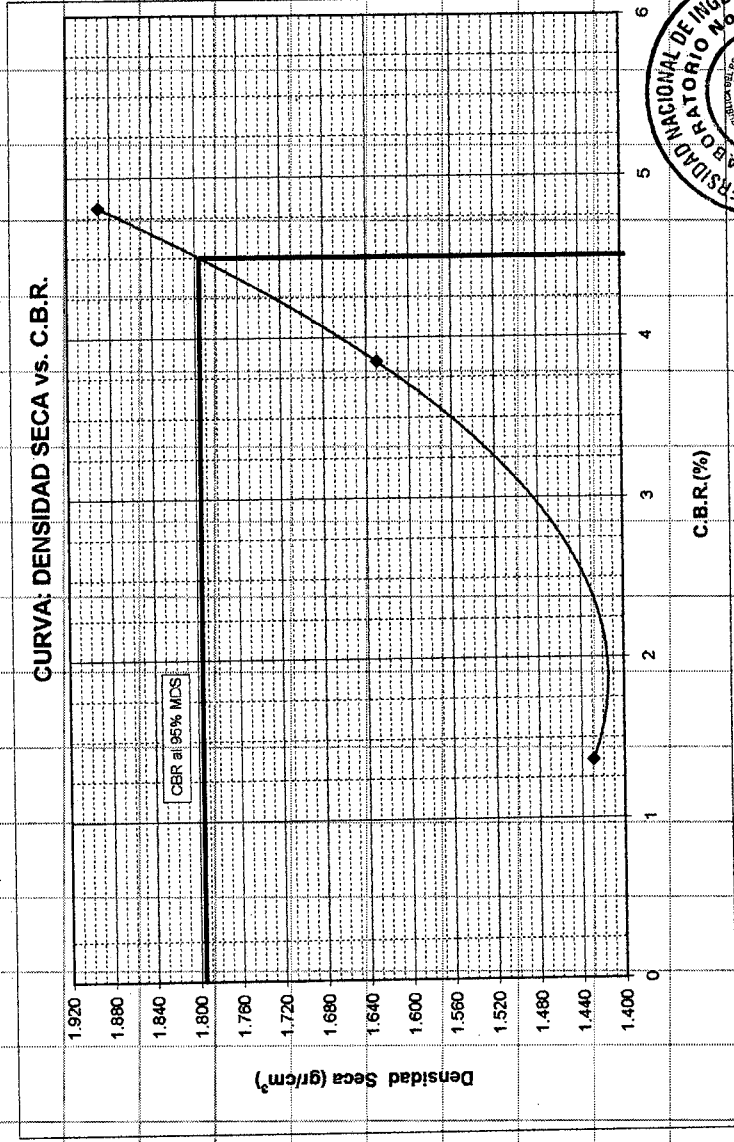
EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
 : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 03 de marzo del 2005
 PROGRESIVA (Km) : 12 + 160

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-1
Muestra : Suelo Patrón (SP - 1)
Prof. (m) : 0.50

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.890
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 4.8
 CBR al 95% de la MDS (%) : 4.5



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 2

PROGRESIVA : Km 12 + 200

PROFUNDIDAD (m): 0.70

FECHA : 15/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	23	28	6
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6334	6164	7871
4.- Peso del molde (g)	4029.1	4011.3	4030.7
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4304.9	4152.7	3840.3
6.- Volumen del molde (cm³)	2104.0	2122.0	2111.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.046	1.957	1.819
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.822	1.750	1.620

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	23	28	6
1.- Tara N°	Tara	34	110
2.- Tara + suelo húmedo (g)	98.50	157.30	110.50
3.- Tara + suelo seco (g)	91.40	145.10	103.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	7.10	12.20	7.10
5.- Peso de la tara (g)	33.80	42.20	45.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	57.80	102.90	57.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.28	11.86	12.26

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	23	28	6
1.- Tara N°	M - 2	96	30
2.- Tara + suelo húmedo (g)	126.50	100.60	103.10
3.- Tara + suelo seco (g)	113.20	86.40	87.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	13.30	14.20	15.30
5.- Peso de la tara (g)	36.10	18.70	21.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	77.10	67.70	66.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	17.25	20.97	22.97

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	23	28	6
Inicio	15-03-05	01:00 p.m.	1.701	1.600	1.810
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	16-03-05	03.15 p.m.	1.656	1.556	1.754
Expansión (%)			2.53	4.00	3.09
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 23		Molde N° 28		Molde N° 6	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	2.0	3.85	2.0	3.85
0.050		5.0	9.63	3.0	5.78	5.0	9.63
0.075		10.0	19.25	5.0	9.63	7.0	13.48
0.100	1000	26.0	50.06	9.0	15.40	14.0	26.95
0.150		78.0	150.18	20.0	39.51	22.0	42.36
0.200	1500	125.0	240.67	36.0	69.31	28.0	53.91
0.250		187.0	321.53	50.0	98.27	33.0	63.54
0.300	1990	200.0	395.07	59.0	113.59	37.0	71.24
0.400	2300	249.0	478.41	77.0	148.25	45.0	86.64
0.500	2600	282.0	542.94	91.0	175.21	52.0	100.12



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05-377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 15/03/2005

PROGRESIVA : Km 12 + 200

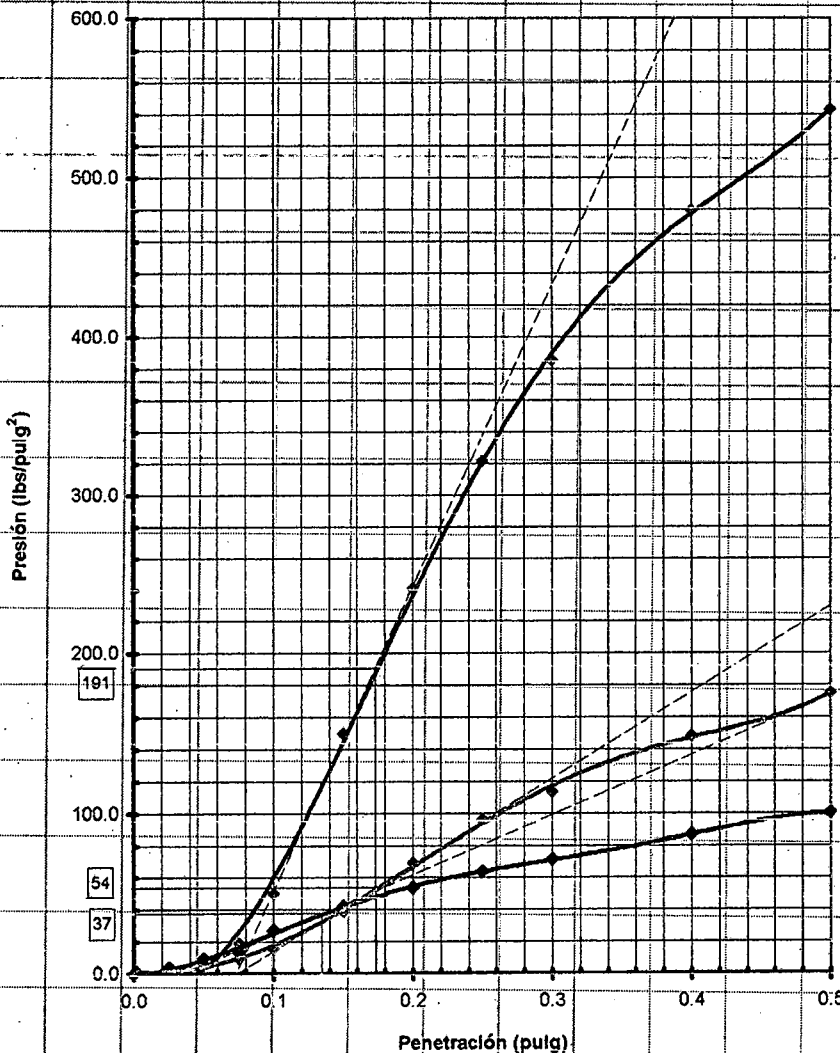
PROFUNDIDAD (m): 0.70

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-2

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



Presión (lbs/pulg²)

Penetración (pulg)

56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

CBR 0.1" = 19.1 5.4 3.7

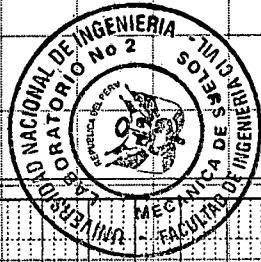
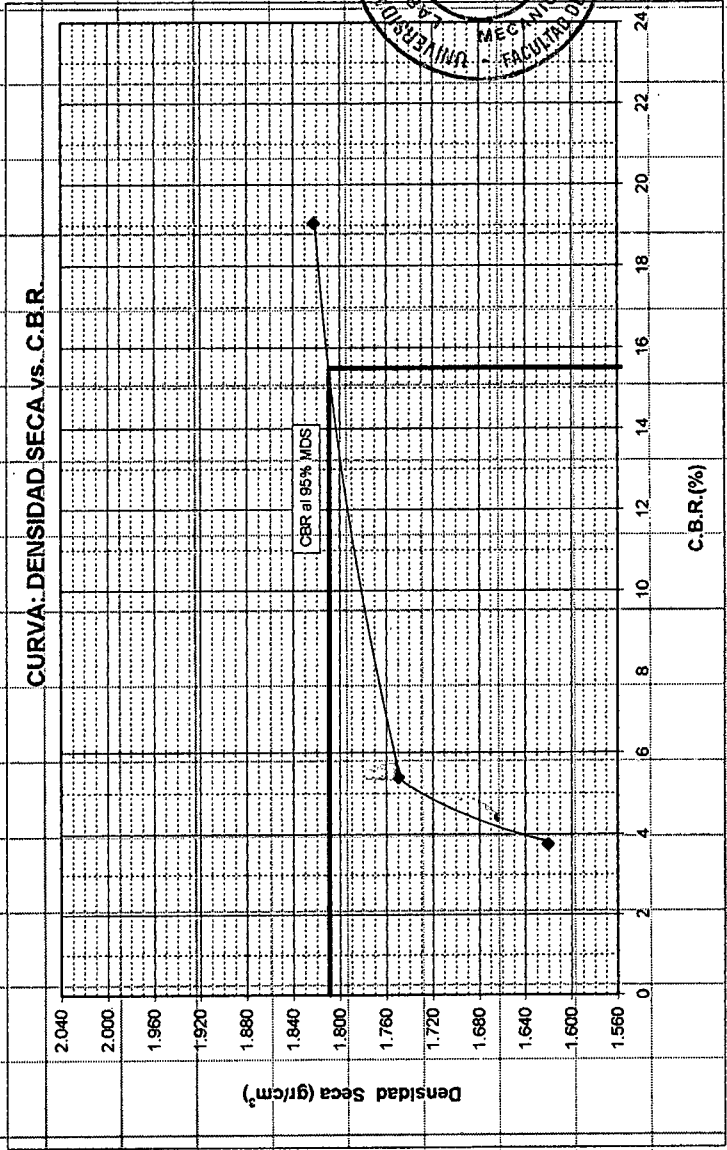
Jose Wilfredo Gutierrez Lazare

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE





EXPEDIENTE PROYECTO	S05 - 377 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	
UBICACIÓN	San Rafael - Huánuco	
FECHA	15 de marzo del 2005	12 + 200
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91		
Calicata	C-2	1.904
Muestra	Suelo Patrón (SP - 2)	12.0
Prof. (m)	0.70	19.1
		15.5



Jose Wilfredo Gutierrez Lazare



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 3

PROGRESIVA : Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m) : 0.60

FECHA : 17/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 3)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	22	24	27
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8252	8144	7785
4.- Peso del molde (g)	3939.0	4033.0	3939.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4313.0	4111.0	3858.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2111.0	2101.0	2137.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.043	1.957	1.804
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.819	1.740	1.617

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	22	24	27
1.- Tara N°	Tara	34	110
2.- Tara + suelo húmedo (g)	94.60	134.10	113.60
3.- Tara + suelo seco (g)	87.90	123.90	106.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	6.70	10.20	7.10
5.- Peso de la tara (g)	33.50	42.10	45.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	54.40	81.80	61.10
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.32	12.47	11.62

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	22	24	27
1.- Tara N°	T - 21	Tara	34
2.- Tara + suelo húmedo (g)	111.00	113.30	122.80
3.- Tara + suelo seco (g)	89.30	98.30	106.30
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	11.70	15.00	16.50
5.- Peso de la tara (g)	43.10	33.60	42.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	58.20	64.70	64.10
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	20.82	23.18	25.74

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	22	24	27
Inicio	17-03-05	03:00 p.m.	1.740	1.831	1.819
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	21-03-05	12:00 p.m.	1.807	1.688	1.694
Expansión (%)			7.64	7.81	6.87
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ plón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K anillo}) / \sigma \text{ plón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 22		Molde N° 24		Molde N° 8	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	2.0	3.85	1.0	1.93
0.050		3.0	5.78	4.0	7.70	1.5	2.89
0.075		7.0	13.48	6.0	11.55	2.0	3.85
0.100	1000	10.0	19.25	9.0	17.33	4.0	7.70
0.150		25.0	48.13	17.0	32.73	7.0	13.48
0.200	1500	52.0	100.12	30.0	57.76	10.0	18.25
0.250		81.0	155.95	42.0	80.88	13.0	25.03
0.300	1900	103.0	199.31	51.0	99.19	18.0	34.66
0.400	2300	134.0	257.89	68.0	130.92	25.0	48.13
0.500	2600	184.0	315.75	84.0	161.73	31.0	59.69



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 17/03/2005

PROGRESIVA : Km 12 + 400

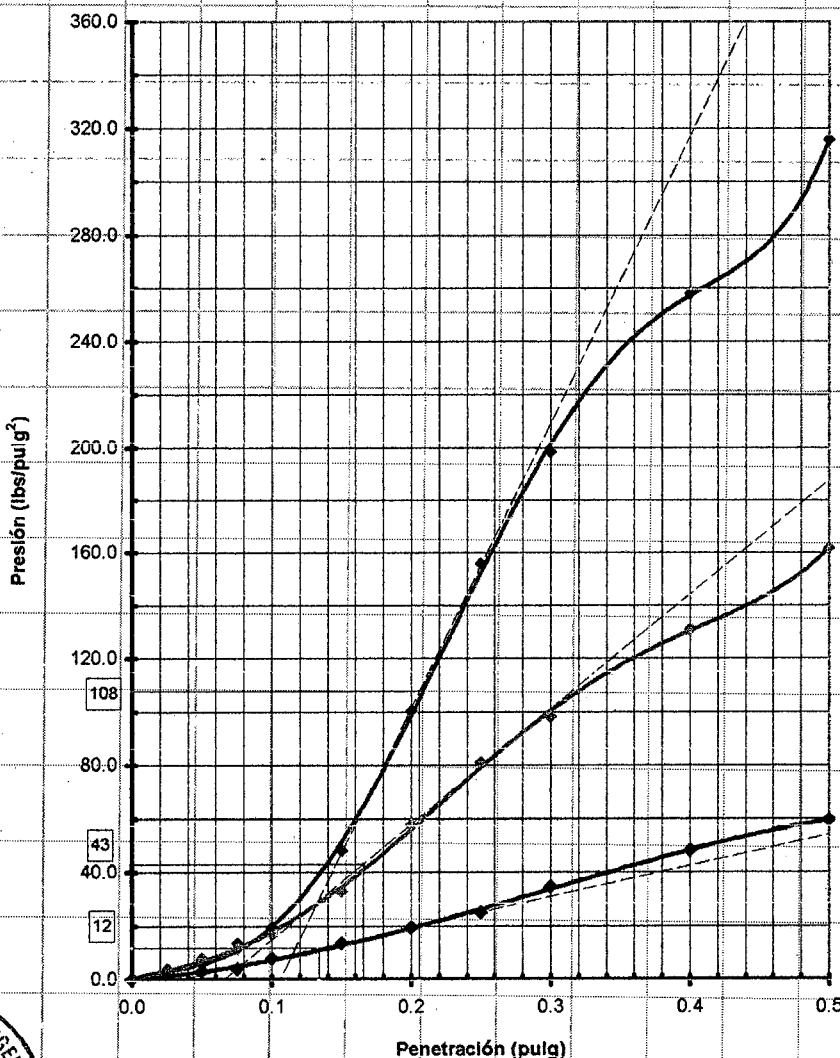
PROFUNDIDAD (m): 0.60

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 3)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-3

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



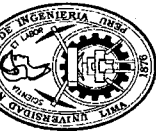
CBR 0.1" =

56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

10.8 4.3 1.2

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LA

ING. TITULO DEL T. A. B. N.



SOLICITADO PROYECTO

: S05 - 377

: Mejoramiento de Caminós no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN

: San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA (Km) : 12 + 400

FECHA

: 17 de marzo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicarte : C-3

Muestra : Suelo Patrón (SP - 3)

Prof. (m) : 0.60

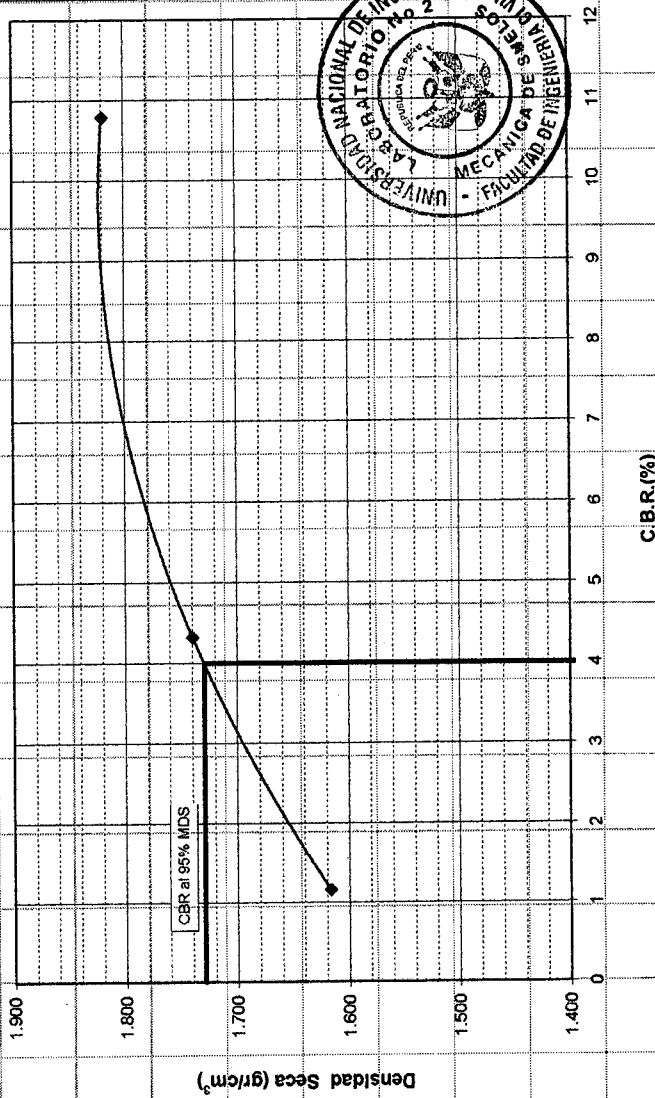
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.820

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.7

CBR al 100% de la MDS (%) : 10.8

CBR al 95% de la MDS (%) : 4.0

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Handwritten signature

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 4

PROGRESIVA : Km 10 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.60 FECHA : 18/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 4)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	15	31	32
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6479	8165	7969
4.- Peso del molde (g)	4055.0	3984.0	4119.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4424.0	4201.0	3870.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2117.0	2108.0	2111.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.090	1.993	1.833
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.880	1.794	1.658

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	15	31	32
1.- Tara N°	Tara	34	110
2.- Tara + suelo húmedo (g)	107.20	123.30	120.80
3.- Tara + suelo seco (g)	98.80	115.20	113.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	7.40	8.10	7.20
5.- Peso de la tara (g)	33.50	42.10	45.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	66.30	73.10	68.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	11.16	11.08	10.56

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	15	31	32
1.- Tara N°	35	110	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	112.80	132.50	88.30
3.- Tara + suelo seco (g)	98.70	115.80	77.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	13.80	16.70	10.80
5.- Peso de la tara (g)	33.30	45.50	34.00
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	65.40	70.30	43.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	21.25	23.76	24.83

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	15	31	32
Inicio	18-03-05	03:30 p.m.	1.800	1.701	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	21-03-05	12:00 p.m.	1.632	1.512	1.503
Expansión (%)			9.33	11.11	6.06
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 15		Molde N° 31		Molde N° 32	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.0	1.93	1.0	1.93
0.050		3.0	5.78	2.0	3.85	2.5	4.81
0.075		5.0	9.63	3.0	5.78	4.0	7.70
0.100	1000	8.0	15.40	4.0	7.70	6.0	11.55
0.150		15.0	29.88	8.0	15.40	10.0	19.25
0.200	1500	25.0	48.13	12.0	23.10	14.0	26.95
0.250		41.0	78.94	19.0	36.58	18.0	34.66
0.300	1800	54.0	103.97	25.0	48.13	23.0	44.29
0.400	2300	79.0	152.10	37.0	71.24	32.0	61.61
0.500	2800	101.0	194.46	48.0	92.42	40.0	77.01



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 18/03/2005

PROGRESIVA : Km 10 + 000

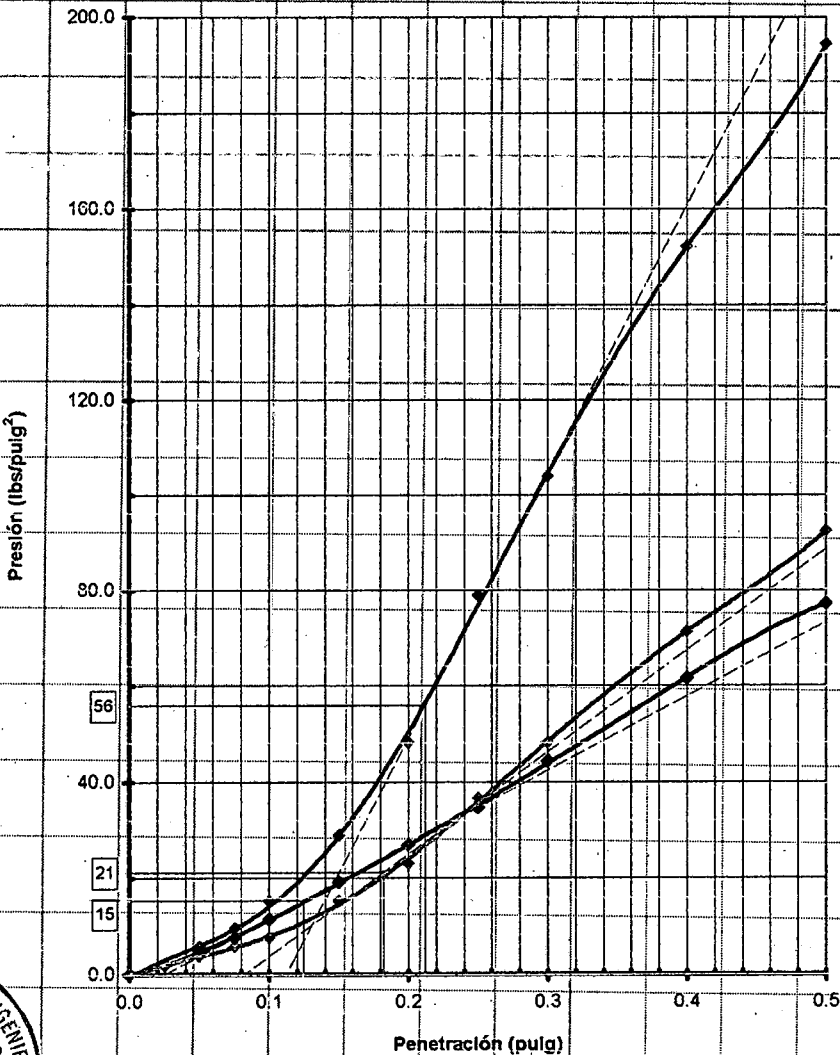
PROFUNDIDAD (m): 0.60

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 4)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-4

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

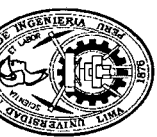
56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

5.6

2.1

1.5

ING. JEFE DEL LAB. No. 2



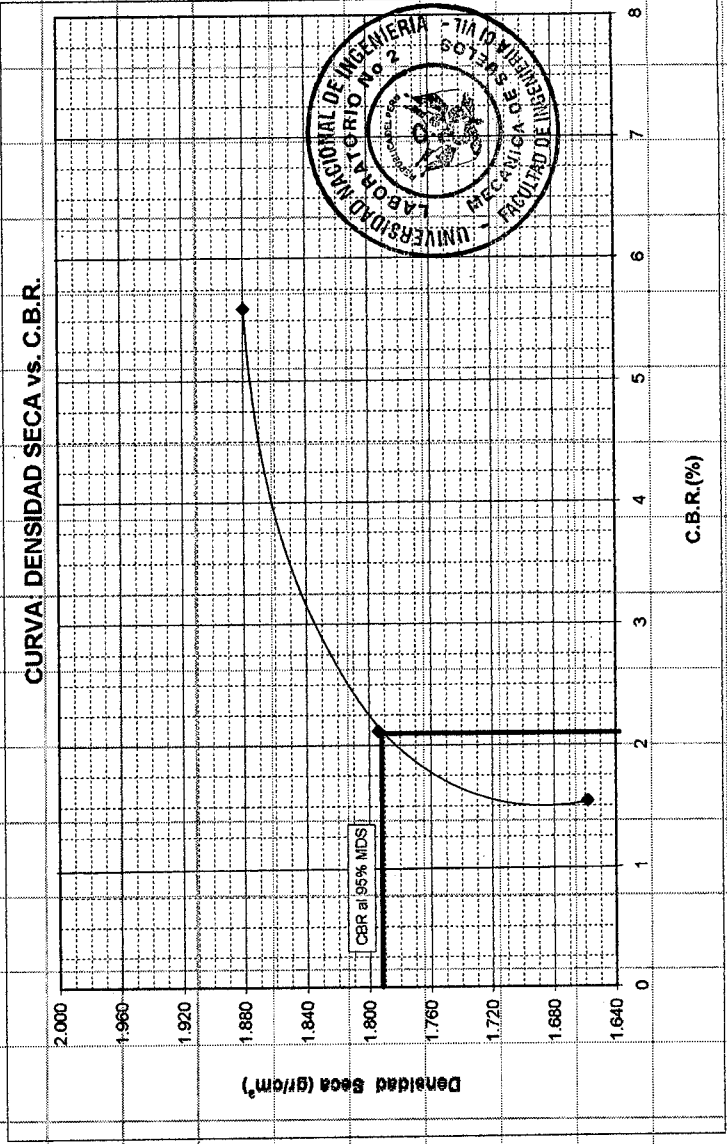
SOLICITADO PROYECTO

: S05 - 377
 : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERIMAZIME 22x y el PROBASE TX-55
 : San Rafael - Huánuco
 : PROGRESIVA (Km) : 10 + 000
 : FECHA : 18 de marzo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicasta : C-4
 Muestra : Suelo Patron (SP - 4)
 Prof. (m) : 0.60

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.886
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.6
 CBR al 100% de la MDS (%) : 5.6
 CBR al 95% de la MDS (%) : 2.1



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 5

PROGRESIVA : Km - 10 + 040

PROFUNDIDAD (m): 0.40

FECHA : 23/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 5)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	15	22	24
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8328	6025	7867
4.- Peso del molde (g)	4054.0	3931.0	4027.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4274.0	4094.0	3840.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2117.0	2111.0	2101.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.019	1.939	1.826
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.770	1.714	1.611

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	15	22	24
1.- Tara N°	Tara	34	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	114.00	136.80	110.70
3.- Tara + suelo seco (g)	104.10	125.90	101.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.90	11.00	9.10
5.- Peso de la tara (g)	33.60	42.20	34.00
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	70.50	83.70	67.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	14.04	13.14	13.48

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	15	22	24
1.- Tara N°	96	80	110.00
2.- Tara + suelo húmedo (g)	85.10	75.70	101.70
3.- Tara + suelo seco (g)	72.90	64.70	90.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.20	11.00	11.10
5.- Peso de la tara (g)	18.70	21.20	45.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	54.20	43.50	45.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	22.51	25.29	24.50

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	15	22	24
Inicio	23-03-05	12:45 p.m	1.500	1.700	1.700
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	29-03-05	2:30 p.m	1.375	1.537	1.600
Expansión (%)			8.33	9.59	5.88
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 15		Molde N° 22		Molde N° 24	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	2.0	3.85	1.0	1.93
0.050		5.0	9.63	4.0	7.70	3.0	5.78
0.075		9.0	17.33	6.0	11.55	6.0	11.55
0.100		12.0	23.10	8.0	15.40	9.0	17.33
0.150	1000	27.0	51.98	12.0	23.10	14.0	26.95
0.200	1500	43.0	82.79	19.0	36.58	21.0	40.43
0.250		62.0	119.37	27.0	51.98	27.0	51.98
0.300	1900	78.0	150.19	35.0	67.39	32.0	61.61
0.400	2300	110.0	211.79	49.0	94.34	43.0	82.79
0.500	2600	135.0	259.92	62.0	119.37	51.0	98.19



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 23/03/2005

PROGRESIVA : Km 10 + 040

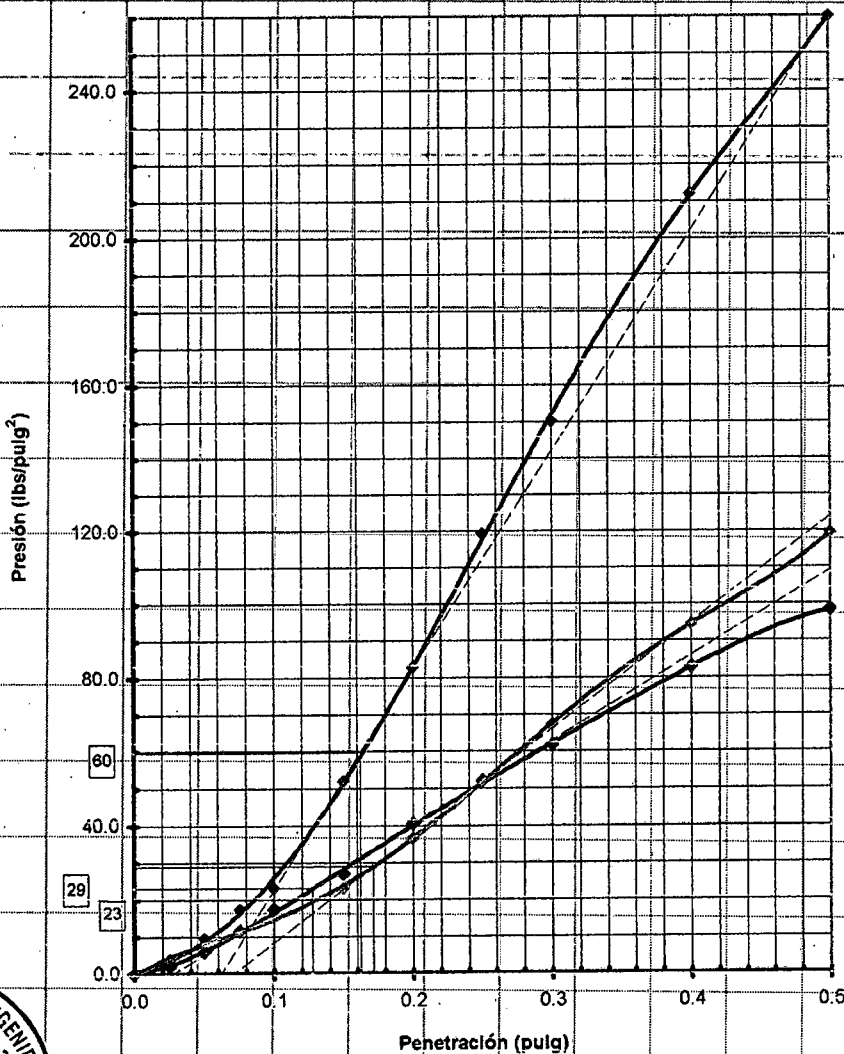
PROFUNDIDAD (m): 0.40

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 5)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-5

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

6.0

2.9

2.3

ING. JEFF DEL LAB. No. 2

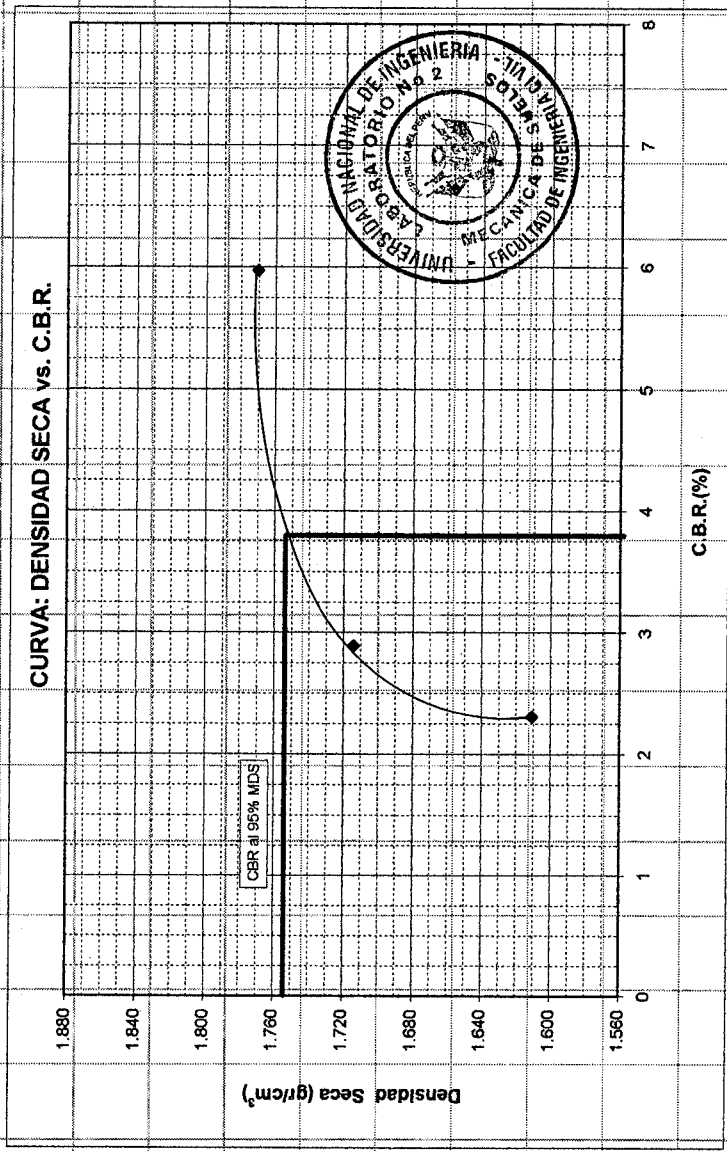


SOLICITADO PROYECTO	S05 - 377 Mejoramiento de Caminitos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55
UBICACIÓN	San Rafael - Huánuco
FECHA	23 de marzo del 2005
	PROGRESIVA (Km) : 10 + 040

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicota : C-5
 Muestra : Suelo Patrón (SP - 5)
 Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 14.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 6.0
 CBR al 95% de la MDS (%) : 3.8



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 6

PROGRESIVA : Km 39 + 020

PROFUNDIDAD (m): 0.80

FECHA : 28/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 6)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	8	23	28
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8508	6351	7897
4.- Peso del molde (g)	4049.0	4007.0	3989.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4459.0	4344.0	3908.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2121.0	2104.0	2122.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.102	2.065	1.842
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.824	1.855	1.680

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	8	23	28
1.- Tara N°	80	96	B - 56
2.- Tara + suelo húmedo (g)	91.80	108.50	117.20
3.- Tara + suelo seco (g)	85.80	97.60	111.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	6.00	8.90	6.00
5.- Peso de la tara (g)	21.20	18.70	44.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	64.60	78.90	67.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	9.29	11.28	8.95

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	8	23	28
1.- Tara N°	96	80	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	89.20	91.00	89.90
3.- Tara + suelo seco (g)	77.80	79.20	80.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	11.40	11.80	9.40
5.- Peso de la tara (g)	18.80	21.20	34.00
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	59.00	58.00	46.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	19.32	20.34	20.22

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	8	23	28
Inicio	28-03-05	05:40 p.m	1 802	1 671	1 724
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	30-03-05	11:40 a.m	1.732	1.582	1.648
Expansión (%)			3.88	4.73	4.41
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times K \text{ anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 8		Molde N° 23		Molde N° 28	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.5	2.89	1.0	1.93
0.050		3.0	5.78	3.5	6.74	2.0	3.85
0.075		9.0	17.33	7.0	13.48	4.0	7.70
0.100	1000	16.0	30.81	11.0	21.18	6.0	11.55
0.150		54.0	103.97	31.0	59.69	9.0	17.33
0.200	1500	99.0	190.61	52.0	100.12	14.0	26.95
0.250		135.0	259.92	71.0	136.70	18.0	34.66
0.300	1900	161.0	309.99	89.0	171.35	23.0	44.29
0.400	2300	210.0	404.32	122.0	234.89	32.0	61.61
0.500	2600	278.0	531.39	158.0	304.20	42.0	80.86



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05-377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 28/03/2005

PROGRESIVA : Km 39 + 020

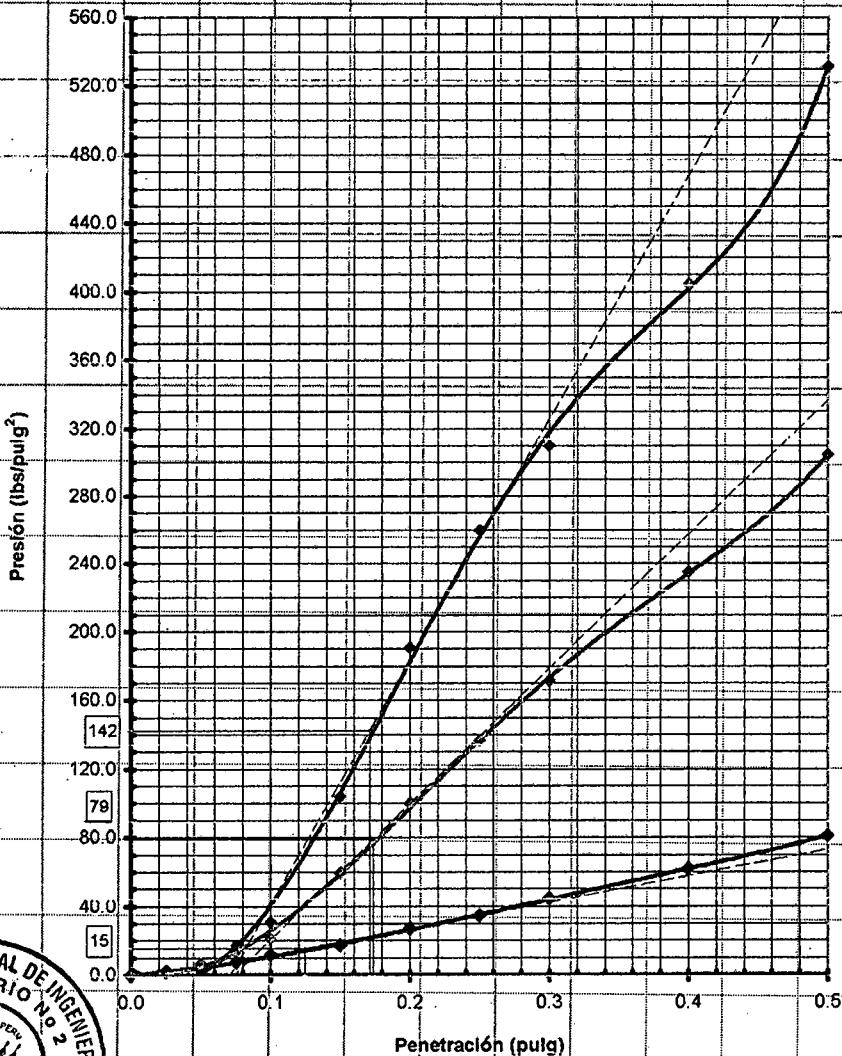
MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 6)

PROFUNDIDAD (m): 0.80

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

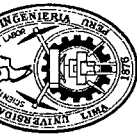
Calicata : C-6

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" = 56 GOLPES = 14.2 25 GOLPES = 7.9 10 GOLPES = 1.5

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO

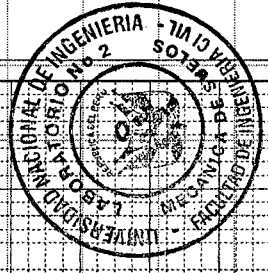
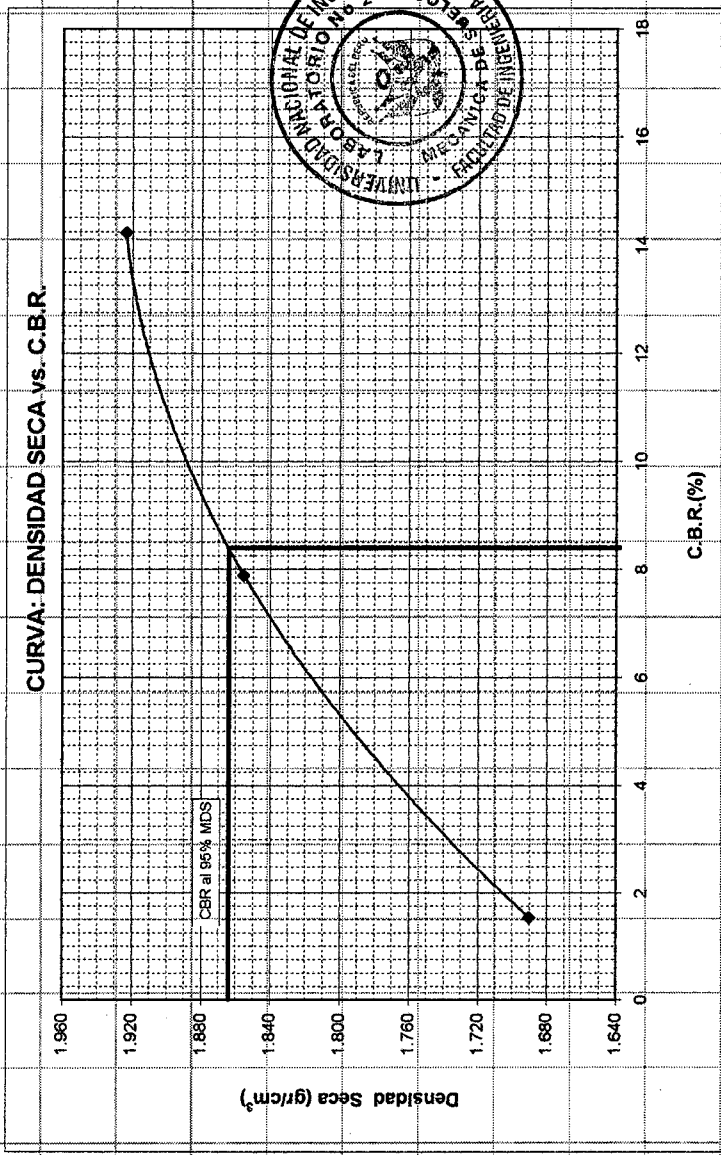
S05 - 377
Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55 San Rafael - Huánuco PROGRESIVA (Km) : 39 + 020
28, marzo del 2005

UBICACIÓN FECHA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calif. : C-6
Muestra : Suelo Patrón (SP - 6)
Prof. (m) : 0.80

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.962
Óptimo Contenido de Humedad (%) 10.4
CBR al 100% de la MDS (%) 14.2
CBR al 95% de la MDS (%) 8.4



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 7

PROGRESIVA : Km 38 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.75 FECHA : 28/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 7)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R. Compactación

Molde N°	6	26	29
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6674	6358	6106
4.- Peso del molde (g)	4010.0	3933.0	3907.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4664.0	4425.0	4199.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2111.0	2081.0	2119.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.209	2.128	1.962
8.- Densidad Seca (g/cm³)	2.060	1.972	1.839

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	6	26	29
1.- Tara N°	T - 21	N - 10	110
2.- Tara + suelo húmedo (g)	124.20	104.10	140.20
3.- Tara + suelo seco (g)	118.70	99.00	133.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	5.50	5.10	6.80
5.- Peso de la tara (g)	43.10	34.00	45.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	75.60	65.00	87.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	7.28	7.85	7.74

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	6	26	29
1.- Tara N°	T - 1	35	110.00
2.- Tara + suelo húmedo (g)	145.20	97.00	115.00
3.- Tara + suelo seco (g)	134.50	89.70	105.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	10.70	7.30	9.60
5.- Peso de la tara (g)	43.10	33.30	45.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	91.40	56.40	59.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	11.71	12.94	16.03

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	6	26	29
Inicio	28-03-05	01:15 p.m	1.700	1.752	1.700
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	30-03-05	11:40 a.m	1.680	1.733	1.678
Expansión (%)			1.18	1.08	1.29
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776 ϕ pison = 3°
 σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / ϕ pison

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 6		Molde N° 26		Molde N° 29	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		8.0	15.40	8.0	15.40	3.0	5.78
0.050		70.0	134.77	29.0	55.83	10.0	19.25
0.075		138.0	265.70	62.0	119.37	13.0	25.03
0.100	1000	210.0	404.32	95.0	182.91	18.0	34.66
0.150		315.0	606.48	140.0	269.55	26.0	50.06
0.200	1500	405.0	779.76	177.0	340.78	32.0	61.61
0.250		505.0	972.29	211.0	406.25	38.0	73.16
0.300	1900	602.0	1159.05	244.0	469.78	44.0	84.71
0.400	2300	771.0	1484.43	323.0	621.88	55.0	105.89
0.500	2800	868.0	1671.19	400.0	770.13	71.0	136.70



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMÁZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 28/03/2005

PROGRESIVA : Km 38 + 000

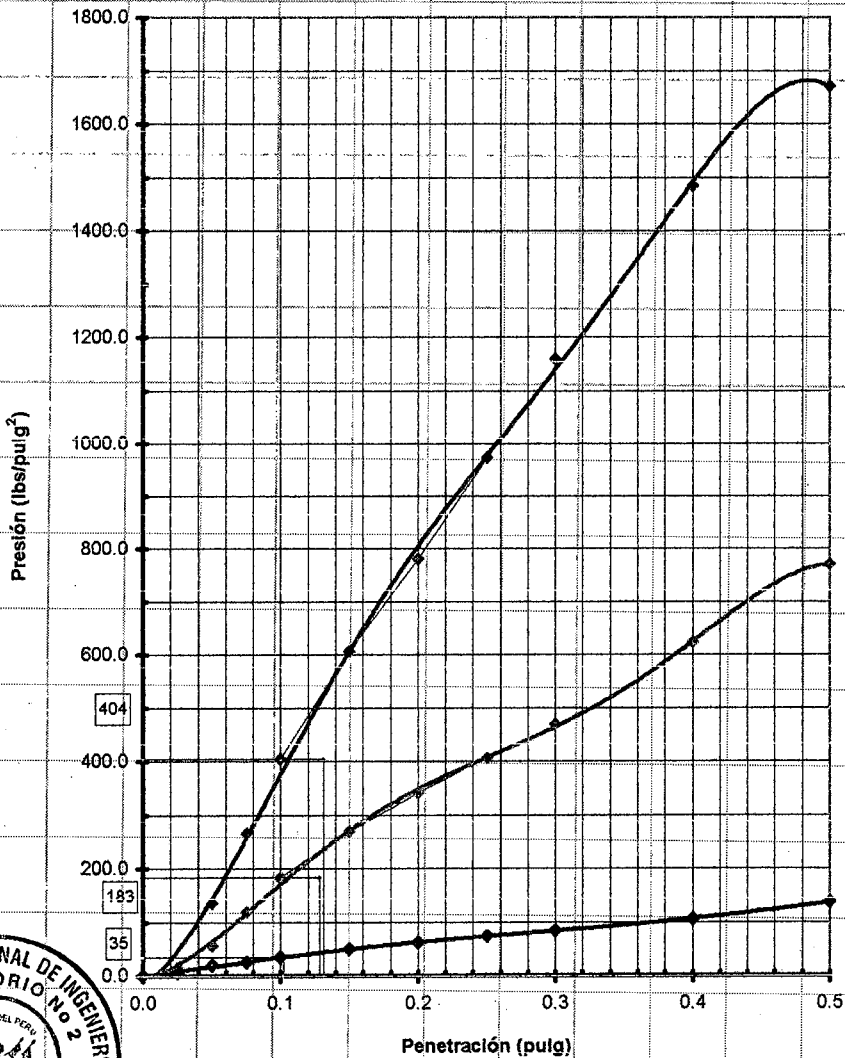
PROFUNDIDAD (m): 0.75

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 7)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-7

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES

40.4

25 GOLPES

18.3

10 GOLPES

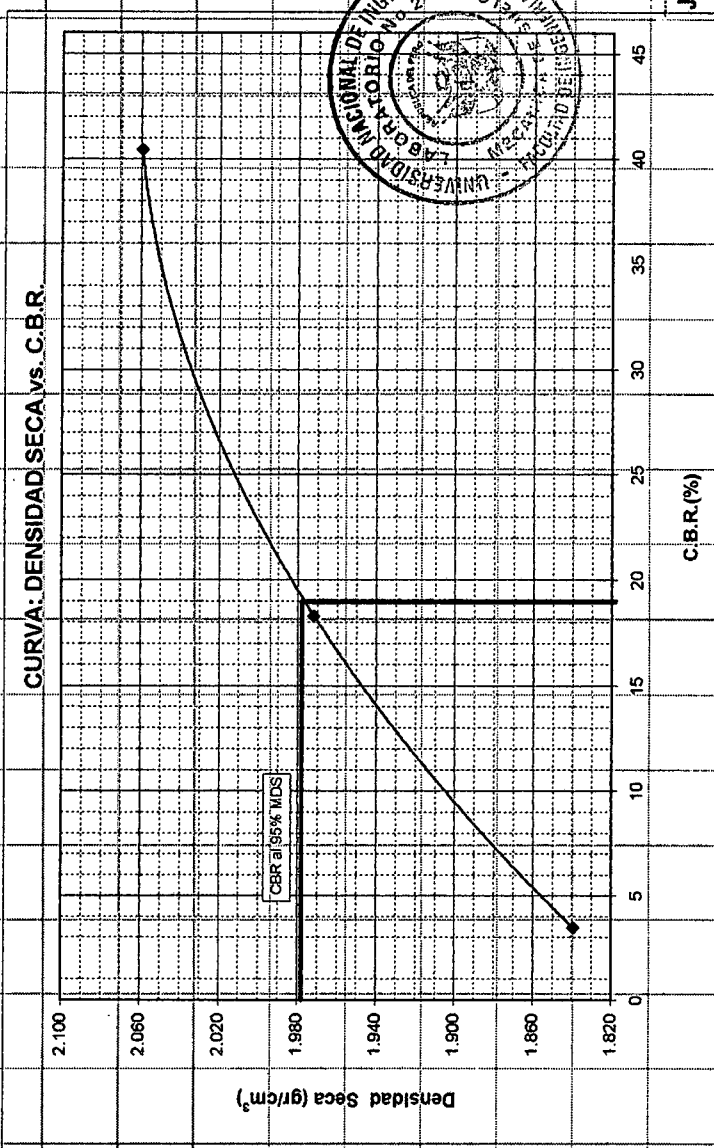
3.5

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES



EXPEDIENTE PROYECTO	S05 -377	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	San Rafael - Huánuco	PROGRESIVA (Km) : 38+000	
UBICACIÓN					
FECHA	28 de marzo del 2005				
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91					
Calicata	C-7	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.082		
Muestra	Suelo Patrón (SP-7)	Óptimo-Contenido-de-Humedad (%)	8.4		
Prof. (m)	0.75	CBR al 100% de la MDS (%)	40.4		
		CBR al 95% de la MDS (%)	19.0		



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. N° 2
 Mecánica de Suelos - UVI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km - 37 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.40

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 8)

UBICACIÓN : CALICATA N° 8

FECHA : 31/03/2005

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	15	22	24
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6510	6175	7670
4.- Peso del molde (g)	4055.0	3930.0	4030.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4455.0	4245.0	3940.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2117.0	2111.0	2101.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.104	2.011	1.875
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.815	1.826	1.690

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	15	22	24
1.- Tara N°	M - 2	Tara	B - 56
2.- Tara + suelo húmedo (g)	105.20	110.80	115.90
3.- Tara + suelo seco (g)	99.00	103.70	108.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	6.20	7.10	7.10
5.- Peso de la tara (g)	36.20	33.50	44.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	62.80	70.20	64.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	9.87	10.11	10.99

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	15	22	24
1.- Tara N°	35	B - 56	80.00
2.- Tara + suelo húmedo (g)	89.00	115.20	88.50
3.- Tara + suelo seco (g)	80.00	102.30	75.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.00	12.90	13.00
5.- Peso de la tara (g)	33.30	44.30	21.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	46.70	58.00	54.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	19.27	22.24	23.99

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	15	22	24
Inicio	31-03-05	12:20 p.m	1.600	1.500	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	05-04-05	12:30 p.m	1.450	1.340	1.480
Expansión (%)			9.38	10.67	7.50
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

ϕ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / ϕ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 15		Molde N° 22		Molde N° 24	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.0	1.93	1.0	1.93
0.050		3.5	6.74	3.0	5.78	2.0	3.85
0.075		8.0	15.40	5.0	9.63	3.5	6.74
0.100	1000	13.0	25.03	8.0	15.40	5.0	9.63
0.150		31.0	59.69	15.0	28.88	9.0	17.33
0.200	1500	58.0	111.67	28.0	53.91	12.0	23.10
0.250		80.0	154.03	36.0	69.31	16.0	30.81
0.300	1800	100.0	192.53	44.0	84.71	20.0	39.51
0.400	2300	132.0	254.14	57.0	109.74	26.0	50.08
0.500	2600	168.0	323.46	70.0	134.77	33.0	63.54



[Handwritten Signature]

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 31/03/2005

PROGRESIVA: Km 37+000

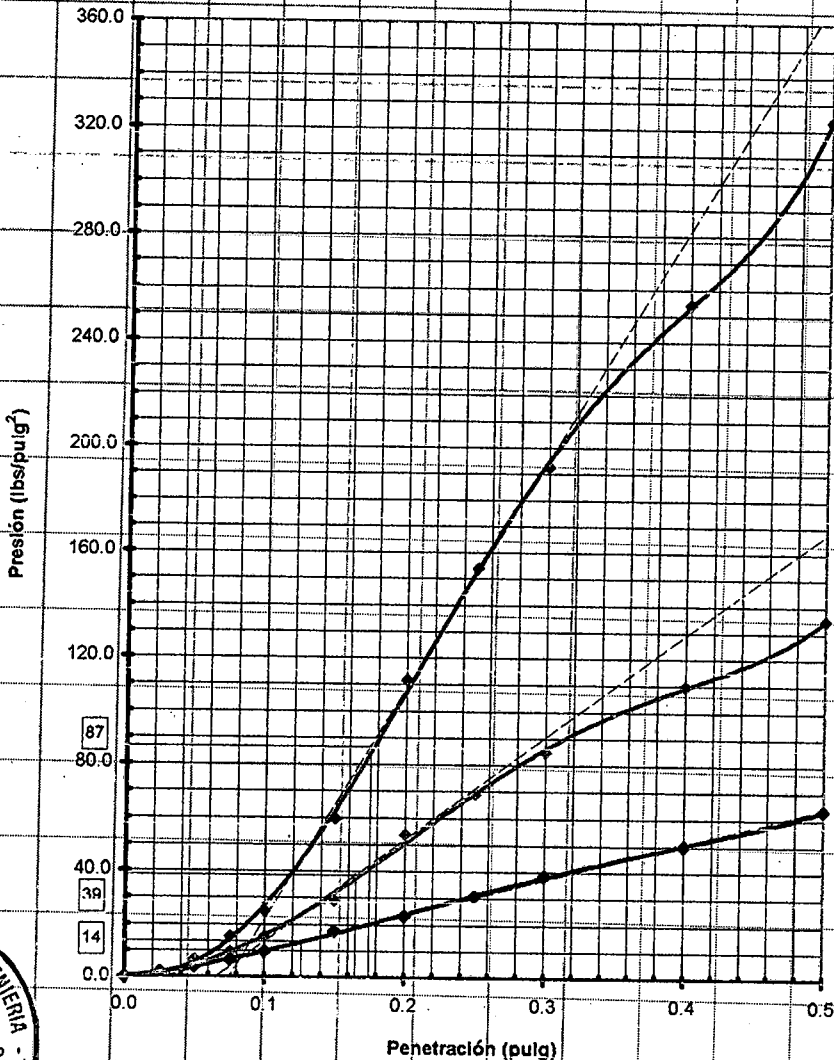
PROFUNDIDAD (m): 0.40

MUESTRA: Suelo Patrón (SP - 8)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

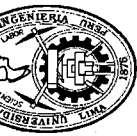
Calicata : C-8

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" = 56 GOLPES 8.7 25 GOLPES 3.9 10 GOLPES 1.4

ING. JEFE DEL LAB. No. 2
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR



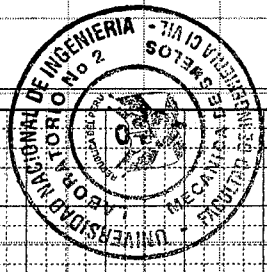
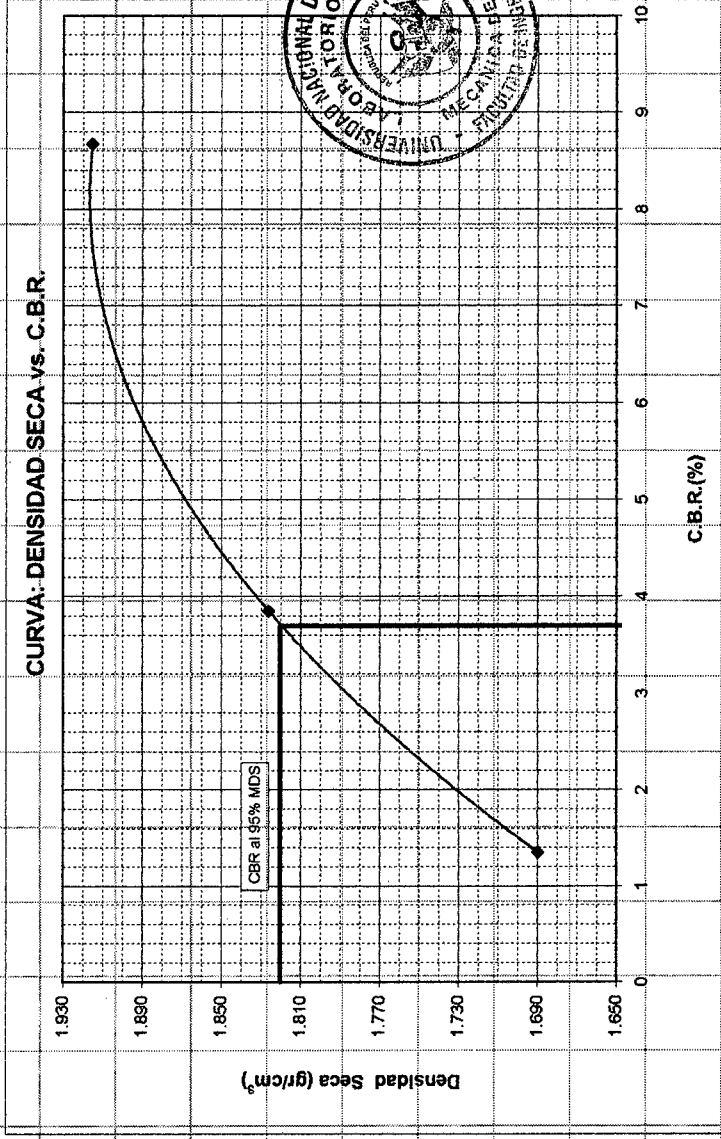
EXPEDIENTE
PROYECTO

S05 - 377
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
San Rafael - Huánuco
PROGRESIVA (Km) : 37 +.000
FECHA : 31 de marzo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicida : C-8
Muestra : Suelo Patrón (SP - B)
Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.916
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.6
CBR al 100% de la MDS (%) : 8.7
CBR al 95% de la MDS (%) : 3.7



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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-65

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 9

PROGRESIVA : Km 32 + 500

PROFUNDIDAD (m) : 0.60 FECHA : 31/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 9)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	6	8	29
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8533	8385	7920
4.- Peso del molde (g)	4009.0	4050.0	3907.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4524.0	4333.0	4013.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2111.0	2121.0	2119.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.145	2.045	1.894
8.- Densidad Seca (d/cm³)	1.949	1.888	1.739

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	6	8	29
1.- Tara N°	80	96	N-10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	80.90	92.40	119.80
3.- Tara + suelo seco (g)	75.50	86.10	112.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	5.40	6.30	7.00
5.- Peso de la tara (g)	21.20	18.80	33.90
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	54.30	67.30	78.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	9.94	9.36	8.87

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	6	8	29
1.- Tara N°	98	1-21	M-2
2.- Tara + suelo húmedo (g)	97.60	111.30	116.60
3.- Tara + suelo seco (g)	85.60	99.30	101.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.00	12.00	15.00
5.- Peso de la tara (g)	18.80	43.10	36.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	66.80	56.20	65.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	17.96	21.35	22.94

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	6	8	29
Inicio	31-03-05	02:00 p.m.	1.300	1.600	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	05-04-05	12:30 p.m.	1.205	1.480	1.419
Expansión (%)			7.31	7.50	5.40
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pison = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pison

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 6		Molde N° 8		Molde N° 29	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	1.0	1.93	1.5	2.89
0.050		6.0	11.55	3.0	5.78	4.0	7.70
0.075		10.0	19.25	5.0	9.63	6.0	11.55
0.100	1000	20.0	39.51	9.0	17.33	9.0	15.40
0.150		53.0	102.04	19.0	36.58	10.0	19.25
0.200	1500	96.0	184.83	30.0	57.76	14.0	26.95
0.250		135.0	259.92	42.0	80.86	17.0	32.73
0.300	1900	160.0	309.05	50.0	96.27	20.0	39.51
0.400	2300	202.0	388.92	70.0	134.77	25.0	48.13
0.500	2600	240.0	482.08	88.0	169.43	31.0	59.69



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 31/03/2005

PROGRESIVA: Km 32 + 500

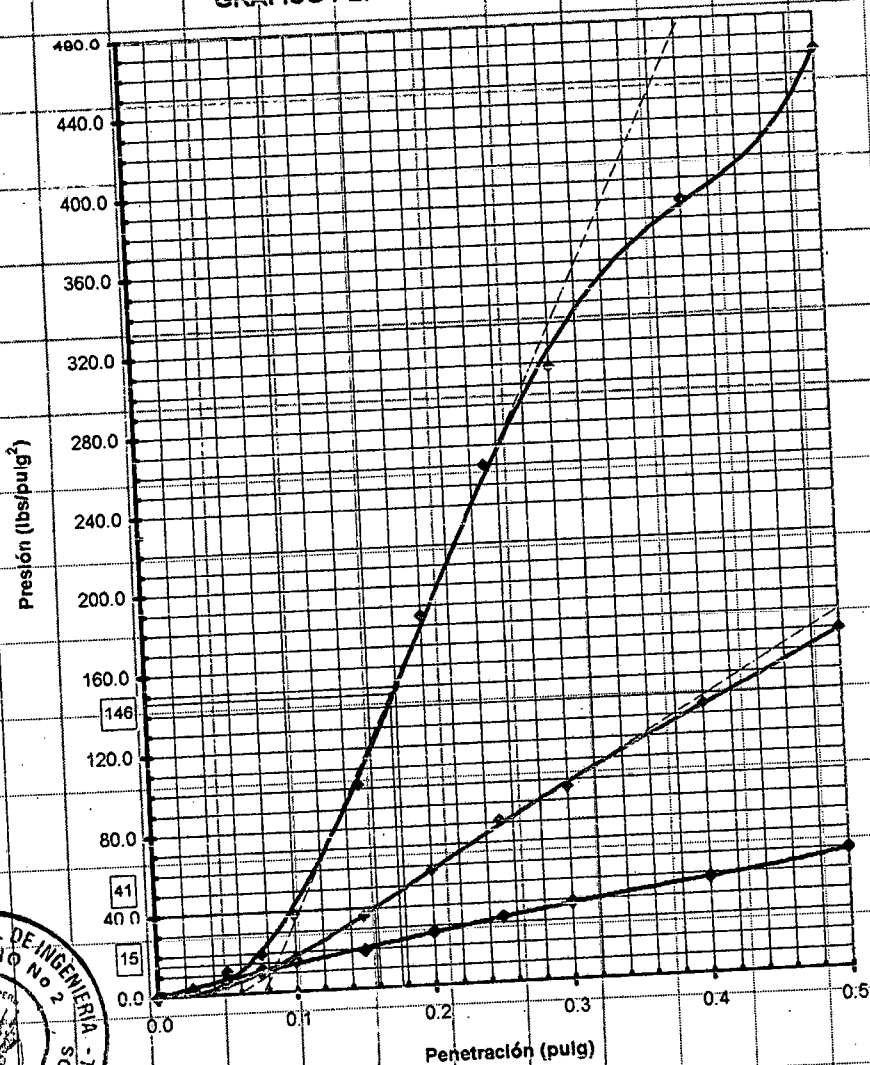
MUESTRA: Suelo Patrón (SP - 9)

PROFUNDIDAD (m): 0.60

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-9

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



56 GOLPES — 25 GOLPES — 10 GOLPES

CBR 0.1" = 14.6 4.1 1.5

Jose Wilfredo Gutierrez Laz
ING. JEFE DEL LAB. No.
 Mecánica de Suelos - UNI



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377

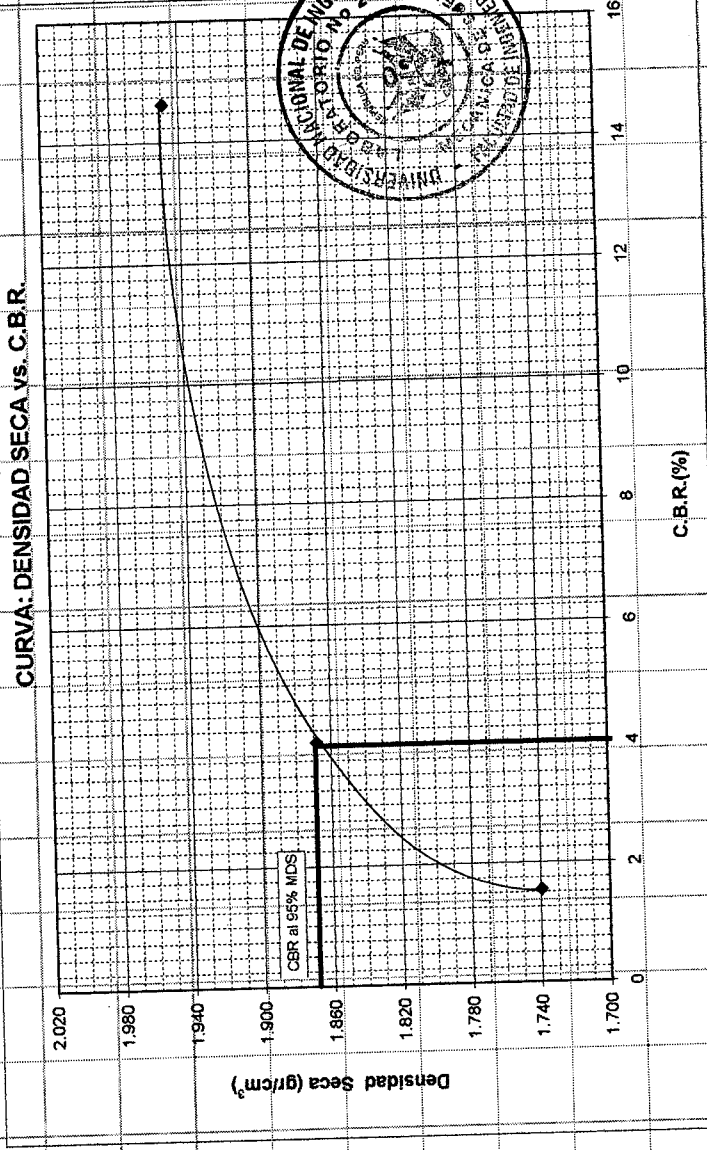
Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55 PROGRESIVA (Km) : 32 + 500

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 31 de marzo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.967
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2
CBR al 100% de la MDS : 14.6
CBR al 95% de la MDS : 4.0

Calicata : C-9
Muestra : Suelo Patrón (SP-9)
Prof. (m) : 0.60



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 10

PROGRESIVA : Km 32 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.50 FECHA : 31/03/2005

MUESTRA : Suelo Patrón (SP - 10)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Molde N°	23	26	28
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6067	7666	7479
4.- Peso del molde (g)	4006.0	3929.0	3987.0
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4061.0	3737.0	3492.0
6.- Volumen del molde (cm³)	2104.0	2081.0	2122.0
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	1.930	1.798	1.646
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.665	1.556	1.414

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	23	26	28
1.- Tara N°	110	35	T-1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	113.30	93.90	109.90
3.- Tara + suelo seco (g)	104.00	85.80	100.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.30	8.10	9.40
5.- Peso de la tara (g)	45.50	33.30	43.10
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	58.50	52.50	57.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	15.90	15.43	16.38

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	23	26	28
1.- Tara N°	N-10	Tara	110.00
2.- Tara + suelo húmedo (g)	85.60	90.30	99.30
3.- Tara + suelo seco (g)	73.60	76.00	84.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.00	14.30	14.60
5.- Peso de la tara (g)	34.00	33.60	45.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	39.60	42.40	39.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	30.30	33.73	37.24

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	23	26	28
Inicio	31-03-05	04:50 p.m.	1.500	1.800	1.800
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	05-04-05	12:30 p.m.	1.426	1.506	1.519
Expansión (%)			4.93	5.88	5.06
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 23		Molde N° 26		Molde N° 28	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		10.0	19.25	4.0	7.70	3.0	5.78
0.050		27.0	51.98	8.0	15.40	6.0	11.55
0.075		48.0	92.42	17.0	32.73	8.0	15.40
0.100	1000	74.0	142.47	25.0	49.13	11.0	21.19
0.150		124.0	238.74	42.0	80.86	17.0	32.73
0.200	1500	159.0	306.13	55.0	105.89	21.0	40.43
0.250		187.0	360.04	65.0	125.15	25.0	48.13
0.300	1900	210.0	404.32	76.0	146.33	29.0	52.91
0.400	2300	249.0	479.41	101.0	194.46	33.0	63.54
0.500	2800	289.0	556.42	125.0	240.67	39.0	75.09



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 31/03/2005

PROGRESIVA: Km 32+000

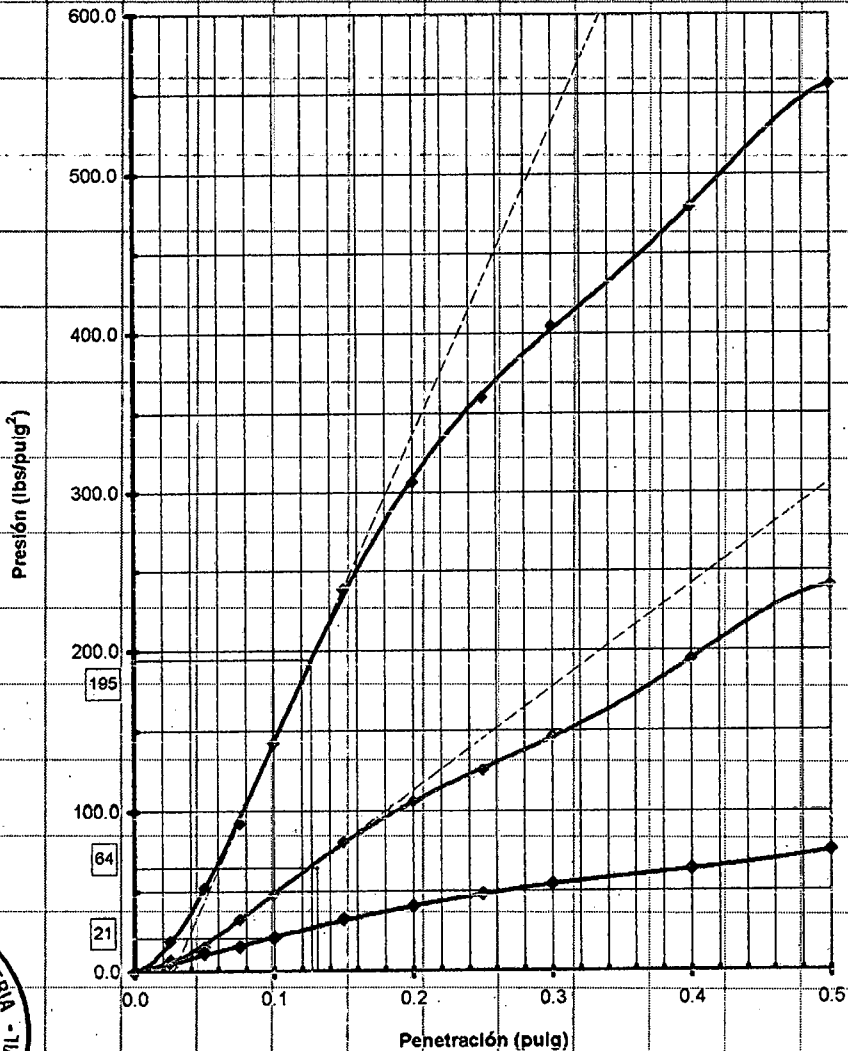
PROFUNDIDAD (m): 0.50

MUESTRA: Suelo Patrón (SP - 10)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-10

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

19.5

6.4

2.1

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR

ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377
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
San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN

PROGRESIVA (Km) : 32+000

FECHA

31 de marzo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-10

Muestra : Suelo Patrón (SP - 10)

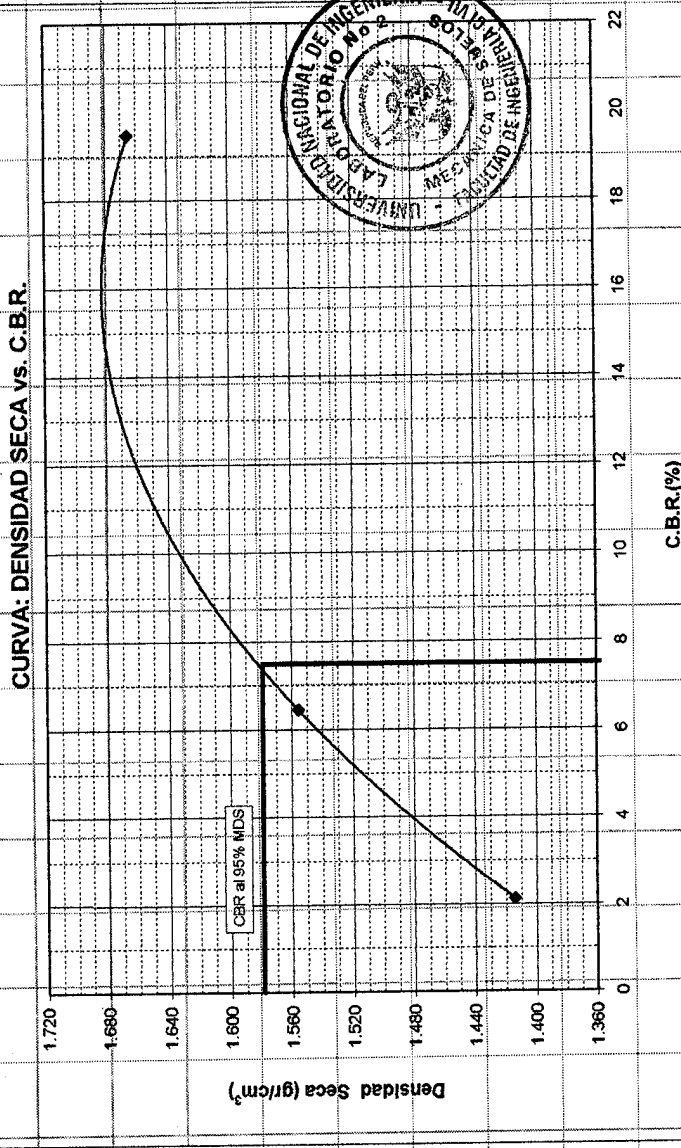
Prof. (m) : 0.50

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.662

Óptimo Contenido de Humedad (%) 17.6

CBR al 100% de la MDS (%) 19.5

CBR al 95% de la MDS (%) 7.5



Jose Wilfredo Gutierrez Lazare

ANEXO H
Resultados de ensayos de Análisis físico-químico de sales
solubles totales
(MTC E-219)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIC- UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

ENTIDAD/ PERSONA SOLICITANTE: BACHILLER: MIGUEL ANGEL BALLARIN ZAVALA

EXPEDIENTE: S05 – 377

OBRA/PROYECTO: TESIS:

MEJORAMIENTO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO-MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COMPARANDO EL ESTABILIZADOR ORGANICO PERMA-ZYME 22X Y EL PROBASE TX – 55

UBICACION: DEPARTAMENTO DE HUANUCO

ATENCION: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – FIC

TIPO DE MUESTRA: SUELOS (10 MUESTRAS)

RECEPCION DE MUESTRAS: 14 – 06 – 2005

ANÁLISIS DE:	C – 1	C – 2	C – 3	C – 4	C – 5
SALES SOLUBLES TOTALES ppm	768	304	888	300	210

Lima, 20 de junio del 2005




RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FIC- UNI

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

ENTIDAD/ PERSONA SOLICITANTE: BACHILLER: MIGUEL ANGEL BALLARIN ZAVALA

EXPEDIENTE: S05 – 377

OBRA/PROYECTO: TESIS:

MEJORAMIENTO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO-MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COMPARANDO EL ESTABILIZADOR ORGANICO PERMA-ZYME 22 X - EL PROBASE TX – 55

UBICACION: DEPARTAMENTO DE HUANUCO

ATENCION: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – FIC

TIPO DE MUESTRA: SUELOS (10 MUESTRAS)

RECEPCION DE MUESTRAS: 14 – 06 – 2005

ANÁLISIS DE:	C – 6	C – 7	C – 8	C – 9	C – 10
SALES SOLUBLES TOTALES ppm	280	136	277	432	348

Lima, 20 de junio del 2005




Ing° RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FIC



ANEXO I
Norma Técnica de Estabilizadores
(MTC E-1109)

MTC E 1109 –2004 NORMA TÉCNICA DE ESTABILIZADORES
QUÍMICOS

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES DGCF

**Estabilización química de suelos - Caracterización del
estabilizador y evaluación de propiedades de
comportamiento del suelo mejorado**

Primera edición: 2004

- Descriptores: estabilización de suelos, estabilizadores químicos.

MTC E 1109 2004 NORMA TÉCNICA DE ESTABILIZADORES QUÍMICOS

Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizador y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado

Generalidades

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de sus respectivas instancias tiene a su cargo el estudio y preparación de normas técnicas de vialidad a nivel nacional.

Es bajo esta premisa que ha sido preparada la presente Norma Técnica en la que ha tenido preponderante participación la Oficina de Apoyo Tecnológico en la fase de estudio y evaluación de los suelos mejorados, previa decisión de los miembros de la Comisión para la Aplicabilidad de Estabilizadores de Suelos (Resolución Ministerial N° 062 – 2003 MTC/02), quienes han actuado en base a los lineamientos establecidos en la Directiva N° 005 – 2003 - MTC/14.

Esta Norma Técnica ha sido desarrollada para establecer un procedimiento de verificación en que los estabilizadores químicos cumplan con las características técnicas inherentes a su elaboración, las mismas que han sido previamente definidas por su representante en el ámbito nacional y establecer los métodos de ensayo que se deben utilizar en la evaluación de las propiedades de comportamiento del suelo mejorado que se indican en el ítem 6.5 *fabricación*.

En su elaboración se ha tomado en cuenta la norma ASTM D 4609 - 86 *Standard guide for screening chemical for soil stabilization*, siendo no equivalente a la misma al ser complementado con temas referidos a la documentación técnica rotulación y etiquetado del producto, así como los ensayos utilizados en la evaluación de las propiedades de desempeño del suelo mejorado.

El Anexo A forma parte de la norma.

El Anexo B no forma parte del cuerpo de la norma, se inserta sólo a título informativo.

MTC E 1109 - 2004 NORMA TÉCNICA DE ESTABILIZADORES QUÍMICOS

Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizador y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado.

0.0 Introducción

- 0.1** La estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado *estabilizador químico*, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto.
- 0.2** La aplicación de un estabilizador químico tiene como objetivo principal transferir al suelo tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio.
- 0.3** En la cláusula 5 se indica la información requerida del *estabilizador químico*, la que se debe proporcionar mediante el Manual Informativo y las Hojas de Seguridad (HDS y HDST).
- 0.4** Las propiedades de comportamiento indicadas en el ítem 6.5 (letras f y g), dependen de un gran número de factores, entre éstos se incluyen la situación geográfica y las condiciones climáticas, tales como la

temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, etc. Además, dependen de otros factores externos como los producidos por el tránsito de los vehículos (velocidad, configuración de ejes, neumáticos, sistemas de suspensión, y otros). Se recomienda que estas propiedades sean medidas en el terreno, antes y después de aplicar el estabilizador químico, en las condiciones de uso reales utilizando los criterios o métodos provenientes de la experiencia de profesionales en el área. Con el objeto de evaluar la durabilidad de la estabilización química realizada al suelo, se debe considerar un período de análisis suficientemente extenso durante el cual se realicen las mediciones que permitan recolectar los datos necesarios para tal fin.

- 0.5** En cláusula 7 se indican los ensayos, de laboratorio y terreno, que se deben realizar para evaluar las propiedades de comportamiento del suelo mejorado. Finalmente, en cláusulas 9 y 10 se indica la forma y contenido de la rotulación y etiquetado del estabilizador químico, así como la forma en que se debe certificar el producto.

1 Alcance y campo de aplicación

- 1.1** Esta norma establece un procedimiento para verificar que el estabilizador cumple con las características indicadas en la documentación técnica entregada por el fabricante o distribuidor.
- 1.2** Esta norma establece los métodos de ensayo que se deben utilizar en la evaluación de las propiedades de comportamiento del suelo mejorado.
- 1.3** Esta norma no considera la utilización de los productos cemento y asfalto, excepto cuando éstos se incorporan, como complemento del estabilizador químico, en porcentajes inferiores a los normalmente utilizados en estabilizaciones suelo-cemento y suelo-asfalto.
- 1.4** Esta norma no se aplica a los estabilizadores químicos cal y ceniza ¹⁾.
- 1.5** Esta norma no se aplica a riegos superficiales que no consideren una mezcla íntima y homogénea con el suelo a tratar.

2 Referencias normativas

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones que, a través de referencias en el texto de la norma, constituyen requisitos de la misma.

- MTC E 107 Mecánica de suelos – Análisis Granulométrico.
- MTC E 108 Mecánica de suelos – Humedad Natural.
- MTC E 110 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1:
Determinación del límite líquido.
- MTC E 111 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2:
Determinación del límite plástico.
- MTC E 112 Determinación de los Factores de Contracción de los Suelos
- MTC E 219 Mecánica de suelos - Sales Solubles Totales.
- MTC E 115 Mecánica de suelos - Densidad - Humedad.
- MTC E 132 Mecánica de suelos - California Bearing Ratio (CBR).
- MTC E 1103 Mecánica de suelos - Compresión Simple.
- MTC E 117 Mecánica de suelos - Densidad de Campo.
Mecánica de suelos - Deflectometría y Rugosidad.
Sustancias peligrosas - Marcas para información de riesgos.
Hoja de datos de seguridad de productos químicos - Contenido y
disposición de los temas.
Sustancias peligrosas - Transporte por carretera - Hoja de
Datos de Seguridad.
- AASHTO T 294 Standard Method of Test for Resilient Modulus of Base /
SubBase
materials and Subgrade Soils - SHRP Protocol P46.
- ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D 427 Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the
Mercury Method.
- ASTM D 560 Standard Test Methods for Freezing and Thawing Compacted
Soil-Cement Mixtures.
- ASTM D 1195 Standard Test Methods for Repetitive Static Plate Load Test of
Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation
and Design of Airport and Highway Pavements.
- ASTM D 1196 Standard Test Method for Non Repetitive Static Plate Load Test of
Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation
and Design of Airport and Highway Pavements.

- ASTM D 2166 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soils.
- ASTM D 2435 Standard Test Method for One - Dimensional Consolidation Properties of Soils.
- ASTM D 2487 Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes (USCS).
- ASTM D 2922 Standard Test Method for Density of Soil and Soil - Aggregate in place by nuclear Methods (Shallow Depth).
- ASTM D 3017 Standard Test Method for Water Content of Soil and Rock in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth).
- ASTM D 3877 Standard Test Methods for One - Dimensional Expansion, Shrinkage, and Uplift Pressure of Soils - Lime Mixtures.
- ASTM D 4546 Standard Test Methods for One - Dimensional Swell of Settlement Potential of Cohesive Soils.
- ASTM D 4609 Standard Guide for Screening Chemicals for Soil Stabilization.
- ASTM D 4694 Standard Test Method for Deflections with a Falling - Weight - Type Impulse Load Devices.
- ASTM D 4767 Standard Test Method for Consolidated - Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
- ASTM D 4943 Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by The Wax Method.
- ASTM D 5102 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Compacted Soil - Lime Mixture.
- ASTM D 5874 Standard Test Method for Determination of the Impact Value (IV) of a Soil.

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 capacidad de soporte: carga por unidad de superficie que no produce más que una deformación prevista para diferentes condiciones de carga.

3.2 comportamiento ante cambios de humedad: capacidad del suelo de soportar variaciones importantes en una o más de sus propiedades de desempeño, a consecuencia de fenómenos naturales (cambios estacionales) o artificiales (anegamientos, drenaje u otros).

3.3 comportamiento ante ciclos hielo-deshielo: capacidad del suelo de soportar variaciones de volumen y presión a consecuencia del cambio de fase del agua contenida en su interior.

3.4 control de la emisión de polvo: capacidad del suelo de controlar el desprendimiento al medio ambiente, de las partículas finas que lo componen, a consecuencia de la acción de agentes externos mecánicos y climáticos.

3.5 curado: tiempo requerido para que el suelo tratado químicamente complete la reacción físico-química de tal forma que alcance las propiedades de diseño.

3.6 durabilidad a la abrasión: capacidad del suelo, frente a la acción de agentes mecánicos o climáticos, de controlar el desprendimiento de las partículas que lo componen.

3.7 estabilidad bajo agua: capacidad del suelo de conservar sus propiedades volumétricas y/o de soporte bajo condición de inmersión en agua.

3.8 estabilización mecánica: mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo.

3.9 estabilización química: mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo, mediante la incorporación de un compuesto químico.

3.10 estabilización de suelos: 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.

NOTA - La norma extiende la presente definición a la estabilización de estructuras de suelo tipo base o subbase de pavimentos, suelos utilizados como carpetas de rodado y aquellos suelos que comprometen a subrasante de un camino.

3.11 estabilizador de suelos: producto químico, natural o sintético, que por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de comportamiento.

3.12 pavimento: estructura compuesta por una o más capas colocadas sobre la subrasante con el objeto de soportar y distribuir al suelo las cargas producidas por el tránsito.

3.13 subrasante: nivel superior del movimiento de tierras cuando éste ha sido terminado de acuerdo a proyecto y sobre el cual se construye la estructura de pavimento compuesta normalmente por subbase, base y carpeta de hormigón o asfalto.

3.14 subbase: capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la subrasante.

3.15 base: capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la subbase o sobre el nivel de subrasante, según sea que se considere o no la incorporación de material de subbase.

3.16 carpeta de rodado: capa superior de un pavimento que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración producida por efectos del tránsito y los agentes ambientales.

3.17 propiedades de desempeño: características de comportamiento del suelo desde el punto de vista de la ingeniería.

3.18 trabajabilidad: facilidad para mezclar el suelo, colocarlo, enrasarlo y compactarlo.

4 Estabilizador químico

4.1 Generalidades

4.1.1 Los estabilizadores químicos consideran una amplia variedad de tipos, entre los cuales se encuentran sales, productos enzimáticos, polímeros y subproductos del petróleo.

4.1.2 Los estabilizadores químicos pueden tener efectos sobre una o varias de las propiedades de desempeño del suelo, de acuerdo al tipo específico y

condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado.

4.1.3 Los estabilizadores químicos deben ir acompañados por la documentación técnica que se indica en cláusula 5, y estar rotulados y etiquetados de acuerdo a lo indicado en cláusula 9.

4.2 Salud y medio ambiente

Los estabilizadores químicos deben cumplir con la legislación vigente que pueda tener relación con todas y cada una de las etapas de su ciclo de vida.

5 Documentación técnica

Todo producto estabilizador químico debe ir acompañado por los documentos siguientes: Manual Informativo y Hoja de Datos de Seguridad. La información errónea o incompleta relativa a salud y medio ambiente, se considera como un no cumplimiento de esta norma y además, de exclusiva responsabilidad del productor y/o distribuidor del producto.

NOTA - No obstante lo anterior, esta situación no exime de responsabilidad al supervisor de obras quien debe exigir la certificación del producto de tal forma de verificar las características de éste y las condiciones en que se debe utilizar.

5.1 Manual Informativo

Todo producto que se vaya a utilizar como estabilizador químico debe ir acompañado de un Manual Informativo, en que se haga especial referencia a los potenciales riesgos para la salud de las personas y el medio ambiente.

El Manual Informativo debe ser emitido por el fabricante y/o distribuidor, y debe contener a lo menos la información siguiente:

- a) nombre del producto:
- b) nombre del fabricante o distribuidor:
- c) descripción del producto:
- d) composición química genérica:

- e) condiciones de manipulación:
- f) condiciones de transporte:
- g) condiciones de almacenamiento:
- h) condiciones y forma de utilización (proporciones, mezcla, tiempo de curado, etc.).

5.2 Hoja de datos de seguridad

Todo producto que se vaya a utilizar como estabilizador químico debe ir acompañado de una Hoja de Datos de Seguridad de productos químicos (HDS). Análogamente y debido a los riesgos inherentes al transporte de estos productos, se debe acompañar una Hoja de Datos de Seguridad para transporte (HDST).

6 Propiedades de desempeño

6.1 En relación a las condiciones específicas de cada proyecto, se asume que la estabilización química de suelos puede cumplir funciones diferentes si se aplica sobre la carpeta de rodado, la capa intermedia (base o subbase) o la subrasante.

6.2 Las propiedades de desempeño se evalúan en forma relativa, comparando los resultados de ensayos practicados, en terreno o en el laboratorio, sobre el suelo en su estado natural y después de tratado con el estabilizador químico.

6.3 Algunos de los ensayos que permiten medir las propiedades de comportamiento citadas más adelante, se pueden aplicar al conjunto de partículas que componen el suelo en su forma natural o tratado, mientras que otros ensayos se aplican considerando un determinado tamaño máximo de partículas.

6.4 Es importante señalar que los resultados obtenidos mediante los ensayos que se indican más adelante, de ninguna forma pueden reemplazar los resultados validados por experiencias en terreno.

6.5 Las propiedades de comportamiento a considerar son las siguientes:

- a) trabajabilidad;
- b) capacidad de soporte;
- c) estabilidad bajo agua;

- d) comportamiento ante ciclos hielo y deshielo;
- e) comportamiento ante cambios de humedad;
- f) durabilidad a la abrasión
- g) control de emisión de polvo

7 Ensayos

7.1 Características del suelo

Previo a la evaluación de las propiedades de comportamiento del suelo, se deben determinar las características del mismo según lo indicado en Tabla 1.

Tabla 1 - Características del suelo - Métodos de ensayo

Propiedad	Método de ensayo
Tamaño de partículas	ASTM D 422
Límites de consistencia:	
Límite líquido	MTC E 110
Límite plástico	MTC E 111
Límite de contracción	MTC E 112
Clasificación de suelos	ASTM D 2487

7.2 Propiedades de desempeño

La efectividad de un estabilizador químico, se determina mediante ensayos realizados sobre probetas estabilizadas químicamente y sobre probetas no tratadas químicamente. Si los resultados obtenidos sobre las primeras mejoran una propiedad de desempeño de las segundas, entonces se dice que el estabilizador es efectivo.

7.2.1 Trabajabilidad

Esta propiedad se debe evaluar mediante uno o más de los ensayos indicados en Tabla 2.

Tabla 2 - Trabajabilidad - Métodos de ensayo

Propiedad
Densidad máxima en laboratorio ¹⁾
Relación humedad/densidad (ensayo proctor normal)
Relación humedad/densidad (ensayo proctor modificado)
Densidad máxima y mínima suelos no cohesivos
Densidad máxima en terreno 1)
Densidad terreno (método cono de arena)
Humedad
Densidad por métodos nucleares
Humedad por métodos nucleares

- 1) Queda a criterio del proyectista determinar que valor mínimo de incremento en el nivel de compactación se puede considerar satisfactorio.
- 2) Para suelos con partículas de tamaño superior a 3/4" y hasta un 30% de partículas retenidas en el tamiz, se debe realizar una corrección de los pesos unitarios y humedades de acuerdo a ASTM D 4718.
- 3) Si se tienen partículas con tamaño máximo superior a 2", se deben usara aparatos con mayores dimensiones y perforaciones de mayor volumen, tal como se indica en ASTM D 4914.
- 4) Se deben considerar las cantidades mínimas de muestra, que permitan obtener resultados representativos, de acuerdo a lo indicado en ASTM D 2216.

7.2.2 Capacidad de soporte

Esta propiedad se debe evaluar mediante uno o más de los ensayos indicados en Tabla 3.

Tabla 3 - Capacidad de soporte - Métodos de ensayo

Propiedad	Método de ensayo
En suelos finos	
Resistencia a la compresión no confinada	ASTM D 2166
Compresión triaxial consolidado	ASTM D 4767
Módulo resiliente	AASHTO T-294
Deflectometría	ASTM D 4694

7.2.3 Estabilidad bajo agua

Esta propiedad se debe evaluar mediante uno o más de los ensayos indicados en Tabla 4.

Tabla 4 - Estabilidad bajo agua - Métodos de ensayo

Propiedad	Método de ensayo
Resistencia a la compresión no confinada	ASTM D 2166
Capacidad de soporte en suelos granulares	MTC E 132 ¹

7.2.4 Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo

Esta propiedad se debe evaluar mediante el ensayo indicado en ASTM D 560, diseñado para mezclas suelo-cemento, con las consideraciones o modificaciones que correspondan a las condiciones específicas del proyecto.

7.2.5 Comportamiento ante cambios de humedad

Esta propiedad se debe evaluar mediante los ensayos indicados en Tabla 5. Para evaluar esta propiedad de desempeño en laboratorio, se pueden analizar los efectos sobre una probeta, en ciertas condiciones de confinamiento, antes y después del tratamiento con el estabilizador químico, o bien, desecar una probeta inicialmente saturada. Interesa medir parámetros tales como: deformabilidad bajo condición saturada, contracción por secamiento, hinchamiento o colapso por saturación, y presión por saturación en condición de expansión nula.

Tabla 5 - Evaluación del comportamiento ante cambios de humedad

Propiedad	Método de ensayo
Factor de contracción (método del mercurio)	ASTM D 427
Consolidación unidimensional	ASTM D 2435
Expansión y contracción unidimensional, y presión de poros de suelos limosos.	ASTM D 3877
Potencial de contracción en suelos cohesivos	ASTM D 4546
Factor de contracción (método de la cera o parafina sólida).	ASTM D 4943

8 Informe de ensayos

Una vez realizados los ensayos de mecánica de suelos solicitados por el mandante, el laboratorio de mecánica de suelos debe emitir un informe con toda la información indicada en la norma correspondiente al ensayo (en la forma, contenido y unidades allí expresadas), y adicionalmente, en caso de no aparecer indicados en la norma, los antecedentes siguientes:

- a) identificación de la muestra de suelo;

- b) nombre del producto estabilizador;
- c) nombre del fabricante o distribuidor;
- d) lugar y fecha de la toma de muestra de suelo;
- e) dosificación del estabilizador químico utilizada en el ensayo;
- f) otras informaciones de interés técnico.

9 Rotulación y etiquetado

Todos los medios de transporte utilizados para trasladar los envases, embalajes o cualquier medio de contención del estabilizador químico, se deben rotular. Análogamente, todos los envases, embalajes y/o cualquier otro medio de contención del producto estabilizador químico deben ser etiquetados de acuerdo a lo indicado en 5.1 de esta norma.

10 Certificación

Por acuerdo entre las partes, los estabilizadores químicos podrán ir acompañados de un certificado emitido por un laboratorio reconocido, en el cual se deje expresa constancia que dicho producto cumple con las características indicadas por el fabricante y/o distribuidor en la documentación entregada, en la forma y contenido indicada en esta norma.

Anexo A
(Informativo)

**Relación entre tamaño de partículas de suelo y tamaño de probetas
(ASTM D 2166)**

Tamaño máximo partículas de suelo, Mm	Tamaño de la probeta (diámetro/altura), Mm
13	100/200
25	150/300
76	

Este ensayo indica el procedimiento de reemplazo de partículas de suelo entre tamaño 25 mm y 76 mm, por aquellas partículas de suelo entre 25 mm y tamiz N° 4. Posteriormente se debe utilizar el tamaño de probeta correspondiente al tamaño máximo de las partículas de suelo de la muestra seleccionada.

Anexo B
(Informativo)

Bibliografía

- [1] NCh 2505.Of2001 Norma Chilena Oficial
- [2] ASTM D 1556 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method.
- [3] ASTM D 2167 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method.
- [4] ASTM D 4695 Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements.
- [5] ASTM D 4718 Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles.
- [6] ASTM D 4914 Standard Test Methods for Density of Soil and Rock in Place by the Sand Replacement Method in a Test Pit.

ANEXO J
Resultados de ensayos de CBR del
suelo patrón + Permazyme 22x
(MTC E-132 / ASTM D-1883)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 1

PROGRESIVA : Km 12 + 160

PROFUNDIDAD (m): 0.50 FECHA : 15/04/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-1 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R. Compactación

Molde N°	23	8	15
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	58	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8187	7983	7704
4.- Peso del molde (g)	4011	4051	4055
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4176	3912	3649
6.- Volumen del molde (dm ³)	2104	2121	2117
7.- Densidad Húmeda (g/cm ³) (5/6)	1.865	1.844	1.724
8.- Densidad Seca (g/cm ³)	1.795	1.675	1.566

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	23	8	15
1.- Tara N°	M - 1	35	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	112.60	111.60	105.70
3.- Tara + suelo seco (g)	105.30	104.40	99.10
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	7.30	7.20	6.60
5.- Peso de la tara (g)	36.10	33.20	33.60
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	69.20	71.20	65.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.55	10.11	10.08

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	23	8	15
1.- Tara N°	N - 10	35	M - 1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	95.00	86.10	90.80
3.- Tara + suelo seco (g)	82.30	75.00	79.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.70	11.10	11.10
5.- Peso de la tara (g)	33.90	33.30	36.10
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	48.40	41.70	43.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	26.24	26.62	25.46

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	23	8	15
Inicio	15-04-05	12:15 p.m	1.600	1.600	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	19-04-05	02:30 p.m	1.468	1.471	1.515
Expansión (%)			8.25	8.06	5.31
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776 ϕ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / ϕ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 23		Molde N° 8		Molde N° 15	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	2.0	3.85	1.0	1.93
0.050		3.5	6.74	4.0	7.70	3.0	5.78
0.075		8.0	15.40	7.0	13.48	5.0	9.63
0.100	1000	12.0	23.10	10.0	19.25	7.0	13.48
0.150		29.0	55.83	18.0	34.66	11.0	21.18
0.200	1500	48.0	92.42	25.0	48.13	15.0	29.88
0.250		62.0	119.37	30.0	57.76	18.0	34.66
0.300	1900	75.0	144.40	36.0	60.31	20.0	39.51
0.400	2300	100.0	192.53	46.0	88.57	25.0	48.13
0.500	2600	130.0	250.29	58.0	111.87	28.0	55.83




JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 15/04/2005

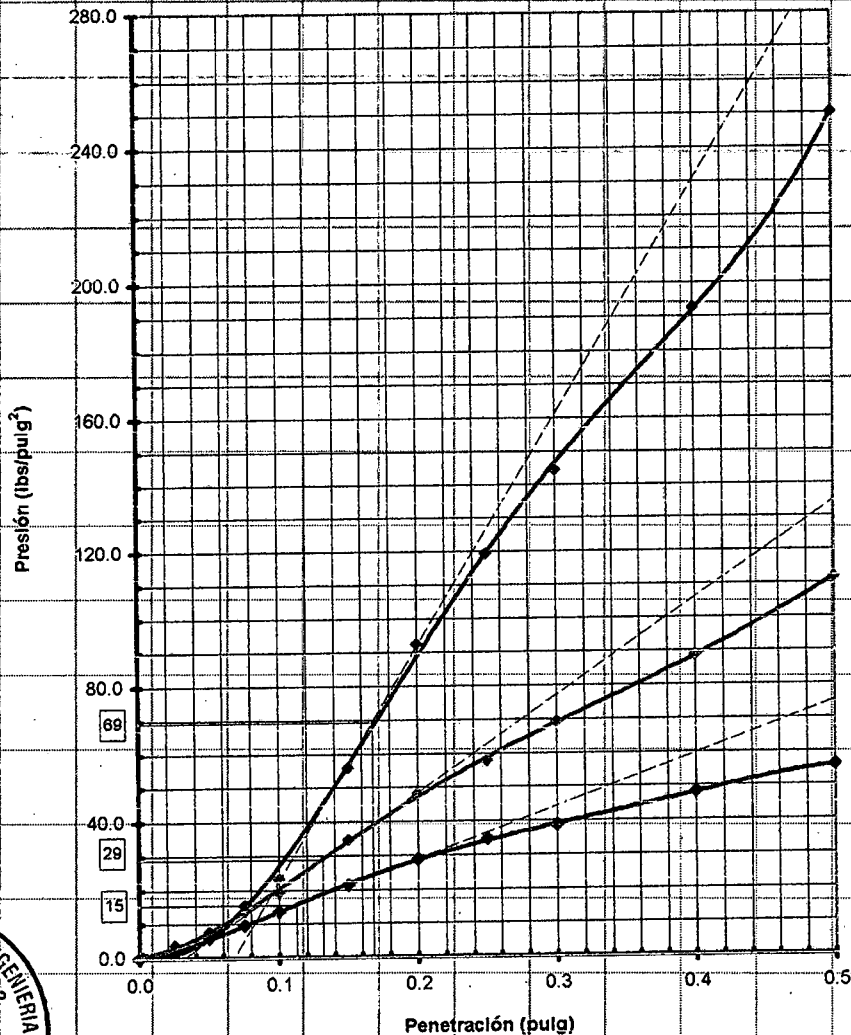
PROGRESIVA : Km 12 + 160

PROFUNDIDAD (m) : 0.50 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-1 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-1

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

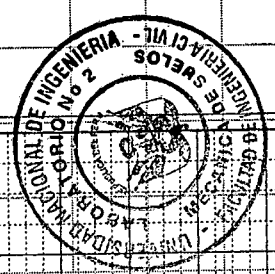
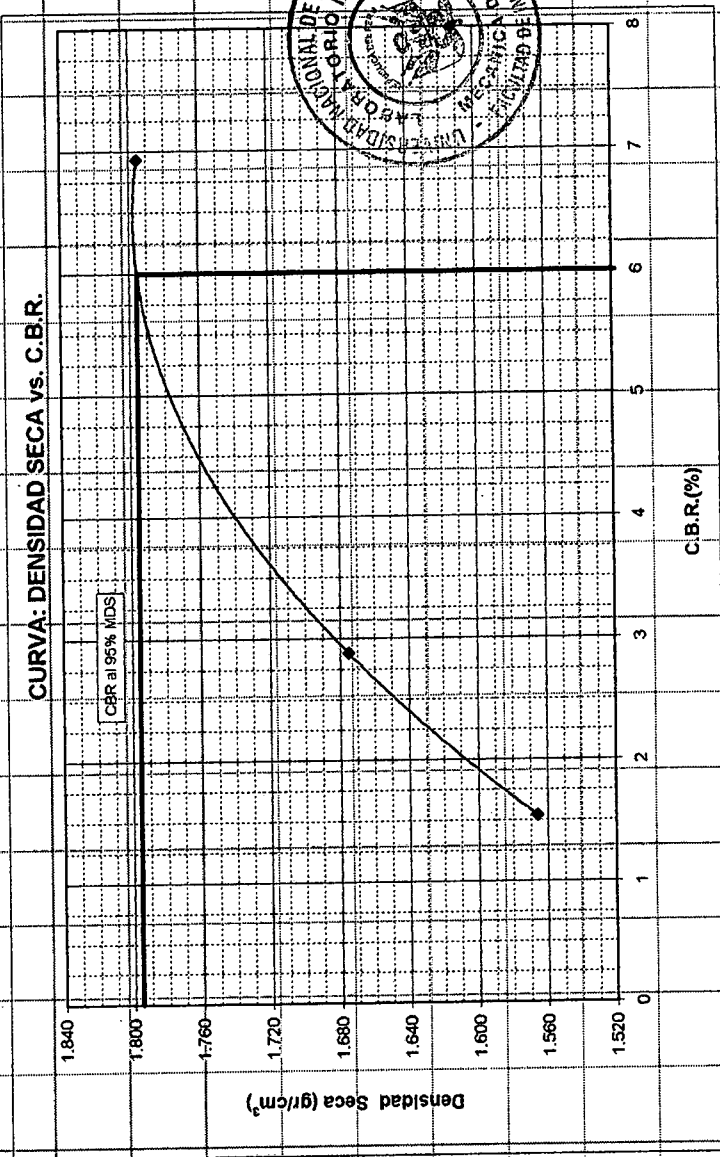
56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES
6.9	2.9	1.5

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE

ING. TRF. DET. LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO	S05 - 377	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	PROGRESIVA (Km) : 12 + 160
UBICACIÓN	San Rafael - Huánuco		
FECHA	15 de abril del 2005		
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91			
Calicata	C-1		
Muestra	Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-1+A-1)		
Prof. (m)	0.50		
Maxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.890		
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.0		
CBR al 100% de la MDS (%)	6.9		
CBR al 95% de la MDS (%)	6.0		



[Signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km - 12 + 200

PROFUNDIDAD (m): 0.70

UBICACIÓN : CALICATA N° 2

FECHA : 18/04/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-2 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	22	24	28
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6417	6265	7964
4.- Peso del molde (g)	3930	4034	3991
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4487	4231	3993
6.- Volumen del molde (cm³)	2111	2101	2122
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.126	2.014	1.662
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.887	1.789	1.674

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	22	24	28
1.- Tara N°	35	N - 10	M - 1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	120.40	108.10	101.40
3.- Tara + suelo seco (g)	110.60	99.80	94.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.80	8.30	7.20
5.- Peso de la tara (g)	33.20	33.80	36.10
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	77.40	66.00	58.10
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.66	12.58	12.39

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	22	24	28
1.- Tara N°	30	110	F - 4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	117.30	99.60	96.30
3.- Tara + suelo seco (g)	103.30	85.60	84.30
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	14.00	14.00	12.00
5.- Peso de la tara (g)	34.70	20.40	33.70
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	68.60	65.20	50.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	20.41	21.47	23.72

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	22	24	28
Inicio	18-04-05	12:30 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	02-04-05	01:00 p.m.	1.449	1.435	1.439
Expansión (%)			3.40	4.33	4.07
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pison = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K(anillo)) / φ pison

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 22		Molde N° 24		Molde N° 28	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		3.0	5.78	3.0	5.78	1.0	1.93
0.050		10.0	19.25	8.0	15.40	4.0	7.70
0.075		28.0	53.91	18.0	34.66	9.0	17.33
0.100	1000	57.0	109.74	36.0	69.31	15.0	28.99
0.150		130.0	250.29	81.0	155.95	27.0	51.99
0.200	1500	183.0	352.34	125.0	240.67	39.0	75.09
0.250		231.0	444.75	152.0	292.65	46.0	88.57
0.300	1900	269.0	515.99	180.0	346.66	55.0	105.99
0.400	2300	334.0	643.06	220.0	423.57	68.0	130.92
0.500	2800	400.0	770.13	261.0	502.51	82.0	157.88



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 18/04/2005

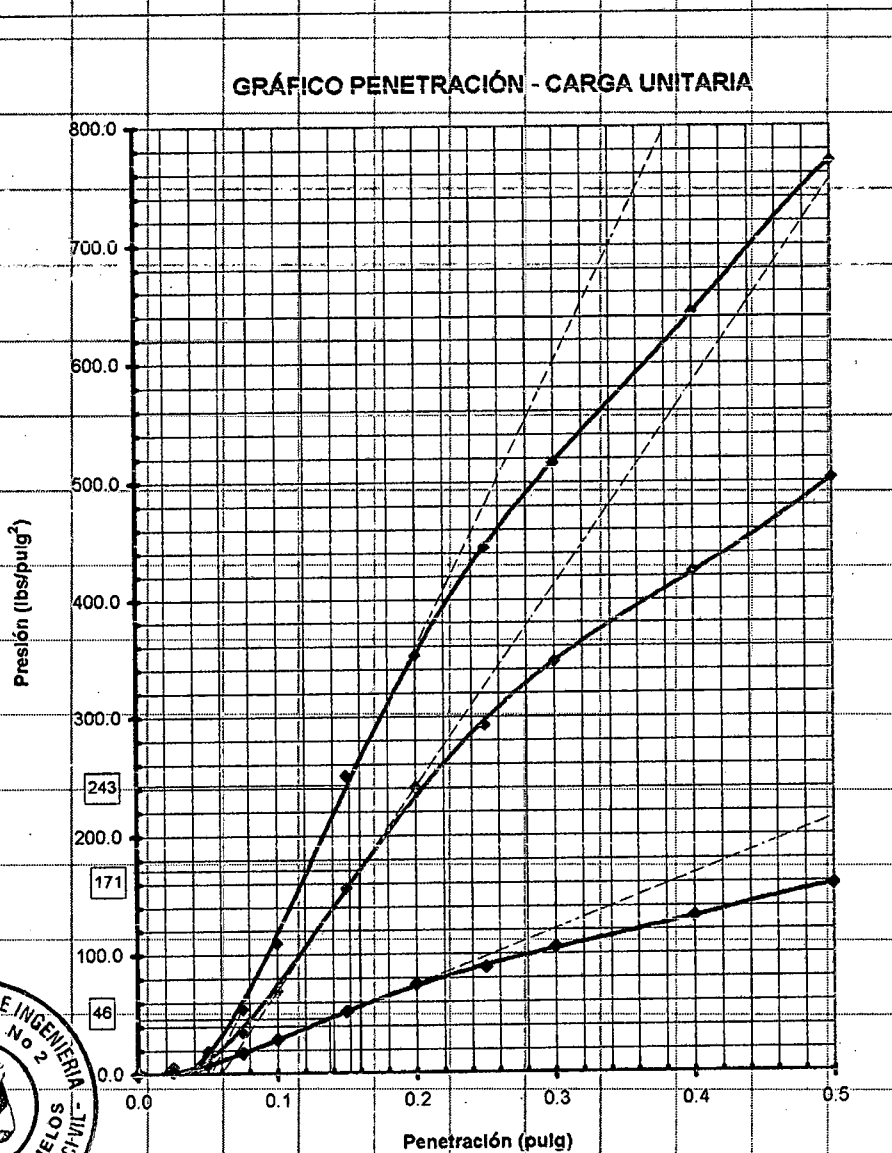
PROGRESIVA : Km 12 + 200

PROFUNDIDAD (m): 0.70 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-2 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-2

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLFES

24.3

25 GOLFES

17.1

10 GOLFES

4.6

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377
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 PROGRESIVA (Km) : 12 + 200

UBICACIÓN FECHA

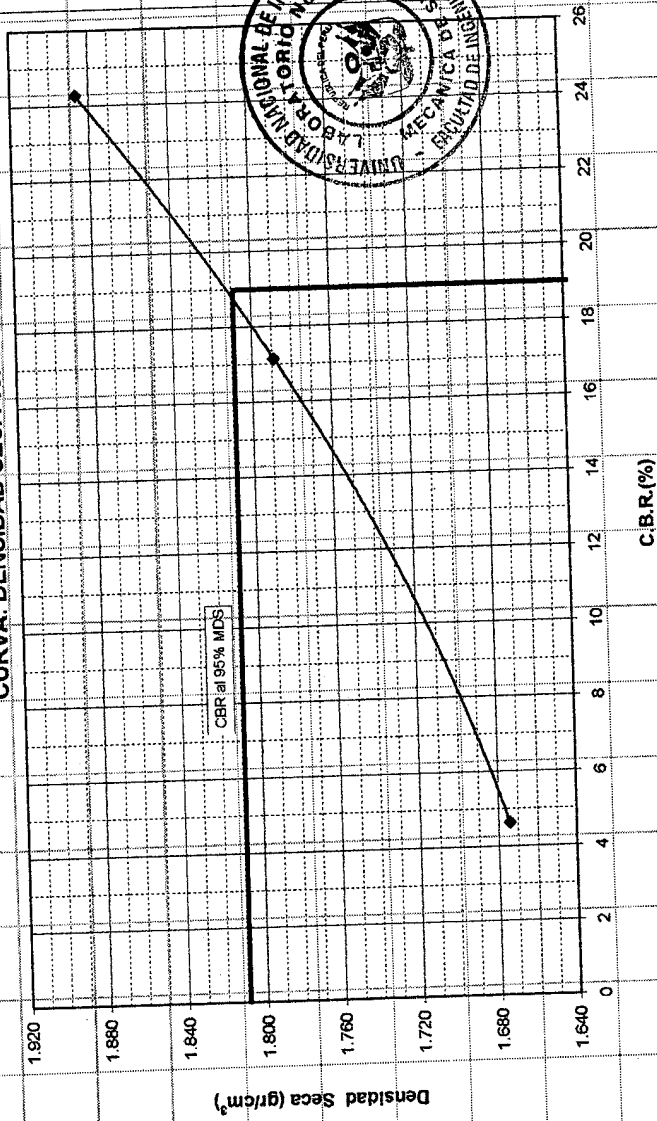
San Rafael - Huánuco
18 de abril del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-2
Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-2+A-1)
Prof. (m) : 0.70

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.904
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.0
CBR al 100% de la MDS (%) : 24.3
CBR al 95% de la MDS (%) : 19.0

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco UBICACIÓN: CALICATA N° 3

PROGRESIVA: Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m): 0.60 FECHA: 18/04/2005

MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-3 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	7	26	29
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8590	6016	7921
4.- Peso del molde (g)	4234	3936	3908
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4356	4080	4013
6.- Volumen del molde (cm³)	2110	2081	2119
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.084	1.961	1.894
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.832	1.737	1.686

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	7	26	29
1.- Tara N°	A - 19	A - 3	56
2.- Tara + suelo húmedo (g)	115.70	107.60	112.40
3.- Tara + suelo seco (g)	106.90	99.40	103.90
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	8.80	8.20	8.50
5.- Peso de la tara (g)	37.60	35.60	34.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	69.30	63.80	69.10
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.70	12.85	12.30

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	7	26	29
1.- Tara N°	F - 40	60	B - 84
2.- Tara + suelo húmedo (g)	111.10	111.60	74.40
3.- Tara + suelo seco (g)	97.80	97.50	63.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	13.30	14.10	11.00
5.- Peso de la tara (g)	37.90	37.00	19.00
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	59.90	60.50	44.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	22.20	23.31	24.77

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	7	26	29
Inicio	18-04-05	12:30 p.m	1.500	1.600	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	22-04-05	2:20 p.m	1.38	1.474	1.356
Expansión (%)			8.00	7.88	9.60
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 7		Molde N° 26		Molde N° 29	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.0	1.93	0.5	0.96
0.050		3.0	5.78	2.0	3.85	1.0	1.93
0.075		6.0	11.55	3.0	5.78	2.0	3.85
0.100	1000	9.0	17.33	5.0	9.83	4.0	7.70
0.150		24.0	46.21	11.0	21.18	6.0	11.55
0.200	1500	47.0	90.49	21.0	40.43	10.0	19.25
0.250		69.0	132.85	33.0	63.54	16.0	30.81
0.300	1800	86.0	165.59	42.0	90.95	21.0	40.43
0.400	2300	115.0	221.41	59.0	113.59	31.0	59.69
0.500	2600	143.0	275.32	76.0	146.33	40.0	77.01



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 18/04/2005

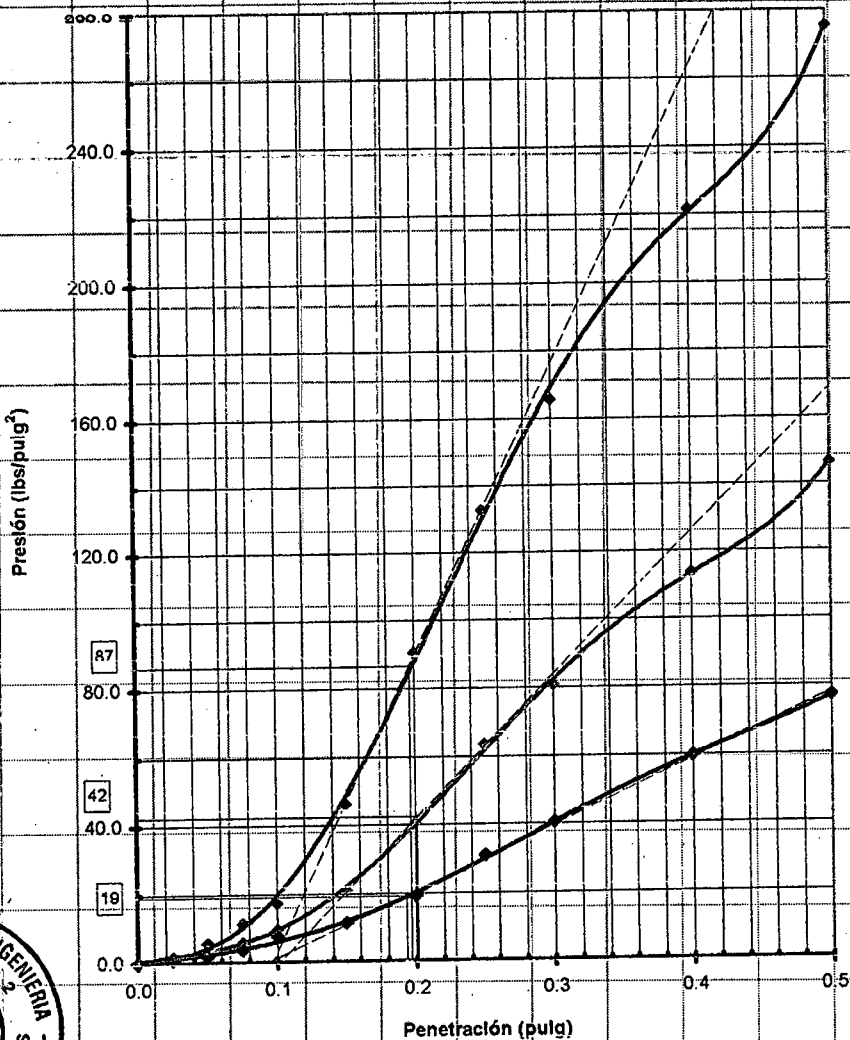
PROGRESIVA : Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m) : 0.60 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-3 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-3

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" = 56 GOLPES : 8.7 25 GOLPES : 4.2 10 GOLPES : 1.9

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO

: S05 - 377

: 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

UBICACIÓN

: San Rafael - Huánuco

FECHA

: 18 de abril del 2005

PROGRESIVA (Km) : 12 + 400

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-3

Muestra : Suelo Patón + Permazyme 22x (SP-3+4-A-1)

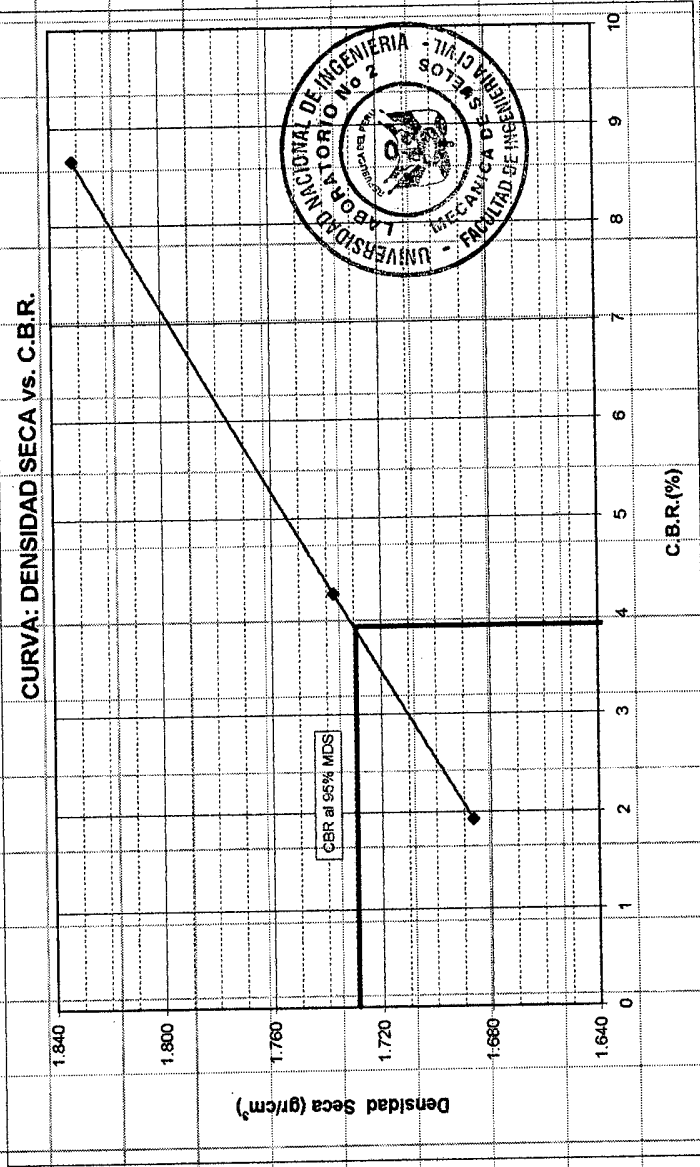
Prof. (m) : 0.60

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.820

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.7

CBR al 100% de la MDS (%) : 8.7

CBR al 95% de la MDS (%) : 3.9



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1983

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE IX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 4

PROGRESIVA : Km 10 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.60

FECHA : 19/04/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-4 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	1	4	11
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6444	6250	7751
4.- Peso del molde (g)	4068	4077	4037
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4376	4173	3714
6.- Volumen del molde (cm³)	2115	2115	2122
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.069	1.973	1.750
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.831	1.747	1.548

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	1	4	11
1.- Tara N°	56	A - 3	A - 18
2.- Tara + suelo húmedo (g)	111.40	117.80	129.20
3.- Tara + suelo seco (g)	102.60	108.40	118.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	8.80	9.40	10.60
5.- Peso de la tara (g)	34.80	35.60	37.60
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	67.70	72.80	81.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	13.00	12.91	13.09

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	1	4	11
1.- Tara N°	F - 4	60	30
2.- Tara + suelo húmedo (g)	113.20	113.00	105.20
3.- Tara + suelo seco (g)	98.50	98.00	89.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	14.70	15.00	15.70
5.- Peso de la tara (g)	33.90	37.10	34.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	64.60	60.90	54.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	22.76	24.83	28.75

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	1	4	11
Inicio	19-04-05	01:00 p.m.	1.600	1.600	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	25-04-05	11:00 a.m.	1.434	1.419	1.476
Expansión (%)			10.38	11.31	7.75
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 1		Molde N° 4		Molde N° 11	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.090		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.0	1.93	1.0	1.93
0.050		3.5	6.74	2.0	3.85	2.0	3.85
0.075		7.0	13.48	4.0	7.70	4.0	7.70
0.100	1000	9.0	17.33	6.0	11.55	5.0	9.83
0.150		19.0	36.58	11.0	21.18	8.0	15.40
0.200	1500	33.0	63.54	18.0	34.66	11.0	21.18
0.250		49.0	94.34	26.0	50.06	14.5	27.92
0.300	1900	62.0	119.37	33.0	63.54	18.0	34.66
0.400	2300	87.0	167.50	48.0	92.42	24.0	46.21
0.500	2800	115.0	221.41	59.0	113.59	30.0	57.76



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 19/03/2005

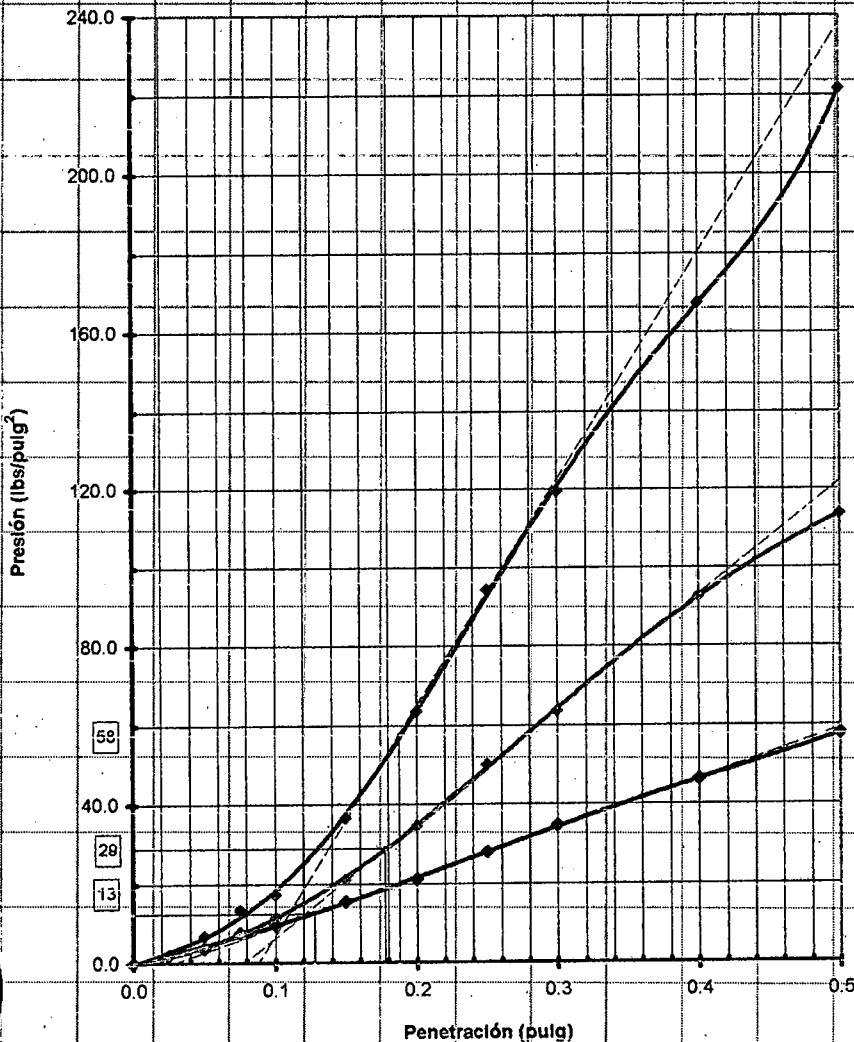
PROGRESIVA: Km 10 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.60 MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-4 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-4

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES
5.8	2.9	1.3

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - ITAT



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377

Mejoramiento de Camiños no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN FECHA : San Rafael - Huánuco : 19 de abril del 2005

PROGRESIVA (Km) : 10 + 000

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Cell/capa : C-4

Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-4+A-1)

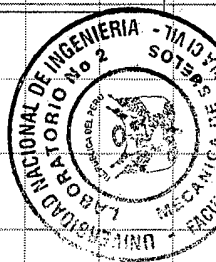
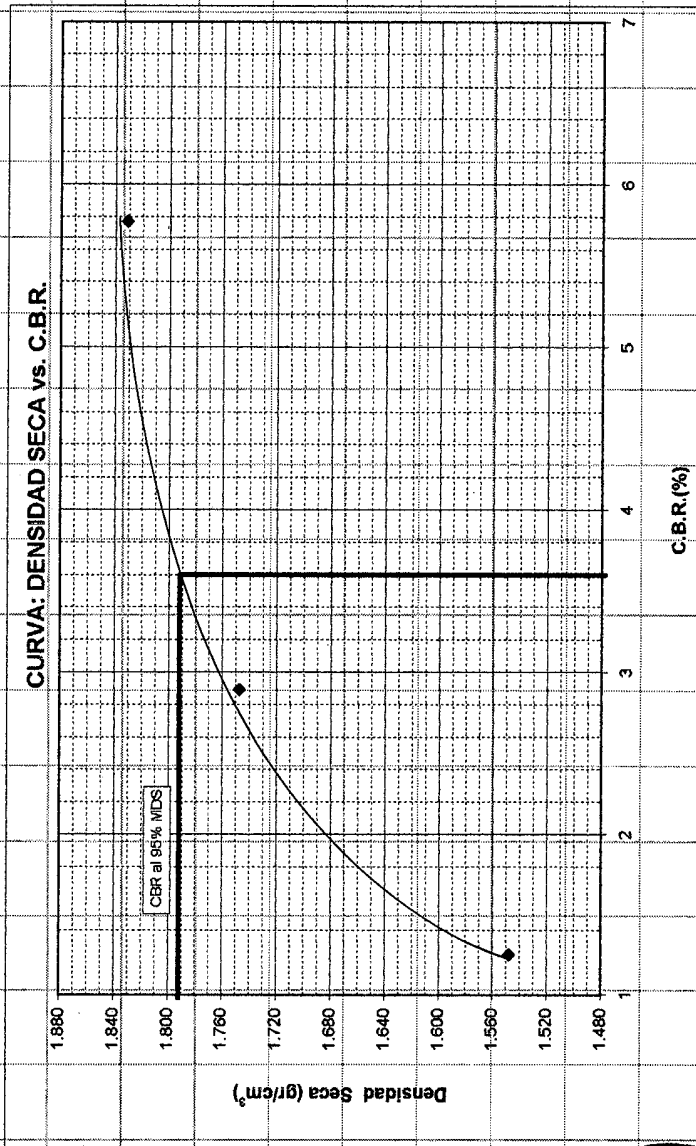
Prof. (m) : 0.80

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.886

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.6

CBR al 100% de la MDS (%) : 5.8

CBR al 95% de la MDS (%) : 3.6



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km 10 +040

PROFUNDIDAD (m): 0.40

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-5 + A1)

UBICACIÓN : CALICATA N° 5

FECHA : 21/04/2005

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	2	10	25
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6612	6353	6050
4.- Peso del molde (g)	4199	4127	3956
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4413	4226	4094
6.- Volumen del molde (cm³)	2103	2111	2095
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.058	2.002	1.954
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.828	1.747	1.688

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	2	10	25
1.- Tara N°	IV	56	M-1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	132.80	122.00	112.10
3.- Tara + suelo seco (g)	120.50	110.90	101.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.30	11.10	10.40
5.- Peso de la tara (g)	37.40	34.90	36.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	83.10	76.00	65.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	14.80	14.61	15.88

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	2	10	25
1.- Tara N°	X-30	V-1	8
2.- Tara + suelo húmedo (g)	109.10	138.70	103.80
3.- Tara + suelo seco (g)	96.10	122.10	91.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	13.00	16.60	12.30
5.- Peso de la tara (g)	37.00	49.60	34.60
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	59.10	72.50	57.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	22.00	22.90	21.58

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	2	10	25
Inicio	21-04-05	01:15 p.m	1.600	1.600	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	25-04-05	03:40 p.m	1.490	1.480	1.533
Expansión (%)			6.88	7.50	4.19
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 2		Molde N° 10		Molde N° 25	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	1.0	1.83	2.5	4.81
0.050		4.0	7.70	4.0	7.70	6.0	11.55
0.075		7.5	14.44	7.5	14.44	11.0	21.18
0.100	1000	12.0	23.10	11.5	22.14	17.0	32.73
0.150		30.0	57.76	25.0	48.13	30.0	57.76
0.200	1500	53.0	102.04	38.0	73.16	41.0	78.94
0.250		73.0	140.55	51.0	98.19	50.0	96.27
0.300	1900	95.0	182.91	62.0	119.37	59.0	113.59
0.400	2300	132.0	254.14	82.0	157.88	73.0	140.55
0.500	2600	163.0	313.83	101.0	194.46	88.0	169.43



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR
ING. JEFE DEL LAB. No 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 21/04/2005

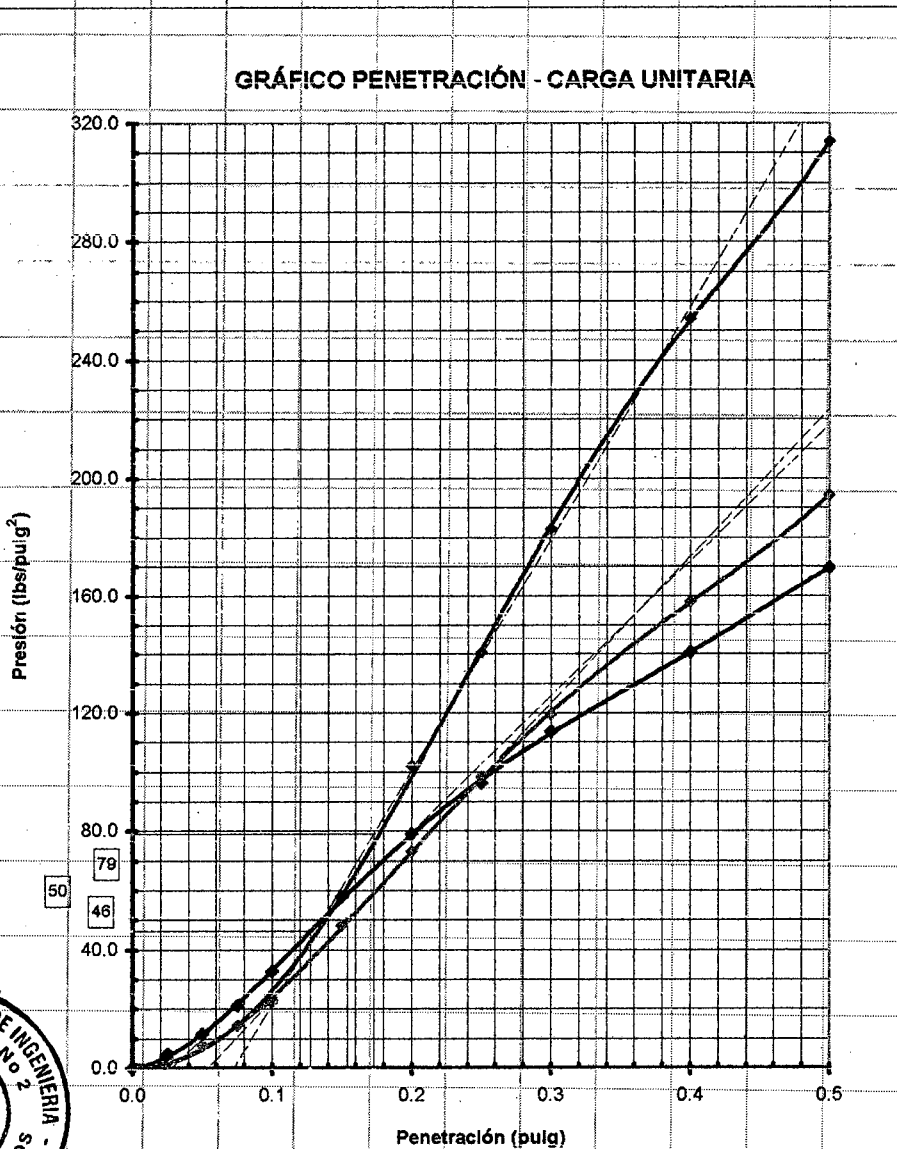
PROGRESIVA: Km 10 + 040

PROFUNDIDAD (m): 0.40 MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-5 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-5

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES

7.9

25 GOLPES

5.0

10 GOLPES

4.6

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI

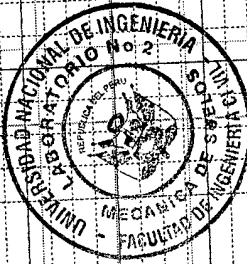
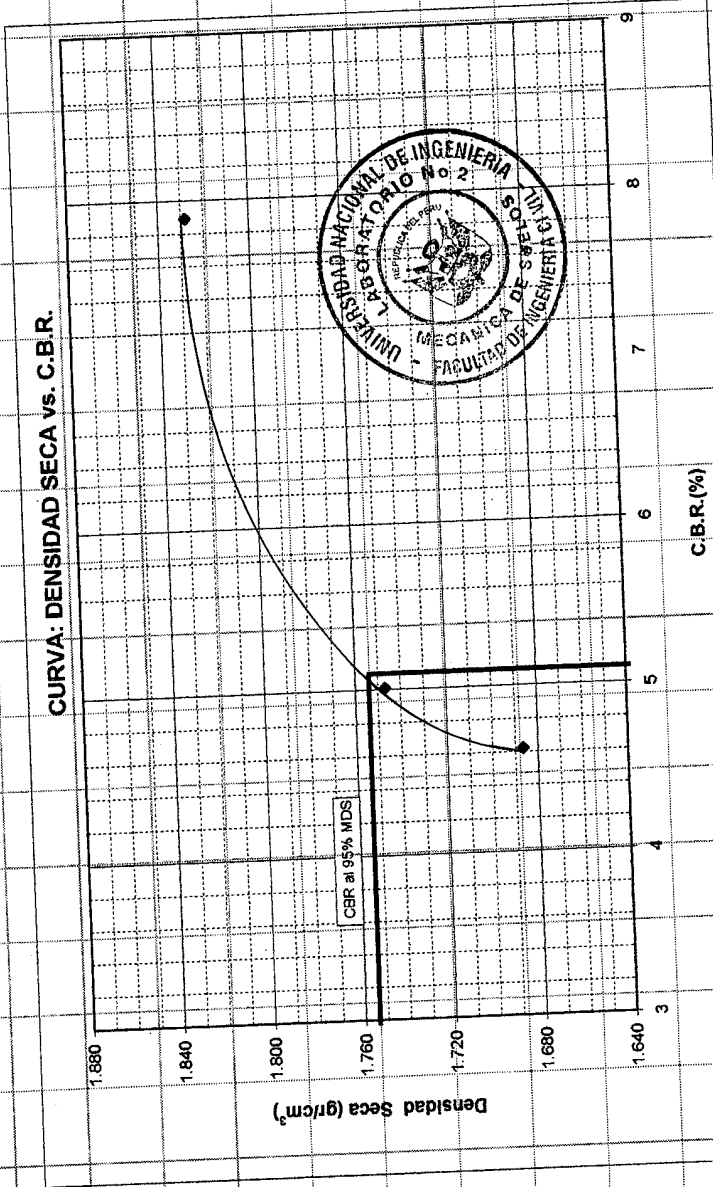


EXPEDIENTE : S05 - 377
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55 PROGRESIVA (Km) : 10 + 040
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 21 de abril del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-5
Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-5-A-1)
Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 7.9
 CBR al 95% de la MDS (%) : 5.1



Jose Wilfredo Gutierrez Lazare

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE-IX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 6

PROGRESIVA : Km - 39 + 020 FECHA : 26/04/2005

PROFUNDIDAD (m): 0.80

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyne 22x (SP-6 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	8	15	23
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	58	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8544	8185	7857
4.- Peso del molde (g)	4048	4053	4009
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4496	4132	3848
6.- Volumen del molde (cm³)	2121	2117	2104
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.120	1.952	1.829
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.912	1.779	1.670

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	8	15	23
1.- Tara N°	110	B - 84	F - 40
2.- Tara + suelo húmedo (g)	116.40	111.30	133.10
3.- Tara + suelo seco (g)	107.00	103.10	124.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.40	8.20	8.30
5.- Peso de la tara (g)	20.40	18.50	37.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	86.60	84.60	87.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.85	9.69	9.54

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	8	15	23
1.- Tara N°	30	110	F - 40
2.- Tara + suelo húmedo (g)	118.10	104.70	100.50
3.- Tara + suelo seco (g)	106.90	90.70	89.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	11.20	14.00	11.10
5.- Peso de la tara (g)	34.70	20.40	37.90
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	72.20	70.30	51.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	15.51	19.91	21.55

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	8	15	23
Inicio	26-04-05	12:00 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	29-04-05	11:10 a.m.	1.483	1.427	1.448
Expansión (%)			-1.13	-4.87	3.47
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776 φ pisón = 3"

$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times K \text{ anillo}) / \phi \text{ pisón}$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 8		Molde N° 15		Molde N° 23	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		11.0	21.18	1.0	1.93	2.0	3.85
0.050		47.0	90.49	4.0	7.70	5.0	9.63
0.075		100.0	192.53	10.0	19.25	8.0	15.40
0.100	1000	147.0	283.02	20.0	38.51	11.0	21.19
0.150		230.0	442.83	41.0	78.94	16.0	30.81
0.200	1500	297.0	571.82	57.0	109.74	21.0	40.43
0.250		348.0	670.02	72.0	138.62	25.0	48.13
0.300	1800	394.0	758.59	99.0	199.43	29.0	55.93
0.400	2300	478.0	920.31	120.0	231.04	37.0	71.24
0.500	2600	562.0	1082.04	150.0	288.80	46.0	88.57



[Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

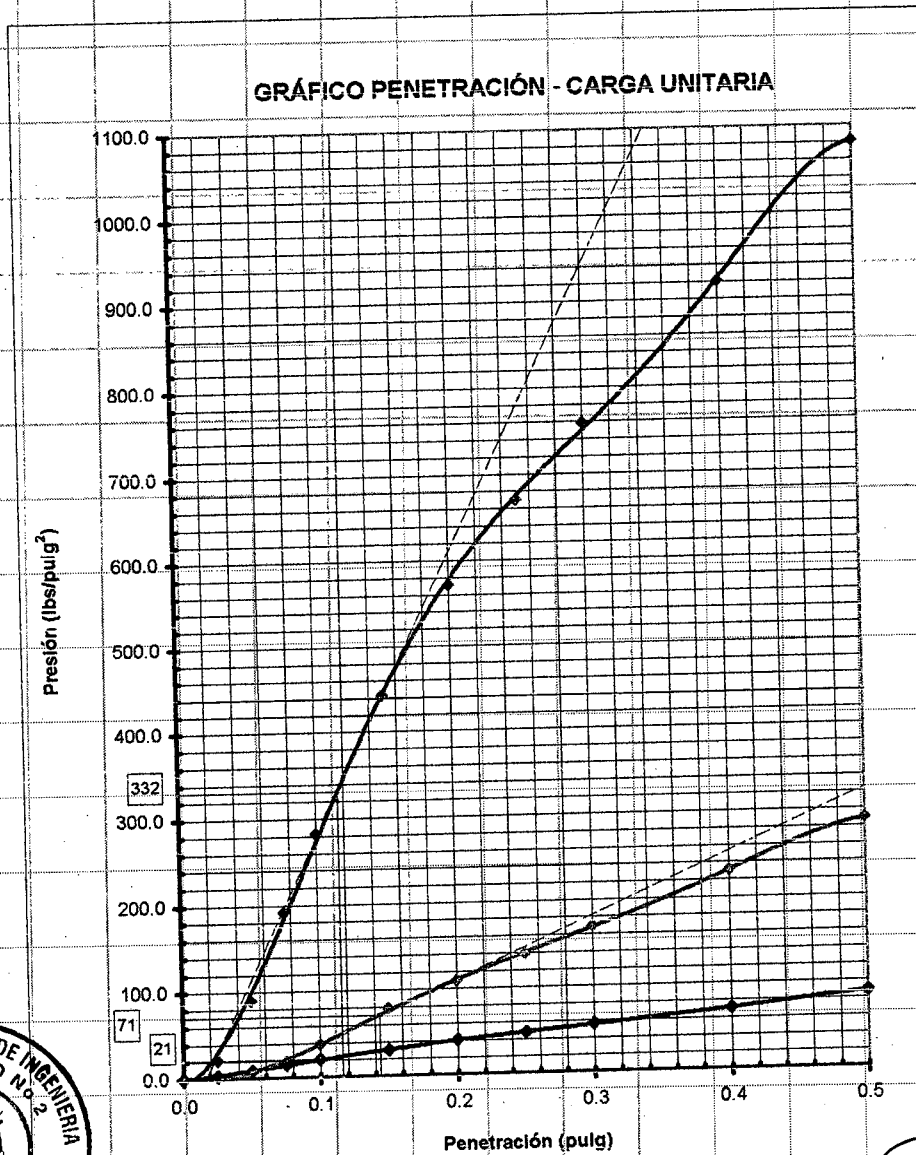
FECHA : 26/04/2005

PROGRESIVA : Km 39 + 020

PROFUNDIDAD (m): 0.80 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-6 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-6



CBR 0.1" =

56 GOLPES

33.2

25 GOLPES

7.1

10 GOLPES

2.1

JOSE WILFREDO GUTIERREZ

ING. JEFE DEL LAB.

Mecánica de Suelos - U



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
 : 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 PROGRESIVA (Km) : 39 + 020

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 26 de abril del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicafa : C-6

Muestra : Suelo Patron + Permazyme 22x (SP-S+A-1)

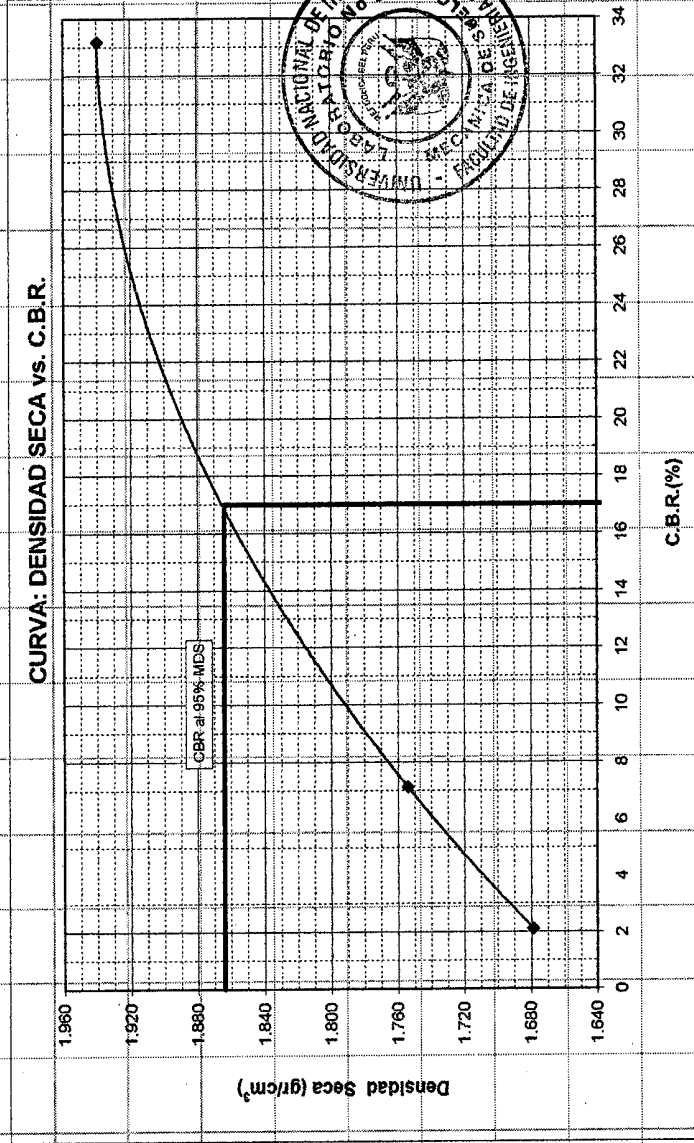
Prof. (m) : 0.80

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.962

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.4

CBR al 100% de la MDS (%) : 33.2

CBR al 95% de la MDS (%) : 17.0



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1983

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 7

PROGRESIVA : Km 38 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.75

FECHA : 26/04/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-7 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	1	4	11
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6590	6514	6129
4.- Peso del molde (g)	4068	4076	4037
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4522	4438	4092
6.- Volumen del molde (cm³)	2115	2115	2122
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.136	2.056	1.926
8.- Densidad Seca (g/cm³)	2.006	1.945	1.792

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	1	4	11
1.- Tara N°	F - 4	X - 30	30
2.- Tara + suelo húmedo (g)	140.50	124.40	140.40
3.- Tara + suelo seco (g)	133.90	118.00	132.90
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	6.60	6.40	7.50
5.- Peso de la tara (g)	33.60	36.00	34.60
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	100.30	81.10	98.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/5*100)	6.58	7.89	7.63

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	1	4	11
1.- Tara N°	S4	B - 84	N - 10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	122.30	118.70	119.20
3.- Tara + suelo seco (g)	111.00	106.00	107.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	11.30	12.70	12.00
5.- Peso de la tara (g)	24.80	18.50	33.60
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	86.20	87.50	73.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/5*100)	13.11	14.51	16.37

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	1	4	11
Inicio	26-04-05	03:40 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	29-04-05	02:40 p.m.	1.490	1.487	1.47
Expansión (%)			0.67	0.67	2.00
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ picón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ picón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 1		Molde N° 4		Molde N° 11	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		93.0	179.06	20.0	38.51	7.0	13.48
0.050		161.0	309.98	57.0	109.74	13.0	25.03
0.075		222.0	427.42	86.0	165.58	17.0	32.73
0.100	1000	278.0	531.39	107.0	208.01	20.0	39.51
0.150		361.0	695.05	143.0	275.32	25.0	48.13
0.200	1500	438.0	843.30	177.0	340.78	31.0	59.69
0.250		500.0	962.67	209.0	402.39	37.0	71.24
0.300	1900	560.0	1078.10	240.0	462.09	42.0	80.86
0.400	2300	680.0	1309.23	286.0	569.90	51.0	98.19
0.500	2600	824.0	1586.47	341.0	656.54	60.0	115.52



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 26/04/2005

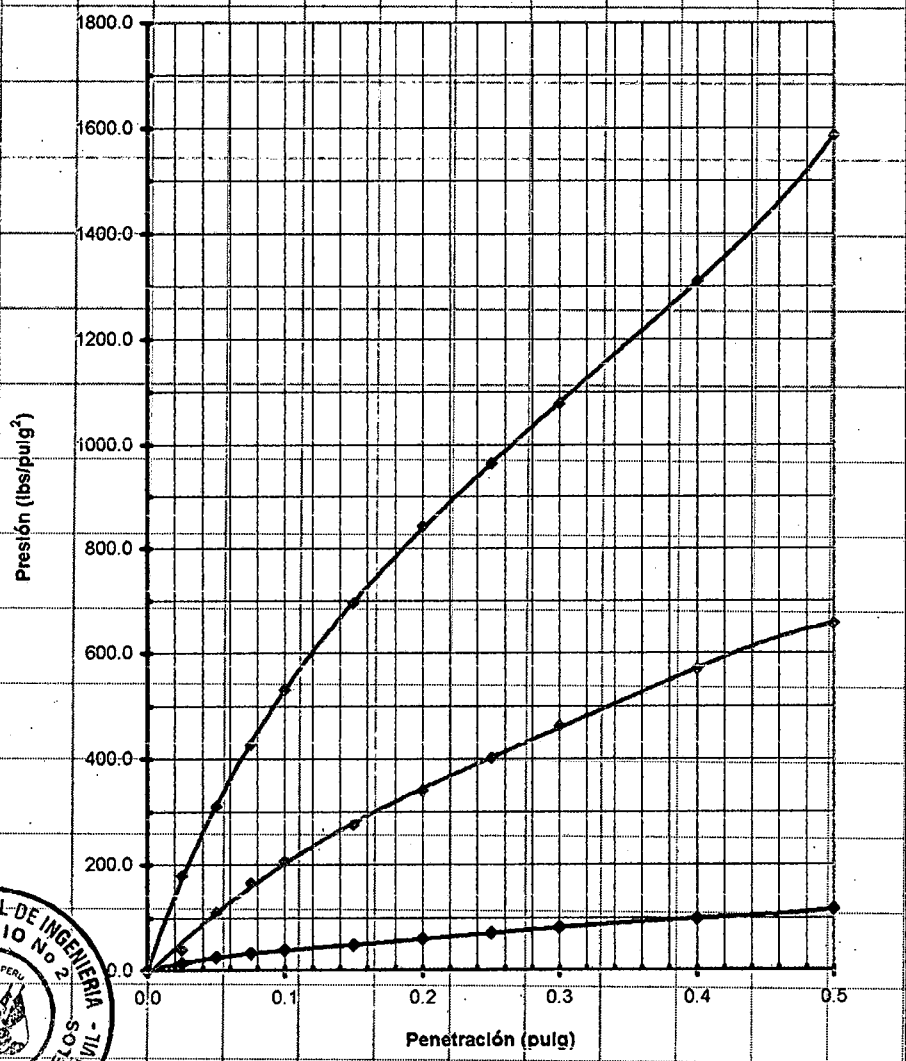
PROGRESIVA : Km 38 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.75 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-7 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-7

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1 " = 56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

 53.1 20.6 3.9

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE : S05 - 377
 PROYECTO : 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 PROGRESIVA (Km) : 38 + 000

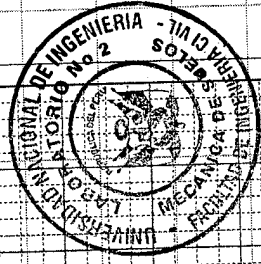
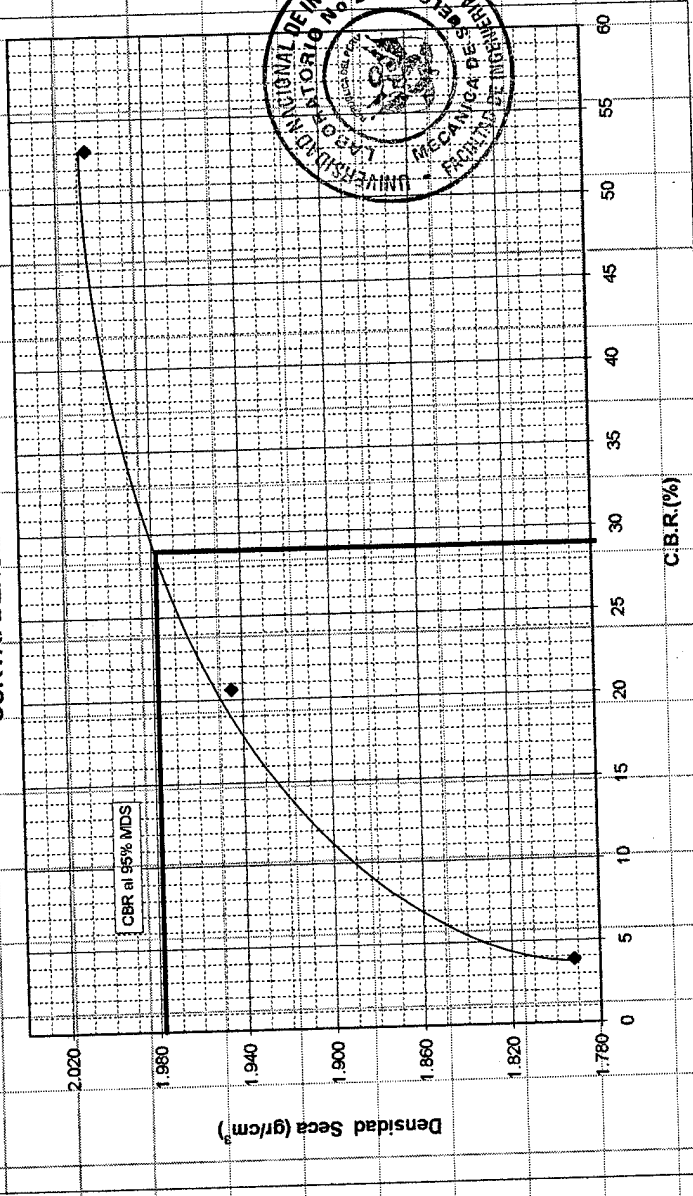
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
 FECHA : 26 de abril del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calificata : C-7
 Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-7+A-1)
 Prof. (m) : 0,75

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2,082
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8,4
 CBR al 100% de la MDS (%) : 53,1
 CBR al 95% de la MDS (%) : 29,0

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



[Signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km 37+000

PROFUNDIDAD (m): 0.40

MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-8 + A1)

UBICACIÓN : CALICATA N° 8

FECHA : 28/04/2005

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R. Compactación

Molde N°	10	25	29
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8468	6097	7676
4.- Peso del molde (g)	4127	3958	3907
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4361	4139	3969
6.- Volumen del molde (cm³)	2111	2095	2119
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.068	1.976	1.673
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.890	1.789	1.697

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	10	25	29
1.- Tara N°	F - 40	F - 4	30
2.- Tara + suelo húmedo (g)	135.60	131.90	120.80
3.- Tara + suelo seco (g)	127.30	122.60	112.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	8.30	9.30	8.10
5.- Peso de la tara (g)	37.90	33.70	34.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	89.40	88.90	77.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	9.28	10.46	10.40

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	10	25	29
1.- Tara N°	110	54	B - 84
2.- Tara + suelo húmedo (g)	110.20	141.70	105.90
3.- Tara + suelo seco (g)	85.00	120.10	89.00
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	15.20	21.60	16.90
5.- Peso de la tara (g)	20.40	24.70	18.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	74.60	85.40	70.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	20.38	22.84	23.94

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	10	25	29
Inic	28-04-05	01:00 p.m	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	03-05-05	10:40 a.m	1.474	1.459	1.412
Expansión (%)			1.73	2.73	5.87
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 10		Molde N° 25		Molde N° 29	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		3.0	5.78	1.0	1.83	2.0	3.85
0.050		7.0	13.48	2.0	3.85	3.0	5.78
0.075		12.0	23.10	4.0	7.70	4.5	8.66
0.100		20.0	38.51	7.0	13.48	6.0	11.55
0.150	1000	43.0	82.79	15.0	28.88	9.0	17.33
0.200	1500	65.0	125.15	24.0	48.21	11.0	21.18
0.250		84.0	161.73	31.0	59.69	15.0	28.88
0.300	1800	101.0	194.46	39.0	75.09	17.0	32.73
0.400	2300	130.0	250.29	54.0	103.87	23.0	44.28
0.500	2600	160.0	308.05	69.0	132.85	28.0	55.83



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 28/04/2005

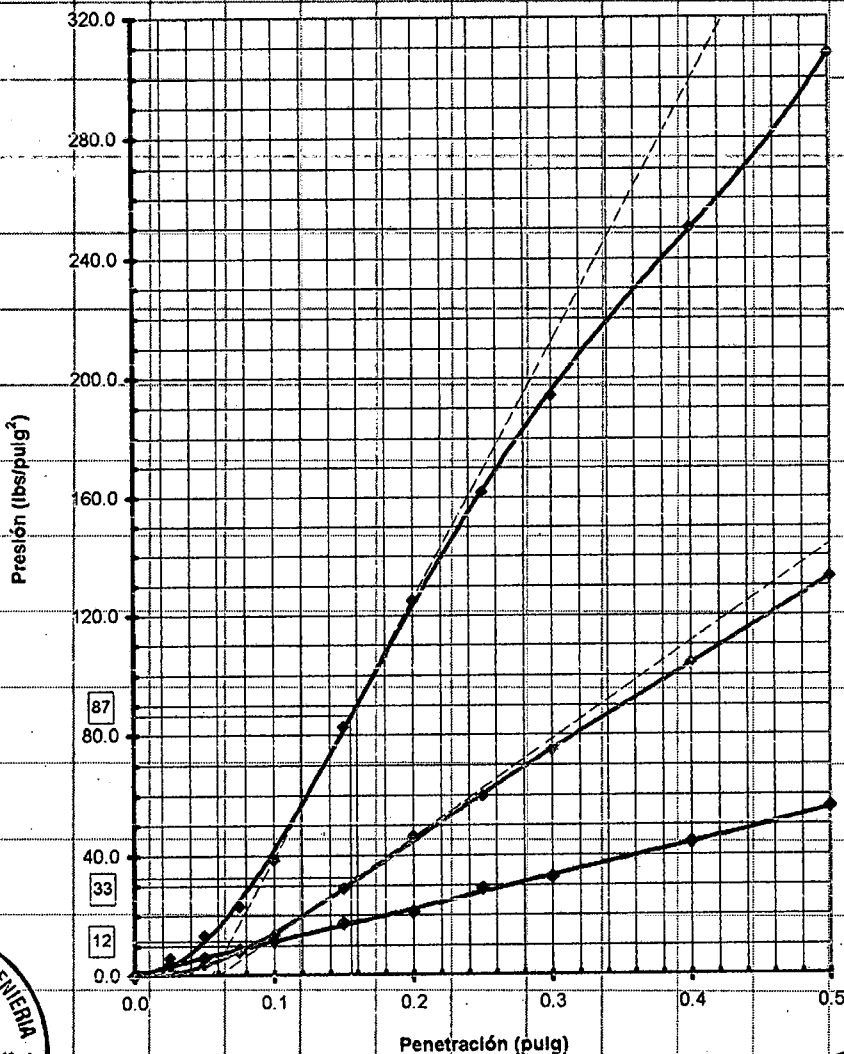
PROGRESIVA : Km 37 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.40 MUESTRA : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-8 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-8

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES

8.7

25 GOLPES

3.3

10 GOLPES

1.2

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE

ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
Mejoramiento de Caminitos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando al estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 28 de abril del 2005

PROGRESIVA (Km) : 37 + 000

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-8

Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-8+A-1)

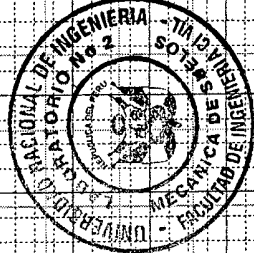
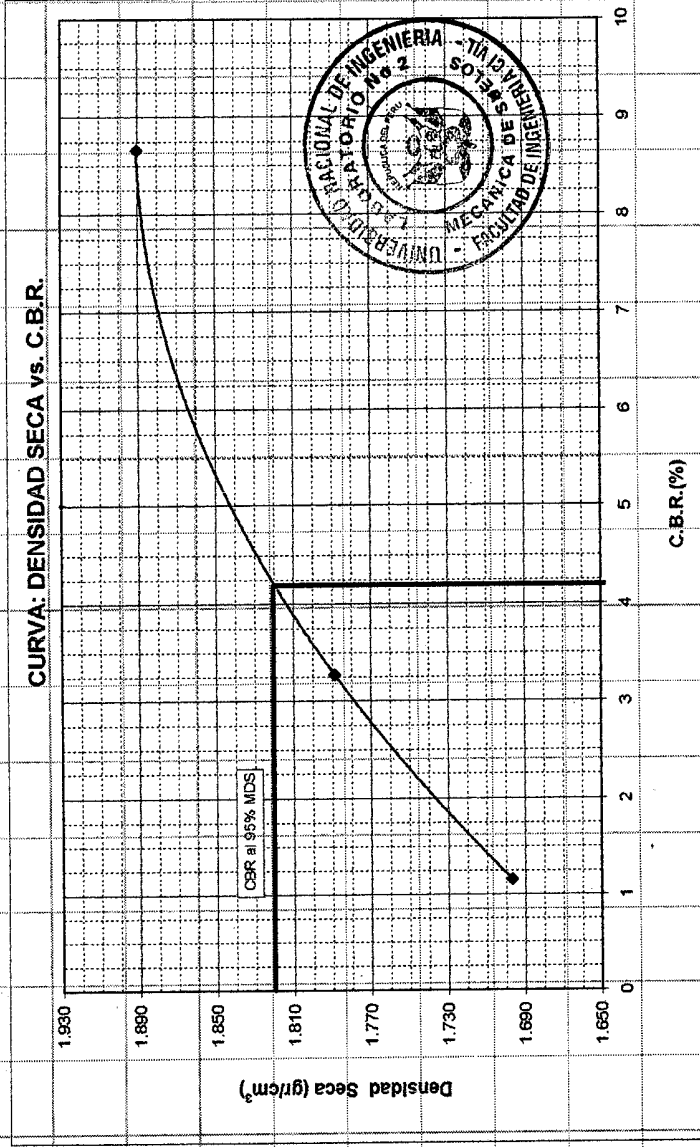
Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.916

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.6

CBR al 100% de la MDS (%) : 8.7

CBR al 95% de la MDS (%) : 4.2



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE-IX-55

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 9

PROGRESIVA: Km 32 + 500

PROFUNDIDAD (m): 0.60

FECHA: 20/04/2005

MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-9 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	8	15	23
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8539	8343	8003
4.- Peso del molde (g)	4049	4055	4011
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4490	4288	3992
6.- Volumen del molde (cm³)	2121	2117	2104
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.117	2.026	1.897
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.947	1.866	1.737

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	8	15	23
1.- Tara N°	N-10	35	M-1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	125.90	130.90	119.00
3.- Tara + suelo seco (g)	118.50	123.20	112.00
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	7.40	7.70	7.00
5.- Peso de la tara (g)	33.90	33.30	36.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	84.60	89.90	75.80
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	8.75	8.57	9.23

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	8	15	23
1.- Tara N°	F-40	Z-4	N-10
2.- Tara + suelo húmedo (g)	117.50	101.10	109.60
3.- Tara + suelo seco (g)	104.60	90.90	98.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.90	10.20	13.10
5.- Peso de la tara (g)	37.80	37.30	33.90
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	66.80	53.60	62.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	19.31	19.03	20.93

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	8	15	23
Inicio	20-04-05	12:30 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	25-04-05	01:50 p.m.	1.374	1.385	1.446
Expansión (%)			8.40	7.67	3.80
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x k anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 8		Molde N° 15		Molde N° 23	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	2.0	3.85	1.0	1.93
0.050		6.0	11.55	5.0	9.63	3.5	6.74
0.075		9.0	17.33	9.0	17.33	6.0	11.55
0.100	1000	16.0	30.81	13.0	25.03	8.0	15.40
0.150		39.0	75.09	27.0	51.98	12.0	23.10
0.200	1500	61.0	117.45	43.0	82.79	18.0	30.81
0.250		78.0	150.18	55.0	105.89	20.0	39.51
0.300	1800	93.0	179.06	68.0	127.07	23.0	44.28
0.400	2300	121.0	232.97	87.0	167.50	30.0	57.76
0.500	2800	150.0	288.80	107.0	206.01	37.0	71.24



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco FECHA: 20/04/2005

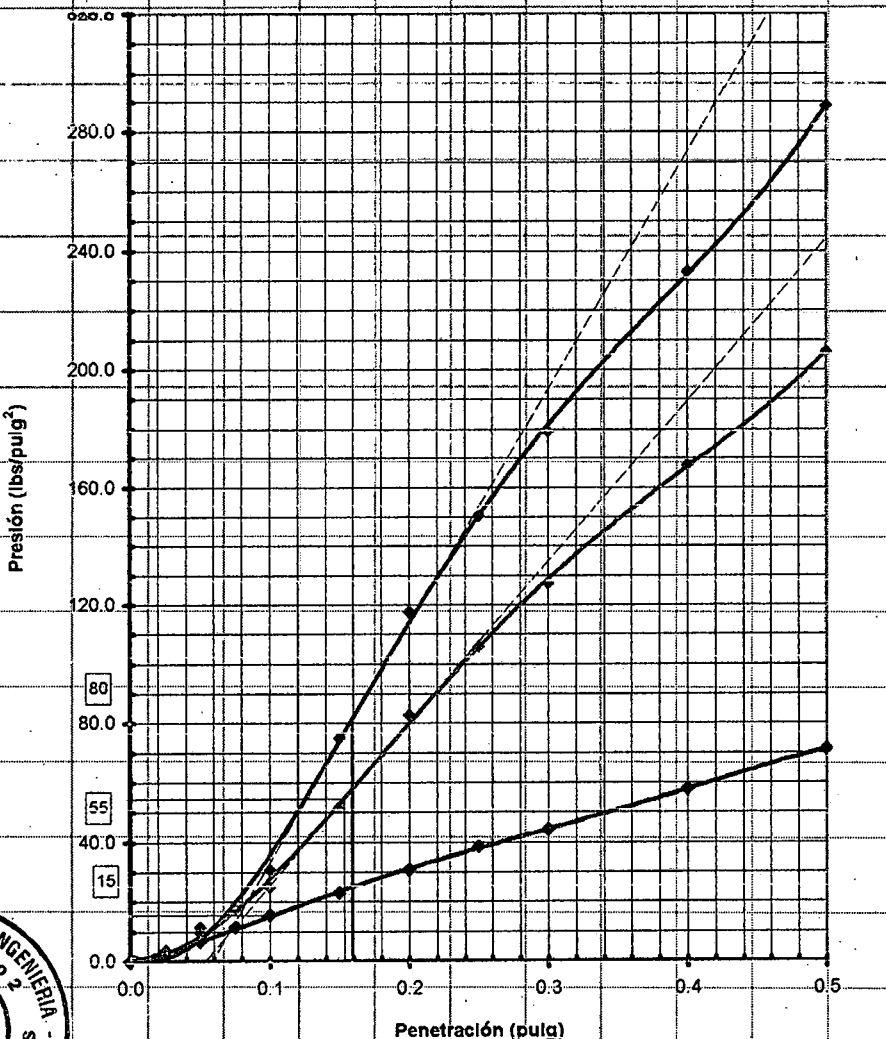
PROGRESIVA: Km 32 + 500

PROFUNDIDAD (m): 0.60 MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-9 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-9

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

CBR 0.1" =

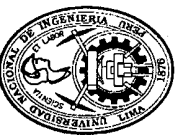
8.0

5.5

1.5

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2





EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
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

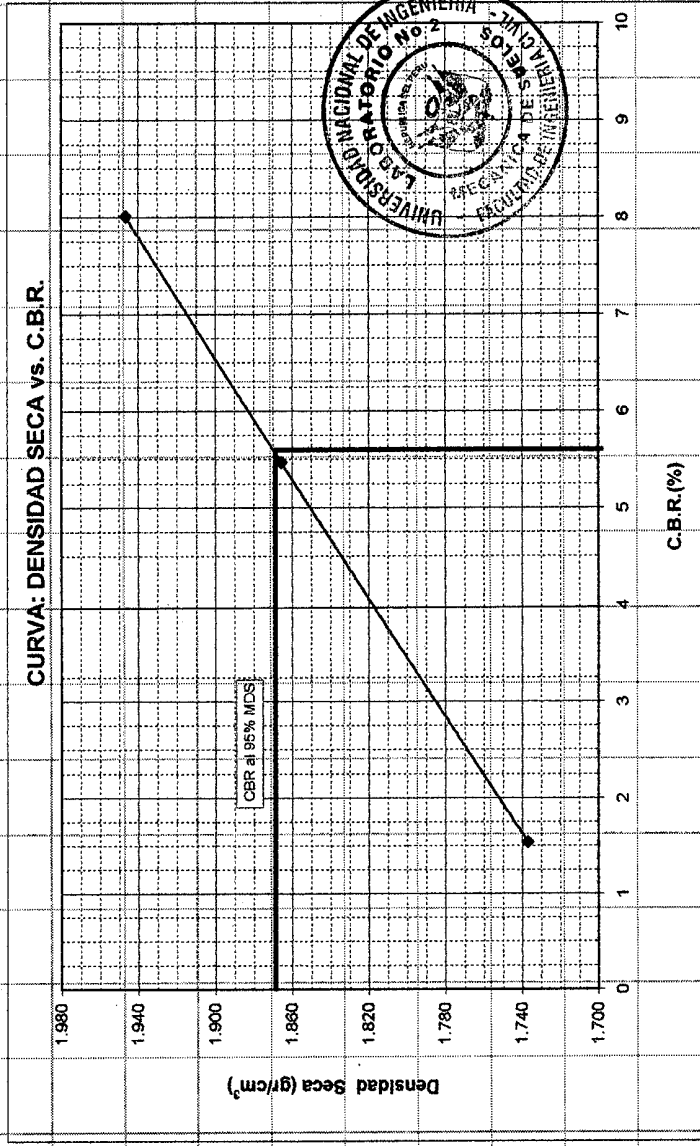
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
PROGRESIVA (Km) : 32 + 500

FECHA : 20 de abril del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicita : C-9
Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-9-A-1)
Prof. (m) : 0.60

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.967
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.2
CBR al 100% de la MDS (%) : 8.0
CBR al 95% de la MDS (%) : 5.6



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 10

PROGRESIVA: Km 32+000

PROFUNDIDAD (m): 0.50

FECHA: 28/04/2005

MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-10 + A1)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	7	22	26
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8294	7699	7259
4.- Peso del molde (g)	4234	3931	3935
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4060	3878	3324
6.- Volumen del molde (dm³)	2110	2111	2081
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	1.924	1.637	1.587
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.645	1.574	1.386

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	7	22	26
1.- Tara N°	B - 84	110	IV
2.- Tara + suelo húmedo (g)	83.40	116.10	123.80
3.- Tara + suelo seco (g)	74.00	102.40	112.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.40	13.70	11.40
5.- Peso de la tara (g)	18.50	20.50	37.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	55.50	81.90	74.80
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	18.84	16.73	15.24

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	7	22	26
1.- Tara N°	N - 10	F - 40	30
2.- Tara + suelo húmedo (g)	126.90	134.90	109.50
3.- Tara + suelo seco (g)	104.30	110.10	88.50
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	22.60	24.80	21.00
5.- Peso de la tara (g)	33.80	37.90	34.70
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	70.40	72.20	53.80
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	32.10	34.35	39.03

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	7	22	26
Inicio	28-04-05	04:00 p.m.	1.500	1.500	1.600
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	03-05-05	12:30 p.m.	1.423	1.408	1.535
Expansión (%)			5.13	6.07	4.06
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

ϕ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times K \text{ anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 7		Molde N° 22		Molde N° 26	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.090		0.0	0.09	0.0	0.09	0.0	0.09
0.025		25.0	48.13	4.0	7.70	3.0	5.78
0.050		50.0	96.27	10.0	19.25	7.0	13.48
0.075		78.0	150.18	18.0	34.86	11.0	21.18
0.100	1000	100.0	192.53	27.0	51.98	15.0	28.98
0.150		128.0	246.44	45.0	86.84	22.0	42.36
0.200	1500	148.0	284.95	60.0	115.52	27.0	51.98
0.250		167.0	321.53	74.0	142.47	33.0	63.54
0.300	1900	189.0	359.11	87.0	167.50	38.0	69.31
0.400	2300	227.0	437.05	112.0	215.64	44.0	84.71
0.500	2600	264.0	508.29	135.0	259.92	51.0	98.19



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 28/04/2005

PROGRESIVA: Km 32 + 000

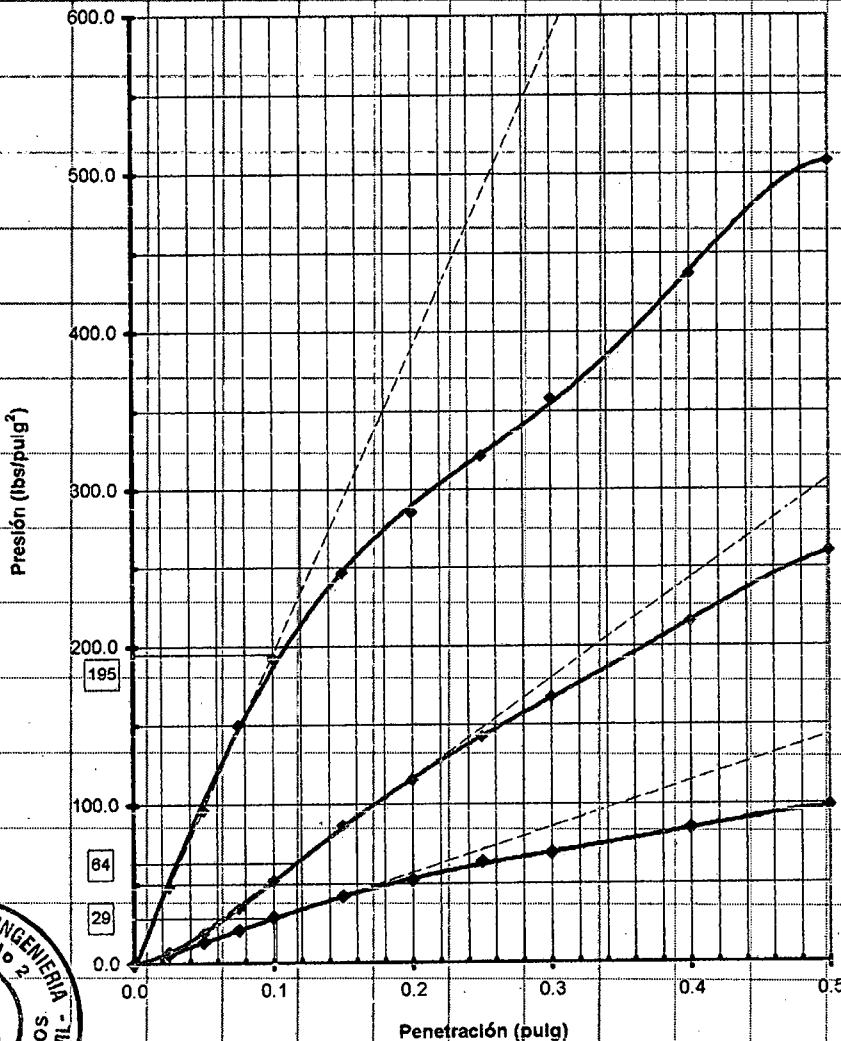
PROFUNDIDAD (m): 0.50

MUESTRA: Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-10 + A-1)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-10

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLFES

19.5

25 GOLFES

6.4

10 GOLFES

2.9

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. No 2



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377

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
 San Rafael - Huánuco
 PROGRESIVA (Km) : 32 +000

UBICACIÓN

FECHA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

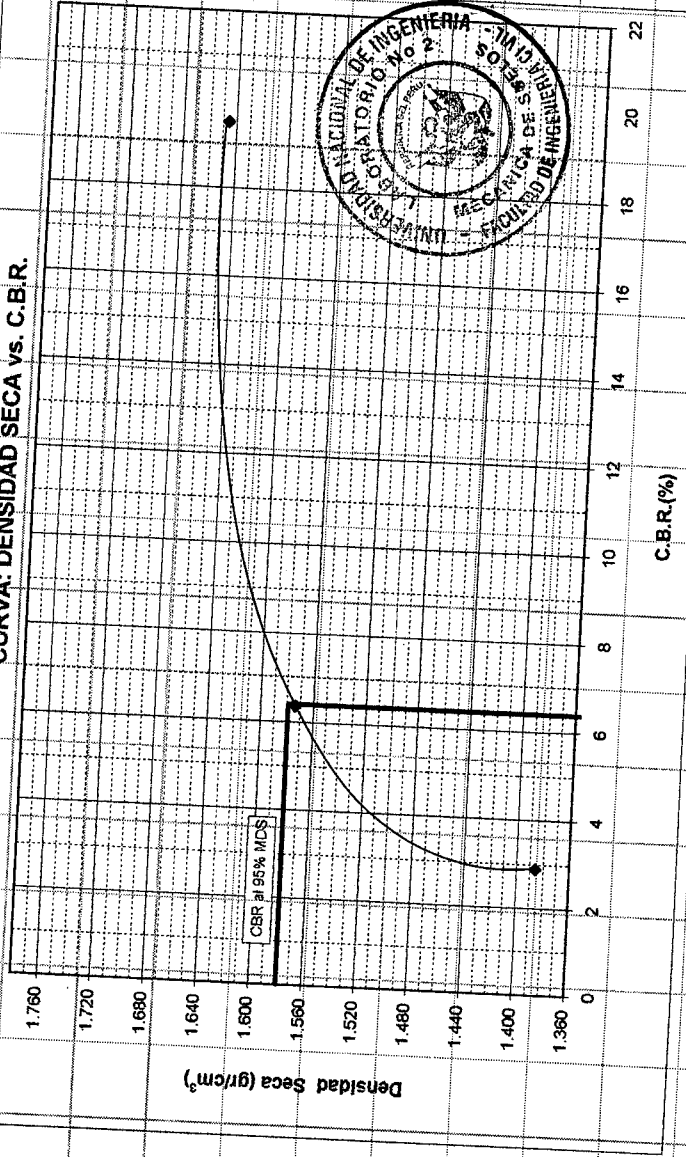
Calicata : C-10

Muestra : Suelo Patrón + Permazyme 22x (SP-10A-1)

Prof. (m) : 0.50

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.662
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 17.6
 CBR al 100% de la MDS (%) : 19.5
 CBR al 95% de la MDS (%) : 6.4

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



[Handwritten signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos

ANEXO K
Resultados de ensayos de CBR del
suelo patrón + Probase TX-55
(MTC E-132 / ASTM D-1883)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASA TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 1

PROGRESIVA : Km 12 + 160

PROFUNDIDAD (m): 0.50

FECHA : 10/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-1 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	2	14	26
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8396	8266	7626
4.- Peso del molde (g)	4200	4235	3931
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4196	4031	3695
6.- Volumen del molde (cm³)	2103	2122	2081
7.- Densidad húmeda (g/cm³) (5/6)	1.995	1.900	1.776
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.817	1.733	1.618

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	2	14	26
1.- Tara N°	5 x	4 x	B - #1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	108.60	135.50	126.50
3.- Tara + suelo seco (g)	102.10	127.80	118.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	6.50	7.70	7.80
5.- Peso de la tara (g)	35.90	47.90	38.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	66.20	79.90	80.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	9.82	9.64	9.73

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	2	14	26
1.- Tara N°	S-1	S-3	S-4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	126.80	107.40	112.70
3.- Tara + suelo seco (g)	111.60	94.70	99.30
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	15.20	12.70	13.40
5.- Peso de la tara (g)	38.00	37.10	44.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	75.60	57.60	55.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	20.11	22.05	24.36

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	2	14	26
Inicio	10-05-05	03:30 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	13-05-05	11:40 a.m.	1.432	1.431	1.443
Expansión (%)			4.53	4.60	3.80
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pison = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K anillo}) / \phi \text{ pison}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 2		Molde N° 14		Molde N° 26	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		5.0	9.83	2.0	3.85	2.0	3.85
0.050		13.0	25.03	7.0	13.48	4.0	7.70
0.075		30.0	57.76	13.0	25.03	7.0	13.48
0.100	1000	49.0	94.34	23.0	44.29	9.0	17.33
0.150		84.0	161.73	43.0	82.79	14.0	26.95
0.200	1500	110.0	211.79	58.0	111.67	18.0	34.66
0.250		128.0	246.44	73.0	140.55	21.0	40.43
0.300	1800	147.0	283.02	85.0	163.85	24.0	46.21
0.400	2300	178.0	342.71	113.0	217.56	30.0	57.76
0.500	2800	212.0	408.17	138.0	265.70	36.0	69.31



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LAB. N° 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 10/05/2005

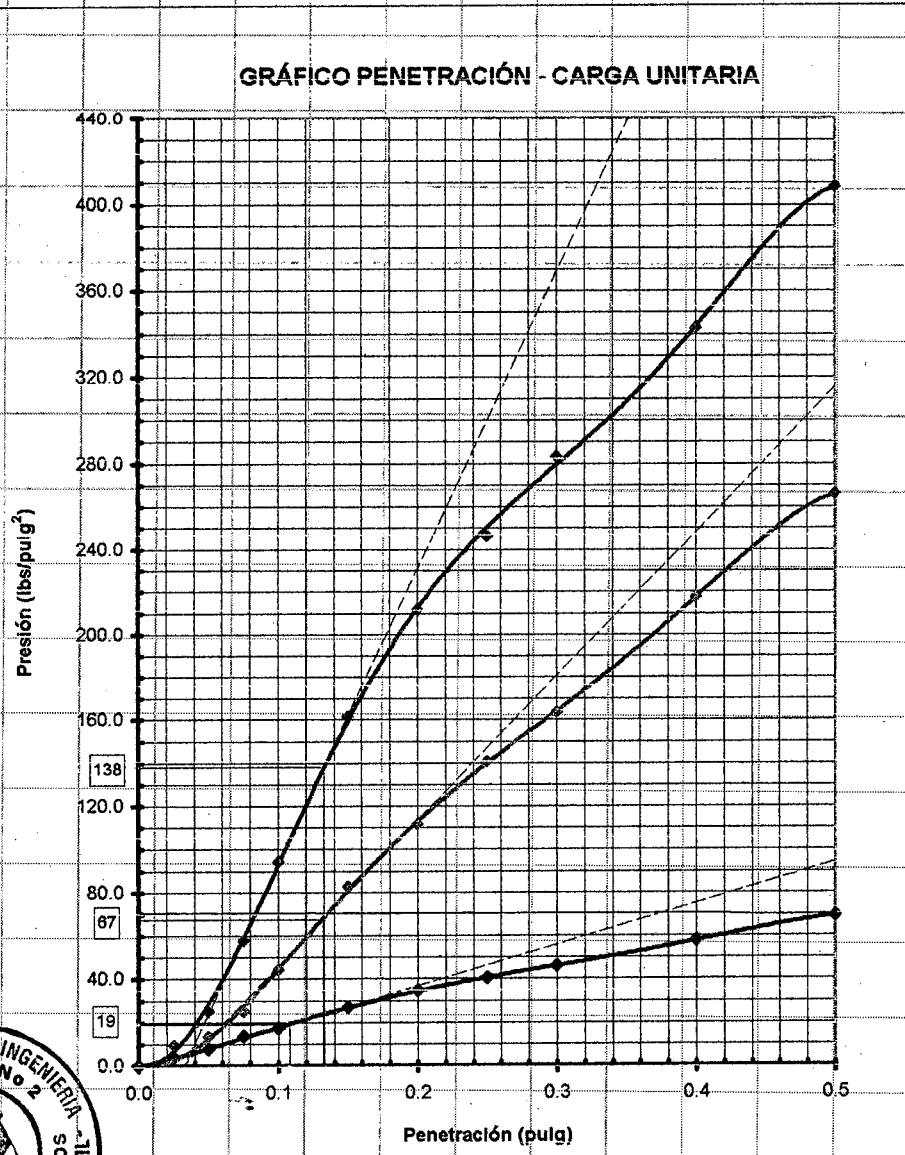
PROGRESIVA : Km 12 + 160

PROFUNDIDAD (m) : 0.50 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-1 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-1

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA

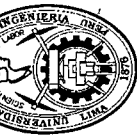


56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

CBR 0.1" = 13.8 6.7 1.9

[Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377

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 PROGRESIVA (Km) : 12 + 160
San Rafael - Huánuco
10 de mayo del 2005

UBICACIÓN

FECHA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicleta : C-1

Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-1+A-2)

Prof. (m) : 0.50

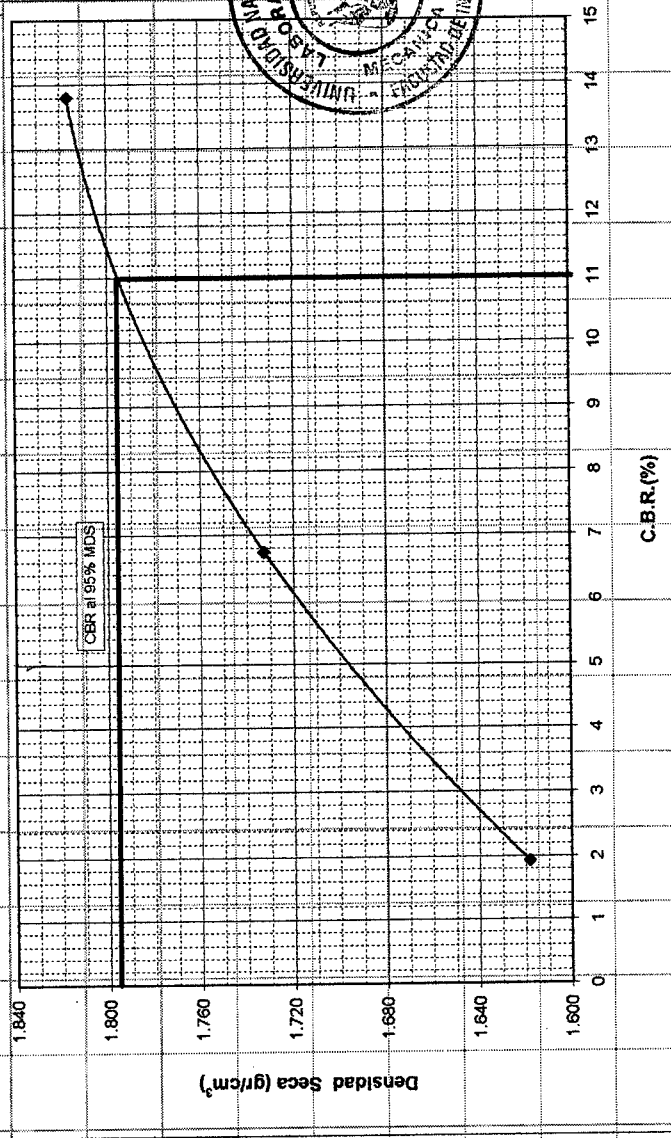
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.890

Óptimo Contenido de Humedad (%) 10.0

CBR al 100% de la MDS (%) 13.8

CBR al 95% de la MDS (%) 11.0

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Handwritten signature

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASTE TX-55

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 2

PROGRESIVA: Km 12+200

PROFUNDIDAD (m): 0.70

FECHA: 18/04/2005

MUESTRA: Suelo Patrón + Probaste TX-55 (SP-2 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	7	22	25
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8634	6116	7624
4.- Peso del molde (g)	4235	3929	3956
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4399	4187	3668
6.- Volumen del molde (cm³)	2110	2111	2085
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.085	1.983	1.646
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.870	1.779	1.649

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	7	22	25
1.- Tara N°	5 x	4 x	B-41
2.- Tara + suelo húmedo (g)	128.20	149.60	134.90
3.- Tara + suelo seco (g)	118.70	139.10	124.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.50	10.50	10.30
5.- Peso de la tara (g)	35.80	47.80	38.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	82.90	91.20	86.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	11.46	11.51	11.94

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	7	22	25
1.- Tara N°	S-5	S-6	A-17
2.- Tara + suelo húmedo (g)	119.90	103.10	129.10
3.- Tara + suelo seco (g)	108.60	91.50	111.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	11.30	11.60	17.30
5.- Peso de la tara (g)	49.30	37.10	36.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	59.30	54.40	75.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	19.06	21.32	22.94

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	7	22	25
Inicio	11-05-05	12:40 p.m.	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	13-05-05	02:30 p.m.	1.43	1.444	1.455
Expansión (%)			4.67	3.73	3.00
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pison = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times K \text{ anillo}) / \phi \text{ pison}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 7		Molde N° 22		Molde N° 25	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		5.0	9.63	4.0	7.70	4.0	7.70
0.050		14.0	26.95	10.0	19.25	10.0	19.25
0.075		31.0	59.89	20.0	38.51	17.5	33.69
0.100	1000	54.0	103.97	33.0	63.54	25.0	49.13
0.150		114.0	219.49	58.0	111.67	36.0	69.31
0.200	1500	160.0	308.05	81.0	155.95	46.0	88.57
0.250		200.0	385.07	101.0	194.46	53.0	102.04
0.300	1900	231.0	444.75	121.0	232.97	61.0	117.45
0.400	2300	285.0	548.72	154.0	296.50	76.0	146.33
0.500	2800	334.0	643.06	183.0	352.34	90.0	173.28



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 11/05/2005

PROGRESIVA : Km 12 + 200

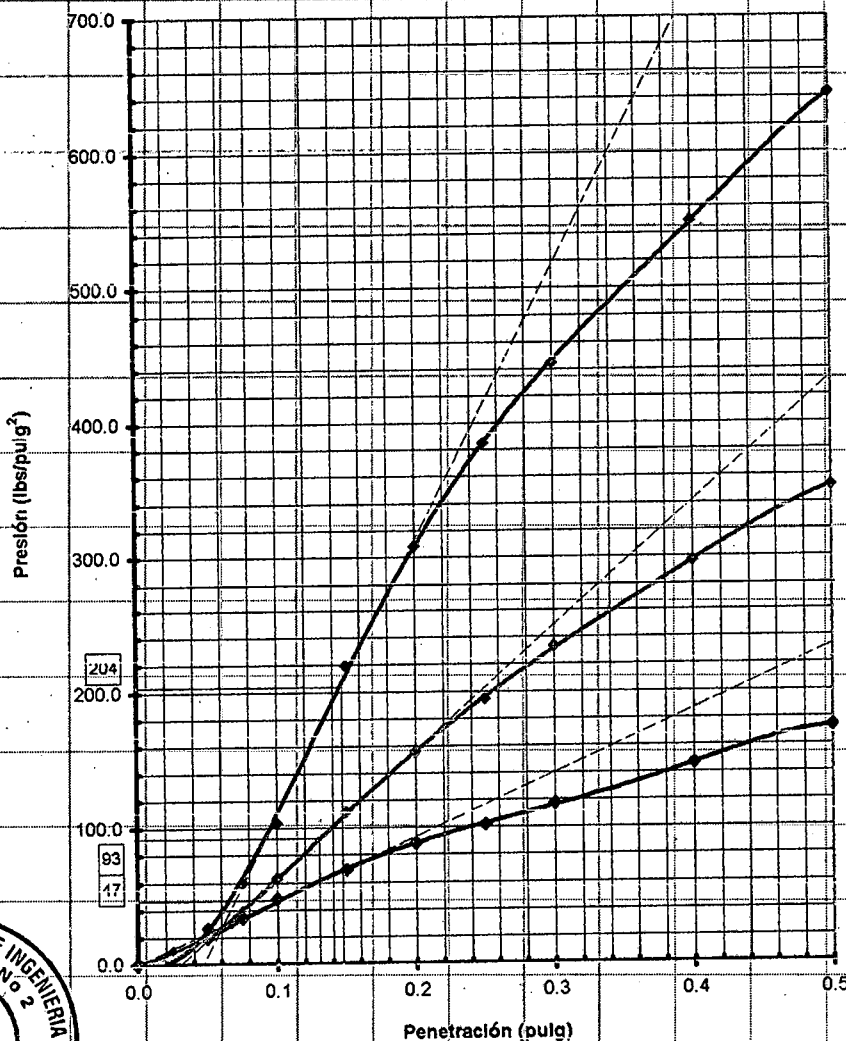
PROFUNDIDAD (m) : 0.70

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-2 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-2

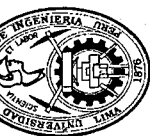
GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" = 56 GOLPES 20.4 25 GOLPES 9.3 10 GOLPES 4.7

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZA
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - IIMT



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
 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

UBICACIÓN : PROGRESIVA (Km) : 12 + 200
 San Rafael - Huánuco

FECHA : 11 de mayo del 2005

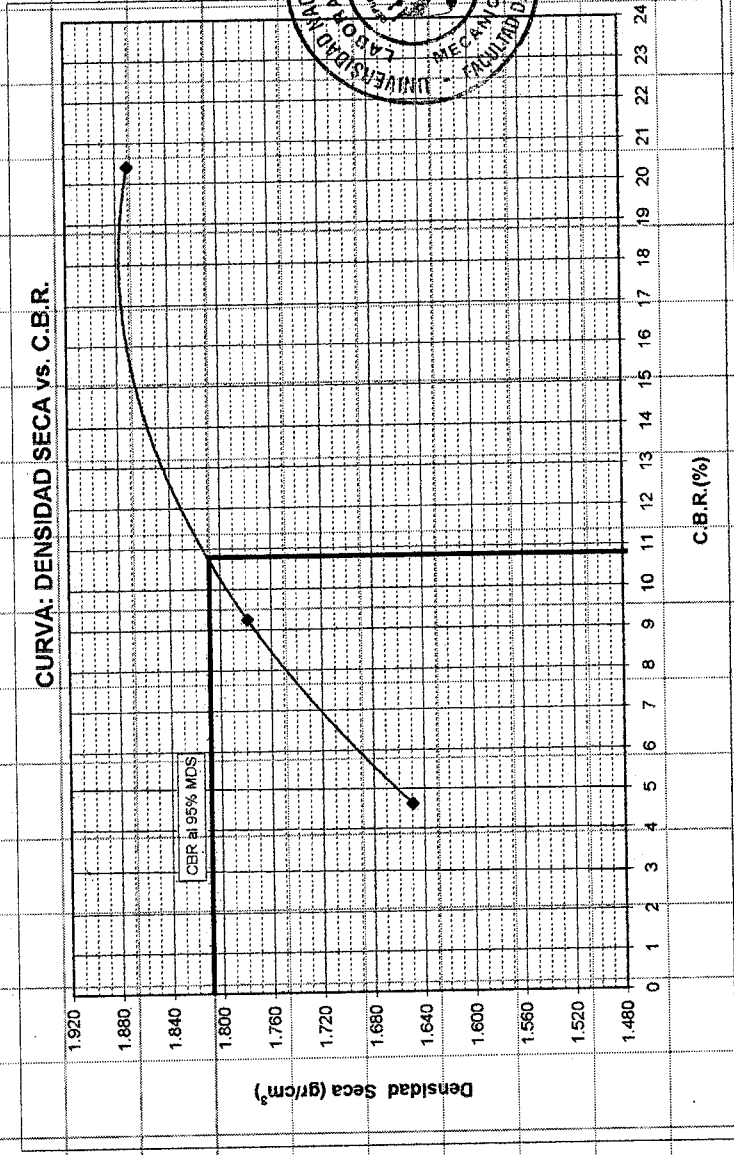
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-2

Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-2+A-2)

Prof. (m) : 0.70

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.904
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.0
 CBR al 100% de la MDS (%) : 20.4
 CBR al 95% de la MDS (%) : 10.8



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1993

EXPEDIENTE: S05 - 377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN: CALICATA N° 3

PROGRESIVA: Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m): 0.60

FECHA: 16/05/2005

MUESTRA: Suelo-Patrón + Probase TX-55 (SP-3 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	8	11	24
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6352	6237	7851
4.- Peso del molde (g)	4048	4038	4039
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4304	4199	3812
6.- Volumen del molde (cm³)	2121	2122	2101
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.029	1.979	1.862
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.804	1.751	1.645

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	8	11	24
1.- Tara N°	S - 1	S - 3	S + 4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	111.70	139.00	112.90
3.- Tara + suelo seco (g)	103.30	127.30	104.90
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	8.40	11.70	8.00
5.- Peso de la tara (g)	35.90	37.20	44.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	67.40	90.10	60.70
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.46	12.99	13.18

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	8	11	24
1.- Tara N°	S - 2	CR - 2	S - 1
2.- Tara + suelo húmedo (g)	116.40	127.90	105.40
3.- Tara + suelo seco (g)	101.90	110.20	91.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	14.50	17.70	13.80
5.- Peso de la tara (g)	36.30	35.80	36.10
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	65.60	74.40	55.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	22.10	23.79	24.86

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	8	11	24
Inicio	16-05-05	11:30 a.m.	1.500	1.600	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	18-05-05	10:30 a.m.	1.332	1.428	1.398
Expansión (%)			11.20	10.75	6.80
Humedad (%)					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pison = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times K \text{ anillo}) / \phi \text{ pison}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 8		Molde N° 11		Molde N° 24	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		1.0	1.93	1.0	1.93	1.0	1.93
0.050		2.0	3.85	2.0	3.85	2.0	3.85
0.075		4.0	7.70	4.0	7.70	4.0	7.70
0.100	1000	7.0	13.49	7.0	13.49	7.0	13.49
0.150		15.0	28.88	15.0	28.88	15.0	28.88
0.200	1500	30.0	57.76	30.0	57.76	30.0	57.76
0.250		44.0	84.71	44.0	84.71	44.0	84.71
0.300	1900	58.0	107.82	58.0	107.82	58.0	107.82
0.400	2300	76.0	146.33	76.0	146.33	76.0	146.33
0.500	2600	96.0	184.83	96.0	184.83	96.0	184.83



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

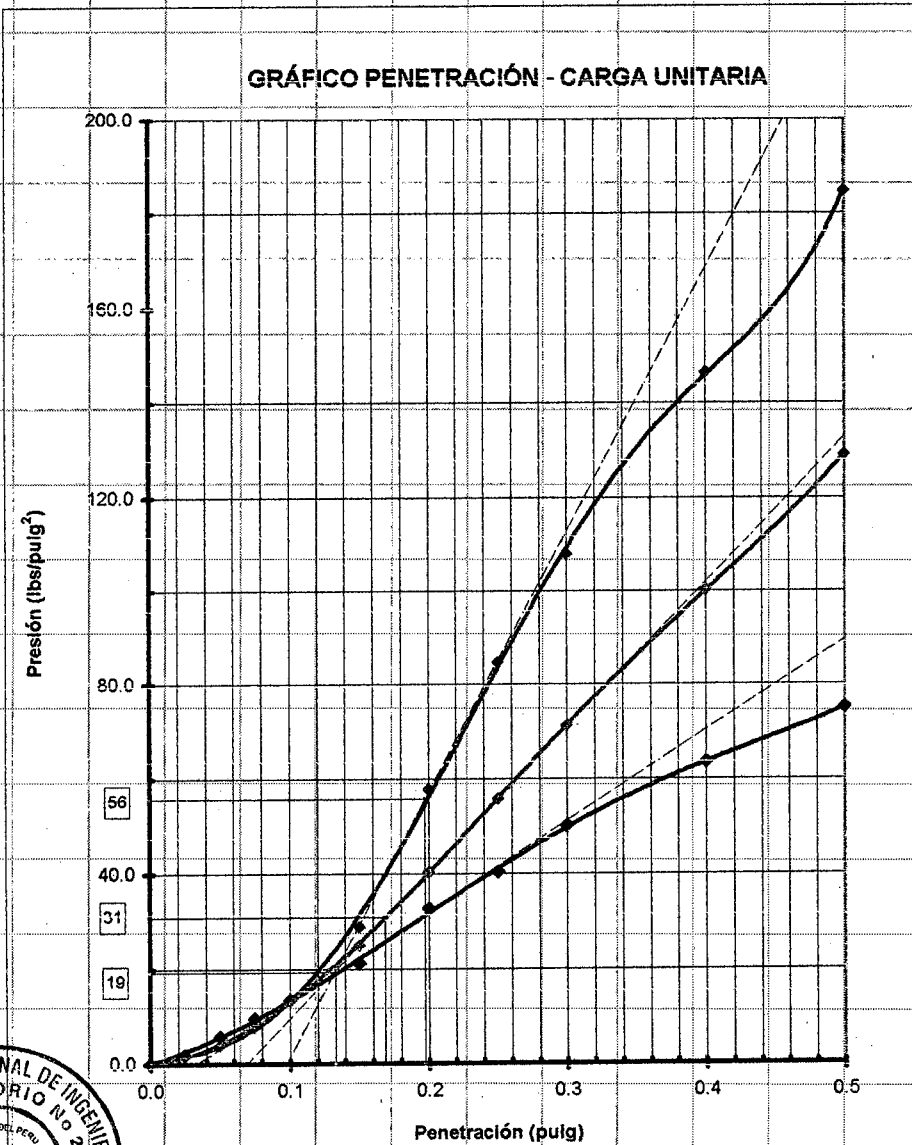
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 16/05/2005

PROGRESIVA : Km 12 + 400

PROFUNDIDAD (m) : 0.60 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-3 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-3



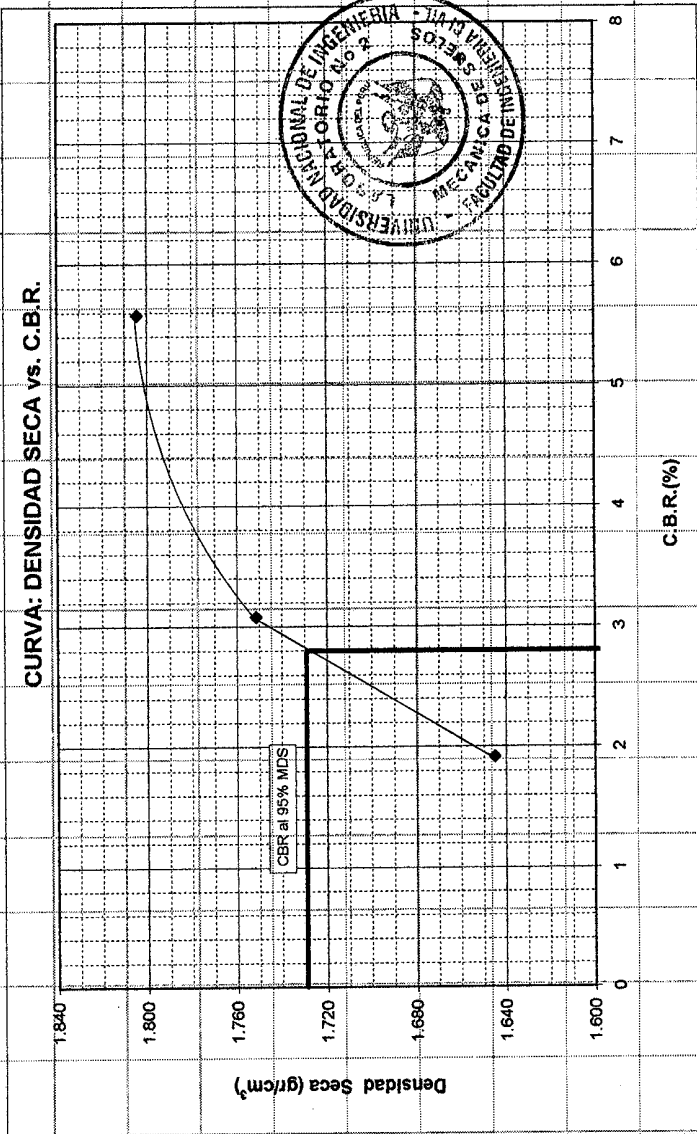
56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

CBR 0.1 " = 5.6 3.1 1.9

JOSE WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARE
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



EXPEDIENTE PROYECTO	: S05 - 377	: 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
UBICACIÓN	: San Rafael - Huánuco	: PROGRESIVA (Km) : 12 + 400
FECHA	: 18 de mayo del 2005	
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91		
Calicata	: C-3	: Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) : 1.820
Muestra	: Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-3+A-2)	: Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.7
Prof. (m)	: 0.60	: CBR al 100% de la MDS (%) : 5.6
		: CBR al 95% de la MDS (%) : 2.8



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. N° 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1993

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km 10 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.60

UBICACIÓN : CALICATA N° 4

FECHA : 16/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-4 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	1	4	28
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6570	7927	7562
4.- Peso del molde (g)	4067	4077	3990
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4503	3850	3572
6.- Volumen del molde (dm³)	2115	2115	2122
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.128	1.820	1.683
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.886	1.813	1.483

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	1	4	28
1.- Tara N°	S - 5	S - 6	A -17
2.- Tara + suelo húmedo (g)	128.80	125.80	107.70
3.- Tara + suelo seco (g)	119.80	115.70	99.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.10	10.10	8.50
5.- Peso de la tara (g)	49.20	37.00	36.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	70.60	78.70	62.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	12.89	12.83	13.51

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	1	4	28
1.- Tara N°	N - 7	X 4	# 40
2.- Tara + suelo húmedo (g)	110.00	128.10	103.80
3.- Tara + suelo seco (g)	94.40	108.50	87.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	15.60	19.60	16.00
5.- Peso de la tara (g)	35.60	36.80	37.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	58.80	71.70	50.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	26.53	27.34	31.75

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	1	4	28
Inic	16-05-05	01:30 p.m	1.600	1.700	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	18-05-05	11:50 a.m	1.439	1.564	1.437
Expansión (%)			10.06	8.00	4.20
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

ϕ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times k \text{ anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 1		Molde N° 4		Molde N° 28	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	2.0	3.85	1.5	2.89
0.050		5.0	9.83	5.0	9.83	4.0	7.70
0.075		8.0	15.40	8.0	15.40	6.0	11.55
0.100	1000	12.0	23.10	11.0	21.18	8.0	15.40
0.150		25.0	48.13	20.0	38.51	12.0	23.10
0.200	1500	50.0	96.27	29.0	55.83	16.0	30.81
0.250		64.0	123.22	38.0	73.16	19.0	38.58
0.300	1800	74.0	142.47	45.0	86.64	22.0	42.56
0.400	2300	99.0	180.81	58.0	111.67	27.0	51.98
0.500	2600	125.0	240.67	70.0	134.77	32.0	61.61



ING. JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

LABORATORIO N° 2

Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 16/05/2005

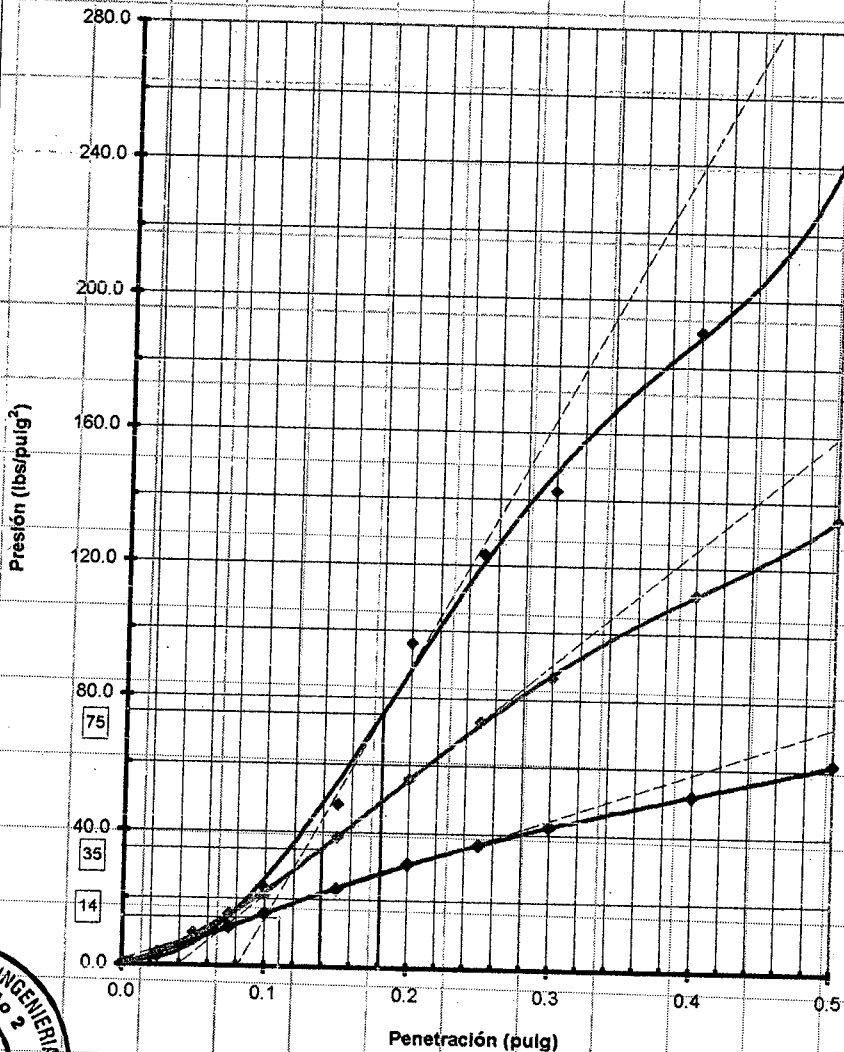
PROGRESIVA : Km 10 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.60 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-4 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-4

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
7.5	3.5	1.4

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377

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

UBICACIÓN FECHA

San Rafael - Huánuco
16 de mayo del 2005

PROGRESIVA (Km) : 10 + 000

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-4

Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-4+A-2)

Prof. (m) : 0.60

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)

1.886

Óptimo Contenido de Humedad (%)

11.6

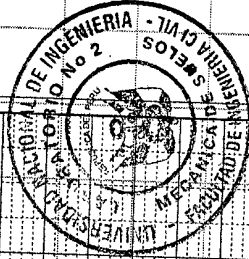
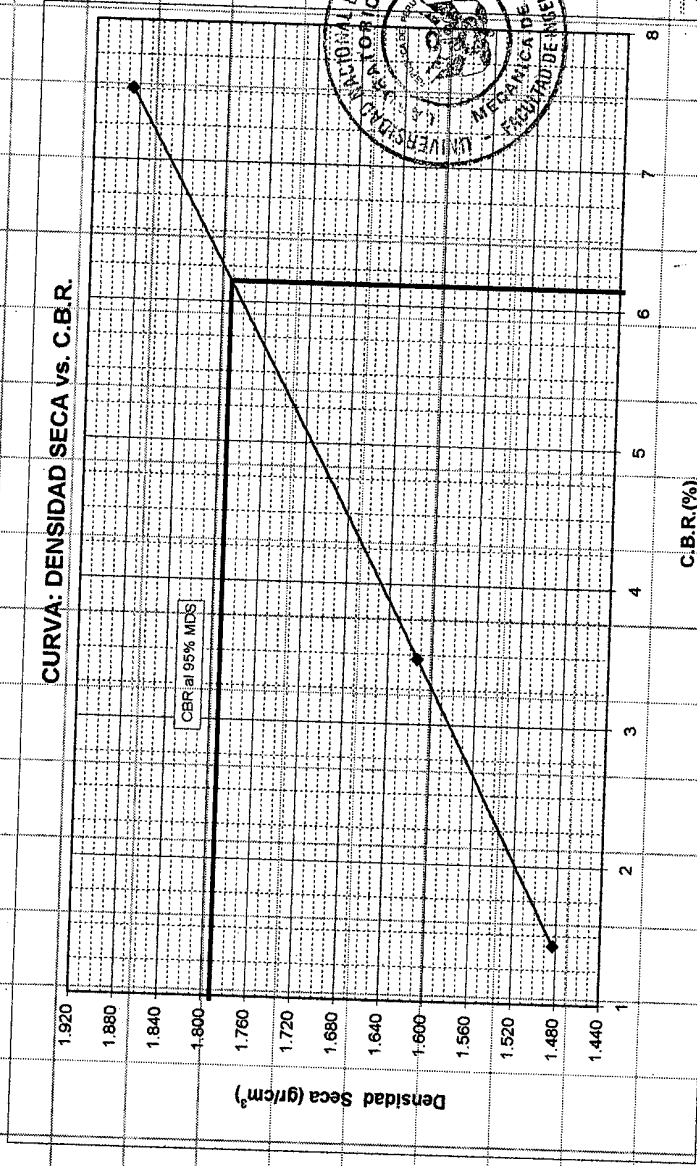
CBR al 100% de la MDS (%)

7.5

CBR al 95% de la MDS (%)

6.2

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Handwritten signature

C.B.R. (%)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1583

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

UBICACIÓN : CALICATA N° 5

PROGRESIVA : Km 10 + 040

PROFUNDIDAD (m): 0.40

FECHA : 16/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-5 + A2)

COMPACTACIÓN MOLOS C.B.R.

Compactación

Molde N°	2	14	29
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6568	6560	7690
4.- Peso del molde (g)	4200	4234	3907
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4368	4326	3883
6.- Volumen del molde (cm³)	2103	2122	2119
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.077	2.039	1.880
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.816	1.747	1.628

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	2	14	29
1.- Tara N°	U - 1	4	1 k
2.- Tara + suelo húmedo (g)	135.80	118.40	158.70
3.- Tara + suelo seco (g)	123.30	106.80	143.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.80	11.60	14.80
5.- Peso de la tara (g)	35.50	37.30	48.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	87.80	69.50	95.60
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	14.35	16.69	15.48

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	2	14	29
1.- Tara N°	S - 4	S - 5	X - 2
2.- Tara + suelo húmedo (g)	121.00	132.30	123.30
3.- Tara + suelo seco (g)	115.80	108.80	108.70
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	5.20	23.40	14.60
5.- Peso de la tara (g)	44.20	49.20	48.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	71.60	59.70	60.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	7.26	39.20	24.21

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	2	14	29
Inicio	16-05-05	04:50 p.m	1.500	1.500	1.800
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	18-05-05	01:15 p.m	1.406	1.478	1.523
Expansión (%)			6.27	4.80	4.81
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776 φ pisón = 3"

$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K-anillo}) / \phi \text{ pisón}$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 2		Molde N° 14		Molde N° 29	
		Lect. Dial	$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)}$	Lect. Dial	$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)}$	Lect. Dial	$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)}$
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		3.5	6.74	2.0	3.85	2.0	3.85
0.050		8.0	15.40	6.0	11.55	5.0	9.83
0.075		16.0	30.81	9.0	17.33	8.5	16.37
0.100	1000	28.0	50.08	16.0	30.81	17.0	32.73
0.150		55.0	105.89	33.0	63.54	27.0	51.88
0.200	1500	81.0	155.95	52.0	100.12	37.0	71.24
0.250		106.0	204.09	70.0	134.77	44.0	84.71
0.300	1900	127.0	244.52	87.0	167.50	51.0	98.19
0.400	2300	157.0	302.28	118.0	228.11	62.0	119.37
0.500	2600	186.0	358.11	147.0	283.02	72.0	138.62



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 16/05/2005

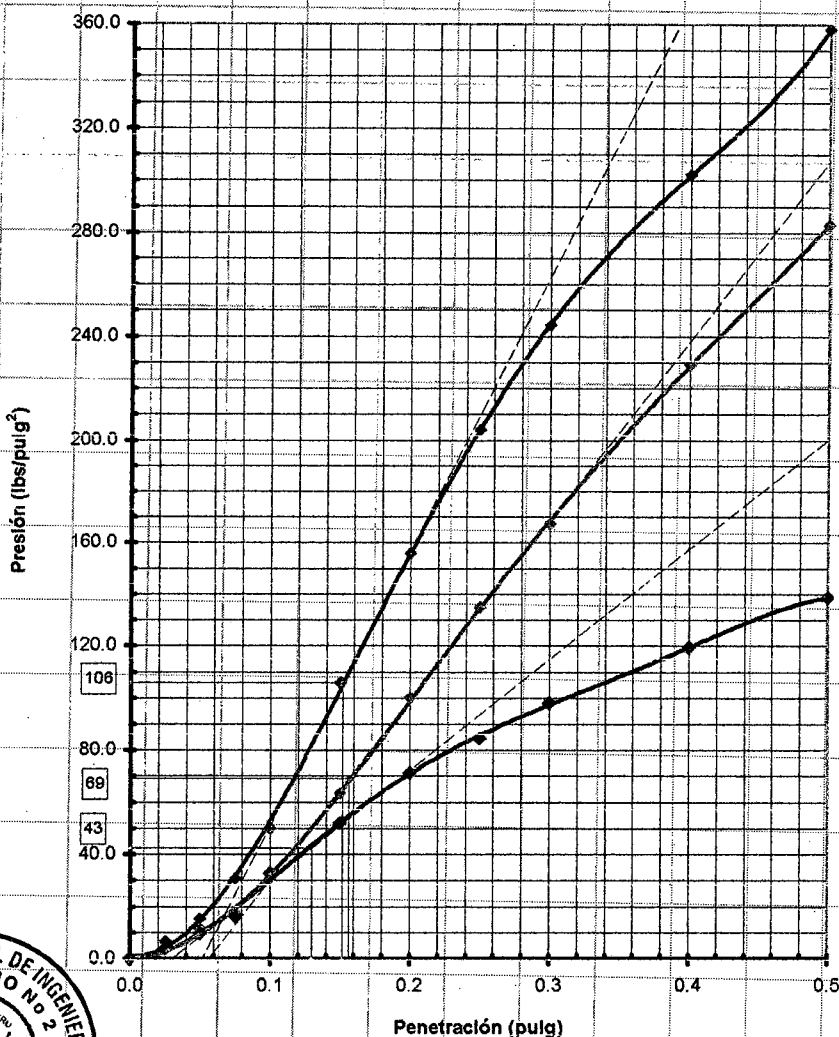
PROGRESIVA : Km 10 + 040

PROFUNDIDAD (m) : 0.40 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-6 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-5

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES

10.6

25 GOLPES

6.9

10 GOLPES

4.3

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARI

ING. JEFE DEL LAB. No. 2

Mecánica de Suelos - UNI



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
 : 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 PROGRESIVA (Km) : 10 + 040

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 16-de mayo-del-2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-5

Muestra : Suelo Patron + Probase TX 55 (SP-5+A-2)

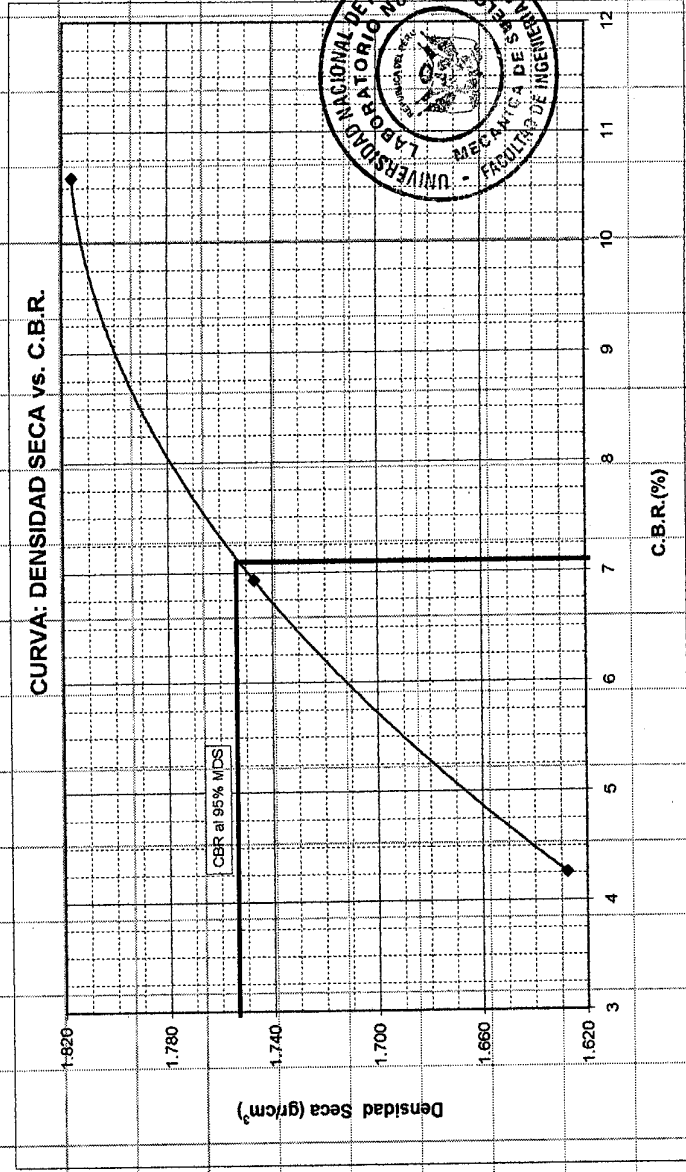
Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.846

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.0

CBR al 100% de la MDS (%) : 10.6

CBR al 95% de la MDS (%) : 7.1





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 6

PROGRESIVA : Km 39 + 020

PROFUNDIDAD (m): 0.80 FECHA : 17/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-6 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	15	23	26
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8396	6140	6060
4.- Peso del molde (g)	4052	4006	3932
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4344	4134	4128
6.- Volumen del molde (cm³)	2117	2104	2081
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.052	1.965	1.994
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.854	1.784	1.720

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	15	23	26
1.- Tara N°	S - 3	S - 5	S - 6
2.- Tara + suelo húmedo (g)	129.10	137.20	138.50
3.- Tara + suelo seco (g)	120.20	129.10	125.00
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	8.90	8.10	13.50
5.- Peso de la tara (g)	36.80	49.10	37.00
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	83.40	80.00	88.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.67	10.13	15.34

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	15	23	26
1.- Tara N°	1 x	S - 4	A - 17
2.- Tara + suelo húmedo (g)	123.20	133.20	108.70
3.- Tara + suelo seco (g)	110.80	117.00	94.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.40	16.20	12.30
5.- Peso de la tara (g)	48.40	44.20	36.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	62.40	72.80	58.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	19.87	22.25	21.13

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	15	23	26
Inicio	17-05-05	12:00 n.m	1.500	1.700	1.800
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	19-05-05	11:00 a.m	1.410	1.600	1.748
Expansión (%)			6.00	5.88	3.00
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

$$\sigma \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = (\text{Lect. Dial} \times \text{K anillo}) / \phi \text{ pisón}$$

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 15		Molde N° 23		Molde N° 26	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		2.0	3.85	1.0	1.93	2.0	3.85
0.050		4.5	8.66	3.0	5.78	6.0	11.55
0.075		9.0	17.33	5.0	9.63	10.0	19.25
0.100	1900	15.0	28.88	8.0	15.40	16.0	30.81
0.150		40.0	77.01	15.0	28.88	28.0	53.91
0.200	1500	70.0	134.77	25.0	48.13	39.0	75.08
0.250		96.0	184.83	35.0	67.39	49.0	94.34
0.300	1900	120.0	231.04	45.0	86.64	59.0	113.50
0.400	2300	164.0	315.75	62.0	119.37	78.0	146.33
0.500	2600	214.0	412.02	79.0	152.10	92.0	177.13



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE: S05-377

PROYECTO: 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

UBICACIÓN: San Rafael - Huánuco

FECHA: 17/05/2005

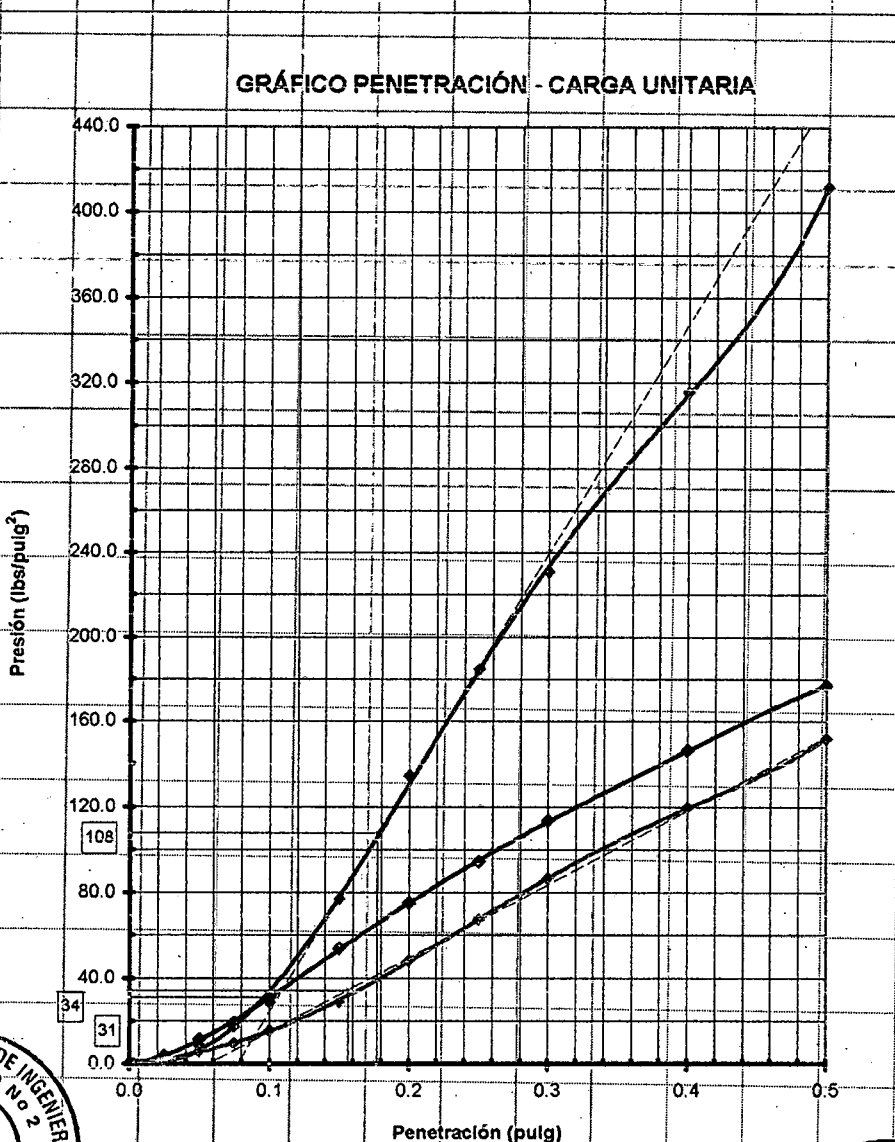
PROGRESIVA: Km 39 + 020

PROFUNDIDAD (m): 0.80 MUESTRA: Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-6 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-6

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES

10.8

25 GOLPES

3.4

10 GOLPES

3.1

JUSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



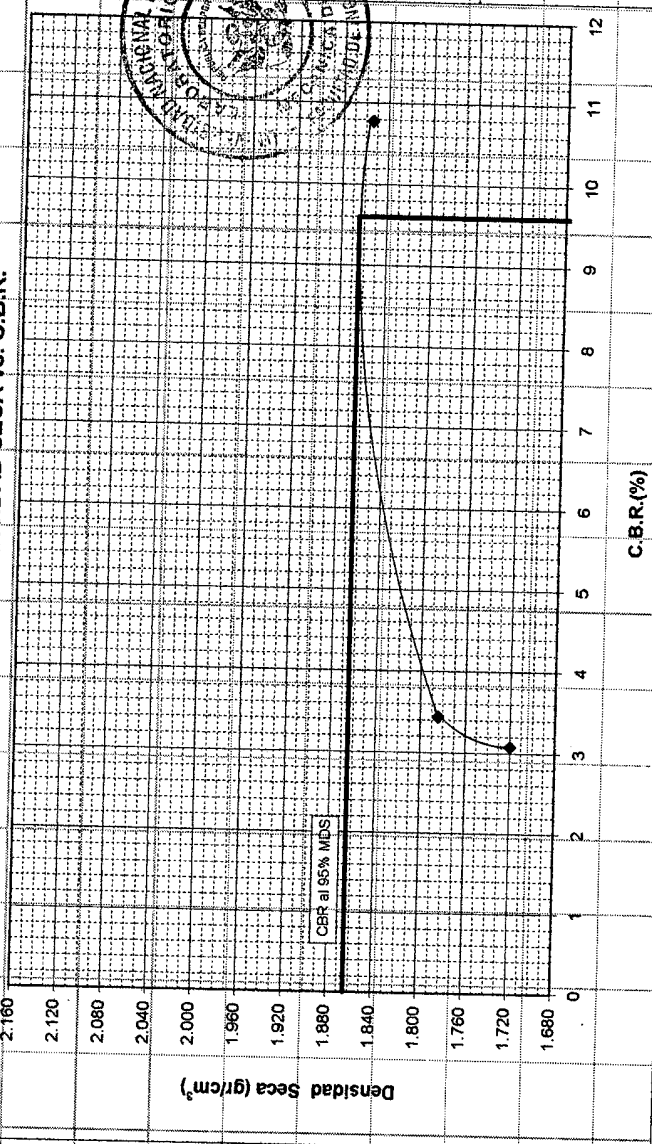
EXPEDIENTE : S05 - 377
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 17 de mayo del 2005
PROGRESIVA (Km) : 39 + 020

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-6
Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-6+A-2)
Prof. (m) : 0.80

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.962
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.4
CBR al 100% de la MDS (%) : 10.8
CBR al 95% de la MDS (%) : 9.6

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : GALICATA N° 7

PROGRESIVA : Km 38+000

PROFUNDIDAD (m): 0.75 FECHA : 17/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-7 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	6	19	31
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8711	8433	8240
4.- Peso del molde (g)	4010	4005	3984
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4701	4428	4256
6.- Volumen del molde (cm³)	2111	2120	2108
7.- Densidad Húmeda (σ/cm³) (5/6)	2.227	2.069	2.019
8.- Densidad Seca (σ/cm³)	2.033	1.923	1.858

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	6	19	31
1.- Tara N°	4 to	1 x	S-4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	153.30	148.50	142.20
3.- Tara + suelo seco (g)	143.20	138.70	134.40
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	10.10	7.80	7.80
5.- Peso de la tara (g)	37.30	48.30	44.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	105.90	90.40	90.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	8.54	8.63	8.65

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	6	19	31
1.- Tara N°	# 3	U-1	S-5
2.- Tara + suelo húmedo (g)	139.90	139.40	158.60
3.- Tara + suelo seco (g)	130.30	126.30	143.90
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.60	13.10	14.70
5.- Peso de la tara (g)	50.00	35.60	49.20
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	80.30	90.70	84.70
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	11.96	14.44	15.52

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	6	19	31
Inicio	26-04-05	03:40 p.m	1.500	1.700	1.700
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	19-05-05	12:35 p.m	1.505	1.698	1.718
Expansión (%)			-0.33	0.24	-1.06
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 6		Molde N° 19		Molde N° 31	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		15.0	28.88	10.0	19.25	8.0	17.33
0.050		80.0	154.03	44.0	84.71	23.0	44.28
0.075		144.0	277.25	86.0	127.07	40.0	77.01
0.100	1000	201.0	396.90	86.0	165.59	53.0	102.04
0.150		315.0	606.48	127.0	244.52	75.0	144.40
0.200	1500	438.0	843.30	163.0	313.83	89.0	171.35
0.250		563.0	1083.96	197.0	379.29	101.0	194.46
0.300	1900	690.0	1309.23	230.0	442.93	113.0	217.56
0.400	2300	997.0	1819.56	281.0	560.27	132.0	254.14
0.500	2600	1193.0	2296.92	350.0	673.87	152.0	292.65



[Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05-377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 17/05/2005

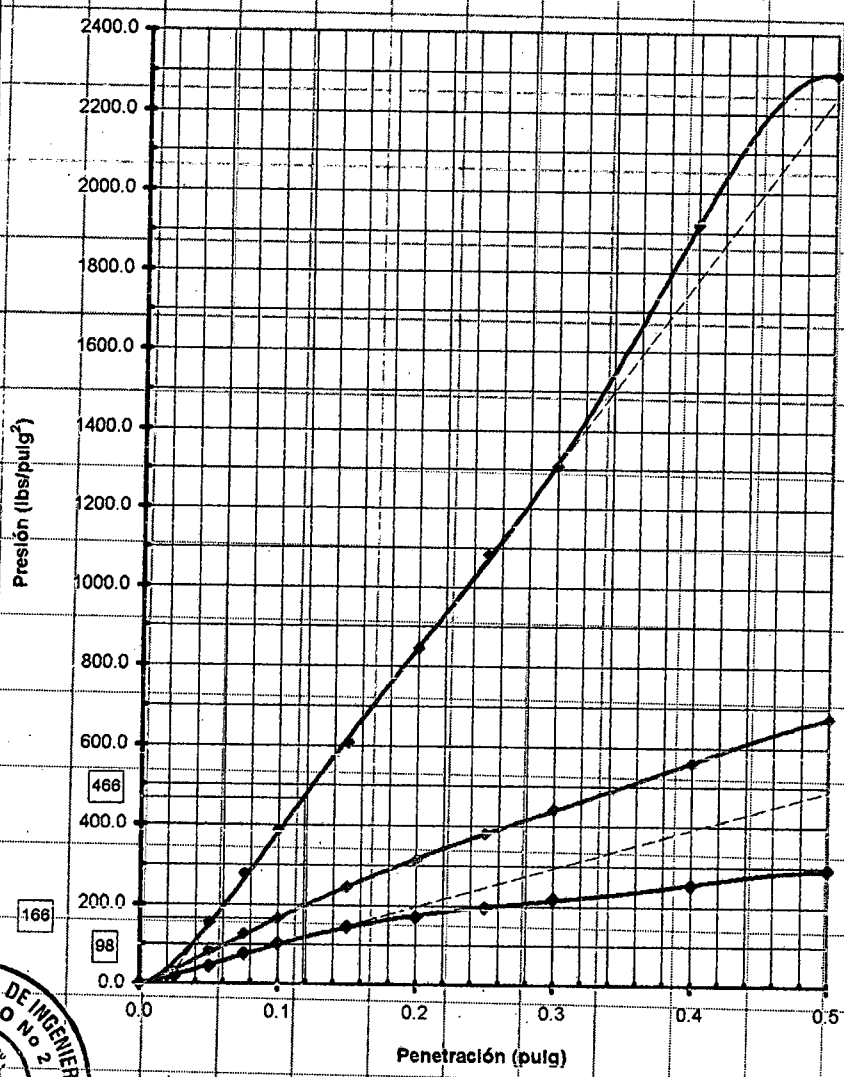
PROGRESIVA : Km 38 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.75 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-7 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-7

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

CBR 0.1" = 46.6 16.6 9.8

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JFR-DET-LAB No. 2



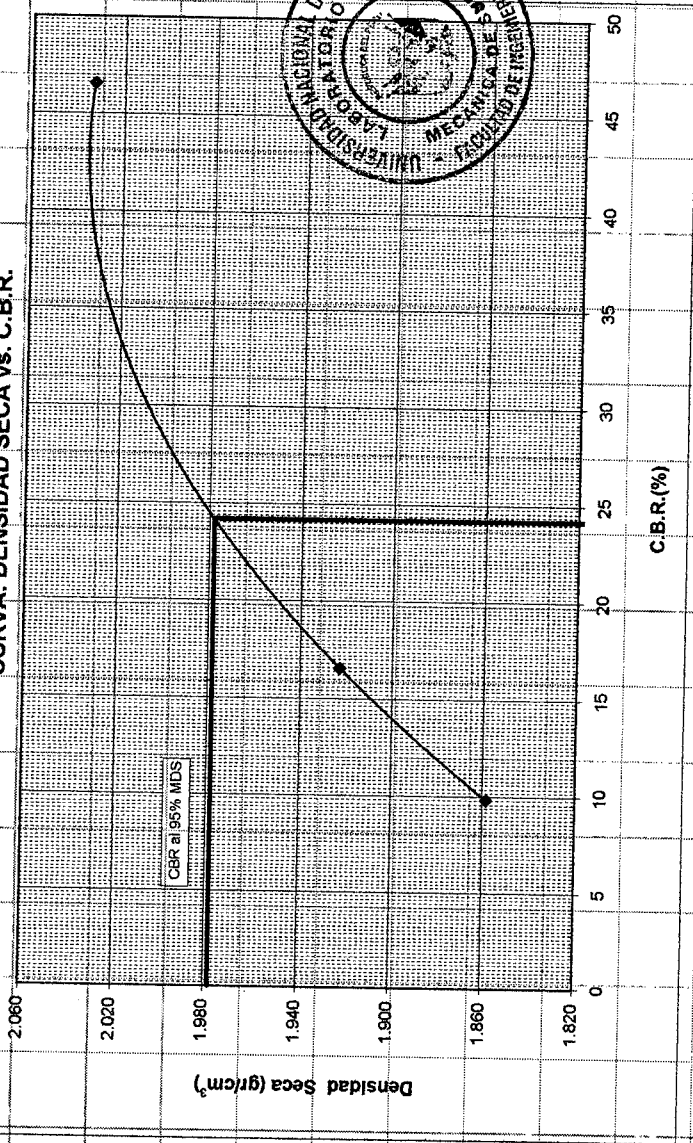
EXPEDIENTE : S05 - 377
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 17 de mayo del 2005
PROGRESIVA (Km) : 38 + 000

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-7
Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-7+A-2)
Prof. (m) : 0.75

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.082
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.4
 CBR al 100% de la MDS (%) : 46.6
 CBR al 95% de la MDS (%) : 24.2

CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2
 Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco UBICACIÓN : CALICATA N° 8

PROGRESIVA : Km - 37 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.40 FECHA : 18/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-8 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Molde N°	1	8	11
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Capa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	8552	8572	8053
4.- Peso del molde (g)	4067	4048	4038
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4485	4324	4055
6.- Volumen del molde (cm³)	2115	2121	2122
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.121	2.039	1.911
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.912	1.837	1.721

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	1	8	11
1.- Tara N°	S - 3	S - 6	4 to
2.- Tara + suelo húmedo (g)	134.60	136.10	152.20
3.- Tara + suelo seco (g)	125.00	126.30	140.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	9.60	9.80	11.40
5.- Peso de la tara (g)	37.00	37.00	37.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	88.00	89.30	103.50
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.91	10.97	11.01

Contenido de Humedad - Final del Ensayo

Molde N°	1	8	11
1.- Tara N°	S - 1	x 3	x 4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	121.10	127.70	124.20
3.- Tara + suelo seco (g)	103.70	110.00	108.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	17.40	17.70	16.00
5.- Peso de la tara (g)	36.00	35.70	36.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	67.70	74.30	71.40
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	25.70	23.82	22.41

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	1	8	11
Inicio	18-05-05	03:40 p.m	1.500	1.500	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	20-05-05	10:25 a.m	1.388	1.370	1.392
Expansión (%)			7.47	8.67	7.20
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) - (Lect. Dial x K/anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 1		Molde N° 8		Molde N° 11	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.090		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		3.0	5.78	1.0	1.93	1.0	1.93
0.050		8.0	15.40	3.5	6.74	2.5	4.81
0.075		12.0	23.10	7.0	13.48	5.0	9.63
0.100	1000	22.0	42.36	10.0	19.25	6.0	11.55
0.150		55.0	105.89	21.0	40.43	10.0	19.25
0.200	1500	87.0	167.50	35.0	67.39	15.0	28.88
0.250		119.0	229.11	47.0	90.49	19.0	36.58
0.300	1900	143.0	276.32	55.0	105.89	23.0	44.29
0.400	2300	181.0	348.49	72.0	138.62	30.0	57.76
0.500	2600	221.0	425.50	90.0	173.28	37.0	71.24



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05-377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 18/05/2005

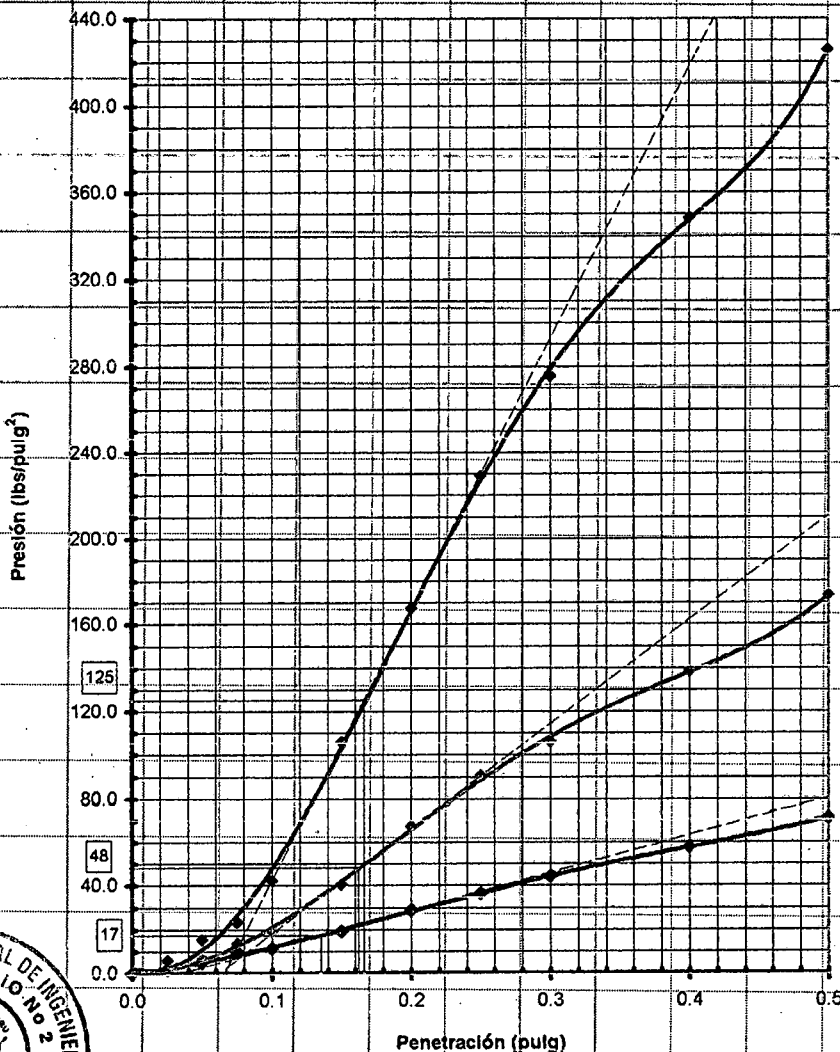
PROGRESIVA : Km 37 + 000

PROFUNDIDAD (m) : 0.40 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-8 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-8

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" =

56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES
12.5	4.8	1.7

JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES



EXPEDIENTE PROYECTO : S05 - 377
 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

FECHA : 18 de mayo del 2005

PROGRESIVA (Km) : 37 + 000

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-8

Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-8+A-2)

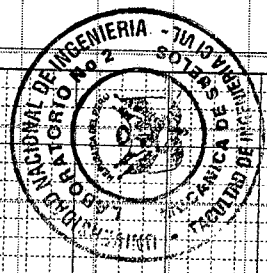
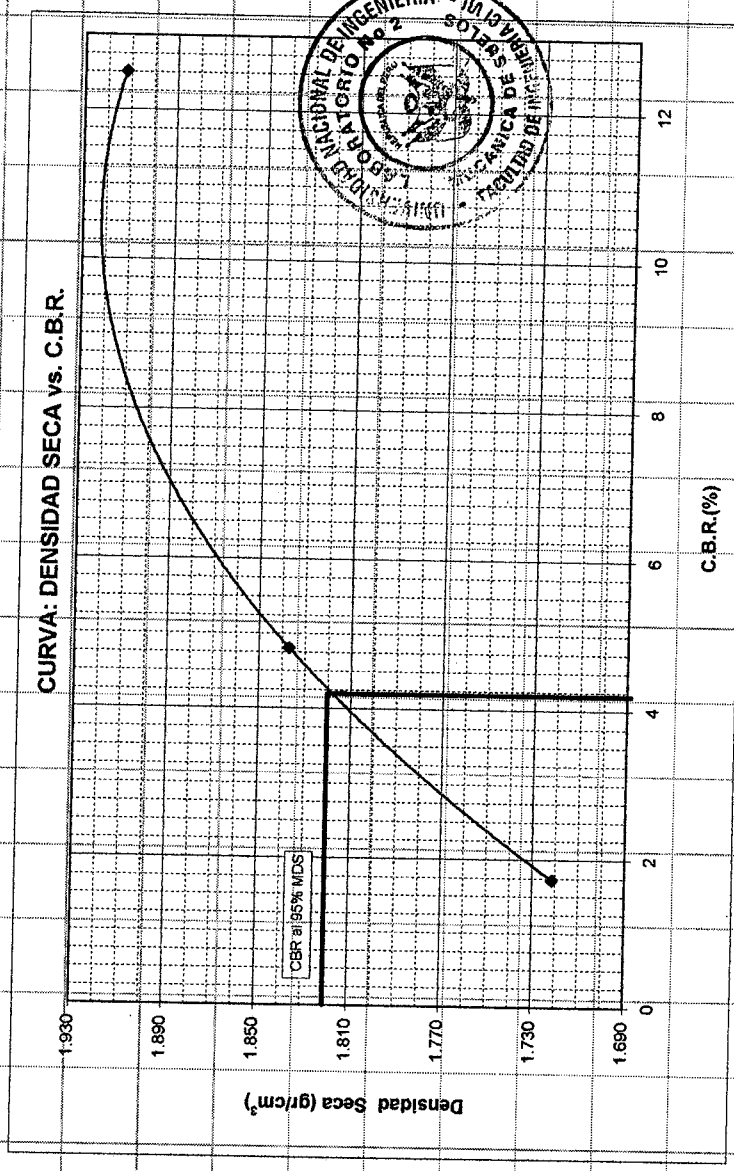
Prof. (m) : 0.40

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.916

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.6

CBR al 100% de la MDS (%) : 12.5

CBR al 95% de la MDS (%) : 4.2



Jose Wilfredo Gutierrez Lazares

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LAB. No. 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA-BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km 32 + 500

PROFUNDIDAD (m) : 0.60

UBICACIÓN : CALICATA N° 9

FECHA : 18/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-9 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	2	4	29
1.- N° de Capas	5	5	5
2.- N° de golpes por Cepa	56	25	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6792	8554	6041
4.- Peso del molde (g)	4200	4076	3907
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4592	4478	4134
6.- Volumen del molde (cm³)	2103	2115	2119
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	2.184	2.117	1.951
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.973	1.914	1.756

Contenido de Humedad - Inicio del Ensayo

Molde N°	2	4	29
1.- Tara N°	# 1	# 3	# 4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	150.10	160.40	137.80
3.- Tara + suelo seco (g)	139.30	149.80	127.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	10.80	10.60	10.00
5.- Peso de la tara (g)	37.80	49.90	37.50
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	101.40	99.90	90.30
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	10.65	10.61	11.07

Contenido de Humedad - Fbmal del Ensayo

Molde N°	2	4	29
1.- Tara N°	# 3	N - 7	S - 5
2.- Tara + suelo húmedo (g)	139.10	134.60	144.50
3.- Tara + suelo seco (g)	126.30	120.80	126.20
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.80	13.80	18.30
5.- Peso de la tara (g)	50.00	35.70	49.30
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	78.30	85.10	76.90
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	16.78	16.22	23.80

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	2	4	29
Inicio	18-05-05	5:20 p.m	1.500	1.600	1.500
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	20-05-05	11:45 a.m	1.415	1.515	1.422
Expansión (%)			5.67	5.31	5.20
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

ϕ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / ϕ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 2		Molde N° 4		Molde N° 29	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		6.0	11.55	3.5	6.74	2.0	3.85
0.050		12.0	23.10	8.0	15.40	4.0	7.70
0.075		28.0	53.91	15.0	28.88	7.0	13.48
0.100	1000	46.5	89.53	28.0	53.91	10.0	19.25
0.150		96.0	184.83	53.0	102.04	18.0	34.66
0.200	1500	141.0	271.47	75.0	144.40	25.0	48.13
0.250		177.0	340.78	91.0	175.21	31.0	59.69
0.300	1900	205.0	384.89	107.0	206.01	36.0	69.31
0.400	2300	241.0	464.01	135.0	258.92	45.0	86.64
0.500	2600	291.0	580.27	161.0	309.98	53.0	102.04



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. EN MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 18/05/2005

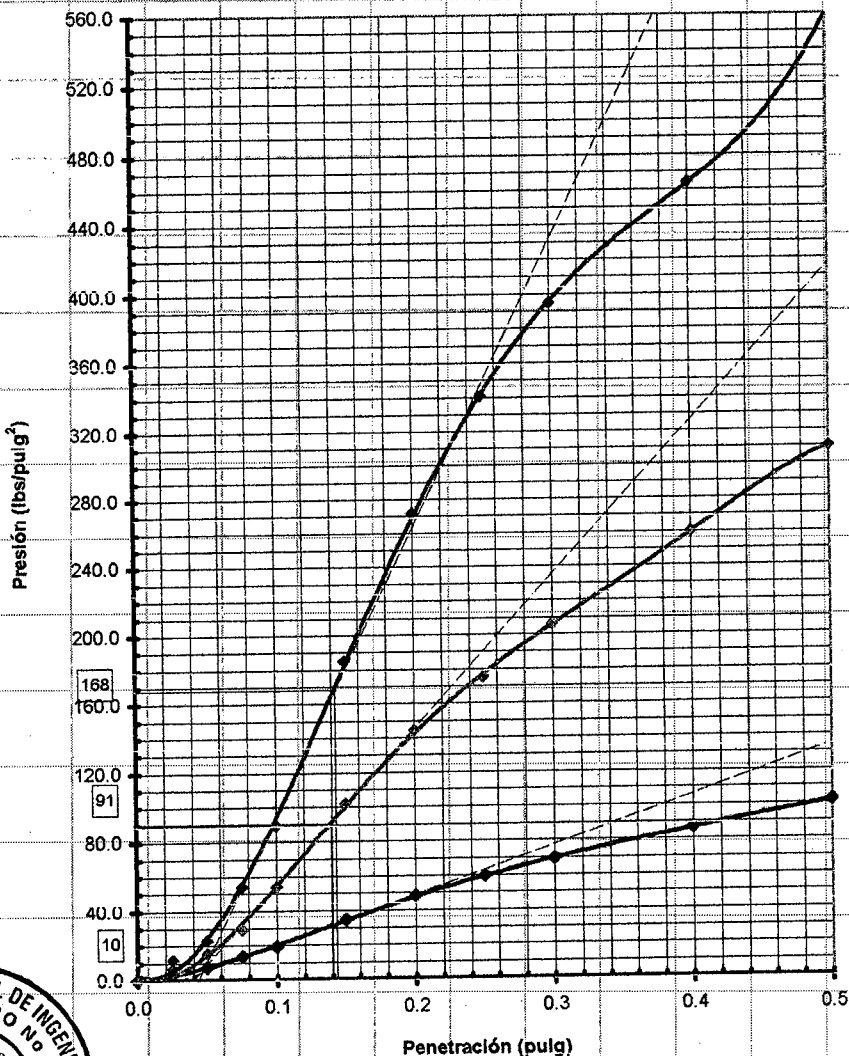
PROGRESIVA : Km 32 + 500

PROFUNDIDAD (m): 0.60 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-9 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-9

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



56 GOLFES 25 GOLFES 10 GOLFES

CBR 0.1" = 168 9.1 1.5

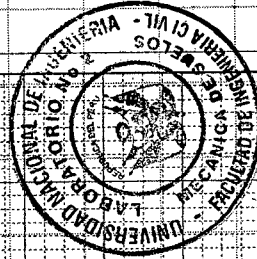
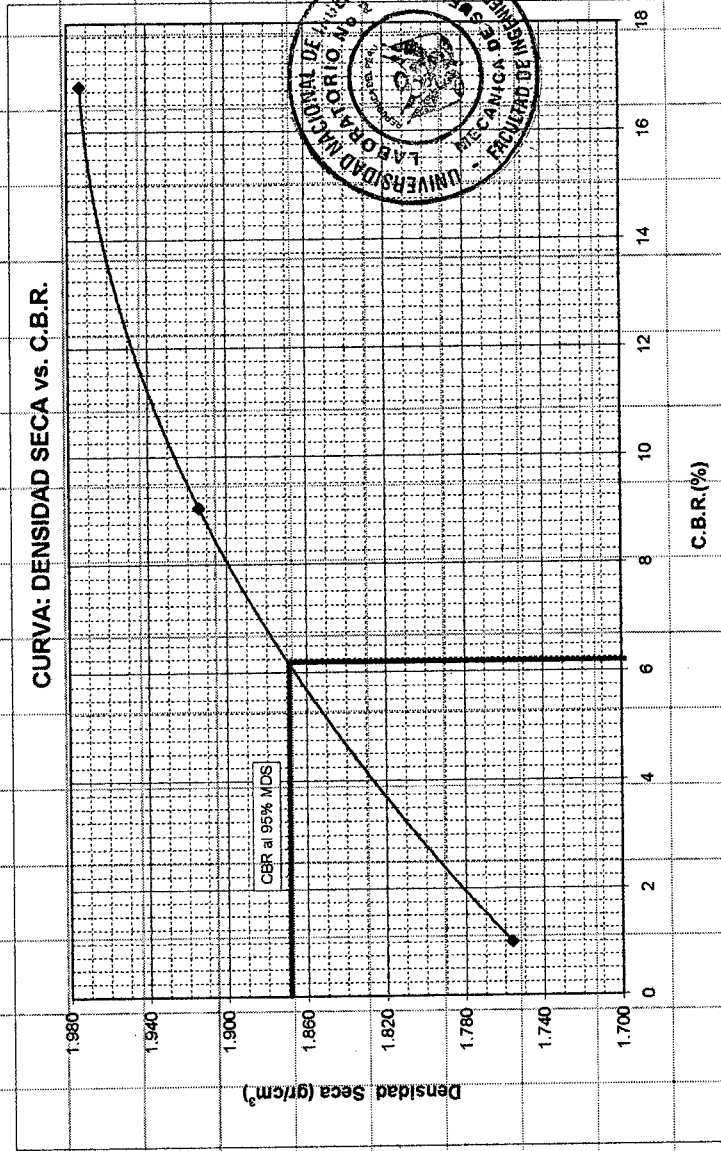


SOLICITADO : S05 - 377
PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASE TX-55 PROGRESIVA (Km) : 32 + 500
UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco
FECHA : 18 de mayo del 2005

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Calicata : C-9
Muestra : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-9+A-2)
Prof. (m) : 0.60

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.967
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2
 CBR al 100% de la MDS (%) : 16.8
 CBR al 95% de la MDS (%) : 6.2



Jose Wilfredo Gutierrez Lazare

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

ENSAYO CALIFORNIA-BEARING RATIO (C.B.R.)

ASTM D - 1883

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZYME 22x y el PROBASTE TX-55

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco

PROGRESIVA : Km 32 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.50

UBICACIÓN : CALICATA N° 10

FECHA : 19/05/2005

MUESTRA : Suelo Patrón + Probaste TX-55 (SP-10 + A2)

COMPACTACIÓN MOLDES C.B.R.

Compactación

Molde N°	6	14	15
1.- Nº de Capas	5	5	5
2.- Nº de golpes por Capa	56	26	10
3.- Peso del molde + suelo compactado (g)	6056	7669	7407
4.- Peso del molde (g)	4008	4234	4054
5.- Peso suelo compacto (g) (3-4)	4028	3835	3353
6.- Volumen del molde (cm³)	2111	2122	2117
7.- Densidad Húmeda (g/cm³) (5/6)	1.906	1.713	1.564
8.- Densidad Seca (g/cm³)	1.826	1.438	1.334

Contenido de Humedad: Inicio del Ensayo

Molde N°	6	14	15
1.- Tara N°	S-1	3 x	x 4
2.- Tara + suelo húmedo (g)	121.30	135.50	129.40
3.- Tara + suelo seco (g)	108.70	119.40	114.80
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	12.60	16.10	14.60
5.- Peso de la tara (g)	36.00	35.80	36.80
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	72.70	83.60	78.00
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	17.33	19.28	18.72

Contenido de Humedad: Final del Ensayo

Molde N°	6	14	15
1.- Tara N°	S-4	x 2	A-17
2.- Tara + suelo húmedo (g)	122.80	150.70	115.20
3.- Tara + suelo seco (g)	105.10	123.80	82.60
4.- Peso del Agua (2-3) (g)	17.70	26.90	22.60
5.- Peso de la tara (g)	44.30	48.40	36.40
6.- Peso suelo seco (3-5) (g)	60.80	75.40	56.20
7.- Contenido de Humedad (%) (4/6*100)	29.11	35.68	40.21

Expansión

(pulg)	Fecha	Hora	6	14	15
Inicio	19-05-05	03:30 p.m.	1.500	1.700	1.700
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4	20-05-05	12:50 p.m.	1.47	1.637	1.629
Expansión (%)			2.00	3.71	4.18
Humedad					
Dens. Seca Final					

PENETRACIÓN

k anillo = 5.776

φ pisón = 3"

σ (lb/pulg²) = (Lect. Dial x K anillo) / φ pisón

Penetración (pulg)	Presión Patrón	Molde N° 6		Molde N° 14		Molde N° 15	
		Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)	Lect. Dial	σ (lb/pulg ²)
0.000		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.025		7.0	13.48	7.0	13.48	4.0	7.70
0.050		30.0	57.76	14.0	26.95	7.5	14.44
0.075		57.0	109.74	24.0	46.21	12.0	23.10
0.100	1000	82.0	157.89	35.0	67.39	16.0	30.91
0.150		129.0	248.37	54.0	103.97	23.0	44.28
0.200	1500	161.0	309.99	67.0	129.00	28.0	53.91
0.250		184.0	354.26	78.0	150.18	33.0	63.54
0.300	1900	206.0	395.82	89.0	169.43	36.0	69.31
0.400	2300	245.0	471.71	108.0	204.09	44.0	84.71
0.500	2600	280.0	558.35	125.0	240.67	49.0	94.34



[Handwritten Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. No. 2
Mecánica de Suelos - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

EXPEDIENTE : S05 - 377

PROYECTO : 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

UBICACIÓN : San Rafael - Huánuco FECHA : 19/05/2005

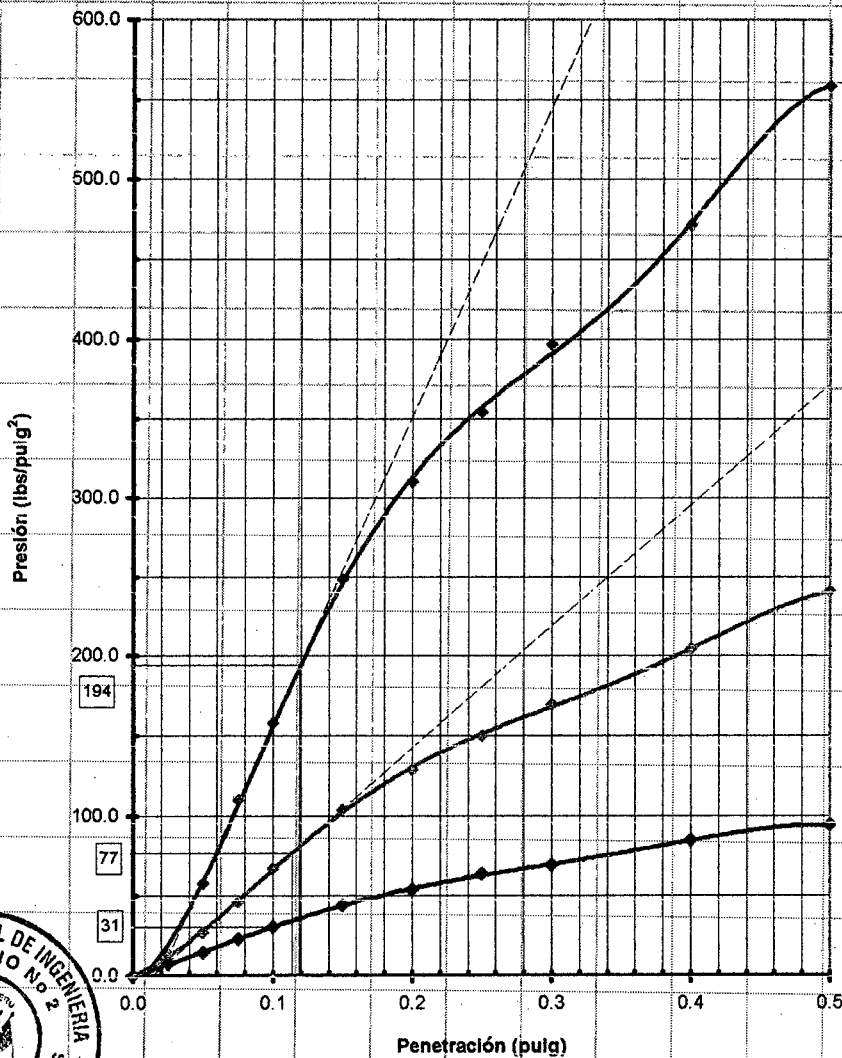
PROGRESIVA : Km 32 + 000

PROFUNDIDAD (m): 0.50 MUESTRA : Suelo Patrón + Probase TX 55 (SP-10 + A-2)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 (A) - 91

Calicata : C-10

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



CBR 0.1" = 56 GOLPES 25 GOLPES 10 GOLPES

 19.4 7.7 3.1

[Signature]

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARE
ING. JEFE DEL LAB. No. 2



EXPEDIENTE PROYECTO

S05 - 377

Mejoramiento de Caminos no Pavimentados en el Departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico PERMAZIME 22x y el PROBASE TX-55
San Rafael - Huánuco : 32+000
19 de mayo del 2005

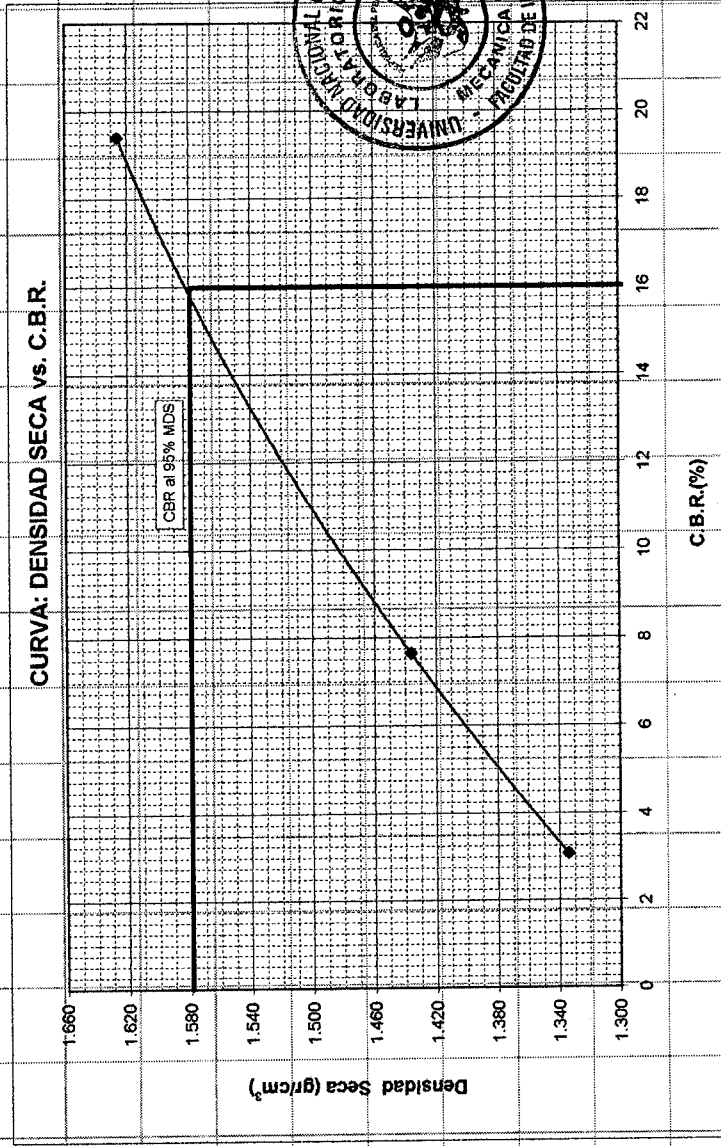
UBICACIÓN FECHA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 (A) - 91

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.662
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 17.6
CBR al 100% de la MDS (%) : 19.4
CBR al 95% de la MDS (%) : 16.0

Calicata : C-10
Muestra : Suelo Patrón + Probase TX-55 (SP-10(A-2))
Prof. (m) : 0.50

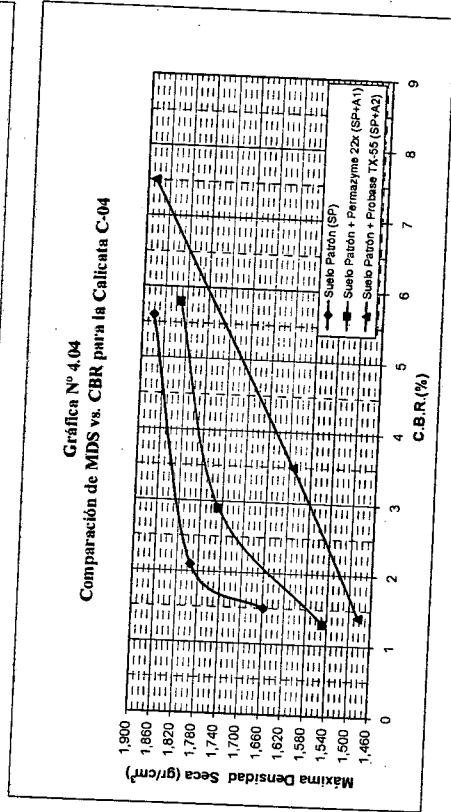
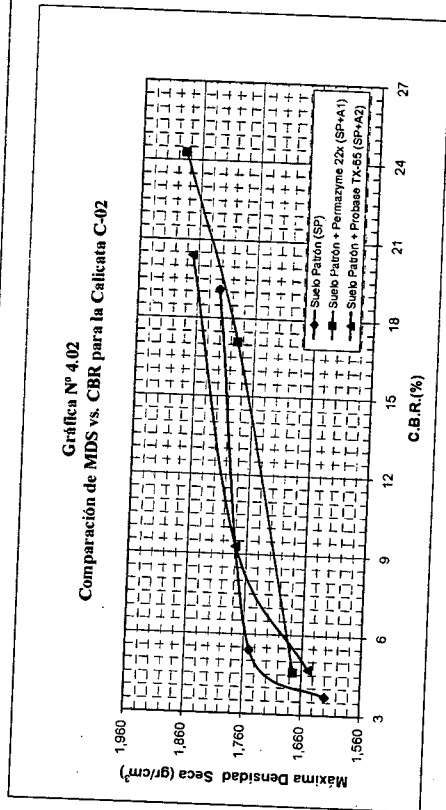
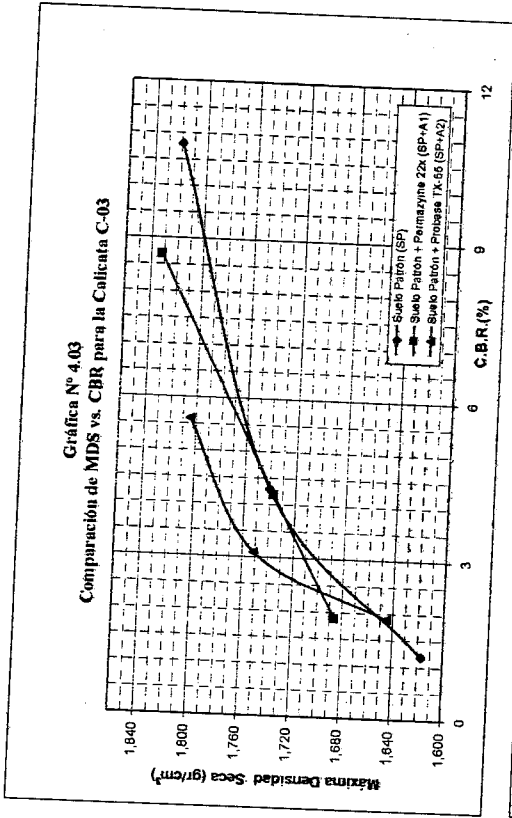
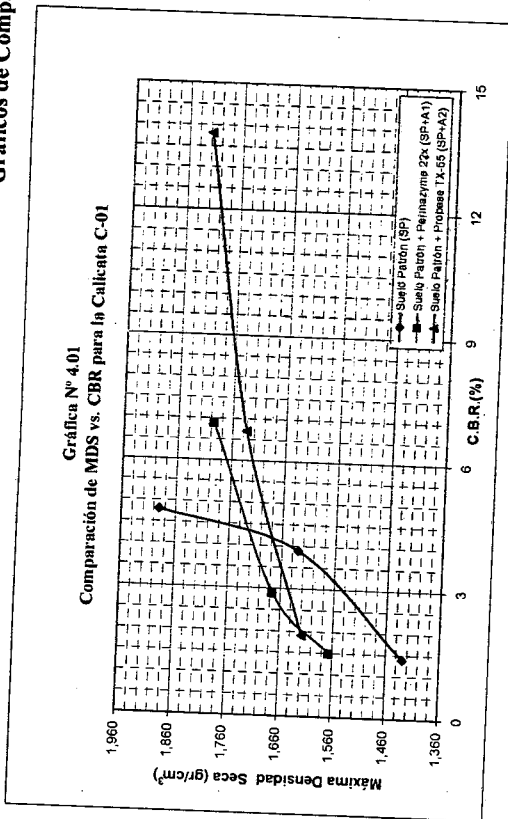
CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.



Handwritten signature

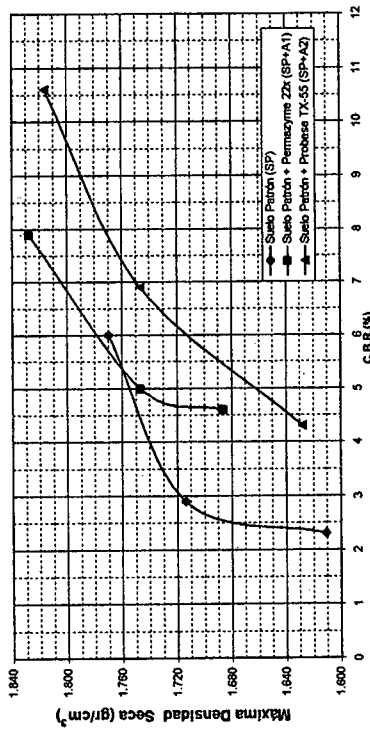
ANEXO L
Gráficas N° 4.01 al N° 4.10

Gráficos de Comparación de MDS vs. CBR

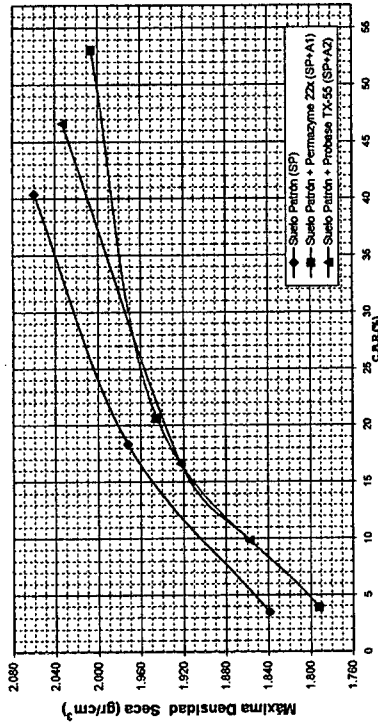


Gráficos de Comparación de MDS vs. CBR

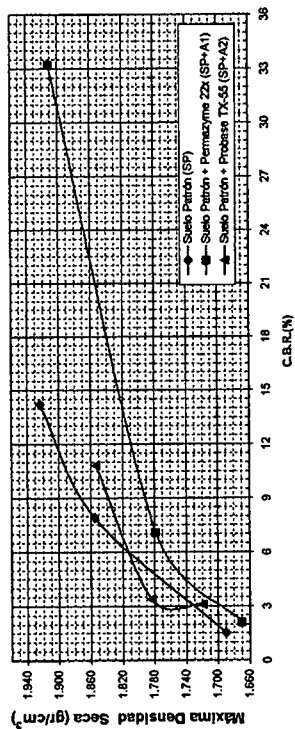
Gráfica N° 4.05
 Comparación de MDS vs. CBR para la Callicenta C-05



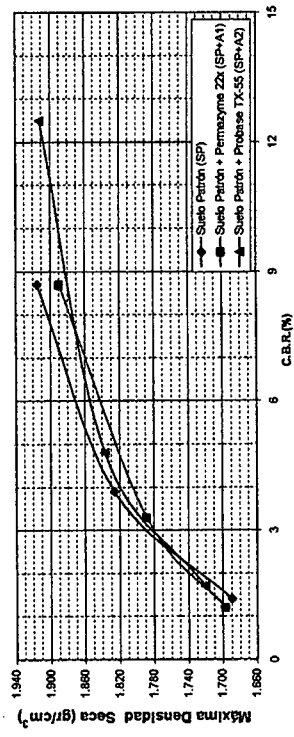
Gráfica N° 4.07
 Comparación de MDS vs. CBR para la Callicenta C-07



Gráfica N° 4.06
 Comparación de MDS vs. CBR para la Callicenta C-06

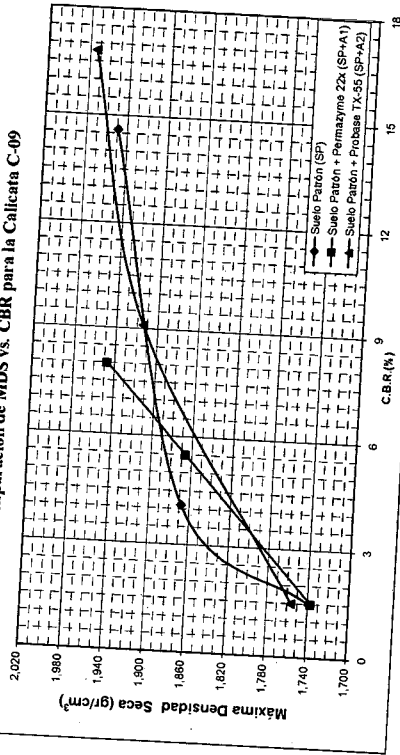


Gráfica N° 4.08
 Comparación de MDS vs. CBR para la Callicenta C-08

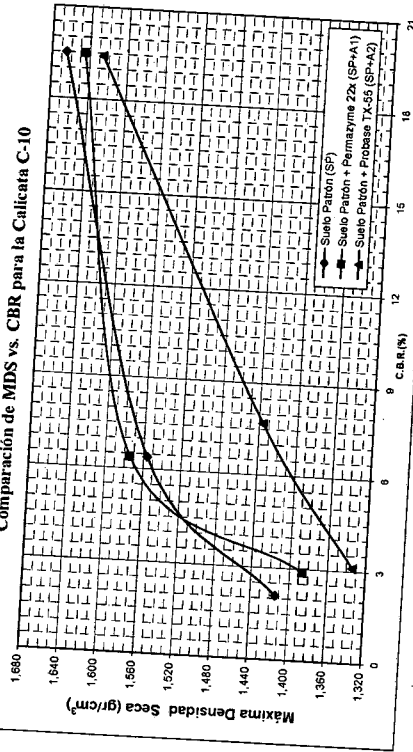


Gráficos de Comparación de MDS vs. CBR

Gráfica N° 4.09
 Comparación de MDS vs. CBR para la Calicata C-09



Gráfica N° 4.10
 Comparación de MDS vs. CBR para la Calicata C-10



ANEXO M
Gráficas N° 4.11 al N° 4.14

Gráfico N° 4.11
Ajuste de Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SP para el Suelo Patrón +
Permazyme 22x (SP+A1)

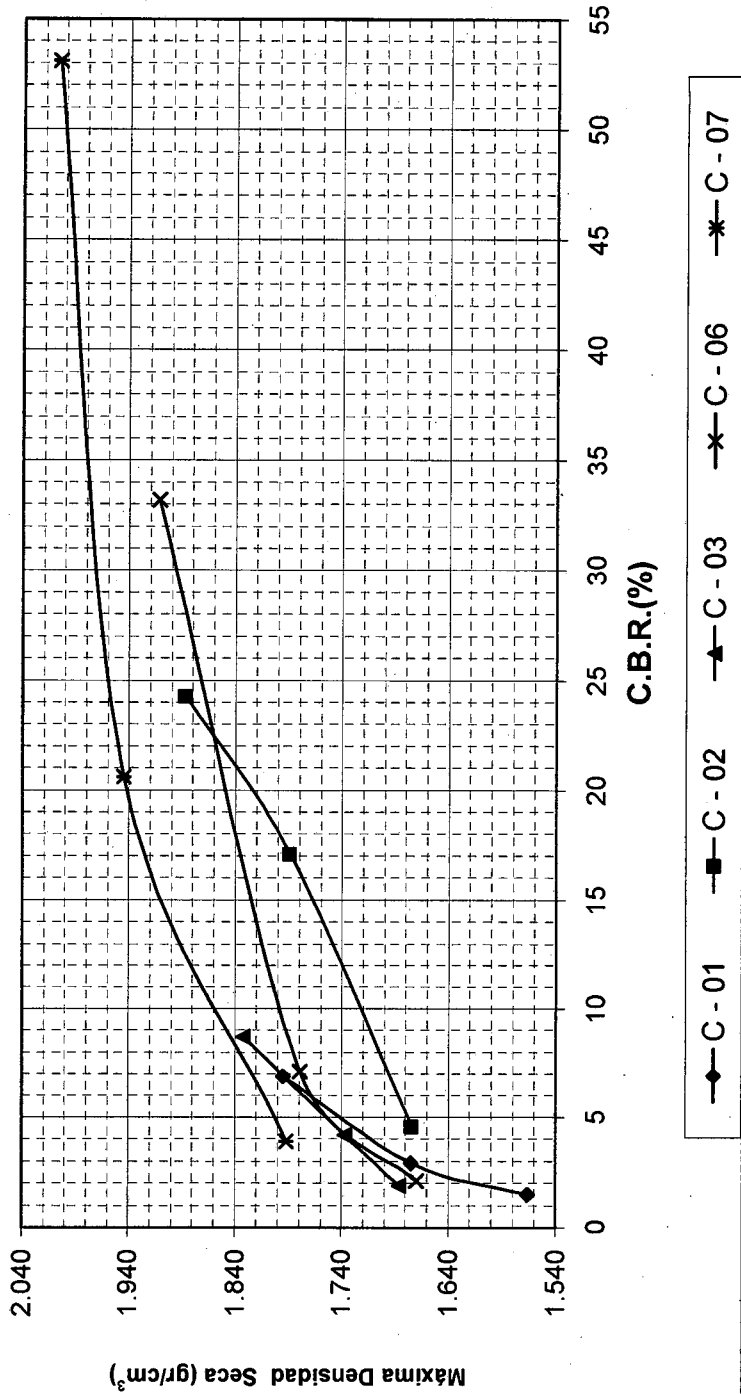
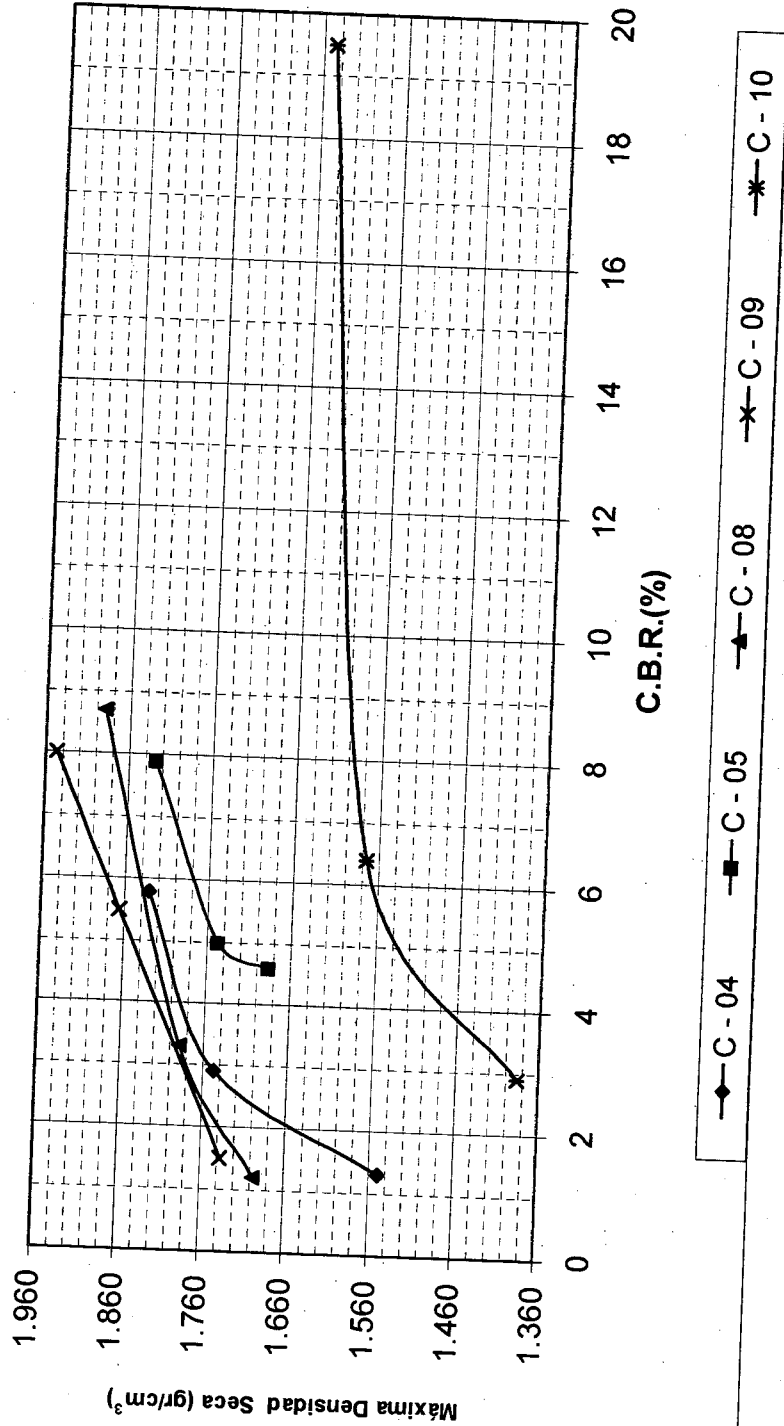
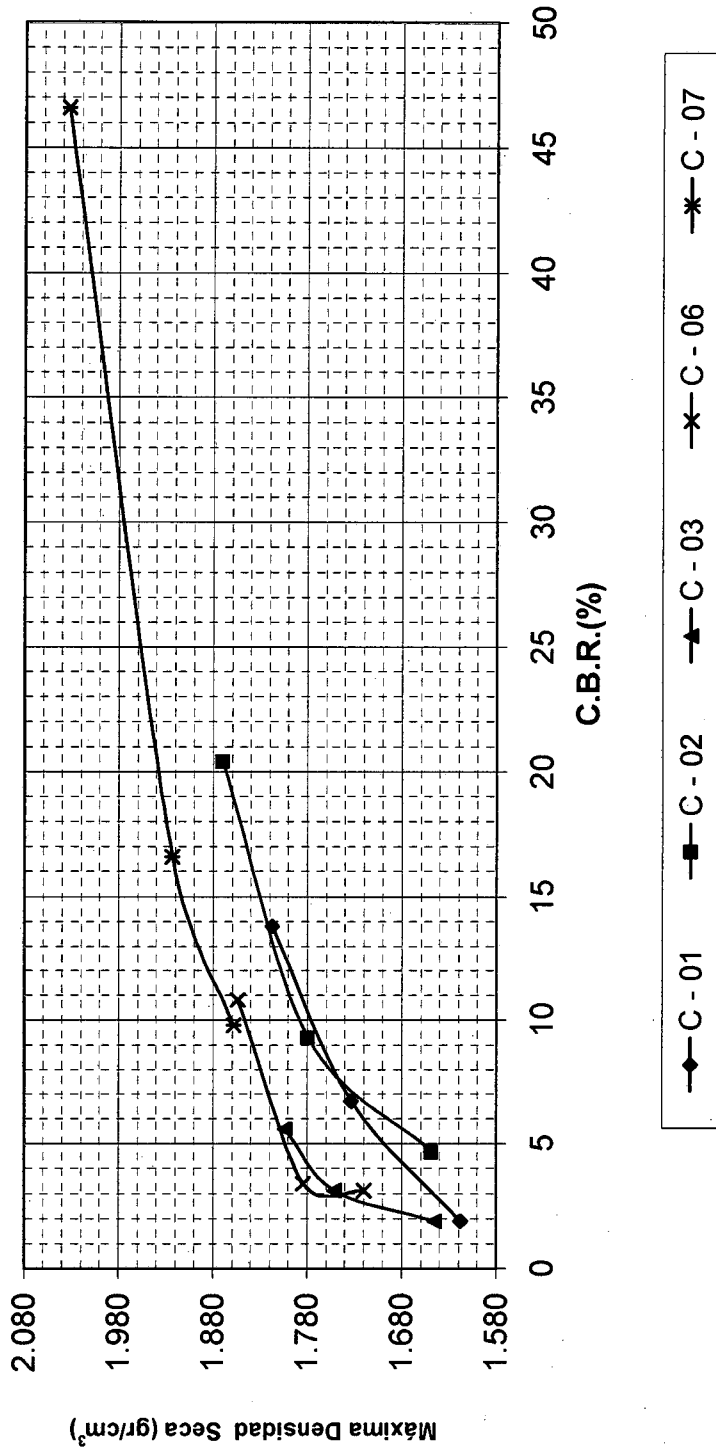


Gráfico N° 4.12
Ajuste de Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SW para el Suelo Patrón +
Permazyme 22x (SP+A1)

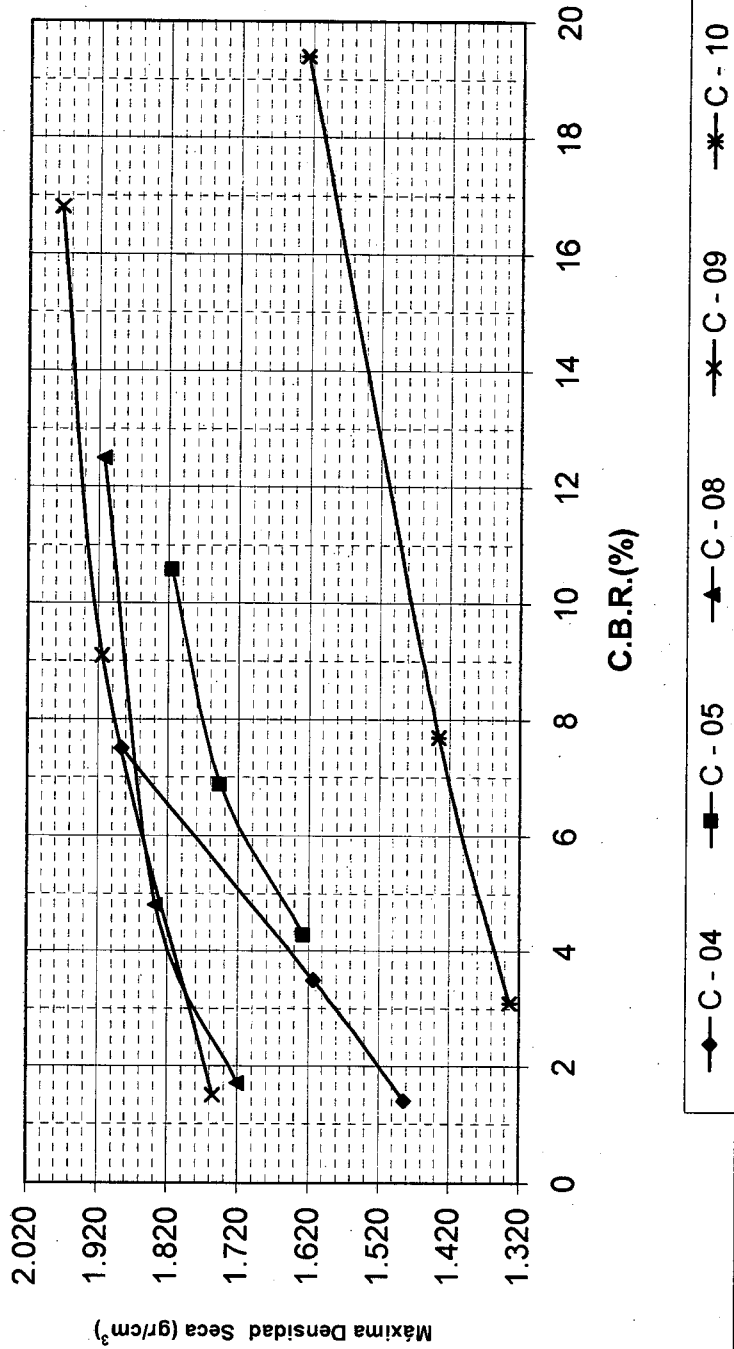


Gráfica N° 4.13
Ajuste de Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SP para el Suelo Patrón +
Probase TX - 55 (SP+A2)



A

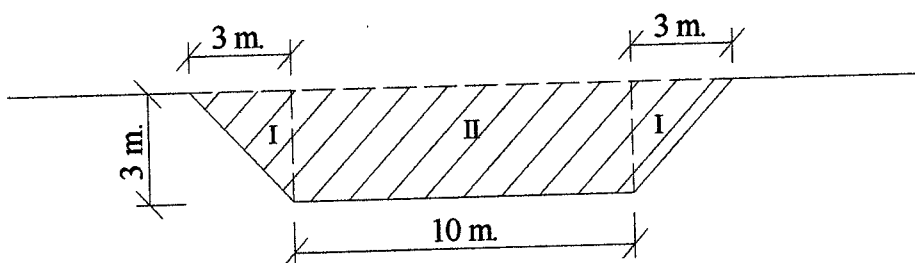
Gráfica N° 4.14
Ajuste de Curva MDS vs. CBR para Clasificación de Suelos SW para el Suelo Patrón +
Probosc TX-55 (SP+A2)



ANEXO N
Metrados de la subrasante

METRADO DE LA SUBRASANTE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

- **Metrado de la subrasante**
 $39,560 \times 3.80 \text{ m} = 150,328.00 \text{ m}^2$
- **Metrado de Plazoletas**
 Serán construidos cada kilómetro



$$\begin{aligned}
 \text{AI: } & 3 \times 3 / 2 = 9 \text{ m} / 2 = 4.50 \text{ m}^2 & 2 \text{ AI} & = 2 \times (4.5) = 9.00 \text{ m}^2 \\
 \text{AII: } & 10 \times 3 = 30.00 \text{ m}^2 \\
 \text{AT: } & (9 + 30) = 39.00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Metrado de Plazoletas (1 cada kilómetro)

$$40 \text{ unidades} \times 39 \text{ m}^2 = 1,560.00 \text{ m}^2$$

RUTA	DESCRIPCION	CANTIDAD (m ²)
San Rafael - Corralcancha	Perfilado y compactado de la subrasante	150,328.00 (Subrasante)
		1,560.00 (Plazoletas)
TOTAL METRADO (m²)		151,888.00

ANEXO O
**Análisis de Precios Unitarios para las actividades de
estabilización de suelos**

Análisis de Precios Unitarios

Obra	ESTABILIZACIÓN DE LA CARRETERA SAN RAFAEL-CORRALCANCHA CON EL ADITIVO PERMAZYME 22x					
Fórmula	OBRAS VIALES					
Partida	02.01.01	Fecha	ENERO DEL 2006			
Rendimiento	1250.00 M2/DIA	ESCARIFICADO DE LA SUBRASANTE				
Costo Unitario directo por: M2					0.91	
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
CAPATAZ	HH		0.50	0.0032	10.46	
PEON	HH		1.00	0.0064	7.05	
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0064	130.00	
					0.83	
					0.91	
Partida	02.01.02	DESMENUZAMIENTO				
Rendimiento	1250.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2				0.88
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
PEON	HH		1.00	0.0064	7.05	
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0064	130.00	
					0.83	
					0.88	
Partida	02.01.03	RIEGO SIN ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO				
Rendimiento	470.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M3				2.23
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0170	130.00	
AGUA	M3			0.0015	9.27	
					2.21	
					0.01	
					2.23	
Partida	02.01.04	RIEGO CON ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO				
Rendimiento	470.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M3				4.91
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0170	130.00	
AGUA	M3			0.0042	642.65	
					2.21	
					2.70	
					4.91	
Partida	02.01.05	TENDIDO Y COMPACTADO (e = 0.15m)				
Rendimiento	1500.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2				1.46
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
CAPATAZ	HH		0.50	0.0027	10.46	
PEON	HH		1.00	0.0053	7.05	
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0053	130.00	
RODILLO LISO VIBR. AUTOP 70-100HP 7-9 T HM	HM		1.00	0.0053	130.00	
					0.69	
					0.69	
					1.46	
Partida		AGUA SIN ESTABILIZADOR				
Rendimiento	74.00 M3/DIA	Costo Unitario directo por: M3				9.27
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
PEON	HH		0.10	0.0108	7.05	
CAMION CISTERNA	HM		1.00	0.1081	85.00	
					0.08	
					9.19	
					9.27	
Partida		AGUA CON ESTABILIZADOR				
Rendimiento	74.00 M3/DIA	Costo Unitario directo por: M3				642.65
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
PEON	HH		0.10	0.0108	7.05	
CAMION CISTERNA	HM		1.00	0.1081	85.00	
ADITIVO ESTABILIZADOR	L			1.0493	603.63	
					0.08	
					9.19	
					633.39	
					642.65	

Análisis de Precios Unitarios

Obra	ESTABILIZACIÓN DE LA CARRETERA SAN RAFAEL-CORRALCANCHA CON EL ADITIVO PROBASE TX-55				
Fórmula	OBRAS VIALES				
Partida	02.01.01	Fecha	ENERO DEL 2006		
Rendimiento	1250.00 M2/DIA	ESCARIFICADO DE LA SUBRASANTE			
Costo Unitario directo por: M2					0.91
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
CAPATAZ	HH		0.50	0.0032	10.46
PEON	HH		1.00	0.0064	7.05
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0064	130.00
					0.83
					0.91
Partida	02.01.02	DESMENUZAMIENTO			
Rendimiento	1250.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2			
					0.88
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
PEON	HH		1.00	0.0064	7.05
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0064	130.00
					0.83
					0.88
Partida	02.01.03	RIEGO SIN ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO			
Rendimiento	470.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M3			
					2.24
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0170	130.00
AGUA	M3			0.0032	9.27
					2.21
					0.03
					2.24
Partida	02.01.04	RIEGO CON ESTABILIZADOR, MEZCLADO Y BATIDO			
Rendimiento	470.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M3			
					3.45
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0170	130.00
AGUA	M3			0.0050	246.87
					2.21
					1.23
					3.45
Partida	02.01.05	TENDIDO Y COMPACTADO (e = 0.15m)			
Rendimiento	1500.00 M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2			
					1.45
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
CAPATAZ	HH		0.50	0.0027	10.46
PEON	HH		1.00	0.0053	7.05
MOTONIVELADORA	HM		1.00	0.0053	130.00
RODILLO LISO VIBR. AUTOP 70-100HP 7-9 T HM	HM		1.00	0.0053	130.00
					0.69
					0.69
					1.45
Partida		AGUA SIN ESTABILIZADOR			
Rendimiento	74.00 M3/DIA	Costo Unitario directo por: M3			
					9.27
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
PEON	HH		0.10	0.0108	7.05
CAMION CISTERNA	HM		1.00	0.1081	85.00
					0.08
					9.19
					9.27
Partida		AGUA CON ESTABILIZADOR			
Rendimiento	74.00 M3/DIA	Costo Unitario directo por: M3			
					246.87
Descripción del insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
PEON	HH		0.10	0.0108	7.05
CAMION CISTERNA	HM		1.00	0.1081	85.00
ADITIVO ESTABILIZADOR	L			10.0000	23.76
					0.08
					9.19
					237.60
					246.87

ANEXO P
Análisis de las tarifas de mantenimiento rutinario (Km/año)
para las regiones de la sierra y de la selva con y sin
estabilizador de suelos

Análisis de la tarifa de mantenimiento rutinario (Km/año) para la región de la Sierra utilizando el estabilizador de suelos Probase TX-55

Fuente: Elaboración propia

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CARGAS DE TRABAJO									PRECIO UNITARIOS									COSTO PARCIAL									COSTO TOTAL POR RUBRO													
			IA			IB			IIA			IIB			I			IIA			IIB			I			IIA			IIB			I			IIA			IIB				
			(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)		
MR-100	CONSERVACION DE CALZADA	km	0.40	0.50	0.70	0.90	1.00	1.40	67.60	27.04	33.80	47.32	60.84	67.60	94.64	889.18	943.86	1,097.28	1,215.92	1,481.65	1,682.21																						
MR-101	Limpieza de Calzada	m2	204.00	216.00	228.00	252.00	276.00	312.00	4.16	848.64	898.56	998.64	1,103.76	1,330.32	1,503.84																												
MR-102	Bacheo-Camino Tipo I-	m2	0.00	0.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.82	0.00	0.00	10.82	10.82	16.23	16.23																												
MR-103	Bacheo-Camino Tipo III-	m3	3.00	3.00	9.00	9.00	15.00	15.00	4.50	13.50	13.50	40.50	40.50	67.50	67.50																												
MR-104	Desplazada	m3	1,000.00	1,200.00	1,200.00	1,400.00	1,800.00	2,400.00	0.11	110.00	132.00	132.00	154.00	188.00	264.00																												
MR-200	Remoción de Derribos	und	1.00	1.00	3.00	3.00	6.00	6.00	20.28	20.28	20.28	60.84	60.84	121.68	121.68																												
MR-201	Limpieza de Cunetas	m2	9.60	9.60	32.00	40.00	50.00	80.00	1.35	12.96	12.96	43.20	54.00	67.50	108.00																												
MR-202	Limpieza de Alcantarilla	m2	5.00	5.00	10.00	10.00	20.00	25.00	0.11	0.55	1.10	1.10	2.20	2.75																													
MR-203	Limpieza de Boidén	m2	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	27.04	6.76	6.76	13.52	13.52	13.52	13.52																												
MR-204	Limpieza de Zanjas de Conexión	und	35.00	35.00	24.00	24.00	20.00	20.00	0.68	23.80	23.80	16.32	13.60	13.60																													
MR-205	Encasamiento de Requiere Curvo de Agua	m	900.00	1,500.00	3,600.00	6,000.00	9,000.00	12,600.00	0.03	27.00	45.00	108.00	180.00	270.00	378.00																												
MR-206	CONTROL DE VEGETACIÓN	m2	1.50	1.50	2.00	2.00	3.00	3.00	3.70	5.55	5.55	7.40	7.40	11.10																													
MR-300	Roce y Limpieza	und	0.00	0.00	200.00	200.00	250.00	250.00	0.14	0.00	0.00	28.00	28.00	35.00																													
MR-400	SEGURIDAD VIAL	und	24.00	48.00	24.00	48.00	24.00	48.00	0.54	12.96	25.92	12.96	25.92	12.96																													
MR-401	Conservación de Señales	und	0.50	0.50	2.00	2.00	2.00	2.00	11.26	5.63	5.63	22.52	22.52	22.52																													
MR-500	MEDIO AMBIENTE	und	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	156.99	20.55	20.55	20.55	20.55	20.55																													
MR-501	Referenciación	und	20.79%	19.28%	15.60%	13.78%	11.28%	9.93%																																			
MR-600	VIGILANCIA Y CONTROL VIAL	km	24.00	48.00	24.00	48.00	24.00	48.00	0.54	12.96	25.92	12.96	25.92	12.96																													
MR-601	Vigilancia y Control	km	24.00	48.00	24.00	48.00	24.00	48.00	0.54	12.96	25.92	12.96	25.92	12.96																													
MR-700	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	m3	0.50	0.50	2.00	2.00	2.00	2.00	11.26	5.63	5.63	22.52	22.52	22.52																													
MR-701	Reparación de Puntos Sacos	und	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	156.99	20.55	20.55	20.55	20.55	20.55																													
MR-702	Reparación de Pontones	und	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	156.99	20.55	20.55	20.55	20.55	20.55																													
A	COSTO DIRECTO														1,135.22	1,244.86	1,563.69	1,800.09	2,270.28	2,698.85																							
B	COSTO INDIRECTO														236.01	240.01	243.94	248.05	256.09	268.00																							
C	UTILIDAD	5.00%													56.76	62.24	78.18	90.00	113.51	134.94																							
D	SUB - TOTAL														1,427.99	1,547.11	1,885.61	2,138.14	2,639.88	3,101.79																							
E	IMPUESTO A LA RENTA	2.00%													28.56	30.94	37.72	42.76	52.80	62.04																							
F	IMPUESTO A LA RENTA	2.00%													28.56	30.94	37.72	42.76	52.80	62.04																							
F	IMPUESTO A LA RENTA	19.00%													271.32	293.95	358.50	406.25	501.58	589.34																							
F	IMPUESTO A LA RENTA	19.00%													1,777.87	1,872.00	2,281.83	2,587.15	3,194.26	3,753.17																							
F	IMPUESTO A LA RENTA	19.00%													489.48	530.31	646.41	732.90	904.89	1,083.22																							
G	TARIFA POR TIPO DE CAMINO Y NIVEL DE SERVICIO TC = 1 US(\$) = 3.53																																										

Comentarios:
 (1), (2) y (3) Código, descripción y unidad de medida de cada una de las Actividades de Mantenimiento Rutinario de Caminos Rurales.
 (4) al (9) Cantidad o Carga de Trabajo ejecutado por la microempresa, para cada tipo de camino y nivel de servicio. (Ver Norma de Cantidades)
 (10) Precio Unitario de cada una de las Actividades.
 (11) al (16) Costo parcial de cada una de las Actividades por cada tipo de camino y nivel de servicio. Ejemplo: (11)=(04)*(10)
 (17) al (22) Costo total por cada rubro. Ejemplo: Conservación de Calzada: (17)=(suma MR101:MR104) de la columna (11)
 El Costo Directo: Sumatoria de los 7 rubros principales del mantenimiento rutinario (MR100, MR200, MR300, MR400, MR500, MR600, MR700)
 El Costo Indirecto: Expresado en % del costo directo. (ver cálculo para cada tipo y nivel de servicio)
 Utilidad: 5% del costo directo.
 Sub-Total: Sumatoria del costo directo, costo indirecto y utilidad.
 Impuesto: Se ha considerado el pago de 2 impuestos a la Renta (2%) y del IGV (19%).
 Tarifa: Sumatoria del sub-total e impuestos.

ANEXO Q
Análisis de las alternativas de evaluación económica

1ra. Alternativa: Ejecución de trabajos de rehabilitación del camino rural con la posterior aplicación de estrategias de conservación

II) SE DEFINE LAS CONDICIONES SIGUIENTES PARA LA EVALUACIÓN

a) Longitud del camino (Km)	L	39.56
b) Costo de la inversión (S/.)	Co	1,542,543.28
c) Período de Diseño de la Estructura (años)	n	3
d) Período de Análisis Económico (años)	m	10
e) Costo del Mantenimiento Rutinario "Km-año" (S/.)	Mr	2,780.00
f) Período de ejecución del Mant. Rutinario (años)		10
g) Costo del Mantenimiento Periódico (S/./ Km)	Mp	10,300.00
h) Período de ejecución del Mant. Periódico (años)		3
i) Valor Residual (S/.) = %Co = 0.60 x Co	%Co	925,525.97
j) Tasa de Descuento (%)	TD	14.00

II) IDENTIFICACIÓN DE TÉRMINOS

De las expresiones (3) y (4), e igualándolas:

$$CGA = C0 + C1 + C2 - Vr = \left[Co + \sum_{i=1}^m \frac{Mr_i}{(1+TD)^i} + \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m} \right]$$

a) C0 = Co C0 = 1,542,543.28
Es el costo de la inversión del proyecto

$$b) C1 = \sum_{i=1}^{m=10} \frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$$

NOTA 1: El valor del Mr_i se obtiene de multiplicar la longitud total del camino por el costo del mantenimiento rutinario.

	AÑO	Mr _i	(1+TD) ⁱ	$\frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$
Para i =	1	Mr ₁ = 109,976.80	1.1400	96,470.88
	2	Mr ₂ = 109,976.80	1.2996	84,623.58
	3	Mr ₃ = 109,976.80	1.4815	74,231.21
	4	Mr ₄ = 109,976.80	1.6890	65,115.09
	5	Mr ₅ = 109,976.80	1.9254	57,118.50
	6	Mr ₆ = 109,976.80	2.1950	50,103.95
	7	Mr ₇ = 109,976.80	2.5023	43,950.83
	8	Mr ₈ = 109,976.80	2.8526	38,553.36
	9	Mr ₉ = 109,976.80	3.2519	33,818.74
	10	Mr ₁₀ = 109,976.80	3.7072	29,665.56
				Σ (S/.) = 573,661.71

C1 = 573,661.71

$$c) C2 = \sum_{j=1}^{m=10} \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}}$$

NOTA 2: El valor del Mp_{nj} se obtiene de multiplicar la longitud total del camino por el costo del mantenimiento periódico.

	AÑO	Mp _{nj} = Mp _{3j}	(1+TD) ^{3j}	$\frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{3j}}$
Para j =	1	Mp ₃ = 407,468.00	1.4815	275,029.29
	2	Mp ₆ = 407,468.00	2.1950	185,636.94
	3	Mp ₉ = 407,468.00	3.2519	125,299.65
				Σ (S/.) = 585,965.88

C2 = 585,965.88

$$d) Vr = - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$$

	AÑO	Vr _m = Vr ₁₀	(1+TD) ^m	$\frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$
Para m =	10	Vr ₁₀ = -925,525.97	3.7072	-249,654.90
				Σ (S/.) = -249,654.90

Vr = -249,654.90

III) CÁLCULO DEL CGA (S/.)

Para el cálculo del CGA se debe sumar los valores obtenidos en a), b), c) y d)

a)	C0 =	1,542,543.28
b)	C1 =	573,661.71
c)	C2 =	585,965.88
d)	Vr =	-249,654.90
	CGA (S/.)	2,452,505.97

2da. Alternativa: Ejecución de actividades de estabilización de suelos con el aditivo líquido Permazyme 22x y la posterior aplicación de estrategias de conservación

I) SE DEFINE LAS CONDICIONES SIGUIENTES PARA LA EVALUACIÓN

a) Longitud del camino (Km)	L	39.56
b) Costo de la inversión (S/.)	Co	2,623,048.73
c) Periodo de Diseño de la Estructura (años)	n	3
d) Periodo de Análisis Económico (años)	m	10
e) Costo del Mantenimiento Rutinario "Km-año" (S/.)	Mr	2,910.00
f) Periodo de ejecución del Mant. Rutinario (años)		10
g) Costo del Mantenimiento Periódico (S/./Km)	Mp	13,700.00
h) Periodo de ejecución del Mant. Periódico (años)		5
i) Valor Residual (S/.) = %Co = 0.65 x Co	%Co	1,704,981.67
j) Tasa de Descuento (%)	TD	14.00

II) IDENTIFICACIÓN DE TÉRMINOS

De las expresiones (3) y (4), e igualándolas:

$$CGA = C0 + C1 + C2 - Vr = \left[Co + \sum_{i=1}^n \frac{Mr_i}{(1+TD)^i} + \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m} \right]$$

a) C0 = Co

C0 = 2,623,048.73

Es el costo de la inversión del proyecto

$$b) C1 = \sum_{i=1}^{n=10} \frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$$

ARO	Mr _i	(1+TD) ⁱ	$\frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$
Para i = 1	Mr ₁ = 115,119.60	1.1400	100,982.11
2	Mr ₂ = 115,119.60	1.2996	88,580.79
3	Mr ₃ = 115,119.60	1.4815	77,702.45
4	Mr ₄ = 115,119.60	1.6890	68,160.04
5	Mr ₅ = 115,119.60	1.9254	59,789.51
6	Mr ₆ = 115,119.60	2.1950	52,446.94
7	Mr ₇ = 115,119.60	2.5023	46,006.09
8	Mr ₈ = 115,119.60	2.8526	40,356.22
9	Mr ₉ = 115,119.60	3.2519	35,400.19
10	Mr ₁₀ = 115,119.60	3.7072	31,052.80
			Σ (S/.) = 600,477.15

C1 = 600,477.15

$$c) C2 = \sum_{j=1}^{m=10} \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}}$$

ARO	Mp _{nj} = Mp _{sj}	(1+TD) ^{nj}	$\frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}}$
Para j = 1	Mp ₅ = 541,972.00	1.9254	281,483.27
2	Mp ₁₀ = 541,972.00	3.7072	146,193.59
			Σ (S/.) = 427,676.87

C2 = 427,676.87

NOTA 2: El valor del Mp_{nj} se obtiene de multiplicar la longitud total del camino por el costo del mantenimiento periódico.

$$d) Vr = - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$$

ARO	Vr _m = Vr ₁₀	(1+TD) ^m	$\frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$
Para m = 10	Vr ₁₀ = -1,704,981.67	3.7072	-459,908.25
			Σ (S/.) = -459,908.25

Vr = -459,908.25

III) CÁLCULO DEL CGA (S/.)

Para el cálculo del CGA se debe sumar los valores obtenidos en a), b), c) y d)

a)	C0 =	2,623,048.73
b)	C1 =	600,477.15
c)	C2 =	427,676.87
d)	Vr =	-459,908.25
	CGA (S/.)	3,191,294.49

3ra. Alternativa: Ejecución de actividades de estabilización de suelos con el aditivo líquido Probace TX-55 y la posterior aplicación de estrategias de conservación

I) SE DEFINE LAS CONDICIONES SIGUIENTES PARA LA EVALUACIÓN

a) Longitud del camino (Km)	L	39.56
b) Costo de la inversión (S/.)	Co	2,322,134.97
c) Período de Diseño de la Estructura (años)	n	3
d) Período de Análisis Económico (años)	m	10
e) Costo del Mantenimiento Rutinario "Km-año" (S/.)	Mr	2,490.00
f) Período de ejecución del Mant. Rutinario (años)		10
g) Costo del Mantenimiento Periódico (S/./ Km)	Mp	12,000.00
h) Período de ejecución del Mant. Periódico (años)		5
i) Valor Residual (S/.) = %Co = 0.65 x Co	%Co	1,509,387.73
j) Tasa de Descuento (%)	TD	14.00

II) IDENTIFICACIÓN DE TÉRMINOS

De las expresiones (3) y (4), e Igualándolas:

$$CGA = C0 + C1 + C2 - Vr = \left[C0 + \sum_{i=1}^m \frac{Mr_i}{(1+TD)^i} + \sum_{j=1}^m \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}} - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m} \right]$$

a) C0 = Co
Es el costo de la inversión del proyecto

C0 = 2,322,134.97

$$c) C1 = \sum_{i=1}^{n=10} \frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$$

NOTA 1: El valor del Mr_i se obtiene de multiplicar la longitud total del camino por el costo del mantenimiento rutinario.

	AÑO	Mr _i	(1+TD) ⁱ	$\frac{Mr_i}{(1+TD)^i}$
Para i =	1	Mr ₁ = 98,504.40	1.1400	86,407.37
	2	Mr ₂ = 98,504.40	1.2996	75,795.94
	3	Mr ₃ = 98,504.40	1.4815	66,487.66
	4	Mr ₄ = 98,504.40	1.6890	58,322.51
	5	Mr ₅ = 98,504.40	1.9254	51,160.10
	6	Mr ₆ = 98,504.40	2.1950	44,877.28
	7	Mr ₇ = 98,504.40	2.5023	39,366.03
	8	Mr ₈ = 98,504.40	2.8526	34,531.61
	9	Mr ₉ = 98,504.40	3.2519	30,290.89
	10	Mr ₁₀ = 98,504.40	3.7072	26,570.95
			$\Sigma (S/.) =$	513,810.34

C1 = 513,810.34

$$c) C2 = \sum_{j=1}^{m=10} \frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{nj}}$$

NOTA 2: El valor del Mp_{nj} se obtiene de multiplicar la longitud total del camino por el costo del mantenimiento periódico.

	AÑO	Mp _{nj} = Mp _{5j}	(1+TD) ^{5j}	$\frac{Mp_{nj}}{(1+TD)^{5j}}$
Para j =	1	Mp ₅ = 474,720.00	1.9254	246,554.69
	2	Mp ₁₀ = 474,720.00	3.7072	128,052.78
			$\Sigma (S/.) =$	374,607.47

C2 = 374,607.47

$$d) Vr = - \frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$$

	AÑO	Vr _m = Vr ₁₀	(1+TD) ^m	$\frac{Vr_m}{(1+TD)^m}$
Para m =	10	Vr ₁₀ = -1,509,387.73	3.7072	-407,148.00
			$\Sigma (S/.) =$	-407,148.00

Vr = -407,148.00

III) CÁLCULO DEL CGA (S/.)

Para el cálculo del CGA se debe sumar los valores obtenidos en a), b), c) y d)

a)	C0 =	2,322,134.97
b)	C1 =	513,810.34
c)	C2 =	374,607.47
d)	Vr =	-407,148.00
	CGA (S/.)	2,803,404.79